



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> 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.

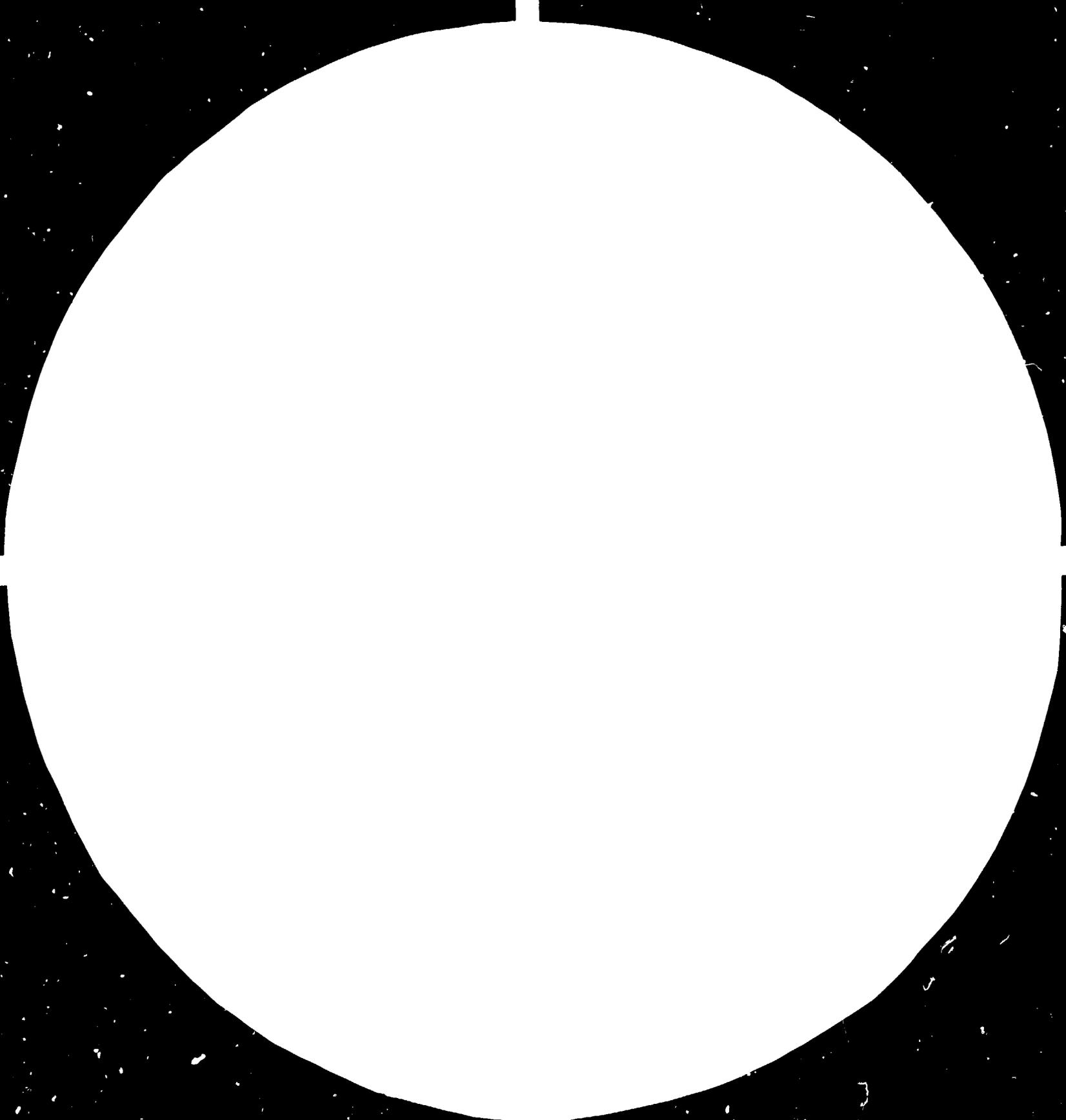
## FAIR USE POLICY

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](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)





12908

Distr. RESTREINTE

DP/DIR/81/007  
juillet 1987  
Français

PLAN DIRECTEUR D'INDUSTRIALISATION POUR LE CAMEROUN

PHASE PREPARATOIRE\*

DP/DIR/81/007

REPUBLIQUE-UNIE DU CAMEROUN,

Rapport Technique : Etude sectorielle des hydrocarbures

Etabli pour le Gouvernement de la République-Unie du Cameroun par  
l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel,  
Organisation chargée de l'exécution pour le compte du  
Programme des Nations Unies pour le développement

D'après les travaux du Dr. Jaiusz Kotowski,  
Expert de l'ONUDI\*

Organisation des Nations Unies pour le développement industriel

Vienne

\* Les opinions exprimées et les propositions faites reflètent uniquement  
les vues de l'auteur.

| <u>INTRODUCTION</u>  | <u>PAGES</u> |
|--|--------------|
| 1. L'importance des hydrocarbures et l'industrie pétrochimique   | 1            |
| 2. Les matières premières  | 5            |
| 2.1. Les ressources de pétrole brut et de gaz naturel  | 5            |
| 2.2. Les qualités du pétrole   | 6            |
| 2.3. Les qualités du gaz naturel   | 6            |
| 2.4. Utilisation du pétrole brut   | 6            |
| 2.5. Utilisation du gaz naturel  | 9            |
| 3. Les produits basés sur le pétrole brut  | 10           |
| 3.1. Les produits de raffinage du pétrole brut destinés à l'utilisation dans l'industrie chimique                        | 10           |
| 3.1.1. Le coke obtenu en procédé de cracking thermique   | 10           |
| 3.1.2. Le bitume de pétrole obtenu en procédé de cracking thermique  | 10           |
| 3.1.3. Les composés aromatiques obtenus en procédé de reforming d'essence  | 10           |
| 3.1.4. Les produits obtenus dans le procédé de pyrolyse d'essence lourde   | 11           |
| 4. Le programme de la production   | 13           |
| 4.1. La production et l'utilisation de l'éthylène  | 13           |
| 4.2. Le niveau de la production et de l'utilisation du propylène   | 15           |
| 4.3. Le niveau de la production et d'utilisation des butaniennes et le niveau de la production de caoutchouc synthétique | 16           |
| 4.4. L'utilisation de l'essence pyrolytique et le niveau de la production des composés aromatiques                       | 17           |
| 4.5. Le niveau de la consommation et de la production des matières plastiques  | 21           |
| 4.6. Les matières premières pour la production des détergents  | 21           |

|        |  |      |
|--------|--|------|
| 5.     | Les produits basés sur le gaz naturel  | 22   |
| 5.1.   | Production d'ammoniac  | 22   |
| 5.2.   | Production de méthanol   | 24   |
| 6.     | Le secteur en général  | 27   |
| 6.1.   | Les possibilités technologiques  | 27   |
| 6.2.   | Les contraintes technologiques   | 27   |
| 6.3.   | Les contraintes d'équipement   | 28   |
| 6.4.   | Le contexte international du Secteur   | 28   |
| 6.4.1. | La situation actuelle dans le Nord   | 28   |
| 6.4.2. | Les coûts d'investissement (comparaison Nord-Sud)                            | 29   |
| 6.4.3. | Le marché du Sud et son évolution à terme                                    | 29   |
| 6.4.4. | Le marché local  | 30   |
| 7.     | La situation actuelle du Secteur   | 30   |
| 8.     | Les objectifs généraux du Secteur dans la stratégie de développement         | 31   |
| 9.     | Etudes sectorielles à entreprendre   | 31   |
| 9.1.   | Etudes sectorielles à l'intérieur du Secteur                                 | 31   |
| 9.2.   | Etudes sectorielles à l'extérieur du Secteur                                 | 37   |
| 10.    | Exemple de Scénario  | 38   |
| 10.1.  | Choix à priori d'hypothèses  | 38   |
| 10.2.  | Esquisse correspondante du Secteur   | 38   |
| 10.3   | Aspects financiers   | 40   |
| 11.    | Conclusion   | 43   |
| 12.    | Annexe. Le programme de formation spéciale dans le Secteur des hydrocarbures | 1-11 |

1. L'importance des hydrocarbures et de l'industrie pétrochimique

L'histoire du développement de l'industrie pétrochimique est un phénomène très intéressant. Jusqu'à la Seconde Guerre mondiale, la principale matière première pour l'industrie de chimie organique était le charbon. Ce n'est qu'entre 1940 et 1950 qu'on a introduit aux Etats-Unis quelques technologies sur une grande échelle industrielle, qui étaient basées sur le pétrole brut et le gaz naturel. Dans les années suivantes, on a inventé plusieurs technologies pour obtenir les nouveaux produits, pour changer les intermédiaires utilisés comme les matières premières ou bien pour simplifier les procédés.

