

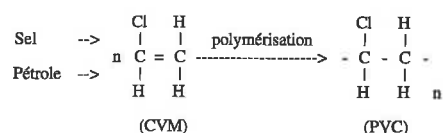
Le PVC

Frédéric Sevenster* président de la section PVC du Syndicat Professionnel des Matières Plastiques (SPMP), directeur de la division des produits vinyliques d'Elf Atochem

Le PVC, de l'appellation anglaise "Poly Vinyl Chloride", est le symbole international du polychlorure de vinyle.

Qu'est-ce que le PVC ?

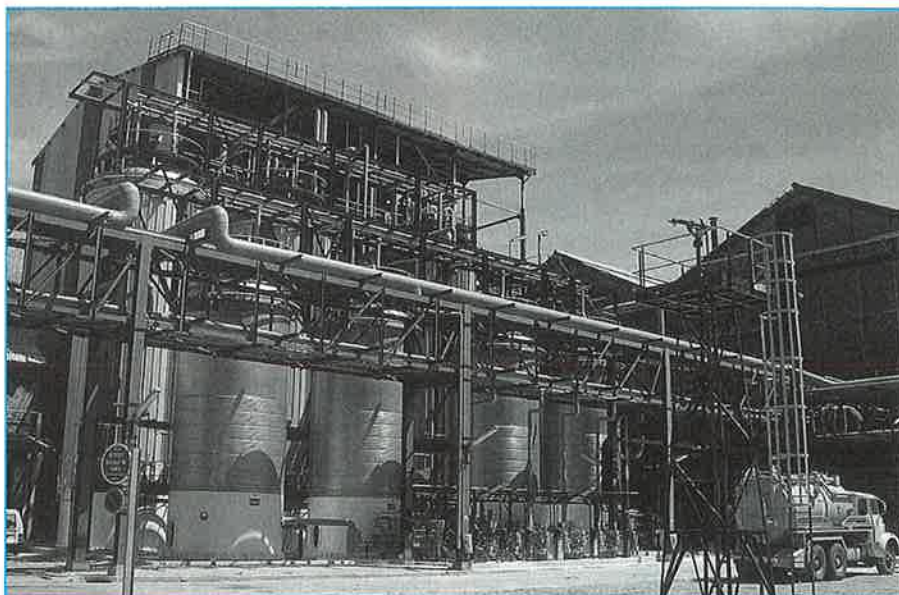
Le PVC est un polymère thermoplastique obtenu par polymérisation du chlorure de vinyle monomère (CVM). La polymérisation est la réaction par laquelle des molécules s'additionnent successivement les unes aux autres pour former une chaîne de grande longueur. Le schéma de fabrication du PVC est le suivant :



Ce matériau de synthèse est constitué de carbone, d'hydrogène et de chlore. Le carbone et l'hydrogène proviennent du pétrole (43 %) tandis que le chlore est extrait du sel (57 %).

Le PVC se présente sous forme d'une poudre blanche. Celle-ci doit être additionnée de produits (additifs) permettant sa transformation en objets finis (stabilisant, lubrifiant, plastifiant, pigment, charge, etc.).

* Syndicat des Producteurs de Matières Plastiques (SPMP), Le Diamant A, 14, rue de la République, 92909 Paris-La Défense 10. Tél. : (1) 46.53.10.53. Fax : (1) 46.53.10.73.



L'unité de PVC/MSP (microsuspension) d'Elf Atochem à Saint-Auban (Alpes-de-Haute-Provence).

De par ses additifs, le PVC peut se modifier aisément en fonction des besoins.

Il peut ainsi être :

- rigide ou souple,
- transparent ou opaque,
- incolore ou teinté dans la masse,
- compact ou cellulaire.

Ses principales caractéristiques sont :

- légèreté,
- non biodégradabilité,
- résistance au vieillissement,
- faible inflammabilité naturelle,
- inertie,
- imperméabilité,
- facilité d'entretien,
- isolation électrique,
- innocuité dans le domaine de la santé,
- innocuité dans le domaine du contact

alimentaire.

Représentant 18 % en tonnage fabriqué (17 millions de tonnes par an), le PVC est la 2^e matière plastique dans le monde. 900 000 tonnes sont consommées en France.

