



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

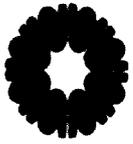
Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

IT/12. de 0074



Battelle
Battelle-Institut e.V. Frankfurt

Rapport

07988

Etude Technico
Economique pour établir
une production de
mousses de Polyurethane
en Algérie

FS 445

Battelle-Institut e.V.

6000 Frankfurt (Main) 90

**Am Römerhof 35
(Opelrondell)**

Telefon (0611) 7908 (1)

Telex 0411-966

FS 445

Etude technico-économique
pour établir une production
de mousses de polyuréthane
en Algérie

C/F
S/F

PLASTICS

Rapport final
pour
United Nations Industrial
Development Organization
(UNIDO), Vienna

PP 199

Francfort, Avril 1972

TABLE DES MATIERES
-.....-

	<u>Page</u>
INTRODUCTION	1
Résumé général	4
Volume I Etude de marché	11
Partie A Le marché de mousses de polyuréthane dans des pays industriels sélectionnés: République Fédérale d'Allemagne, France, Grande Bretagne	12
I. République Fédérale d'Allemagne (RFA)	12
1. Etude du côté de l'offre	13
1.1 L'offre des matières premières	13
1.2 Capacités de production de mousses de polyuréthane	17
1.3 Production et commerce extérieur	17
1.3.1 Production	17
1.3.2 Commerce extérieur	19
1.4 Procédés de production	19
1.5 Prix, conditions, modes de livraison	23
1.5.1 Matières premières	23
1.5.2 Produits finis	25
1.6 L'offre de produits concurrents	26
1.6.1 Mousse de polystyrène	26
1.6.2 Autres produits mousses	27
2. Etude du côté de la demande	29
2.1 Développement de la consommation de mousses de polyuréthane	29
2.2 Structure de la consommation	35
2.3 L'importance des secteurs d'utilisation individuelle	40
2.3.1 Industrie de matelas et de meubles rembourrés	40
2.3.2 L'industrie automobile	41
2.3.3 L'industrie des meubles	42
2.3.4 Matériaux d'isolation	43
2.3.5 L'industrie des matériaux de construction	44
2.3.6 Emballages	45
3. Développement futur du marché de mousses de polyuréthane	47

II France	50
1. Etude du côté de l'offre	51
1.1 L'offre de matières premières	51
1.2 Production et commerce extérieur de mousses de polyuréthane	51
1.3 Procédé de fabrication	52
1.4 L'offre de produits concurrents	52
2. Etude du côté de la demande	54
2.1 Développement de la consommation de mousses de polyuréthane	54
2.2 Structure de la consommation	54
3. Développement futur du marché de mousses de polyuréthane	56
 III Grande Bretagne	 58
1. Etude du côté de l'offre	59
1.1 L'offre de matières premières	59
1.2 Production et commerce extérieur de mousses de polyuréthane	59
1.3 L'offre de produits concurrents	60
1.3.1 Mousse de polystyrène	60
1.3.2 Autres produits mousse	61
2. Etude du côté de la demande	62
2.1 Développement de la consommation de mousses de polyuréthane	62
2.2 Structure de la consommation	62
3. Développement futur du marché de mousses de polyuréthane	66
 Partie B Le marché de mousses de polyuréthane en Algérie	 69
1. Etude du côté de l'offre	70
1.1 L'offre de matières premières	70
1.2 Capacités de production de mousses de polyuréthane	71
1.3 Production et commerce extérieur	72
1.4 Procédés de fabrication	75
1.5 Importance des producteurs individuels	75
1.5.1 Capacités de production	77
1.5.2 Types de mousses de polyuréthane produits	78

1.6	Prix, conditions, modes de livraison	78
1.7	L'offre de produits concurrents	80
1.7.1	Mousse de polystyrène	80
1.7.2	Autres matériaux	82
1.7.3	Comparaison sur une base de coût/ performance avec des matériaux concurrents	82
2.	Etude du côté de la demande	86
2.1	Développement de la consommation de mousses de polyuréthane jusqu'à présent	86
2.2	Structure de la consommation	90
2.3	Importance des secteurs d'application	91
2.3.1	Literie, meubles rembourrés	91
2.3.2	Industrie textile	91
2.3.3	Isolation thermique et construction de bateaux	91
2.4	Le marché potentiel de mousse de polyuréthane en Algérie	93
2.4.1	Calcul de corrélation entre Revenu National par habitant et consommation de matières plastiques par habitant pour déduire une évaluation du marché potentiel de mousse de polyuréthane en Algérie	95
2.4.2	Approfondissement de l'analyse de con- sommation pour justifier les chiffres retenus concernant le marché potentiel de mousses de polyuréthane en Algérie	102
2.4.3	Le marché potentiel de mousse souple de polyuréthane en Algérie	103
2.4.3.1	Meubles rembourrés	
2.4.3.2	Rembourrages dans l'industrie automo- bile et de transport	104
2.4.3.3	Literie	105
2.4.3.4	Industrie textile	106
2.4.3.5	Jointes dans la construction	107
2.4.3.6	Autres applications	107
2.4.4	Le marché potentiel de mousse semi- rigide de polyuréthane en Algérie	109
2.4.5	Le marché potentiel de mousse rigide de polyuréthane en Algérie	111
2.4.5.1	Meubles frigorifiques	112
2.4.5.2	Construction	113
2.4.6	Le marché potentiel de mousses inté- grales (structurées) de polyuréthane en Algérie	114

3. **Recommandation d'un programme de production avec indication des capacités minimales économiques** 116
4. **Recommandation des types et des quantités de mousse de polyuréthane à produire en Algérie en regard aux capacités minimales des unités similaires** 118
5. **Recommandations pour la localisation des unités de production** 119
6. **Possibilités d'une intégration verticale dans la fabrication de produits finis comme p.e. emballage, isolation industrielle thermique, isolation acoustique etc.** 120

Volume II	Etude de viabilité	121
1.	Evaluation des capacités de production de mousses PU et leur lieu de production	122
1.1	Mousse souple PU	122
1.2	Mousse semi-rigide et structurée PU	123
1.3	Mousse rigide PU	124
2.	Formation et caractéristiques de mousses PU, matières premières et auxiliaires utilisées pour leur formation et modes de fabrication - listing des producteurs	126
2.1	Introduction	126
2.2	Formation des mousses PU	128
2.3	Caractéristiques des mousses PU	131
2.3.1	Mousse rigide PU	131
2.3.2	Mousses souples et semi-rigides PU	135
2.4	Matières premières et auxiliaires pour la production de mousses PU	142
2.4.1	Isocyanates	142
2.4.2	Polyols	144
2.4.2.1	Polyester-polyols	145
2.4.2.2	Polyester-polyols	145
2.4.3	Activateurs	146
2.4.4	Huiles de silicone	148
2.4.5	Porogènes	149
2.4.6	Autres additifs	149
2.4.7	Producteurs des matières premières et auxiliaires	150
2.5	Modes de fabrication de mousses PU	152
2.5.1	Prépolymérisation, procédé "one shot", procédé "frothing"	152
2.5.2	Formules de fabrication	156
2.5.3	Description des machines pour la fabrication de mousse PU	158
2.5.3.1	Remarques préliminaires	158
2.5.3.2	Machines haute pression	159
2.5.3.3	Machines basse pression	162
2.5.3.4	Machines pour moussage en continu	165
2.5.3.5	Machines pour moussage en discontinu - moules	166

2.5.3.6	Machines auxiliaires	169
2.5.3.7	Conseils généraux pour l'entretien des machines	169
2.5.3.8	Producteurs des machines et installations	171
3.	Description des installations	172
3.1	Remarques préliminaires	172
3.2	Installations intégrées	174
3.3	Installations indépendantes	175
4.	Calcul de rentabilité pour un complexe de mousse PU à Alger	177
5.	Conclusions et recommandations	199

INTRODUCTION

Avec contrat du 14 juin 1971 l'UNIDO chargeait Battelle-Frankfurt d'élaborer une étude technico-économique pour la fabrication envisagée de mousses de polyuréthane en Algérie. Cette étude fait parti des projets du Fonds Spécial des Nations Unies pour le gouvernement d'Algérie, représenté par le Centre d'Etudes Industrielles et Technologiques (CEIT) à Alger.

La Société Nationale des Corps Gras (S.N.C.G.) à Alger, dont les installations pour production de mousses de polyuréthane ont été détruites par un incendie en 1968 a l'intention d'installer de nouvelles fabrications de mousses de polyuréthane. Ainsi l'objectif de l'étude envisagée était de procurer les informations nécessaires pour la "viabilité" technico-économique du projet de ces nouvelles installations, vu les conditions du marché algérien.

L'étude est réalisée en deux phases :

- Etude du marché
- Etude de viabilité

Le rapport final suivant contient les résultats de l'étude du marché et de l'étude de viabilité.

Les résultats ont été obtenus par des études documentaires et par un travail intensif de champs en Algérie de deux experts pendant un total de temps d'à peu près 14 semaines.

Au cours de l'étude documentaire de l'information a été tiré du centre de documentation Battelle, ainsi que de nombreuses revues, de périodiques et brochures, (celles-ci éditées par les grandes entreprises chimiques) dont nous citons :

- European Chemical News,
- Matières plastiques,
- Plastics,
- Kunststoffe,
- Kunststoff-Rundschau,
- Modern Plastics,
- Kunststoffberater,
- Kunststoffe im Bau,
- Kunststofftechnik,
- British Plastics,
- Gummi, Asbest, Klebstoffe
- Plastverarbeiter.

Signalons qu'il n'existe pas de revue ou de périodique ne traitant que les polyuréthanes.

Comme autres sources d'information servaient des visites - interviews auprès des producteurs de matières premières pour la fabrication de mousses de polyuréthane, auprès des fabricants de machines, auprès des transformateurs de mousses de polyuréthane et auprès des consommateurs de mousses de polyuréthane et de produits de substitution dans les différents secteurs d'application, et auprès des associations professionnelles de consommateurs de mousse de polyuréthane et de produits de substitution dans les différents secteurs d'application.

RESUME GENERAL

L'étude du marché montre que, parmi les produits mousses ce sont celles à base de polyuréthane et celles à base de polystyrène qui ont, dans le monde entier, la plus grande importance. Dans les pays étudiés, Allemagne, France, Grande Bretagne, plus de 98 % de la consommation de produits mousses appartiennent à ces deux groupes. Les autres produits mousses, comme la mousse de PVC, la mousse à base d'urée-formaldehyde etc. ne jouent pas encore un rôle important, vu le marché total de produits mousses.

Allemagne

La République Fédérale d'Allemagne (RFA) compte avec une consommation de 1,7 kg par habitant de mousses de polyuréthane parmi les pays consommateurs les plus importants. En 1969 la consommation totale de mousses de polyuréthane était de 87.000 tonnes, dont 72.000 tonnes de mousses souples et semi-rigides et 15.000 tonnes de mousses rigides de polyuréthane. Pour l'année 1980 on estime une consommation totale de mousses de polyuréthane d'environ 260.000 tonnes. Les taux d'accroissement dans les différents secteurs d'application varient assez, d'une quasi-stagnation dans le secteur de l'industrie textile jusqu'à un taux d'accroissement annuel de 22 % dans le secteur sièges pour voitures.

Table 1 donne un aperçu de la structure de la consommation de mousses de polyuréthane en 1969, de son évolution jusqu'en 1980 et des taux d'accroissement annuels pour les différents secteurs.

Table 1 : Structure de la consommation de mousse de polyuréthane en RFA en 1969 - 1980 (en tonnes)

Applications	1969	1980	Taux d'accroissement annuel (%)
<u>Mousses souples et semi-rigides</u>			
. Meubles rembourrés	17.000	60.000	12
. Sièges rembourrés pour voitures	10.000	58.000	22
. Autres équipements de voitures	13.500	42.000	11
. Matelas	7.500	14.000	6
. Industrie textile	11.000	16.000	3,5
. Joints	4.000	8.000	6,5
. Autres	9.000	12.000	2,8
Total mousses souples et semi-rigides	72.000	200.000	10
<u>Mousses rigides</u>			
. Chambres froides, loges froides	3.900	8.000	7
. Meubles frigorifiques (réfrigérateurs etc)	7.000	15.000	7,2
. Isolements techniques	1.900	9.000	15,2
. Isolements de toits plats	1.700	8.000	15,1
. Autres isolements de bâtiments	200	20.000	52
Total mousses rigides	14.700	60.000	13,7
Grand Total	86.700	260.000	10,5

En ce qui concerne les techniques de production de mousses souples et semi-rigides on suppose l'évolution suivante :

Table 2 : Techniques de production de mousses souples et semi-rigides : status et évolution (en % de la production totale)

Procédés	1969	1980
Mousse "froide"	32	50
Mousse souple	47	33
Mousse semi-rigide	12	12
Mousse "structurée"	9	5
T o t a l	100	100

France

En France également on suppose un développement expansif du marché des mousses de polyuréthane pour la décade 1970 - 1980. Ce seront toujours encore les mousses souples qui auront la plus grande importance, mais également la consommation de mousses semi-rigides et rigides augmentera rapidement. Pour le marché des mousses souples et semi-rigides on suppose des taux d'accroissement annuels d'environ 12 % jusqu'en 1980, pour les mousses rigides avec des taux d'accroissement annuels d'environ 18 %.

Grande Bretagne

En ce qui concerne la structure de la consommation de mousses de polyuréthane, la Grande Bretagne ne diffère guère de la France. Pour les dix prochaines années on compte également avec un élargissement assez rapide de ce marché, avec des taux d'accroissement annuels semblables à ceux de la France.

Algérie

La consommation totale de mousses de polyuréthane en 1970 était de 528 tonnes, dont 376 tonnes de la production nationale et 152 tonnes de produits importés. Il s'agissait seulement de mousses souples.

La structure de la consommation était la suivante : environ 90 % dans la fabrication de meubles rembourrés et de matelas, environ 10 % dans l'industrie textile et pour d'autres applications.

A la fin de 1971 il y avaient 5 producteurs de mousse souple de polyuréthane en Algérie avec une capacité de production d'environ 13.500 tonnes/an. Cette capacité de production de mousse souple nous semble suffisante pour les besoins du pays au moins pour la décade de 1970 à 1980. Il semble même que pour les trois, quatre années qui viennent il existe une surcapacité, vu le niveau très bas de consommation de mousse de polyuréthane dans le pays actuellement et les grands efforts nécessaires à développer le marché.

En ce qui concerne la production et la consommation de mousses semi-rigides et rigides, elles sont pratiquement inexistantes, n'ayant pas d'industrie utilisant ces produits. Il existe deux maisons en Algérie qui produisent de la mousse rigide, mais seulement pour leurs propres besoins. La consommation totale prévue en 1971 est de l'ordre de 11 tonnes.

Pour l'évaluation du marché potentiel de mousse de polyuréthane nous supposons qu'en 1980 l'Algérie atteindra une consommation de mousse de polyuréthane de l'ordre d'environ 1 kg par habitant, ce qui correspond à une consommation totale d'environ 20.000 tonnes en 1980 et à un taux d'accroissement annuel de 43 %. Ceci n'est certainement pas trop élevé, vu la consommation très basse en 1970 et vu l'évolution très rapide de la consommation en mousse de polyuréthane dans d'autres pays. On peut supposer que la structure de la consommation sera semblable à celle des pays européens, c'est-à-dire les mousses souples et semi-rigides comptent pour 80 % de la consommation totale, (ce qui correspond à environ 16.000 tonnes). La mousse rigide compte donc pour environ 20 % ou 4.000 tonnes.

Les capacités de production existantes de mousse souple de polyuréthane en Algérie d'environ 13.500 tonnes par an nous semblent suffisantes pour les besoins du marché algérien de mousses souples jusqu'à 1980.

En ce qui concerne la mousse semi-rigide de polyuréthane elle n'est pas encore produite en Algérie, l'application principale est dans l'industrie automobile. Pourvu que se réalisent les projets de montage de voitures particulières (à Oran) et de véhicules utilitaires (Berliet) la consommation potentielle sera de l'ordre de 300 tonnes/an au début et elle augmentera de plus de 600 tonnes en 1980.

Quant à la mousse rigide de polyuréthane les secteurs d'application potentiels sont :

- . Fabrication de meubles frigorifiques
- . Isolation thermique dans l'industrie de la construction.

Vu les objectifs de production de meubles frigorifiques en Algérie, nous estimons une consommation potentielle d'environ 280 à 300 tonnes pour la période de démarrage, c'est-à-dire fin 1972-1973, et une consommation potentielle jusqu'en 1980 d'environ 500 tonnes.

Le débouché le plus intéressant pour la mousse rigide de polyuréthane à long terme sera l'industrie de construction. A présent nous estimons une consommation potentielle d'environ 150 tonnes par an, consommation relativement faible. Ceci est dû au fait que ce matériel de construction est très peu connu. Mais au cours de cette décade la consommation peut bien se développer et à long terme (vers 1980) par contre nous estimons une demande potentielle dans l'ordre de 1.000 à 2.000 tonnes par an.

En ce qui concerne la mousse "intégrale" (ou structurée), nous voyons une possibilité d'application dans la fabrication de semelles pour chaussures. La production de 500.000 paires de semelles par an correspondrait donc à une consommation annuelle de ce type de mousse dans l'ordre de 120 tonnes.

L'étude de viabilité montre comme résultat que sept projets sont réalisables en Algérie, à savoir

- quatre installations indépendantes : installation pour production de mousses PU souple en blocs et en continu, capacité 4 000 tpa, installation pour production de semelles de chaussures à base de mousse PU structurée, capacité de démarrage 500.000 paires/an, installation pour production d'éléments de construction à base de mousse PU rigide, type "HOESCH ISOWAND", capacité 240 000 m²/an et une petite installation mobile dont la capacité ne peut pas être déterminée.

- trois installations à intégrer dans les procédés de montage, à savoir : installation pour fabrication de pièces moulées à base de mousse PU souple par foisonnement froid pour l'industrie automobile planifiée, capacité au moins 300 000 pièces/an, installation pour fabrication de pièces moulées à base de mousse PU structurée pour l'industrie automobile planifiée, capacité au moins 300 000 pièces/an et une installation pour moussage de l'isolation à base de mousse PU rigide dans le cadre du montage de meubles frigorifiques à Tizi Ouzou.

Il est recommandé de grouper les installations dites indépendantes dans un complexe de production mousses PU à Alger pour des raisons d'économie et d'efficacité.

Les installations qui sont à intégrer dans des procédés de montage ne font pas, de ce fait, l'objet de cette étude.

Les taux de rentabilité et les temps d'amortissement furent calculés pour chaque installation. Le résultat très favorable justifie de recommander la réalisation de ces projets. Mais sur le plan algérien il existe déjà une surcapacité de production pour la mousse PU souple en blocs par rapport à la consommation. On ne peut pas attendre que cette situation change sensiblement dans les années à venir. La viabilité de ce projet apparaît comme bonne mais en supposant, entre autre, que toute la production peut être vendue sur le marché algérien. Or la consommation ne compterait que pour 50 % de la production envisagée. Du point de vue d'économie nationale ne sont ainsi recommandés que les installations indépendantes, soit pour la production de semelles de chaussures, soit pour la production d'éléments sandwich pour la construction. Pour le dernier produit il est très important qu'une stratégie appropriée de vente soit appliquée.

Volume I

- ETUDE DE MARCHÉ -

- Partie A -

Le marché de mousses de polyuréthane
dans des pays industriels sélectionnés:
République Fédérale d'Allemagne, France,
Grande Bretagne

I

- République Fédérale d'Allemagne -

1. Etude du côté de l'offre

1.1 L'offre de matières premières

Les deux matières premières "clés" pour la fabrication de mousses de polyuréthane sont les diisocyanates et les polyols. Dans la fabrication industrielle des mousses de polyuréthane on emploie encore des catalyseurs, des agents moussants, des agents tensio-actifs, des agents additifs, agents de séparation et d'autres produits similaires.

Les diisocyanates les plus importants sont le TDI (diisocyanate de tolyole) et le MDI (diisocyanate dephynyle méthane). Le TDI s'emploie surtout pour la fabrication de mousses souples et semi-rigides, le MDI surtout pour la fabrication de mousses rigides.

Pour 1971 on estime la capacité de production mondiale en TDI à 350.000 tonnes, et celle en MDI à environ 120.000 tonnes. Jusqu'en 1975 les capacités atteindront plus de 600.000 tonnes pour le TDI et près de 350.000 tonnes pour le MDI.

Les polyols employés pour la fabrication de mousses de polyuréthane sont surtout des polyéthers, en partie seulement des polyesters. Pour la capacité de production mondiale du polyéthylène il n'existe pas d'estimation; la capacité de production mondiale de polyester (pour la fabrication de polyuréthanes) est estimé à 100.000 tonnes pour l'année 1970, et l'on estime que cette capacité atteindra environ 1 million de tonnes en 1975.

Le producteur le plus important de matières premières pour mousses de polyuréthane en RFA sont les Farbenfabriken Bayer à Leverkusen, qui en 1968, ont produit les quantités suivantes de matières premières:

Polyols:

Polyéthers	65.000	à	70.000 tonnes
Polyesters	70.000	à	75.000 "

Isocyanates

TDI	75.000	à	78.000 tonnes
MDI	15.000	à	18.000 "

Les capacités de production prévues pour 1972/73 sont de 140.000 tonnes par an pour le TDI et de 100.000 tonnes par an pour le MDI.

Dans le provisionnement avec des matières premières les Farbenfabriken ont atteint à peu près 70 % du marché en RFA.

Comme autre producteur allemand la BASF à Ludwigshafen produira à partir de 1972/73 des matières premières pour mousses de polyuréthane à Anvers; les capacités prévues sont de 20.000 tonnes par an pour le TDI et de 25.000 tonnes par an pour le MDI.

A côté de ces compagnies il y a encore deux autres producteurs en Allemagne

- Henkel & Cie à Düsseldorf
- Hamburger Fettchemie à Hamburg

Ces maisons produisent diverses matières premières pour mousses de polyuréthanes en petites quantités.

L'offre étrangère pour matières premières en RFA atteint à peu près 25 % du marché allemand. Ce sont surtout

- Imperial Chemical Industries (ICI), Grande Bretagne
- Union Carbide Corporation (UCC), Etats Unis
- Dow Chemical, Grande Bretagne

La demande resp. la consommation de polyols et d'isocyanates en RFA est estimée comme suit (en 1.000 tonnes)

	1968	1980
<u>Polyols</u>		
Polyéthers	29,5	75
Polytetrafuran	0,1	1
<u>Isocyanates</u>		
TDI	8,7	30-35
MDI	15,5	50-60
HMI	1,1	10-12

Table 3 donne un aperçu détaillé de la consommation resp. demande de matières premières pour mousses de polyuréthane en RFA.

Table 3: Consommation resp. demande de matières premières pour mousses de polyuréthane en RFA
(en 1.000 tonnes)

Composants	Application	1968	1969
<u>Polyols</u>			
1. <u>Polyéthers</u>			
- Polyéthers réticulés	mousses souples	16,5	17,3
	mousses rigides	5,2	5,6
- Polyéthers modifiés d' amino	mousses "froide"	7,5	11,4
- Polyéthers linéaires	mousses souples	0,3	0,3
2. <u>Polyesters</u>			
- à base diéthylèneglycol/acide adipique	mousses souples	3,8	3,9
- à base diéthylèneglycol/acide adipique/triol	mousses souples	3,8	4,0
- à base d'acide adipique/acide phthalique/butylèneglycol 1 - 3	mousses souples	0,8	0,9
- à base d'esters gras	mousses semi-rigides	0,3	0,4
<u>Isocyanates</u>			
1. <u>TDI</u>			
- Mélange 2,4 - TDI : 2,6-TDI - 80 : 20	mousses souples	6,2	6,5
- Mélange 2,4 - TDI : 2,6 - TDI - 65 : 35	mousses souples	1,1	1,4
2. <u>MDI</u>			
- brut	mousse rigide	6,3	6,7
	mousses souples	4,3	4,5
- pur	mousses souples	0,8	0,8
- modifié de chlore	mousse "froide"	3,7	5,4

1.2 Capacités de production pour mousses de polyuréthane

La RFA est le pays producteur le plus important en Europe pour mousses de polyuréthane. La capacité totale de production de mousses souples et semi-rigides pour polyuréthane s'élève à environ 100.000 tonnes. Ce sont sept firmes seulement qui atteignent plus de 90 % de la capacité de production en RFA.

En ce qui concerne les mousses rigides de polyuréthane elles sont fabriquées soit par procédé en continu, fabrication en bloc ou par moussage "insitu". En RFA il y a environ 10 firmes qui s'occupent de la fabrication en bloc (consommation de mousse de polyuréthane rigide dans ces processus est d'environ 1.000 t). Le moussage "insitu" s'emploie surtout dans l'isolement de meubles frigorifiques fabriqués en grande série (comme c'est le cas p.e. pour les firmes AEG, BBC, Bosch et Linde), dans la fabrication de cellules frigorifiques et pour toute sorte d'isolation technique.

1.3 Production et commerce extérieur

1.3.1 Production

La RFA est le producteur le plus important de produits mousses en Europe. Parmi les produits mousses ce sont ceux à base de polyuréthane et à base de polystyrène qui ont la plus grande importance.

Table 4 donne un aperçu de la production de mousses de polyuréthane en RFA.

Table 4 : Production de mousses de polyuréthane
en RFA 1966 19 (en tonnes)

	1966	1967	1968	1969
Mousses souples et semi-rigides	.	50	.	65-67
Mousses rigides	.	12	.	14-17
Total	47	62	64	79-84

. pas disponible

Il est très difficile de séparer la production de mousses semi-rigides de la production de mousses souples. Selon des estimations, environ 15 % de la production totale de mousses souples et semi-rigides sont des mousses semi-rigides, ou autrement dit, en 1970 environ 7.500 tonnes.

Le taux d'accroissement annuel de la production de mousses de polyuréthane entre 1966 et 1969 s'élève à 20 % par an.

Il y a sept firmes en RFA qui produisent plus de 90 % de la production totale de mousses souples et semi-rigides en RFA. Ce sont :

- Metzeler Gummiwaren à Memmingen
- Dr. W. Scheermesser & Co. KG à Ling / Rhein
- Correcta Werke, Bad Wildungen
- Continental-Gummiwerke AG, Stuttgart
- Dunlopillo GmbH, Hanau
- R. Köpp & Co. AG, Östrich / Rheingau
- Kunststoffwerk Philippine GmbH & Co. KG, Obelahnstein

1.3.2 Commerce extérieur

La RFA est un des plus grands exportateurs de mousses de polyuréthane. Les importations ne jouent pas un grand rôle, vu le marché total pour mousses de polyuréthane en RFA.

Table 5 donne un aperçu du commerce extérieur en mousses de polyuréthane en RFA.

1.4 Procédés de fabrication

Les procédés de fabrication de mousses de polyuréthane en RFA sont à présent à peu près comme suit :

Table 5 : Commerce extérieur de mousses de polyuréthane en RFA (en tonnes)

Pays	1966	1967	1968	1969 ³⁾	1970 ²⁾³⁾
<u>Importations (Total)</u>	4.154	937	1.183	1.973	991
France	355	-	1	160	113
U.E.B.L.	2.388	524	532	582	321
Pays Bas	1.134	254	534	1.033	307
E.U.	96	23	11	11	-
<u>Exportation (Total)</u>	14.472	9.139	11.720	17.560	9.302
France	2.666	580	787	899	333
U.E.B.L.	910	757	822	1.804	325
Pays Bas	887	1.041	1.187	1.318	457
Italie	2.958	1.471	1.174	1.776	835
Grande Bretagne	604	226	144	95	22
Espagne	2.093	1.452	291	49	19
E.U.	915	1.914	4.375	7.545	5.523

1) Mousses de polyuréthane sous forme de blocs, morceaux, granulés, plaques, feuilles, déchets etc

2) Premiers 6 mois seulement

3) Sans blocs brut de mousse souple

Mousse "froide" (procédé nouveau) 23-24 %
Mousse souple (procédé conventionel) 62-63 %
Mousse semi-rigide (procédé conventionel) 12-13 %
Mousse structurée 2 %

La mousse "froide" peut être souple ou semi-rigide,
la mousse structurée est surtout semi-rigide.

Pour l'année 1980 les estimations sont les suivantes :

Mousse "froide" 48-50 %
Mousse souple (conv.) 30-32 %
Mousse semi-rigide 12-15 %
Mousse structurée 5-8 %

A peu près 80 % des mousses produites sont à base de
polyéther, environ 20 % à base de polyester. Pour l'année
1980 on estime que le polyéther atteindra environ 85 %.

Table 6 énumère les producteurs d'installations pour
la fabrication de mousse de polyuréthane en RFA.

Table 6 : Producteurs d'installations pour la fabrication de mousse de polyuréthane en RFA

Nom de la société	Adresse	Gamme de production
Kunststoffbüro Osnabrück Dr. Reuter GmbH & Co.	D-4531 Lotte Hansaring 2	Machines pour l'industrie automobile
Kunststoff-Verfahrenstechnik Isernhagen H B GmbH & Co. KG	D-3012 Langenhagen Walsroder Straße 184	Machines à pression haute pour la fabrication de meubles; procédé "Kanturan"
Kunststoff-Verfahrenstechnik Selm GmbH & Co. KG	D-4714 Selm Postfach 59	Machines à composants pour mousses en moules. isolation de conduits. projection en bloc de mousse "froide"
Kunststoff-Verfahrenstechnik Dr. Ernst GmbH & Co. KG	D-8021 Straßlach Mitterstrassweg	Machines pour la fabrication de semelles, machines et installations à pression basse
Hennecke GmbH Maschinenfabrik	Birlinghoven	Installation pour la fabrication en continue de mousse rigide
Zippel GmbH Maschinen - Kunststofftechnik	D-3440 Eschwege Postfach 870	Machines et installations pour mousses en moules. mousse rigide et mousse super-rigide structurée
Admiral Maschinenfabrik GmbH & Co.	D-899 Lindau	Toute la gamme de machines à pression basse, machines transportables, pour l'industrie de construction, isolation frigorifique
Kannegießer	D-4973 Vlotho Postfach 146	Machines en série et individuelles
L. Schuler	D-732 Göppingen	Machines en série et individuelles
Eisenmann KG Maschinenbaugesellschaft	D-7030 Böblingen Tübinger Straße 81	Installations pour moussage de réfrigérateurs, de pièces pour l'industrie des meubles
Desma-Werke GmbH	D-2807 Achim Desmastraße 112	Machines pour la fabrication de semelles

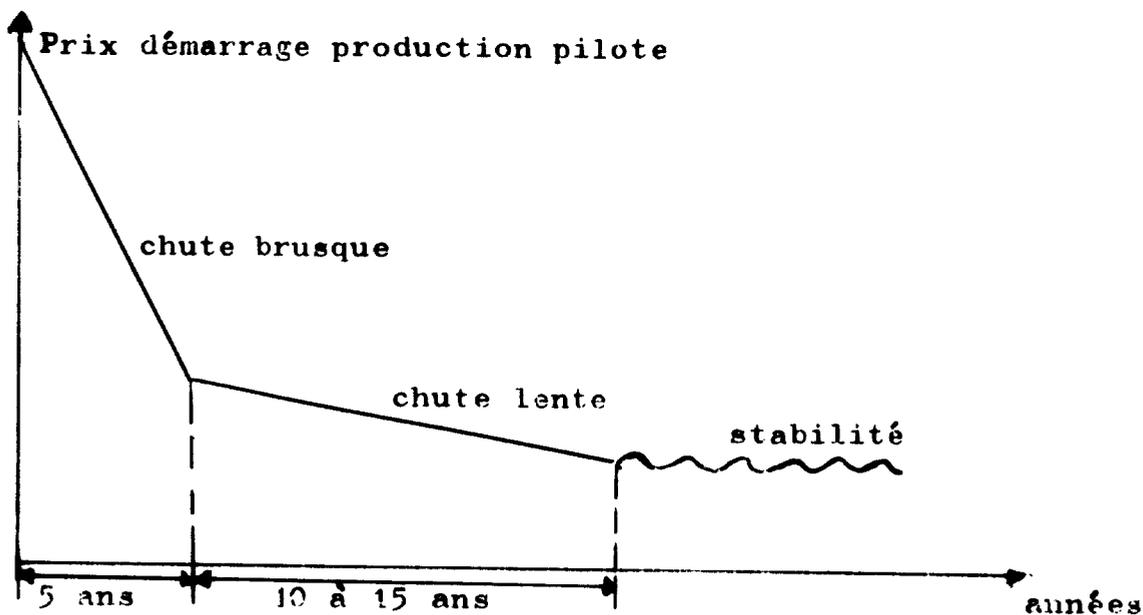
1.5 Prix, conditions et modes de livraison

1.5.1 Matières premières

Pour les matériaux plastiques, d'une façon générale, on assiste à une baisse, tant en valeur absolue que par rapport à l'ensemble des prix industriels.

