



Le développement de la fenêtre PVC en France

Étude des facteurs
d'une innovation réussie

Monique Casanova-Mazières

BIPE Conseil
Étude réalisée pour le compte du
Ministère du Logement

**Études et Expérimentations
Chantier 2000**

Sommaire

5 Introduction

Les dépenses d'innovation : une donnée stratégique

La diffusion de l'innovation : une nécessité incontournable

9 De la difficulté du choix d'une réelle innovation réussie dans le Bâtiment

La rareté des innovations dans le Bâtiment

L'entreprise de pose : obstacle fréquent à l'innovation

Le choix de la fenêtre PVC

13 Les initiateurs

L'avance de l'Allemagne

Un trio innovant au sein de la SAFERM

15 La fabrication des fenêtres en atelier

Investir dans un atelier d'assemblage : la transition de l'atelier bois à l'atelier PVC

La répartition des coûts

19 La pose des fenêtres sur chantier

Les difficultés d'organisation des travaux

La pose proprement dite : un produit "tout en un" plus rapide à poser

La main d'œuvre peut être formée "sur le tas"

Les marches de réhabilitation : un remplacement aisé des fenêtres par le PVC

23 Les performances et fonctions

Une évolution des performances

Un matériau inerte et souple d'emploi

L'intégration d'éléments en usine

La couleur

27 La formation de la main d'œuvre

L'appui d'un système de formation rapidement opérationnel

A l'amont : une profession "industrielle"

L'assemblage : l'adaptation au cas par cas d'un produit industriel

Sur le chantier : le minimum d'intervention

31 La diffusion de l'innovation : repères historiques

33 La maîtrise d'ouvrage sociale

Le rôle décisif de la maîtrise d'ouvrage sociale dans le démarrage du produit

Les atouts de la fenêtre pour la maîtrise d'ouvrage

Les problèmes qui restent à résoudre

37 Le recyclage des fenêtres PVC

Les attaques des écologistes allemands

Le recyclage du PVC en Allemagne

Le recyclage des fenêtres PVC en France

39 Conclusion



Introduction

L'étude des conditions de développement de la fenêtre PVC sur le marché français renvoie aux problématiques liées à l'innovation et au progrès technique en général.

Progrès technique et innovation constituent des thèmes qui sont longtemps restés en dehors du champ de la théorie économique (étant plus le fait de l'ingénieur que de l'économiste); l'analyse de la dynamique de leurs mécanismes n'a été qu'assez tardivement développée, avec notamment SCHUMPETER, puis GALBRAITH et NELSON qui ont largement contribué, à différentes époques, aux réflexions sur ces thèmes.

Le rappel, dans cette introduction, des principales conclusions de leurs travaux a deux objectifs :

► Le premier est de construire une sorte de base de réflexion pour l'analyse factuelle de l'innovation "fenêtre PVC", présentée dans les chapitres suivants. Quel que soit le secteur industriel d'appartenance, les innovations techniques vivent toujours un peu les mêmes problématiques et le développement de leur cycle de vie passe par des étapes qu'on retrouve assez systématiquement, avec des handicaps et des atouts souvent comparables.

Les produits destinés au bâtiment, malgré leur spécificité tant de fois argué pour les faire sortir des analyses industrielles classiques, n'échappent pas à cette approche;

► Le deuxième est de permettre de mieux comprendre ce qu'est le cycle de vie d'une innovation et d'apprécier notamment le poids et le rôle de tous les facteurs sous-jacents aux données explicites et quantifiables. "Écrire l'histoire de la fenêtre PVC" est une démarche dont l'empirisme doit être certes contrôlé par quelques repères historiques et statistiques, mais qui va forcément impliquer la prise en compte de facteurs qualitatifs de succès ou d'échec dont la pondération, dans l'ensemble des données causales, ne saurait être négligeable.

L'innovation "fenêtre PVC" se situe exactement dans la période (début des années 70) marquée, de l'avis des économistes (SOLOW), par un ralentissement de la productivité et une accélération simultanée apparente du

progrès technique. Cette période se caractérise également par une accélération du renouvellement des biens et par une diversification croissante de ceux-ci.

C'est en effet sur l'innovation technologique, donc sur la concurrence à long terme, que porte l'essentiel de la rivalité entre firmes. Enfin, c'est la recherche de revenus associés à un pouvoir de marché qui incite les entreprises à innover.

Dans toutes les analyses économiques menées sur l'innovation, il est maintenant acquis que :

- les dépenses d'innovation sont une variable économique stratégique pour les entreprises;
- la productivité d'une innovation est directement dépendante de sa diffusion.

Ces deux thèses seront parfaitement vérifiées dans le cas de la fenêtre PVC, comme on le verra dans les chapitres de cette étude.



LES DÉPENSES D'INNOVATION : UNE DONNÉE STRATÉGIQUE

Le progrès technique est la seule source, en dernière instance, de la croissance, puisque c'est lui qui explique l'accumulation du capital.

C'est l'innovation qui fonde le progrès technique, mais qu'est ce qui déclenche l'innovation ?

PME ou grande entreprise

SCHUMPETER avait d'abord émis l'hypothèse que l'audace individuelle est le fondement des innovations : auquel cas, l'innovation serait plutôt le fait d'entreprises de petite taille; il est, par la suite, revenu sur cette idée, avançant l'argument selon lequel les grandes entreprises sont plus inno-

vantes du fait de la masse de compétences qu'elles rassemblent et de leur accès plus aisé au marché des capitaux.

La fenêtre PVC, initiée par un petit groupe d'industriels, se rattache plutôt au premier courant de pensée.

Innovation de procédé ou de produit

- innovation de procédé : augmentation de l'efficacité des facteurs de production;
- innovation de produit : disponibilité de biens nouveaux mis sur le marché et de meilleure qualité.

La fenêtre PVC, initiée par les industriels du bois, illustre ces deux types d'innovations.

Quelles sont les sources de l'innovation ?

Les sources de l'innovation peuvent être de deux ordres :

- la Recherche et Développement, menée par les entreprises (ou les organismes publics);
- l'expertise des individus (et des collectivités).

La Recherche et Développement est la source du progrès technique tel qu'il a été étudié par les économistes, sous deux aspects :

- recherche fondamentale : faire progresser les connaissances;
- recherche appliquée : produire des "découvertes" à usage directement économique.

Les dépenses en Recherche et Développement sont un investissement dont le résultat est d'accroître un stock de capital : les décisions de recherche et d'investissement se conditionnent donc mutuellement. Investissement en recherche et développement en capital physique s'interpénètrent donc dans la stratégie destinée à la conquête des marchés.

Les différences entre Recherche et Développement et investissement physique sont importantes. Dans le cas de la fenêtre PVC, on verra qu'elles apparaissent nettement puisque la Recherche et Développement a été essentiellement le fait d'entreprises étrangères du secteur chimique (italiennes et allemandes) alors que l'investissement physique était le fait d'entreprises françaises.

Quel coût pour la Recherche et Développement et l'investissement physique ?

D'un point de vue formel, la Recherche et Développement a un coût fixe alors que l'investissement en capital physique est proportionnel à la production.

Cependant, le producteur innovant devant s'adapter à des demandes différenciées, les produits doivent se diversifier d'où, en conséquence, une certaine proportionnalité de la Recherche et Développement à la production.

La Recherche et Développement se situant en amont de l'investissement, le risque qui lui est associé est plus grand puisqu'il est à la fois de nature qualitative (la voie de la recherche est-elle bonne?) et quantitative (quel impact sur le marché?). Le risque associé à l'investissement physique est moindre car seulement quantitatif : quelle est la dimension du marché et donc quelle est la dimension optimale de l'outil de production ?

Dans le cas de la fenêtre PVC, les industriels français ont surtout assumé le risque lié à l'investissement physique : il était déjà prouvé, sur d'autres marchés, que la voie de cette innovation était bonne.

LA DIFFUSION DE L'INNOVATION : UNE NÉCESSITÉ INCONTOURNABLE

Les travaux des économistes sur l'innovation ont également montré que la productivité d'une innovation est directement dépendante de sa diffusion, c'est-à-dire du processus par lequel le produit nouveau gagne tout ou partie de l'économie.

La diffusion peut être :

- horizontale : l'innovation faite par un producteur est adoptée par les producteurs concurrents qui décident d'utiliser le même procédé;
- ou verticale : les utilisateurs adoptent l'innovation leur venant de l'amont.

Dans le cas de la fenêtre PVC, la diffusion a été particulièrement spectaculaire et les deux formes sont très liées, chacune ayant un rôle dynamisant pour l'autre : à la fois verticale (très rapidement, plusieurs producteurs s'y sont mis) et horizontale (les entreprises de pose se sont également rapidement emparées de l'innovation).

Les facteurs déterminant la vitesse de diffusion d'une technologie sont multiples :

L'efficacité du système de circulation de l'information

Le système repose essentiellement sur des relations entre entreprises amont et aval, c'est-à-dire entre fournisseurs

et clients qui, on le verra, ont particulièrement bien fonctionné dans le cas de la fenêtre PVC; mais, il est aussi fortement dépendant des supports de tous ordres (associations scientifiques, revues, colloques) qui constituent, par vocation, le lieu privilégié de la diffusion.

Dans le cas de la fenêtre PVC, le CSTB a joué un rôle déterminant en même temps que de nombreux colloques (auxquels d'ailleurs a participé le BIPE, entre autres organismes).

La progression technologique des firmes

La capacité des firmes à maîtriser les techniques nouvelles, le rythme d'investissement qui détermine la progression technologique, sont autant d'éléments qui contribuent à la diffusion du progrès technique.

La concurrence entre technologies alternatives (en l'occurrence bois/PVC), loin d'engendrer l'exclusion des technologies antérieures (le bois) a dynamisé la diffusion de l'innovation.

L'implication précoce d'un utilisateur influent

Dans le cycle de vie d'une innovation et, plus précisément, lors de son démarrage, "l'histoire" doit compter aussi avec des éléments et faits qui sont exogènes; quoique pas complètement déconnectés de préoccupations d'ordre économique, mais dont l'irruption apparaît a posteriori comme ayant donné à l'innovation une impulsion déterminante.

Ainsi, par exemple, l'implication précoce, dans le lancement d'une innovation, d'un utilisateur influent peut avoir un impact fort sur son démarrage. Pour la fenêtre PVC, la maîtrise d'ouvrage HLM est l'exemple même de ce type de facteur, impondérable et pourtant incontestablement décisif.

Les "liaisons en chaîne"

Plusieurs économistes (se rattachant aux théories évolutionnistes, et notamment NELSON) ont développé l'idée que l'innovation constitue un pari pour l'entrepreneur qui peut être gagné ou perdu, l'issue du pari étant décidée par le marché qui agit comme une machine à sélectionner les innovations acceptables ou souhaitables, et à rejeter les autres.

Le modèle de "liaisons en chaîne" qui insiste sur les rétroactions entre l'aval et l'amont semble bien adapté à la recherche d'explications causales du succès de la fenêtre PVC, qui dès sa conception, a bénéficié d'une bonne perception des contraintes du marché.

L'innovation ne peut, en effet, réussir que si, outre les aspects techniques, d'autres facteurs sont réunis, impliquant d'autres catégories d'hommes que les ingénieurs et les chercheurs et mettant également à contribution les personnels de production et de vente.

Dans l'effet "liaisons en chaîne" qui a favorablement joué pour la fenêtre PVC, le savoir pratique issu de l'expérience directe des initiateurs (quelles contraintes? quel marché?) a été tout aussi déterminant que le savoir "scientifique".

L'innovation s'entend donc comme une fonction de l'ensemble de l'entreprise, intervenant à tous les niveaux et concernant toutes les catégories de personnels.

Elle est la déterminante du progrès technique qui intervient en premier lieu sur la compétitivité-prix : en augmentant la productivité, il permet de réduire les coûts de production et donc les prix de vente.