Le développement de nouvelles technologies permettait la diminution des prix des produits pétrochimiques, ce qui causait l'augmentation de la demande. Suivant cette demande, on pouvait construire des usines de plus en plus grandes dans lesquelles les coûts d'investissement et même les coûts de production diminuaient. Par exemple, le prix d'un des plus importants produits pétrochimiques - l'éthylène - baissa de 220 dollars à 90 dollars la tonne de 1962 à 1970. La production d'éthylène augmenta de 300 000 tonnes à 9 000 000 de tonnes par an de 1950 à 1975.

Les produits intermédiaires pétrochimiques sont utilisés surtout pour obtenir les trois grands groupes de produits tels que : les plastiques, les fibres synthétiques et les caoutchoucs synthétiques, qui étaient produits dans quelques pays avant la Seconde Guerre mondiale, mais en grande échelle développés après la Guerre. Aux Etats-Unis, la production de ces trois grands groupes de produits augmenta de 2,1 millions de tonnes en 1950 à 12,4 millions de tonnes en 1970. La situation similaire se formait dans presque tous les pays industrialisés, possédant ou pas de gisements de pétrole brut ou de gaz naturel.

Outre ces trois groupes de produits, on développait sur la base pétrochimique aussi les détergents qui n'étaient pas connus avant la guerre et les pesticides qu'on avait connus seulement sous quelques formes.

Le développement des trois principaux groupes de produits pétrochimiques est montré dans les tableaux 1, 2 et 3

La plupart de la production d'engrais azotiques dans le monde entier est basée sur les matières premières pétrochimiques surtout sur le gaz naturel, mais aussi sur les produits pétroliers.

Les hydrocarbures provenant du pétrole et du gaz naturel sont alors utilisés dans l'agriculture sous la forme d'engrais et de pesticides, dans la construction des bâtiments sous la forme de matières plastiques, dans l'industrie métallique aussi sous la forme de matières plastiques dans l'industrie textile et les usages domestiques sous forme de détergents. Les plastiques sont aussi utilisés pour produire les emballages à grande échelle

L'importance des hydrocarbures dans l'économie du pays est visible et c'est pourquoi on considère cette industrie comme l'industrie-clef.

Tableau 1

Production mondiale des matières plastiques en 1977  
 et prévisions pour 1985 et 1990  
 (en milliers de tonnes, publié en 1980)

| Pays                                     | A n n é e s |        |         |         |
|--|-------------|--------|---------|---------|
|  | 1971        | 1977   | 1985    | 1990    |
| Monde                                    | 30.476      | 46.704 | 117.475 | 166.245 |
| Amérique du Nord                         | 9.403       | 13.636 | 32.200  | 44.200  |
| Amérique Latine                          | 495         | 1.130  | 4.580   | 7.620   |
| Marché Commun Européen                   | 10.513      | 15.654 | 35.580  | 48.460  |
| Rép. Fédérale d'Allem.                   | 4.347       | 5.920  | 12.790  | 16.520  |
| France                                   | 1.551       | 2.515  | 6.375   | 9.030   |
| Italie                                   | 1.713       | 2.580  | 5.870   | 8.200   |
| Grande-Bretagne                          | 1.483       | 2.054  | 4.535   | 6.230   |
| Hollande                                 | 937         | 1.631  | 3.250   | 4.195   |
| Le reste des pays<br>d'Europe de l'Ouest | 1.726       | 3.363  | 9.805   | 14.705  |
| Pays Europe de l'Est                     | 2.966       | 5.876  | 16.745  | 25.275  |
| Afrique et<br>Proche-Orient              | 170         | 393    | 2.365   | 3.690   |
| Asie                                     | 5.458       | 7.066  | 17.820  | 24.890  |
| Océanie                                  | 227         | 440    | 1.140   | 1.700   |

Tableau 2

Production mondiale des fibres synthétiques en 1960, 1970 et 1980  
(en milliers de tonnes)

| <u>Pays</u>           | <u>1960</u> | <u>1970</u> | <u>1980</u> | <u>Taux de croissance<br/>annuelle<br/>1960-1970</u> |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|--|
| Monde                 | 900         | 4 800       | 10 600      | 16,6   |
| Etats-Unis            | 300         | 1 530       | 1 882       | 17,7   |
| Japon                 | 120         | 1 020       | 755         | 24,0   |
| Rép. féd. d'Allemagne | 52          | 570         | 418         | 27,0   |
| Grande-Bretagne       | 61          | 340         | 162         | 18,8   |
| France                | 45          | 170         | 136         | 13,3   |
| URSS                  | 15          | 170         | 246         | 27,7   |
| Espagne               | 3           | 68          | 141         | -  |
| Pays-Bas              | 9           | 68          | -           | 23,9   |

Tableau 3

Consommation mondiale des caoutchoucs synthétiques en 1980  
et prévisions jusqu'en 1985/1990  
(en milliers de tonnes)

| <u>Régions</u>                | <u>1980</u> | <u>1985</u> | <u>1990</u> |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| <u>Monde</u>                  | 12 121      | 14 900      | 17 775      |
| Caoutchoucs synthétiques      | 8 395       | 10 540      | 12 637      |
| Caoutchoucs naturels          | 3 786       | 4 360       | 5 138       |
| <u>Pays capitalistes</u>      |             |             |             |
| Caoutchoucs synthétiques      | 8 589       | 10 556      | 12 438      |
| Caoutchoucs naturels          | 2 955       | 3 535       | 4 175       |
| <u>Pays d'Europe de l'Est</u> |             |             |             |
| Caoutchoucs synthétiques      | 2 650       | 3 350       | 4.100       |
| Caoutchoucs naturels          | 425         | 400         | 350         |

Il est évident que chaque pays veut exporter des matières premières mais aussi les produits transformés au plus haut niveau possible. La rentabilité d'exportation augmente avec la croissance du niveau de transformation. Il est vrai que la compétition dans le marché mondial est très élevée, surtout dans le secteur des produits finis.

C'est spécialement dans l'industrie pétrochimique que les chaînes de transformation sont nombreuses, contenant outre les produits finis, des dizaines de produits intermédiaires.

On doit ajouter en ce moment que l'exportation des produits intermédiaires est plus facile que l'exportation des produits finis. C'est à cause de l'interdiction d'importation des produits finis dans plusieurs pays industrialisés et aussi à cause de l'augmentation des douanes, dans le cas des importations des produits finis.

On peut espérer en conséquence, que les produits pétrochimiques pourront satisfaire, non seulement les besoins du marché intérieur camerounais, mais aussi ils donneront des avantages considérables à l'exportation.

## 2. Les matières premières

### 2.1. Les ressources de pétrole brut et de gaz naturel

La production du pétrole brut est actuellement de 4 millions de tonnes et on estime que vers 1984, elle atteindra 7,5 à 8 millions de tonnes. Les estimations concernant les réserves sont prudentes, mais les forages d'exploration sont conduits aux différentes régions du pays et on peut prévoir que les nouvelles découvertes élargiront considérablement les réserves.

Les réserves de gaz naturel dans les villes de Victoria et Kribi sont évaluées à environ 100 milliards de m<sup>3</sup>.

Les ressources de pétrole brut et de gaz naturel dépassent les besoins de l'industrie pétrochimique et une partie de la future production de cette matière première serait probablement exportée; le pétrole sans transformation et le gaz après liquéfaction.

## 2.2. Les qualités du pétrole

La qualité du pétrole brut camerounais est excellente grâce à sa pureté. Le contenu de soufre est seulement de 0,1 à 0,2 %. Le contenu des produits blancs à la rectification atmosphérique est de 30 à 40 %. Il y a pourtant peu d'asphaltène, moins de 19 à 26 %.

Le manque de soufre est très utile pour l'utilisation dans l'industrie et la transformation, sans la pénible pollution et de coûteux procédés de désulfuration.

## 2.3. Les qualités du gaz naturel

La qualité du gaz naturel est aussi excellente. Les particularités individuelles sont les suivantes :

|                       |              |
|-----------------------|--------------|
| Méthane               | 92 - 93 %    |
| Ethane                | 4 - 6 %      |
| Propane               | 1 - 1,5 %    |
| Butane                | 0,5 - 1,0 %  |
| Homologues supérieurs | 3 %          |
| Gaz carbonique        | 0,5 %        |
| Mercure               | néant        |
| Azote                 | moins de 1 % |

## 2.4. Utilisation du pétrole brut

La capacité de la production du pétrole à Douala est insuffisante pour garantir les besoins futurs de carburant et les besoins de l'industrie pétrochimique. On doit alors construire une nouvelle raffinerie d'une capacité de 2-3 millions de tonnes de pétrole brut

transformé par an. Cette capacité est meilleure du point de vue de l'économie d'échelle. C'est l'une des plus grandes tours de distillation qu'on peut transporter sans grande difficulté. Cette capacité est aussi satisfaisante du point de vue de la quantité des produits de raffinage qui seront utilisés pour obtenir des produits pétrochimiques.