L'examen de ces vingt dernières années montre que le processus de baisse s'opère en 3 phases :

- Une chute verticale des prix qui dure 5 à 7 ans au maximum. Elle correspond au passage de la production à l'échelle pilote à l'entrée normale du produit dans les applications commerciales.
- Une chute lente qui peut durer de 10 à 15 ans et qui correspond à un taux de décroissance d'environ 4 % par an en moyenne. (Observation du passé).
- Une chute très lente voir une stabilité relative pouvant même osciller en plus ou en moins. Ainsi peut-on tracer une courbe d'évolution de prix pour chaque produit plastique et estimer la tendance de son évolution économique, voir la courbe suivante :



En ce qui concerne les matières de base pour la fabrication de mousses de polyuréthane - TDI, MDI, polyols, Frigen comme porogène - nous pouvons dire, que l'Europe se trouve actuellement au début de la phase de stabilité et qu'une chute essentielle des prix à long terme est peu probable. Les prix relativement élevés pour le TDI et le MDI en 1970/71 ont été causés surtout par les conditions des marchés, c'est-à-dire la demande était plus grande que la production. A partir de 1972 on s'attend à une normalisation du marché vu les nouvelles unités de production de matières premières qui ont démarré au cours de l'année 1971 et qui vont démarrer en 1972.

La vente des matières premières ou des composants pour la mousse de polyuréthane s'effectue pour des établissements importants dans les wagons citernes ou des camions citernes directement en usine. Des quantités plus petites sont délivrées dans les récipients des différents bureaux de vente qui disposent de stocks.

Pour les matières premières il n'existe pas de prix courants, les prix de vente ex usine varient beaucoup suivant la manière de livraison (wagons citernes ou petits récipients) et selon les quantités demandées.

Actuellement on paie 3,- DM/kg pour le TDI, mais les grands établissements ne paient qu'environ 2,80 DM/kg. On espère que les prix du TDI diminuent avec la normalisation du marché et des prix de 2,50 DM/kg semblent possibles. On estime même qu'avec une installation moderne de 20.000 tonnes/an on peut réaliser des prix d'environ 2,30 à 2,40 DM/kg.

Actuellement le prix pour le MDI est de l'ordre de 2,60 à 2,70 DM/kg, mais c'est le prix pour grandes quantités.

Les prix pour les composants de polyuréthane (polyol + isocyanate + matières auxiliaires) sont à présent comme suit :

Composants pour mousses souples de polyuréthane

Composant A : 3,60 à 3,85 DM/kg

Composant B : 4,05 à 4,50 DM/kg

Composants pour mousses rigides et mousses souples

Composant A : 4,15 à 4,50 DM/kg

Composant B : 4,05 à 6,00 DM/kg

Les proportions du mélange A : B varient entre 1 : 1,5 pour les mousses en moules et entre 2,2 : 1 pour les mousses souples.

1.5.2 Produits finis

Les prix des produits finis dépendent et des prix des matières premières et des coûts de transformation qui de leur part, sont influencés essentiellement par les capacités de production installées des unités et du développement de nouvelles techniques de transformation. Comme les prix des matières premières ont atteint la phase de stabilité, les seules paramètres influençant les prix de produits finis sont les coûts de transformation, qui dans le cas des mousses de PM diminuent avec l'agrandissement des capacités installées et du développement de nouvelles techniques de transformation. En ce qui concerne les capacités de transformation des unités existantes en Europe, elles n'ont pas encore atteint des capacités maximales techniquement possible. D'autre part les techniques de transformation sont encore en plein développement, comme p.e. le moulage "froid" et le moulage de pièces en mousse "structurée" qui certes peuvent aboutir dans les années qui viennent à un baissement sensible des prix de produits finis.

1.6 L'offre de produits concurrents

1.6.1 Mousses de polystyrène

Les mousses de polystyrène qui sont fabriquées par le moussage de granulés de polystyrène on trouvé une application assez vaste dans la construction, dans la technique frigorifique et dans l'emballage. Il s'agit d'une mousse dure, avec des cellules fermées qui est fabriquée sous forme de blocs, plaques et pièces profilées.

Dans les applications spéciales on emploie des produits qui sont fabriqués par des procédés spéciaux. La mousse de polystyrène extrudée, qui est fabriquée dans des extrudeurs par un procédé en continue à la base d'un mélange de polystyrène contenant des agents soufflants, donne des feuilles soufflées qui sont dures et montrent des cellules fermées d'un caractère de papier. Les feuilles sont employées surtout dans les secteurs de l'emballage.

Capacités de production

Les capacités de production en RFA sont les suivantes :

Table 7 : Capacités de production de mousse de polystyrène en RFA

	Polystyrène expansé	Polystyrène extrudé
1968	137.000 tonnes	7.000 tonnes
1970	150.000 tonnes	7.000 tonnes

Production et commerce extérieur de mousses de polystyrène sont montrés dans la table 8 :

Table 8 : Production et commerce extérieur de mousses de polystyrène en RFA

	1965	1967	1968	1970
Production	54.100 t	81.500 t	108.700 t	150.000 t
Importations	-	-	-	-
Exportations	25.400 t	41.100 t	53.600 t	.

- pas d'importations

. pas disponible

Les exportations sont très importantes, presque 50 % de la production nationale sont exportés. Environ 3.700 t de la production de l'année 1967 étaient des mousses extrudées et environ 4.100 t de la production de l'année 1968.

Le producteur le plus important de mousses de polystyrène est BASF à Ludwigshafen.

1.6.2 Autres produits mousses

A part des mousses de polyuréthane et de polystyrène ce sont encore les mousses à base d'urée-formaldehyde, à base de formaldehyde phénolique et les mousses de PVC qui trouvent une application très étroite vu le marché total de produits mousses.

En 1970 la consommation de ces trois derniers produits mousses n'atteignait pas 2.000 tonnes, dont à peu près 1.000 tonnes de mousses d'urée formaldéhyde, 500 tonnes de mousses de formaldéhyde et également à peu près 500 t de mousses de PVC.

Les mousses de polyéthylène, comme par exemple "Ethafoam" de Dow chemicals, n'ont pas encore trouvé un marché en RFA, surtout à cause du prix très élevé qui empêche même une pénétration dans les applications nouvelles.

2. Etude du côté de la demande

2.1 Développement de la consommation de mousses de polyuréthane

Après les Etats-Unis ce sont le Japon et la RFA qui ont la plus grande consommation de produits mousses dans le monde. En Europe de l'Ouest c'est la RFA qui mène de près en ce qui concerne la consommation de mousses de polyuréthane et de mousses de polystyrène.

Table 9 donne un aperçu sur le développement de la consommation des différents types mousses dans les dernières années et des tendances pour les cinq/dix années qui viennent. La répartition des différents types de mousses dans la consommation totale changera (en %) dans les années qui viennent suivant la répartition de nouveaux types de mousses (p.e. mousses de PVC) ou de mousses spéciales (p.e. mousses à base d'urée formaldéhyde augmentera :

	<u>1967</u>	<u>1975</u>
Mousses de polystyrène	38,1 %	38,8 %
Mousses de polyuréthane souples et semi-rigides	48,5 %	46,0 %
Mousses de polyuréthane rigide	11,6 %	10,4 %
Autres mousses	1,8 %	4,8 %
<hr/>		
Consommation totale	100 %	100 %

Malgré une augmentation légère de la consommation de mousses de polystyrène les mousses de polyuréthane tiendront leur rôle dominant en RFA.

Table 9: Aperçu du développement de la consommation de produits mouses en RFA
(en 1.000 tonnes)

Produits Mouses	Années					
	1966	1967	1968	1969	1975	1980
Mousses de polystyrène	35,7	39,2	46,1	.	104-119 ¹⁾	.
Mousses de polyuréthane	55,5	62,0	80,0	87,0-88,0	155-170	220-270
dont: souple et semi-rigide	47,0	50,0	66,0	72,0 ²⁾	130-135	170-220
rigide	8,5	12,0	14,0	15,0-16,0	25-35	60
Mousses à base de formaldéhyde	.	0,8	0,0-1,0	.	9-10	.
Mousses à base de formaldéhyde phenolique	.	0,5	0,5	.	1- 2	.
Mousses de PVC	.	0,5	0,5	.	2- 5	.
Total mousses	92	103,0	128	.	271-306	400

. - pas disponible

1) Incl. matériaux nouveaux de construction, comme briques, béton mousse etc.

2) dont environ 15 % de mousse semi-rigide actuellement

Une calculation des taux moyens d'accroissement par an de la consommation des différents types de mousses (à base de la table 9) montre les accroissements suivants pour la période 1967/1975 :

Consommation totale	14 %
de produits mousses	
dont: Mousses de polystyrène	13,5 %
Mousses souples et semi- rigides de polyuréthane	13 %
Mousses rigides de polyuréthane	12 %
Mousses à base d'urée formaldehyde	36 %
Mousses à base de formaldehyde phénolique	15 %

La consommation de mousses à base d'urée formaldehyde augmentera surtout à cause d'une application plus vaste et intensive dans l'agriculture pour l'amélioration des terres. En ce qui concerne les mousses de PVC on ne peut pas encore déterminer les tendances futures. Les experts disent qu'il faut avoir encore des développements pour améliorer les propriétés.

Table 10 donne un aperçu sur la consommation de mousses de polystyrène dans des pays sélectionnés en Europe de l'Ouest.

Table 11 donne un aperçu sur la structure de la consommation de mousses de polyuréthane dans les pays les plus importants à part la RFA. Dans ces pays également, ce sont les mousses souples qui ont la plus grande importance.

Ci-dessus est montré le développement de la consommation des mousses de polyuréthanes dans des pays sélectionnés (en 1.000 tonnes):

	<u>1965</u>	<u>1968</u>	<u>1970</u>
<u>Etats-Unis</u>			
- Mousses souples	125	173	266
- Mousses rigides	.	24	38
<u>Italie</u>			
- Mousses souples	17	41	
<u>Grande Bretagne</u>			
-	26	38,5	50

Table 10 : Consommation de mousse de polystyrène dans des pays sélectionnés (en 1.000 tonnes)

<u>Pays</u> \ <u>Année</u>	1964	1965	1968	1970
Belgique	1,8	2,0	2,8	3,6
France	4,5	5,5	10,3	15,2
Italie	3,5	4,7	8,8	12,8
Pays-Bas	1,5	1,7	2,5	3,3
Grande Bretagne	7,0	9,9	16,3	24,4
Pays de l'est	4,3	5,4	9,1	13,8

Table 11: Consommation de mousses de polyuréthane dans des pays sélectionnés (en tonnes) en 1968

	Mousses souples	Mousses rigides	Mousses semi-rigides	Doublages
Belgique	12.000	900	.	.
France	27.000	2.600	.	150
Italie	41.000	6.800	.	.
Pays Bas	.	1.500	.	.
Grande Bretagne	31.000	5.300	.	.
Japan	70.000	3.000	3.000	500

. - pas disponible

2.2 Structure de la consommation

Table 12 donne un aperçu des secteurs d'applications de produits mousses.

Table 12 : Consommation de produits mousses en RFA
(en %)

	1968	1975
Rembourrages de meubles matelas, industrie automobile, lamination textile	51,5	45,8
Matériaux d'isolement Matériaux de construction	37,9	34,7
Emballages	8,2	15,1
Autres applications	2,4	4,2
Total	100	100

La table 12 montre que les secteurs "rembourrage", industrie automobile, matériaux d'isolement et de construction et emballages sont dominants dans l'application des produits mousses.

Table 13 donne un aperçu détaillé de la consommation des produits mousses différents dans les différentes applications.

Les mousses de polystyrène sont très importantes comme matériaux d'isolement, comme matériaux de construction et comme matériaux d'emballage.

Table 13: Consommation estimée produits mousés dans les secteurs différents en RFA (en 1.000 tonnes)

Produits	Produit masse appliqué	1966	1967	1968	1975
Rembourage de meubles, matelas, doublure textile, industrie automobile	Polyuréthane, souple et semi-rigide	47,0	50,0	66,0	130-135
Matériaux d'isolation et de construction	Polystyrène	27,7	29,1	33,0	58-65
	Polyuréthane, rigide	8,5	12,0	14,0	30-40
	Urée-formaldehyde	.	0,5	0,5	
	Formaldehyde de phénol	.	0,5	0,5	2-5
	PVC	.	0,5	0,5	
Emballages	Polystyrène	5,9	7,9	10,5	39-48
Agriculture	Urée-formaldehyde	.	0,3	0,4	8,5
	Polystyrène	0,8	0,7	0,6	0,5
Fauteuils	Polystyrène	0,4	0,6	1,0	1-2
Décorations	Polystyrène	0,4	0,4	0,5	1
Autres	Polystyrène	0,5	0,5	0,5	1
Total		environ 92	103,0	environ 128	271-306

. - pas disponible

Table 14 montre la structure de la consommation de mousses de polyuréthane en 1969. La consommation totale était de 72.000 tonnes de mousses souples et semi-rigides et de 15.000 tonnes de mousses rigides.

Table 14 : Structure de la consommation (en %)

Mousses souples et semi-rigides		Mousses rigides	
Rembourrage	41	Meubles frigorifiques	70
	20	Construction	15
Matelas	12	Isolement technique	10
Lamination textile	18	Industrie automobile et autres	5
Baudichtungsmaterial	5		
Autres applications	4		
Total	100 %		100 %

Table 15 montre la répartition de la consommation des mousses de polyuréthane souples et semi-rigides dans les différents secteurs d'application. Pendant qu'en 1968 seulement 35 % de la consommation totale était employée dans l'industrie automobile.

Table 15 : Consommation resp. demande de mousses souples et semi-rigides de polyuréthane en RFA
(en tonnes)

Applications	1968	1975
Meubles rembourrés	(27.000	30.000-33.000
Sièges de voiture		35.000
Autres accessoires de voiture		30.000
Matelas	8.000	9.000-10.000
Industrie textile	12.000	12.000
Joints	3.500	5.000
Autres	2.500	9.000-10.000
Total	66.000	135.000
Taux d'accroissement annuel	+ 10,5 %	

En 1975 on emploiera environ 50 % de la consommation totale (en 1975 environ 135.000 t) dans l'industrie automobile à cause de la production augmentée de voiture et à cause des nouvelles mesures de sécurité.

Dans la lamination de textiles l'application des mousses souples et semi-rigides n'augmentera pas en RFA parce qu'on estime que ce seront surtout des mousses de polyester qu'on appliquera pour la fabrication de vêtements imperméables et superlégers.

Relativement sans importance en RFA est l'application des mousses souples et semi-rigides de polyuréthane pour la fabrication de sous-tapis, éponges, matériaux de filtration, matériaux d'étanchéité, rembourrage pour emballages, jouets, articles de bureau, articles de sport.

L'application principale des mousses semi-rigides de polyuréthane sont de pièces profilées de rembourrage pour l'industrie automobile.

Les mousses rigides de polyuréthane sont presque uniquement consommées dans l'isolation (réfrigérateurs, loges froides, isolation dans la construction, isolation technique). La répartition de la consommation est montrée dans la table 16 :

Table 16 : Répartition de la consommation de mousse rigide de polyuréthane en RFA en 1969/70

Secteur	Pourcentage
Réfrigérateurs, loges froides, congélateurs	70
Construction	15
Isolements techniques	10
Industrie automobile (incl. transport)	) ) ) ) 5
Autres applications (Meubles, construction de bateaux, emballages)))))
T o t a l	100

2.3 L'importance des secteurs d'utilisation individuels

Dans les chapitres suivants l'importance des secteurs d'utilisation les plus importants est décrite.

2.3.1 Industrie de matelas et de meubles rembourrés

Plus haut nous avons montré quelles quantités de mousses souples et semi-rigides sont consommées dans ce secteur.

En ce qui concerne les meubles rembourrés la substitution des matériaux conventionnels de rembourrage semble être terminée à présent. Les meubles à coucher et pour s'asseoir sont fabriqués aujourd'hui presque seulement de mousses de polyuréthane. L'introduction de pièces façonnées à base de mousse "froide" de polyuréthane dans les dernières années a conduit à une consommation encore plus grande par pièce rembourrée (rembourrage "plein"; densité plus haute de la mousse "froide" que de la mousse fabriquée en bloc). Les nouveaux procédés de fabrication comme le moussage "in situ" ont mené également à un élargissement du marché.

En ce qui concerne la mousse de polystyrène on estime qu'elle n'aura pas beaucoup d'importance pour la fabrication de meubles rembourrés.

Dans le secteur des matelas la substitution de matelas conventionnels par des matelas à mousse de polyuréthane a diminué dans les deux dernières années et il semble qu'avec une part d'environ 50 % à la production totale de matelas, les matelas à mousse de polyuréthane ont atteint une certaine limite.

2.3.2 L'industrie automobile

Les mousses structurées de polyuréthane (mousses souples intégrales) ont trouvé leur application principale dans l'industrie automobile. Cette mousse structurée remplacera dans les années qui viennent les mousses semi-rigides de polyuréthane dans l'équipement des voitures (sauf les sièges de voitures).

La technique bien connue de la fabrication de pièces profilées à base de mousse "froide" a contribué que dans le proche avenir presque tous les modèles d'automobiles en RFA seront munis de sièges de mousse souple de polyuréthane. L'industrie automobile européenne en 1968 ne consommait que 25.000 t de mousse de polyuréthane, l'industrie automobile japonaise environ 15.000 t et l'industrie automobile des Etats-Unis environ 80.000 t. Actuellement la consommation moyenne de mousse souple de polyuréthane dans l'industrie automobile européenne est de l'ordre de 15 kgs par voiture.

En ce qui concerne les autres équipements de voitures (revêtement du tablier des instruments; rembourrages des parties latérales, accoudoirs etc. mesures contre le résonnement en vibrant de la carrosserie) ce seront surtout les nouvelles mesures de sécurité qui vont augmenter la consommation de mousses souples et semi-rigides de polyuréthane dans la production de voitures. Le secteur automobile est le secteur d'application le plus important pour les mousses semi-rigides (sous forme de pièces techniques et de pièces fonctionnelles).

Pour la production d'avions et de wagons on a employé en RFA en 1968 environ 6.000 t de mousse semi-rigides.

A cause de leur poids assez bas les mousses rigides trouvent également une application de plus en plus croissante dans la fabrication de véhicules. Portes, carrosseries couvertes de voitures réfrigérantes, caisses autoportantes dans la construction de wagons, coques et pièces dans la construction aéronautique sont des exemples.

2.3.3 Industrie de meubles

Pour la production de "fauteuils corbeilles" on emploie déjà des mousses de polystyrène. Mais les développements dans la technique d'injection et dans la construction des moules dans les dernières années ont montré de nouvelles applications pour les mousses intégrales rigides. L'entoilage de ces mousses coriace-rigides est fermé et il peut être varié dans son épaisseur. Cette technique permet donc la fabrication de pièces de meuble entières (par exemple portes d'armoire, fauteuils corbeilles), une technique qui est très intéressante pour la production en grande série.

Pour la construction de meubles frigorifiques on applique comme matériaux d'isolation de la mousse rigide de polyuréthane. En Europe presque 90 % de tous les meubles frigorifiques sont isolés avec de la mousse rigide de polyuréthane. La technique d'application est en premier lieu le moussage "in situ", une technique qui est appliquée par tous les grands fabricants de réfrigérateurs. Les mousses de polystyrène ne sont presque plus appliquées dans ce secteur.

2.3.4 Matériaux d'isolation

Comme matériaux d'isolation et matériaux de construction on a consommé en 1968 en RFA plus de 48.500 t de produits mousses. Pour l'année 1975 on compte avec une consommation totale dans ce secteur d'environ 100.000 tonnes, c'est-à-dire les produits mousses auront en 1975 environ 55 % au volume total d'isolation de 7 millions m³, dont environ 40 % mousses de polystyrène et environ 15 % mousses de polyuréthane.

Table 17 donne un aperçu de l'application de produits mousses dans la technique d'isolation en RFA.

Table 17 : L'application de produits mousses comme matériaux d'isolation en RFA
(en 1.000 tonnes)

Produits	1966	1967	1968	1975
Mousse de polystyrène	27,7	29,1	33,0	62
Mousse de polyuréthane ¹⁾	8,5	12,0	14,0	35
Mousses à base de résine à base de formaldéhyde de phénole	-	0,5	0,5	) ) ) 2-5
Mousses de PVC	-	0,5	0,5)
Mousses à base d'uréeformaldéhyde	-	0,5	0,5	

1) Seulement des mousses rigides
- pas de consommation

Les mousses rigides de polyuréthane sont employées en premier lieu pour le calorifuge frigorifique.

L'isolation par moussage "in situ" a trouvé une grande application dans l'isolement de conduites de tuyaux, de récipients, de groupes de soupapes, dans l'isolation dans la construction de maisons (moussage derrière des chambranles, remplissage de creux), dans l'isolation de réservoirs de stockage de même que dans la construction navale et la fabrication de voitures.

Un marché potentiel très grand pour matériaux d'isolation à base de mousse rigide de polyuréthane dérive de l'avancement accéléré des vivres surgelés. Ce développement demande - comme c'est déjà le cas aux Etats-Unis - la création de chaînes de réfrigération étant composées de véhicules réfrigérants, wagons porte-containers et entrepôts frigorifiques.

Les procédés de production de mousses de polyuréthane permettent la fabrication en continu de panneaux sandwich avec des couches de recouvrement diverses mais également la fabrication discontinue de panneaux sandwich profilés, une méthode semblable à celle appliquée dans la fabrication de réfrigérateurs.

2.3.5 Industrie des matériaux de construction

Le secteur est surtout - en ce qui concerne l'application de produits mousses - un domaine des mousses de polystyrène. La mousse de polystyrène trouve une application comme matériel de coffrage, sous forme de briques et comme béton mousse. L'application pour coffrages en RFA ne s'est pas développée si vite que dans d'autres pays; mais les avantages mieux connus maintenant font voir un développement assez rapide de ce marché.

Selon des experts de l'industrie des matériaux de construction en 1975 la consommation de mousse de polystyrène sera de l'ordre de :

- 3.000 tonnes pour coffrages,
- 5.000 tonnes pour briques "Poroton" et
- 6.000 tonnes pour béton mousse.

Vue la situation actuelle les mousses de polyuréthane n'auront pas d'importance dans ce secteur.

2.3.6 Emballages

L'industrie des emballages emploie la mousse de polystyrène exclusivement sous forme de pièces profilées ou sous forme de feuilles. Les autres mousses, comme la mousse de polyuréthane - actuellement et dans le proche avenir - n'auront très peu de chance d'entrer dans ce marché à cause de leur prix beaucoup plus hauts.

Table 18 montre les applications diverses de mousse de polystyrène en RFA.

Table 18 : Application de mousse de polystyrène pour
pièces profilées d'emballage en RFA
(en tonnes)

Secteur d'application	1967	1970	1975
Electrotechnique	1.350	2.800- 3.000	5.000- 8.000
Radios, télévisions etc.	1.200	3.000 3.200	5.000- 6.000
Articles de ménage	950))
Mécanique de précision et optique		) ) 8.200-) 8.800	) ) 15.000-) 16.000
Accessoires d'auto et articles en métal	500))))))
Vivres	500))
Autres applications	2.350))
Consommation totale	7.650	14.000 15.000	25.000- 30.000

A part de l'application de la mousse de polystyrène sous forme de pièce profilée d'emballage ces mousses sont employées surtout sous forme de feuilles. Des experts de l'industrie des emballages estiment pour l'année 1975 une consommation totale d'environ 16.000 tonnes de feuilles de mousse de polystyrène en RFA. Les applications principales seront emballage d'oeufs, de vivres et de produits sensibles à l'abrasion.

3. Développement futur du marché de mousse de polyuréthane

Mousses souples et semi-rigides

Les mousses souples de polyuréthane sont à présent le secteur le plus important pour les polyuréthanes et elles garderont cette place dans les années qui viennent. Environ 85 % de la mousse souple sont employés dans des secteurs dans lesquels les propriétés élastiques sont d'une importance essentielle, seulement 15 % sont employés pour leurs propriétés d'isolation.

Selon les tendances à voir à présent, surtout celles de la technique des mousses "froides", on peut supposer le développement suivant jusqu'en 1980 :

Table 19 : Développement de l'application de mousses souples et semi-rigides en RFA (en tonnes)

	1968	1969	1980
Mousse "froide"	15.000	23.000	100.000
Mousse souple	35.000	33.500	65.000
Mousse semi-rigide	8.000	9.000	25.000
Mousse "structurée"	2.000	6.500	10.000
T o t a l	60.000	72.000	200.000

Table 20 donne un aperçu du développement de la consommation de mousses souples et semi-rigides par secteur d'application.

Table 20 : Développement de la consommation de mousses souples et semi-rigides en RFA (en tonnes)

Applications	1968	1969	1980
Meubles rembourrés	12.000	17.000	60.000
Sièges rembourrés pour voitures	8.000	10.000	58.000
Autres équipements de voitures	11.000	13.500	42.000
Matelas	7.000	7.500	14.000
Industrie textile	10.000	11.000	16.000
Joints (surtout dans la construction)	3.000	4.000	8.000
Autres applications	4.000	9.000	12.000
Total	60.000	72.000	200.000

Les plus grands taux d'accroissement sont à enregistrer

- . pour les meubles rembourrés
- . pour les sièges rembourrés pour voiture
- . pour autres équipements de voitures

tandis que pour les autres secteurs les taux d'accroissement sont assez modestes.

Mousses rigides

L'histoire relativement courte du développement de l'application des mousses rigides est caractérisé par un accroissement rapide et par une découverte continue de nouveaux secteurs d'application. Aujourd'hui plus de 90 % des mousses rigides de polyuréthanes sont employés pour leurs propriétés d'isolation thermique.

La table suivante montre l'évaluation de la consommation de mousses rigides pour l'année 1980.

Table 21 : Evolution de la consommation de mousses rigides pour isolation en RFA (tonnes)

Applications	1968	1969	1980
Chambres froides, loges froides	3.900	3.900	8.000
Meubles frigorifiques (réfrigérateurs etc.)	6.500	7.000	15.000
Isolements techniques	1.700	1.900	9.000
Isolements de toits plats	1.700	1.700	8.000
Autres isolements de bâtiments, surtout panneaux sandwich	200	200	20.000
T o t a l	14.000	14.700	60.000

II

F r a n c e

1. Etude du côté de l'offre

1.1 L'offre de matières premières

En France il y a actuellement trois producteurs importants de matières premières pour mousses de polyuréthane:

- Dekachimie, la Madeleine, avec une capacité de production de TDI d'environ 18.000 tonnes/an
- Progil-Bayer-Ugine, Pont de Claix, avec une capacité de production de TDI de 24.000 tonnes/an. Cette capacité sera élargie et atteindra en 1972/73 48.000 tonnes par an. La capacité de production d'autres diisocyanates s'élève à environ 1.400 tonnes/an.
- Tolochimie, Toulouse, dispose d'une capacité de production de TDI de 9.000 tonnes/an.
- Pour le nouveau complexe de Rhône-Poulenc-Bayer, Pont de Claix, on a prévu une capacité de production de 24.000 tonnes/an de MDI. L'usine doit démarrer en 1972/73 avec la production.

1.2 Production et commerce extérieur de mousse de polyuréthane

La production de mousse de polyuréthane en France est estimée à environ 40.000 tonnes en 1970; il n'existe pas de statistique de la production. Un des producteurs les plus importants est la société Routtand, Aubervilliers, produisant tous les types de mousse de polyuréthane. Autrement qu'en Allemagne, environ 85 % (égale 34.000 tonnes) de la production étaient des mousses souples et semi-rigides, seulement environ 15 % (égale 6.000 tonnes) de la mousse rigide. Selon des estimations environ 12 % de la production contenue dans la position "mousse souple" étaient des mousses semi-rigides, ce qui équivaut à environ 4.000 tonnes de mousse semi-rigides. Le commerce extérieur de mousse de polyuréthane n'est pas important.

Table 22 montre l'évolution de la production de mousse de polyuréthane en France.

Table 22 : Evolution de la production de mousse de polyuréthane en France (en tonnes)

	1963	1964	1968	1970
Production	9.000	15.000	30.000	40.000

1.3 Procédés de fabrication

Les procédés de fabrication sont les mêmes qu'en RFA. En ce qui concerne les mousses souples de polyuréthane elles sont produites surtout en bloc dans les procédés en continu.

1.4 L'offre de produits concurrents

Parmi les autres produits mousses c'est seulement la mousse de polystyrène qui joue un rôle important à présent. On fait des essais dans l'industrie automobile avec des mousses de PVC, mais il manque encore une application plus grande.

En France il n'existe pas de production de mousse de polystyrène extrudée. On ne produit que de la mousse expansée. Les capacités de production de cette dernière étaient en 1968 environ de 16.000 tonnes/an, en 1970 environ de 21.000 tonnes/an.

Le seul producteur important de polystyrène expansible est :

Dispersion Plastique S.A., Paris

Table 23 montre la production de mousse de polystyrène en France (en tonnes)

Table 23 : Production de mousse de polystyrène en France
(en tonnes)

	1967	1968
Mousse expansée de polystyrène	7.700	12.000

2. Etude du côté de la demande

2.1 Développement de la consommation de mousse de polyuréthane

La consommation de mousse de polyuréthane dans les dernières années a montré un développement constant. En 1968 la consommation totale de mousse de polyuréthane était de 29.750 tonnes, dont 27.000 tonnes de mousse souple, 2.600 tonnes de mousse rigide et environ 150 tonnes de feuilles de mousse de polyuréthane pour la lamination dans l'industrie textile. En 1970 la consommation totale de mousse de polyuréthane était dans l'ordre de 38.000 tonnes, dont 32.500 tonnes de mousses souples et semi-rigides, 5.300 tonnes de mousse rigide et 200 tonnes de feuilles de mousse de polyuréthane.

En 1970 la consommation par habitant de mousse souple était de 0,75 kgs.

2.2 Structure de la consommation

La structure de la consommation de mousse de polyuréthane en France ne diffère guère de celle en RFA ou en Grande Bretagne.

Table 24 donne un aperçu de la structure de la consommation de mousses souples et semi-rigides de polyuréthane en France.

Table 24 : Structure de la consommation de mousses souples et semi-rigides en France en 1970 (en %)

Applications	
Meubles rembourrés, literie	65
Industrie automobile	15
Industrie textile, tapis	5
Eponges, emballage et autres	15
Total	100

La consommation de mousse rigide de polyuréthane était encore assez basse en France comparée avec la consommation par ex. en RFA. La table ci-dessus montre la structure de la consommation de mousse rigide en France en 1969/70 (en %).

Table 25 : Structure de la consommation de mousse rigide de polyuréthane en France

Applications	%
Isolation de réfrigérateurs, appareils frigorifiques, cales froides etc.	60
Industrie de construction	20
Isolations techniques	10
Industrie automobile	5
Autres applications (Meubles, emballage, construction de bateaux)	5
T o t a l	100

3. Développement futur du marché de mousse de polyuréthane

Pour la décade jusqu'à 1980 on estime que la consommation de mousses souples et semi-rigides augmentera avec un taux moyen d'accroissement annuel d'environ 12 %, c'est-à-dire la consommation totale atteindra en 1975 environ 56.000 tonnes, en 1980 environ 100.000 tonnes. Le développement dans les différents secteurs d'applications varie naturellement vue d'une part les tendances de saturation dans certains secteurs comme matelas, rembourrages de meubles etc. et d'autre part les secteurs avec un potentiel de développement assez haut.

La table ci-dessus montre la structure estimée de la consommation de mousses souples et semi-rigides de polyuréthane en France pour les années 1975 et 1980.

Table 26 : Structure estimée de la consommation de mousses souples et semi-rigides de polyuréthane en France en 1975/1980 (en 1.000 t)

Applications	1975	1980
Meubles rembourrés	11.000	25.000
Matelas, literie	) 20.000 )	) 30.000)
Sièges de voiture		
Autres équipements de voiture	10.000	20.000
Industrie textile	5.500	8.000
Joints pour l'industrie de construction	2.000	5.000
Emballage	500	1.200
Autres	7.000	10.800
Total	56.000	100.000

Pour l'application de la mousse rigide de polyuréthane on estime qu'un taux d'accroissement d'environ 20 %/an n'est pas trop optimiste, surtout vue l'importance de plus en plus grande des mousses structurées super-rigides. Ainsi pour 1975 on estime une consommation totale de mousse rigide de polyuréthane de 12.500 tonnes, pour 1980 de 30.000 tonnes.

