

# L'abandon des CFC

## Une reconversion industrielle mondiale en moins de dix ans : le cas particulier d'Elf Atochem en région Rhône-Alpes

Maurice Verhille\* responsable de l'Environnement

**L**es chlorofluorocarbures (CFC) nés en 1928, développés surtout après 1945, adultes et pleins de vigueur en 1986 (1 200 000 tonnes), sont condamnés à disparaître avant l'an 1996. Cela implique, tant pour les producteurs que pour les utilisateurs, de refaire, en moins de dix ans, ce qui a mis quarante ans à être construit.

L'ensemble des acteurs Rhône-Alpes d'Elf Atochem a participé à cette réussite.

Les CFC ont été inventés en 1928 par Medgley et Henne (General Motor, division Frigidaire). C'est en 1930 qu'ils font la démonstration, à l'American Chemical Society, des qualités de sécurité et d'inflammabilité du CFC 12 appelé à remplacer les diméthyléther, chlorure de méthyle ou SO<sub>2</sub> qui étaient utilisés dans les réfrigérateurs (Frigidaire). Par la suite, les Halons, CFC bromés, ont été mis en œuvre vers 1947 par l'US Air Force pour remplacer le bromure de méthyle, produit extincteur très efficace mais toxique.

Ces deux familles, CFC et Halons, proviennent donc de recherches volontaristes pour résoudre des problèmes de toxicité et d'environnement de l'homme au travail.

### Des produits performants mais menaçants

Produits très sûrs ayant été jugés performants (rapport du coût et de l'efficacité), les CFC et Halons ont été appelés à un fort développement dans un certain nombre d'applications. Ils sont produits, pour les plus développés (CFC 11 et 12), par dix-neuf sociétés dans le monde, les plus importantes ayant des filiales de production dans plusieurs pays. Elf Atochem est ainsi présent en Rhône-Alpes, en Espagne, au Venezuela, en Australie et aux États-Unis.

Les productions et les utilisations de ces produits ont suivi le niveau de vie et la spécificité industrielle qui s'est développée dans les différents pays (figure 1) :

- aux États-Unis, fluides réfrigérants principalement climatisation automobile,
- au Japon, solvants pour l'industrie électronique,
- en Europe, propulseurs pour aérosols dans les produits de toilette et agent gonflant des mousses rigides d'isolation en réponse aux impératifs d'économie d'énergie.

On pouvait donc prévoir, à court terme, une explosion de la demande dans les pays en voie de développement, comme on vient de le constater dans les pays nouvellement industrialisés (Corée, Taiwan, Singapour) où les taux de croissance sont de 15 % l'an.

Tous ces produits, gazeux ou susceptibles de s'évaporer, s'échappent dans l'atmosphère, soit immédiatement lors de l'utilisation (aérosol), soit progressivement (évaporation des solvants pour électronique, mécanique), soit au cours des incidents ou de la mise hors service (groupes froids, mousses rigides PU ou

PE). Ceci, conjugué aux premières analyses ayant mis en évidence la croissance de concentration de ces gaz dans l'atmosphère (chromatographie à ionisation de flamme effectuée par Lovelock), a conduit les chimistes, dès 1972, à étudier le devenir de ces produits trop stables dans l'environnement. Impulsée par la controverse de Concorde, la connaissance scientifique de l'atmosphère et de la stratosphère a considérablement progressé tant dans la théorie, la modélisation, que dans la mesure et permet maintenant au PNUE<sup>1</sup> d'indiquer clairement une relation de cause à effet des CFC sur l'ozone stratosphérique.

### De la prévention à la réglementation

La Convention de Vienne (mars 1985), convention cadre pour la protection de la couche d'ozone, le protocole de Montréal (septembre 1987) réglementant les CFC à - 50 % à la mi-1988, la première réunion des parties au protocole à Helsinki (mai 1989) demandant leur interdiction en l'an 2000, la réunion de Londres (juin 1990), puis celle de Copenhague (octobre 1992), ajustant et amendant le protocole jusqu'à interdire ces produits à fin 1995, ponctuent une activité diplomatique considérable.

Cette évolution rapide où l'on est passé de l'étude de l'ozone stratosphérique (1974) à une logique réglementaire de la réduction des CFC (1987) à l'élimination (1990) pose des problèmes techniques et économiques considérables.