La nouvelle raffinerie doit être de type mixte : carburant-pétrochimie. Ce procédé est très commode et très économique parce qu'on peut manipuler facilement avec plusieurs produits intermédiaires utilisés comme carburant et comme produits pétrochimiques. Ces produits et intermédiaires sont utilisés dans plusieurs installations dans la même entreprise et souvent ils forment des mélanges.

La raffinerie doit comporter les installations de distillerie atmosphérique. On construira les installations de cracking thermique, de reforming et de pyrolyse (cracking d'essence lourde).

Le procédé de cracking thermique est utilisé pour les hydrocarbures de poids moyens pour obtenir des hydrocarbures légers et en même temps aussi plus lourds. Par exemple : en appliquant l'huile lourde comme matière première, on peut obtenir le gasoil et l'essence qui sont plus légers que l'huile lourde et aussi obtenir le coke qui est plus lourd. Le coke de pétrole est utilisé pour la production des anodes indispensables dans la production d'aluminium transformant l'alumine en aluminium dans le procédé d'électrolyse.

Il est par conséquent très important de trouver parmi plusieurs types de procédés de cracking thermique celui qui sera le plus convenable du point de vue de la quantité et de la qualité de coke obtenu.

Les deux produits qui restent de ce procédé sont toujours de la plus grande valeur que les matières utilisées dans les autres procédés.

Il est possible probablement de trouver le procédé similaire pour obtenir du bitume pour les anodes pour préparer les revêtements des rues et les autoroutes dont on aura besoin.

La quantité des asphaltènes obtenue dans la raffinerie de Douala n'est pas suffisante pour faire du bitume.

La raffinerie doit aussi comporter une installation de reforming d'essence. Dans ce procédé, on augmente la quantité des composés aromatiques. Les cokposés aromatiques comme le benzène, le toluène et le xylène sont utilisés comme matières premières pour obtenir plusieurs produits pétrochimiques. L'addition des composés aromatiques améliore les qualités de l'essence du point de vue du taux d'octane.

La dernière installation qu'on doit construire et qui est la plus importante dans l'industrie pétrochimique est l'installation de cracking d'essence lourde que l'on nomme "pyrolyse". Dans ce procédé on peut obtenir les hydrocarbures non saturés - les oléphines - comme l'éthylène le propylène et les butadiennes. La plupart des usines de pyrolyse d'Europe sont alimentées par l'essence lourde tandis qu'aux Etats-Unis, l'alimentation de ces usines se faisait jusqu'à ces derniers temps par l'éthane. La situation en Europe de l'Ouest se présente comme suit :

Tableau 4

Prévisions de changement des matières premières utilisées  
pour obtenir l'éthylène, procédé pyrolyse en Europe de l'Ouest  
(milliers de tonnes)

| <u>Produits utilisés</u> | <u>1980</u> | <u>1985</u> | <u>1990</u> |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Essence lourde           | 34,6        | 36,6        | 41,4        |
| Gasoil                   | 3,7         | 4,1         | 4,6         |
| Ethane                   | 0,18        | 0,75        | 1,3         |
| Gaz de raffinage         | 0,18        | 0,20        | 0,11        |
| Propane                  | 0,47        | 1,77        | 2,98        |
| Butane                   | 2,32        | 5,54        | 7,75        |

## 2.5. Le mode d'utilisation du gaz naturel

Le gaz naturel est utilisé comme carburant et comme matière première dans l'industrie chimique. La principale utilisation du gaz naturel dans l'industrie chimique est la production d'ammoniac qui est ensuite transformé en engrais et autres produits azotiques.

La deuxième grande quantité de gaz est réservée à la production de méthanol. En dehors de ces deux grandes consommations de gaz, on l'utilise pour la production de plusieurs produits chimiques de moindre importance : acétylène, chlorométhane, chloroforme et alcool.

Le mode d'utilisation du gaz naturel dépend aussi du contenu des autres hydrocarbures outre que le méthane, par exemple : éthane, propane et butane. Si la quantité des autres hydrocarbures est considérable, il serait plus rentable de les séparer du méthane et de les utiliser comme matières premières dans le procédé de pyrolyse pour obtenir de l'éthylène, comme le montre le tableau 4.

Les hydrocarbures de ce genre sont de plus en plus utiles dans ce domaine. Ces hydrocarbures séparés, pourront être utilisés au Cameroun dans un avenir assez lointain; on pourra, d'autre part, les exporter.

Il y a trois procédés de séparation de gaz naturel :

1. Procédé d'absorption
2. Procédé d'adsorption
3. Procédé de refroidissement

Dans le procédé d'absorption, on sépare l'éthane et plus haut les hydrocarbures en utilisant l'huile pétrolière comme moyen d'absorption et le méthane reste dans l'autre partie des produits.

Dans le procédé d'adsorption, les hydrocarbures sont sélectivement adsorbés au charbon activé ou aux autres adsorbants.

Le procédé de refroidissement est utilisé quand on doit obtenir les produits séparés de haute pureté, pour les utiliser dans les procédés de synthèses chimiques. Dans ce procédé, on utilise la pression de gaz jusqu'à 35 atmosphères et on le refroidit jusqu'à moins de 100 °C et les produits sont ensuite rectifiés. Ce dernier procédé est beaucoup plus coûteux que les deux premiers.

### 3. Les produits basés sur le pétrole brut

3.1. Les produits de raffinage du pétrole brut destinés à l'utilisation dans l'industrie chimique.

3.1.1. Le coke obtenu en procédé de cracking thermique.

Le coke de pétrole est utilisé pour la production des anodes précurtées. La production des anodes pour l'électrolyse est la plus grande consommatrice de coke. Les besoins de coke pour la production des anodes pour l'électrolyse d'alumine sera de 35 mille tonnes par an pour une usine d'électrolyse de 100 000 tonnes par an d'aluminium.

Les besoins de coke à alimenter les autres consommateurs ne sont pas connus.

3.1.2. Le bitume de pétrole obtenu en procédé de cracking thermique.

Le bitume de pétrole est utilisé comme matière première pour la production des anodes pour l'électrolyse d'alumine dont les besoins forment les 30 % des matières premières, pendant que le coke forme 70 % de la totalité. Les besoins pour les anodes atteindront ainsi 15 mille tonnes par an. Les besoins pour les revêtements des autoroutes sont probablement plus grands.

3.1.3. Les composés aromatiques obtenus en procédé de reforming d'essence.

Dans le procédé de reforming d'essence on peut obtenir la fraction contenant le benzène, le toluène et le xylène.

Comme alimentation au procédé de reforming on utilise l'essence provenant du procédé de la pyrolyse. Le contenu des composés aromatiques dans cette essence est plus léger que l'essence provenant directement du procédé de raffinage.

#### 3.1.4. Les produits obtenus dans le procédé de pyrolyse d'essence lourde.

Le procédé de pyrolyse constitue la base de l'industrie pétrochimique et les produits intermédiaires obtenus dans ce procédé sont les plus importants dans cette industrie.

Les principaux produits obtenus dans le procédé de pyrolyse sont : éthylène, propylène et butadiènes. Outre l'essence lourde, on peut utiliser les autres matières premières comme nous l'avons présenté dans le tableau 4 avec le changement dans l'avenir.

La quantité des produits obtenus dans le procédé de pyrolyse dépend des matières premières.

La différence des produits dans le procédé de pyrolyse selon les matières premières utilisées est présentée dans le tableau 5.

L'installation de pyrolyse est la dernière usine pétrochimique qui doit être construite dans la raffinerie. Les usines suivantes sont destinées à transformer les produits du procédé de reforming et du procédé de pyrolyse et doivent être construites dans une autre entreprise dans laquelle on produira les matières plastiques et les produits intermédiaires. Cette entreprise doit être construite à côté de la raffinerie pour améliorer les possibilités de transport des produits par la tuyauterie.

Tableau 5

Quantité de produits selon la qualité des matières alimentaires  
utilisées dans le procédé de pyrolyse  
% de poids

Production des matières alimentaires

#### 4. Le programme de la production

Le programme de la production de l'industrie pétrochimique au Cameroun présenté ici est basé sur l'observation du développement de cette industrie dans le monde après la Seconde Guerre mondiale, sur la consommation connue des produits au Cameroun, par exemple les matières plastiques, sur la prévision du futur développement de la production et du marché mondial dans ce domaine. L'exportation des produits pétrochimiques est de la plus haute importance.

La production des hydrocarbures n'avait pas encore commencé au Cameroun. Dans le 5ème Plan de la République-Unie du Cameroun, les projets de développement de la pétrochimie et de la liquéfaction des gaz sont annoncés. Les projets ne sont pas encore terminés par conséquent, j'espère que mes propositions présentées ici ne seront pas contradictoires aux idées des autorités camerounaises à ce sujet.

##### 4.1. La production et l'utilisation de l'éthylène.

Le niveau de la production d'éthylène est estimé selon les prévisions de la demande des produits dans lesquelles l'éthylène est utilisé et surtout de la consommation dans l'industrie des matières plastiques.

La production d'éthylène dans plusieurs pays est présentée dans le tableau 6.