La structure de la consommation peut être estimée comme suit :

Table 27 : Structure de la consommation de mousses rigides en France en 1975/1980 (en tonnes)

Applications	1975	1980
Expédients	2.000	5.400
Emballage	200	600
Isolation	3.000	6.600
Construction	3.500	8.100
Isolation industrielle	2.000	4.800
Construction de bateaux	300	1.500
Autres applications	1.500	3.000
T o t a l	12.500	30.000

III

Grande Bretagne

1. Etude du côté de l'offre

1.1 L'offre de matières premières

Les producteurs de matières premières pour mousses de polyuréthane en Grande-Bretagne sont:

- Du Pont, Maydown, avec une capacité de production de TDI de 10.000 tonnes/an et
 - Imperial Chemical Industries (ICI), Fleetwood et Huddlesfield, avec une capacité de production de TDI de 26.000 tonnes/an, de MDI de 4.000 tonnes/an et d'autres diisocyanates d'environ 30.000 tonnes/an.
- La capacité de production par le MDI doit être agrandie jusqu'en 1972/73 à l'ordre de 14.000 tonnes/an.

1.2 Production et commerce extérieur

En Grande-Bretagne il y a actuellement une quinzaine de producteurs de mousse de polyuréthane. La table 28 montre le développement de la production de mousses de polyuréthane en Grande-Bretagne dans les dernières années.

Table 28 : Développement de la production de mousse de polyuréthane en Grande-Bretagne (en tonnes)

Produits	1965	1966	1967	1968	1970
Mousses souples et semi-rigides	23.000	25.100	26.800	34.800	42.000
Mousse rigide	.	.	.	5.300	7.000
T o t a l	.	.	.	40.100	49.000

. = pas disponible

En ce qui concerne le commerce extérieur il n'est pas important vu le marché total de mousse de polyuréthane en Grande-Bretagne.

1.3 L'offre de produits concurrents

1.3.1 Mousse de polystyrène

En Grande Bretagne on trouve de la mousse expansée de polystyrène et de la mousse extrudée de polystyrène. La table 29 donne un aperçu des capacités de production de mousse de polystyrène.

Table 29 : Capacités de production de mousse de polystyrène en Grande Bretagne (en tonnes)

Année	Mousse expansée	Mousse extrudée	Total
1968	22.000	-	22.000
1970	30.000	4.500	34.500

Table 30 donne un aperçu de la production et du commerce extérieur de mousse de polystyrène en Grande Bretagne.

Table 30 : Production et commerce extérieur de mousse de polystyrène en Grande Bretagne (en tonnes)

	1965	1967	1968	1970
Production	9.800	14.000	17.800	29.000
Exportations	2.100	5.000	7.500	.
Importations	2.300	2.500	2.600	.

. = pas disponible

Les producteurs les plus importants de mousse de polystyrène en Grande Bretagne sont :

- Shell
- Monsanto

qui produisent de la mousse expansée, et

- Dow Chemical

le seul producteur de mousse extrudée.

La consommation de mousse polystyrène a augmenté rapidement dans les dernières années et elle a même doublé entre 1968 et 1970. La table suivante donne un aperçu de l'évolution de la consommation de mousse de polystyrène en Grande Bretagne.

Table 31 : Evolution de la consommation de mousse de polystyrène en Grande Bretagne (en tonnes)

	1964	1965	1968	1970
Mousses de polystyrène	7.000	10.000	12.900	24.400

De cette consommation en 1968 environ 1.000 tonnes étaient de la mousse extrudée, en 1970 environ 4.000 tonnes.

1.3.2 Autres produits mousses

En ce qui concerne les autres produits mousses ils ne jouent pas encore un rôle important. Seule la mousse de PVC a trouvé une application plus grande dans l'industrie automobile. On estime qu'en 1970 on a consommé environ 500 tonnes de PVC dans ce secteur.

2. Etude du côté de la demande

2.1 Développement de la consommation de mousse de polyuréthane

Avec une consommation de 0,7 kgs/habitant de mousse de polyuréthane la Grande Bretagne compte parmi les pays avancés dans l'application de mousse de polyuréthane. De 1965 jusqu'à 1970 la consommation totale de mousse de polyuréthane a doublé. Ci-dessus le développement de la consommation :

1965	: 26.000 tonnes
1968	: 38.500 tonnes
1969	: 42.600 tonnes
1970	: 50.000 tonnes

En 1968 environ 31.000 tonnes étaient de la mousse souple, environ 2.200 tonnes de la mousse semi-rigide et environ 5.300 tonnes de mousse rigide.

2.2 Structure de la consommation

Les secteurs d'application de mousse de polyuréthane sont les mêmes dans les pays industriels en Europe de l'ouest, quoique l'importance des différentes applications varie.

Table 32 donne un aperçu de la consommation de mousse de polyuréthane par secteur d'application.

Table 32 : Consommation de mousse de polyuréthane en Grande Bretagne (en tonnes)

Applications	1968	1969
<u>Industrie automobile</u>		
Déchets de Polyuréthane	.	100
Polyuréthane pour isolation thermique et acoustique, rembourrages	9.500	9.700
<u>Industrie du meuble</u>		
Fauteuils corbeilles ¹⁾	700	-
Matelas, literie ²⁾	2.900	3.800
Rembourrages	12.600	14.400
dont : mousse souple	12.000	14.000
mousse rigide	600	400
T o t a l	38.500	42.600

1) Seulement de la mousse rigide

2) Seulement de la mousse souple

La table suivante montre la structure de la consommation de mousse souple de polyuréthane en Grande Bretagne en 1968 et 1970. Le secteur "rembourrage et literie" maintient sa première position quoique l'importance des autres secteurs a augmenté dans ces deux dernières années.

Table 33 : Structure de la consommation de mousses souples et semi-rigides en Grande Bretagne (en %)

Applications	1968	1970
Meubles rembourrés, Matelas	70	65
Industrie automobile	10	15 - 16
Confection	15	) 7 - 8
Tapis	-	
Eponges	-	
Emballages	2	) 11 - 13
Autres	3	
T o t a l	100	100

Comme en RFA l'application dominante de la mousse semi-rigide de polyuréthane est l'industrie automobile; le développement est semblable à celui en RFA.

En ce qui concerne les mousses rigides de polyuréthane en Grande-Bretagne, celles-ci sont appliquées également presque seulement pour l'isolation, surtout pour l'isolation thermique; la structure de la consommation varie un peu de celle en RFA.

La table ci-dessus montre la structure de la consommation de mousse rigide de polyuréthane en Grande Bretagne.

Table 34 : Structure de la consommation de mousses rigides de polyuréthane en Grande Bretagne (en %)

Applications	%
Réfrigérateurs etc.	60
Construction	20
Isolements techniques	10
Industrie automobile (incl. transports)	5
Autres applications (Emballages, meubles, construction de bateaux etc.)	5
T o t a l	100

3. Développement futur du marché de mousse de polyuréthane

Comme dans les autres pays industriels en Grande-Bretagne on estime également une augmentation assez rapide du marché de mousse de polyuréthane pour les dix années qui viennent.

Pour la consommation de mousses souples et semi-rigides on estime un taux d'accroissement annuel d'environ 12 %/an, ce qui correspondrait à une consommation de mousses souples et semi-rigides de polyuréthane en 1980 d'environ 125.000 tonnes.

Selon des expertises la structure de la consommation de ces types mousses peut être évaluée comme suit :

Table 35 : Structure de la consommation de mousses souples et semi-rigides de polyuréthane en Grande-Bretagne en 1980 (en tonnes et en %)

Applications	1980	
	tonnes	%
Meubles rembourrés	) 62.500	50
Matelas, literie		
Sièges de voiture	) 25.000	20
Autres équipements de voiture		
Industrie textile	10.000	8
Joints pour l'industrie de construction	8.750	7
Emballages	) 18.750	15
Autres applications		
T o t a l	125.000	100

En ce qui concerne les mousses rigides de polyuréthane on estime pour la Grande-Bretagne également des taux annuels d'accroissement d'environ 20 % pour la période de 1970 jusqu'à 1980, ce qui correspondrait à une consommation totale de mousse rigide en 1980 d'environ 46.000 tonnes.

Table 36 montre la structure de la consommation de mousses rigides.

Table 36 : Structure de la consommation de mousse rigide de polyuréthane en Grande Bretagne en 1980

Applications	1980	
	tonnes	%
Expédients	2.000	4
Emballage	1.500	3
Isolation	15.000	33
Construction	14.000	31
Isolation industrielle	7.000	15
Construction de bateaux	2.000	4
Autres applications	4.500	10
T o t a l	46.000	100

Partie B

Algérie

Partie B: Le marché de mousses de polyuréthane en Algérie

1. Etude du côté de l'offre

1.1 L'offre de matières premières

La production des matières premières pour les mousses de polyuréthane (poly-isocyanates, polyéthers, polyesters) se réalise aujourd'hui à l'échelle industrielle et demande une connaissance minutieuse des paramètres influençant les propriétés des polyuréthanes à fabriquer. Les composants de base sont transformés en polyuréthane sous conditions contrôlées ou dans un seul pas ou d'après le procédé de prépolimérisation. Par une sélection bien choisie et par une transformation contrôlée on aboutit à des produits polyuréthanes avec des propriétés bien définies: les polyuréthanes et avec ceux-ci également les mousses de polyuréthane fabriquées donc sont des matières plastiques "sur mesure".

Les mousses de polyuréthane sont fabriquées de toute une série de composants individuels - polyisocyanates, polyols, catalyseurs, agents soufflants, agents de réticulation, agents séparateurs etc - qui se trouvent dans une certaine proportion de mélange. Cette proportion de mélange détermine essentiellement outre les composants des formulations les propriétés technologiques de la mousse de polyuréthane.

Les matières premières pour mousses de polyuréthane ne sont pas produites en Algérie; elles sont importées de la France (Rhône-Poulenc), de la Grande Bretagne (Imperial Chemical) et de la RFA (Bayer, Hoechst).

Les producteurs de mousses de polyuréthane en Algérie importent les différentes composantes comme TDI 80/20, polyéther, activateurs, etc ou tiennent des formulations, c'est-à-dire des mélanges déjà de matières premières qui sont réduits à deux ou trois composants. L'un de ces composants contient à part d'autres constituants le polyol, l'autre le diisocyanate. Par mélange de ces composants on obtient le mélange réactif qui commence à expander après quelques secondes.

Les prix pour quelques constituants importés en 1970 étaient dans l'ordre de :

TDI 80/20	1.050,-- DA/tonne
Polyol	450,-- DA/tonne
Silicones	4.000,-- DA/100 kgs
Octo Etain	2.500,-- DA/100 kgs
Activateurs	120,-- DA/kg
Fréon II	250,-- DA/tonne

Ces prix se comprennent toutes taxes comprises.

1.2 Capacités de production de mousse de polyuréthane

Actuellement il existe cinq sociétés algériennes qui s'occupent de la production de mousses de polyuréthane et deux sociétés qui fabriquent des mousses rigides de polyuréthane.

La capacité totale de production de mousses souples de polyuréthane s'élevait en 1970 à environ 4.600 tonnes/an. A la fin de cette année elle atteindra - après le démarrage de trois nouvelles usines de mousse de polyuréthane - à peu près 13.500 tonnes/an.

Les deux sociétés produisant de la mousse rigide ne produisent que pour leurs propres besoins, l'une, la société INOPLAST à El Biar pour la fabrication de petits bateaux en polyester, l'autre, la société Crahait à Annaba, représentant de la société belge PRB à Bruxelles, pour l'isolement de la nouvelle usine sidérurgique à Annaba.

1.3 Production et commerce extérieur

Table 37 donne un aperçu de la production de mousse souple de polyuréthane en Algérie dans les dernières années.

Table 37 : Production de mousse souple de polyuréthane en Algérie (en tonnes)

	1967	1968	1969	1970	1971 ¹⁾
Mousse souple de polyuréthane	-	70	312	376	1.350

1) Production estimée

Les mousses semi-rigides de polyuréthane ne sont pas encore produites en Algérie. La production de mousse rigide était dans l'ordre de 150 kgs en 1970, en 1971 elle atteindra un peu plus de 11 tonnes (production pour le projet sidérurgique d'Annaba et pour le remplissage de petits bateaux en polyester).

En ce qui concerne le commerce extérieur, il n'y a pas d'exportations de mousse de polyuréthane, la production

nationale est totalement consommée dans le pays même. Les importations, qui jusqu'en 1968 étaient les seules sources d'approvisionnement du pays ont diminué dans les dernières années et ne jouent pas un grand rôle ces dernières années. Table 38 donne un aperçu des importations en quantités et en valeurs depuis 1965 jusqu'en 1971.

Les importations de mousse souple de polyuréthane effectuées en Algérie en 1970 sont dues au fait que la production des unités existantes en Algérie à ce temps-là ne suffisait pas à satisfaire les besoins du marché algérien. C'étaient surtout des consommateurs situés dans l'est du pays, qui étaient assez mal servis par les producteurs, qui se trouvent dans les régions d'Alger et d'Oran. La maison se trouvant dans la région est, à Annaba, n'avait pas encore atteint la capacité prévue finale à ce temps et ne pouvait pas satisfaire la demande. Ce n'était pas du tout une question de prix ou de qualité.

A part cela, en 1970 les producteurs algériens souffraient d'un manque de matières premières pour la fabrication de mousse de polyuréthane, ce qui impliquait une interruption à temps de leur production.

Table 38: Importations de mousses de polyuréthanes en Algérie 1965 à 1971

Tarif	Produits	1965		1966		1967		1968		1969		1970		1971 ¹⁾	
		Tonnes	1000 DA	Tonnes	1000 DA										
39.01.75	Plaques de Polyuréthane														
	- France			120,3		802	23,3	188		17,4	87	0,0	0,3	0,5	6
	- Suisse			-		-	-	-	-	-	-	7,0	-	-	-
	- Pays Bas			-		-	-	-	-	-	-	-	-	27,6	28
	Total	132,8	1.299	140,1	959	802	23,3	188	17,4	87	7,0	7,3	28,1	34	
39.01.76	Polyuréthanes autrement présentés														
	- France			107,6		505	-	-	23,7	161	49,0	201	0,5	5	
	- U.E.B.L.			19,8		116	-	-	-	-	-	-	-	-	
	- Tunisie			-		-	-	-	0,1	0,3	-	-	-	-	
	- Allemagne Fédérale			-		-	-	-	10,4	93	7,8	99	10,1	108	
	- Etats Unis			-		-	-	-	-	5	-	-	-	-	
	- Pays Bas			-		-	-	-	-	-	74,4	75	-	-	
	- Suisse			-		-	-	-	-	-	-	13,5	19	-	
	Total	54,7	156	100,3	338	661	127,4	-	34,2	260	144,7	394	10,6	113	
	Grand Total	187,5	1.455	247,7	1.357	1.423	23,3	188	51,6	347	151,7	401,3	38,7	147	

Source: Documents Statistiques sur le Commerce Extérieur de l'Algérie

¹⁾Premier Trimestre seulement

1.4 Procédés de fabrication

Tous les producteurs algériens de mousse souple de polyuréthane produisent leur mousse dans des procédés continus à base de TDI et de polyéther. Le polyester n'est pas employé. Les mousses souples produits ont un poids entre 15 et 36 kgs/m³.

La société SAMPLAS, Birtouda, dispose d'une machine SECMER et de deux découpeuses Bäumer. Les formulations sont faites par la société même.

La société Afrique - Mousse, Oran, a des installations d'origine anglaise.

La société SIMPA, Dar el Beida, produit également avec des machines SECMER, en total elle dispose de six circuits. Les découpeuses installées permettront de produire des feuilles de mousse à partir d'une épaisseur de 0,3 à 0,4 cm, qui sont appliquées surtout dans l'industrie et dans la maroquinerie. Les découpeuses sont d'origine allemande (Krause & Reichert).

La société SAMPA, Annaba, dispose d'une installation U.B.T. de la RFA.

1.5 Importance des producteurs individuels

Table 39 donne un aperçu des producteurs algériens de mousse de polyuréthane.

Table 39: Producteurs de mousse souple de polyuréthane en Algérie

Nom de la Société	Endroit	Capacité de Production (Tonnes/an)	Production en Tonnes		Types de Mousse	Base	Remarques
			1970	1971			
Afrique - Mousse	Oran	720	-	150	16 kg/m ³ à 34 kg/m ³	Polyéther	Début de la production: Juin 1971
Algéro - Mousse	Oran	850	276	300	16 kg/m ³ à 30 kg/m ³	Polyéther	Début de la production: Sept. 1967
SAMPLAS	Birtouda	4.000	-	400	16 kg/m ³ à 34 kg/m ³	Polyéther	Début de la production: Juin 1971
SIRPA	Maison Blanche, Alger	4.800	-	400	14 kg/m ³ à 34/36 kg/m ³	Polyéther	En construction actuellement, début de la production: Sept. 1971
SPPA	Annaba	3.000 ¹⁾	100	100	16 kg/m ³ à 34 kg/m ³	Polyéther	Agrément en Sept. 1967
Total		13.370	376	1.350			

1) Capacité prévue après installation définitive

1.5.1 Capacités de production

La capacité totale de production des cinq producteurs algériens de mousse souple de polyuréthane s'étend à presque 13.500 t/an. Des cinq producteurs deux ont démarré avec la production en 1971 : Afrique Mousse, Oran, et SAMPLAS, Birtouda. La société SIMPA, Dar el Beida, va commencer avec la production en Septembre 1971; après l'installation définitive elle disposera d'une capacité de production de 4.800 tonnes/an de mousse souple de polyuréthane et sera le producteur le plus important en Algérie. En seconde place il faut voir la société SAMPLAS, Birtouda, avec une capacité de production de 4.000 tonnes par an. La société SAMPA, Annaba, ne desservit que la région constantinoise, elle n'est pas importante vue l'approvisionnement du marché algérien. Les sociétés Afrique - Mousse et Algérie - Mousse desservent presque uniquement le marché oranais; les prix de transport assez hauts empêchent une pénétration dans les autres régions, surtout en vue des fabriques nouvellement installées dans la région algéroise.

1.5.2 Types de mousses de polyuréthane produits

Tous les cinq producteurs algériens ont la même gamme de production : mousses souples de polyuréthane à base de polyéther. Les densités des mousses produites varient entre 14 kgs/m^3 et 34 kgs/m^3 , mais on produit surtout les densités faibles c'est-à-dire des mousses de $15/17 \text{ kgs/m}^3$, $16/18 \text{ kgs/m}^3$, et $20/22 \text{ kgs/m}^3$. A cause des prix, les travailleurs algériens demandent presque uniquement ces qualités de basse densité.

C'est essentiellement le prix qui influence la production et c'est pour cela que tous les fabricants de mousse, produisent surtout les densités faibles. Les densités fortes ne sont produites que sur demande.

1.6 Prix, conditions, modes de livraison

Table 40 donne un aperçu des prix d'un producteur de mousse souple de polyuréthane. Les prix des autres fabricants varient seulement de quelques centimes.

En ce qui concerne les canaux de distribution, la plus grande partie des mousses produites est vendue par des grossistes, comme beaucoup de fabricants de matelas, de sièges etc. sont de petits artisans avec seulement un, deux ou trois employés. Seulement les grands transformateurs achètent directement aux producteurs de mousse.

Table 40: Tarifs de plaques de mousse de polyuréthane souple, densité 20 à 22 kg/m³
(Taxe perçue pour le trésor 20 %)

DIMENSIONS	TARIF	DIMENSIONS	TARIF
180 x 56 x 9	15,90	180 x 75 x 10	23,70
180 x 56 x 10	17,70	180 x 75 x 11	26,00
180 x 56 x 11	19,45	180 x 75 x 12	27,10
180 x 56 x 12	21,25	180 x 75 x 13	28,70
180 x 56 x 13	23,00	180 x 75 x 14	33,15
180 x 56 x 14	24,75	180 x 75 x 15	35,50
180 x 56 x 15	26,50	180 x 75 x 16	37,90
180 x 60 x 10	18,95	180 x 80 x 10	25,30
180 x 60 x 11	20,85	180 x 80 x 11	27,80
180 x 60 x 12	22,75	180 x 80 x 12	30,30
180 x 60 x 13	24,75	180 x 80 x 13	32,85
180 x 60 x 14	26,50	180 x 80 x 14	35,40
180 x 60 x 15	28,50	180 x 80 x 15	37,90
180 x 60 x 16	30,30	180 x 80 x 16	40,50
180 x 65 x 10	20,50	180 x 130 x 13	52,05
180 x 65 x 11	22,60	180 x 130 x 14	57,50
180 x 65 x 12	24,65	180 x 130 x 15	62,40
180 x 65 x 13	26,70	180 x 130 x 17	69,80
180 x 65 x 14	28,75	180 x 130 x 19	78,00
180 x 65 x 15	30,80	180 x 130 x 20	82,00
180 x 65 x 16	32,85		
180 x 70 x 10	22,10	180 x 130 x 1	5,00
180 x 70 x 11	24,30	180 x 130 x 2	10,00
180 x 70 x 12	26,50	180 x 130 x 3	15,00
180 x 70 x 13	28,75	180 x 130 x 4	20,00
180 x 70 x 14	31,00		
180 x 70 x 15	33,15		
180 x 70 x 16	35,40		

1.7 L'offre de produits concurrents

A part de la production de mousse de polyuréthane en Algérie il y a seulement une production de mousse de polystyrène expansée. Parmi les autres produits concurrents c'est essentiellement le liège qui joue un rôle important.

1.7.1 Mousse de polystyrène

Le seul grand producteur de mousse de polystyrène en Algérie est la Société Nationale du Liège (SNL), Alger. La production de polystyrène expansé dans les dernières années était comme suit :

1969	:	4.045 m ³
1970	:	9.235 m ³
1971 ¹⁾	:	11.000 m ³

Pour l'année 1973 la SNL a prévu l'installation d'une autre unité de production avec une capacité de production d'environ 12.000 m³/an, c'est-à-dire à partir de 1973 la SNL disposera d'une capacité de production d'environ 25.000 m³ par an.

Actuellement environ 80 % de la production de polystyrène sont appliqués pour l'isolation dans les bâtiments; environ 20 % dans la décoration et pour l'emballage.

Table 41 donne un aperçu de l'évolution des importations dans les dernières années.

On estime que la demande potentielle est actuellement au moins le double de la production nationale. Les élargissements des capacités de production serviront surtout à desservir les besoins dans le secteur de l'emballage.

1) Prévû

Table 41 Importations de produits polystyrène et chlorure de polyvinyle

Tarif	Produits	1965		1966		1967		1968		1969		1970		1971 ¹⁾	
		Tonnes	1000 DA	Tonnes	1000 DA	Tonnes	1000 DA	Tonnes	1000 DA	Tonnes	1000 DA	Tonnes	1000 DA	Tonnes	1000 DA
39.02.43	Produits liquides, pâteux, blocs, morceaux, etc. en polystyrène	22,4	81	133,5	372	186,2	330	630,8	1.342	1.436,7	2.253	2.036,1	3.500	428,6	705
39.02.45	Plaques, feuilles en polystyrène et copolymères	21,4	127	2,4	13	3,5	25	5,4	37	22,6	127	26,3	156	-	-
39.02.53	Chlorure de polyvinyle liquide, pâteux, en blocs, morceaux etc.	-	-	-	-	2.706,5	3.644	2.933,4	3.740	6.053,1	8.738	6.137,0	10.740	1.425,0	2.034

Source: Documents Statistiques sur le Commerce Extérieur de l'Algérie

1) Premier Trimestre seulement

1.7.2 Autres matériaux (liège etc.)

Parmi les autres produits concurrents des mousses de polyuréthane c'est essentiellement le liège qui joue un rôle important.

La production de liège noir aggloméré dans les dernières années était comme suit :

1969	:	26.000 m ³
1970	:	41.000 m ³
1971 ¹⁾	:	50.000 à 70.000 m ³

Les applications principales du liège sont l'isolation de bâtiments et l'isolation de grandes installations de froid.

1.7.3 Comparaison sur une base de coût/performance avec des matériaux concurrents

Pour répondre à ces questions nous allons examiner la situation de la substitution dans les différents secteurs d'application de la mousse de PU pour lesquels nous avons évalué un potentiel pour le marché algérien, c'est-à-dire pour une production nationale algérienne de mousse de PU.

Fabrication de meubles frigorifiques

Les matériaux classiques d'isolation comme la laine de verre ou les fibres minérales qui autrefois ont été appliqués pour la fabrication de meubles frigorifiques sont pratiquement totalement substitués aujourd'hui par la mousse rigide de PU, à cause des maintes avantages de ce dernier matériel : la couche isolante peut être réduite en épaisseur montrant une performance égale ou supérieure par rapport aux matériaux classiques : ainsi le volume utilitaire devient plus grand, le poids des

réfrigérateurs est réduit et l'application de la mousse de PU présente des avantages techniques dans la fabrication, qui mènent à un baissement des coûts de fabrication. Ainsi toute nouvelle installation pour le montage de réfrigérateurs prévoit une isolation avec de la mousse rigide de PU. Pour cette raison une comparaison de coût/performance dans ce secteur d'application n'est plus nécessaire.

Panneaux sandwich en mousse rigide de polyuréthane

Le prix des panneaux sandwich en mousse rigide de polyuréthane dépend essentiellement de la capacité des unités de production installées. A présent nous ne pouvons pas encore indiquer les coûts de fabrication de tels éléments préfabriqués en Algérie, comme la calculation de rentabilité, des coûts de fabrication etc. font partie de la phase II de l'étude. Car au début de la production de tels éléments préfabriqués en Algérie on ne peut pas s'attendre à une rentabilité, vu la capacité minimale économique d'une telle unité de production. et la consommation potentielle dans la phase d'introduction de ce produit jusqu'à présent inconnu en Algérie.

Comme matériaux de substitution pour des éléments préfabriqués en Europe il faut surtout compter le polystyrène expansé, le liège aggloméré expansé, la laine de verre et le verre "moussé". La laine de verre et le verre "moussé" ne sont pas encore produits en Algérie; il existe une importation de laine de verre pour application d'isolation thermique en Algérie (35 t en 1970) mais pas sous forme d'élément préfabriqué. Le verre "moussé" n'est pas importé ou appliqué.

Quant au polystyrène expansé et au liège, ces deux produits sont fabriqués en Algérie et appliqués dans l'industrie de construction comme matériaux d'isolation thermique, mais également pas sous forme d'élément préfabriqué. Le prix de vente en Algérie pour le polystyrène expansé est de 260 DA/m³, pour le liège aggloméré expansé de 230 DA/m³.

Ne pouvant pas encore faire une comparaison de coût/performance entre les différents matériaux d'isolation pour éléments préfabriqués en Algérie, nous donnons ici quelques indications sur la situation en Europe.

En prenant le prix des éléments préfabriqués avec couche de polyuréthane comme 100, des éléments en polystyrène atteignent également 100, des éléments en liège environ 110, le verre "moussé" environ 120 et les fibres minérales (laine de verre) environ 85.

Mousses semi-rigide et structurée de polyuréthane

La mousse semi-rigide n'est pratiquement consommée que dans le montage de véhicules et de camions. Comme l'emploi de la mousse de polyuréthane dans la fabrication de véhicules est forcément déterminé par la société montant les véhicules - au cas de l'Algérie les autorités algériennes ont contacté les sociétés Fiat, Renault, Volkswagen - ce n'est pas à nous de faire une comparaison de coût/performance dans ce secteur d'application.

Quant à la mousse structurée, qui sera consommée pour la fabrication de semelles de chaussures, à présent nous ne pouvons pas encore donner les coûts de fabrication et ainsi indiquer des prix de vente en Algérie, vu le fait que les calculs de la phase II pour une unité de production pour semelles de chaussure en polyuréthane ne sont pas encore faits. Mais vu les prix assez élevés en Algérie

pour des semelles en cuir et l'offre assez restreinte, le prix des semelles en polyuréthane peut être bien inférieur, surtout comme on peut fabriquer ces semelles dans la même unité de production que les pièces moulées pour véhicules. Le prix des semelles en polyuréthane probablement sera également inférieur au prix des semelles en caoutchouc ou plastique injecté, fabriquées actuellement en Algérie, pourvu que la capacité de production envisagée soit assez grande. Ces calculs seront faits dans la phase II de l'étude.

2. Etude du côté de la demande

2.1 Développement de la consommation de mousses de polyuréthane jusqu'à présent

La consommation algérienne de matières plastiques s'est accrue en moyenne de 35 % par an entre 1964 et 1970 ; son niveau correspond en 1970 à l'utilisation d'environ 40.000 tonnes de différents polymères, soit en moyenne 3 kgs/habitant.

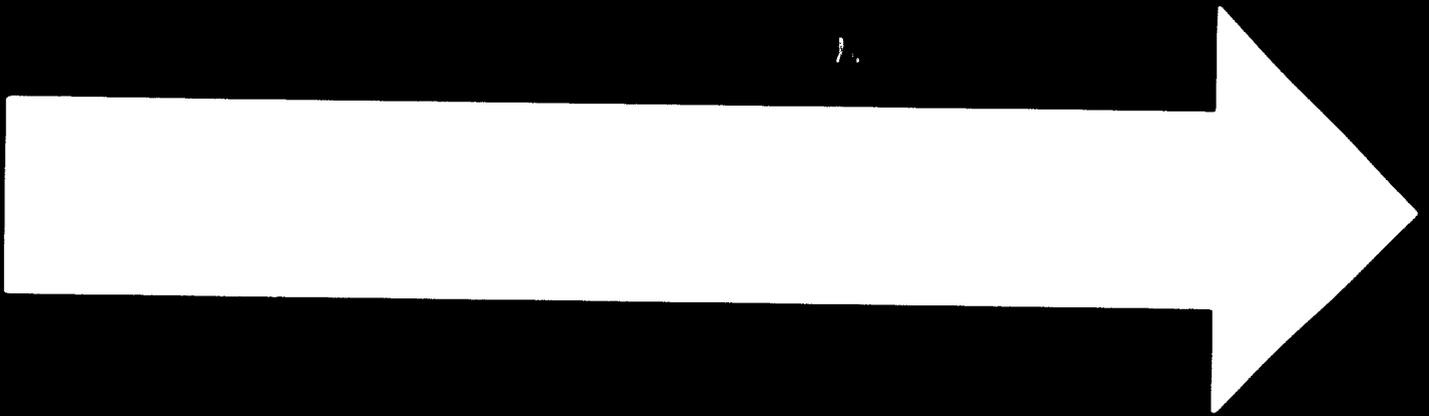
Table 42 montre l'évolution de la consommation de matières plastiques.