Cette consommation augmente en moyenne de 2 à 2,5 % par an. Elle se répartit en 2/3 d'applications rigides et 1/3 d'applications souples.

Le PVC est présent pratiquement dans tous les domaines de la vie quotidienne.

Ses principales applications sont les suivantes :

- dans l'habitation et la construction : revêtement de sols et de murs, fenêtres, cloisons, ameublement, volets, canalisations d'adduction et d'évacuation, clôtures, profilés divers, etc. ;

Tableau 1 - Mise en service des premiers ateliers de production de PVC.

Année	Pays	Sociétés
1933	États-Unis	Union Carbide
1935	Allemagne	BASF
1939	France	Saint Gobain
1939	Japon	Shon Nippon
1940	Angleterre	ICI

Le PVC dans les bouteilles plastiques

En France, chaque année, près de cinq milliards de bouteilles d'eau en matière plastique sont consommées, eau minérale et eau de source.

Depuis trente ans, le PVC a été pratiquement le seul matériau utilisé pour cela, grâce à ses excellentes propriétés d'aspect (transparence), d'innocuité et d'inertie (santé, goût) et économiques.

L'agrément unanime des autorités de tutelle concernées (santé, pharmacopée internationale, médecins) est la marque de la parfaite conformité du PVC aux sévères exigences de cette application.

Depuis peu, et surtout depuis un an, un nouveau matériau, lui aussi maintenant agréé "réglementairement", a fait son apparition sur le marché : le polyéthylène téréphtalate (PET).

Doté d'intéressantes propriétés mécaniques et de transformation, il répond essentiellement à un besoin de rationalisation industrielle pour les grands groupes très diversifiés et fortement exportateurs (Évian, Vittel) et, cela, au moment où ces grandes marques doivent renouveler leur parc de machines à embouteiller.

Il reste que son prix (supplément de 20% environ par bouteille produite) va sans doute cantonner son usage aux marques de prestige qui se battent pour la domination des marchés et sont économiquement aptes à absorber le surcoût.

Pour les autres, notamment les eaux de source, dont les consommateurs sont plus sensibles au prix de vente au détail, et dont le développement est spectaculaire, le PVC garde le meilleur équilibre qualité/coût, ce qui lui promet encore de beaux jours dans l'application.

Deux manifestations de cette bonne santé du PVC se sont produites récemment :

- Le dernier en date des investissements en machines d'embouteillage concerne deux lignes à base de PVC (Roxane).
- 1994 aura vu le PVC pour corps creux en France augmenter de + 7%.

La bouteille PVC n'est pas près de disparaître !

- *dans l'emballage* : bouteilles, films souples, boîtes pour corps gras, pâtisserie, conditionnement de pièces en libre-service, etc. ;

- *dans le domaine électrique* : câbles, gaines, chemins de câbles, boîtiers, etc. ;

- *dans les biens de consommation courante* : textile (chlorofibres), maroquinerie, chaussures, bottes, habillement, articles de bureaux, papeterie, jouets, piscines, articles gonflables, etc. ;

- *dans les transports* : mastics d'isolation, garnitures intérieures, tableaux de bord, protections latérales, bâches, mousses d'isolation pour camion, bateaux gonflables, etc. ;

- *dans l'agriculture* : bâches d'ensilage, tuyaux d'arrosage, films de forçage, tuyaux d'irrigation, de drainage et d'arrosage, serres, matériels d'horticulture, etc. ;

- *dans le domaine médical* : matériel hospitalier (tubes de transfusion, poches à sang, gants médicaux, alèses, etc.) et conditionnement de produits pharmaceutiques.

Le PVC est économe en ressources naturelles non renouvelables.

Le PVC est récupéré et recyclé. De plus, comme les autres matières plastiques, le PVC aide également à brûler les ordures ménagères. Il apporte de l'énergie qui, récupérée, économise les ressources naturelles.

Le PVC a fait l'objet d'un écoprofil complet par l'APME (Association of Plastics Manufacturers in Europe).

Le PVC n'est pas classé "substance dangereuse" selon les directives 67/548/CEE et 91/325/CEE.

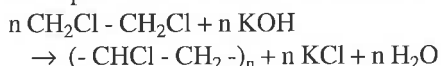
Une fiche de données de sécurité conforme à la directive 91/155/CEE est fournie par les producteurs de PVC.