Tableau 6

Production : Importation et exportation d'éthylène en 1980  
(milliers de tonnes)

| <u>Pays</u>           | <u>Production</u> | <u>Importation</u> | <u>Exportation</u> |
|-----------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| France                | 2 073             | 8 150              | 198                |
| Rép. Féd. d'Allemagne | 3 091             | 73                 | 289                |
| Hongrie               | 276               |                    | 144                |
| Italie                | 1 074             | 193                |                    |
| Pays-Bas              | 1 906             | 99                 | 661                |
| Pologne               | 185               |                    |                    |
| Espagne               | 609               | 95                 |                    |
| Etats-Unis            | 13 002            | 122                |                    |
| Royaume-Uni           | 1 095             |                    | 129                |
| URSS                  | 1 773             |                    |                    |
| Japon                 | 4 783             | 5                  | 13                 |

Le bilan d'utilisation d'éthylène est présenté ci-dessous

Distribution d'utilisation d'éthylène

| <u>Produits utilisant l'éthylène</u> | <u>Quantité de la production selon le projet (milliers de tonnes)</u> | <u>Besoins d'éthylène (milliers de tonnes)</u> |
|--------------------------------------|---|--|
| Styrène                              | 25  | 8  |
| Polystyrène                          | 10  | 4  |
| Polyéthylène                         | 50  | 52   |
| Polyvinyl chlorure                   | 40  | 17   |
| Acéraldéhyde                         | 10  | 14   |
| Alcool C12 - C15                     | 10  | 12   |
| Autres besoins                       |   | 13   |
| <b>Total</b>                         |   | <u>120</u>                                     |

Il est préférable de construire l'installation avec des réserves de la capacité dans le cas de l'exportation ou les besoins intérieurs. Je propose en conséquence, de construire l'usine à 150 mille tonnes d'éthylène par an.

Pour obtenir 150 mille tonnes d'éthylène et les autres produits de procédé de pyrolyse, on doit utiliser environ 520 mille tonnes d'essence lourde. La quantité de produits obtenus dans ce procédé est la suivante :

|                     |                  |
|---------------------|------------------|
| éthylène            | 150 mille tonnes |
| propylène           | 87 " "           |
| butadienne          | 26 " "           |
| essence pyrolitique | 114 " "          |

#### 4.2. Le niveau de la production et d'utilisation du propylène.

Le bilan d'utilisation de propylène est présenté ci-dessous :

| <u>Produits utilisant le propylène</u> | <u>Quantité de la production selon le projet (milliers de tonnes)</u> | <u>Besoins de propylène (milliers de tonnes)</u> |
|--|---|--|
| Phénol                                 | 20  | 6  |
| Oxyde de propylène                     | 15  | 12   |
| Polypropylène                          | 15  | 17   |
| Octanol                                | 15  | 12   |
| Autres besoins                         |   | 13   |
| <b>Total</b>                           |   | <u>60</u>  |

On pourra essayer d'exporter le reste de propylène obtenu dans le procédé.

La production, l'importation et l'exportation de propylène dans plusieurs pays sont présentées ci-après :

Tableau 7

Production, importation et exportation de propylène en 1980  
(milliers de tonnes)

| <u>Pays</u>          | <u>Production</u> | <u>Importation</u> | <u>Exportation</u> |
|----------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| France               | 988               | 5                  | 210                |
| Rép.Féd. d'Allemagne | 1 584             | 437                | 122                |
| Hongrie              | 133               |                    | 84                 |
| Italie               | 648               | 62                 | 2                  |
| Pays-Bas             | 984               | 129                | 369                |
| Pologne              | 129               |                    | 10                 |
| Espagne              | 160               | 9                  | 20                 |
| Etats-Unis           | 6 203             | 194                | 25                 |
| Royaume-Uni          | 555               | 118                | 23                 |
| URSS                 | 824               |                    |                    |
| Japon                | 3 112 (x)         |                    | 33                 |

(x) 1979

4.3. Le niveau de la production et d'utilisation des butadiènes et le niveau de la production de caoutchouc synthétique.

La production des butadiènes est présentée dans le tableau 8.

Tableau 8

Production, importation et exportation de butadiènes en 1980  
(milliers de tonnes)

| <u>Pays</u>          | <u>Production</u> | <u>Importation</u> | <u>Exportation</u> |
|----------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| France               | 260               | 111(x)             | 105(x)             |
| Rép.Féd. d'Allemagne | 458               |                    |                    |
| Hongrie              |                   |                    |                    |
| Italie               | 183               | 20                 |                    |
| Pays-Bas             | 442(x)            |                    |                    |
| Pologne              |                   | 16                 |                    |
| Espagne              | 77                | 11(x)              | 32                 |
| Etats-Unis           | 11 595(x)         | 261                | 59                 |
| Royaume-Uni          | 192               |                    |                    |
| URSS                 | 658               | 60                 |                    |
| (x) 1979             |                   |                    |                    |

Le niveau de la production des butadiennes sera d'environ 26 mille tonnes par an.

Presque 90 % des butadiennes sont utilisées dans le monde pour la production de caoutchouc synthétique. Les autres 10 % sont utilisés pour la production de diverses résines mêlées avec les autres produits.

La croissance de la consommation du caoutchouc synthétique dans le monde est plus rapide que celle du caoutchouc naturel, comme nous l'avons montré dans le tableau 3. La consommation du caoutchouc synthétique et naturel est de 100 % alors que seul le caoutchouc synthétique a un pourcentage de 70 %.

Je crois que la production de caoutchouc synthétique au Cameroun est nécessaire. L'importation des articles en caoutchouc est considérable et augmente chaque année. On doit commencer la production des objets en caoutchouc comme par exemple les pneumatiques et les chaussures. On peut utiliser comme matières premières les mélanges de caoutchouc naturel et synthétique qui sont produits au Cameroun.

Je propose la production de caoutchouc synthétique de type butadienne-styrène qui est le plus répandu, 15 mille tonnes par an. Pour cette quantité de caoutchouc, on doit utiliser 11 mille tonnes de butadienne et 4 mille tonnes de styrène.

Le reste de la production de butadienne peut être utilisé pour la production de résines mélangées et pour l'exportation.

L'usine de caoutchouc synthétique doit être construite dans la même entreprise où se trouveront les usines de matières plastiques.

4.4. L'utilisation de l'essence pyrolytique et niveau de la production des composés aromatiques.

Dans le procédé de pyrolyse, on obtient 114 mille tonnes d'essence pyrolitique. Comme nous l'avons dit précédemment, cette essence pyrolitique est plus riche en composés aromatiques que l'essence normale. On l'utilise dans le procédé de reforming pour obtenir les composés aromatiques. La fraction aromatique contient le benzène, le toluène et le xylène.

La production, l'exportation et l'importation de ces trois produits sont présentées ci-dessous :

Tableau 9

Production, Importation et Exportation de benzène en 1980  
(en milliers de tonnes)

| <u>Pays</u>          | <u>Production</u> | <u>Importation</u> | <u>Exportation</u> |
|----------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| France               | 547               | 148                | 10                 |
| Rép.Féd. d'Allemagne | 1 062             | 131                | 129                |
| Hongrie              | 103               | 12                 | 94                 |
| Italie               | 445               | 143                | 43                 |
| Pays-Bas             | 732               | 358                | 153                |
| Pologne              |                   | 4                  |                    |
| Espagne              | 212               |                    |                    |
| Etats-Unis           | 6 497             | 316                | 40                 |
| Royaume-Uni          | 797               | 25                 | 418                |
| URSS                 |                   |                    | 11                 |
| Japon                | 2 179(x)          | 6                  | 240                |

(x) 1979

Tableau 10

Production, importation et exportation de toluène en 1980  
(milliers de tonnes)

| <u>Pays</u>          | <u>Production</u> | <u>Importation</u> | <u>Exportation</u> |
|----------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| France               | 64                | 62                 | 91                 |
| Rép.Féd. d'Allemagne | 274               | 54                 | 79                 |
| Hongrie              | 72                | 1                  | 57                 |
| Italie               | 287               | 151                | 25                 |
| Pays-Bas             |                   | 264                | 128                |
| Pologne              | 93                |                    |                    |
| Espagne              | 70                | 2                  | 7                  |
| Etats-Unis           | 3 302             | 252                | 130                |
| Royaume-Uni          | 169               | 54                 | 8                  |
| URSS                 |                   |                    | 119                |
| Japon                | 962               | 23                 | 155                |

Tableau 11

Production, importation et exportation de xylène en 1980  
(milliers de tonnes)

| <u>Pays</u>          | <u>Production</u> | <u>Importation</u> | <u>Exportation</u> |
|----------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| France               | 78                | 55                 | 91                 |
| Rép.Féd. d'Allemagne | 283               | 280                | 49                 |
| Hongrie              | 59                | 1                  | 50                 |
| Italie               | 284               | 54                 | 184                |
| Pays-Bas             |                   | 110                | 176                |
| Pologne              | 84                | 25                 |                    |
| Espagne              | 159               | 57                 | 11                 |
| Etats-Unis           | 3 127             | 182                |                    |
| Royaume-Uni          |                   | 78                 | 39                 |
| URSS                 | 454               |                    | 39                 |
| Japon                | 1 318             | 90                 | 61                 |

Le benzène est utilisé de plusieurs façons qui sont exposées  
ci-dessus.