Table 42 : Evolution de la consommation de matières plastiques en Algérie (en tonnes)

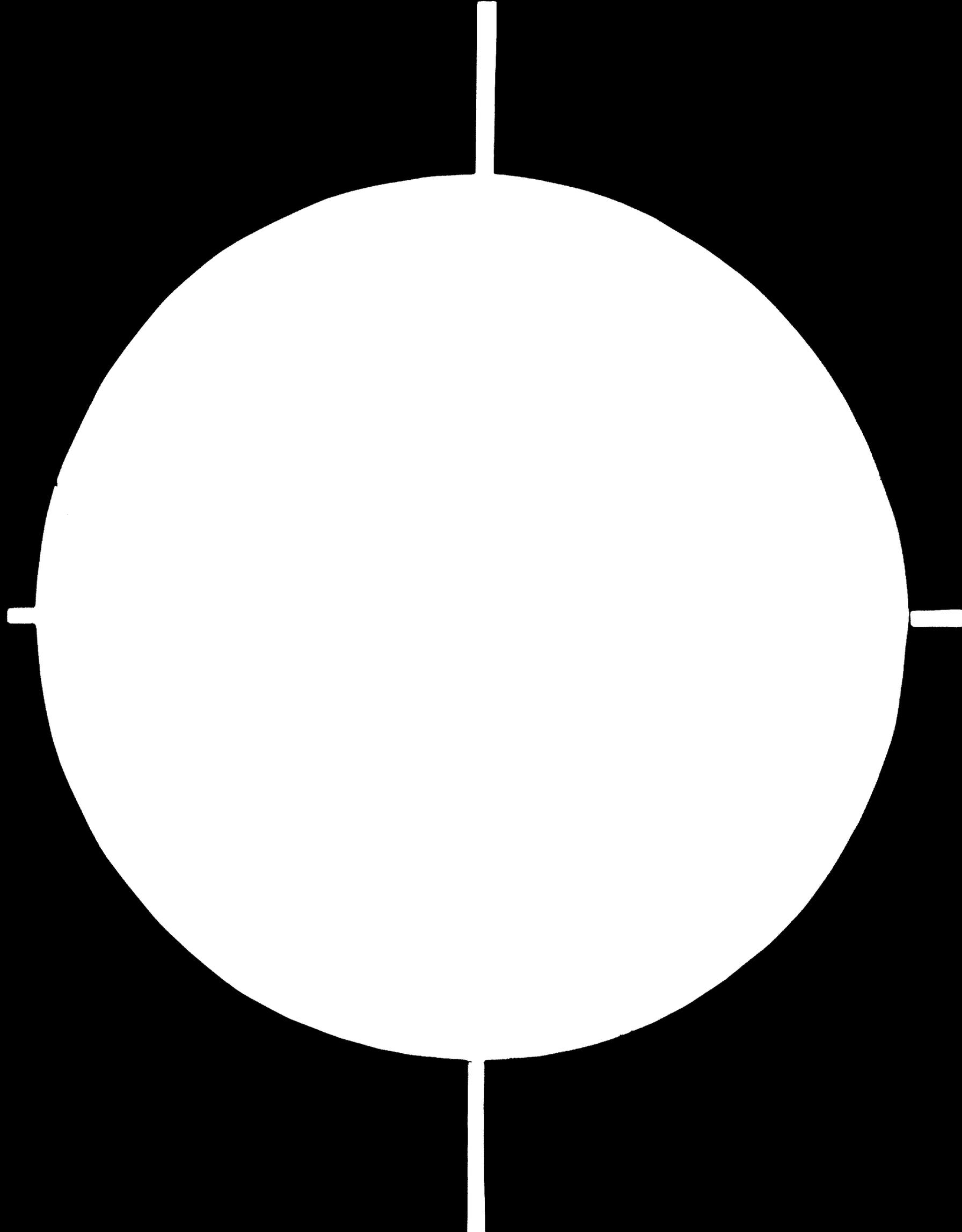
1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
6.700	7.570	9.760	12.350	17.720	28.680	40.000
+ 13 %	+ 29 %	+ 27 %	+ 43 %	+ 62 %	+ 39 %	
Moyen 1964 — 1970 = 35 %						

On estime que l'Algérie devra atteindre en 1975 une consommation interne de 150.000 tonnes/an de polymères, soit 9,5 kg/habitant. La réalisation de cet objectif la placera alors au niveau moyen mondiale, compte tenu de la forte croissance prévue de son produit national brut. En effet, dans la plupart des pays, le volume de consommation de plastiques est lié au stade de développement général atteint, mesuré par le produit national brut moyen par habitant.

B-106

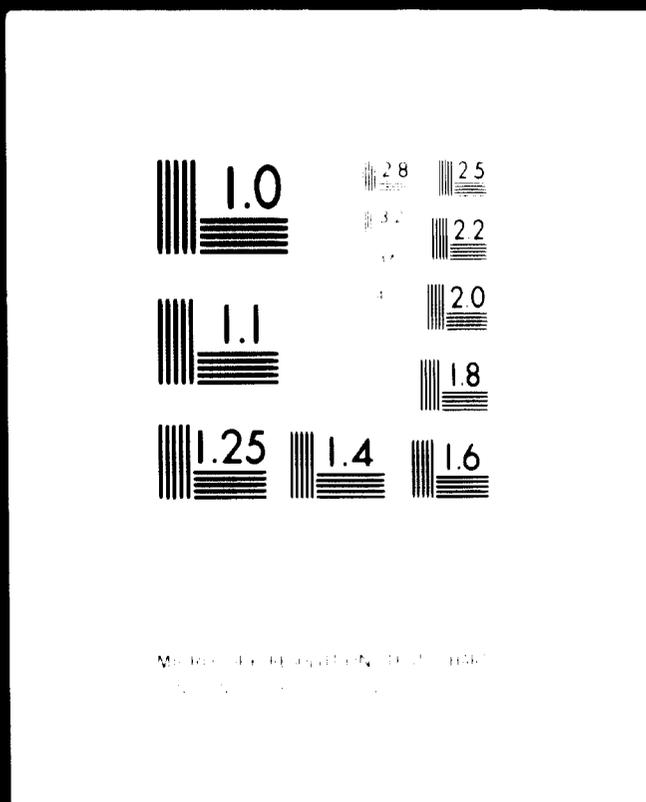


80.02.20



2 OF 3

07988



24x C

Table 43 montre la consommation de matières plastiques par habitant et la consommation de mousses de polyuréthane par habitant dans quelques pays industrialisés sélectionnés.

Table 43 : Consommation de matières plastiques et de mousses de polyuréthane par habitant (en kg) dans des pays sélectionnés

Pays	Matières plastiques	Mousses de polyuréthane
Etats-Unis	30	1,6
Japan	20	0,8
RFA	34	1,5
Italie	19	0,9
Grande Bretagne	17	0,7
France	19	0,6
UEBL	20	0,7

En laissant hors de considération les Etats-Unis et la RFA, deux pays avec une consommation très avancée de matières plastiques, la consommation moyenne de matière plastique est d'environ 19 kgs/habitant et la consommation de mousse de polyuréthane se chiffre à environ 0,8 kgs/habitant.

La consommation totale de matières plastiques par habitant est entre 20 et 30 fois plus grande que la consommation de mousses de polyuréthane.

Table 44 montre le développement de la consommation de mousse de polyuréthane en Algérie dans les dernières années.

Table 44: Développement de la consommation de mousses souples de polyuréthane en Algérie (en tonnes)

	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Importations	188	240	248	23	52	152
Production Nationale	-	-	.	70	312	376
Consommation totale	188	240	248	93	364	528
Taux annuel de croissance	+ 27 %	+ 3,3 %	+62,5 %	+29 %	+45 %	

. = quelques tonnes seulement (production d'essai)

Jusqu'en 1968 il n'existait pas de production nationale de mousses de polyuréthane. Le marché algérien était totalement desservi par les importations, notamment de la France. A partir de 1968 le marché algérien est approvisionné de plus en plus par la production nationale; en 1970 les importations ne comprenaient que 29 % de la consommation intérieure. Pendant qu'en 1965 la consommation de mousse de polyuréthane par habitant était seulement de quelques grammes, elle était en 1970 à environ 0,04 kg/habitant.

Pour l'année 1971 on estime la production de mousse de polyuréthane en Algérie à environ 1.350 tonnes, avec les importations de 50 tonnes environ cela signifie une offre de 1400 tonnes pour le marché algérien.

Pourvu que la production nationale soit vendue la consommation de mousse de polyuréthane atteindrait en 1971 environ 0,1 kg par habitant. Cela signifierait une augmentation de 165 % en face de l'année 1970.

Comparé avec des pays industrialisés comme la France, la Grande Bretagne, l'Italie etc; la consommation de polyuréthane en Algérie serait d'un septième de la consommation de polyuréthane dans ces pays.

La relation entre la consommation totale de matières plastiques et de mousses de polyuréthane en Algérie est donc 35 : 1, pendant que ce chiffre dans les pays mentionnés est entre 20 et 30 : 1.

2.2 Structure actuelle de la consommation de mousse de polyuréthane en Algérie

Il n'existe pas de statistiques de la consommation de mousse de polyuréthane et de sa répartition sur les différents secteurs d'application en Algérie. De ce fait il fallait estimer la consommation et sa structure.

Mousse souple de polyuréthane

Les seuls secteurs d'application en Algérie sont

- literie (matelas, oreillers, traversins)
- meubles rembourrés
- industrie textile (doublures, robes de chambre, tissus enduits, sacs de couchage etc.)

Mousse semi-rigide de polyuréthane

Le type de mousse qui est appliqué dans les pays industrialisés presque uniquement pour la production automobile n'est pas consommé en Algérie.

Mousse rigide de polyuréthane

Le type jusqu'à présent a trouvé une application minime pour:

- l'isolation thermique
- construction de petits bateaux en polyester.

2.3 Importance des secteurs d'application

2.3.1 Literie, meubles rembourrés

Selon des estimations de producteurs et de travailleurs de mousse de polyuréthane environ 90 % de la consommation totale de mousse souple de polyuréthane sont employés pour la fabrication de meubles rembourrés (sièges, fauteuils) et dans le secteur de la literie, c'est-à-dire pour la fabrication de matelas, d'oreillers, de traversins etc. Les densités sont surtout celles de 16 à 18 kgs/m³, aussi les faibles densités sont moins chères.

A part quelques producteurs plus grands de matelas et de meubles rembourrés il existe beaucoup de petits artisans fabriquant et réparant matelas et meubles rembourrés.

2.3.2 Industrie textile

A part la literie et des meubles rembourrés c'est l'industrie textile qui consomme environ 10 % de la demande totale de mousse souple de polyuréthane. Les produits les plus importants sont : doublures, robes de chambres, anoracs, sacs de couchage et tissus enduits. Les feuilles minces de mousse souple de polyuréthane d'une épaisseur de 0,6 à 1,4 mm, qui sont employées pour la lamination textile ne sont pas produites en Algérie.

2.3.3 Isolation thermique et construction de bateaux

Selon les résultats des recherches de champ faites en Algérie, les premiers essais de l'application de mousse rigide de polyuréthane ont été faits en 1970/71. Pour la construction du nouveau complexe sidérurgique de la SNS à Annaba on applique de la mousse rigide de polyuréthane pour l'isolation thermique.

Au total environ 14.000 m² de toit et de parois sont isolés d'une couche de mousse rigide d'une épaisseur d'environ 20 mm; la densité est de 40 kgs/m³ ce qui correspond à une consommation totale d'environ 11 tonnes de mousse rigide. Ces travaux sont exécutés par la société Crahait, Annaba, représentant en Algérie de la société belge PRB, Bruxelles.

A présent il n'y a pas d'autres projets connus en Algérie ou l'on veut appliquer la mousse rigide de polyuréthane pour l'isolation thermique.

La société INOPLAST, El Biar, productrice de petits bateaux en polyester emploie de la mousse rigide de polyuréthane pour l'équipement de ces petits bateaux. La consommation atteindra en 1971 à peu près 300 kgs. INOPLAST dispose d'une machine à injection de la société française SECMER, d'une capacité de production de kgs/minute. Les matières premières (deux constituants) sont délivrées par Rhône-Poulenc.

2.4 Le marché potentiel de mousse de polyuréthane en Algérie

Selon des estimations de producteurs algériens de mousses de polyuréthane, le marché potentiel de mousse souple de polyuréthane peut être chiffré à environ 1.500 tonnes actuellement (ce qui serait de 150 tonnes plus grand que la production nationale en 1971).

Vu la structure de la consommation et la consommation très basse par habitant les potentialités du marché sont beaucoup plus grandes dans le futur.

Beaucoup de secteurs qui jouissent d'un rôle important pour la demande de mousse de polyuréthane dans les pays industriels n'existent pratiquement pas en Algérie comme consommateurs de mousse, ce sont surtout des secteurs pour les mousses semi-rigides et rigides, mais également pour la mousse souple.

Cependant, pour réaliser les potentiels très importants qui existent dans les différents domaines, de nombreuses actions d'information, d'expérimentation et de vulgarisation seront indispensables et devront être coordonnées.

Il faudra également préparer une insertion plus large de la technologie des mousses dans les différents enseignements, de façon à donner aux futurs cadres des différents secteurs économiques une connaissance suffisante des avantages et des modalités de l'emploi des mousses.

L'essor de la consommation des mousses s'explique par les multiples avantages de leur utilisation. En particulier les mousses peuvent se substituer à de nombreux matériaux traditionnels, tels que le verre de laine, le bois, le papier, etc. et cette substitution permet de réaliser des économies appréciables de prix et de coûts.

Dans les chapitres suivants nous allons faire une évaluation des potentialités du marché actuel, des potentialités qui - certes - sont encore assez restreintes à cause de l'inexistence actuelle de beaucoup de branches industrielles, qui dans les pays européens sont de grands consommateurs de mousse, comme par exemple l'industrie automobile, la fabrication de réfrigérateurs etc., et une évaluation du marché futur, c'est-à-dire des potentialités du marché jusqu'en 1975 - 1980.

L'évaluation de la consommation potentielle de mousse de polyuréthane est faite pour les groupes principaux de types mousse :

- . la mousse souple de polyuréthane
- . la mousse semi-rigide de polyuréthane
- . la mousse rigide de polyuréthane
- . la mousse spéciale (mousse structurée) de polyuréthane.

Le volume de la demande et son évolution probable à moyen et à long terme (1975/1980) dépendra dans une assez large mesure du Plan Quadriennal (et des Plans suivants), dont dépend la création ou le développement des consommateurs industriels. Il importe cependant de ventiler ce total suivant les différents types de produit.

Pour évaluer le marché potentiel l'exploitation des données statistiques conduirait à des prévisions assez peu fiables, car les structures industrielles et l'ensemble du marché algérien sont en mutation rapide.

2.4.1 Calcul de corrélation entre Revenu National par habitant et consommation de matières plastiques par habitant pour déduire une évaluation du marché potentiel de mousse de polyuréthane en Algérie

A la demande expressive de la part de l'UNIDO nous faisons un calcul de corrélation pour essayer d'évaluer la consommation potentielle de mousse de polyuréthane en Algérie, basant sur la méthode de calculs de corrélation.

Dans la plupart des pays, le volume de la consommation des plastiques est lié au stade du développement général atteint, mesuré par le revenu national moyen par habitant. Mais il faut souligner que cette comparaison n'est valable grosso modo que pour la consommation totale des plastiques et ne s'applique pas forcément pour un type spécial de matière plastique dont la consommation est encore étroitement liée à l'existence de certaines industries utilisant ces matières.

Dans les pays industrialisés la prévision de la consommation future de mousse de polyuréthane ne se fait pas par des calculs de corrélation mais à base d'estimations à long terme du développement dans les secteurs principaux d'application.

Nous avons fait deux calculs de corrélation, le premier entre la consommation de mousse de polyuréthane par habitant et le revenu national par habitant, le deuxième entre la consommation de matières plastiques par habitant et le revenu par habitant.

- 1) Corrélation entre consommation de mousse de polyuréthane par habitant et revenu national par habitant.

Les dates de bases sont les suivantes :

Pays	Année	Consommation de mousse de PU/habitant (en kg)	Revenu National/ habitant (US \$)
RFA	1966	1,0	1.580
	67	1,1	1.566
	68	1,4	1.726
	69	1,5	1.910
France	1967	0,6	1.758
	68	0,6	1.940
	70	0,7	2.160
Grande- Bretagne	1965	0,5	1.467
	67	0,7	1.586
	68	0,7	1.457
	69	0,8	1.513
	70	0,9	1.600
Belgique	1967	0,7	1.593
	68	1,3	1.696
Italie	1967	0,9	1.081
	68	0,9	1.160
Japon	1967	0,8	959
	68	0,8	1.122

Sources : **Annuaire Statistique des Nations Unies**
Documentation Battelle.

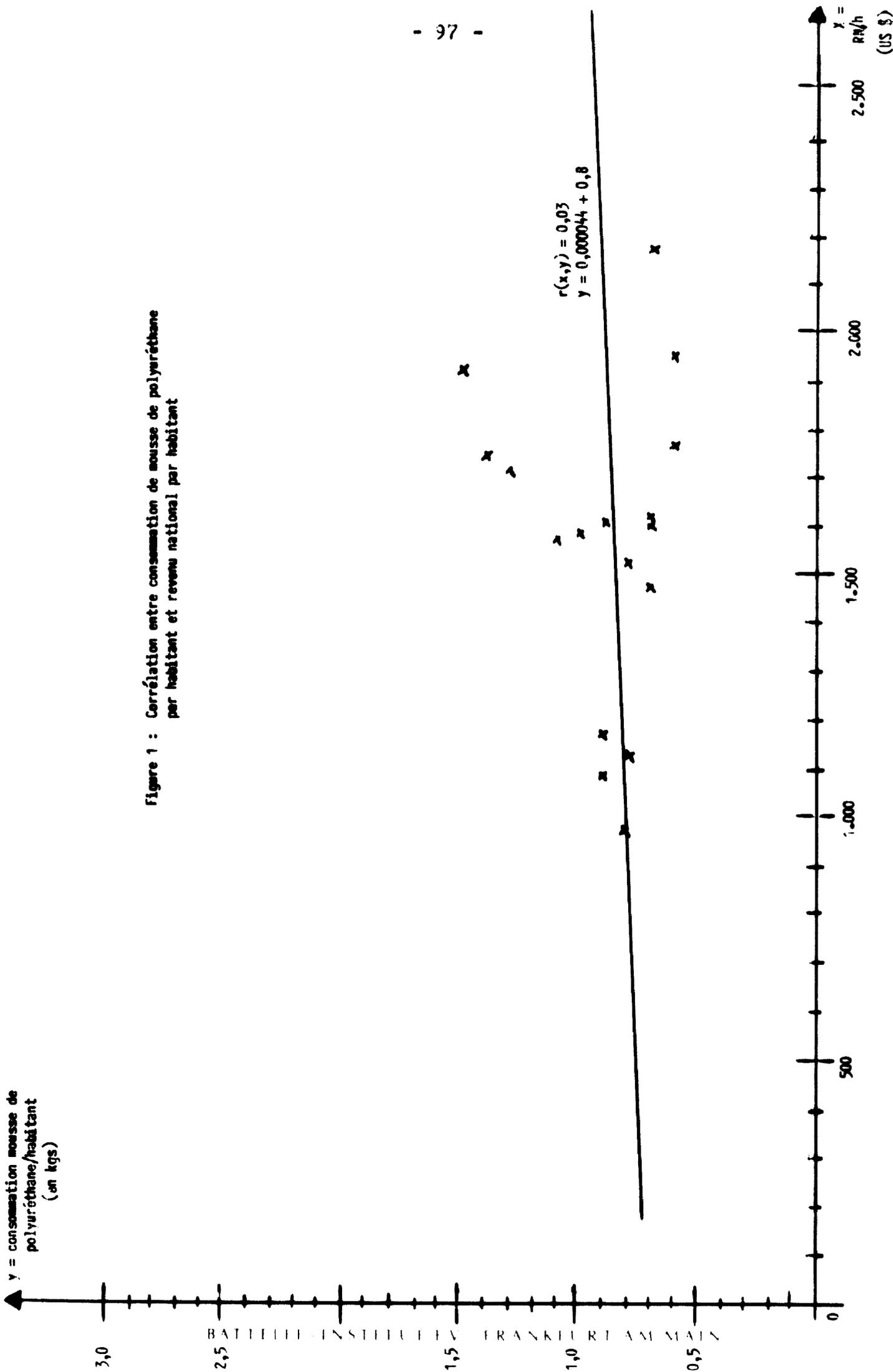


Figure 1 : Corrélation entre consommation de mousse de polyuréthane per habitant et revenu national par habitant

Les calculs démontrent que la corrélation entre le revenu national par habitant et consommation de mousse de PU par habitant n'est pas assurée (coefficient de corrélation 0,03) c'est-à-dire ces calculs ne peuvent pas servir comme base pour évaluer la consommation potentielle de mousse de PU en Algérie. (Voir figure 1)

2) Correlation entre consommation de matières plastiques par habitant et revenu national par habitant

Les dates sont les suivantes :

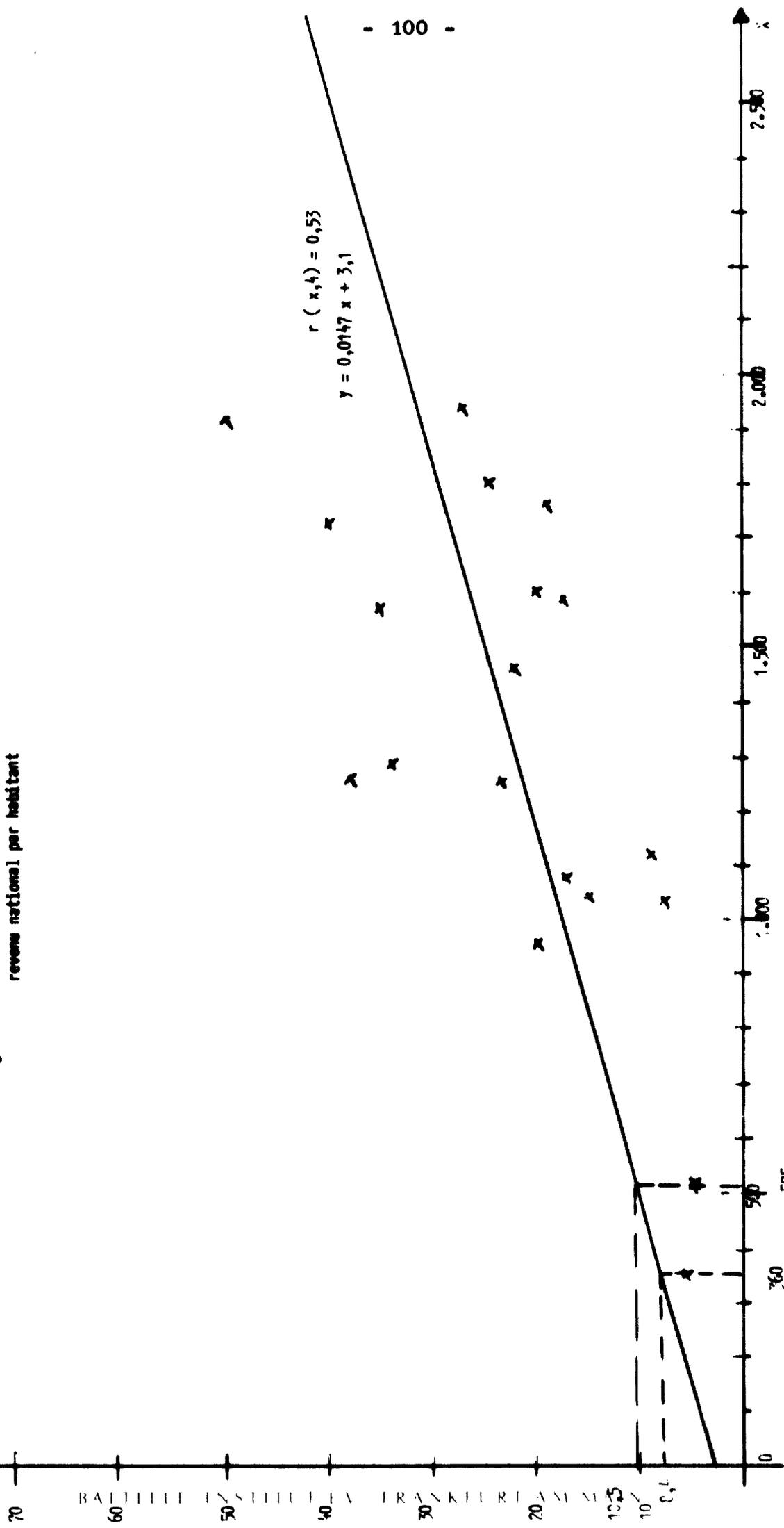
Pays	Année	Consommation de matières plastiques par habitant (en kg)	Revenu national en US \$
RFA	1960	15,0	1.040
	67	34,7	1.566
	68	40,4	1.726
	69	49,9	1.910
France	1960	7,4	1.028
	67	18,7	1.758
	68	26,8	1.940
Grande- Bretagne	1960	9,3	1.121
	67	17,5	1.586
	68	21,7	1.457
Italie	1960	5,0	516
	67	17,4	1.081
	69	23,5	1.254
Autriche	1969	38,5	1.256
Pays-Bas	1969	23,6	1.797
Belgique	1967	20,0	1.603
Japon	1960	5,8	348
	67	19,9	959
	69	34,0	1.288

Sources : Annuaire Statistique des Nations Unies
Documentation Battelle

Figure 2 montre la graphie des calculs.

y = consommation de matières plastiques par habitant (en kgs)

Figure 2 : Corrélation entre consommation de matières plastiques par habitant et revenu national par habitant



Les calculs démontrent une corrélation faiblement significative entre consommation de matières plastiques par habitant et revenu national par habitant (coefficient de corrélation 0,53). Néanmoins nous avons essayé d'en calculer la consommation potentielle de mousse de polyuréthane en Algérie.

Les prévisions du revenu national pour les années 1975 à 1980 sont basées sur les estimations de la Corporation Mc Kinsey (360 US \$ par habitant pour 1975), manque de chiffres officiels.

Pour l'année 1980 nous avons calculé un revenu national de 505 US \$ par habitant, supposant un taux de croissance annuel de 8 % entre 1975 et 1980, ce qui est un peu inférieur aux hypothèses de Mc Kinsey (9,3 % entre 1970 et 1975).

Ainsi se calcule une consommation de matières plastiques par habitant de 8,4 kgs pour 1975, ce qui correspond à une consommation totale d'environ 134.000 t, et de 10,5 kgs pour 1980, ce qui correspond à une consommation totale d'environ 200.000 t.

Comme dans les pays industrialisés la consommation de mousse de polyuréthane ne fait que 1/15 jusqu'à 1/30 environ de la consommation totale de matières plastiques, pour 1975 on peut calculer pour l'Algérie une consommation de mousse de PU entre 4.466 t et 8.933 t et pour 1980 entre 6.667 et 13.333 t.

Vu le faible coefficient de corrélation et l'incertitude des suppositions le résultat de ce calcul nous paraît peu significatif.

2.4.2 Approfondissement de l'analyse de consommation pour justifier les chiffres retenus concernant le marché potentiel de mousses de polyuréthane en Algérie

Les calculs de corrélation entre consommation de matières plastiques par habitant resp. consommation de mousse de polyuréthane par habitant et revenu national par habitant n'étant pas un instrument approprié pour évaluer la consommation potentielle à long terme de mousse de polyuréthane en Algérie, nous avons supposé que l'Algérie atteindra en 1980 la consommation moyenne de mousse de polyuréthane, qu'est atteinte aujourd'hui dans les pays européens. En moyen cette consommation est de l'ordre de 1 kg par habitant. Ce chiffre correspondrait en 1980 pour l'Algérie avec une population d'environ 19 Mio. à une consommation totale d'environ 19.000 tonnes de mousses de polyuréthane. Cela présente un taux de croissance annuel d'un peu moins de 35 % à partir de l'année 1971, un taux qui est inférieur au taux de croissance annuel enregistré en Algérie entre 1965 et 1971, qui était de l'ordre de 43 % par an.

Supposé que la structure de la consommation sera semblable à celle des pays européens, où les mousses souples et semi-rigides comptent pour 80 % de la consommation totale, la répartition en Algérie serait d'environ 15.200 tonnes pour les mousses souples et semi-rigides et d'environ 3.800 tonnes pour les mousses rigides et structurées.

2.4.3 Le marché potentiel de mousse souple de polyuréthane en Algérie

Dans les pays européens et également aux Etats-Unis, ce sont cinq branches industrielles qui utilisent entre environ 85 et 90 % de la production totale de mousse souple de polyuréthane :

- . Meubles rembourrés
- . Rembourrages dans l'industrie automobile
 - sièges de voitures
 - autres équipements de rembourrage automobile
- . Literie, spéc. matelas
- . Industrie textile
- . Joints (dans la construction).

Toute la multitude des autres utilisations comme la fabrication de sous-tapis, d'éponges, d'emballages etc. ne réunit sur soi qu'environ 10 à 15 % de la consommation totale de mousse souple de polyuréthane.

2.4.3.1 Meubles rembourrés

Les applications principales de la mousse souple de polyuréthane dans ce secteur sont :

- . sièges, fauteuils, canapés etc.
- . accoudoirs
- . dossiers en ameublement
- . garnissage
- . éléments pour tapisserie.

En 1970 la consommation de mousse souple pour la fabrication de meubles rembourrés et pour matelas en Algérie était environ de 475 tonnes. Une répartition exacte de cette consommation sur ces deux applications n'était pas possible, comme il n'existe pas de statistiques et comme les producteurs de mousse ne pouvaient pas donner leurs estimations.

Dans les pays européens les matériaux de rembourrage conventionnels sont pratiquement substitués totalement par la mousse souple de polyuréthane. En Algérie ce procès de substitution a déjà commencé et certainement va continuer dans les années qui viennent, représentant ainsi un marché potentiel assez large.

Pour 1980 nous estimons une demande de mousse souple d'environ 8.000 tonnes, vu le développement général de la consommation de matières plastiques et spécialement de mousse de polyuréthane et le développement de l'industrie du meuble en Algérie.

2.4.3.2 Rembourrages dans l'industrie automobile et de transport

Les applications principales sont :

- . coussinage
- . doublages de pavillons et de portières
- . accoudoirs
- . sièges
- . appuie-têtes
- . dossiers
- . pare-soleils.

Mais il est à noter que la plupart de ces applications deviennent un domaine des mousses semi-rigides de polyuréthane, sauf les sièges de voiture. On estime qu'à partir de 1973 la mousse souple de polyuréthane aura substitué les matériaux conventionnels dans la fabrication des sièges de voiture.

Le montage prévu de 30.000 unités par an de voitures particulières dans le complexe d'Oran représente un marché potentiel d'environ 400 tonnes/an de mousse souple, comptant environ 13 kgs de mousse pour une voiture.

Comme il est prévu d'agrandir la capacité à Oran à environ 40.000 unités/an jusqu'en 1980, la consommation potentielle sera de l'ordre de plus de 500 tonnes/an.

A part le montage de voitures particulières il existe deux unités de montage de véhicules utilitaires (C.A.R.A.L. et S.A.D.A.) qui en 1969 ont monté plus de 3.000 unités, jusqu'en 1973 on espère augmenter la capacité à environ 9.000 unités par an, ce qui représente un débouché potentiel d'environ 200 tonnes de mousse par an.

Le but à long terme c'est le montage d'environ 30.000 unités ce qui représenterait une consommation potentielle d'environ 600 tonnes/an.

2.4.3.3 Literie

Un des débouchés potentiels les plus importants de mousse souple de polyuréthane est le secteur de la literie. Les applications les plus importantes sont :

- . Matelas pour lits
- . Matelas de camping
- . Coussins
- . Oreillers
- . Couvre-lits
- . Matériaux de piquage
- . Taies d'oreillers ou de traversins
- . Traversins.

Selon des estimations de producteurs de matelas en Algérie seulement peut-être trois à quatre millions de personnes sur une population de presque 14 millions couchent sur des matelas; jusqu'en 1980 la population sera de l'ordre de 19 millions, c'est-à-dire d'ici en 1980 il y a un déficit d'environ 15 à 16 millions de matelas.

Actuellement la production de matelas à ressort en Algérie est d'environ 200.000 pièces par an. A part des matelas à ressort ce sont les matelas de laine qui jouent un rôle important. Mais cette production est tout à fait au stade de l'artisanat, il n'existe pas de statistiques pour les petits ateliers et il est impossible de chiffrer la production de tous ces petits artisans.

Supposons que le déficit de matelas sera compensé jusqu'en 1980 et que la limite de saturation sera d'environ 50 % en ce qui concerne les matelas de mousse, comme c'est le cas dans les pays européens, il y a un marché potentiel d'environ 8 millions de matelas en mousse jusqu'en 1980, ce qui correspond à une consommation totale de mousse d'environ 48.000 tonnes jusqu'en 1980.

2.4.3.4 Industrie textile

Dans l'industrie textile la mousse de polyuréthane est appliquée surtout pour

- . doublures
- . épaulettes
- . ampliformes
- . rembourrages
- . textiles laminés pour survêtements (surtout pour les enfants)
- . textiles renforcés
- . articles pour bonnets de soutien-gorge et maillots de bain
- . sous-couches de tapis etc.

Selon des estimations de producteurs de mousse de polyuréthane en Algérie, en 1970 la consommation de mousse de polyuréthane dans ce secteur était de l'ordre de 50 tonnes environ.

Vu l'expansion rapide de l'industrie textile en Algérie l'application de la mousse souple augmentera dans les années qui viennent, et on peut évaluer ce marché à environ 200 - 300 tonnes jusqu'en 1975/1980.

2.4.3.5 Joints dans la construction

Selon les résultats des recherches de champ en Algérie on n'emploie pas encore de la mousse de polyuréthane dans la construction. Vu la consommation importante de la mousse de polyuréthane comme joint dans l'industrie de construction dans les pays européens et vu le développement rapide du secteur construction en Algérie on peut s'attendre à une consommation potentielle de quelques cents tonnes jusqu'en 1980.

2.4.3.6 Autres applications

Emballages

Dans le secteur de l'emballage la mousse de polyuréthane n'a pas beaucoup de chance, surtout à cause du prix beaucoup plus haut comparé avec celui de la mousse de polystyrène.

En Europe également la mousse de polyuréthane ne s'emploie dans ce secteur que pour des applications spéciales, par ex. pour l'emballage de produits électroniques et pour un secteur où il n'existe pas encore d'industrie en Algérie.