\* DCFS, Elf Atochem SA, 4 et 8 cours Michelet, La Défense 10, Cedex 42, 92091 Paris La Défense.  
Tél : (1) 49.00.84.76. Fax : (1) 49.00.70.21.

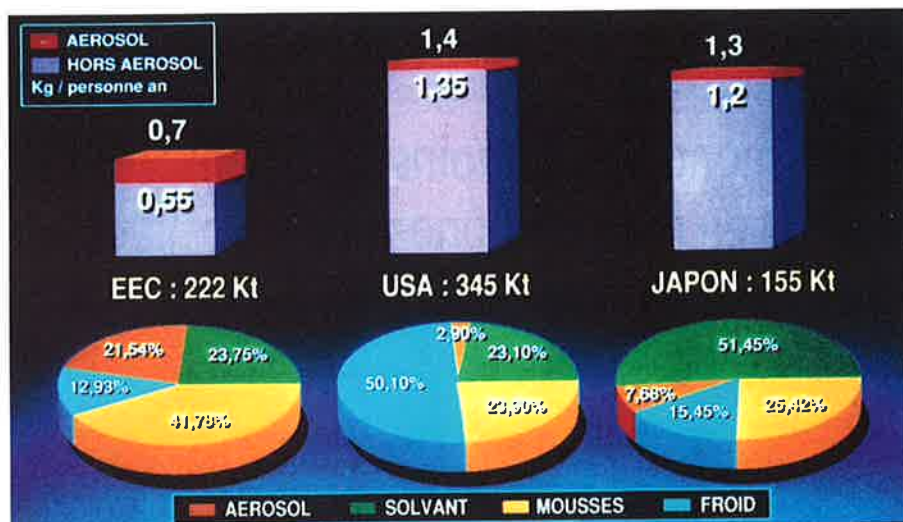


Figure 1 - Données du marché 1989 CFC 11+ CFC 12+ CFC 113 (estimations Atochem).

## Les problèmes posés par les mesures réglementaires

Les problèmes posés par ces mesures réglementaires se rencontrent tout d'abord au niveau des utilisateurs.

Face à une disparition programmée et rapide, les clients utilisateurs de molécules de CFC doivent évoluer rapidement : il leur faut soit changer de technologie, soit l'adapter à de nouvelles molécules.

On peut constater que, suivant les emplois, nos clients utilisateurs, dans l'Union européenne, ont pu et su réagir de manière très différenciée (figure 2).

Les mesures réglementaires posent aussi des problèmes aux chimistes. Immédiatement il faut conduire, au mieux, la décroissance des productions de CFC ainsi que des installations des produits chlorés amont et des débouchés des sous-produits aval.

Il faut parallèlement analyser les marchés résiduels, et enfin, déterminer les molécules à utiliser pour les emplois incontournables : elles doivent être peu toxiques, peu perturbantes pour l'environnement (il faut prendre en compte tout à la fois l'ozone et l'effet de serre) ; elles doivent pouvoir, également, être utilisées facilement par nos clients industriels et être fabriquées dans de bonnes conditions d'économie et de sécurité.

Ce n'est qu'en cas de succès sur tous ces points que l'application du protocole de Montréal pourra se faire sans problèmes socio-économiques majeurs.

## Le choix des hydrofluoroalcanes (HFA)

Après un screening sécurité, environnement, performance (figure 3), les hydrofluoro-alcanes (HCFC ou HFC) (tableau 1), molécules contenant un hydrogène leur assurant une plus grande fragilité - d'où des dégradations rapides dans l'atmosphère sans ou avec un minimum de transport de chlore dans la stratosphère - ont été retenues.

De manière à accélérer au maximum les délais de mise sur marché, ces molécules

sont testées dans l'environnement et, pour leur toxicité, par deux consortiums internationaux, l'AFEAS<sub>2</sub> et les PAFT<sub>3</sub>.

Leurs fonctionnements sont originaux à plus d'un titre. D'abord, mettre ensemble jusqu'à 20 sociétés allant de la Corée au Japon, aux États-Unis à l'Europe. Ensuite, faire partager aux instances réglementaires ou scientifiques internationales la qualité et la neutralité de tels groupes. Partager les frais est un autre problème. Enfin, le système d'appel d'offre mondial pour répondre aux problèmes posés est aussi innovant.