Le toluène a perdu son ancienne valeur comme matière première pour les matériaux explosifs et il est utilisé dans la production des matières colorantes et quelques autres productions. On peut l'exporter ou le transformer en benzène qui a plus de possibilités d'utilisation à l'intérieur du pays.

Les xylènes composent le mélange de : orto-, meta - et para-xylènes dans lequel l'ortoxylène sera utilisé au Cameroun pour la production d'anhydride phtalique. On peut utiliser le para-xylène pour obtenir le téréphtalate de méthyle qui est le produit intermédiaire pour la production des fibres polyesteres. Il n'y a pas de prévisions pour la production des fibres synthétiques au Cameroun mais on pourra probablement exporter le para-xylène parce que ces fibres sont les meilleures dans la gamme des synthétiques et plusieurs pays développent cette production.

Le méta-xylène a une utilisation très limitée mais on peut plus facilement l'exporter.

Le plus important des composés aromatiques est le benzène.

| <u>Produits utilisant<br/>le benzène</u> | <u>Quantité de la produc-<br/>tion selon le projet<br/>(en tonnes)</u> | <u>Besoins de benzène<br/>(en tonnes)</u> |
|--|--|---|
| Styrène                                  | 25 000   | 23 000                                    |
| Phénol                                   | 20 000   | 22 000                                    |
| Autres besoins                           |  | 5 000                                     |
|  | Total  | <u>50 000</u>                             |

Je propose d'utiliser 80 % de la quantité d'essence pyrolitique pour produire 50 à 60 mille tonnes de benzène, 5 mille tonnes d'ortoxylène pour la production de phtalate d'octyl et utiliser le reste d'essence pour la production de para-xylène et toluène suivant la situation au marché mondial.

Le reste d'essence pyrolytique sert à améliorer la qualité d'essence des voitures.

4.5. Le niveau de la consommation et de la production des matières plastiques.

En 1981, l'importation des matières plastiques et les ouvrages en ces matières était d'environ 21,5 mille tonnes et telle était la consommation des matières plastiques et des résines artificielles. Il y avait en 1981, environ 8 660 000 d'habitants, la consommation par habitant était ainsi de 2,5 kilogrammes.

Le taux de la croissance des habitants est au Cameroun de 2,47 % par an, ainsi en l'An 20001, il y aura 14 millions d'habitants. J'estime le taux de la croissance de consommation des matières premières par habitant de 7,2 % par an et ainsi en l'An 2001, cette consommation serait de 10 kilogrammes.

On doit produire en ce moment 140 mille tonnes de matières plastiques pour satisfaire cette consommation, plus de 120 mille tonnes de réserve pour l'exportation.

La production des matières plastiques est la suivante :

|                              |                       |
|------------------------------|-----------------------|
| Polyéthylène                 | 50 000 tonnes         |
| Polyvinyl chlorure           | 40 000 "              |
| Polypropylène                | 15 000 "              |
| Polystyrène                  | 10 000 "              |
| Résines aminoformaldéhydes   | 20 000 "              |
| Résines phénoloformaldéhydes | 10 000 "              |
| Autres résines               | 15 000 "              |
| Total                        | <u>160 000 tonnes</u> |

4.6. Les matières premières pour la production des détergents

Depuis longtemps, les sulphonates d'alkylbenzène étaient utilisés pour produire la plupart des détergents. Les prix de ces sulphonates n'étaient pas élevés et le procédé est assez simple. Les détergents

en cette alimentation causaient de très graves pollutions dans les rivières et les lacs. Dans les eaux couvertes des effluents de ces détergents, la végétation dépérissait. Seulement, les détergents basés en alcool C 12, C 15, forment les effluents biodégradables qui ne sont pas dangereux pour l'écologie.

Je crois qu'à cause de ces avantages et aussi à cause des prix convenables des matières premières, les alcools C 12 - C 15 avancent au premier plan comme source d'alimentation dans l'industrie des détergents.

Tableau 13

Utilisation des matières premières pour la production  
des détergents en 1970, 1980 et les prévisions en 1990  
production totale aux Etats-Unis

| <u>Matières premières</u>     | <u>1970</u> | <u>1980</u> | <u>1990</u> | <u>Taux de crois-<br/>sance annuelle</u> |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|--|
| Alkibenzène sulphonates       |             |             |             |  |
| linéaires                     | 26          | 22          | 21          | 2  |
| Alcool C 12-C 15              | 18          | 25          | 31          | 4  |
| Etaksylates alcanéphénoliques | 10          | 10          | 10          | 2,5                                      |
| Alpha oléphines               | 1           | 1           | 2           | 13                                       |
| Savons                        | 41          | 39          | 34          | 1,5                                      |

## 5. Les produits basés sur le gaz naturel

### 5.1. Production d'ammoniac

La plupart de la production d'ammoniac est utilisée pour la production des engrais azotiques. Le gaz naturel est considéré comme le moins cher et le plus convenable comme matière première pour la production d'ammoniac et c'est pourquoi presque 80 % de la production d'ammoniac dans le monde est basée sur le gaz naturel.

Pour commencer cette production, je propose de construire l'usine d'une capacité de 500 tonnes par jour qui signifie une production de 175 mille tonnes par an.

De cette production, je propose la production d'urée qui est la forme la plus convenable des engrais azotiques. De 175 mille tonnes d'ammoniac, on peut obtenir 290 mille tonnes d'urée.

Environ 10 à 15 mille tonnes d'urée sont destinées à la production des résines et colles amino-formaldéhyde. Pour cette quantité d'ammoniac, les besoins du gaz naturel sont de 160 millions de m<sup>3</sup>.

La situation d'ammoniac dans le monde se présente comme suit :

Tableau 14

Production, importation et exportation d'ammoniac en 1980  
(millions de tonnes)

| <u>Pays</u>     | <u>Production</u> | <u>Importation</u> | <u>Exportation</u> |
|-----------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Canada          | 2 556             |                    | 574                |
| Tchécoslovaquie | 1 029             |                    | 27                 |
| France          | 2 085             | 413                | 160                |
| Allemagne       | 2 044             | 259                | 240                |
| Hongrie         | 795               | 1                  | 87                 |
| Italie          | 1 714             | 341                | 53                 |
| Pays-Bas        | 2 275             | 157                | 609                |
| Pologne         | 1 803             | 34                 |                    |
| Espagne         | 902               | 480                |                    |
| URSS            | 16 732            |                    | 750                |
| Etats-Unis      | 17 305            | 2 125              | 753                |

En 1980, l'exportation totale d'ammoniac dans le monde dépassait 5 millions de tonnes. Les plus grands pays exportateurs étaient l'URSS - 750 mille tonnes; les Etats-Unis - 477 mille tonnes; les Pays-Bas 695 mille tonnes, le Mexique, - 674 mille tonnes et Trinidad - 674 mille tonnes.

## 5.2 La production de méthanol

Le méthanol est l'un des plus importants produits intermédiaires qui peut être obtenu de diverses matières premières, mais dont la plupart est obtenue par le gaz naturel. Il est utilisé pour produire plusieurs intermédiaires connus, par exemple le formaldéhyde, l'acide acétique, le chlorométhane, le méthylamine et le diméthyltéphtalate. Il est aussi utilisé comme carburant.

La croissance de la production de méthanol dans le monde est extraordinaire. La capacité de la production était en 1971 de 7,5 millions de tonnes et en 1981, elle a atteint 15 millions de tonnes. La capacité dans les différents pays est présentée au tableau 15

Le marché mondial de méthanol est très riche et on estime l'exportation de ce produit à 80 mille tonnes par an.

Les besoins intérieurs seront de 20 mille tonnes pour la production de formaldéhyde.