Industrie du cuir et maroquinerie

Dans ces branches la mousse souple de polyuréthane trouve une application pour :

- . semelles intérieures
- . sous-doublures dans la peausserie
- . rembourrage de semelle
- . intérieur pour chaussures de ski

En Algérie s'est développée une très importante industrie de la chaussure. Mais dans ce secteur ce seront surtout les mousses intégrales (mousses avec une peau extérieure non cellulaire et un noyau de mousse souple) qui peuvent jouer un rôle important.

Divers

Ce n'est pas possible d'énoncer toute la multitude des applications possibles de la mousse souple de polyuréthane vue l'opération rapide de l'application de ces mousses dans des secteurs nouveaux. La liste suivante des applications est donc nécessairement incomplète :

- . éponges pour bain, cuisine, auto etc.
- . bourrelets ainti-courant d'air
- . rouleaux pour peinture
- . houpettes
- . torchons pour frotter
- . nappes
- . coussins de bain
- . mousses filtres pour la filtration de l'air
- . Isolation intérieure de réservoir à huile etc.
- . Isolation de conduites
- . tampons pour produits d'entretien

Il n'est pas possible d'évaluer la demande potentielle pour tous ces produits, mais on peut supposer qu'en somme toutes ces applications représentent une demande potentielle de quelques cents tonnes.

2.4.4 Le marché potentiel de mousse semi-rigide de polyuréthane en Algérie

Les mousses semi-rigides de polyuréthane sont appliquées presque uniquement dans l'industrie automobile et de l'industrie des transports en commun. Les applications principales dans ces secteurs sont :

- . bourrelets de protection
- . tampons anti-chocs
- . têtes et accoudoirs
- . pare-soleils
- . rembourrages de portières
- . revêtement de colonnes de direction
- . tabliers des instruments
- . autres accessoires de sécurité

A présent on chiffre la consommation de mousse-rigide à environ 10kg/voiture pour la fabrication de tous ces accessoires de voiture.

Le projet de montage de voitures particulières à Oran représenterait une consommation potentielle d'environ 300 tonnes/an pour les premières années. Jusqu'en 1980 ce débouché augmentera, d'une part à cause de l'augmentation prévue de la capacité de montage (à 40.000 unités/an), d'autre part à cause de l'application plus vaste de mousse rigide dans la production de voitures qu'on estime à environ 15kg/voiture. Pour 1980 on peut calculer alors une demande potentielle d'environ 600 tonnes de mousse semi-rigide par an.

Un autre secteur d'application est le montage de véhicules utilitaires qui se fait en Algérie.

A part l'application des mousses semi-rigides dans l'industrie automobile il y a encore d'autres applications, qui ne sont pas importantes, vu le marché total de mousse semi-rigide. Parmi ces applications on peut citer:

- . emballage de produits sujets à la rupture
- . fabrication d'isolations de conduites préfabriquées dans des procédés en continue
- . substrat de culture pour orchidées et autres plantes
- . remplissage de parois doubles, fentes et canaux dans la construction pour isolation thermique
- . "moussage" de parois doubles dans la construction pour isolation acoustique.

2.4.5 Le marché potentiel de mousse rigide
de polyuréthane en Algérie

En ce qui concerne l'application des mousses rigides de polyuréthane ce sont essentiellement leurs propriétés d'isolation thermique qui leur ont fait trouver une application si vaste dans les pays européens.

Les applications principales sont :

- . Fabrication de meubles frigorifiques et d'objets isolants
 - .. réfrigérateurs
 - .. congélateurs
 - .. compartiments à surgélation
 - .. thermos

- . Construction
 - .. Fabrication de panneaux-sandwich et d'autres panneaux sandwich de plusieurs couches
 - .. Moussage de creux sur place pour isolation thermique et acoustique

- . Isolation "in situ"
 - .. isolation de conduites
 - .. de groupes de soupapes
 - .. garniture de tuyaux
 - .. récipients frigorifiques
 - .. camions citernes
 - .. réservoirs de stockage
 - .. cabines de passagers
 - .. cales froides de bateaux
 - .. isolation sans couture de contaniers
 - .. entrepôts frigorifiques
 - .. emballages "in situ" d'appareils mécaniques de précision et d'appareils électriques/électroniques

- .. isolation d'eaux de condensation pour constructions en tôle de toute manière
- .. moussage de creux dans la fabrication de voitures
- .. moussage de parois doubles dans la construction de bateaux
- .. isolations sans couture de surfaces horizontales, verticales etc. dans la construction.

Autres applications, surtout fabrication de petites pièces en moule :

- . Jouets
- . mannequins
- . pièces pour décoration
- . pièces orthopédiques
- . prothèses
- . articles de sport, comme p.e. skis nautiques
- . embouchoirs
- . talons
- . corps flottants et amers
- . consoles pour cuvettes, miroirs, toilettes
- . fixages
- . boutons de commande, etc.

2.4.5.1 Meubles frigorifiques

Pour l'isolation de meubles frigorifiques en Europe on applique quasi uniquement de la mousse rigide de polyuréthane, les matériaux conventionnels d'isolation sont tout à fait substitués.

En Algérie actuellement on ne produit pas encore de réfrigérateurs et de congélateurs, mais deux sociétés algériennes vont démarrer le montage de meubles frigorifiques jusqu'en 1972.

La S.A.F.A.M., Alger, prévoit à la fin de 1972 une production de 30.000 réfrigérateurs standards 140 à 300 litres et de 10.000 grands réfrigérateurs. Cette production représente une demande potentielle d'environ 150 tonnes/an de mousse rigide pour la fabrication des réfrigérateurs standards et d'environ 80 à 100 tonnes/an pour les grands réfrigérateurs. Les plans de la S.O.N.E.L.E.C., Alger, pour le complexe de Tizi-Ouzu ne sont pas encore bien connus, mais les objectifs de production prévus dans le Plan Quadriennal pour 1973 sont de 0,66 unités/1000 habitants, c'est-à-dire environ 10.000 unités par an. Jusqu'en 1980 on a prévu une production de 40.000 unités par an. Ceci représente une demande potentielle d'environ 50 tonnes par an pour les années 1973 etc., et d'environ 200 tonnes pour 1980.

2.4.5.2 Construction

Le débouché le plus intéressant pour les mousses rigides de polyuréthane dans les pays européens est le secteur de la construction à cause des propriétés excellentes d'isolation thermique de la mousse de polyuréthane. L'application se fait soit par moussage "sur place" soit sous forme de panneaux sandwich ou sous forme de plaques.

Selon les résultats des interviews dans l'industrie algérienne de construction, jusqu'à présent la mousse rigide de polyuréthane n'est pas encore appliquée. On emploie seulement la mousse de polystyrène. Les raisons sont : pas de production nationale, et en partie, manque de connaissance de possibilités d'application de la mousse de polyuréthane.

En Algérie, les besoins en logements, tant urbains que ruraux, sont très importants en raison du taux d'accroissement de la population algérienne; celui-ci, actuellement de plus de 3 % par an, correspond en effet à une augmentation annuelle de la population de près d'un demi-million de personnes.

Le Plan Quadriennal, dans ce domaine, a pour objectif, de l'augmentation des capacités de production de ciment et des autres matériaux de construction, surtout vu du lancement d'un programme très important de construction de logements à partir de 1974 : le rythme prévu devrait être de l'ordre de 40.000 logements par an en 1974 et progresser jusqu'à 100.000 logements par an avant 1980.

Le secteur de la construction donc représente un débouché potentiel très important pour l'application de la mousse rigide de polyuréthane. Mais il faut certainement beaucoup d'efforts pour introduire ce nouveau matériel de construction, ce qui était le cas d'ailleurs dans les pays européens. La consommation potentielle et son évolution à long terme dépendent donc essentiellement du fait, de réussir à faire connaître les propriétés excellentes d'isolation de la mousse rigide de polyuréthane. A court terme on estime une consommation potentielle d'environ 5.000 m³ ce qui correspond à environ 150 tonnes de mousse. A long terme (jusqu'en 1980) on peut estimer une consommation de l'ordre de 1.000 à 2.000 tonnes par an.

2.4.6 Le marché potentiel de mousses intégrales (structurées) de polyuréthane en Algérie

La technique de production de mousse intégrale, c'est-à-dire de la mousse avec une peau extérieure fermée et un noyau souple avec des cellules ouvertes, est assez nouvelle. Et même dans les pays européens on n'a pas encore de précisions à long terme de la consommation potentielle de ce nouveau type de mousse.

Les possibilités d'application de ces mousses semblent être très larges. A présent on a commencé de produire des

- . sièges
- . articles de sports
- . coffres pour radio et téléviseurs
- . parties pour la mécanique générale
- . semelles de chaussures.

Seule l'application de ce type de mousse pour la fabrication de semelles de chaussures a bien avancé dans ces dernières années.

Pour l'Algérie, où s'est développée une très importante industrie de la chaussure, nous voyons également un débouché potentiel assez grand pour cette mousse intégrale. La production de 500.000 paires de chaussures par an correspondrait à une consommation de mousse d'environ 120 tonnes par an.

3. Recommandation d'un programme de production avec indication des capacités minimales économiques

Mousse souple de polyuréthane : Les capacités de production existantes en Algérie nous semblent suffisantes pour les besoins du pays pour les années qui viennent. Il semble même, que pour ces années il existe une surcapacité, vu le niveau encore très bas de consommation en Algérie actuellement et les grands efforts nécessaires à développer le marché.

Mousse semi-rigide et structurée : Nous recommandons la fabrication de mousses semi-rigides et structurées - qui actuellement ne sont pas encore fabriquées en Algérie - pour l'application dans l'industrie automobile et pour l'industrie des chaussures (semelles de chaussures). La capacité minimale économique pour des installations similaires dans les pays industrialisés est de l'ordre de 200.000 pièces par an, une capacité de production qui est largement dépassée par la consommation potentielle en Algérie.

Mousse rigide de polyuréthane : Nous recommandons la fabrication de mousse rigide de PU pour l'industrie du froid (réfrigérateurs) et pour la fabrication de panneaux sandwich.

En ce qui concerne la fabrication de réfrigérateurs, les capacités prévues en Algérie dépassent la capacité minimale économique retenue dans les pays industrialisés qui s'élève à environ 18.000 moulages par an.

En ce qui concerne les panneaux sandwich, en mousse de PU, ceux-ci ne sont pas encore connus ou appliqués en Algérie. A présent nous estimons une consommation potentielle d'environ 150 tonnes/an, consommation relativement faible,

considérée comme le potentiel du démarrage de l'application. Cette consommation est bien inférieure à la capacité minimale pratiquée en Europe qui s'élève à environ 1.000 t/an. Les capacités de production sont exprimées normalement en m², puisqu'on produit dans la même unité de production des panneaux sandwich de différentes épaisseurs et de différentes masses volumiques. Mais à long terme (vers 1980) nous estimons une demande potentielle dans l'ordre de 1.000 à 2.000 tonnes par an pour l'Algérie.

4. Recommandation des types et des quantités de mousse de polyuréthane à produire en Algérie en regard aux capacités minimales des unités similaires

Nous recommandons la fabrication des types suivants de mousse de PU en Algérie :

Mousse souple : Les unités de production existantes peuvent satisfaire les besoins du pays. Pour cette raison, nous conseillons de ne pas installer d'autres unités produisant de la mousse souple dans les années qui viennent. *

Mousses semi-rigides et structurées : Nous recommandons la production de pièces moulées en PU pour l'application dans le montage de véhicules et pour l'application dans l'industrie des chaussures. En ce qui concerne les pièces pour véhicules, la capacité est forcément déterminée par le nombre de véhicules qui seront moulés. Selon les dernières informations, le gouvernement algérien a prévu une capacité de montage de 50.000 unités/an. Quant aux semelles de chaussures nous recommandons pour le démarrage une production de 500.000 paires/an.

Mousse rigide : Quant à la mousse rigide pour la fabrication de panneaux sandwich nous recommandons une production initiale d'environ 150 t/an, vu les difficultés de ce marché encore inconnu en Algérie. Quant à la mousse rigide pour l'isolation de réfrigérateurs, la quantité est forcément déterminée par le projet de montage de réfrigérateurs. Suivant des plans, une unité de production à Tizi-Ozou montera 30.000 unités par an, une autre unité de production à Alger en montera 40.000 par an.

5. Recommandations pour la localisation des unités de production

Mousses souples : La SNCG a l'intention de fabriquer de la mousse souple dans deux unités de production, l'une dans l'ouest de l'Algérie avec 3.000 tpa, l'autre dans l'est avec 1.500 tpa.

Mousses semi-rigides et structurées : Comme la plupart de la production entrera dans la fabrication de véhicules, nous recommandons pour la localisation de cette unité de production la région oranaise, le lieu prévu pour le montage des véhicules. Les semelles de chaussures devraient être produites dans les grands centres de consommation, c'est-à-dire dans la région algéroise.

Mousse rigide : En ce qui concerne la mousse de PU consommée pour la fabrication de réfrigérateurs, l'unité de production pour la mousse devra être intégrée dans l'atelier même de fabrication de réfrigérateurs. Dans le cas de l'Algérie on prévoit une production de réfrigérateurs à Tizi-Ouzou et à Alger, qui seront donc les lieux de production de la mousse.

En ce qui concerne la fabrication de panneaux sandwich le lieu de leur fabrication est forcément déterminé par les centres de l'activité de construction. Vu les activités de construction actuelles et de l'avenir, il sera préférable de prévoir la fabrication en éléments sandwich dans la région algéroise.

6. Possibilités d'une intégration verticale dans la fabrication de produits finis comme p.e. emballage, isolation industrielle thermique, isolation acoustique etc.

En ce qui concerne les possibilités d'une intégration verticale dans la fabrication de produits finis, il n'y a, dans le cas de l'Algérie que la fabrication de meubles frigorifiques. Dans ce cas les installations pour la fabrication de la mousse de PU doivent être intégrées dans l'atelier même où ces meubles frigorifiques sont fabriqués.

En ce qui concerne les autres produits en mousse PU comme pièces moulées pour l'industrie automobile, semelles de chaussures et panneaux sandwich, le producteur algérien ne sera que fournisseur auprès de l'industrie automobile, de l'industrie des chaussures et de l'industrie de construction et du bâtiment, offrant un produit qui normalement ne demande pas une intégration verticale dans une chaîne de production, d'autant plus que les dites industries sont déjà bien installées en Algérie.

Volume II

- ETUDE DE VIABILITE -

1. Evaluation des capacités de production de mousses PU et leur lieu de production

1.1 Mousse souple PU

La capacité de production totale en Algérie pour mousse souple PU s'élève actuellement à environ 13.500 t p.a. Vu les débouchés potentiels algériens, y inclus les débouchés dus à l'industrie automobile nouvelle, cette capacité de production peut couvrir facilement la demande d'ici jusqu'à 1980.

Pourtant, vu la structure actuelle de commercialisation dans ce domaine et pour être armée contre toute éventualité, la Société Nationale des Corps Gras (S.N.C.G.) envisage la mise en oeuvre de deux unités de production de mousse souple PU, l'une dans la région oranaise (1.500 t p.a.) l'autre dans l'est du pays (3.000 t p.a.).

Or, les procédés modernes de fabrication permettent

- une production en continu, production de blocs de mousse souple PU, et
- une production en discontinu, foisonnement froid en moules.

La capacité d'une production en continu peut être exprimée d'abord en tonnes ou m^2 , m^3 par an, tandis que la capacité d'une production en discontinu est rapporté d'abord par le nombre de pièces moulées par an.

Du point de vue du marché (industrie automobile) pour mousse souple PU il y aura certainement une demande pour des pièces moulées par foisonnement froid (sièges et dossiers). Le nombre de pièces moulées et leur volume, donc la capacité, dépendent du modèle de la voiture choisie. En vue d'une

production annuelle de 50.000 voitures, sans tenir compte de la production de camions et d'autobus, la capacité peut être estimée à 300.000 pièces par an. Ceci correspondrait en moyens à une consommation de 400 à 500 tonnes par an. Dans une production moderne d'automobile, le moulage de ces pièces est intégré dans le complexe même de montage de véhicules (lieu probable de production étant Oran). L'avantage important du froisonnement froid en moules présente le fait qu'il n'y a pratiquement pas de rognures, donc pas de gaspillage de matières premières.

Pour cette raison est-il proposé de diviser la production totale de 4.500 tonnes en mousse souple PU envisagée par la S.N.C.G. dans une production en discontinu d'environ 500 tonnes (application dans l'industrie automobile) et une production en continu, production de mousse souple PU en blocs (matelas, applications diverses après confection). Il convient de choisir Alger comme lieu de production en continu de mousse souple PU, pour des raisons d'efficacité, voir d'y construire un complexe de production de mousse PU, d'autant plus qu'une installation moderne de production demande une main-d'oeuvre peu importante. Pour cette raison l'implantation d'une telle installation est peu significative pour le développement d'une région.

1.2 Mousse semi-rigide et structurée PU

Pour ces types de mousse PU aucune unité de production n'existe actuellement en Algérie.

Les applications principales pour ces mousses sont dans l'industrie automobile, (accoudoirs, tableaux de bord, pièces de sécurité) et dans l'industrie de chaussures. Les débouchés potentiels algériens dans ce secteur sont d'un ordre de grandeur que la capacité économique minimale est largement

dépassée. Dans ce domaine d'application la capacité se traduit tout d'abord en nombre de pièces moulées par an.

Pour introduire le produit semelle de chaussure à base de mousse structurée PU, sera envisagée une production annuelle de 500.000 paires. Alger est proposé comme lieu de production.

En ce qui concerne la capacité en pièces moulées pour l'industrie automobile, elle dépend du modèle de voiture choisie. En vue d'une production de 50.000 voitures par an, sans tenir compte de la production de camions et d'autobus, ce nombre peut être estimé d'au moins à 300.000 pièces/an. Dans une production moderne d'automobile le moulage de ces pièces est intégré dans le complexe même de montage de véhicule (lieu probable de production étant Oran).

1.3 Mousse rigide PU

La mousse rigide PU était fabriquée en 1971 dans l'ordre de 11 tonnes seulement. Cette fabrication était destinée uniquement à la demande propre des fabricants (moussage pour isolation de bateaux de plaisance et des éléments de construction). L'application principale de ce type de mousse PU peut se faire en Algérie surtout dans l'industrie de meubles frigorifiques et dans l'industrie d'éléments de construction.

L'unité de production de mousse rigide PU pour meubles frigorifiques doit être nécessairement intégrée dans l'ensemble de la production planifiée de ceux-ci (complexe de Tizi Ouzou).

Les éléments de construction à la base de mousse rigide PU (types éléments sandwich) ne sont pas encore introduits sur le marché algérien. Pour le démarrage est proposée la capacité minimale économique de 240.000 m² par an.

La mousse rigide PU est employée de plus en plus comme agent isolateur directement aux chantiers de construction (isolation des murs, isolation d'installations électriques, isolation de tubes et tuyaux etc.). Ce domaine d'application n'est pas encore exploité en Algérie. Du fait que l'ordre de grandeur du marché d'application ne peut même pas être estimé cette étude ne peut indiquer que les frais d'investissement dans un cadre général.

2. Formation et caractéristiques de mousses PU, matières premières et auxiliaires utilisées pour leur formation et modes de fabrication - listing des fournisseurs

2.1 Introduction

La technologie industrielle demande de plus en plus des matières plastiques présentant aussi bien une faible masse volumique ou densité qu'une certaine résistance mécanique répondant aux besoins de certaines applications définies. Ce sont les plastiques expansés qui répondent d'une façon amplement suffisante à ces exigences.

Pratiquement toutes les matières plastiques connues peuvent être transformées en masses expansées ou "mousses". Mais, pour des raisons de leur performance au cours de la transformation on applique ce terme principalement aux matières plastiques réactives. Ce sont surtout les polyuréthanes (PU) qui font parti de ce groupe.

Le problème de l'application des polyuréthanes dans la fabrication de mousses étant bien connu, les informations données ci-après ont été tirées de traités spécialisés, de publications et indications orales des producteurs, fournisseurs et fabricants des matières premières et auxiliaires, fournisseurs et constructeurs des machines et de l'équipement auxiliaire ainsi que de la documentation Battelle.

Le grand avantage général dans l'emploi des polyuréthanes pour la fabrication de mousses découle de la possibilité de la formation de ces mousses au moment même de la transformation par addition d'un porogène, ou autrement dit, transformation des polyuréthanes en mousse à l'emplacement de l'emploi. Ainsi est-il possible de remplir par moussage

sur place même des formes géométriquement compliquées avec une masse homogène de caractéristiques voulues.

Comme critères caractéristiques principaux il convient de différencier entre les différents types de mousses PU suivant la fermeté des cellules et les structures cellulaires différentes. Ces différences peuvent être matérialisées par un choix convenable de matières premières. Ainsi on différencie entre

- mousses souples, d'une grande élasticité, d'une structure comprenant surtout des cellules ouvertes
- mousses rigides, d'une élasticité réduite, d'une structure comprenant surtout des parois cellulaires rigides ainsi que des cellules fermées.

Parmi ces deux grands types de mousses PU il convient de différencier comme intermédiaires les

- mousses de qualité semi-rigide, dont les cellules sont en partie ouvertes avec des parois cellulaires d'une certaine rigidité, et les
- mousses intégrales et structurées, dont les parties externes du corps moussé sont en qualité rigide englobant un coeur plus ou moins souple.

Ces qualités de mousse sont essentiellement influencées par l'emploi du porogène dont la quantité additionnée détermine pratiquement la masse volumique (mesurée en kg/m^3). Ainsi la masse volumique sert comme critère de description générale.

2.2 Formation des mousses PU

La formation des uréthanes, qui présentent des esters carboniques N-substitués se fait par une réaction d'addition entre un alcool et un isocyanate. Cependant il faut que cette réaction d'addition aboutisse à de longues chaînes moléculaires pour obtenir une matière plastique. Pour cette raison on départ de matières premières qui sont au moins bifonctionnelles et on dirige la durée de la réaction de telle façon qu'il ne se produise pas de rupture de chaîne anticipée. Comme matières premières pour la fabrication de polyuréthane on applique un polyalcool de poids moléculaire élevé, le polyol. Presque sans exception par contre, on emploie comme isocyanate un monomère bifonctionnel. La cohésion entre les chaînes moléculaires, c'est à dire la ramification, est obtenue par des groupes fonctionnels -OH, partis par des polyols.

L'élasticité, critère caractéristique des différents types de mousse de polyuréthane, dépend directement du degré de la ramification. En ce qui concerne les mousses PU on ne pousse pas ce degré de ramification à l'extrême où l'élasticité soit complètement perdue.

Cette formation seule de matière plastique n'aboutit pas encore à la transformation des polyuréthanes en mousse. C'est la réaction du foisonnement qui conditionne le moussage, réaction simultanée de la formation de matière plastique.

On connaît deux méthodes de foisonnement

- foisonnement classique
- foisonnement physique.

Pour la réaction de foisonnement classique on tire d'avantage du pouvoir réactionnel élevé entre les isocyanates et l'eau. D'abord formation d'acide carbonique qui se décompose à température élevée (chaleur délivrée par la réaction endothermique) en l'amine correspondante et l'anhydride carbonique. Cet anhydride carbonique est gazeux et conditionne le foisonnement. La formation de ce gaz est relativement tardif par rapport à la formation de la matière plastique. Ainsi le foisonnement s'applique sur une masse plastique déjà un peu consistante. En conséquence les parois des cellules sont déchirées et on n'obtient qu'une masse squelettique.

Il faut retenir que l'amine libérée lors de la formation de l'anhydride carbonique forme par réaction avec l'isocyanate un dérivé de l'urée. Ainsi l'usage d'eau pour la réaction de foisonnement demande le double, en moles, en isocyanates.

Le dérivé d'urée implique nécessairement une certaine consolidation de la mousse produite. Ainsi l'avantage de l'usage d'eau est restreinte dans le cas de la mousse souple, c'est-à-dire mousse à cellules ouvertes, et s'introduit dans le cas de la mousse rigide, ou mousse à cellules fermées. Mais actuellement l'application d'eau se perd de plus en plus. L'application de formules précises permet une réaction strictement contrôlée aboutissant à un produit de caractéristique prédéterminée. Pour répondre à ces exigences et pour arriver à un foisonnement contrôlé, fut inventé un processus physique de foisonnement. Le foisonnement est achevé à l'aide d'un liquide à point d'ébullition bas, un porogène. On tire d'avantage de la quantité de chaleur libérée par la réaction de polyaddition qui provoque l'évaporisation du porogène, qui conditionne à son tour le foisonnement de la masse plastique. Par

addition contrôlée de ce porogène on peut diriger la qualité de la mousse. Un important volume du porogène développé provoque le déchirage des parois tandis qu'un petit volume ne provoquera pas de déchirage mais mène principalement à une formation de mousse à cellules fermées.

Le porogène n'est pas employé ou seulement comme porogène d'appoint dans le cas de mousse de polyuréthane souple, car il faut achever un déchirage complet de toutes cellules. L'emploi du porogène dans ce cas peut aboutir à une mousse plus tendre ou dense puisqu'il y a point de formation d'urée.

Pour toute autre qualité spéciale de mousse il faut appliquer le processus physique c'est-à-dire l'emploi d'un porogène. Aussi l'emploi d'un porogène présente les avantages suivants:

- économisation sur isocyanate
- abaissement de la température au sein de la mousse au cours de la formation, donc réduction du risque de carbonisation au coeur
- amélioration des caractéristiques d'isolation thermique par abaissement de la conductibilité calorifique par les vapeurs du porogène par rapport à l'air ou le gaz carbonique. Les vapeurs du porogène se diffusant beaucoup plus lentement à travers les parois à cause de leur poids moléculaire élevé.

2.3 Caractéristiques des mousses PU

D'une façon générale la qualité d'une mousse PU, donc ses caractéristiques, dépendent

- des matières premières choisies
- des additifs appliqués
- de la formule choisie pour le mélange
- de la technique de transformation.

Cette complexité en tant que production d'une mousse PU, apparemment une difficulté ou désavantage, est justement le grand avantage de ce produit puisqu'il est possible de préparer un produit fait à mesure pour une application définie.

Chaque type de mousse couvre certains champs d'application, du à ces caractéristiques, qui seront décrit ci-après.

2.3.1 Mousse rigide PU

Les caractéristiques de discrimination de la mousse rigide PU présentent sa résistance mécanique et la conductibilité restreinte thermique d'où son pouvoir isolant. La résistance mécanique dépend essentiellement de la masse volumique, tandis que la conductibilité calorifique est la fonction du porogène utilisé, présentant une valeur constante et extrêmement favorable dans les limites de la masse volumique.

Dans le cas de mousse librement expansée on observe une anisotropie des caractéristiques de résistance qui varient du fait que les cellules ne sont pas sphériques mais étirées dans le sens du foisonnement. Ainsi la résistance à la compression est plus grande dans ce sens que perpendiculairement au sens de foisonnement.

Dans le cas d'un foisonnement en moules, où une expansion de la masse spumogène dans un sens de foisonnement ne se peut pas produire, cette anisotropie de résistance mécanique ou ne se manifeste pas ou dans une très faible mesure.

Dans le cas d'une expansion de la masse spumogène par un dégagement de CO_2 (l'emploi de l'eau), toutes autres conditions similaires, on obtient une résistance mécanique légèrement supérieur du à la formation de dérivés de l'urcé. Seulement le prix élevé de l'isocyanate, dont il faut utiliser dans ce procédé d'avantage, l'interdit. Le pouvoir isolant, d'autre part, est inférieur (la conductibilité calorifique du CO_2 étant plus grande que celle d'un porogène à base d'hydrocarbure chlorofluoré). Un autre inconvénient présente leur faible résistance à l'abrasion.

Suivant les cas la masse volumique des mousses rigides PU est comprise entre 25 et 80 kg/m^3 , certaines applications demandant une masse même plus élevée.

Pour l'isolation thermique, comme pour des réfrigérateurs, la masse volumique devrait être au moins de l'ordre de 30 à 35 kg/m^3 , sinon on rencontra des difficultés dues à un certain retrait dans la structure de la mousse (différences de pression trop importantes entre la pression interne de la mousse et la pression atmosphérique ambiante).

Dans le cas d'un emploi comme élément de construction (élément sandwich) et dès que cet élément doit supporter un charge, une masse volumique comprise entre 60 et 80 kg/m^3 est considérée comme nécessaire. Cette masse volumique élevée peut être réduite dès qu'on utilise de plaques métalliques p.ex., agissant comme stabilisateur, qui englobent la mousse. Aussi faut-il tenir compte de la nécessité que ces éléments sont généralement exposés à

des températures élevées, et plus important encore, à des variations de température importantes.

Cette stabilité en vue de variation de température ne dépend pas seulement de la masse volumique mais aussi du porogène, le CO_2 offrant une stabilité couvrant l'intervalle de $- 200$ à $+ 120$ °C, ce qui est du à la rigidification par la formation de dérivés de l'uré. Cette stabilité est supérieure à celle qu'on obtiendrait en n'utilisant qu'un porogène pur à base d'hydrocarbure chlorofluoré. Ainsi faut-il utiliser pour cette application spéciale des formules de fabrication soigneusement étudiées en y introduisant aussi de l'eau. L'intervalle de stabilité est alors de $- 200$ à $+ 100$ °C. La conductibilité initiale d'une mousse rigide PU ne change pratiquement pas, pourvu que cette mousse est comprise dans des enveloppes étanches aux gazes, comme p. ex. des tôles. Autrement on peut constater un léger accroissement de la conductibilité avec le temps. Une mousse produite par le procédé frothing montre ces mêmes qualités, avec une légère différence due à l'utilisation d'un porogène différent.

La résistance à la diffusion des mousses rigides PU est bien meilleur que celle des matériaux classiques d'isolation. Cependant il ne faut pas renoncer, dans l'application, à une étanchéité à la vapeur d'eau pour éviter toute formation éventuelle d'eau de condensation à l'intérieur de la masse pour maintenir le pouvoir isolateur initial élevé.

Du fait que la mousse rigide PU contient surtout des cellules fermées le degré pour l'absorption en eau est relativement petit. De la mousse rigide PU foisonnée avec une porogène à base d'hydrocarbure chlorofluoré contient jusqu'à 90 % de cellules fermées, tandis qu'une mousse foisonnée qu'avec du CO_2 en montre 65 %. Généralement est indiqué comme valeur d'absorption

1 % du volume total, l'absorption étant limitée aux cellules ouvertes des parois. Il n'y a absolument pas d'absorption par capillarité.

Quant à l'isolation phonique la mousse rigide PU ne s'y prête point par suite de la présence de cellules fermées, de la rigidité du squelette cellulaire et de la faible valeur de la masse volumique.

L'utilisation de la mousse rigide PU comme élément de construction est empêchée dans des limites que la mousse PU, comme tous les produits organochimiques, est inflammable. Néanmoins est-il possible de la rendre difficilement inflammable ou auto-extinguible en incorporant dans le mélange spumogène des ignifugeants. En plus, la mousse ainsi préparée et disposée entre des plaques métalliques incombustibles, satisfait les exigences imposées par les normes de construction en vigueur en Allemagne fédérale.

La mousse produite est dépourvue de toute toxicité - l'odeur d'amine se perdant après peu de temps. Aucune influence fut observée quant à la saveur ou le goût de produits alimentaires exposés au contact avec de la mousse rigide PU.

La mousse rigide PU n'est pas dissoute par des solvants organiques, on constate seulement une certaine attaque et un gonflement, ce qui peut provoquer une dégradation de la résistance mécanique. Comme agents attaquant la mousse ce sont surtout les hydrocarbures chlorés, dont il faut éviter tout contact. La mousse résiste parfaitement aux hydrocarbures chlorofluorés, à l'essence, aux huiles minérales, aux solutions salines diluées et à l'eau de mer, à la plupart des acides et lessives à l'état dilué. Elle ne résiste pas aux acides et lessives concentrés.

Mais, du fait qu'il n'y a pas d'absorption par capillarité, l'attaque s'achève lentement. La mousse rigide PU montre une très bonne résistance à l'oxygène et à l'ozone. Quand même des mousses à base d'un polyéther-polyol sont plus facilement oxydées que celles à base de polyester-polyol.

2.3.2 Mousses souples et semi-rigides PU

La fabrication de ces mousses est bien plus délicate que celle de la mousse rigide et les formulations de fabrication doivent être observées strictement. Aussi faut-il choisir avec beaucoup de soin les matières premières et auxiliaires.

Les types de mousse sont appliqués avant tout dans le capitonnage (mousse souple PU) et pour amortir les chocs (mousse semi-rigide, mousse structurée) et c'est ainsi leur comportement à la charge et à la décharge et le degré de déformation permanente qui intéressent surtout comme caractéristiques. Le coefficient de conductibilité calorifique, paramètre primordial pour la mousse rigide, n'intéresse plus autant et est comparable aux valeurs d'isolants fabriqués à la base d'autres matières premières.