Cette organisation (transnationale/transcompagnies) a permis d'accélérer le processus de mise sur le marché en évitant des duplications et des coûts tout en obtenant un consensus mondial sur les résultats.

On peut considérer que les chimistes ont dépensé, dans des laboratoires extérieurs, 2 millions de dollars par an depuis 1972, soit de l'ordre de 50 millions de dollars dans les domaines sécurité/environnement.

## L'implication des différents acteurs Elf Atochem en Rhône-Alpes

Autour de l'usine de Pierre-Bénite, producteur de CFC depuis 1945, existent le centre de recherche Rhône-Alpes et le centre technique de Lyon.

L'ensemble de ces acteurs coordonnés par la division opérationnelle a été largement impliqué dans la réussite d'Elf Atochem à répondre aux contraintes réglementaires.

Tout d'abord la recherche. Compte tenu des nombreuses voies d'accès à explorer couvrant des technologies très différentes : hydrogénation, catalyse phase liquide, catalyse phase gaz, un renforcement très significatif des équipes dans le domaine fluoré a dû se mettre en place autour du noyau «dur» fluoré qu'Elf Atochem a toujours su garder.

De 1986 - choix des substituts possibles - à 1990, les différentes voies d'accès ont été déterminées, les réactions identifiées, les premiers pilotages et études des procédés affinés.

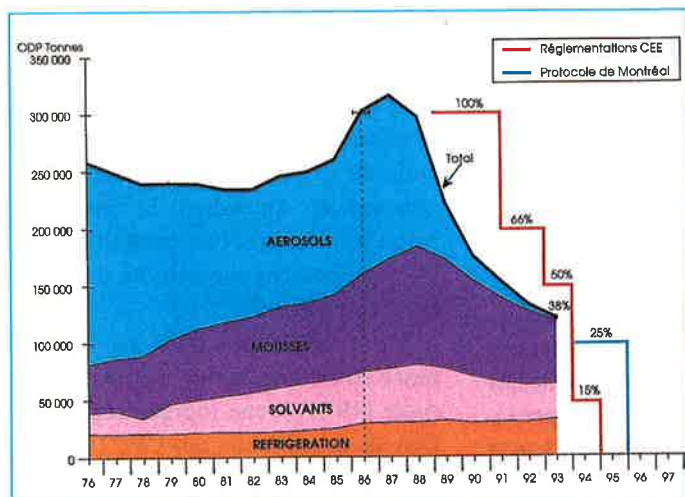


Figure 2 - La consommation des CFC dans la Communauté européenne et les principales applications (tonnes ODP : tonnes pesées en destruction d'ozone).

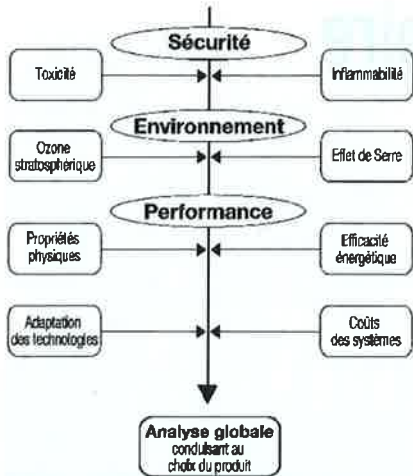


Figure 3 - Une approche globale : les facteurs de choix industriels..

En 1990, les voies d'accès à retenir étaient définies pour le HFC 134a et les HCFC 141b et 142b.

La technologie, en parallèle, a analysé la faisabilité industrielle, les coûts d'investissement de manière à présenter le projet à la décision de la direction générale.

Quant à l'usine, elle avait à faire face aux contraintes dues à la fermeture des ateliers CFC (reconversion du personnel) et à la tâche difficile d'obtenir les autorisations administratives d'ouverture de nouveaux ateliers. En effet, les contraintes spécifiques au positionnement du site près d'une ville et d'une autoroute ont fait l'objet de demandes complémentaires au CTA et d'échanges continus entre la DRIRE et le site.

La phase suivante a vu la concrétisation du projet suivant un échéancier très serré. A fin 1990, la direction générale donnait son feu vert. En 1991, les autorisations administratives étaient obtenues et, à fin 1992, la construction terminée, la production commerciale commençait.

Pendant cette période, 900 MF ont été dépensés - 80 000 heures de construction avec une moyenne de 450 personnes sur le chantier avec des pointes à 750 personnes.