Cela dit, les périodes d'innovation sont forcément chaotiques et engendrent souvent le processus bien connu de "destruction créatrice" au niveau micro-économique, les entreprises diffusant les produits nouveaux entraînant la régression, voire la disparition des autres entreprises. On aurait pu craindre, par exemple, que l'innovation fenêtre PVC ne rende obsolète la fenêtre bois.

Or, il n'en est rien, du moins en France, même si la part de marché du PVC continue d'augmenter légèrement. C'est bien là le seul point où la théorie économique de l'innovation gagnante, telle qu'elle vient d'être brièvement résumée, est prise en défaut pour le PVC.

Cette étude va donc comporter neuf parties correspondant au cycle de vie de l'innovation fenêtre PVC, depuis la phase d'initiation jusqu'aux recherches actuelles en matière de recyclage des fenêtres en fin de vie.

La première partie justifie à la fois le choix de la fenêtre PVC comme représentatif d'une innovation "bâtiment" réussie, en même temps que les raisons pour lesquelles d'autres produits qui auraient pu prétendre au même choix, n'ont pas été finalement retenus par le groupe de réflexion constitué pour la circonstance, au démarrage de l'étude.



De la difficulté du choix d'une réelle innovation réussie dans le bâtiment

L'appel d'offres du Plan Construction "Chantier 2000" (mieux produire sur les chantiers) ouvrait un champ de recherches considérable portant à la fois sur les innovations, les systèmes d'acteurs, l'organisation des chantiers, la conception des techniques, les thèmes de la consultation concernaient l'ensemble des métiers de la construction.

Depuis la première réponse proposée par BIPE Conseil à cet appel d'offres, le champ de l'étude a fortement évolué sous l'influence du groupe de réflexion constitué pour la circonstance¹, confronté aux difficultés du choix sur lequel faire porter l'étude ainsi qu'aux difficultés de méthode pour la mener à bien.

Le thème central retenu fut celui de l'étude de cas d'une innovation concrète, ayant réussi une percée sur le marché français de la construction ; l'objectif étant a posteriori d'essayer de comprendre les raisons de ce succès, de dégager les facteurs objectifs et les facteurs qualitatifs, plus ténus, qui furent tout aussi déterminants pour le développement de l'innovation.

LA RARETE DES INNOVATIONS DANS LE BÂTIMENT

Le problème principal pour le choix du produit innovant fut constitué par la rareté même des innovations majeures dans le bâtiment, plutôt caractérisé par un processus lent d'accumulations de petites innovations rarement spectaculaires.

Les experts du groupe de réflexion ont listé les innovations de ces dernières années réellement marquantes au plan technique et suffisamment couronnées de succès en

termes de développement de marché pour fournir une réelle matière d'étude.

Ils ont décidé d'éliminer un certain nombre d'innovations pour des raisons diverses :

- ▶ plaques de plâtre, béton armé : innovations déjà anciennes pour lesquelles il aurait été difficile de trouver des informations précises ; par ailleurs, les problématiques liées à la plaque de plâtre ont été analysées à de nombreuses reprises ;
- ▶ améliorations dans le domaine des bétons : développement des adjuvants, plastifiants, réducteurs d'eau ; développement d'ajouts permettant des bétons à plus haute performance qui s'inscrivent plutôt dans la démarche des progrès permanents des produits traditionnels ;
- ▶ améliorations dans les performances des aciers, soudables et plus résistants (aciers 500 au lieu de 400) : innovation très ponctuelle ;
- ▶ développement des armatures sur catalogue qui ont un réel effet sur le chantier ;
- ▶ cloisons légères : innovation déjà ancienne et qui est très liée à un marché principal (bureaux) ;
- ▶ systèmes de kits-plomberie pour cuisines et salles de bains, banquettes techniques, pieuvres électriques qui apportent un gain réel sur le chantier mais qui ne constituent pas des raz-de-marée en termes de parts de marché et pour lesquels il y a peu de R&D ;
- ▶ isolants alvéolaires, vêtements, étanchéité multicouches, fibres de verre, VEC (verre collé non agrafé) constituent certes des innovations venues enrichir l'offre des isolants, des revêtements extérieurs, des revêtements de toitures, des armatures : elles sont représentatives d'une percée due à des avantages performantiels permettant une offre diversifiée pour une fonction précise mais elles ne doivent pas réellement leur succès à des transferts d'investissement des chantiers vers l'usine ;
- ▶ les dalles alvéolées, "fausse" innovation qui date des années 60 et qui n'a connu un regain d'intérêt que par la flambée du marché des bureaux, aujourd'hui sinistré ;

1. Outre les représentants du PCA et de BIPE Conseil, le groupe de réflexion comprenait : M. GUILLEVIC (LAFARGE Nouveaux Matériaux) – M. LABELLE (NORPAC) – M. PLATZER (SCIC)

► enfin, un certain nombre de produits, qui ont pu apparaître comme des innovations à l'époque de leur mise sur le marché, n'ont pas confirmé les espoirs que certains avaient mis dans leur développement : les tuiles béton, après un démarrage rapide, ont été supplantées par le retour en force des tuiles terre cuite; les blocs et briques de maçonnerie isolantes (bloc ISOTHERM, briques G) n'ont fait qu'une percée modeste et il s'agit plus, là encore, d'enrichissement de produits traditionnels que de réelles innovations.

L'ENTREPRISE DE POSE : OBSTACLE FRÉQUENT A L'INNOVATION

Le groupe de réflexion avait également souligné une autre difficulté pour le choix du produit : aucun produit n'a réellement démarré sur le seul critère des gains réalisés sur le chantier grâce aux investissements de l'amont. Or, ce thème de l'investissement était central dans l'appel d'offres, la rentabilité des investissements d'adaptation des produits industriels étant considérée comme l'un des facteurs principaux de succès d'une innovation.

Les entreprises de bâtiment qui ont leurs contraintes de main d'œuvre (en quantité et en qualité) les fait s'opposer naturellement à tout ce qui vient bouleverser leur mode de travail et de ce fait, elles constituent souvent un frein important à l'innovation.

Les membres du groupe de réflexion ont souligné le fait que les innovations ont finalement plus de chance de percer si elles ne concernent pas les entreprises. L'exemple des plaques de plâtre, produit profondément innovant, vient toujours à l'esprit : elles ont connu des difficultés de développement du fait des plâtriers qui leur étaient hostiles tant le travail de pose leur semblait banalisé et réducteur par rapport à leur qualification. Elles doivent, en partie, leur succès à la mise en place d'une formation de plaquiste par les industriels eux-mêmes. Les plaques de plâtre restent l'exemple du produit innovant, avec de lourds investissements à l'amont, qui s'est heurté au conservatisme des entreprises de pose.

Quelles sont donc les raisons qui poussent une entreprise de bâtiment à accepter l'innovation ?

- Diminuer le coût de mise en œuvre sur le chantier :
 - réduire le temps de pose à qualification constante,
 - économiser par une meilleure logistique (commandes, approvisionnement, stockage),

- substituer des équipements (c'est-à-dire du capital) au travail.

- Diminuer la pénibilité du travail :
 - moins de fatigue d'où moins d'absentéisme,
 - davantage de sécurité et moins d'accidents,
 - meilleure image de la profession,
 - meilleure qualité finale d'où moins de sinistres.

Ces aspects positifs se heurtent :

- aux réticences générales des entreprises vis-à-vis des innovations : crainte de sinistres et risque d'augmentation des problèmes;
- à l'absence de flexibilité de la main d'œuvre : inadaptation aux tâches nouvelles, manque de motivation.

L'amélioration des produits se fait donc pas à pas; la profession du bâtiment est conservatrice et les produits nouveaux ne sont pas toujours acceptés sur les chantiers.

LAFARGE Nouveaux Matériaux, au sein du groupe de réflexion, a souligné l'existence, dans le groupe LAFARGE, d'une équipe de recherche en laboratoire, spécialisée dans la mise au point de produits formulés, mais a insisté sur la nécessité de les tester sur chantier: Il n'y a pas vraiment (ou très rarement) de recherche fondamentale; la recherche est définie par rapport à un objectif "produit" et testée auprès des professionnels applicateurs. Cette liaison laboratoire-chantier a été déterminante pour le succès des enduits par exemple.

LE CHOIX DE LA FENÊTRE PVC

Finalement, les deux produits présentant suffisamment de critères intéressants au regard des objectifs de l'étude sont apparus comme étant :

- les enduits prêts à l'emploi;
- les fenêtres PVC qui furent le produit finalement retenu.

Les enduits prêts à l'emploi.

Produit réellement nouveau dont l'essor fut spectaculaire (180 000 t en 1976, première année de suivi statistique, 420 000 t en 1980 et près d'un million de t en 1994) : il s'agit incontestablement d'une innovation "raz de marée" qui illustre précisément un surcroît d'investissement à l'amont destiné à une meilleure rentabilité sur chantier; ces enduits ont en effet complètement supplanté les enduits manuels maintenant réservés quasi exclusivement aux travaux d'entretien.

C'est donc un produit révolutionnaire pour le chantier, bel exemple d'innovation transférant la valeur ajoutée du chantier à l'usine, et qui maintenant est tout à fait fiable du point de vue de ses performances.

Mais le marché des enduits prêts à l'emploi est quasi exclusivement celui des logements neufs et c'est la raison pour laquelle ce produit n'a pas été retenu pour l'étude : son marché est limité à un seul segment dont l'évolution à terme est plus orientée vers une stabilité (avec à-coups à la baisse) que vers une forte croissance.

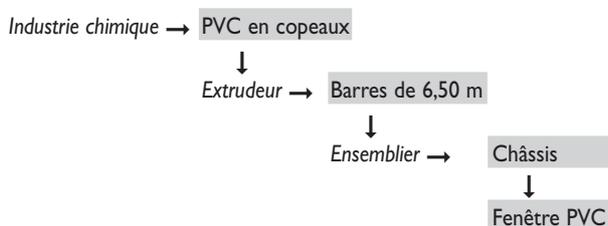
La fenêtre PVC

Après un détour sur le choix des enduits projetés, le groupe de travail a porté sa réflexion sur les fenêtres PVC, qui présentent plusieurs atouts vis-à-vis des objectifs de l'étude.

Une réussite incontestable en termes de pénétration du marché :

Marginales dans les années 70, les fenêtres PVC ont atteint 19 % du marché dans les années 80 et 45 % aujourd'hui.

Il s'agit d'une filière longue interactive :



Son analyse devrait se révéler plus complexe donc plus riche d'enseignements que celle d'une filière courte.

Cette filière a un impact sur tous les acteurs de la construction :

- prescripteurs
- industriels
- maîtres d'ouvrage
- formateurs

Dans son préambule, le programme "Chantiers 2000" rappelait que "l'évolution du chantier dépend de tous ceux qui contribuèrent à celui-ci". L'analyse de la fenêtre PVC constitue un bel exemple des modifications de l'organisation de l'ensemble de la filière, par rapport au bois et à l'aluminium, en suscitant une organisation nouvelle, et surtout en "profitant" à chacun des acteurs.

Cette organisation met en relief la nécessité d'un fonctionnement interactif de la filière : entre fournisseur et poseur, d'autres professions jouent un rôle.

La réalité d'une innovation ne peut pas, en effet, être ramenée à un simple jeu de fourniture-pose. Les choses sont rendues largement plus complexes par le rôle d'autres intervenants, certains d'entre eux ayant une fonction forte dans le développement d'une innovation.

Le concept initial (usine-chantier) doit donc être élargi. L'exemple de la fenêtre PVC fournit ainsi l'occasion de s'interroger sur le rôle sans doute décisif qu'a joué la maîtrise d'ouvrage sociale, confrontée à l'entretien d'un parc de 3,5 millions de logements.