Un peu d'histoire

Le PVC est en fait l'une des plus anciennes matières plastiques découvertes (1835), bien que son histoire industrielle appartienne au XXe siècle.

Les grandes étapes de son histoire sont les suivantes :

- **En 1835** : le Français H. Regnault observe que la réaction du dichloréthane et de la potasse, sous l'action de la lumière solaire, conduit à la formation d'une poudre blanche selon la réaction :



Cette première synthèse du PVC n'a donné suite à aucune application industrielle pendant près d'un siècle.

- **En 1872** : l'Allemand Bauman précise l'action des radiations lumineuses sur le chlorure de vinyle.

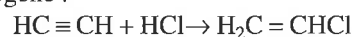
- **En 1892** : le Français Henri Moissan réalise la synthèse du carbure de calcium en faisant réagir le coke et la chaux dans un arc électrique.

L'acétylène, obtenu par réaction de l'eau sur le carbure de calcium suivant la réaction :

$$\text{Ca C}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{HC} \equiv \text{CH} + \text{Ca} (\text{OH})_2$$

est une molécule à triple liaison $\text{HC} \equiv \text{CH}$, très réactive et ce gaz offre aux chimistes de grandes possibilités réactionnelles.

- **Au début du XXe siècle** : les chimistes allemands et notamment ceux de la société BASF recherchent de nouveaux produits pour utiliser les excédents de carbure de calcium. En 1914, Klatté dépose le brevet de fabrication du chlorure de vinyle par réaction entre l'acétylène et le chlorure d'hydrogène :



et de l'obtention de "masses plastiques" à partir de celui-ci.

- **Au début des années 1930**, la production industrielle du PVC apparaît (tableau 1). Le délai, entre le dépôt du brevet et le démarrage de la production industrielle, correspond à la recherche des nombreux adjuvants nécessaires à la transformation de la poudre de PVC.

Ces adjuvants sont :

- . des *stabilisants* pour absorber l'acide chlorhydrique qui se dégage lors de la gélification,

- . des *lubrifiants* qui empêchent le PVC d'adhérer aux parois des moules,

- . des *plastifiants* qui permettent d'obtenir des pièces de souplesse variable.

- **En 1933** : aux États-Unis, Senon brevète l'utilisation des esters des acides phosphorique et phtalique comme plastifiants et la société Union Carbide réalise la première production industrielle de PVC.

- **En 1935** : la société BASF, en Allemagne, met en service son premier atelier de production de PVC, après avoir lancé un programme de recherche sur les méthodes de polymérisation et de mise en œuvre de ce produit. Le nouveau polymère est d'abord utilisé à la place du caoutchouc dans l'isolation des câbles électriques.

• **En 1939** : Saint-Gobain met en service un atelier de production de PVC dans la banlieue de Lyon, à Saint-Fons. Au Japon, Shin Nippon lance une unité de production.

• **En 1940** : ICI met en service la première unité anglaise.

Après la Seconde Guerre mondiale, la technique du calandrage permet le développement de l'utilisation des feuilles en PVC plastifié en remplacement du cuir dans la maroquinerie.

A cette période, Peter Goldmarck, directeur des recherches de CBS, met au point les premiers disques microsillons sur support de copolymères de chlorure de vinyle et d'acétate de vinyle.

• **Vers le milieu des années 1960**, le PVC commence à remplacer le verre dans les emballages, alimentaires ou non, et son développement va être spectaculaire, surtout en France. Les progrès accomplis dans le domaine des stabilisants et dans la technologie des extrudeuses contribuent à la croissance rapide du PVC rigide, en particulier dans les applications du bâtiment : canalisations, gouttières, huisseries...

C'est également, à cette époque, que la pétrochimie prend la relève de la carbochimie : le procédé à base d'acétylène est remplacé par l'oxychloration de l'éthylène (procédé mis au point dans les années 60 par Dow, Goodrich et Stauffer). Cette nouvelle technologie s'est rapidement imposée à tous les producteurs de chlorure de vinyle avec quelques variantes concernant la catalyse, les réacteurs et les paramètres de réaction (pression, température).

En France, c'est Chloé, (devenue Elf Atochem aujourd'hui) qui a industrialisé ce nouveau procédé en 1969 à Lavéra (Bouches-du-Rhône).