6 200 m<sup>3</sup> de béton coulés - 3 000 t d'acier utilisées.

L'usine a assuré la formation du personnel, tant celui des CFC reconverti que de l'ensemble du site, à des unités hautement sophistiquées : 3 000 capteurs, 300 chaînes de régulation.

A fin 1990, grâce à cet effort sans précédent, Elf Atochem disposait d'une unité HCFC 141b-142b de 40 000 t/an et

d'une unité 134a de 9 000 t/an.

Dans ces unités, la part des investissements consacrée à la sécurité et à l'environnement est de l'ordre de 25 % du devis - entre incinération, traitement des effluents, lavages de sécurité, confinements, asservissements et automatismes de crise.

Grâce à l'effort de tous, les délais imposés par les autorités ont pu être tenus - tout au moins au niveau de la mise sur le marché des fluides nécessaires à nos clients.

### La poursuite de l'effort

Ce premier effort d'Elf Atochem est prolongé actuellement par des recherches, développements, pilotages sur d'autres produits HFC 143a, 32, 125, qui seront produits industriellement, soit à Pierre-Bénite, soit dans d'autres usines fluorés du groupe en Espagne et aux États-Unis. Là encore, le centre de recherche Rhône-Alpes et le centre technique de Lyon sont totalement impliqués.

De nouveaux moyens financiers sont à mobiliser pour les nouveaux ateliers qui, malheureusement, dans la plupart des cas, ne peuvent utiliser les ateliers des anciens CFC qu'ils remplacent.

### Une réussite au niveau environnement

Après ces contraintes et ces efforts, que pouvons-nous dire du problème CFC/ozone aujourd'hui. Les résultats de ces actions de la chimie, où Elf Atochem représente de l'ordre de 30 % de l'effort mondial de production de produits de substitution, permettent de réduire l'effet sur l'ozone de 100 en 1986 à 2,6 en 1996 et à zéro en 2006 (figure 4). Il ne faut pas cependant en conclure que le « technology forcing » pourra toujours être utilisé et qu'en imposant des règles et des délais, la chimie « fera le néces-

Tableau I - Les hydrofluoroalcanes HFA.

HCFC		Potentiel d'action ozone*
22C	HF <sub>2</sub> Cl (froid)	0,055
141b	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> FCI <sub>2</sub> (mousse)	0,11
142b	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>2</sub> Cl (mousse)	0,065
123	C <sub>2</sub> HF <sub>3</sub> Cl <sub>2</sub> (mousse)	0,02
124	C <sub>2</sub> HF <sub>4</sub> Cl (froid)	0,022
HCFC		
134a	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub> (froid)	0
125	C <sub>2</sub> HF <sub>5</sub> (froid)	0
152a	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> F <sub>2</sub> (froid)	0
143a	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub> (froid)	0
32	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub> (froid)	0

\* Base potentiel d'action ozone du CFC II égal 1

saire». D'une part, nous avons eu de la chance sur la toxicité (deux produits seulement pré-développés ont dû être soit arrêtés, soit leur emploi très réduit). D'autre part, la concentration en hommes et en moyens financiers, que ce soit chez les chimistes ou en aval, sur un tel objectif, dégarnit d'autres domaines. Hommes et argent sont des ensembles finis qu'il faut utiliser dans les domaines les plus importants.

La chimie et Elf Atochem ont su répondre au challenge ozone. Le flambeau est maintenant entre les mains de nos clients utilisateurs.

### Notes

- 1 Programme des Nations Unies pour l'Environnement.
- 2 Alternative Fluorocarbon Environmental Acceptability Study.
- 3 Program for Alternative Fluorocarbon Toxicity Testing.

Utilisations	1986		1996		2006	
	11	114	134a	134a	134a	143a
Aérosols	12	12	230 000	10 000	10 000	10 000
Froid	11	115	320 000	400 000	600 000	600 000
Mousses	12	22	400 000	120 000	?	?
Solvants	113	12	200 000	20 000	?	?
Consommation totale			1 200 000	550 000	610 000	610 000
Effet sur l'ozone CFC HCFC HFC			100	2,6	0,001	0,001

Figure 4 - Les chimistes aux rendez-vous. Évolution du marché des fluorés (y compris croissance des besoins) en t/an.