En devenant un prescripteur massif des fenêtres PVC (80 % de leur demande de fenêtres), les maîtres d'ouvrage HLM ont été déterminants pour le succès de l'innovation.

De même, le système de formation scolaire et surtout post-scolaire a évité le blocage classique d'une innovation "bâtiment" par l'absence de main d'œuvre quantitative et qualitative.

Des investissements à tous les niveaux.

Les retombées sur l'organisation des métiers obligent à une analyse des investissements réalisés par chaque intervenant.

L'appel d'offre mettait l'accent sur les investissements d'adaptation.

L'investissement d'adaptation n'est pas un concept économique classique en soi. Investissement de capacité, investissement de rationalisation, de modernisation correspondent déjà à des nuances subtiles, pas toujours évidentes à différencier.

L'investissement d'adaptation serait plutôt le surcroît d'investissement, par rapport à l'investissement moyen nécessaire, que représente la mise au point d'un produit industriel, susceptible d'accroître sa facilité de mise en œuvre sur le chantier.

Face à l'impossibilité de quantifier un surcroît d'investissement, il semble plus pragmatique de le définir comme : toute dépense, matérielle ou immatérielle, facilitant l'exécution d'une ou plusieurs tâches sur le chantier; ce dernier étant entendu dans son sens le plus large :

- chantier de pose;
- usage du produit;
- destruction de la construction.

La question posée : quels investissements pour une meilleure efficacité du produit sur le chantier? n'a pas de réponse directe.

Concrètement, l'effet des investissements de l'amont n'est réellement perceptible sur le chantier que s'il y a intégration financière verticale. Dans le cas des fenêtres

PVC où beaucoup d'industriels fabricants sont soit poseurs, soit liés aux poseurs, la question prend tout son sens car les intérêts de l'amont et du chantier se rejoignent, au lieu de s'opposer comme c'est souvent le cas.

Les cas récents de rapprochements entre extrudeurs et assembleurs vont dans le même sens.

Schéma récapitulatif des différents niveaux d'investissements de la filière "fenêtre PVC"

MATÉRIELS	CYCLE DE VIE FENÊTRE PVC	IMMATÉRIELS
Matières premières	EXTRUSION	R&D
Composants	FABRIQUATION- ASSEMBLAGE	Formation de la main d'œuvre Avis techniques
Équipements	CHANTIER	Formation de la main d'œuvre Spécialisations techniques
Absence d'investissement de maintenance	USAGE	Maîtrise d'ouvrage sociale
Équipements pour recyclage des fenêtres PVC	DESTRUCTION	R&D sur PVC recyclable

Une innovation encore en devenir.

L'innovation fenêtre PVC n'a pas complètement atteint son plein développement et des recherches se poursuivent dans plusieurs directions principales :

- le développement de la couleur et de sa durabilité;
- la réduction des profilés pour un meilleur "clair de vue" notamment en réhabilitation (où l'on conserve le précédent dormant);

- une meilleure ventilation avec une meilleure maîtrise du couple "isolation-ventilation".

Il s'agit de recherches sur les performances, l'essentiel des gains sur chantier ayant déjà été acquis par les méthodes actuelles de fabrication et de pose.



Les initiateurs

L'AVANCE DE L'ALLEMAGNE

Production de fenêtres

1972	
France	Allemagne
5 800 000 fenêtres	10 000 000 fenêtres
Bois 4 000 000	Bois 7 000 000
Aluminium 1 050 000	PVC 1 500 000
Divers 400 000 <i>dont plastique</i>	
Acier 350 000	

En France, les fenêtres PVC n'étaient pas encore isolées dans les statistiques en 1972². Mais l'Allemagne avait vu apparaître les premiers profils dès 1955 et l'essor des fenêtres PVC date des années 1970 :

- 4 500 tonnes de profils fenêtres en 1970;
- 10 000 tonnes de profils fenêtres en 1971;
- 17 000 tonnes de profils fenêtres en 1972.

Une étude réalisée à la même époque par le BIPE³ note que "la tendance à l'emploi du PVC en fenêtres dont le montage et l'entretien sont très faciles vient de l'Allemagne". Cette étude souligne également l'écart qui sépare l'intensité de l'activité de transformation des plastiques en France et en Allemagne.

2. Dans une étude de 1975 intitulée "Le marché des fenêtres en France", le CSTB note à propos des fenêtres plastiques: "leur technique de fabrication ne permet pas d'offrir un catalogue étendu quant aux dimensions et aux types d'ouvrants. Leur prix ne pourrait baisser qu'à la faveur d'un effort de normalisation des dimensions. Les problèmes de déformabilité et d'étalement ne sont pas toujours résolus".

3. Conditions des industries de transformation des plastiques dans le bâtiment, BIPE, 1975.

Activité de transformation des plastiques

1975	
France	Allemagne
1 076 entreprises	2550 entreprises
80 000 personnes	204 000 personnes
taille moyenne : 50	taille moyenne : 80

La technique de l'extrusion était déjà en Allemagne le fait de grands groupes chimistes; le principal extrudeur pour profils de fenêtres était Kommerling (CA 1972 : 140 M de DM), groupe issu de l'activité des colles pour chaussures. Puis :

- Dynamit Nobel (CA : 1 306 M de DM);
- Rehau Plastics (CA : 300 M de DM);
- Dyna Plastik Werk (CA : 30 M de DM).

Au total : environ 35 extrudeurs (les mêmes que pour les volets roulants).

Les profils étaient achetés par des entreprises de menuiserie qui ensuite montaient les fenêtres et les posaient, et qui étaient en contact avec les architectes et les chantiers.

L'avance de l'Allemagne, dans le domaine des plastiques, était incontestable; elle produisait 900 000 t de PVC en 1970, soit 15 % de la production mondiale et disposait d'une dizaine d'instituts de recherche pour les plastiques.

La R&D en amont a donc été développée Outre-Rhin; la technologie du PVC a été adoptée par la chimie française : impossible d'isoler vraiment ce que furent les coûts réels pour l'industrie française de l'extrusion qui a incontestablement bénéficié de l'avance allemande.



UN TRIO INNOVANT AU SEIN DE LA SAFERM

SAFERM a été pionnier en la matière en développant, dans les années 1975, une petite diversification PVC initiée par trois personnes :

- M. HUET, menuisier portes
- M. COUGNEAUD, outillages menuiserie, puis extrusion
- M. MOULET, menuisier fenêtres.

Deux points forts de la fenêtre PVC :

- l'adaptation sur le dormant existant qui en faisait d'emblée un produit pour la réhabilitation ;
- la performance thermique.

Monsieur COUGNEAUD avait importé des profilés italiens pour réaliser, au début, des fermetures. Il a eu l'idée d'étendre ses tentatives aux fenêtres, ce qui l'a obligé à changer de profils car les profils allemands ne correspondaient pas aux pratiques françaises : en Allemagne, la fenêtre est posée "entre murs" avec un dormant de 60 mm ; en France on applique la maçonnerie sur l'intérieur du mur. C'est lui également qui eut l'idée du monobloc, à l'origine d'un gain de temps important sur chantier.

Le démarrage s'est fait sur la répartition des tâches suivantes :

COUGNEAUD	SAFERM
↓ Extrusion Assemblage (y.c. vitre)	↓ Commercialisation des fenêtres PVC

La partie commerciale a été assurée par le SAFERM qui démarchait et vendait les fenêtres PVC.

Les investissements faits par COUGNEAUD ont été importants : 10 extrudeuses de tout gabarit ont permis de réaliser des fenêtres de toutes dimensions.

Très rapidement, les fenêtres COUGNEAUD-SAFERM ont représenté la moitié des fenêtres PVC produites en France.



La fabrication des fenêtres en atelier

Un des facteurs explicatifs du succès de l'innovation "fenêtre PVC" est la relative simplicité avec laquelle il est possible de monter un atelier et de produire ces fenêtres.

Certes, la fenêtre PVC est plus chère que la fenêtre bois. En particulier, le matériau est relativement plus cher que le bois, mais il ne faut pas oublier que la première partie de sa transformation, le profilage, est déjà réalisée lorsqu'il arrive à l'atelier: Assembler une fenêtre PVC revient "simplement" à découper les montants à la bonne longueur et à les souder ensemble en incluant verrerie et serrureries.

La grande souplesse du procédé d'assemblage fait que l'innovation, dans ce domaine, se poursuit encore aujourd'hui. Les firmes proposent chaque année de nouveaux profils qui correspondent à de légères variations dans les techniques d'assemblage, et c'est essentiellement sur la définition de nouveaux profils, remplissant des fonctions légèrement différenciées, que se joue la concurrence entre les divers assembleurs.

Les tendances actuelles sont :

- ▶ d'une part à l'augmentation, à ouverture constante, du clair de vitrage, donc à la réduction des largeurs de montants;
- ▶ d'autre part à l'inclusion de plus en plus fine des réservations qui permettent la ventilation. Il était en effet peu logique de pratiquer, en dernière étape de l'assemblage, un trou dans une fenêtre à laquelle on fait subir des tests d'étanchéité sévères, à seule fin de permettre la ventilation du logement. De plus, les occupants du logement, parfois peu informés du principe de la ventilation, bouchent ces réservations trop visibles. Des tentatives sont en cours pour inclure la ventilation directement dans le profil, par exemple en suivant la jonction verre-PVC.

Les améliorations actuelles sur la définition des profilés ne vont donc pas vers une redéfinition de la technique d'assemblage, mais constituent plutôt de petites améliorations successives qui sont plus le résultat d'expériences quotidiennes que le fruit d'une recherche de fond.

INVESTIR DANS UN ATELIER D'ASSEMBLAGE : LA TRANSITION DE L'ATELIER BOIS À L'ATELIER PVC

Investir dans une menuiserie PVC n'est pas très onéreux et reste à la portée du menuisier bois qui souhaite étendre ses activités.

La revue "L'Entrepreneur Menuiserie" présente ainsi les investissements en matériel à réaliser pour constituer un atelier d'assemblage de fenêtres selon le nombre de fenêtres que l'on veut fabriquer journalièrement - sous forme d'un "mode d'emploi", en quelque sorte, - destiné à l'artisan menuisier.

Les estimations d'investissements ici présentées ont également été confirmées par les représentants de l'Union Syndicale de la Fenêtre PVC.



Investissement minimal pour l'installation d'un atelier d'assemblage permettant de réaliser :

Moins de quinze fenêtres par jour	De quinze à quarante fenêtres par jour	De cinquante à cent fenêtres par jour
une tronçonneuse à une tête une tronçonneuse à métaux une visseuse pour fixation des renforts une fraiseuse à copier une fraiseuse à gruger une soudeuse une tête une ébavureuse une scie à parcloses une table de travail un chariot de transport matériel portatif	une tronçonneuse à deux têtes une tronçonneuse à métaux une visseuse à renforts une fraiseuse à drainer une fraiseuse à gruger une soudeuse deux têtes une ébavureuse trois fraises une scie à parcloses une presse à vitrer une scie à format deux ou trois tables de travail deux ou trois chariots de transport divers matériel portatif...	une tronçonneuse à deux têtes pilotées par PC une tronçonneuse à métaux une visseuse à renforts une fraiseuse à drainer une fraiseuse à gruger une soudeuse quatre têtes une ébavureuse automatique deux ou trois tables de montage quincaillerie une ficheuse une scie à parcloses deux ou trois presses à vitrer une scie à format des tables de travail un chemin de transfert divers matériel portatif
<i>Soit un investissement de 300 à 400 000 francs</i>	<i>Soit un investissement de 500 à 700 000 francs</i>	<i>Soit un investissement minimum de 1 500 000 F</i>

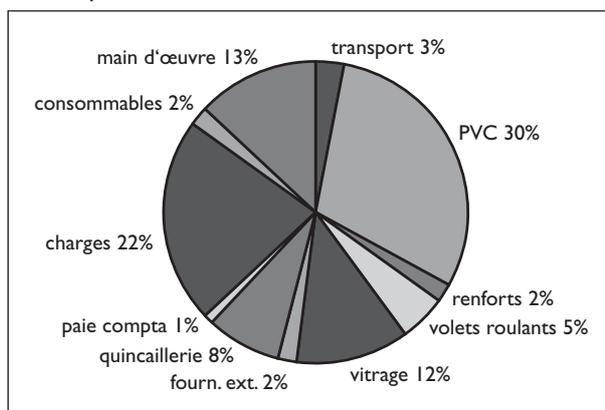


LA RÉPARTITION DES COÛTS

Il est intéressant d'examiner la répartition des coûts de l'assemblage des fenêtres PVC. Cette répartition fait apparaître l'importance du matériau PVC, qui représente à lui seul le tiers du coût final de la menuiserie, tandis que l'ensemble des fournitures et matières premières atteint 60 % du coût total.