Il convient de classifier les mousses souples en

- mousses à la base de polyester
- mousses à la base de polyéther

du fait, que pour le même poids volumique les qualités de la mousse dépendent largement du type de polyol utilisé, parce qu'on obtient une structure moléculaire différente.

Par contre une variation de la proportion en isomères 2, 4 du diisocyanate de toluylène (techniquement TDI 80, TDI 65, ou de leurs mélanges) n'a qu'une influence limitée sur les

propriétés des matériaux cellulaires, mais elle a une grande influence sur l'expansion puisqu'il y a un changement de la réactivité.

Généralement les poids volumiques des mousses à base de polyester sont compris entre 20 et 45 kg/m³.

Les propriétés les plus importantes des mousses à base de polyester et fabriquées à partir des matières premières commerciales sont citées ci-après:

Poids volumique kg/m ³	45	25	18
porogène	eau	eau	eau hydrocarbure chlorofluoré
résistance à la traction kp/cm ²	1.8-2	2-2.2	1-1.2
allongement à la rupture %	300-400	200-350	150-250
résistance à la compression (40 %) p/cm ²	40-60	35-50	30-40
élasticité au choc %	25-35	25-35	25-35
déformation permanente (50 %, 70 %) %	~3	5-8	9-10

Les mousses à base de polyéther sont beaucoup plus souples au toucher, possédant une résistance à la compression plus faible que les mousses à base de polyester. Les poids volumiques sont généralement compris entre 15 et 40 kg/m³.

Les propriétés les plus importants des mousses à base de polyéther et fabriquées à partir des matières premières commerciales sont citées ci-après:

poids volumique kg/m ³	32	25	25	15
porogène	3 parties d'eau	4 parties d'eau	3 parties d'eau 10 parties hydrocarbures chlorofluorés	5 parties d'eau 20 parties hydrocarbures chlorofluorés
résistance à la traction kp/cm ²	1-1.2	1-1.2	0.5-0.8	0.1-1.0
allongement à la rupture %	150-250	150-200	100-150	180-250
résistance à la compression p/cm ²	35-40	35-40	25-30	15-20
élasticité au choc %	~50	45-50	~50	~40
déformation permanente %	1.1-1.3	~2	1.5-1.7	~4

Ces propriétés mécaniques des mousses souples ne dépendent pas seulement du polyol utilisé mais aussi de la structure cellulaire ainsi de l'indice de l'isocyanate utilisé.

Avec un indice de l'isocyanate élevé on obtient des mousses ayant une plus grande résistance à la compression, mais la résistance à la traction et l'allongement à la rupture diminuent.

Quant aux mousses semi-rigides PU, leur résistance à la compression est beaucoup plus élevée parce que la réticulation est beaucoup plus prononcée que dans les mousses souples. Dans ces mousses les cellules sont ouvertes pour éviter un rétrécissement au refroidissement. Pour leur fabrication on emploie normalement des polyols de polyester ayant un nombre OH plus élevé ou des polyols de polyéther avec des réticulants additionnels. Suivant la matière première utilisée on emploie ou du TDI ou du MDI. La qualité de la mousse dépend largement du système utilisé.

Normalement la formulation est arrangée pour obtenir un poids volumique compris entre 30 et 100 kg/m³.

Les propriétés les plus importantes des mousses semi-rigides fabriquées à partir des matières commerciales sont citées ci-après :

poids volumique kg/m ³	90	60	30	30
porogène	eau	eau	eau	eau
matière première	polyéther TDI	polyester MDI	mélanges de polyester TDI 65 TDI 65+80	
résistance à la traction kp/cm ²	2-2.5	1-2	1.5-2.5	2-2.5
allongement à la rupture %	50-100	50-100	100-175	100-175
résistance à la compression p/cm ²	200-250	150-200	50-100	50-100
déformation permanente %	~10	~10	10-20	10-30

Il existe maintenant une multitude de systèmes de mousses semi-rigides employant aussi des porogènes à base d'hydrocarbures chlorofluorés qu'il est impossible de les décrire en détail. Pratiquement on se trouve dans la position de formuler précisément un système pour un produit bien défini auparavant.

Les mousses semi-rigides PU sont particulièrement adapté pour affaiblir des chocs du fait qu'elles répondent avec une déformation assez grande (plus grande que l'est indiquée dans le tableau ci-dessus), une déformation qui se perd lentement après un temps de repos prolongé.

C'est justement la courbe d'élasticité déterminée sous une charge croissante et après décharge décroissante que décrit le comportement élastique des mousses souples et semi-rigides. Comme résultat on obtient pour les deux types de mousse une courbe avec une charge croissante, qui diffère de celle obtenue avec une charge décroissante, ou physiquement parlant, le travail nécessaire pour un certain degré de déformation n'est pas complètement récupéré après décharge, comportement appelé l'hystérésis. En comparant les courbes d'hystérésis pour les différents types de mousse à base de différentes matières premières on trouve qu'on récupère beaucoup moins de travail initialement employé dans le cas des mousses à base de polyester et des mousses semi-rigides que dans le cas des mousses à base de polyéther. En plus, en ce qui concerne les mousses semi-rigides, la courbe de décharge ne revient pas à son origine parce que la déformation permanente est importante. Il faut mentionner aussi qu'il y a une grande différence entre les allures des courbes d'élasticité suivant la matière première utilisée (polyester, polyéther): la courbe démontrant le comportement d'un produit à base de polyester montre un plateau prononcé, indiquant qu'une augmentation petite de la charge dans la zone du plateau correspond à une déformation forte. Ainsi les mousses à base de polyester sont moins appropriées pour l'emploi dans les rembourrages que les mousses à base de polyéther où ce plateau ou n'existe pas ou n'est que peu prononcé.

En ce qui concerne la couleur de la mousse souple, elle va du blanc au jaunâtre du fait que le TDI et les polyols sont pratiquement incolores. En plus est-il possible de teinter le produit pendant la fabrication en toutes colorations voulues, pourvu que les colorants n'affectent pas les qualités du produit. Les mousses semi-rigides, fabriquées à la base du MDI sont normalement de couleur beige ou brun, une coloration est également possible. Le même est valable pour la mousse structurée.

Les mousses PU sont hydrophobes après la fabrication, n'absorbant pas de liquides aqueux. Certaines applications cependant, p. ex. pour des éponges, demandent donc un traitement ultérieur pour rendre une propriété hydrophile à ces mousses.

Comme l'a été déjà indiqué pour les mousses rigides, les mousses souples et semi-rigides PU sont des matières combustibles. Dans ce cas la combustion est encore favorisée par la grande superficie de la matière, causée par les cellules ouvertes remplies d'air. Ce désavantage apparent peut servir comme avantage dans la production avale. Du fait que la réticulation sous l'effet de la chaleur dans la molécule n'atteint pas l'état de thermodurcissage il ne se produit qu'un amollissage, permettant une liaison intime avec un support quelconque, comme un tissu textile, sans avoir à employer un adhésif. D'autre part, comme dans le cas des mousses rigides, est il possible de rendre ces mousses difficilement inflammables par des substances appropriées halogénées et/ou phosphoreuses. Seulement il faut éviter d'affecter une influence sur les propriétés de la mousse, ou la résistance à la compression, l'élasticité de rebondissement, la diminution de la résistance au vieillissement et un agrandissement de la déformation permanente.

Les mousses souples et semi-rigides sont dépourvues de toute toxicité, pourvu qu'elles sont fabriquées conformément aux prescriptions de la formulation. La faible odeur d'amine, qu'on observe avec tous les produits PU après leur fabrication, se perd après un court délai de stockage.

Quoique la stabilité chimique est satisfaisante pour ces mousses il faut éviter un contact avec des solvants comme les hydrocarbures chlorés, des aromates, des cétones, qui

peuvent causer un gonflement. Les hydrocarbures chloro-fluorés commerciaux, employés comme porogène ne provoquent pas cet effet. Comme la mousse rigide ces types de mousse résistent aux acides et bases dilués, mais on observe que les mousses à base de polyester sont plus facilement affectées que les mousses à base de polyéther du à la liaison ester. Les acides et bases concentrés détruisent la structure cellulaire en rompant les liaisons dans les molécules.

On observe également une forte résistance à l'oxygène, à l'air et aux agents atmosphériques, seulement la couleur peut être affectée. Soumise à une exposition prolongée d'une radiation UV il se peut que la mousse à base de polyéther perd de sa solidité. En outre, certaines espèces de bactéries et de moisissures peuvent entraîner une décomposition de la structure cellulaire. Par l'addition de composés organiques de l'étain p.ex. on peut obtenir un équipement bactériostatique.

Il est extrêmement important qu'aucune trace de composé métallique comme du fer, du cobalt, de la manganèse n'entre dans le produit fini lors de la fabrication, parce qu'une telle trace peut agir comme catalysateur pour une décomposition de la mousse, surtout à une température élevée. Par contre, l'octoate d'étain et des composés organiques du plomb et du zinc ne montrent pas cet effet de décomposition. On applique l'addition d'un composé stabilisant comme l'acide tartrique, dès qu'on utilise comme additif le dilaurate de dibutyl-étain.

2.4 Matières premières et auxiliaires pour la production de mousses PU

2.4.1 Isocyanates

Deux types d'isocyanates surtout sont en utilisation, tous les deux sont bifonctionnels et possèdent un poids moléculaire faible :

- Toluylènediisocyanate (TDI)
- Diphénylméthanediisocyanate 4,4' (MDI) techn.

Le TDI est un composé toxique faiblement visqueux, limpide et presque incolore, produisant une odeur piquante fort caractéristique. En travaillant le TDI il faut éviter absolument tout contact avec la peau et prendre des mesures spéciales contre le danger que présentent les vapeurs libérées lors du procédé de moussage. La concentration maximale admissible dans l'air est d'environ 0,02 ppm.

Une autre mesure de précaution à prendre concerne le stockage de cette matière première. Dès qu'on dispose d'un mélange de différents types du TDI, ce qui est le cas normal, ces composants ont tendance à se séparer en deux phases, quand la température ambiante descend au dessous de 10 °C. C'est alors l'isomère 2,4 qui se précipite.

Caractéristiques:

	TDI 80/20	TDI 65/35
teneur en isomère 2.4	80 %	65 %
teneur en isomère 2.6	20 %	35 %
teneur total en isocyanate	plus que 99,5 %	
poids spécifique $D_{4^{\circ}C}^{20^{\circ}}$	1.22	
viscosité à 25 °C	~3 cPo	
point d'éclair	127 °	

Le TDI en utilisation commerciale présente un mélange de deux isomères, le TDI-2,4 et le TDI-2,6, dans lequel le TDI-2,4 prédomine. On utilise le TDI presque exclusivement pour la fabrication de mousse souple et que dans le cas du procédé au prépolymère pour la production de mousse rigide. La mousse obtenue est blanche.

Le MDI normalement en utilisation est un liquide de viscosité moyenne et de couleur brun foncé, causée par des impuretés en isocyanates lourds. C'est un composé nocif produisant une odeur moins piquante que le TDI. Du à sa faible tension de vapeur, le MDI ne présente peu de danger d'intoxication. En tout cas faut-il éviter tout contact avec la peau.

Caractéristiques:

teneur en MDI	92 %
teneur en groupes - N=C=O	31 %
poids spécifique D_{40}^{20} C	1,22
viscosité (suivant la durée de stockage)	100 - 150 cPo
point d'éclair	200 °C

Le MDI due à la présence d'impuretés, donne des mousses en couleur normalement foncée ou jaune brune, et son utilisation est limitée à la fabrication de mousses rigides ou semi-rigides. Le point d'ébullition du MDI plus élevé par rapport au TDI présente un avantage.

Pour des raisons spéciales un MDI fortement polymérisé (Diphénylméthanediisocyanate polymérisé), le PAPI (marque enregistrée), est utilisé de temps en temps. Le PAPI est un liquide brun foncé, d'une viscosité moyenne, produisant l'odeur caractéristique des isocyanates. Il ne présente guère de danger pour la santé dû à sa faible tension de vapeur.

Caractéristiques:

poinds spécifique	D_{40}^{20}	1.2
viscosité à 20 °C		200 - 300 cPo
équivalent-gramme		133
teneur en groupes - N=C=O		31 %

2.4.2 Polyols

Les polyols sont des liquides limpides, incolores ou de couleur jaunâtre, montrant une consistance plus ou moins huileuse, due à une viscosité plus ou moins élevée. En état pur les polyols sont presque inodorés. Dès qu'ils contiennent des amines ils produisent une odeur plutôt suffoquante.

Parmi les polyols il convient de différencier entre

- polyesters-polyols
- polyéthers-polyols.

Chaque groupe peut être divisée en

- polyols pour mousses souples
- polyols pour mousses rigides.

Pour la distinction entre polyols pour mousses PU souples et mousses PU rigides on se sert de l'indice d'hydroxyle, qui indique le nombre de groupes réactifs, donc la possibilité de ramification des chaînes de molécules. Cet indice d'hydroxyle est compris entre 40 et 60 pour mousses souples et de 300 et 600 pour mousses rigides. En mélangeant ces deux types de polyols on aboutit à des polyols intermédiaires qu'on utilise pour la fabrication de mousses semi-rigides. Comme autre possibilité pour obtenir une mousse semi-rigide sert l'application des polyols pour mousse souple avec du MDI.

2.4.2.1 Polyesters-polyols

Les polyesters-polyols présentant des esters d'un acide dicarboxylique et de polyalcools (l'acide adipique, diéthylène-glycol p.ex.) sont des liquides très visqueux et très réactifs. L'opération du foisonnement est empêchée par la forte viscosité. On utilise des polyesters-polyols purs que pour la production de mousses souples.

On utilise un mélange de polyesters à des polyéthers-polyols pour la fabrication de mousses rigides.

2.4.2.2 Polyéther-polyols

Les polyéther-polyols sont obtenus à partir d'oxyde d'éthylène ou d'oxyde de propylène ou de triméthylolpropane. Pour des raisons exceptionnelles, des amines et des doses à poids moléculaire élevé sont ajoutés, p.ex. pour assurer une forte réticulation. Le poids moléculaire des polyols est en moyen de l'ordre de 400 à 4.000. A cause de leur pouvoir de réaction relativement faible, les polyéther-polyols ne sont en utilisation que dès qu'on découvre des activateurs convenables.

Retenons que les polyéther-polyols sont normalement miscibles en toutes proportions avec le porogène. Les polyester-polyols d'autre part ne sont miscibles avec le porogène que dans des proportions limitées. C'est une des raisons pour lesquelles les polyester-polyols sont utilisés pour la fabrication de mousse souple avec une proportion faible d'un porogène. Puisqu'il faut additionner le porogène en plus forte proportion pour la fabrication de mousse rigide ce sont des mélanges de polyester-polyols et de polyéther-polyols ou encore des polyéther-polyols purs.

Une amélioration de la miscibilité des polyester-polyols avec le porogène peut être achevée en ajoutant des émulsionnants appropriés.

2.4.3 Activateurs

Pour des raisons de vitesse de réaction de polyaddition il convient d'ajouter au mélange certains composés comme activateurs. Ces activateurs jouent un rôle important et leur concentration doit être déterminée avec beaucoup de soin.

Des amines tertiaires sont appliquées du fait qu'elles ne comportent aucun groupement réactif NH. La structure des amines tertiaires est d'influence décisive sur leur efficacité comme catalyseurs dans les systèmes différents du mélange spumogène. Le pouvoir catalyseur augmente avec l'alcalinité de l'amine.

Les amines sont normalement des liquides d'une odeur très désagréable, ressemblant celle du poisson. L'odeur est plus ou moins fortement produite en fonction de la tension de vapeur. Il convient d'éviter le contact avec la peau et certaines amines sont inflammables:

- la diméthyléthanolamine
- la diméthylbenzylamine
- la triéthylamine
- la triéthylènetetramine
- la diéthyléthanolamine
- la triéthanolamine
- la triéthylènediamine (cristallin)

Le triéthylènediamine (le DABCO), un composé cristallin de couleur blanche à jaunâtre, est estimé comme activateur d'une grande efficacité. Cette amine est appliquée dans la fabrication de mousse PU souple à la base de polyéther-polyols.

Comme activateurs on utilise beaucoup des composés organiques de l'étain, à savoir

- l'octanoate d'étain ou stanneux
- le dilaurate de di-n-butylétain
- le dioctanoate de di-n-butylétain
- le dicarboxylate de di-n-butylétain

qui ont un pouvoir catalysateur beaucoup plus élevé que les amines.

L'octanoate d'étain est un liquide visqueux dont la couleur varie de jaune clair au brun. Son odeur désagréable ressemble le moisi. Sa densité est de l'ordre de 1,27, la teneur en étain est de 27 à 28 %.

Les autres dérivés d'étain ne contiennent que de 18 à 23 % d'étain.

Du fait que l'octanoate d'étain ne montre qu'une faible résistance à l'hydrolyse son activité se perd au bout d'environ six heures en contact avec des mélanges contenant de l'eau. Vis à vis les amines ces complexes d'étain organiques présentent l'avantage qu'ils ne s'évaporent pas du système.

L'octanoate stanneux influençant fortement la polyaddition, s'applique conjointement avec le Dabco pour la fabrication de mousses PU souples. Le dilaurate de dibutylétain possédant la plus grande activité spécifique connue, il convient de l'appliquer qu'en petites quantités.

Ces composés cités en haut sont utilisés presque uniquement dans la fabrication de mousses PU souples pour des raisons de qualité.

Citons que d'autres composés organo-métalliques ne s'appliquent pas du fait qu'ils catalysent, à cause des températures élevées au moment du foisonnement, la décomposition de la mousse.

En ce qui concerne la production de mousses PU rigides on utilise des amines simples, du fait que les mélanges à transformer sont moins délicats que pour les mousses souples.

2.4.4 Huiles de silicone

Les huiles de silicone se présentent sous forme de liquides de couleur claire avec une viscosité moyenne, produisant une odeur faible.

Due à leur faible résistance à l'hydrolyse leur stabilité se perd en contact avec des mélanges contenant de l'eau. Un temps de stockage de six mois est admis généralement comme le maximum.

Ces huiles, à base de polysiloxanes, jouent le rôle de régulateur pour l'homogénéité du mélange spumogène ainsi que de la structure cellulaire désirée. Normalement les huiles de silicone sont inertes par rapport aux constituants du mélange réactif, sauf exceptions.

2.4.5 Porogènes

Comme porogène sont en utilisation

- l'eau
- des hydrocarbures chlorofluorés
 - le monofluorotrichlorométhane CFCl_3
 - le difluorodichlorométhane CF_2Cl_2
 - le trifluoro-1,2,2 trichloroéthane $\text{CFCF}_2\text{CF}_2\text{Cl}$

Pour la raison d'économisation sur l'isocyanate l'emploi de l'eau comme porogène se perd de plus en plus. En utilisant des hydrocarbures chlorofluorés on peut contrôler plus précisément la réaction du foisonnement et répondre plus directement aux exigences imposées par les formules en vue d'une qualité supérieure du produit final, comme la conductibilité calorifique, qui est bien inférieure à celle de l'air ou du gaz carbonique.

Les hydrocarbures chlorofluorés, à l'état liquide, sont limpides et incolores produisant presque pas d'odeur. Ils sont d'une faible viscosité, incombustibles et d'une parfaite innocuité avec un point d'ébullition bas et une chaleur d'évaporation favorable.

2.4.6 Autres additifs

Normalement la mousse PU est inflammable, comme produit de la chimie organique. Certaines applications par contre demandent un produit PU ignifugé. Pour donner cette qualité d'auto extinction à la mousse on connaît trois possibilités:

- utilisation des complexes contenant ou des groupements -OH, ou du phosphore, ou du halogène, ou tous les deux derniers en molécules. Ainsi les atomes provoquant la qualité ignifugeante font parti de la structure de la mousse. C'est au polyol que sont mélangés le phosphore et/ou le halogène. Le polyol spécial remplacerait dans le cas particulier le polyol habituel;
- utilisation d'un complexe non réactif contenant ou du phosphore ou du halogène;
- addition de substances minérales particulières comme le trioxide d'antimoine.

Autres applications spécialisées nécessitent un remplissage de la matière spumogène avec des matériaux comme le sulfate de barium, du sable, de l'argile, de la farine fossile, du carbonate de calcium etc. L'addition de ces matériaux ne se fait pas pour des raisons d'économisation sur les matières premières mais pour conditionner certaines qualités au produit final.

2.4.7 Producteurs de matières premières et auxiliaires

Principaux producteurs des matières premières et auxiliaires:

<u>Producteur</u>	<u>Provenance</u>	<u>Produit</u>
BASF	R.F.A.	TDI, MDI
BAYER	R.F.A.	TDI, MDI, autres diisocyanates, polyéthers, additifs, silicone, porogène spécial
BILLITON	Angleterre	activateurs
DEKACHIMIE	France	TDI
DOW CORNING	Belgique	polyols, additifs

<u>Producteur</u>	<u>Provenance</u>	<u>Produit</u>
DUPONT	Angleterre	TDI
ERBSLÖH	R.F.A.	mélanges prépolymères
GENERAL ELECTRIC	USA	silicone
HARBURGER FETTCHEMIE	R.F.A.	polyester d'acides gras, mélanges prépolymères
HENKEL	R.F.A.	polyols et mélanges prépolymères
HOECHST	R.F.A.	porogènes
HOUDRY	Angleterre	activateurs
KALICHEMIE	R.F.A.	porogènes
ICI	Angleterre	TDI, MDI, autres diisocyanates
MONTEDISON	Italie	TDI
PROGIL-BAYER-UGINE	France	TDI, autres diiso- cyanates, porogènes
REICHHOLD CHEMIE	R.F.A.	mélanges prépolymères
RHÔNE-POULENC-BAYER	France	MDI
SHELL	R.F.A.	polyols, isocyanates, additifs
TAG	R.F.A.	mélanges prépolymères
TOLOCHIMIE	France	TDI
UNION CARBIDE	USA	polyols, isocyanates, additifs, silicone
UPJOHN	Angleterre	MDI prépolymérisé
VOSS	R.F.A.	mélanges spumogènes
WACKER CHEMIE	R.F.A.	silicones

Vu la multitude d'applications possibles des mousses PU bien des fabricants offrent des formulations. Citons ceux en R.F.A.:

TAG et KBM (BASF), BAYER, RÜHL, HARBURGER FETTCHEMIE, REICHHOLD ALBERT CHEMIE.

3.5 Modes de fabrication de mousses de PU

3.5.1 Prépolymérisation, procédé "one-shot", procédé "frothing"

Au début de la fabrication de mousses de PU expansées on n'utilisait que des polyesters-polyols, vu leur réactivité élevée permettant l'utilisation d'amines simples comme activateurs. Il faut retenir que les polyester-polyols sont des produits à un prix relativement élevé.

C'est autre chose pour les polyéther-polyols, qui sont relativement bon marché mais d'une réactivité relativement restreinte. Pour cette raison fut développé le mode de fabrication par prépolymérisation. Le fabricant des matières premières entreprend le soin de mélanger le tout de polyol avec la quantité nécessaire et voulue d'isocyanate. Au cours de cette préparation on obtient une masse solide qui contient tout juste cet excès en isocyanate pour conditionner le foisonnement ultérieur dès que l'eau fut ajoutée comme réactif. Pour transformer cette masse en mousse de PU, le transformateur n'a plus qu'à rechauffer et d'y ajouter, en mélangeant, la quantité nécessaire d'eau.

Depuis bien longtemps maintenant on connaît des activateurs appropriés permettant une réaction de polyaddition contrôlée. C'est pour cette raison que le mode de fabrication par prépolymérisation a perdu d'intérêt. On y tient encore quelque fois du fait qu'on peut ainsi réduire la toxicité du TDI ou qu'on demande une certaine viscosité auparavant.

Parce que la réticulation du polyol par le diisocyanate n'est effectuée qu'en partie, on emploie le terme de semi-prépolymères, ou encore de quasi-prépolymères. D'abord dans ce procédé, on ne fait réagir avec la totalité

de l'isocyanate qu'une partie de la quantité du polyol. Au moment de l'application, c'est-à-dire au moussage, cette masse de prépolymère est alors mélangée avec le complément du polyol, les additifs ainsi que le porogène, provoquant le foisonnement.

En général les prépolymères s'adoptent au moussage de mousses souples et de mousses rigides. Dans le cas des dernières, l'application est rare actuellement et on n'en emploie que des semi-polymères. Les mousses à la base de prépolymères sont blanches à cause de l'emploi du TDI, montrant des cellules très petites. Les cas d'application de prépolymères à la base de polyester-polyols sont rares. En tout cas l'usage des prépolymères n'a pas pu s'imposer en Allemagne.

C'est bien autre chose pour le mode de fabrication de la mousse de PU dit "one shot" qui fut mis au point finalement. Ici la réaction de polyaddition et le foisonnement sont strictement synchronisés.

Ce mode de fabrication présente le grand avantage que les polyols utilisés ne sont plus d'une viscosité élevée, puisqu'il n'y a pas de réticulation anticipée. Ils sont donc facile à manipuler et surtout bien meilleur marché que les mélanges prépolymérisés. Pour des raisons de couleur, le TDI, difficile dans l'emploi, est remplacé par le MDI, produit meilleur marché et moins toxique dans le cas de la mousse rigide par exemple, la résistance au retrait par refroidissement est meilleure. La raison est probablement le degré plus haut de la réticulation du squelette de la matière plastique, causé par une réaction lente à une température élevée. Pour compenser cette résistance mécanique réduite des produits one-shot, il convient d'utiliser certains additifs appropriés.

Le procédé "frothing" présente une variation spéciale de la fabrication de mousse rigide de PU. Celle-ci est fabriquée normalement à partir d'un prépolymère ou d'un produit "one-shot" et d'un porogène. Pour certains cas spéciaux, en particulier si la mousse en formation doit rester telle quelle en un emplacement déterminé, ou quand la mousse doit épouser complètement les formes d'espaces libres, même si celles-ci sont imparfaitement étanches aux liquides, ou quand il faut obtenir une densité apparente plus homogène quoiqu'il y a des points fortement étranglés dans la forme à remplir par la mousse, on a mis au point, le procédé "frothing".

Dans ce procédé on utilise comme porogène un mélange d'un produit inert avec point d'ébullition élevé, c'est-à-dire à l'état liquide à température ambiante, et un autre produit inert avec un point d'ébullition très bas, c'est-à-dire un produit gazeux à température ambiante. Celui-ci est donc incorporé au mélange par liquéfaction sous pression. Dès qu'il est projeté de la buse de mélange, il s'évapore en formant en un temps très court une mousse encore instable mais avec une aptitude à l'écoulement fortement réduit. Ce mélange préfoisonné est alors expansé définitivement par le porogène avec un point d'ébullition relativement élevé, libéré par la chaleur dégagée par la réaction de poly-addition, et durcit finalement. Le grand avantage de ce procédé, retenons le, est l'abaissement important de la pression de foisonnement, dans le cas de l'application de prépolymères. Mais ce procédé convient également à la mise en oeuvre des produits "one-shot" pourvu qu'on choisisse un pourcentage du porogène pour le préfoisonnement pas trop élevé. On arrive ainsi à une répartition plus homogène de la densité apparente, fait important dès qu'il faut mousser des formes géométriques relativement compliquées ou d'assez

grandes dimensions comme des meubles frigorifiques, ou dans le cas de l'isolation phonique par mousses semi-rigides et pour l'emballage.

Quant aux machines de fabrication il faut les adapter à la nécessité de garder en état liquide jusqu'au moment du mélange final le porogène de préfoisonnement, c'est-à-dire il faut le maintenir sous une pression (p.ex. air comprimé). Si le dosage est effectué par une pompe il faut assurer l'additionnement d'un lubrifiant. Pour le gaz inert utilisé comme matelas, il faut remarquer que certains porogènes pour préfoisonnement peuvent dissoudre d'assez grandes quantités d'air, fait à retenir en vue de la qualité de la structure cellulaire du produit expansé, petites quantités ne paraissent pas comme gênantes.

En résumant on peut diviser en procédés utilisant comme matières premières:

- prépolymère: premier produit d'une fabrication en deux temps comprenant tout le polyol avec la quantité voulue d'isocyanate
- semi-prépolymère ou quasi-prépolymère: premier produit d'une autre fabrication en deux temps, comprenant qu'une partie du polyol avec la totalité de l'isocyanate
- produit "one-shot": produit utilisé pour une fabrication en un seul temps

2.5.2 Formules de fabrication de mousses PU

Pour le foisonnement et transformation en mousse de matières premières de PU il est primordial que les proportions respectives de ces matériaux soient déterminées et réglées avec grande précision. C'est une nécessité absolue pour la mousse souple de PU, tandis qu'une certaine marge de tolérance peut être admise pour les mousses rigides de PU.

La détermination comprend surtout la quantité nécessaire d'isocyanate pour 100 parties de polyol. Elle peut être effectuée d'après l'indice d'hydroxyle du polyol. Quant aux polyester-polyols il faut se rapporter éventuellement à l'indice d'acide. Si le foisonnement est assuré par l'addition d'eau, il faut tenir compte du fait qu'une certaine quantité de l'isocyanate sera consommée par cette réaction en plus.

D'une façon générale fut établi la formule suivante:

partie d'isocyanate
pour 100 parties de
polyol = $\frac{\text{équivalent-gramme}}{\text{d'isocyanate}} \times$

$$\left(\frac{\text{indice d'hydroxyle} + \text{indice d'acide}}{561} + \frac{\% \text{ d'eau}}{9} \right)$$

L'indice d'acidité figure dans les spécifications du produit

L'équivalent gramme)TDI = 87
)MDI = 136

Une partie d'eau consomme 16 parties de MDI ou 10 parties de TDI, une partie d'un additif consomme des parties déterminées de MDI (à voir les spécifications).

La formule citée en haut n'est que de valeur générale. Normalement les fabricants des produits premiers fournissent aussi des formules précises pour une application bien déterminée, suivant les produits à transformer.

Quant à la teneur en activateur, elle est variable et déterminée en fonction du délai d'amorçage désiré. Pour les mousses rigides on utilise normalement de 0,5 à 1,5 parties pour 100 parties de polyol. Pour les mousses souples est utilisé comme activateur de plus en plus un mélange de triéthylènediamine et d'octanoate stanneux. Leurs proportions respectives sont variables et déterminées normalement par des essais du fait que les deux réactions du foisonnement et de la mise en masse sont en parfait synchronisme. Normalement sont employés entre 0,1 à 0,4 parties de "Dabco"^{*}) et d'environ 0,3 à 0,8 parties d'octanoate stanneux.

Il faut diriger la teneur en étain de telle façon qu'elle n'est pas trop faible, car alors le gaz porogène arracherait le squelette même de la mousse, ni trop élevé, pour éviter la consolidation de la matière plastique avant que les parois des cellules n'eussent été déchirées.

Aussi faut-il éviter un délai d'amorçage du foisonnement trop long, sinon l'isocyanate et le polyol se démélangeraient, n'assurant plus des caractéristiques homogènes de la mousse. D'autre part un délai d'amorçage extrêmement court permettra l'application au pistolet d'une mousse rigide contre des murs ou des plafonds sans risquer de couleures.

La proportion à ajouter d'huile de silicone est normalement comprise entre 0.5 et 2.5 parties pour 100 parties de polyol. On peut ainsi régler le degré d'homogénéité.

^{*}) marque déposée

2.5.3 Description des machines pour la fabrication de mousse PU

2.5.3.1 Remarques préliminaires

Le procédé de transformation des matières premières en mousses PU se déroule essentiellement en deux étapes

- mélange des matières premières
- réaction des matières premières, ou étape de moussage proprement dite.

Pour assurer la production d'un produit avec une structure cellulaire aussi régulière que possible, il faut que le mélange de tous les composants se déroule dans le délai du temps de mélange disponible (déterminé par la nature des composants et leur proportion relative) et donne un produit d'une parfaite homogénéité.

Dans le cas d'essai ou de production expérimentale ou de production à très petite échelle le mélange est effectué à la main au moyen d'un agitateur mécanique: mélange intime du polyol avec l'activateur, les additifs et le porogène. Finalement est ajouté par brassage l'isocyanate en quantité nécessaire. Le brassage de l'isocyanate doit être achevé avant que ne commence la réaction du foisonnement. Autrement la qualité de la mousse serait détournée.