Tableau 15

Capacité de méthanol dans le monde

| <u>Pays d'Europe de l'Est<br/>et Chine</u> | <u>Capacité existante<br/>en 1981</u> | <u>Capacité projetée<br/>milliers de tonnes par an</u> |
|--|---------------------------------------|--|
| Bulgarie                                   | -                                     | 250  |
| Pologne                                    | 180                                   | 220  |
| Rép. Dém. Allemande                        | 300                                   | -  |
| Chine                                      | 200                                   | 12   |
| Roumanie                                   | 300                                   | -  |
| Tchécoslovaquie                            | 200                                   | -  |
| URSS                                       | 2 715                                 | 925  |
| Yougoslavie                                |                                       |  |
| Total                                      | <u>4 075</u>                          | <u>1 607</u>   |
| <br><u>Pays d'Europe de l'Ouest</u>        |                                       |  |
| France                                     | 400                                   | -  |
| Pays-Bas                                   | 700                                   | -  |
| Italie                                     | 292                                   | -  |
| Rép. Féd. d'Allemagne                      | 1 334                                 | 70   |
| Grande-Bretagne                            | 650                                   | 825  |
| Australie?                                 | 100                                   | -  |
| Espagne                                    | 200                                   | 250  |
| Finlande                                   | 80                                    | -  |
| Norvège                                    | 60                                    | -  |
| Suisse                                     | 25                                    | -  |
| Total                                      | <u>3 812</u>                          | <u>1 145</u>   |
| <br><u>Pays d'Amérique du Nord</u>         |                                       |  |
| Etats-Unis                                 | 4 235                                 | 1 505  |
| Canada                                     | 415                                   | 800  |
| Mexique                                    | 180                                   | 975  |
| Total                                      | <u>4 830</u>                          | <u>3 280</u>   |

Tableau 15 (suite)

| <u>Pays d'Amérique du Sud</u> | <u>Capacité existante</u><br>en 1981 | <u>Capacité projetée</u><br>milliers de tonnes par an |
|-------------------------------|--------------------------------------|---|
| Argentine                     | 115                                  | 60  |
| Brésil                        | 128                                  | 68  |
| Trinidad et Tobago            | -                                    | 300   |
| <b>Total</b>                  | <b><u>243</u></b>                    | <b><u>458</u></b>                                     |
| <br><u>Afrique</u>            |                                      |   |
| Algérie                       | 110                                  | -   |
| Libye                         | 300                                  | -   |
| Nigéria                       | -                                    | -   |
| Rép. d'Afrique du Sud         | 20                                   | 300   |
| Zambie                        | 2                                    | -   |
| <b>Total</b>                  | <b><u>462</u></b>                    | <b><u>300</u></b>                                     |
| <br><u>Asie et Océanie</u>    |                                      |   |
| Australie                     | 12                                   | -   |
| Arabie Saoudite               | -                                    | 600   |
| Bahrain                       | -                                    | 330   |
| Israël                        | 75                                   | -   |
| Corée du Sud                  | 380                                  | -   |
| Inde                          | 91                                   | 61  |
| Indonésie                     | -                                    | 330   |
| Japon                         | 1 254                                | -   |
| Nouvelle Zélande              | -                                    | 400   |
| Taiwan                        | 45                                   | 142   |
| <b>Total</b>                  | <b><u>1 857</u></b>                  | <b><u>1 863</u></b>                                   |
| <br><b>Le monde</b>           | <br><b>15 279</b>                    | <br><b>8 653</b>                                      |

## 6. Le Secteur en général

### 6.1. Les possibilités technologiques

Tous les procédés dont on aura besoin pour la production des produits indiqués dans le rapport sont utilisés dans plusieurs pays et sont bien éprouvés sauf le procédé qu'on doit utiliser pour obtenir le bitume et le coke de pétrole brut camerounais. Ce procédé sera le sujet des études en deuxième phase de rapport sectoriel.

### 6.2. Les contraintes technologiques

Il y a le procédé dans lequel on obtient plusieurs produits et le contenu de chaque produit est fixe. L'un des produits peut être plus facile à vendre que l'autre mais on n'a pas la possibilité de changer le contenu des produits. Parmi les technologies pétrochimiques, il y a trois procédés de ce type.

- a) Le procédé de pyrolyse d'essence lourde est le bon exemple de ce type de contrainte technologique. La situation est décrite ci-dessus aux pages 11-14 et elle est illustrée au tableau 5. L'éthylène est le produit le plus important et le propylène et les butadiènes sont de moindre valeur. On peut imaginer une situation dans laquelle ces derniers produits, au lieu d'être vendus pour l'utilisation dans l'industrie pétrochimique comme produits intermédiaires, seront vendus comme carburant à des prix plus bas.
- b) Une situation similaire existe pour le procédé de reforming d'essence. Elle est décrite ci-dessus aux pages 18-20. Dans ce cas, il y a des possibilités de transformation des produits difficiles à vendre aux autres produits intermédiaires plus faciles à vendre.
- c) L'électrolyse de chlorure de soude est le procédé dans lequel on obtient le chlore et la soude caustique. Les besoins de chlore sont d'un niveau de 30 mille tonnes pour la production de polyvinyl de chlorure. La quantité de soude caustique obtenue en ce cas est d'environ de 40 mille tonnes.

La plupart de cette quantité peut être utilisée dans la production d'alumine et le reste est assez facile à vendre.

Je dois souligner ici qu'il y a deux groupes de technologies d'électrolyse de chlorure de soude : le procédé de mercure et le procédé de diaphragme, selon les deux routes de séparation de ces produits. Dans le procédé de mercure, on utilise comme une des matières premières une petite quantité de mercure. Bien que la quantité ne soit pas grande, on doit l'importer et dépenser des devises. Dans le procédé de diaphragme on n'a pas besoin de mercure qui présente l'inconvénient d'un effluent dangereux pour l'écologie. Les effluents de mercure sont spécialement dangereux pour la vie des poissons.

Pour ces deux raisons, j'opte pour le procédé de diaphragme comme le plus adéquat.

### 6.3. Les contraintes d'équipement

Les compagnies qui produisent l'équipement pour l'industrie pétrochimique sont préparées à la production des capacités typiques pour lesquelles elles possèdent les projets, les machines, etc. L'acheteur qui veut un équipement d'une capacité pas typique (standard) doit payer un prix plus élevé. Pour ces équipements aussi le temps de la fabrication est plus élevé parce que la compagnie doit préparer le nouveau projet, les nouveaux outils pour les machines, etc.

Il est ainsi plutôt rentable de modifier la capacité planifiée par l'acheteur auparavant, selon les meilleures possibilités de la compagnie.

### 6.4. Le contexte international du Secteur

#### 6.4.1. La situation actuelle dans le Nord

Dans les pays d'Europe de l'Ouest, l'industrie pétrochimique ne se développe pas dans la plupart des pays. La production des matières plastiques a diminué en 1980 par rapport à 1979; au Royaume-Uni 10 %,

en France 10 %, en République fédérale d'Allemagne 7 %. Aux Etats-Unis, la diminution était aussi de 10 %. La même situation existe dans le secteur des fibres synthétiques. Le déficit dans le secteur des fibres synthétiques était en 1980 en Europe occidentale de 2,5 milliards de dollars. Plusieurs usines de fibres synthétiques étaient fermées. La production du caoutchouc synthétique avait aussi diminué en 1980 dans les pays d'Europe occidentale et aux Etats-Unis.

Le niveau de la production d'éthylène qui est le plus important produit intermédiaire pétrochimique restait en 1980 le même qu'en 1979 presque dans tous les pays du Nord. En même temps, en Italie on terminait la construction d'une usine de pyrolyse avec une capacité de production de 600 mille tonnes par an d'éthylène, 350 mille tonnes de propylène et 750 mille tonnes de fraction C 4 par an. Cela peut prouver que l'industrie pétrochimique commence à sortir de la crise.

#### 6.4.2. Les coûts d'investissement (comparaison Nord-Sud)

Les coûts d'investissement sont au Sud plutôt plus élevés en comparaison avec le Nord. Les coûts de transport d'équipement sont élevés à cause des plus longues distances, les coûts de salaires des équipes de spécialistes et des ouvriers qualifiés sont plus élevés; on doit souvent transporter les mêmes matériaux pour la construction. Mais la différence n'est pas très grande, pas plus de 10 à 20 %.

#### 6.4.3. Le marché du Sud et son évolution à terme

Les pays du Sud sont intéressés surtout par les matières plastiques, les résines artificielles et les fibres synthétiques. Par exemple, l'importation des détergents était en 1975 au Cameroun de 1 450 tonnes et au Congo de 290 tonnes. L'importation des produits de condensation et de polymérisation étaient en ce temps de 5 300 tonnes au Cameroun et 700 tonnes au Congo. L'importation des fibres synthétiques des pays de l'UDEAC était de 3 560 tonnes.

### Importation des hydrocarbures en 1980

|                |              |
|----------------|--------------|
| Algérie        | 3 264 tonnes |
| Afrique du Sud | 1 563 tonnes |

### Importation des fibres synthétiques en 1980

|         |            |
|---------|------------|
| Afrique | 120 tonnes |
|---------|------------|

### Importation des matières plastiques et résines artificielles 1980

|                |               |
|----------------|---------------|
| Algérie        | 91 128 tonnes |
| Egypte         | 77 654 "      |
| Maroc          | 44 032 "      |
| Afrique du Sud | 78 344 "      |
| Tunisie        | 40 882 "      |

Il ressort des chiffres ci-dessus que les matières plastiques sont les plus intéressantes pour les pays du Sud et qu'il y a une croissance considérable pour la consommation de ces produits.