Rappelons que, contrairement à la fenêtre bois, la menuiserie PVC, qui est plus chère, inclut le volet roulant, assez systématiquement un double vitrage, et ne nécessite pas d'être peinte. On peut donc examiner cette décomposition des coûts en se rappelant que ces coûts supplémentaires représentent la première véritable économie, en construction neuve, réalisée par l'emploi du PVC.

Décomposition du coût d'une menuiserie



Pour la décomposition du coût de la fenêtre sur les différents postes de l'assemblage, on se place dans l'hypothèse d'un atelier de 20 personnes fabriquant 75 menuiseries par jour. Le prix moyen de la fenêtre (prix de vente de la fenêtre non posée) est estimé à 1 900 F.

Les matériaux

Le PVC qui parvient à l'atelier en bandes de 6,50 m représente 30,5 % du coût de la fenêtre, soit 580 F. Les montants sont découpés dans ces bandes de façon à perdre le moins de produit possible et les pertes sont effectivement assez faibles (moins de 5 %).

Le vitrage quant à lui représente 11,8 % du coût, soit 224 F.

Les accessoires

Il s'agit principalement des renforts (2 % du coût global), des volets roulants (5 %) de fournitures diverses (2 %) et de la quincaillerie qui représente 8 % du coût de la fenêtre.

L'assemblage proprement dit

Le plus fort poste de la partie assemblage proprement dit est bien entendu la main d'œuvre qui représente 13 % du coût global c'est-à-dire 250 F pour une fenêtre.

Les dépenses d'énergie représentent 2 % du coût.

Les frais de structure

Les frais de structure qui représentent environ 22 % du coût de la fenêtre correspondent à des charges d'exploitation qui sont principalement l'amortissement des matériels (dans le cas envisagé, cet amortissement a lieu sur 7 années).

Le transport des fenêtres

Il représente 2,6 % du coût.

Ce poste revêt une grande importance dans la commercialisation et l'utilisation des fenêtres. Lorsque les entreprises d'assemblage des fenêtres sont également en

charge de la pose, elles assurent bien entendu la totalité du transport. C'est également le cas lorsque l'entreprise d'assemblage livre ses produits sur le chantier : les fabricants sont particulièrement attentifs à la manutention de leurs produits qui restent des produits fragiles car ils sont cassants (cf. chapitre suivant). La livraison, l'entreposage, la manutention des fenêtres sur le chantier font partie du "transport".

Le contrôle de la production

Lorsqu'une entreprise s'est équipée pour contrôler la conformité des châssis qu'elle produit, il faut savoir qu'elle ne contrôle en général que 2 ou 3 châssis par mois.

Pour ce faire, un banc d'essai d'une valeur de 300 000 F est nécessaire.





La pose des fenêtres sur chantier

LES DIFFICULTÉS D'ORGANISATION DES TRAVAUX

Les investissements réalisés au niveau de la fabrication des fenêtres PVC, en atelier, ont eu un impact fort sur l'emploi de ce produit sur les chantiers, ainsi par exemple l'intégration d'éléments en usine.

En revanche, certains investissements qui sont à réaliser sur le lieu du chantier, et qui touchent plus particulièrement à son organisation, sont paradoxalement encore manquants et les entreprises qui fournissent et/ou réalisent la pose des fenêtres PVC sont particulièrement demandeuses d'amélioration des conditions d'exécution des travaux.

Les transport et manutention

Les fenêtres PVC sont, à dimensions égales, plus lourdes que les fenêtres en bois, ce qui rend leur transport plus coûteux (environ 2 à 5 % plus cher).

Surtout, cela complique la manutention et le stockage des fenêtres, qui arrivent palettisées (au niveau de l'atelier) sur le chantier, ce qui impose l'emploi de grues pour déplacer les palettes. Les grues de manutention, en raison de problèmes d'organisation propres au chantier, ne sont pas prévues dans le cahier des charges du chantier, et l'entreprise poseuse doit les louer à l'entreprise générale... quand cela est possible.

Le stockage : le problème dimensionnel

De plus, la variété dimensionnelle des fenêtres PVC, à l'opposé du produit bois où les dimensions sont plus standardisées, rend leur manutention bien plus difficile, pour une raison aisée à comprendre : les fenêtres PVC sont palettisées à la sortie de l'atelier selon leurs dimensions, puisque c'est le seul moyen d'obtenir un conditionnement

correct pour les transporter. En revanche, elles doivent théoriquement être stockées sur le site de pose, directement dans l'appartement récepteur.

Il faut donc trier les fenêtres sur le chantier et c'est une possibilité rarement offerte à l'entreprise poseuse à qui l'on propose simplement un local unique pour entreposer ses fenêtres, en lui laissant la charge de les trier manuellement en dépit de leur poids.

Les difficultés d'organisation résultant de ces contraintes multiplient par 3 le coût de la manutention des fenêtres PVC, par rapport au bois.

Un produit peu fragile, mais impossible à réparer

Les fenêtres PVC sont plus résistantes que les fenêtres bois, mais elles sont également plus cassantes. Cela signifie que, s'il est possible de "réparer" sur le chantier une fenêtre en bois - le matériau se prête à cette opération qui n'utilise qu'un peu de pâte à bois - une fenêtre PVC qui est endommagée doit, elle, en revanche, être remplacée.

Cet aspect "fini" rend également le PVC plus sensible aux projections (de peinture, de ciment, etc.) et les entreprises de pose sont très demandeuses de protections adaptées à leurs produits lors du stockage, qu'elles déclarent n'obtenir que rarement.



LA POSE PROPREMENT DITE : UN PRODUIT “TOUT-EN-UN” PLUS RAPIDE À POSER

Le doublage est inclus dans la fenêtre

La fenêtre PVC inclut le doublage, ce qui accélère la pose. Par rapport à la fenêtre bois, on estime à 20 % environ le temps gagné sur l'opération de pose, en ne considérant que la fenêtre en elle-même. En effet, il est nécessaire pour poser une fenêtre en bois de réaliser sur le chantier les tappées et fourrures qui permettent de rattraper les inégalités du dormant. Rappelons que dans ce cas le dormant est inclus dans le voile béton lorsqu'on le coule, ce qui peut induire de graves déformations. Au contraire, la fenêtre PVC vient s'incruster dans l'ouverture laissée dans le voile et il n'est pas besoin de rattraper les inégalités entre dormant et montant.

Il faut rappeler que cette difficulté est spécifique aux habitudes françaises de construction, puisqu'en Allemagne les fenêtres - bois ou PVC - sont encastrées au centre du voile, et non sur son bord. Donc, dans ce pays, la difficulté qui consiste à adapter les montants de la fenêtre sur un dormant pré-inclus dans le voile est identique pour les deux matériaux.

Le volet roulant et son coffre

Le volet roulant et son coffre sont réalisés en atelier et donc font partie du produit qui est réellement “tout-en-un”. Ainsi, l'intervention de cinq corps d'état est nécessaire dans la pose d'une fenêtre bois - le menuisier extérieur pour la fenêtre proprement dite, le menuisier intérieur pour le coffre, l'entreprise de fermetures pour le volet roulant, le serrurier pour la quincaillerie et le peintre - tandis que pour réaliser les mêmes fonctions avec un produit en PVC un seul ouvrier suffit, lorsque tous les éléments ont été intégrés en usine.

L'économie réalisée par rapport à la pose d'une fenêtre en bois, en termes de temps de travail, peut alors atteindre 40 % du temps de pose.

Facteurs de différenciation des conditions de pose Exigences des produits PVC et Bois

	PVC	BOIS
Construction neuve		
Transport et palettisation	***	*
Stockage - protection	***	**
Manutention	***	*
Pose		
Fenêtre	**	**
Doublage		*
Coffre		*
Volet roulant		*
Peinture		*
Entretien		
Remplacement	**	***
Peinture		*
Lavage	*	
Recyclage en fin de vie	*	

*** exigences fortes
** exigences moyennes
* exigences faibles

LA MAIN D'ŒUVRE PEUT ÊTRE FORMÉE “SUR LE TAS”

En général les ouvriers qui posent les fenêtres PVC sont des ouvriers qui viennent du bois, en particulier lorsque les entreprises sont d'anciennes entreprises de menuiseries bois, qui se sont reconverties, et qui assurent fabrication et pose.

Le temps de formation nécessaire est d'environ un mois (160 heures) pendant lequel l'ouvrier sera accompagné sur les chantiers pour apprendre “sur le tas” à poser des fenêtres PVC. Un bon ouvrier pose ensuite des fenêtres à une cadence de 8 à 10 par jour.

Enfin, les entreprises admettent volontiers qu'elle gardent les ouvriers les plus “costauds” pour les chantiers de construction neuve où les cadences sont plus rapides et les ouvriers les plus “fins” pour les chantiers de réhabilitation où il faut souvent gérer les relations avec les occupants du logement.

LES MARCHÉS DE RÉHABILITATION : UN REMPLACEMENT AISÉ DES FENÊTRES PAR LE PVC

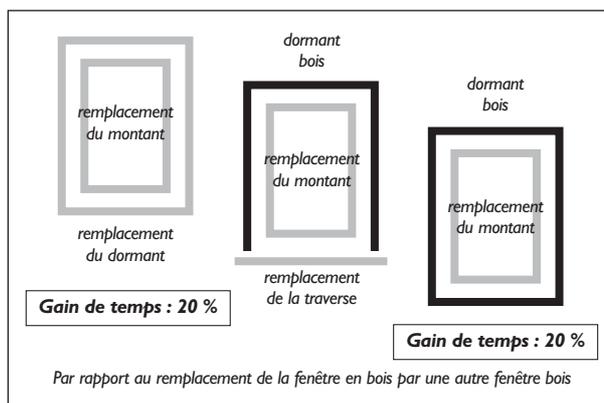
C'est surtout sur les chantiers de réhabilitation que l'emploi du produit en PVC se révèle plus avantageux que celui du bois, et c'est pour cette raison que ce produit a plus vite "percé" sur ce marché. L'emploi de la fenêtre PVC pour remplacer une fenêtre dégradée est donc assez répandu sur ce marché.

En théorie il est possible de venir remplacer par ce produit, aussi bien une ancienne fenêtre en bois qu'une fenêtre PVC. Dans le cas de la fenêtre bois, l'opération est très facile. C'est d'ailleurs le seul exemple qui puisse être étudié puisque les premières fenêtres PVC qui ont été posées il y a une vingtaine d'années... n'ont pas encore, sauf cas rares, nécessité leur remplacement (voir chapitre sur les maîtres d'ouvrage).