Vu le temps de mélange très limité il est impossible de préparer pour stockage des charges homogènes de tous les composants pour une production en grande série. Dans ce cas il faut appliquer des machines qui permettent la production rapide du mélange demandé, en quantité voulue avec un degré de reproduction élevé. En principe on introduit dans ces machines les différents composants, soit séparément, soit prémélangés, en quantité dosée dans un rapport voulu. Dans la chambre de mélange, la "tête" de ces machines, le mélange définitif est achevé par un système de brassage approprié.

Avec des machines on a le choix, suivant le cas de l'application, de travailler en continu-éjection sur bande ou en discontinue-éjection dans un moule.

On a mis au point deux types principaux de machines:

- machines haute pression
- machines basse pression ou pression modérée

3.5.3.2 Machines haute pression

Dans les machines haute pression le mélange homogène est achevé par des injections à contre-courant de deux composants, analogue au principe de fonctionnement du broyeur à projection (voir fig.1). Normalement les additifs et le porogène sont ajoutés au polyol avant qu'il ne s'effectue le mélange avec l'isocyanate dans la petite chambre de mélange, où ces matières sont soumises à des fortes pressions, qui sont de l'ordre de 100 kg/cm^2 . Ainsi réduit-on également la viscosité élevée du polyol. Les machines fonctionnent d'une façon satisfaisante lorsque la viscosité ne dépasse pas $1,500 \text{ cP}$. Les lubrifiants nécessaires font partie des additifs. La viscosité peut être réduite aussi par un préchauffement de la pompe et du réservoir pour le polyol. Le porogène ainsi que les additifs sont mélangés au polyol par des pompes distinctes à piston qui sont incorporés dans le même circuit que le polyol à côté de l'aspiration de la pompe pour le polyol pour en réduire la viscosité.

Toute pression et le dosage des deux composants, le polyol avec les additifs et le porogène d'un côté, l'isocyanate de l'autre, sont achevés par deux pompes à piston qui travaillent en parfait synchronisme.

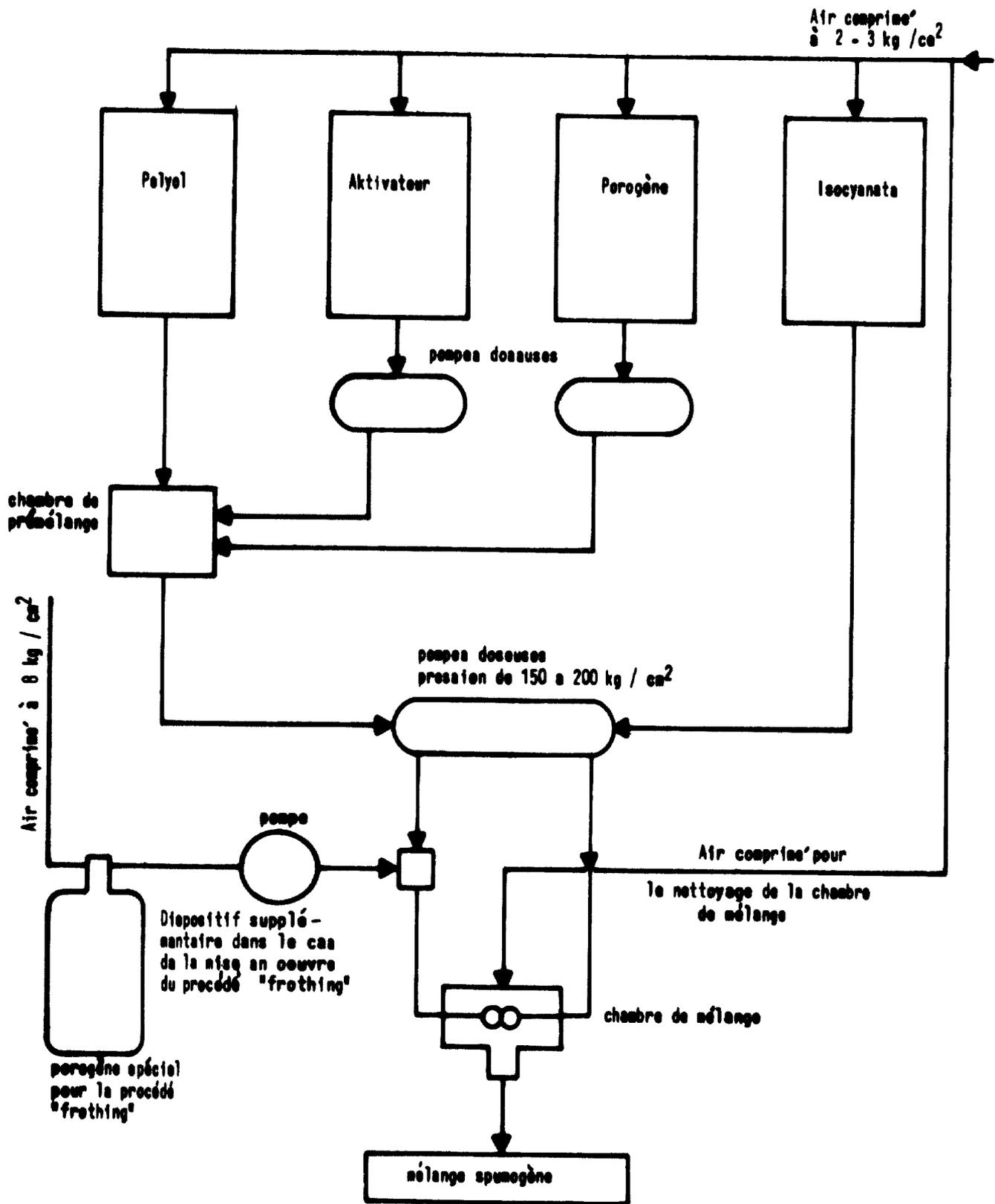


Schéma de la machine haute pression avec le dispositif auxiliaire pour la mise en oeuvre du procédé "frothing" et dosage séparé du perogène spécial

Figure 1

Pour éviter les soi-disant "avant coulant" ou "après coulant", dus aux viscosités différentes des deux composants, qui peuvent réduire la qualité voulue du produit, chaque piston des deux pompes principales est armé en principe d'une chambre d'accumulation et les pompes d'une soupape de sécurité.

Pour répondre aux dosages nécessaires suivant les différentes formules pratiquées, on peut régler la quantité débitée par chaque coup de piston en tournant les éléments du piston le long d'une crémaillère, influençant ainsi la durée de l'ouverture de l'orifice d'aspiration. La quantité débitée est aussi une fonction directe du nombre de pistons de chaque pompe et de leur volume ainsi que de la vitesse de rotation. Normalement la commande pour les deux pompes principales est effectuée par un moteur synchron et un dispositif de réglage pour la vitesse du moteur n'est pas prévu, et le tout ne fonctionne que lorsque le mélange spumogène est déchargé définitivement.

Dans le cas du procédé "frothing", certaines mesures doivent être appliquées pour assurer que le porogène reste sous pression et en état liquide - introduction du porogène spécial dans le circuit de refoulement de la pompe à piston pour le polyol.

Retenons comme grands avantages des machines haute pression qu'elles permettent un dosage précis, pourvu que la viscosité ne soit pas trop élevée, de projeter le mélange spumogène au pistolet et le nettoyage de la petite chambre de mélange est relativement facile à faire par de l'air comprimé et ainsi peu coûteux, parce qu'on n'a pas besoin de solvants toxiques. Dès qu'on met en oeuvre une buse de pulvérisation le nettoyage est effectué par un "après-coulant" du composant polyol.

Mentionnons encore comme autre avantage que les machines haute pression permettent la combinaison éventuelle des procédés en continu et en discontinu. Retenons en outre, que la tendance de développement actuelle des machines est vers les machines haute pression. Certains procédés de moussage, mis en oeuvre récemment ne sont possibles qu'en utilisant des machines haute pression.

Comme désavantages on peut énumérer que ces machines ne permettent pas de travailler des matières premières d'une viscosité élevée et qu'elles sont très sensibles à toute impureté, surtout du côté de l'isocyanate, où peut se produire une réaction avec de l'humidité, par exemple provenant de l'air ambiant.

2.5.3.3 Machines basse pression

Du point de vue de construction on constate une grande différence entre les deux types de machines. Dans le cas des machines basse pression ce sont d'abord des pompes à engrenage qui assurent l'alimentation. Ensuite les composants sont menés en circuit fermé, de la pompe à la tête de mélange d'où ils rentrent au réservoir d'alimentation (voir fig. 2). Un système de pistons et de gicleurs opère de telle façon qu'ils n'entrent dans la chambre de mélange qu'au moment de l'opération du foisonnement. Pendant ce temps les conduits de recyclage sont fermés. La pression dans la chambre de mélange ne dépasse pas 10 kg/cm^2 . Un agitateur mécanique tournant à grande vitesse assure le mélange des composants. L'opération de foisonnement terminée il faut nettoyer la chambre avec des solvants et sécher avec de l'air comprimé. Normalement on ne travaille pas avec des composants prémélangés, mais chacun arrive par son propre conduit envoyé par sa propre pompe. Ainsi le débit peut être réglé pour chaque composant séparément en agissant soit sur le volume d'alimentation des pompes, soit sur

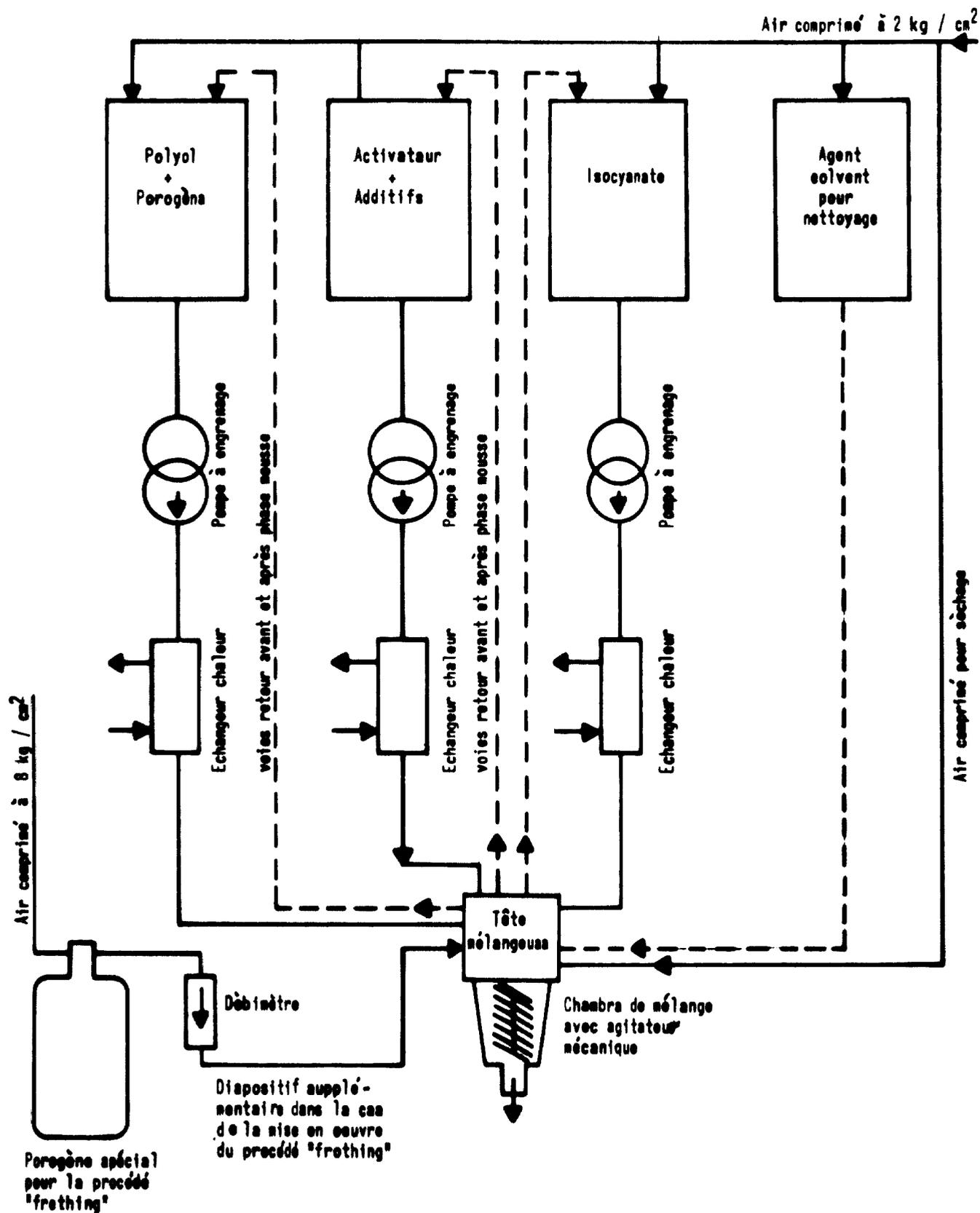


Schéma de la machine basse pression mélange à trois composants avec le dispositif auxiliaire pour la mise en oeuvre du procédé "frothing" et dosage séparé du porogène spécial

Figure 2

la vitesse de rotation (courant continu), par un dispositif électronique sensible. Il y a un certain avantage dans ce système, qui ne demande pas un réglage des pompes à chaque remise en marche.

En ce qui concerne l'application du procédé "frothing", elle est possible pourvu que la chambre de mélange soit munie de soupapes pour maintenir une pression élevée nécessaire pour garder le porogène à l'état liquide. Pour ce cas spécial fut développé le mélangeur "hélix", où, à l'aide d'une spirale étroite à travers laquelle sont forcés les composants, est effectué le brassage sous une forte pression dynamique.

L'avantage des machines basse pression présente la possibilité de travailler des liquides d'une très forte viscosité avec une précision suffisante, d'autant plus que le fonctionnement n'est point affecté par quelques impuretés dans les composants.

Le désavantage vient de la nécessité de procurer un dispositif échangeur de chaleur pour refroidir les composants pendant le recyclage.

Comme autre type de machines on connaît encore un système où tous les composants différents sont envoyés par de l'air comprimé, chacun dans un cylindre distinct, en quantité réglée. Au moment de l'opération du foisonnement chacune de ces quantités est envoyée, dans un délai très court par un piston dans la chambre de mélange où un agitateur mécanique assure le brassage intime. On se sert de ces machines particulièrement pour un foisonnement en moules et pour une fabrication de pièces de faibles dimensions.

2.5.3.4 Machines pour moussage en continu

Toutes ces machines se prêtent au foisonnement en moules de toutes les matières spumogènes, fabrication de mousse souple, semi-rigide ou rigide.

Dans certains cas cependant, on préfère travailler en continu: le mélange est envoyé sur un convoyeur à bande. Ainsi est-il possible de fabriquer des blocs jusqu'à plus de 2 m de largeur, 70 cm de hauteur et 60 m de longueur. Ceci s'applique surtout pour la mousse souple, mais aussi pour la mousse rigide.

A cause de la grande réactivité des mélanges pour mousse souple on ne peut pas travailler avec des composants tout préparés et prémélangés mais il faut effectuer séparément l'alimentation en polyol, l'activateur et le porogène et les additifs. On fait introduire les matières premières dans une chambre de mélange où un agitateur mécanique tournant à très grande vitesse assure le brassage. A cause de sa viscosité élevée on ne peut pas non plus assurer l'alimentation en polyol par une pompe à piston mais il faut utiliser une pompe à engrenage.

Le convoyeur à bande montre une pente légèrement descendante, pour un développement homogène de la mousse. Le foisonnement s'effectue sur une bande de papier qui couvre également les flancs pour empêcher le collage de la mousse formée ainsi qu'un écoulement latéral.

Généralement le convoyeur à bande passe dans un tunnel protecteur muni d'un aspirateur pour empêcher toute intoxication du personnel par des vapeurs TDI libérées.

Pour la fabrication en continu de plaques de mousse rigide il faut limiter l'épaisseur de la couche de mousse par une contre-bande - convoyeur à deux bandes transporteuses. En plus, le mélange intime des matières de base est envoyé sur la bande par une buse de pulvérisation qui se déplace entre les deux bandes latéralement sur toute la largeur. Ainsi est-il possible de foisonner entre des couches flexibles ou rigides, comme des nappes en carton bitumé, des plaques de contreplaqué ou de plâtre ou encore des tôles métalliques.

2.5.3.5 Machines pour moussage en discontinu - Moules

La fabrication de mousse PU en moule gagne de l'importance de plus en plus.

Pour la mousse semi-rigide et structurée on n'emploie que le moussage en moules. C'est le même pour la mousse rigide, dont on ne peut pas encore utiliser les déchets lors d'une confection éventuelle. Seul dans le cas du convoyeur à deux bandes transporteuses connaît-on une certaine production en continu ou semi-continu, où l'ensemble de la machine avec les couches encadrant la mousse en formation présente une sorte de moule.

En ce qui concerne la mousse souple la plus grande partie est toujours foisonnée en continu sur un convoyeur à bande. Mais là aussi on préfère souvent maintenant fabriquer des produits déterminés comme des sièges p.ex. en moules pour gagner du temps dans le délai de fabrication et pour économiser sur les installations nécessaires. En tout cas un confectionnement est toujours largement répandu, du fait qu'on peut utiliser les déchets dans une fabrication avale.

Il faut souligner qu'un foisonnement en moules est justement le procédé approprié aux matières premières et leurs produits de réaction, puisque la mousse peut remplir très facilement des formes géométriques compliquées en gardant des caractéristiques physiques prédéterminées. En plus la mousse s'unit efficacement par collage avec presque tous les matériaux.

Ainsi faut-il retenir quelques particularités pour le moussage en moules sortant de la nature du mélange réactif. Il est important d'utiliser des moules avec des surfaces très lisses, partant ou un agent de démoulage ou d'interposer une feuille de matière plastique qui alors fait partie de la pièce moulée (on utilise comme matières plastiques des couches de polyoléfines, le polyéthylène ou polypropylène, aussi de polytétrafluoréthylène ou encore de caoutchouc de silicone). Sans prendre ces précautions il est presque toujours impossible d'assurer un démoulage correct. Certains produits, comme des cires à point de fusion élevé et d'une température de ramolissement de 100 à 120°C, ont été mis au point pour assurer un démoulage facile.

En ce qui concerne la forme géométrique du moule, il faut éviter des contredépouilles. Autrement le démoulage serait difficile ou même impossible. Autre nécessité à observer quant à la forme géométrique, il faut éviter des étranglements qui peuvent causer une augmentation de la densité apparente de la mousse ou une dégradation de sa structure. Ainsi faut-il prévoir des voies d'écoulement du mélange réactif aussi courtes que possible et de préférence de même longueur. Autrement il peut se produire que la mousse commence à se former en un endroit, en exerçant une poussée sur d'autres parties où la formation est relativement tardive. Pour cette raison il faut ajuster le délai de la réaction du mélange spumogène, donc sa composition, à la situation conditionnée par la géométrie du moule pour éviter des repliures possibles dans la mousse et une des intégrations de sa structure.

Au moment de la formation de la mousse au sein du moule l'air est refoulé. Puisque cet air ne doit pas pénétrer cette mousse, il faut prévoir des évents aux points les plus hauts du moule et c'est pour cette raison que les moules sont souvent légèrement inclinés sur leur support. Même de petites quantités d'air restant dans le moule entraîneraient une dégradation de la qualité de mousse obtenue.

Comme matériel pour les moules on utilise avant tout de l'acier, des alliages variés et de l'aluminium. Des essais ont été effectués avec diverses matières plastiques, y inclus des polyuréthanes extrêmement denses, qui avaient comme résultat qu'on en peut utiliser pour des petites séries. Puisque les métaux présentent un très bon conducteur pour la chaleur développée au cours du foisonnement il convient de chauffer les moules pour garantir un foisonnement homogène, d'où structure homogène.

Sinon on obtient une densification excessive des zones marginales du corps moulé, densification qui est souvent indésirable ou inutile et qui signifie un gaspillage en matières premières. En chauffant les moules par l'extérieur il est également possible de réduire la durée du foisonnement et ainsi d'accélérer le cycle du travail. Habituellement on travaille à une température comprise entre 30 et 50°C. Il est important de garder strictement la température une fois déterminée et choisie par des essais, puisqu'elle exerce une grande influence directe sur le résultat du foisonnement.

A la suite du foisonnement des moules on obtient certaine densification. Ainsi la densité apparente et finale est toujours supérieure à celle que l'on obtient lors d'un foisonnement en espace libre. Autrement dit, au cours du foisonnement dans un moule se développe une certaine pression, suivant la composition du mélange spumogène et la quantité introduite, qui peut varier de 0.4 à plus de 3 kg/cm².

C'est un fait dont il faut tenir compte pour la détermination de la quantité à introduire et pour la construction des moules. La situation actuelle est telle, qu'il est possible de produire en grande série et avec une précision et exactitude étonnante sur un même moule.

2.5.3.6 Machines auxiliaires

En amont de la production du mélange spumogène on a besoin des réservoirs pour les matières premières. Dès qu'on travaille avec un débit important on peut en pomper directement tous les composants. Dans le cas normal, on pompe les composants des réservoirs de réserve dans les réservoirs de production, d'où il entre finalement dans la machine. En tout cas il convient de maintenir la salle des réservoirs comme l'atelier proprement dit à une température plus ou moins constante entre 18 et 22°C.

Dans le cas de production en continu sur convoyeur à bande on a besoin de machines pour découper, fraiser, scier et percer le bloc de mousse PU. Dans le cas de moussage froid il faut fouler les blocs en plus. On peut se priver de toutes ces machines de production avale 's qu'on effectue le foisonnement en moules.

2.5.3.7 Conseils généraux pour l'entretien des machines

Du fait qu'on transforme des matières premières chimiquement très réactives il faut travailler avec la propreté la plus grande possible. Du point de vue de construction des machines similaires en ce qui concerne le fonctionnement peuvent montrer de fortes différences pour un nettoyage aisé et efficace. Pour éviter un non-fonctionnement éventuel des machines il convient de transformer des matières premières privées de toutes impuretés, c'est-à-dire d'une haute qualité certifiée et garantie.

Les machines basse pression disposent normalement d'un réservoir spécial avec un solvant pour rincer la chambre de mélange après chaque opération. Suite au rinçage la chambre est balayée et séchée avec un jet d'air comprimé.

Dû à la chambre de petites dimensions dans les machines haute pression le nettoyage se fait simplement par un jet d'air comprimé après chaque opération, mode de nettoyage plus simple et moins coûteux. Seulement les appareils annexes demandent un nettoyage par solvant de temps en temps.

Les précautions habituelles doivent être observées pour éliminer les dangers provenant des vapeurs toxiques des solvants.

En tout cas est-il préférable d'éviter tout encrassement des machines par une mousse foisonnée, puisque le nettoyage est alors beaucoup plus difficile et exige beaucoup de temps, d'autant plus que des solvants appropriés ne sont pas trop efficaces.

2.5.3.8 Producteurs des machines et installations

Principaux constructeurs de machines d'emploi courant en R.F.A. pour la fabrication de mousse PU.

Constructeur	Provenance	Type de machine
ADMIRAL	U.S.A.	machines basse pression
ALLBAU	R.F.A.	machines Admiral, installation de moulage en plaques par bande transporteuse
BINKS	U.S.A.	machines basse pression
DESMA	R.F.A.	machines pour l'injection ou le coulage de semelles, basse pression
DROSTHOLM	Danemark	machines basse pression
EISENMANN	R.F.A.	installations pour mousage de réfrigérateurs et de meubles
HENNECKE	R.F.A.	machines haute pression (HK) et basse pression (HZ); convoyeurs à deux bandes transporteuses
KANNEGIESSER	R.F.A.	automates pour mousage, éléments de fermeture, supports de moules
KRAUSS-MAFFEI	R.F.A.	machines haute pression
KUNSTSTOFF-BURO OSNABRÜCK	R.F.A.	Installations basse pression pour foisonnement en moule de mousses rigides, semi-rigides et souples
SECMER	France	éléments de fermeture, supports de mousage, petits automates pour mousage
VIKING	Angleterre	machines basse pression; installations pour moulage en plaques par bande transporteuse
ZIPPEL	R.F.A.	machines basse pression

3. Description des installations

3.1 Remarques préliminaires

En résumant l'énumération d'installations potentielles pour la production de mousse PU en Algérie, décrite au chapitre 2, il convient de différencier les installations en :

- installations indépendantes, et
- installations à intégrer dans un procédé de montage.

Comme installations indépendantes ont été déterminé :

- installations pour production de mousse souple PU en blocs et en continu
- installations pour production de semelles de chaussures à base de mousse structurée PU
- installation pour production d'éléments de construction à base de mousse rigide PU, type "HOESCH ISOWAND"
- installation mobile pour la fabrication d'isolations à base de mousse rigide PU aux chantiers de constructions.

Comme installations à intégrer dans un procédé de montage ont été déterminé :

- fabrication de pièces moulées à base de mousse souple PU par foisonnement froid pour l'industrie automobile
- fabrication de pièces moulées à base de mousse structurée PU pour l'industrie automobile
- moussage de l'isolation à base de mousse rigide PU au cours du montage de meubles frigorifiques.

Comme capacités sont à retenir :

type de mousse	application	capacité
	mousse en blocs	4,000 tpa
mousse souple	industrie automobile	minimum de 300.000 pièces par an, dépendant du modèle de voiture choisie, correspondant à 500 tpa
mousse semi-rigide et structurée	semelles de chaussures	1.000.000 pièces par an (phase de démarrage) *1
	industrie automobile	minimum de 300.000 pièces par an, dépendant du modèle de voiture choisie correspondant à environ 300 tpa
mousse rigide	éléments de construction (sandwich)	240.000 m ² /an (phase de démarrage) correspondant à environ 600 tpa
	installation mobile pour isolation aux chantiers	inconnu
	isolation de meubles frigorifiques	en fonction de la capacité planifiée retenue pour le complexe de Tizi Ozou *2

Il convient de former un complexe à Alger des installations pour fabrication de mousses PU, qui ne sont pas à intégrer dans un procédé de montage prédéterminé, pour des raisons suivantes :

- * 1 correspondant à 100 à 150 tpa
- * 2 correspondant à environ 300 tpa

- économies sur les installations de stockage des matières premières et des produits finaux et simplification générale de celle-ci
- réduction des frais généraux (administration, département d'achat et de vente, atelier de réparation, atelier d'essais, atelier pour contrôle de la qualité des produits, etc)
- réduction des frais pour l'infrastructure et bâtiment
- formation centralisée des ouvriers, remplacement plus aisé en cas de maladie, vacances etc.
- l'énergie électrique, etc est à la disposition de l'utilisateur à Alger

3.2 Installations intégrées

Les installations intégrées dans un procédé de montage (fabrication de meubles frigorifiques, fabrication de pièces pour l'industrie automobile) ne sont pas décrites dans le cadre de cette étude, parce que de telles installations sont à adapter à l'ensemble d'un complexe de montage. Néanmoins furent évalués les plans pour l'installation prévue qui sera intégrée dans le complexe de montage de meubles frigorifiques à Tizi Ozou et il fut trouvé que cette installation est adaptée au mieux aux conditions existantes. Dû au fait que le modèle de voiture à monter en Algérie n'est pas encore connu la description d'une installation à intégrer dans ce complexe de montage sera prématurée. Retenons seulement que le moussage de pièces à base de PU sera possible, augmentant ainsi le taux du pourcentage de l'attribution nationale dans le cadre de cette fabrication.

3.3 Installations indépendantes

En ce qui concerne la description des installations indépendantes, à grouper dans un complexe à Alger, elle ne peut être que d'un ordre général, autrement on donnerait la description de modèles d'une maison choisie.

Il faut prévoir la possibilité d'un stockage assez important pour assurer une production en continu et sans interruption dû à des délais toujours possibles dans la livraison des matières premières.

Quant aux installations de machines il convient de choisir des modèles haute pression ou pression modérée. Les informations reçues auprès des fabricants montrent clairement la tendance d'une fabrication plus répandue de ces machines puisqu'elles offrent un champ plus large de possibilité d'application et des avantages dans l'entretien.

Il convient également d'acheter ces machines auprès d'un seul fabricant offrant la gamme de toutes les machines possibles pour se réserver au maximum un service efficace d'après vente.

Pour la fabrication de mousse souple en blocs et en continu la masse spumogène est débitée de la tête de la chambre de mélange sur un tapis roulant. Le foisonnement se produit dans un tunnel chauffé, la mousse étant encadrée sur trois côtés avec une bande de papier. Ainsi un développement libre vers le haut est possible. Après un certain temps de durcissement la mousse mure est confectionnée à l'aide de machines spéciales.

Pour la fabrication de semelles de chaussures on connaît surtout deux modes de fabrication - l'un à basse pression la mousse spumogène étant débitée dans des moules, chauffés électriquement et montés sur une table tournante, - l'autre à haute pression, les moules reposant sur un convoyeur qui passe par un tunnel chauffé.

Pour la production d'éléments de construction sur une installation à double convoyeurs tout se passe en principe comme pour la mousse souple, avec la différence que cette fois-ci la mousse (dont la formulation est différente bien entendu) est encadrée de tous les côtés par des matériaux servant comme couches de recouvrement. Bien des matériaux sont employés - des lames de métal (plastifiées, galvanisées etc) du contre-plaqué, du carton bitumé, des plaques de plâtre etc. Le calcul de rentabilité pour cette installation fut effectué dans cette étude pour un seul produit éléments de construction de la plus haute qualité. Mais cette installation permettra l'application des autres matériaux également.

4. Calcul de rentabilité pour un complexe de mousse
PU à Alger

Pour ce calcul il fut supposé que

- le prix du terrain est nul du fait qu'on utilise du terrain appartenant à la SNCG
- qu'on peut utiliser, au moins en partie, des ateliers de production. Quoique qu'il faille aménager ces installations afin qu'elles soient adaptées à la production de mousse PU, il fut calculé avec un prix de construction général de 1.200 DA/m².
- qu'il n'y a pratiquement pas de frais de transport du port au lieu de transformation des matières premières, étant donné que les ateliers de la SNCG se trouvent dans la zone portuaire
- que 50 % de la somme totale d'investissement soit mobilisée sous forme de ressources propres, les autres 50 % sous forme d'emprunt
- que la prime d'assurance-incendie est de 10 % , du fait qu'on installe des crépines d'incendie et qu'on persuade l'assurance du fait que les matières premières ne sont pas, en partie, inflammables
- que les produits finaux sont vendus directement ex usine, au frais du consommateur de sorte qu'il n'y ait ainsi pas de stockage important de produits finaux
- que les installations sont utilisées par une seule équipe par jour - d'où facilité d'augmenter le débit
- que l'administration existante de la SNCG peut être intégrée en partie
- qu'on produira des éléments de construction type "HOESCH-ISOWAND", c'est-à-dire un produit de la plus haute qualité
- que le taux d'intérêt s'élève à 7 pour cent.
- que le coût d'énergie électrique est de 0,073 DA/KWh.

- que les installations travaillent dès le début à 80 % de leur capacité. Ce chiffre fut retenu pour des raisons techniques, il ne représente pas une capacité du marché. Néanmoins les capacités de production retenues (sauf cas mousse PU souple) sont considérées comme optimales vu la situation actuelle du marché algérien. Dès que la situation changera, c'est-à-dire, dès que les produits nouveaux seront introduits sur le marché algérien, le débit de production peut être facilement augmenter, soit en augmentant le débit propre de l'installation, soit en augmentant l'horaire total du travail.

Le complexe de production PU à Alger comportera 3.000 m², y inclus l'administration, l'atelier de réparation et des espaces pour stockage :

- l'installation pour production en continu de mousse souple PU en prendra 35 % (environ 1.000 m²)
- l'installation pour pièces moulées, semelles de chaussures de mousse intégrale de PU en prendra 15 % (environ 500 m²)
- l'installation de double convoyeur pour panneaux de construction à base de PU en prendra 50 % (environ 1 500 m²)

Dans le cadre de cette étude il n'est pas possible de donner des descriptions plus détaillées (layout), parce que l'espace nécessaire dépend directement du modèle d'installation choisi. Les indications représentent des valeurs moyennes.

Table 1 indique les capitaux exigés pour l'investissement pour la construction du complexe PU à Alger.