L'environnement

Ce formidable essor du PVC au XXe siècle (qui a placé ce matériau au 2e rang des matières plastiques les plus consommées dans le monde) est le double résultat de ses propriétés d'usage très variées ainsi que de son respect de l'environnement.

La polymérisation du PVC

La fabrication du PVC se fait à partir d'un monomère (CVM) sous forme gazeuse. Aussi des précautions draco-

Le PVC surchloré (PVC-C), un polymère (technique) en plein essor

Le produit

Découvert aux États-Unis dans les années 50, le PVC surchloré (65 à 69 % de chlore), obtenu par procédé en phase gaz, est synthétisé pour la première fois en 1961 dans les laboratoires de Pechiney Saint-Gobain. Son développement commercial a réellement démarré en 1972 avec une production industrielle installée à l'usine de Saint-Fons.

Ce produit de spécialité, dont le seul producteur européen est Elf Atochem, a connu une croissance moyenne annuelle de 17 % sur les 5 dernières années (1989/1994). Sur un marché mondial de 50 000 tonnes, dont les pays phares sont les États-Unis, la France et l'Allemagne, Elf Atochem diffuse sa gamme de produits Lucalor dans diverses applications.

Ses utilisations

Le PVC surchloré est étroitement lié au secteur du bâtiment dans des applications diverses telles que :

- système de distribution sanitaire d'eau chaude sous pression,
- dispositif de pulvérisation, système d'arrosage de lutte contre l'incendie.

Grâce à ses propriétés intrinsèques, le PVC surchloré résiste à la chaleur (90-100 °C), à la pression (90 °C/3 Bar), aux agressions chimiques et au feu (classe M1).

On peut également utiliser le PVC-C Lucalor, pour les mêmes raisons, dans les systèmes d'évacuation de liquides corrosifs (industrie) ou d'eaux usées.

D'autres secteurs sont également concernés par le produit :

- le bardage de plaques de décoration/protection et profilés fenêtre,
- l'industrie du papier et le traitement de

surface,

- l'industrie textile qui fabrique une chlorofibre améliorée pour des vêtements chauds (ligne Damart) et de protection (tissus résistant au feu).

Ce polymère de spécialité est un matériau fiable (garantie du système = 50 ans) et économique par rapport aux métaux utilisés dans l'installation sanitaire (cuivre, acier galvanisé) qui peut s'appuyer sur une expérience de 20 ans par rapport aux plastiques concurrents (polypropylène, polybutylène).



Gamme de produits en PVC surchloré

niennes sont prises lors de ses transferts jusqu'aux stockages de l'usine de fabrication de PVC. Aucun incident avec atteinte à l'environnement n'est intervenu dans ce domaine depuis plus de 20 ans.

Le CVM et les autres ingrédients de fabrication (catalyseurs, dispersants...) sont incorporés à de l'eau jouant le rôle de milieu réactionnel. La polymérisation s'effectue en circuit fermé. Les eaux résiduaires sont ensuite traitées sur place sans sortir des lieux de fabrication.

A la fin de la polymérisation, un dégazage-récupération du CVM, suivi d'un séchage du PVC sont effectués. Les effluents gazeux sont détruits par incinération avec traitement des émissions

gazeuses. C'est un gaz dangereux et toxique, aussi sa concentration dans les ateliers de fabrication est surveillée en continu. Cette concentration est toujours largement inférieure à la concentration maximale admissible de 3 ppm vol. (partie par million) soit 8 mg/m³.

Les producteurs de PVC européens ont signé une charte dans laquelle ils s'imposent des contraintes de fabrication supérieures à celles fixées par les directives européennes en matière d'environnement.

La fabrication du PVC est économe en énergie ainsi que le démontre l'écoprofil complet réalisé à ce sujet par l'Association of Plastics Manufacturers in Europe (APME).

Le PVC : aucun danger

Le PVC se présente sous la forme d'une poudre blanche.