Plusieurs situations sont possibles :

- Lorsqu'il faut tout changer (c'est-à-dire à la fois le montant et le dormant), le remplacement d'une fenêtre bois par une fenêtre en PVC réalise une économie de 20 %, en temps, par rapport à la même opération avec une fenêtre en bois;
- La situation intermédiaire où l'on ne remplace que la traverse basse de la fenêtre bois, la plus aisément abîmée, se produit relativement fréquemment;
- Dans le cas où le montant est encore en bon état, il suffit de le laisser en place et de venir plaquer un cadre en PVC adapté aux dimensions et l'économie réalisée est substantielle puisqu'elle représente 40 % du temps de remplacement par une fenêtre bois.



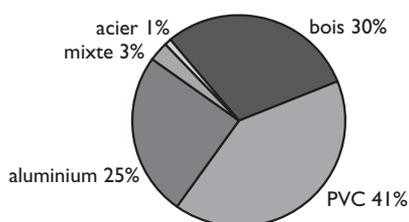


Les performances et les fonctions

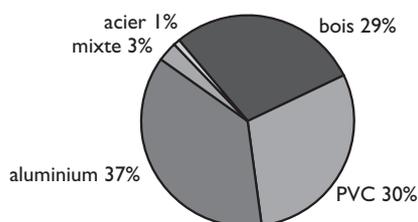
UNE ÉVOLUTION DES PERFORMANCES

Parmi les facteurs explicatifs du succès de la fenêtre PVC en termes de part de marché, il faut citer en premier lieu l'évolution des performances techniques du produit. L'un des facteurs d'appréciation de l'intérêt économique d'une innovation est la possibilité d'obtenir au moins les mêmes performances que celles du produit remplacé, pour un coût au plus égal. On examinera donc ce facteur qui reste décisif en termes de prescription.

Répartition du marché de la fenêtre, par matériaux, en volume



Répartition du marché de la fenêtre, par matériaux, en valeur



Selon les "Cahiers techniques du bâtiment"⁴, les cinq premiers critères de développement d'une innovation affirmés par les prescripteurs sont :

4. n° 118, juin 1990

- les performances;
- la facilité d'entretien;
- la durée de vie;
- le prix (global, c'est-à-dire intégrant le coût du chantier et de la maintenance);
- le confort.

L'évolution des performances est donc citée en priorité, et revient souvent dans les arguments notés lors des entretiens réalisés pour l'étude.



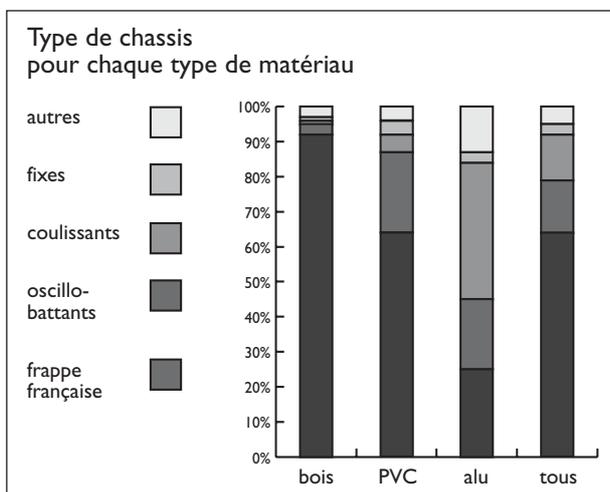
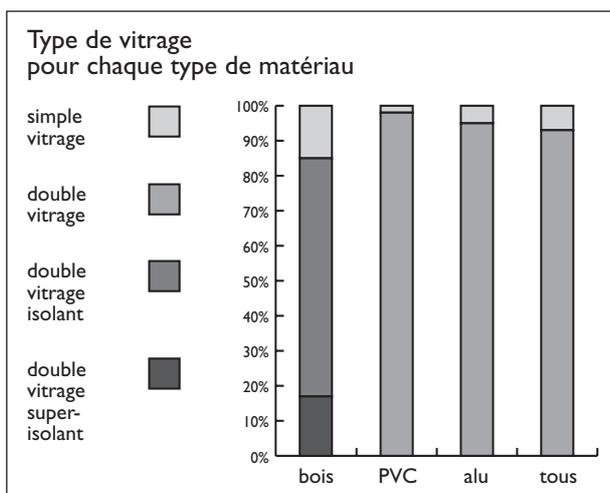
UN MATÉRIAU INERTE ET SOUPLE D'EMPLOI

Le PVC est un matériau chimiquement inerte qui ne vieillit pas. Il autorise de bons résultats phoniques et thermiques. La finesse du matériau extrudé permet la réalisation relativement facile de ponts thermiques qui assurent, en plus, l'isolation phonique.

En outre, la souplesse d'emploi du matériau permet la réalisation de profilés complexes qui conduisent à gérer de multiples façons les contraintes d'isolation. L'innovation dans ce domaine n'est d'ailleurs pas achevée; on peut

citer comme exemple les récentes réalisations, en particulier par la firme OXXO, qui intègrent les exigences d'aération (normalement résolues de façon paradoxale en venant percer la fenêtre achevée pour créer un courant d'air), dans la définition de profils complexes avec ouvertures latérales intégrées et invisibles.

Enfin, il faut rappeler que c'est la fenêtre plastique qui a généralisé l'emploi du double vitrage, aujourd'hui appliqué à l'aluminium et maintenant au bois.



L'INTÉGRATION D'ÉLÉMENTS EN USINE

Le premier élément d'économie est l'intégration, en usine, d'éléments qui étaient auparavant posés séparément sur le chantier.

Il s'agit en particulier des volets roulants qui sont placés à l'intérieur d'un coffre. Il s'agit d'un investissement d'adaptation (au sens de l'étude) puisqu'il a été voulu et conçu en fonction du chantier.

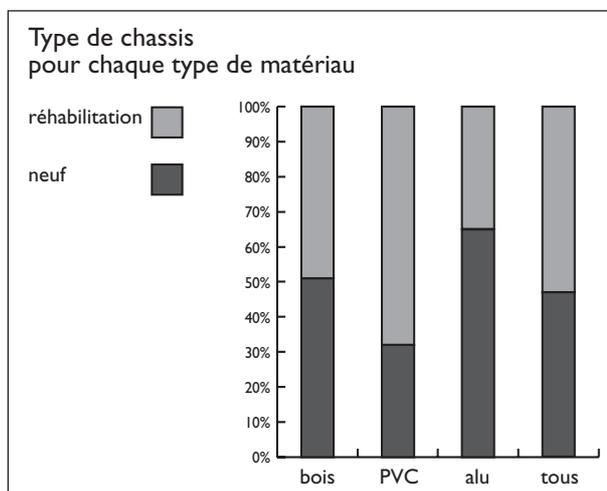
Bien entendu cette amélioration technique qui est l'un des principaux avantages du choix de la fenêtre PVC pour l'équipement d'un logement est aussi celle qui a soulevé les plus fortes réticences de la profession de poseur : on passe d'une configuration où la pose des fenêtres est une opération complexe sur chantier à un simple encastrement de la fenêtre dans le mur. Le déplacement de valeur ajoutée du chantier vers l'atelier est évident et illustre parfaitement une situation fréquente de l'innovation dans le bâtiment qui conduit à une simplification et à un appauvrissement des tâches réalisées sur le chantier.

L'économie tient :

- ▶ d'une part à une réduction de la main d'œuvre : la pose ne fait plus intervenir qu'un seul corps d'état;
- ▶ d'autre part, à un gain de temps, puisque l'exécution des travaux sur le chantier est accélérée : on vient poser un bloc baie réalisé d'un seul tenant au lieu de réaliser sur place un assemblage complexe.

UN REMPLACEMENT FACILITÉ

L'emploi de la fenêtre PVC induit également une économie substantielle dans l'exécution des travaux de réhabilitation, puisque le remplacement d'une fenêtre est simplifié : par exemple lorsque l'on remplace une fenêtre bois, on laisse sur place le dormant (bois) sur lequel s'applique la fenêtre plastique.



Cependant il est difficile de chiffrer la rentabilité de cet investissement en le considérant comme un investissement d'adaptation.

Non que cette innovation dans la conception de la menuiserie ne soit pas adaptée aux conditions d'exécution : c'est même exactement le contraire puisqu'il s'agit d'un procédé destiné à faciliter la rénovation (de logements). Mais l'investissement correspondant est difficilement quantifiable puisqu'il résume l'invention même de la fenêtre PVC. Autrement dit, dans le développement du produit, tout concourt à faciliter l'emploi du PVC dans le remplacement d'une menuiserie ancienne.



LA COULEUR

Il en va de même de la couleur : la fenêtre PVC ne se peint pas, elle est déjà de la couleur souhaitée (y compris le blanc). Un premier raisonnement permet d'écrire : les

investissements (actuellement de recherche) qui sont faits pour donner leur couleur aux fenêtres sont des investissements d'adaptation puisqu'ils simplifient l'exécution des travaux, les fenêtres n'ayant plus besoin d'être peintes.

Mais on ne peut confondre les recherches menées pour colorer (c'est-à-dire donner aux fenêtres une couleur autre que blanche) avec la nécessité de peindre le bois. Dans le cas du bois, il s'agit d'une protection (fonctionnelle); dans le cas de la fenêtre PVC, il s'agit d'une fonction de décoration (esthétique).

Fenêtre Bois	Fenêtre PVC
↓	↓
Protection (peinture) <i>Premier corps d'état</i>	Pas de protection nécessaire (pas de peinture) <i>Invention = fonction</i>
↓	↓
Couleur (peinture) <i>Deuxième corps d'état</i>	Coloration dans la masse (pas de peinture) <i>Investissement >> fonction décorative</i>

La difficulté à mesurer la rentabilité de cet investissement tient au fait qu'il faudrait distinguer l'économie réalisée sur la fonction protectrice (plus besoin de peindre) de l'économie réalisée sur la fonction esthétique (plus besoin de peindre).



La formation de la main d'œuvre

L'APPUI D'UN SYSTÈME DE FORMATION RAPIDEMENT OPÉRATIONNEL

Parmi les investissements engagés pour renforcer l'efficacité du chantier, il est incontestable que l'appareil de formation de la main d'œuvre a joué un rôle décisif.

L'absence de formation de plaquiste jointe aux réticences des plâtriers traditionnels avait, on le sait, constitué le frein principal au démarrage des plaques de plâtre.

La fenêtre PVC a, du point de vue de la formation, été indirectement - mais fortement - soutenue par l'existence et le renforcement de filières de formation performantes et sans dysfonctionnement majeur.

A L'AMONT : UNE PROFESSION "INDUSTRIELLE"

Les filières de formation de la plasturgie sont en place depuis longtemps et font l'objet de mises à jour régulières des connaissances en vue d'une meilleure adaptation des personnels formés aux tâches requises.

La profession de la fenêtre PVC s'est impliquée rapidement avec l'Éducation Nationale pour que soit mise en place une formation complète et pragmatique :

- au niveau des compétences industrielles liées à la fabrication des fenêtres PVC;
- au niveau des métiers du bâtiment liés à l'assemblage et à la pose des fenêtres PVC.

Du point de vue de la plasturgie, le dispositif est large et fortement structuré :

- établissements de l'Éducation Nationale;

- formation d'ingénieurs et cadres techniques;
- quatre centres de formation d'apprentis;
- organismes de formation des adultes (GRETA, AFPA).

La plasturgie dispose également d'un Contrat d'Études Prévisionnelles⁵ qui lui permet d'avoir une vision précise de ses besoins en formation à l'horizon 2000 et des facteurs de changements majeurs que les entreprises devront intégrer.

L'offre de formation initiale

Actuellement, 70 établissements forment 4750 élèves plasturgistes.

Sans entrer dans le détail des types de formation dispensés, il faut signaler la richesse du système de formation "plasturgie" qui permet de mettre sur le marché un large éventail de diplômés depuis les CAP jusqu'aux BAC + 5.

L'étude du BIPE citée en référence concluait à la qualité de la formation dispensée et à l'existence de besoins quantitatifs non encore complètement satisfaits.