Table 1 Capitaux exigés pour investissement pour la complexe PU Alger

	Installation pour production en continu de mousse souple de PU	Installation pour pièces moulées de PU, parties de soulers	Installation de double convoyeur pour pannaux de construction
1) Bâtiments	35 %	15 %	50 %
adaptation des installations existantes, climatisation et renouvellement, avec administration, atelier de réparations, espace pour stockage matière première et produits finaux		3 000 m ² à 1 200 DA / m ² 3,600 000 DA	
+ 10 % imprévu	1,260 000 DA	540,000 DA	1 800 000 DA
+	126 000 DA	54 000 DA	180 000 DA

somme 1 national	1,386 000 DA	594,000 DA	1 980 000 DA

2) Machines avec réservoirs et installations auxiliaires frais know-how (Hoesch) emballage, transport, assurances 10 %	450 000 DM	190,000 DM	2,700 000 DM
			550 000 DM
	45 000 DM	19 000 DM	270 000 DM

somme intermédiaire	495 000 DM	209 000 DM	3 520 000 DM
+ 10 % imprévu	49 500 DM	20 900 DM	352 000 DM

somme intermédiaire	544.500 DM	229 900 DM	3 872 000 DM
+ 9 % pour assemblage et rodage	48 900 DM	20 700 DM	348 500 DM

somme -2- toutes les machines assemblées	593 400 DM	250 600 DM	4 220 500 DM

somme -3- (1+2)	1,398.000 DM	596 100 DM	5 371 000 DM
+ 5% capital de démarrage	69.500 DM	29 800 DM	268 500 DM

somme (4)	1,458.500 DM	625 900 DM	5 639 500 DM
somme totale d'investissement	1,458.500 DM	626 000 DM	

somme totale en Dinars	2,509,000 DA	1,077 000 DA	9 700 000 DM

(1 DM = 1,72 DA)			

La consommation en matières premières et auxiliaires est rapportée ci-après.

Il est extrêmement important de noter que les chiffres concernant les quantités et qualités (donc les prix) ne peuvent être qu'approximatifs. Dans le cadre de cette étude on ne peut pas déterminer exactement le produit final d'une installation. Dans le cas des polyuréthanes des possibilités de quantité infinie existent. Ainsi les indications données se rapportent à des conditions générales.

- 1) Consommation pour production de mousse souple en continu (en blocs): capacité 4.000 tpa, masse volumique $45 \pm 3 \text{ kg/m}^3$ (indications basées sur une recette générale). C'est un produit de qualité exigée en Europe - sont vendues en Algérie des mousses souples d'une masse volumique de 20 à 22 kg/m^3 seulement.

Frais totaux de matières	
premières à l'importation	11.550.000 DM
Droits douaniers 3,5 %	405.000 DM
	<hr/>
	11.955.000 DM
Taxe unique à l'importation	
25 %	3.000.000 DM
	<hr/>
	14.955.000 DM
correspondant à	25.791.000 DA

- 2) Consommation en matières premières et auxiliaires pour production de semelles de chaussures, masse volumique $280 \pm 20 \text{ kg/m}^3$, capacité 500.000 paires par an, poids moyen 100 g/semelle, d'où 100 tonnes par an, (indications basées sur une recette générale)

The annexes regarding the calculation of the material requirements and the costs for the factory used

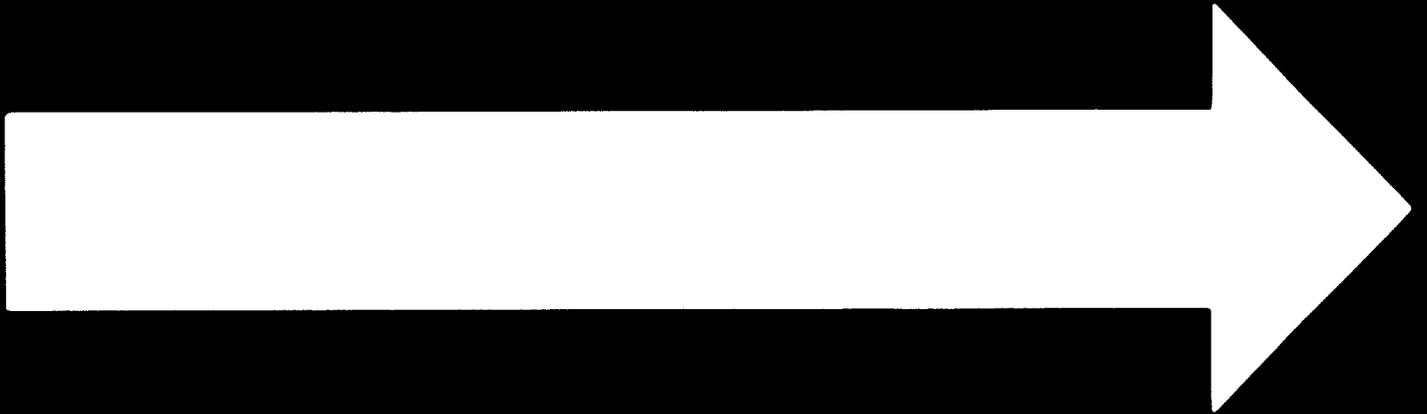
BALLEHE INSTELLEVA FRANKFURT AM MAIN

Frais totaux de matières premières et auxiliaires à l'importation	443.700 DM
Droits douaniers 3,5 %	15.530 DM
	<hr/>
	459.230 DM
taxe unique à l'importation 25%	114.800 DM
	<hr/>
	574.030 DM
correspondant à	987.300 DA
	=====

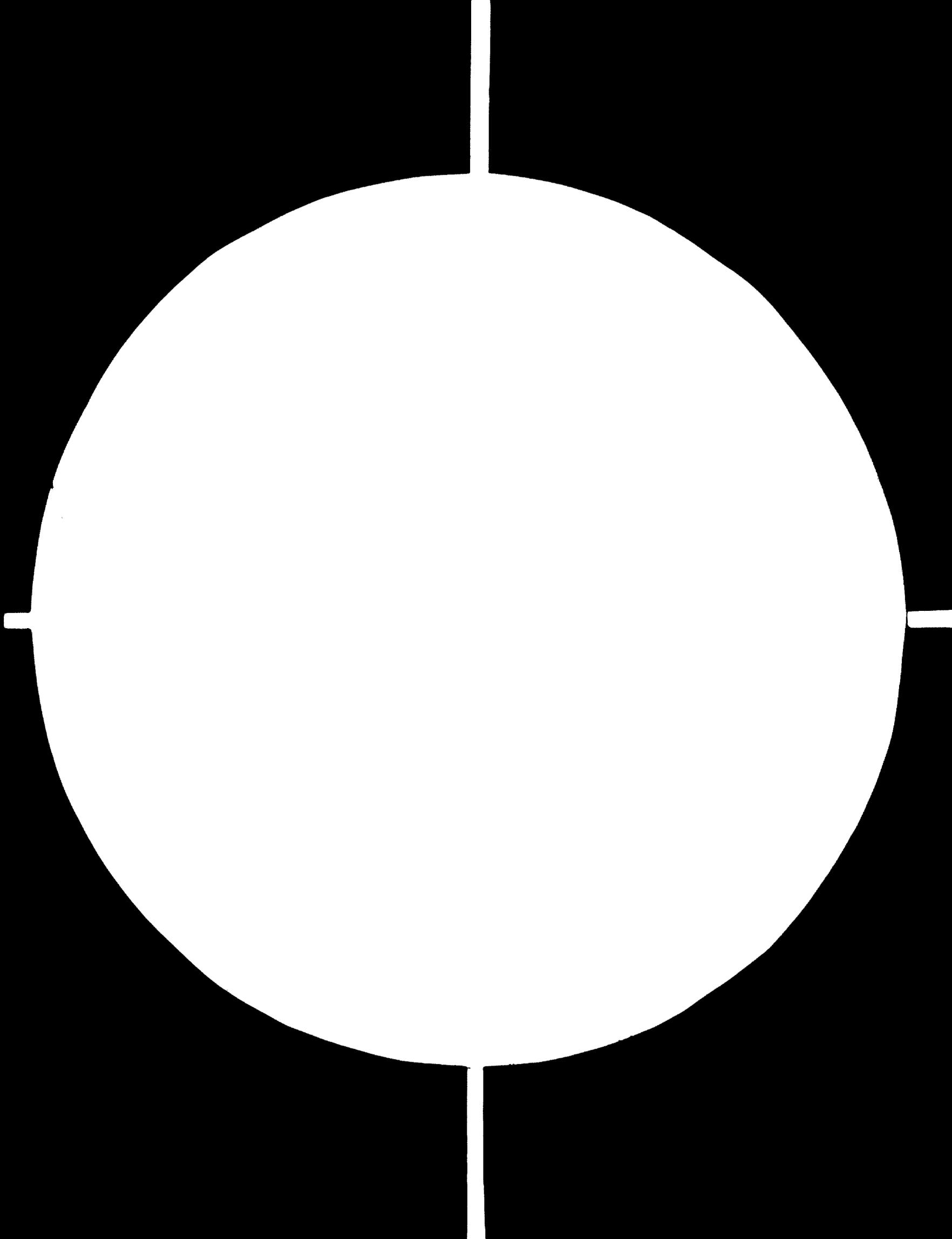
3) Consommation en matières premières et auxiliaires pour production d'éléments de construction de la plus haute qualité, type "HOESCH - ISOWAND", masse volumique de la mousse 40 kg/m³, capacité mousse 580 t par an

Frais totaux de matières premières et auxiliaires pour mousse à l'importation	1.584.000 DM
Droits douaniers 3,5 %	55.440 DM
	<hr/>
	1.639.440 DM
Taxe unique à l'importation 25 %	409.850 DM
	<hr/>
Somme 1	2.049.290 DM
Coils de plaques métalliques	3.984.000 DM
Droits douanes 4 %	159.360 DM
	<hr/>
	4.143.360 DM
Taxe unique à l'importation 25 %	1.035.825 DM
	<hr/>
Somme 2	5.179.185 DM
Somme 1 + 2	7.228.500 DM
correspondant à	12.433.000 DA

B-106

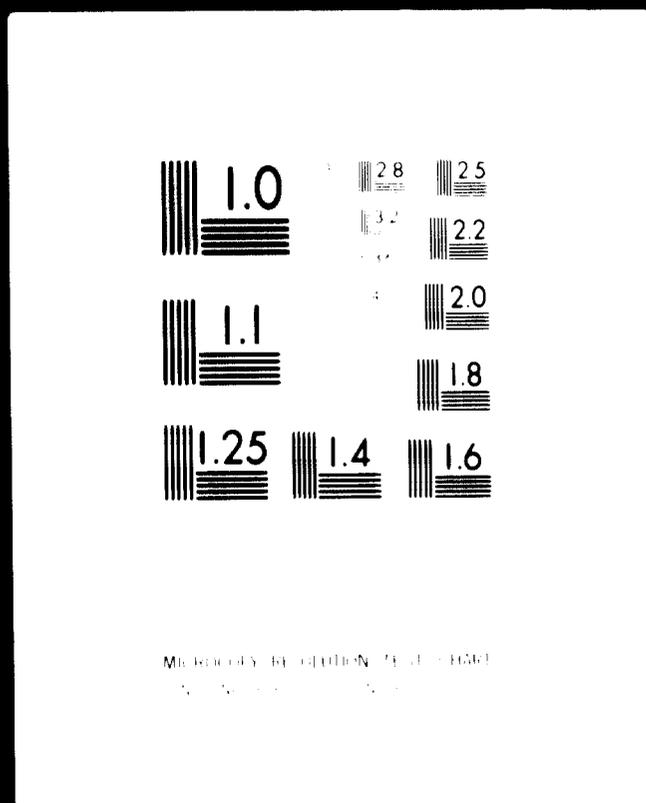


80.02.20



3 OF 3

07988



24x
C

Le complexe production PU travaillera avec

- un chef de fabrication,	50.000 DA/ an
- trois techniciens	126.000 DA/ an
- trois contremaîtres	66.000 DA/ an
- un électricien	19.000 DA/ an
- vingt ouvriers	200.000 DA/ an
donc 28 employés	<u>451.000 DA/ an</u>

installation mousse souple	installation semelles chaus- sures	installation éléments sandwich
	chef	
technicien	technicien	technicien
contremaître	contremaître	contremaître
	électricien	
8 ouvriers	5 ouvriers	7 ouvriers

Le coût moyen par employé s'élève à 22.500 DA/an.

Les frais d'énergie nécessaire pour chaque installation par an sont déterminés comme suit:

- installation mousse souple :	22.000 DA (environ 150 kWh)
- installation semelles de chaussures :	18.000 DA (environ 120 kWh)
- installation éléments sandwich :	25.000 DA (environ 170 kWh)

Les frais pour l'assurance pour les différentes installations furent déterminés comme suit - assurance de responsabilité civile exploitation, 0,75 % sur les salaires, assurance vol exploitation, 4 % sur 1/25 de l'investissement machines, assurance dégâts des eaux, 1,5 % sur 1/10 de l'investissement total et assurance-incendie 10 % sur l'investissement total

- installation mousse souple 57,900 DA
- installation semelles chaussures 16.600 DA
- installation éléments de construction 126.500 DA

Les frais totaux de production sans tenir compte de l'amortissement sont indiqués dans la table 2.

Les frais de production pour l'installation de mousse souple en blocs sont indiqués dans la table 3.

Table 3 : Calcul des frais de production mousse souple en blocs

Amortissements	frais par année
- bâtiments 4 %	55.400 DA
- machines 20 %	204.000 DA
Frais d'entretien et réparations 5 %	51.500 DA
Salaires	180.000 DA
Matières premières et auxiliaires	25.791.000 DA
Assurances	57.900 DA
Energie	22.000 DA
	<hr/>
Somme frais de production	26.362.800 DA
Frais généraux 11 % du chiffre d'affaires	4.587.000 DA
	<hr/>
Somme prix de revient	30.949.000 DA
Marge de profit 10 % du chiffre d'affaires	3.439.000 DA
	<hr/>
Chiffre d'affaires net (82,47 %)	34.388.000 DA
Taxes (TAIC, TUGP:) 17,53%	7.310.000 DA
	<hr/>
Chiffre d'affaires brut	41.698.000 DA
	=====

Table 2 Frais tubaux de production (sans amortissements) pour le complexe PU à Alger

installation de production	capacité effective de 80 %	prix tubaux matières premières et auxiliaires	frais d'énergie	frais assurance	frais salaires
ensemble	4,000 tpa	25,791,000 DA	22 000 DA	57 900 DA	100 000 DA
ensemble pour semelles chapeaux	500.000 mètres (100 tpa)	907,300 DA	18 000 DA	16 600 DA	112 500 DA
ensemble éléments de construction type "Pneumat" (ensemble)	240.000 m ² (500 tpa)	12 433 000 DA	25 000 DA	111 500 DA	157 500 DA

Les fonds de roulement pour l'installation pour mousse souple en blocs sont indiqués dans la table 4

Table 4 : Fonds de roulement

stockage matières premières pour trois mois	6 447.000 DA
salaires / mois	15.000 DA
Assurances / mois	4.800 DA
Energie / mois	1.800 DA
Frais d'entretien et réparations/mois	4.300 DA
Crédit clients 15 % du chiffre d'affaires	6 255.000 DA
	<hr/>
somme totale fonds de roulement	12 727 900 DA =====

Le résultat du calcul préliminaire de rentabilité de l'installation pour production de mousse souple en blocs est indiqué dans la table 5.

Table 5: Résultat du calcul préliminaire de rentabilité
installation mousse souple en blocs

Chiffre d'affaires net	34.388.000 DA
- 1 % factures non payées	344.000 DA
<hr/>	
Revenu net	34.044.000 DA
- prix de revient	30.949.000 DA
<hr/>	
Profit brut	3.095.000 DA
- intérêts sur l'emprunt et fonds de roulement	1.726.800 DA
<hr/>	
Profit net	1.368.200 DA
Profit pour l'Etat	684.100 DA
Profit pour la société	684.100 DA

Le prix de vente par unité s'élève à :

- 10.000 DA/ t de mousse souple
- 450 DA/ m³ de la plus haute qualité

Le prix est plus élevé que le prix actuel sur le marché en Algérie, mais est justifié par la qualité supérieure du produit.

Dans les conditions mentionnées ci-dessus la rentabilité du projet peut être calculée d'après les formules suivantes :

$$1- \frac{(\text{profit net société} + \text{intérêts}) \times 100}{\text{fonds investis}} = y_1 \%$$

$$2- \frac{(\text{profit net total} + \text{intérêts}) \times 100}{\text{fonds investis}} = y_2 \%$$

$$1- \frac{(684\ 100 + 1\ 726\ 800) \times 100}{15.236.900} = 15,8 \%$$

$$2- \frac{(1.368.200 + 1\ 726\ 800) \times 100}{15.236.000} = 20,3 \%$$

Dans les conditions mentionnées ci-dessus le temps d'amortissement du projet peut être calculé d'après la formule suivante :

$$\frac{\text{investissement total}}{\text{profit net société} + \text{amortissement}} = x \text{ années}$$

$$\frac{2.509.000}{953.500} = 2,6 \text{ années}$$

D'après les indications de ce calcul préliminaire de rentabilité, la viabilité de ce projet apparaît comme très bonne. Il fut supposé dans ce calcul que 50 % de la somme d'investissement vient de ressources propres à la société et que toute la production (80 % de la production théorique) peut être vendue sur le marché algérien. (presque 3.200 t) Comme indiqué ailleurs dans cette étude, cette supposition n'est pas réaliste, vu la situation actuelle en Algérie. De ce type de mousse PU ne sont vendus actuellement que presque 1.500 t, tandis que les capacités installées de production s'élèvent à 13.500 t. Du point de vue d'économie nationale une réalisation de ce projet pour production de mousse PU souple ne semble pas justifiée. Pour cette raison un calcul du break-even point ne semble plus nécessaire.

Les frais de production pour une installation de fabrication de semelles de chaussures à base de mousse semi-rigide PU sont indiqués dans la table 6.

Table 6: Calcul des frais de production fabrication de semelles chaussures

	Frais par année
Amortissement	
- bâtiments 4 %	23.800 DA
- machines 25 %	101.700 DA
Frais d'entretien et réparations 5 %	21.500 DA
Salaires	112.500 DA
Matières premières et auxiliaires	990.000 DA
Assurances	16.600 DA
Energie	18.000 DA
Somme de production	<u>1.284.100 DA</u>
Frais généraux 11 % du chiffre d'affaires	179.000 DA
Somme prix de revient	<u>1.463.100 DA</u>
Marge de profit 10 % des chiffres d'affaires	163.000 DA
Chiffre d'affaires net (82,47 %)	<u>1.626.100 DA</u>
Taxes (TAIC, TUGP 17,53 %)	353.900 DA
Chiffre d'affaires brut	<u>1.980.000 DA</u>

Les fonds de roulement pour l'installation pour fabrication de semelles de chaussures à base de mousse semi-rigide PU sont indiqués dans la table 7.

Table 7: Fonds de roulement

Stockage matières premières pour trois mois	247.000 DA
Salaires / mois	9.400 DA
Assurances / mois	1.400 DA
Energie / mois	1.500 DA
Frais d'entretien et réparations 1 mois	1.800 DA
Crédit clients 15 % du chiffre d'affaires	304.500 DA
somme totale fonds de roulement	<u>565.600 DA</u> =====

Le résultat du calcul préliminaire de rentabilité de l'installation pour fabrication de semelles de chaussures à base de mousse semi-rigide PU est indiqué dans la table 8.

Table 8 : Résultat du calcul préliminaire de rentabilité,
installation pour fabrication de semelles de
chaussures

Chiffre d'affaires net	1.675.000 DA
- 1 % factures non payées	- 16.700 DA
Revenu net	<u>1.658.300 DA</u>
- prix de revient	<u>1.507.500 DA</u>
Profit brut	150.800 DA
- intérêts sur prix d'investissement et fonds de roulement	77.600 DA
Profit net	<u>73.200 DA</u>
Profit pour l'Etat	36.600 DA
Profit pour la Société	36.600 DA

Le prix de vente par paire de semelles s'élève à 4,06 DA.

Compte tenu de la qualité singulière de semelles fabriquées
à la base de mousse de polyuréthane ce prix de vente est
certainement justifié.

Pour mieux décrire, le cadre de rentabilité de ce projet
fut déterminé le break-even point (capacité variable,
prix de produit fixe).

Les frais fixes de production se résument comme suit:

Amortissement	125.500 DA
Frais d'entretien et réparations	21.500 DA
Salaires	112.500 DA
Assurances	16.600 DA
	<u>276.100 DA</u>

Les frais variables de production sont essentiellement pour

Matières premières et auxiliaires	987.300 DA
Energie	18.000 DA
	<u>1.005.300 DA</u>

D'où les frais variables par unité
de production (paire)

2 DA

Le break-even point est déterminé d'après la formule
suivante :

$$\text{volume de production}(x) = \frac{\text{frais fixes}}{\text{prix/unité de production} - \text{frais variables/unité de production}}$$

$$x = \frac{276.100}{4,06 - 2,00} = \frac{276.100}{2,06}$$

$$= 134.000 \text{ (paires)}$$

Avec une équipe on peut produire avec l'installation
500.000 paires par an d'une façon optimale-maximale
(300 paires par heure).

D'où 134.000 paires correspondent à 27 % de la capacité
de production envisagée.

Dans le cadre de cette étude il n'est pas possible
de déterminer le cash-flow en détail. Celui-ci corres-
pondra essentiellement à la somme du profit pour société
plus l'amortissement, à savoir

$$36.600 \text{ DA} + 125.500 \text{ DA} = 162.100 \text{ DA}$$

Dans les conditions mentionnées ci-dessus la rentabilité du projet peut être calculée d'après les formules suivantes:

$$1- \frac{(\text{profit net société} + \text{intérêts}) \times 100}{\text{fonds investis}} = y_1 \%$$

$$2- \frac{(\text{profit total} + \text{intérêts}) \times 100}{\text{fonds investis}} = y_2 \%$$

$$1- \frac{(36.600 + 77.600) 100}{1.642.600} = 7 \%$$

$$2- \frac{(73.200 + 77.600) 100}{1.642.600} = 9 \%$$

Dans les conditions mentionnées ci-dessus le temps d'amortissement du projet peut être calculé d'après la formule suivante :

$$\frac{\text{investissement total}}{\text{profit net société} + \text{amortissement}} = x \text{ années}$$
$$\frac{1.077.000}{162.100} = 6,6 \text{ années}$$

Dans cette installation les coûts de bâtiments comptent pour presque 50 % de l'investissement total. C'est pour cette raison que le temps d'amortissement est relativement élevé dans ce cas. Il reste toutefois la possibilité d'augmenter le prix du produit.

Les frais de production pour l'installation de la fabrication d'éléments de construction type "HOESCH ISOWAND" (épaisseur 60 mm, poids volumique de la mousse 40 kg/m³) sont indiqués dans la table 9.

Table 9 : Calcul des frais de production pour fabrication
des éléments de construction

	frais par année
Amortissements	
- bâtiments 4 %	79 000 DA
- machines 20 %	1 420 000 DA
Frais d'entretien et réparations 5 %	354 000 DA
Salaires	157 500 DA
Matières premières et auxiliaires	12 433 000 DA
Assurances	126 500 DA
Energie	25 000 DA
Somme frais de production	14 595 000 DA
Frais généraux 11 % du chiffre d'affaires	2 539 000 DA
Somme prix de revient	17 134 000 DA
Marge de profit 10 % du chiffre d'affaires	1 904 000 DA
Chiffre d'affaires net (82,47 %)	19 038 000 DA
Taxes (TAIC, TUGP, 17,53 %)	4 047 000 DA
Chiffre d'affaires brut	23 085 000 DA

Les fonds de roulement pour l'installation de fabrication
d'éléments de construction type "HOESCH ISOWAND" sont
indiqués dans la table 10.

Table 10 : Fonds de roulement

Stockage matières premières pour trois mois	3 108 000 DA
Salaire 1 mois	13 250 DA
Assurances 1 mois	10 550 DA
Energie 1 mois	2 100 DA
Frais d'entretien et répara- tion 1 mois	29 500 DA
Crédits clients 15 % du chiffre d'affaires	346 300 DA
Somme totale fonds de roulement	<u>3 509 700 DA</u>

Le résultat du calcul préliminaire de rentabilité de l'installation pour fabrication d'éléments de construction type "HOESCH ISOWAND" est indiqué dans la table 11.

Table 11 : Résultat du calcul préliminaire de rentabilité de la fabrication d'éléments de construction type "HOESCH ISOWAND"

Chiffre d'affaires net	19 038 000 DA
- 1 % factures non payées	190 000 DA
Revenu net	<u>18 848 000 DA</u>
- prix de revient	17 134 000 DA
Profit brut	1 714 000 DA
- intérêts sur prix d'investisse- ment et fonds de roulement	585 000 DA
Profit net	<u>1 129 000 DA</u>
Profit pour l'Etat	564 500 DA
Profit pour la société	564 500 DA

Le prix de vente par m² du produit s'élève à 96 DA. En comparant ce prix avec les prix pratiqués sur le marché international on constatera qu'il est très favorable.

Tout en tenant compte du fait que le marché national ne peut certainement pas absorber toute la production il faut développer une stratégie de vente à l'exportation dont ce prix serait un atout.

Pour mieux décrire le cadre de rentabilité de ce projet fut déterminé le break-even point (capacité variable, prix du produit fixe).

Les frais fixes de production se résument comme suit:

Amortissement	1 499 000 DA
Frais d'entretien et réparations	354 000 DA
Salaires	157 500 DA
Assurances	126 500 DA
	<hr/>
	2 137 000 DA

Les frais variables de production sont essentiellement pour

Matières premières et auxiliaires	12 433 000 DA
Energie	25 000 DA
	<hr/>
	12 458 000 DA

D'où les frais variables par unité de production (m^2) 52 DA

Le break-even point est déterminé d'après la formule suivante :

$$\text{volume de production } x = \frac{\text{frais fixes}}{\text{prix/unité de production} - \text{frais variables/unité de produits}}$$

$$\begin{aligned} x &= \frac{2\,137\,000}{96 - 52} \\ &= \frac{2\,137\,000}{44} \\ &= 48\,500 \text{ (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

Avec une équipe on peut produire avec l'installation 300 000 m^2 par an d'une façon optimale-maximale.

D'où 48.500 m² correspondent à 16 % d'une capacité possible. Ceci est dû au fait, que les frais variables sont très élevés par rapport aux frais fixes.

Dans le cadre de cette étude il n'est pas possible de déterminer le cash-flow en détail. Celui-ci correspondra essentiellement à la somme du profit pour société plus l'amortissement, à savoir

$$564\ 500\ \text{DA} + 1\ 499\ 000\ \text{DA} = 2\ 063\ 000\ \text{DA}$$

Dans les conditions mentionnées ci-dessus la rentabilité du projet peut être calculée d'après les formules suivantes

$$1- \frac{(\text{profit net société} + \text{intérêts}) \times 100}{\text{fonds investis}} = y_1 \%$$

$$2- \frac{(\text{profit net total} + \text{intérêts}) \times 100}{\text{fonds investis}} = y_2 \%$$

$$1- \frac{(564.500 + 585.200) \times 100}{13.209.700} = 8,7 \%$$

$$2- \frac{(1.129.000 + 585.200) \times 100}{13.209.700} = 9,4 \%$$

Dans les conditions mentionnées ci-dessus le temps d'amortissement du projet peut être calculé d'après la formule suivante

$$\frac{\text{investissement total}}{\text{profit net société} + \text{amortissement}} = x \text{ années}$$
$$\frac{9.700.000}{2.063.500} = 4,7 \text{ années}$$

Investissement pour installation mobile:

Du fait que l'ordre de grandeur du marché d'application pour une installation mobile pour moussage aux chantiers de construction ne peut même pas être estimé, puisqu'il s'agit d'une application toute nouvelle en Algérie, ne sont indiqués dans cette étude que les frais d'investissement:

- machine (sans automatisme)	25.000 DA
- camionnette	15.000 DA
	<hr/>
	40.000 DA

Il est supposé que l'électricité soit disponible aux chantiers. Autrement il faut prévoir un générateur mobile. Il suffit de prévoir deux ouvriers (40.000 DA/an) pour cette installation mobile.

5. Conclusions et recommandations

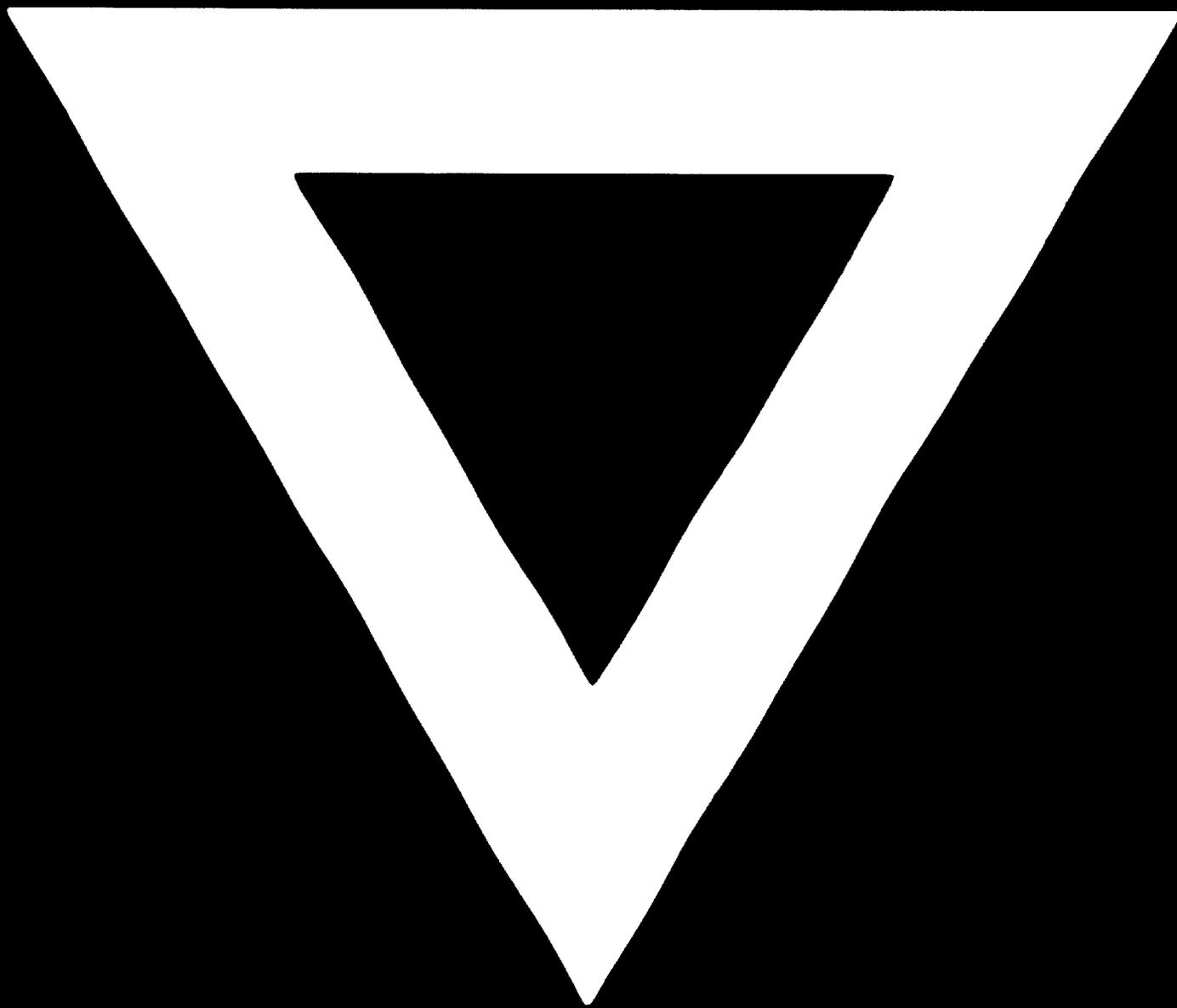
En considérant les taux de rentabilité élevés et les temps d'amortissement relativement réduits il est recommandé de réaliser les projets indiqués dans le cadre proposé.

Les informations recueillies en Allemagne auprès des fournisseurs les plus importants des matières premières et auxiliaires, auprès des fabricants importants de machines de transformation et auprès des maisons spécialisées dans la formulation de matières spumogènes ont montré qu'une concentration s'est développée, groupant les producteurs de matières premières et auxiliaires et les fabricants de machines. Cette évolution avait pour motif d'adapter au mieux les machines aux matières et vice versa. En conséquence un client peut acheter auprès de la même maison tout matériel de production nécessaire.

Il convient de signaler, que cette maison fournissant le paquet total ne réclame plus une signature de contrat de long terme. Ainsi, un client, pas encore spécialisé dans ce domaine, peut trouver auprès d'un seul fournisseur tout le matériel et tout le know how nécessaire. Il est recommandé de chercher cette coopération au lieu d'acheter les machines et les matières premières de sources différentes.

Les prix réalisables en Algérie sont comparables aux prix sur le marché international, surtout en ce qui concerne la production d'éléments de construction. Il est hautement recommandable d'apprécier les chances d'exportation et de développer une stratégie de vente appropriée.

B-106



80.02.20