Le PVC n'est pas classé "dangereux" selon les directives 67/548/CEE et

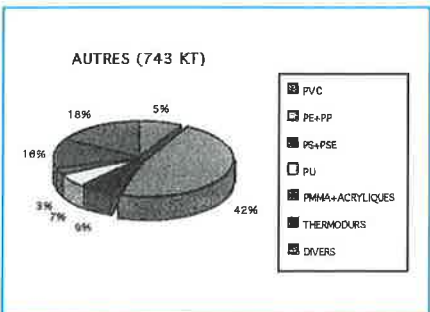
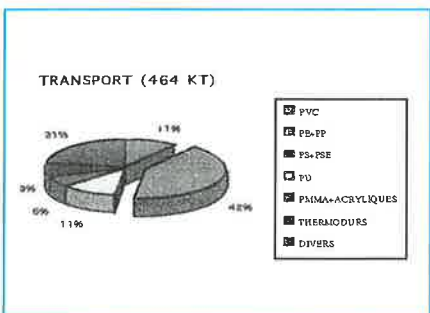
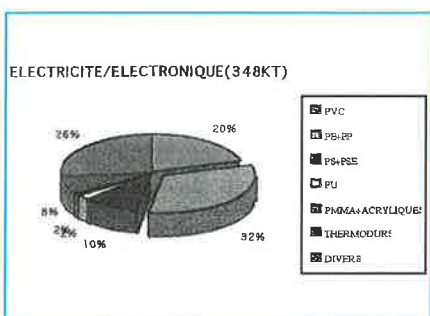
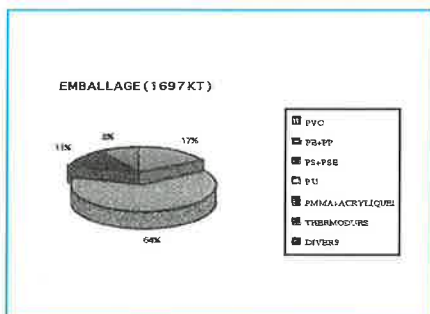
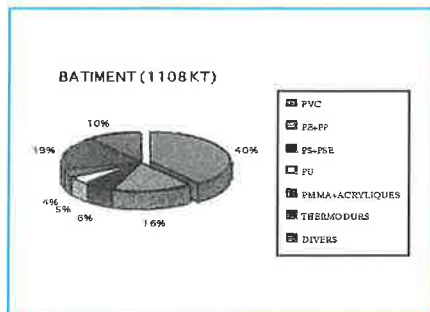


Figure 1 - Ventilation des marchés par produit.

Tableau II - Evolution de l'activité du PVC en France (en kt).

Années	Production	Importations	Exportations	Consommation apparente	Consommation réelle
1984	790	173	306	657	650
1985	820	195	346	669	685
1986	891	215	375	732	733
1987	927	250	440	737	780
1988	1 010	249	480	779	835
1989	1 050	299	526	828	867
1990	1 027	349	581	795	920
1991	1 054	316	588	782	870
1992	1 092	314	602	804	871
1993	1 149	248	659	739	835
1994	1 154	300	683	772	895

91/325/CEE, et il ne présente aucun danger pour l'environnement du fait de son inertie.

Le PVC n'est pas biodégradable.

Il n'a pas d'impact sur la couche d'ozone, sur la qualité des eaux (potables, de rivières, sources, mers ou océans...), sur les espèces animales et végétales.

Les produits finis en PVC

Les principales utilisations sont dans le bâtiment (canalisations, fenêtres, fermetures, etc.) où la durée de vie est longue, parfois supérieure à 50 ans. Les autres utilisations, en particulier l'emballage, permettent des économies d'énergie (transports, distribution, etc.) et des économies de coût (légèreté, volume, etc.).

Les produits finis en PVC comportent des ingrédients, nécessaires à la transformation, intimement liés à la structure du polymère, qui ont une migration très faible. Les seules pollutions possibles sont essentiellement visuelles, et sont

dépendantes de la réutilisation ou valorisation ultérieure de ces emballages.

La valorisation des déchets en PVC

Les articles en PVC après usage, génèrent deux types de déchets :

- les déchets industriels,
- les déchets ménagers (emballage principalement).

Les déchets industriels (de transformation essentiellement) sont pratiquement tous récupérés directement par les transformateurs qui les réincorporent dans leur fabrication.

L'importante utilisation du PVC dans l'emballage des eaux minérales a amené, depuis plusieurs années, les producteurs de PVC à créer une filière de valorisation spécifique de ces produits. Actuellement 200 millions de bouteilles font l'objet de collecte (Cf. l'article "L'exemple français du recyclage de la bouteille PVC : Recy PVC SA" (*L'Actualité Chimique*, novembre 1994, p. 68-70)), régénération

Tableau III - Principales applications du PVC avec leur production (en tonnage).