La formation continue

La profession de la plasturgie s'est dotée de moyens et de partenariats fortement structurés :

- PLASTIFAF, organisme paritaire pour la formation continue;
 - PLASTICIF, organisme paritaire gestionnaire des congés individuels de formation;
- auxquels s'ajoutent de nombreux accords de coopération.

C'est au niveau de la formation continue que l'on note la présence d'une spécialisation en extrusion. PLASTIFAF a mis au point, dans le cadre des Engagements de Développement de la Formation par les Entreprises, une

5. Le Département "Emploi-Formation" de BIPE Conseil a été associé à la détermination du CEP "Contrat d'Études Prévisionnelles de la Plasturgie". BIPE Conseil - 1992.

formation de spécialiste "extrusion de profilés" destinée aux futurs conducteurs de lignes produisant des fenêtres, des cornières, des plinthes, etc. Cette formation est dispensée à des personnes jeunes (25 à 30 ans) ayant un niveau BEPC complété par un CAP (parfois de menuisier ou d'ébéniste) et des expériences antérieures très diversifiées.

Il existe donc une offre de formation continue ayant une identité forte et des liens étroits avec les entreprises. En outre, les organismes de formation, externes à la profession, et notamment l'AFPA, apparaissent très investis de la "culture Plasturgie".

Ces formations sont opérationnelles depuis 1984-85; elles ont donc été concomitantes du démarrage des fenêtres PVC sur le marché.

Elles illustrent un aspect patent de l'importance des investissements immatériels engagés sur cette filière; ils ont permis à l'amont de la fenêtre PVC d'assurer :

- la fiabilité des composants initiaux;
- la permanence d'une qualification de la main d'œuvre.

C'est un peu l'irruption d'une logique de formation industrielle dans une filière "bâtiment", permettant la maîtrise complète du matériau initial et une sécurité totale dans les approvisionnements. Le haut niveau d'automatisation de l'extrusion qui fut l'une des premières industries à utiliser les outils à commande numérique, en fait une technique complètement optimisée.

La fenêtre PVC bénéficie donc des retombées positives de la formation continue "extrusion profilés".

L'ASSEMBLAGE : L'ADAPTATION AU CAS PAR CAS D'UN PRODUIT INDUSTRIEL

La main d'œuvre d'assemblage des fenêtres est issue de deux origines :

Les menuisiers bois

Ils ont très vite "intégré" l'assemblage du PVC, très rapidement transféré leur savoir-faire bois à la menuiserie PVC, et ce d'autant plus facilement que le PVC permettait des réglages très faciles, avec le maximum de finitions incorporées dès l'usine.

Par ailleurs, les menuisiers bois connaissent "les pièges" de la fenêtre (le joint, l'équerrage, les paumelles) et ont tout de suite fabriqué des produits satisfaisants en maîtrisant facilement des outils nouveaux (scies, soudeuses) très automatisés.

La plasturgie

Une partie de la main d'œuvre d'assemblage est issue de l'extrusion, composée de personnes jeunes (moins de 30 ans) et ayant un niveau d'instruction relativement plus élevé que la plupart de la population employée dans le bâtiment puisqu'ils sont recrutés sur la base d'un CAP ou d'un BEP en plasturgie.



SUR LE CHANTIER : LE MINIMUM D'INTERVENTION

La technique de la pose sur le dormant a effectivement simplifié énormément les tâches de chantier.

Cet avantage se transforme actuellement en souci majeur pour la profession qui considère que "les poseurs de fenêtres sont devenus n'importe qui". Malgré les préconisations établies par l'assembleur (définitions techniques, plans), la généralisation des sous-traitances en cascades et du travail à la tâche est en train de multiplier les pathologies dues à une mauvaise pose.

Ces problèmes pénalisent les industriels vers lesquels les plaignants se retournent d'autant plus fréquemment qu'on assiste à de nombreuses disparitions d'entreprises de pose.

L'une des principales origines des pathologies réside dans l'absence d'étanchéité des enduits posés, due à des mal-façons de pose et non aux enduits eux-mêmes. Dans le cas où la pose des fenêtres PVC se fait sans mastics, c'est-à-dire directement sur les blocs bétons (par économie), des sinistres peuvent également se présenter.





La diffusion de l'innovation : repères historiques

La diffusion de l'innovation fenêtre PVC a été largement et rapidement soutenue par de nombreux colloques et études soulignant l'intérêt de ce produit pour le marché français.

L'action normative du CSTB, qui a très vite et très favorablement réagi à l'irruption de la fenêtre PVC, a constitué un véhicule indispensable de diffusion de la fenêtre PVC, sur un marché du bâtiment toujours frileux vis à vis de toute innovation qui n'a pas complètement fait ses preuves.

Voici, chronologiquement, la liste des principaux faits, éléments, agréments illustrant la rapidité de diffusion de la fenêtre PVC sur le marché français.

- 1956 · Première fenêtre en polyester stratifié; les profilés moulés en discontinu sont assemblés par collage.
- 1959 · Création de l'Association pour l'Emploi des Plastiques dans le Bâtiment (au CSTB). Lancement du concours Fenêtres Extérieures.
- 1960-65 · Apparition sur la marché de :
 - Profilés creux moulés
 - Profilés creux extrudés  Awedo RFA
Polycélia RFA
Ferrover France
 - Profilés pleins moulés
 - Profilés bois et acier de matière plastique
- 1965 · "Journées des plastiques dans le bâtiment" au CSTB.
- 1971 · Délivrance des deux premiers agréments du CSTB sur des fenêtres PVC :
 - Lucobay (France)
 - Combidur (Allemagne).
- 1975 · Premier grand chantier de rénovation de logements HLM avec des fenêtres PVC (6000 fenêtres SAFERM) à Saint-Etienne.
- 1975 · Étude du CSTB "Le marché des fenêtres en France".
- 1975 · Étude BIPE : "Conditions des industries de transformation des plastiques dans le bâtiment". Étude réalisée pour UNIPLAST, organisme de promotion des plastiques dans le bâtiment.
- 1978 · Directives UEA tc "fenêtres PVC".
- 1981 · Premières menuiseries PVC à BATIMAT 1981.
- 1982 · Premiers certificats de Qualification CSTB (Certificats de Suivi Marquage).
- 1985 · Symposium CATED-FNB : "les matières plastiques dans le bâtiment : une réalité aujourd'hui, une révolution demain"
- 1986 · Conditions générales de fabrication et d'auto-contrôle en usine des fenêtres en PVC faisant l'objet d'un Avis Technique. Conditions générales de mise en œuvre des fenêtres en PVC faisant l'objet d'un Avis Technique.
- 1987 · Établissement d'un certificat spécifique pour les menuiseries PVC par QUALIBAT.
- 1988 · Colloque BATIMAT : fenêtres et fermetures. Mutations des fenêtres et des fermetures face à l'évolution du marché européen et aux nouvelles technologies.
- 1989 · Sortie du n° 1 "Fenêtre PVC", journal d'informations de l'Union Fenêtres PVC.
- 1989 · Norme Française NF P 20 500.
- 1989 · Conditions générales de Mise en œuvre des fenêtres PVC sur dormant existant (CSTB).
- 1993 · Premier grand chantier de rénovation avec récupération des fenêtres PVC (Hôtel NOVOTEL de la Porte de Bagnolet).

-
- 1993 · Avis technique du CSTB sur certains procédés de coloration du PVC :
- la coextrusion
 - le plaxage
 - le laquage
 - la coloration dans la masse
 - le capotage aluminium.
- 1993 · "Certification fenêtres" du CSTB qui impose aux fabricants de disposer dans leur atelier d'une organisation de qualité et de moyens d'auto-contrôle.
- 1993 · Mise en place du label ACOTHERM, attribué au produit fini, qui tient compte :
- des critères A.E.V. (Air, Eau, Vent)
 - du coefficient de transmission thermique de surface
 - de l'indice R de performance acoustique.

- 1995 · Existence de 100 certificats de suivi et marquage du CSTB sur des fenêtres PVC (pour 60 usines représentant environ 75 % de la production).
- Il s'agit du marquage :
- E Étanchéité à l'eau
 - A Perméabilité à l'air
 - V Résistance au vent
- 1995 · Colloque Plastibat "Premières rencontres des matériaux de synthèse avec le BTP". Module "Baies". (Ministère du logement, Ministère de l'industrie, Ministère de l'Équipement).





La maîtrise d'ouvrage sociale

LE RÔLE DÉCISIF DE LA MAÎTRISE D'OUVRAGE SOCIALE DANS LE DÉMARRAGE DU PRODUIT

Certains organismes HLM ont manifesté, dès 1983, un intérêt spontané pour la fenêtre PVC. A cette époque, ils étaient confrontés aux problèmes :

- d'un parc quantitatif important à rénover;
- du coût de maintenance futur du parc rénové.

Les premiers offices qui s'y sont intéressés ont été l'Office de Roubaix et celui du Département du Nord dont les responsables techniques avaient déjà vu de semblables réalisations en Belgique⁶.

La première sélection de produits HLM date de 1983 et les premières fenêtres PVC y ont fait leur apparition en 1985; elles y ont été de plus en plus présentes depuis 10 ans ainsi qu'en témoigne le tableau récapitulatif suivant. En 10 ans, le nombre de modèles sélectionnés est passé de 5 à 15 et la part des fenêtres bois est devenue marginale.



⁶. Le démarrage de ces fenêtres dans le Nord de la France explique sans doute qu'aujourd'hui encore, on enregistre de fortes différences d'implantation de la fenêtre PVC entre le Nord et le Sud de la France où elle est nettement moins présente.

Récapitulatif des fenêtres proposées dans la sélection HLM

	Fenêtres bois proposées	Fenêtres PVC proposées *
Sélection 1985	FIMA GIMM JENA Industries PASQUET	GIMM LECLUYSE SAFERM SIBAM SOTRAP-GREGOREX
Sélection 1987	PASQUET PELLERIN SAMEP	AMCC ARBAN BOUVET NORPAC SAFERM SOTRAP-GREGOREX
Sélection 1989	CMI GIMM PASQUET	AMCC ARBAN GROSFILLEX BOUVET CLIMABAIE DI..CO.BAT GIMM LE BIHAN-LE MOEL LES ZELLES OUVERTURE PASQUET SAFERM SOTRAP-GREGOREX
Sélection 1991	Bois, aluminium, polyréthane GIMM STEP ARCADIA S.I.COM.E.P.	AMCC ARBAN GROSFILLEX BOUVET GIMM LE BIHAN-LE MOEL LES ZELLES OUVERTURE SAFERM SOTRAP-GREGOREX FILTRABAT GOYER MALYSSE SOFAMEP
Sélection 1993	Bois: CROISEES INTER HUET OXXO Bois/aluminium : CROISEES INTER OXXO	AMCC ARBAN GROSFILLEX BOUVET DI..CO.BAT LES ZELLES FILTRABAT GOYER MALYSSE SOFAMEP HUET OXXO

	Fenêtres bois proposées	Fenêtres PVC proposées *
Sélection 1995	Bois : CROISEES INTER HUET OXXO Bois/aluminium : CROISEES INTER OXXO	AMCC ARBAN GROSFILLEX BOUVET DI.CO.BAT LES ZELLES FILTRABAT GOYER MALYSSE SOFAMEP HUET CARRETIER ROBIN LE BIHAN - LE MOEL OUVERTURE SOTRAP - GREGOREX OXXO

* A partir de 1991 : rubrique intitulée "fenêtre PVC, ensembles fenêtres et volets roulants en PVC".

Actuellement, 90 % de la réhabilitation des fenêtres du parc HLM sont en PVC, percée favorisée par la concomitance de la réfection des façades (isolation par l'extérieur) et des fenêtres sur le parc HLM; 75 % des fenêtres du locatif neuf sont également en PVC.