#### 6.4.4. Le marché local

Le marché local des produits pétrochimiques est basé surtout sur l'importation. En 1981, l'importation de brai, coke de brai, de goudron, d'huile ou d'autres goudrons minéraux était de 13 400 tonnes. L'importation des matières plastiques, des résines artificielles et ouvrages en ces matières était de 21 600 tonnes, le caoutchouc naturel ou synthétique, factice pour le caoutchouc et les ouvrages en caoutchouc était de 5 000 tonnes. L'importation des engrais azotiques était de 44 600 tonnes

#### 7. La situation actuelle du Secteur

La production du pétrole brut au Cameroun est actuellement de 4 millions de tonnes. De cette quantité, 1,2 million de tonnes peuvent être transformées dans la raffinerie de Douala. D'après les informations disponibles, l'exportation du pétrole brut est de 1 557 000 tonnes.

Le gaz naturel n'est pas actuellement utilisé. Il y a le projet d'exportation d'une partie du gaz naturel après liquéfaction et transport sous forme de liquide.

8. Les objectifs généraux du Secteur dans la stratégie de développement

Il y a deux objectifs généraux du secteur :

- a) Enrichissement de la consommation intérieure du pays;
- b) Augmentation des exportations du pays et amélioration du bilan du commerce international du pays.

Les hydrocarbures provenant du pétrole et du gaz naturel sont utilisés dans l'agriculture sous forme d'engrais et de pesticides, dans la construction des bâtiments sous forme de matières plastiques, dans l'industrie métallique sous forme de matières plastiques, dans l'industrie textile et les usages domestiques sous forme de détergents. Les matières plastiques sont aussi utilisées pour produire les emballages à grande échelle.

Les produits pétrochimiques constituent de très intéressants sujets d'exportation, surtout les produits intermédiaires qui sont plus faciles à vendre que les produits finis.

Ainsi ces deux directions des activités du secteur serviront le dynamisme de l'économie.

9. Etudes sectorielles à entreprendre

9.1. Etudes sectorielles à l'intérieur du Secteur

Identification des études

Dans le cadre de l'industrie des hydrocarbures on élaborera quatre études :

1. Etude de marché
2. Etude de raffinerie
3. Etude du complexe des matières plastiques et les produits intermédiaires
4. Etude du complexe des produits basés sur la transformation du gaz naturel.

Etablissement des termes de référence.

1. Etude de marché

Termes de référence

- Réserves des hydrocarbures dans les différents pays du monde;
- Exploitation des hydrocarbures dans les différents pays du monde;
  - a) Capacités
  - b) Production actuelle
  - c) Projets
- Estimation de l'évolution des prix des produits jusqu'en l'an 2000;
- Du marché à présent : marché local, marché régional, marché mondial;
- Négociations avec les pays prévus pour l'importation des produits pétrochimiques camerounais ou avec les compagnies de marketing, surtout au sujet d'exportation de méthanol et d'urée.

2. Etude de raffinerie

Termes de référence

- Hypothèses de capacité et de production (à titre d'exemple 2 ou 3 millions de tonnes par an de pétrole brut transformé);
- Quantités de produits de distillation selon l'assortiment;

- Technologie de la distillation;
- Examen des possibilités d'installation des usines de cracking thermique, de reforming et de pyrolyse, surtout avec objectif d'obtenir le coke de pétrole et le bitume;
- Examen des procédés de chaque usine et sélection des procédés les plus rentables;
- Equipements de production;
- Oeuvres d'architecture :
  - a) fondations
  - b) bâtiments
- Protection de l'environnement;
- Cité,
- Programme de réalisation;
- Coûts d'investissement :
  - a) équipement
  - b) construction et montage
  - c) transport (autoroutes, chemin de fer)
- Programme des coûts d'investissement
- Fonds de roulement
- Financement
- Licences et know-how
- Personnel :
  - a) ouvriers
  - b) techniciens
  - c) ingénieurs

- d) administration
- e) services
- f) direction

- Rentabilité
- Prix pronostics
- Mise en route
- Coûts d'exploitation

3. Etude de complexe des matières plastiques et des produits intermédiaires

Termes de référence

- Hypothèses de capacité et de production de chaque usine selon l'étude de marché et l'équipement accessible;
- Technologie de chaque usine
- Examen des procédés de chaque usine et sélection des procédés les plus rentables;
- Equipement de production;
- Oeuvres d'architecture :
  - a) fondations
  - b) bâtiments
- Protection de l'environnement;
- Cités
- Programme de réalisation

- Coûts d'investissement
  - a) équipement
  - b) construction
  - c) transport (autoroutes, chemin de fer);
  
- Programme des coûts d'investissement
  
- Fonds de roulement
  
- Financement;
  
- Licences et know-how;
  
- Personnel
  - a) ouvriers
  - b) techniciens
  - c) ingénieurs
  - d) administration
  - e) services
  - f) direction
  
- Rentabilité;
  
- Prix pronostics
  
- Mise en route
  
- Coûts détaillés d'exploitation

4. Etudes de complexe des produits basés sur la transformation du gaz naturel

Termes de référence

- Hypothèse de capacité et de production de chaque usine selon l'étude de marché et de l'équipement accessible;

- Technologie de chaque usine
- Examen des procédés de chaque usine et sélection des procédés les plus rentables;
- Examen de la raison de localisation dans ce complexe outre l'usine des résines amino-formaldéhydes aussi l'usine des résines phénoloformaldéhydes et des autres résines;
- Equipement de production;
- Oeuvres d'architecture
  - a) fondations
  - b) bâtiments
- Cités
- Programme de réalisation
- Coûts d'investissement
  - a) équipement
  - b) construction
  - c) transport (autoroutes, chemin de fer);
- Programme des coûts d'investissement
- Fonds de roulement
- Financement;
- Licences et know-how;
- Personnel
  - a) ouvriers
  - b) techniciens
  - c) ingénieurs
  - d) administration
  - e) services
  - f) direction

- Rentabilité;
- Prix pronostics
- Mise en route
- Coûts détaillés d'exploitation

## 9.2. Etudes sectorielles à l'extérieur du Secteur

### Identification des études

1. Etude d'infrastructure;
2. Etude de lien de l'industrie chimique aux produits de pétrochimie;

### Etablissement des termes de référence

#### 1. Etude d'infrastructure

##### Termes de référence

- Chemin de fer
  - Routes
  - Portes
  - Protection de l'environnement
  - Production et distribution d'énergie thermique et électrique
2. Etude de lien de l'industrie chimique aux produits de pétrochimie
- Vernis
  - Colorants
  - Détergents
  - Pesticides
  - Produits pharmaceutiques
  - Importation des matières secondaires
  - Importation des catalyseurs
  - Importation des absorbants

## 10. Exemple de scénario

Annexé à titre d'illustration

### 10.1. Choix à priori d'hypothèses

En 1981 il y avait au Cameroun environ 8 660 000 habitants. Le taux de croissance des habitants est au Cameroun de 2,47 % par an, ainsi en l'an 2001 il y aura 14 millions d'habitants.

En 1981, la consommation totale des matières plastiques et des articles en matière plastique était de 21,5 mille tonnes, ainsi la consommation était à peu près de 2,5 kilogrammes par habitant.

On peut estimer que le taux de croissance de la consommation des matières plastiques par habitant sera de 7,2 % par an, ainsi la consommation en l'an 2001 sera de 10 kilogrammes par habitant.

Pour satisfaire cette consommation, on devra produire 140 mille tonnes de matières plastiques.

On estime que les potentialités d'exportation des matières plastiques sont d'un niveau de 20 mille tonnes par an. Ainsi le niveau de la production totale des matières plastiques doit être de 160 mille tonnes par an.

### 10.2. Esquisse correspondante du Secteur

Il y a dans l'industrie pétrochimique trois principaux groupes de produits : les matières plastiques, les fibres synthétiques et le caoutchouc synthétique.

Les matières plastiques sont utilisées dans plusieurs domaines et remplacent les matières premières traditionnelles comme par exemple : le fer et les autres métaux, le bois, le cuir et les autres matériaux. Les articles produits avec les matières plastiques sont beaucoup moins chers que les articles fabriqués avec les matières traditionnelles.

Ainsi, les matières plastiques sont utiles, rentables et on doit les fabriquer.

Les fibres synthétiques sont utilisées dans l'industrie textile surtout en mélange avec les fibres naturelles comme le coton et la laine. Elles sont utiles parce qu'elles sont généralement plus résistantes à l'usure que les fibres naturelles. On ne doit pas les repasser. Mais les fibres synthétiques sont moins bonnes pour la santé parce qu'elles forment l'électricité statique et elles n'absorbent pas suffisamment d'humidité.

Ainsi comme on cultive au Cameroun le coton qui est utile, il n'est pas nécessaire de produire des fibres synthétiques.