	1988	1991	1993	1994	Variations 94/93
Rigides	585 000	607 000	575 000	620 000	8
dont : Tubes	205 000	205 000	180 000	196 000	9
Corps creux	248 000	255 000	240 000	255 000	6
Profils	70 000	75 000	103 000	111 000	8
Plaques et feuilles	26 000	28 000	23 000	23 000	0
Raccords	19 000	17 500	15 000	21 000	40
Divers	17 000	26 500	14 000	14 000	0
Souples	250 000	263 000	260 000	275 000	6
dont : Films et feuilles (calandrés et extrudés) ¹	37 000	33 000	35 000	55 000	57
Câbles et fils électriques	57 000	65 000	64 000	69 000	8
Revêtement de sol	43 000	49 000	46 000	60 000	30
Tissus et papiers enduits	23 000	24 000	22 000	27 000	23
Profils et tuyaux	46 000	45 000	44 000	27 000	-39
Chaussures	18 000	16 500	16 000	14 000	-13
Divers	26 000	30 500	33 000	23 000	-30

¹ à partir de 1994 les films extrudés et calandrés sont groupés.

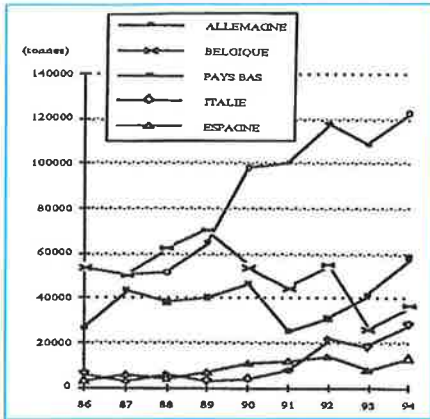


Figure 2a - Évolution des importations PVC (principaux fournisseurs)

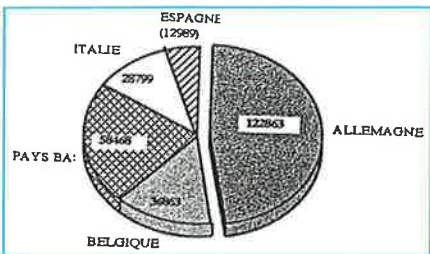


Figure 2b - Importations PVC (principaux pays fournisseurs) 1994.

et réutilisation des déchets sous forme de produits finis (tuyaux, murs antibruit, équipements routiers, etc.).

Les autres déchets ménagers de faible poids sont essentiellement incinérés avec les ordures ménagères où ils apportent une économie importante de combustible, tout en ne représentant que 0,65 % de l'ensemble des déchets ménagers.

D'importants projets sont en cours de réalisation pour augmenter le nombre des installations de recyclage, ainsi que pour développer la recherche d'une valorisation chimique des déchets.

L'incinération du PVC contenu dans les ordures ménagères avec récupération d'énergie est une voie essentielle de la valorisation des déchets de PVC. Elle contribue à "inertiser" les ordures et à restituer seulement des déchets ultimes (mâchefers, cendres...).

Le PVC qui représente 0,65 % du total des ordures ménagères, ne constitue pas une source de contamination particulière. Les métaux lourds que l'on peut trouver dans les déchets urbains ne viennent que pour une très faible part du PVC, les principales sources étant les piles électriques, les encres et colorants.

De nombreuses études ont, par ailleurs, démontré que la quantité de

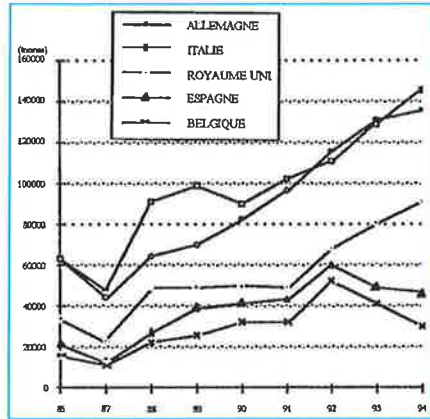


Figure 3a - Évolution des exportations PVC (principaux clients).