Pour une fenêtre présentant un double vitrage avec une lame acier d'une épaisseur de 6 mm, en position verticale, le coefficient K de l'élément nu est de :

- 4 W°/m² pour la fenêtre métal
- 3,3 W°/m² pour la fenêtre bois
- 2,9 W°/m² pour la fenêtre PVC.

La faible conductivité thermique du PVC et les alvéoles multiples du profilé PVC évitent à la menuiserie les phénomènes de condensation superficielles.

Les performances AEV (cf. les avis techniques du CSTB) sont également satisfaisantes.

LES ATOUTS DE LA FENÊTRE POUR LE MAÎTRE D'OUVRAGE

Le prix fourniture + pose

Le surcoût du bois est estimé à environ 10 à 20 % par rapport au PVC (prix moyen fenêtre PVC avec double vitrage standard : 800 F/m²). En neuf, il n'y a pas de sur

coût pose, le bois fournissant des fenêtres standards à prix compétitifs.

En revanche, le PVC est plus économique à la pose du fait de la conservation des dormants existants.

Le prix "coût global" : fourniture + pose + maintenance

Le PVC est particulièrement adapté à la réhabilitation; du fait de l'absence de nécessité de remise en peinture (son entretien étant limité à un lavage tous les 3 ans) et de l'absence de taille standard : l'assemblage est fait en usine aux dimensions relevées sur le chantier, d'où une très grande souplesse dans l'adaptation dimensionnelle.

La performance thermique

La fenêtre PVC est celle qui présente le meilleur coefficient thermique.

LES PROBLÈMES QUI RESTENT A RÉSOUDRE

Difficulté technique et surcoût de la couleur

La couleur présente plusieurs difficultés :

- ▶ elle s'atténue en vieillissant; mais l'adjonction de pigments métalliques semble de meilleure durabilité que le procédé de pelliculage. Problème : le surcoût;

► elle "chauffe" davantage (élévation de température pouvant entraîner des déformations de profils);

► le capotage aluminium coloré, qui consiste à fixer par clipage des profilés aluminium peints ou anodisés sur la structure de la menuiserie PVC, entraîne une mixité des matériaux bâtarde.

Le clair de vitrage est parfois insuffisant

La pratique des profils épais est d'origine allemande. L'Allemagne fabriquait du PVC "mou" (en principe moins cassant que le PVC "choc"), d'où la nécessité de profils plus épais et aussi de renforts métalliques plus importants. Mais la géométrie de la fenêtre allemande (oscillo-battante) supporte plus facilement le profil épais que l'ouvrant à la française qui impose un profil vertical au milieu de la fenêtre.

C'est le cas notamment avec le maintien du dormant existant; d'où d'ailleurs une forte demande pour les profils minces (le modèle "clarté" d'Oxxo par exemple) ; la diminution des profils pose cependant des problèmes de rigidité.

La ventilation en réhabilitation

Certaines fenêtres présentent des pathologies engendrées par une mauvaise maîtrise du couple isolation-ventilation.

Les coffres de volets roulants abaissent les performances

La fenêtre PVC a été la première à intégrer le volet roulant (encore un gain de temps sur le chantier); mais ce système pénalise les performances techniques et acoustiques de la fenêtre.

Interfaces maçonnerie ou dormants existants

Souvent mal réalisé, le lien avec le bardage ne trouve pas de réponse satisfaisante, la solution banale et inesthétique consistant à pratiquer un "joint à la pompe".

La motorisation des volets roulants est coûteuse

Les gestionnaires du parc sont très demandeurs de cette motorisation qui est la seule domotique ayant réellement percé sur le parc social; elle demeure néanmoins très coûteuse.

L'impossibilité de boucher un trou dans la fenêtre

Ce problème n'est pas susceptible de recevoir une solution : impossible de colmater les trous faits par l'occupant précédent pour, par exemple, fixer des rideaux.

Les paumelles demeurent inesthétiques

A l'instar de ce qui fut entrepris et réussi pour la construction automobile, il serait bon d'améliorer l'esthétique des paumelles.

7. Dans ce modèle, la hauteur de la feuillure est utilisée pour positionner les raidisseurs de formes particulières.



Le recyclage des fenêtres PVC

LES ATTAQUES DES ÉCOLOGISTES ALLEMANDS

Fortement attaquée par les courants "verts" en Allemagne et en Scandinavie, l'industrie du PVC allemande a rapidement réagi en publiant toutes sortes d'informations destinées à réhabiliter le PVC dans ses différents emplois. Les attaques qui pratiquaient souvent un certain amalgame entre les utilisations "emballage" et les utilisations "bâtiment", avaient été particulièrement virulentes au début de la décennie 90 alors que les fenêtres PVC avaient pratiquement achevé leur pénétration en Allemagne, avec 80 % du marché.

Dans un premier temps, les programmes de recherche concernant le PVC ont été mis en sommeil, du fait d'incertitudes relatives à son évolution.

Puis les industriels ont publié différents bilans favorables au PVC, avec plusieurs analyses destinées à une connaissance plus objective; en voici les principaux :

- ▶ Eco-profiles of the European polymer industry. Report 6 : Polyvinyl Chloride (APME, Association of Plastic Manufactures in Europe), 1994;
- ▶ Analyse "Ecobalance" de EVC, fondée sur les travaux de Dr W. THALMAN et R. BÜHL, à partir de données de HOESCHT et BASF, 1992;
- ▶ "PVC and the Environment" publié par Norsk Hydro, 1992;
- ▶ Travaux du Vinyl Institute (Robert H. BARNETT) aux Etats-Unis, 1992;
- ▶ Travaux des associations de PVC (Washington, 1992) :
European Council of Vinyl Manufacturers
PVC Association (Japon)
Vinyl Institute (USA)

L'ensemble de ces analyses met en avant les points suivants :

- la production de PVC est peu coûteuse en pétrole⁸;
- elle permet l'utilisation du chlore industriel, produit fatal de l'industrie soude-chlore;
- le PVC consomme peu d'énergie (2250 kW pour 1 tonne) par rapport aux autres plastiques;
- le PVC offre une gamme étendue de possibilités de recyclage.
- parmi les contraintes environnementales auxquelles est également confronté le PVC, il y a également la recherche de nouveaux produits stabilisants qui ne soient pas des métaux lourds.

LE RECYCLAGE DU PVC EN ALLEMAGNE

Sur ce dernier point, les industriels allemands se sont fortement impliqués et les préoccupations environnementales ont été concrétisées par une R&D et des investissements importants, tout comme pour le démarrage des produits PVC, il y a vingt cinq ans.

VEKA, leader mondial pour la production de profilés et plaques PVC, a construit, dans la région de Thuringe, une usine de recyclage du PVC (1993) capable de traiter 20 t de matériau/heure. Le coût de la première phase actuelle est de 30 millions de DM.

La technique est la suivante :

- ▶ les anciennes fenêtres non démontées sont convoyées sur le site; le PVC est grossièrement broyé (300 fenêtres/h);

8. La molécule de PVC contient : 57% de chlore d'origine minérale, 43% de produit d'origine pétrolière. Il faut donc en moyenne 43 tonnes de pétrole pour 100 t de PVC. À titre, d'exemple, les produits PVC bâtiment consomment en France 0,6% de la consommation totale de pétrole. (Source: les consommations de matières premières dans les produits de bâtiment - Bipe Conseil - 1995).

► un tri séparatif intervient entre le plastique, le verre, les métaux, le caoutchouc et le bois des anciennes fenêtres (verre, métaux et bois sont vendus à des récupérateurs);

► le PVC recyclé a un degré de pureté considéré comme suffisant pour la fabrication de nouveaux profilés. Les nouvelles fenêtres comportent 80 % de produit recyclé et 20 % de PVC neuf en couche de surface.

VEKA a signé une charte écologique avec 300 entreprises de menuiseries qui se sont engagées à remettre à l'usine l'ensemble des fenêtres et volets roulants démontés sur les chantiers.

La "recyclabilité" des fenêtres PVC constitue le dernier atout, et non le moindre, qui témoigne d'un fort investissement industriel allemand à l'amont, pour tirer le meilleur parti du produit, en fin de vie, sur chantier de démolition.

LE RECYCLAGE DES FENÊTRES PVC EN FRANCE

En France, le recyclage du PVC issu des emballages commence à avoir une certaine réalité; en 1994, 200 millions de bouteilles ont été recyclées et le BTP (tuyaux, câbles, plinthes) est un important secteur d'application. Pour des raisons techniques, les fenêtres PVC ne constituent pas une application du PVC recyclé issu de l'emballage.

Par ailleurs, le recyclage même des fenêtres PVC n'a pas encore donné lieu aux mêmes investissements qu'en Allemagne. D'une part, les fenêtres françaises sont plus récentes sur le marché, donc en principe pas encore obsolètes; d'autre part, les filières de récupération ne sont pas encore structurées.

Le principal exemple de récupération-recyclage est celui des fenêtres PVC du Novotel de la Porte de Bagnolet (1993) qui ont été remplacées par d'autres menuiseries PVC (VEKA) plus performantes que les précédentes. Ces menuiseries ont été envoyées à l'usine allemande VEKA.

Le coût du transport est évidemment assez lourd, mais l'usine de VEKA qui ne fonctionne encore qu'à 20 % de sa capacité est prête à accueillir des fenêtres françaises malgré le surcoût du transport.

Il n'y a pas d'usine équivalente en France, ni de collecte systématique de menuiseries.

La capacité du PVC à être recyclé pour des réutilisations en fenêtres est un atout considérable, d'autant que les extrudeurs (VEKA notamment) assurent qu'une fenêtre issue de PVC recyclé a une meilleure durabilité : la deuxième extrusion, en diminuant le solvant, améliorerait l'aptitude au vieillissement.

Actuellement, les fenêtres recyclées ont forcément un surcoût, le coût du transport et du tri ne compensant pas l'économie de matières pour l'extrusion.



Conclusion

La filière de fabrication et d'emploi des fenêtres PVC, telle que l'ont décrite les chapitres précédents, est une filière assez longue pour pouvoir vérifier qu'à tous niveaux, des facteurs favorables au développement de cette innovation ont permis son développement spectaculaire.

Pour qu'une innovation "réussisse", il faut :

- ▶ tout d'abord qu'elle repose sur une "bonne idée" de départ, c'est-à-dire que l'invention qui en est le point de départ soit "utile" : ce qui revient à considérer les qualités intrinsèques du produit;
- ▶ qu'ensuite, rien dans le schéma d'acteurs qui vont participer à son développement et à sa diffusion n'y fasse obstacle : ce qui concerne les conditions de sa diffusion et de son emploi.



Les investissements qui ont été réalisés lors du développement de la fenêtre PVC peuvent être envisagés comme des "investissements d'adaptation" selon ces deux aspects. Les qualités du produit et les fonctions qu'il remplit sont typiquement des facteurs d'adaptation aux conditions du chantier lorsqu'elles permettent d'accélérer ou de simplifier l'exécution des travaux.

En revanche, les facteurs conditionnels de la diffusion de l'innovation à travers le réseau d'acteurs ne peuvent être envisagés comme la répercussion d'investissement d'adaptation que lorsqu'ils visent à diminuer la présence des poseurs sur les chantiers; ce qui impose d'examiner de quelle façon les réticences de la profession de menuisier ont pu être levées lors de l'histoire du produit.

La réussite de la fenêtre PVC est l'exemple même de l'innovation réunissant, à un moment propice pour le marché, le maximum de facteurs de réussite.

LES QUALITÉS INTRINSÈQUES DU PRODUIT JUSTIFIENT EN ELLES-MÊMES SON SUCCÈS

Il faut rappeler brièvement que la fenêtre PVC, qui remplace majoritairement la fenêtre bois, correspond avant tout à une simplification extrême des enchaînements de tâches sur le chantier: On passe d'un schéma à trois ou quatre corps d'état assurant tour à tour trois ou quatre fonctions différentes, à une manipulation unique d'un produit qui recouvre l'ensemble des fonctions liées à l'ouverture murale.