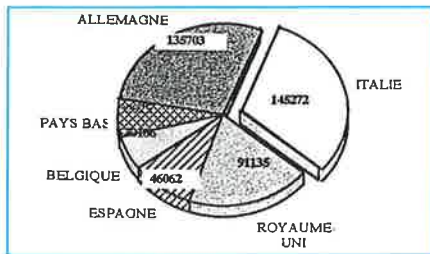


Figure 3b - Exportations PVC (principaux pays clients) 1994.

dioxines formées est indépendante de la présence de PVC dans les ordures ménagères.

Par combustion, le PVC fournit de la vapeur d'eau, du gaz carbonique et du chlorure d'hydrogène. Au cours des opérations de traitement des gaz, le chlorure d'hydrogène généré par l'ensemble des ordures (on estime que la moitié du HCl provient du PVC) est neutralisé. Le sel ainsi obtenu est un produit parfaitement banal qui se retrouve dans les eaux de traitement, soit sous forme solide, soit en solution, en fonction des procédés utilisés.

Données économiques

Le PVC en France

En 1994, la progression de la consommation apparente de 7 % est supérieure à la progression de la consommation européenne (6 %) (tableau II).

Cette consommation est ventilée principalement dans 4 segments de marchés : bâtiment (440 kt), emballage (296 kt), électricité/électronique (70 kt), transport (50 kt), autres (39 kt).

Par ailleurs, les principales applications sont classées en rigide et souple (tableau III).

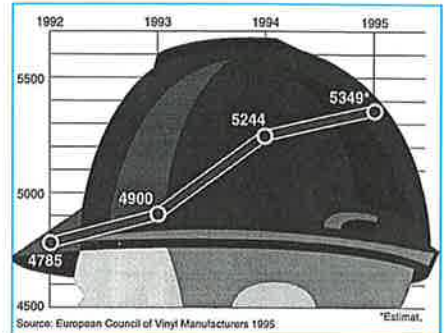


Figure 4 - Production du PVC en augmentation dans l'Europe de l'Ouest (kt).

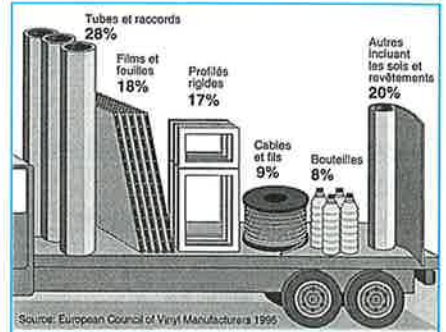


Figure 5 - Les principales applications du PVC de l'Europe de l'Ouest.

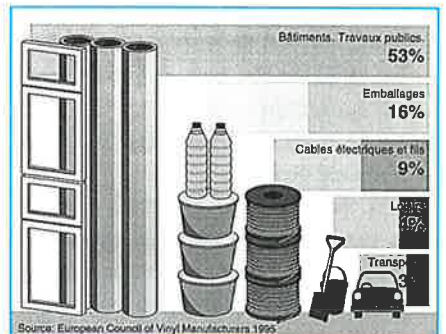


Figure 6 - Les cinq premières branches industrielles utilisatrices du PVC en Europe de l'Ouest.

La part du PVC dans le total des matériaux plastiques consommés en France est de 21 %, répartis dans les marchés décrits ci-dessus (figure 1).

Concernant les échanges commerciaux, l'Allemagne reste le principal fournisseur et client (figures 2 et 3).

Le PVC en Europe

L'infographe élaboré par l'ECVM (European Council of Vinyl Manufacturers) en 1995 illustre bien la position du PVC dans la production en Europe de l'Ouest des produits fabriqués et des marchés concernés (figures 4, 5 et 6)

Le PVC dans le monde

La consommation mondiale, en 1993, est estimée selon les sources entre 17 et

19 millions de tonnes, soit environ 20 % de la production mondiale des matières plastiques.

La répartition des capacités de production et de consommation, estimée selon les grandes zones économiques, est représentée dans le *tableau IV*.

Dans tous les cas, le taux d'utilisation des unités de production est voisin de 90 % ; selon les zones économiques, le taux de croissance de la consommation du PVC a varié de 3 à 12 % environ, pour une moyenne mondiale de 5,5 % en 1994.

La consommation par habitant varie énormément : de 0,5 kg en Afrique à plus de 13 kg en Europe de l'Ouest.

Évolution de la demande mondiale d'ici la fin du siècle

Pour apprécier cette évolution, les économistes calculent en général les consommations par habitant, et les comparent au PNB de la zone considérée. En effet, comme le montre le graphique de la *figure 7*, la consommation par habitant est sensiblement proportionnelle, par habitant, au PNB de la zone considérée.

Ainsi, selon des hypothèses de croissance économique zone par zone et de choix de mode de vie, on peut extrapoler la demande en PVC.

Les différents consultants s'accordent, en général, sur une croissance mondiale de 5 % par an environ pour les années à venir, le taux d'utilisation des installations restant de l'ordre de 90 %.

Les freins que pourraient engendrer la pression environnementale ainsi que les hausses de prix récentes ne sont généralement pas considérés comme déterminants dans cette évolution. En effet, les prix sont supposés rester constants au delà de la hausse de 1994.

Tableau IV - Situation économique du PVC dans le monde en 1993.

	Population (millions)	PNB (milliards \$)	Capacité de production (kt)	Consommation (kt)
Europe de l'Ouest	382	7 266	5 940	5 100
Europe de l'Est	484	893	1 915	1 500
Nafta*	381	7 685	6 700	5 000
Amérique latine	363	1 038	1 118	800
Afrique	629	429	335	300
Moyen Orient	139	363	350	400
Asie-Pacifique	2 964	7 257	6 110	6 000
Monde	5 342	24 931	21 468	19 100

*le NAFTA (North American Free Trade Association) regroupe les États-Unis, le Canada et le Mexique dans un accord de libre échange.

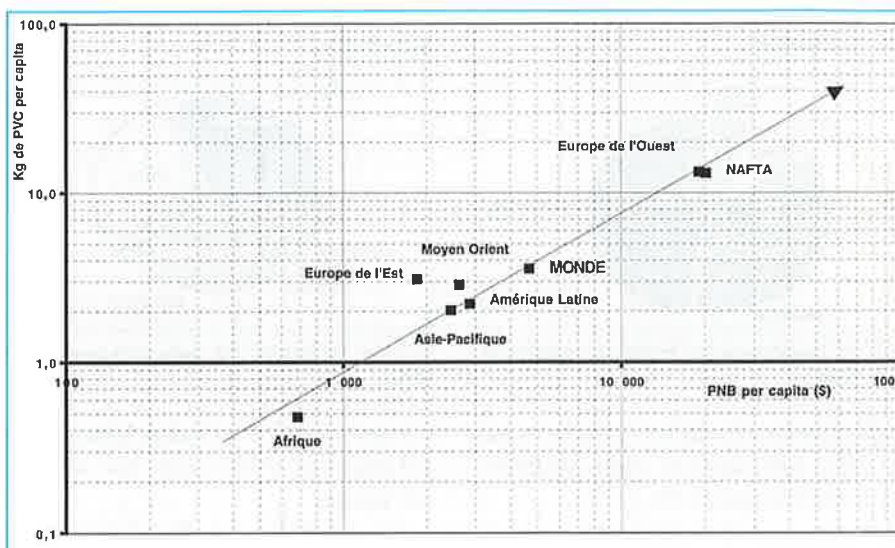


Figure 7 - Consommation du PVC (par habitant) en fonction du PNB en 1993 (par habitant).

Concernant l'environnement, les différentes actions des producteurs et des professionnels en général sont supposées "contrer" efficacement les attaques des organisations écologistes.

Références

- Techniques de l'Ingénieur* - 1993.
Informations Chimie n° 305, mai 1989 ; n° 326, mars 1991 ; n°336, mars 1992.
Le PVC et ses applications, Atochem, Techno-Nathan, 1991.

- Rapports d'activités économiques du SPMP*, Paris-La Défense.
 H. Gibello, *Le chlorure de vinyle et ses polymères*, Dunod, 1959.
Encyclopedia of PVC, edited by L. I. Nass, 3 tomes, Dekker Inc. N.Y., 1976.
Le dossier du PVC en collectif (GECOM ou CES), 1987.
 J. Dumont, J. Guignard, *Le PVC et ses applications*, Ed. Nathan, 1991.
 J. Bost, *Les matières plastiques*, 2 tomes, Techniques et documentation, 2e édition, 1992.
 Françoise Pardos, *Plastindia 94* (International Conférence), 2 mars 1994.