Il est difficile dans ce cas de parler d'investissement d'adaptation : il ne s'agit pas en effet d'un investissement supplémentaire s'appliquant à un produit existant, mais bien d'un investissement global et élevé visant au développement d'un produit entièrement nouveau.

On peut toutefois distinguer entre :

- ▶ les fonctions remplies par la fenêtre PVC qui découlent directement du matériau employé et de ses performances : l'investissement global correspondant dépasse le cadre du simple emploi de ce matériau pour la fabrication de fenêtres et reste donc attribuable à l'industrie chimique;
- ▶ les fonctions qui découlent de l'emploi spécifique de ce matériau dans la réalisation de profilés et de leur assemblage; dans ce cas, une partie de l'innovation tient au fait que le matériau est aisé à travailler : c'est l'invention du matériau qui est en cause; l'autre part tient à l'utilisation qui en est faite : possibilité de réaliser des profilés, des ponts thermiques ou acoustiques, etc.; c'est l'adaptation du matériau à ce que l'on attend du produit qui est alors primordiale;
- ▶ enfin, les fonctions qui se sont greffées sur le développement de la fenêtre PVC et qui en ont généralisé l'usage.

Ainsi, les propriétés de résistance du matériau PVC (qui ne sont pas nécessairement des qualités positives car elles le rendent cassant), l'aspect uniforme qui évite de la peindre, ne sont pas le résultat d'une volonté d'adaptation aux conditions du chantier puisqu'elles existaient préalablement à l'emploi de ce matériau pour fabriquer des fenêtres.

En revanche, l'idée d'utiliser un matériau "profilable" pour fabriquer des fenêtres est probablement le fruit d'un désir d'accroître ses performances, en particulier de traiter les ponts qui sont une vraie source de problèmes dans l'exécution des travaux.

Enfin, le fait que les fenêtres PVC fabriquées aient très vite inclus un double vitrage a certainement contribué à leur succès. Cette innovation aurait probablement pu être généralisée aux autres types de fenêtres beaucoup plus tôt, mais seule la fenêtre PVC en a étendu l'emploi. C'est un exemple de qualité intrinsèque du produit qui est reconnue par les acheteurs et fréquemment citée.

De façon générale, la fenêtre PVC est reconnue comme un produit largement plus performant que les produits qu'elle a progressivement remplacés, en termes de part de marché. Cependant, l'intérêt des professionnels pour ce produit ne pouvait parvenir à en étendre l'emploi qu'à certaines conditions vérifiées à des niveaux différents de la filière.

L'INNOVATION RÉUSSIE EST UNE CONJONCTION DE FACTEURS FAVORABLES À TOUS LES NIVEAUX DE LA FILIÈRE

Si le bâtiment, comme d'autres secteurs partiellement industrialisés, est souvent peu perméable à l'innovation, il fallait en effet que la fenêtre PVC remplisse un certain nombre de conditions favorables pour que l'innovation puisse réussir.

Ces conditions sont de plusieurs sortes :

- ▶ il fallait qu'existe, à un niveau quelconque de la filière (de préférence en amont) une capacité d'investissement qui permette le développement du produit et surtout du procédé qui, comme on l'a écrit plus haut, représente l'essentiel de l'invention et de l'intérêt de cette innovation;
- ▶ il fallait que la mise en œuvre de ce matériau soit suffisamment simple pour qu'un relais par des PME qui réalisent l'assemblage soit possible et il fallait que les assembleurs disposent d'une main d'œuvre compétente;
- ▶ il fallait dans un premier temps, pouvoir ignorer sinon lever, les réticences des menuisiers devant un produit qui leur faisait perdre leur valeur ajoutée sur le chantier;
- ▶ il fallait convaincre les clients (les prescripteurs).

Quatre facteurs remarquables, nous semble-t-il, ont permis de réaliser ces conditions.

La puissance de l'industrie a créé le procédé.

Tout d'abord, l'invention initiale du matériau, le PVC, et du procédé, la technique de l'extrusion, a été le fait de l'industrie chimique. Plus puissante, plus organisée et moins dispersée que le monde du bâtiment, l'industrie chimique (en particulier allemande) disposait dans les années 50 du pouvoir d'investissement, surtout en R&D, qui a permis de développer le PVC et d'inventer les fameux profilés.

Telle qu'elle est racontée, l'apparition des fenêtres PVC correspond plutôt à la tentative, réussie sur le domaine précis de la menuiserie, d'appliquer un produit et une technique révolutionnaires à l'industrie du bâtiment : le fruit d'une recherche "tous azimuts" et non d'une expérimentation ciblée visant à répondre à un problème particulier.

Devenir assembleur est plutôt simple.

On l'a vu, l'installation d'un atelier d'assemblage est plutôt simple et assez peu onéreuse. Ce qui signifie que la fabrication de fenêtres PVC a pu représenter une transition relativement rapide en même temps qu'une réponse efficace à une forte situation de concurrence pour des menuisiers "bois" qui souhaitent faire évoluer leur activité.

Le métier est le même, la transition ne représente qu'un investissement matériel relativement peu élevé. Surtout, en termes de main d'œuvre, l'apprentissage est rapide et ne nécessite qu'une formation de quelques heures, "sur le tas".

La pose : une opération simplifiée

La pose est l'opération qui est la plus simplifiée, cela permet à un assembleur de la prendre en charge lui-même. C'est peut-être là que réside l'un des secrets de la réussite de cette innovation. Il aurait été difficile de convaincre les menuisiers bois qui interviennent sur les chantiers de se mettre à poser des fenêtres PVC, tellement le transfert de valeur ajoutée du chantier vers l'atelier est important.

Les fenêtres PVC sont plus chères que les fenêtres bois à l'achat, ce qui devient bien entendu faux en termes de coût global couvrant une période qui va de leur fabrication à leur dépose et à leur recyclage.

Le travail sur le chantier, extrêmement simplifié, est dévalorisé. Cela induit quelques effets pervers : lorsque les opérations d'assemblage et de pose sont effectuées par des acteurs (des sociétés) différentes, les assembleurs émettent de fortes réticences quant à la qualité de la pose. D'où la tentation de poser soi-même ses propres fenêtres, et il est fréquent que des sociétés qui fabriquent des fenêtres PVC disposent de leur équipe de poseurs. Seules la concurrence de menuisiers-poseurs qui ne fabriquent pas eux-mêmes leurs produits, et qui peuvent être sélectionnés par le jeu des appels d'offre, et la nécessité de commercialiser, expliquent que les assembleurs ne soient pas systématiquement présents sur les chantiers.

La fenêtre PVC a séduit les prescripteurs à un moment historique favorable.

On ne rappellera pas ici ce qui a été dit plus haut : outre l'amélioration importante des performances qu'elle apporte, la fenêtre PVC a été inventée à un moment où les maîtres d'ouvrage avaient besoin d'une réponse à des besoins importants et insatisfaits de réhabilitation de leur parc.

Elle a séduit parce que, dans les travaux neufs, elle en facilitait l'exécution en simplifiant l'entraînement des tâches sur le chantier et parce que, dans les chantiers de réhabilitation, elle permettait le remplacement rapide des fenêtres bois en limitant considérablement leur entretien ultérieur.

Aussi, est-il difficile de parler d'investissement d'adaptation pour une innovation qui n'est pas l'amélioration d'un existant, mais constitue une réponse entièrement nouvelle aux contraintes de l'exécution des travaux!



UNE INNOVATION TOUJOURS INNOVANTE

Lors du choix de la fenêtre PVC comme cas d'étude, le Comité de réflexion a largement souligné que les produits de construction étaient plus évolutifs que révolutionnaires et que ceux qui perduraient le devaient à leur capacité d'évolution permanente : même le ciment continue de s'améliorer.

La fenêtre PVC est entrée dans cette phase de son cycle de vie : c'est un produit en phase de maturité mais qui est susceptible de nombreuses petites évolutions destinées à accroître son développement et en l'absence desquelles elle ne saurait même se maintenir durablement, n'étant pas le seul matériau offert sur le marché des fenêtres.

Par ailleurs, et cela contribue à maintenir dans sa sphère un champ d'expérience riche et porteur d'avenir, la jeunesse (relative) du matériau autorise des recherches dans différentes directions et notamment celle du recyclage en fin de vie dont on a vu qu'il était encore, en France du moins, à un stade embryonnaire. Toutes les problématiques développées autour des questions de démolition, de fermeture de décharges et d'économies de matière militent en faveur de récupération sélective et de recyclage des produits issus des démolitions. De ce point de vue, la fenêtre PVC a de bonnes potentialités; d'autres investissements s'imposeront, à l'instar de ce que fait déjà l'Allemagne, pour récupérer et recycler les fenêtres déposées sur les chantiers pour cause de remplacement ou de démolition partielle ou totale du bâtiment. Ce temps n'est pas encore venu, du moins dans une dimension économique qui justifie les investissements, mais la phase actuelle, préalable, est celle d'une recherche devant être opérationnelle d'ici quelques années, quand les premières fenêtres PVC seront remplacées par les nouvelles plus performantes techniquement et esthétiquement.

Cette perspective place la fenêtre PVC dans un nouvel axe innovant, et lui évite le caractère figé du produit qui, après une percée rapide sur le marché, se retrouve confronté à une situation statique (comme ce fut le cas de la tuile béton), donc potentiellement porteuse de risque de récession (car les autres produits en profitent pour progresser).

Si l'on ajoute ce nouvel aspect de recherche innovante à toutes les améliorations à l'étude signalées plus haut, on voit bien que la fenêtre PVC, innovation maintenant trentenaire, demeure portée par un courant évolutif dans la continuité de celui qui l'a si rapidement propulsée sur le marché français.

Contacts pris pour l'étude

- M. JANSSEN - Directeur technico-commercial
Société FILTRABAT - Annezin (Pas-de-Calais)
- M. CHANONY - PDG
Société SOFAMEP - Noyal-Pontivy (Morbihan)
- M. CHOCHOY - Directeur technique
M. CARVALHO - Directeur
Société DICOBAT - Lilliers (Pas-de-Calais)
- M. LABELLE - Directeur technique
Société NORPAC - Villeneuve-d'Ascq (Nord)
- M. NOURY
C.S.T.B. - Champs-sur-Marne (Seine-et-Marne)
- M. PLATZER - Directeur du Département Architecture, Qualité, Marchés
S.C.I.C. - Boulogne-Billancourt (Hauts-de-Seine)
- M. GUILLEVIC - Directeur Scientifique & technique
Société LAFARGE Nouveaux Matériaux - Paris
- M. DIAZ - Directeur technique
Société VEKA - Thonon-les-Bains (Savoie)
- M. BOULLARD - Service technique
CAPEB - Paris
- M. Thierry LESAGE - Directeur
TEC HABITAT (UNFOHLM) - Paris
- M^{me} Christiane LANDRY
Société PLASTIFAF - Oyonnax (Ain)
- M. CADORET - Secrétaire Général
UNION FENETRE PVC - Paris
- M. COUGNEAUD - Directeur
ex-Société SAFERM - L'Aiguillon-la-Chaize (Vendée)
- M. ORDRONNEAU - Directeur technique
Société HUET - Challans (Vendée)

Directeur de publication : Olivier Piron
Directeurs de rédaction : Hervé Trancart et Guy Garcin
Chargée de communication : Annie Novelli
Crédits photographiques : Eric Bernath et Louise Harvey

Plan Construction et Architecture
Chantier 2000

Ministère du Logement
Arche de la Défense
92055 Paris-La Défense CEDEX 04
Téléphone 01 40 81 24 33
Télécopie 01 40 81 24 46
ISBN 2 11 085563 0