Le caoutchouc synthétique est utilisé dans le monde comme mélange avec le caoutchouc naturel. On utilise dans le monde 70 % de caoutchouc synthétique et 30 % de caoutchouc naturel en moyenne. Les prix du caoutchouc synthétique sont moins élevés que ceux du caoutchouc naturel; il est ainsi plus favorable d'utiliser aussi des mélanges de caoutchouc pour augmenter l'exportation du caoutchouc naturel. Il y a ainsi le besoin de production de caoutchouc synthétique.

Dans l'industrie chimique, il existe en général une économie très élevée de la production à grande échelle. On doit ainsi planifier une assez haute capacité que possible. Mais la capacité ne peut être trop élevée au-dessus de la consommation prévue. Quand l'utilisation de la capacité n'est pas pleine, le profit de la production diminue et au niveau d'environ 60 % de la capacité utilisée, le profit n'existe plus et au niveau plus bas les pertes commencent. On doit ainsi planifier la capacité la plus proche possible de la consommation prévue.

Les produits intermédiaires pétrochimiques sont utilisés comme matières premières dans les procédés suivants : par exemple, l'éthylène qui est produit dans le procédé de pyrolyse est ensuite utilisé pour la production de polyéthylène. On doit ainsi construire et mettre en marche d'abord l'usine de pyrolyse et ensuite l'usine de polyéthylène. Le temps de la construction de l'usine de pyrolyse est de 40 mois, le temps de la mise en marche est de 4 mois, le temps pour atteindre la pleine capacité projetée est de 12 mois. Ainsi, le programme d'investissement de ces deux usines doit considérer la règle de successibilité de la construction.

Les composés aromatiques, comme le benzène sont fabriqués dans l'usine de reforming et le benzène est utilisé pour la production de styrène qui est utilisé pour fabriquer le polystyrène. Dans ce cas, la règle de successibilité de la construction doit aussi être observée.

Dans le complexe des produits basés sur le gaz naturel, on fabriquera l'ammoniac, l'urée, le méthanol le formaldéhyde et les résines amino-formaldéhydes. L'ammoniac est utilisé pour la production d'urée, le méthanol est utilisé pour la production de formaldéhyde, ensuite l'urée et le formaldéhyde sont utilisés pour fabriquer les résines et les colles amino-formaldéhydes. Aussi dans ce cas, la règle de successibilité est obligatoire.

### 10.3. Aspects financiers

Les coûts d'investissement et le prix de revient forment les plus importants aspects financiers et la base pour l'analyse économique et pour la décision de construire une usine.

#### a) Coûts d'investissement

A titre d'exemple, les coûts d'investissement de l'usine de pyrolyse d'essence sont donnés ci-après :

Usine de pyrolyse d'essence lourde : capacité 30 000 tonnes  
d'éthylène par an - (milliers de dollars)

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| Valeur totale de contrat | 45 000 |
| Licences et know-how     | 2 700  |
| Documentation            | 3 800  |
| Equipement               | 35 000 |
| Mise en marche           | 2 000  |

b) Prix de revient

A titre d'exemple les prix de revient d'une usine d'urée sont  
donnés ci-dessous :

Usine de production d'urée : capacité 50 000 tonnes par an  
(dollar par tonne)

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| Amortissement                | 49,9  |
| Intérêt du capital           | 16,7  |
| Main-d'oeuvre                | 12,8  |
| Coûts d'exploitation         | 14,0  |
| Coûts généraux et assurances | 2,4   |
| A. Coûts constants           | 95,8  |
| <br>                         |       |
| Matières premières           | 18,2  |
| Sacs                         | 6,2   |
| B. Coûts inconstants         | 24,2  |
| <br>                         |       |
| Prix de revient (A + B)      | 120,0 |

Prix de revient de la production de polyéthylène :  
capacité 100 mille tonnes par an  
Coûts d'investissement 60 millions de dollars  
(Dollars par tonne)

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| Matières premières                  | 421 |
| Matières secondaires                | 38  |
| Coûts d'exploitation                | 36  |
| Coûts généraux                      | 99  |
| Coûts nets de fabrication           | 594 |
| Prix de vente, taux de revient 15 % | 908 |

Prix de revient de la production du phénol :  
capacité 180 mille tonnes par an  
Coûts d'investissement 100 millions de dollars  
(Dollars par tonne)

|  |        |
|--|--------|
| Matières premières                           | 555    |
| Matières secondaires et énergie              | 65     |
| Coûts d'exploitation                         | 26     |
| Coûts généraux                               | 86     |
| Rentrée de la vente des<br>produits latéraux | (-307) |
| Coûts nets de fabrication                    | 425    |
| Prix de vente, taux de revient 15 %          | 734    |

## 11. Conclusion

Il y a au Cameroun une très bonne situation pour développer l'industrie pétrochimique.

Les ressources des matières premières pour cette industrie sont assez riches. La production du pétrole brut est actuellement de 4 millions de tonnes par an et on estime que vers 1984, elle atteindra le niveau de 7,5 à 8 millions de tonnes par an.

Les estimations concernant les réserves sont prudentes, mais les forages d'exploration sont menés dans différentes régions du pays et on peut prévoir que les nouvelles découvertes élargiront considérablement les réserves.

La qualité du pétrole brut camerounais est excellente grâce à sa pureté et surtout grâce au manque de soufre dans le pétrole brut est seulement de 0,1 à 0,2 %. Le contenu des produits blancs comme le gaz du pétrole, l'essence et le gasoil est de 30 à 40 %.

Les réserves de gaz naturel près des villes de Victoria et Kribi sont évaluées à environ 100 milliards de m<sup>3</sup>.

La qualité du gaz naturel est aussi très bonne : le contenu de méthanol est de 92-93 %, le contenu d'éthane est de 4-6 %, et propane 1-5 %, le contenu des homologues supérieurs est de 3 %.

Ainsi les ressources et les qualités du pétrole brut et du gaz naturel permettent de développer l'industrie pétrochimique à grande échelle. L'utilisation de ces matières premières pour l'industrie pétrochimique sera beaucoup plus rentable à l'économie camerounaise que les exportations à l'état brut.

Pour la fabrication des produits pétrochimiques qui sont proposés dans ce rapport, on doit utiliser environ 700 mille tonnes de pétrole brut et 200 millions de m<sup>3</sup> de gaz naturel par an. Par l'exportation

de cette quantité de matières premières on peut obtenir environ 200 millions de dollars. La valeur dans le marché mondial des produits pétrochimiques fabriqués avec ces matières premières est d'environ 700 millions de dollars. La rentabilité de cette entreprise est ainsi considérable.

Les produits pétrochimiques sont utilisés dans plusieurs secteurs de l'économie camerounaise. L'utilisation des engrais azotiques contribue à faire augmenter la production agricole et la productivité de l'agriculture. L'utilisation des détergents synthétiques dans l'industrie textile favorise les économies de devises, nécessaires à l'importation des autres moyens utilisés dans les usines textiles et dans les blanchisseries.

Les matières plastiques sont les plus importantes et amplement les plus utilisées des produits pétrochimiques. Dans l'industrie métallique, on produit plusieurs pièces détachées, pièces de rechange et autres parties des machines, d'équipement des usines, des produits pour l'utilisation domestique et beaucoup d'autres produits de l'industrie métallique.

Dans la construction des bâtiments, les matières plastiques sont utilisées pour préparer les planchers, les tuyaux, les toits, les parties d'aménagement domestique, les isolations acoustiques et thermiques et les autres parties de bâtiments. La consommation des matières plastiques dans la construction dans le monde dépasse de 20 % la consommation totale de ces matières.

La seconde grande consommatrice de matières plastiques est la fabrication des emballages. On fabrique les emballages de matières dures comme par exemple les caisses, les boîtes, les bouteilles et aussi des matières molles comme les sacs grands et petits. On fabrique les matières plastiques écumées, des emballages pour des objets précis et pour transporter les parties de machines.

La dernière grande consommatrice des matières plastiques est la fabrication des ustensiles pour usage domestique, bien connus dans tous les ménages

L'industrie pétrochimique est ainsi liée avec plusieurs secteurs de l'économie camerounaise et influence considérablement le développement économique du pays.

Outre l'influence à la situation économique intérieure, l'industrie pétrochimique peut gagner beaucoup de devises grâce à l'exportation de ses produits. Spécialement l'urée qui est un engrais très utile, surtout dans les pays du tiers-monde et le méthanol dont la demande dans le monde augmente rapidement, ont des potentialités considérables.

Grâce à l'importance de l'industrie pétrochimique dans l'économie camerounaise, il devient le secteur stratégique.

Annexe - Le Programme de Formation Spéciale dans le Secteur des Hydrocarbures

1. Analyse par domaine

1.1. Besoins

|                         | Géologie<br>de pétrole<br>et du gaz<br>naturel | Exploration<br>de pétrole<br>et du gaz | Raffinage<br>de pétrole<br>avec les<br>procédés pé-<br>trochimiques | Séparation<br>liquéfaction<br>et transfor-<br>mation du<br>gaz | Production<br>des produits<br>pétrochim-<br>ques | Production<br>des matiè-<br>res plas-<br>tiques | Production<br>des produits<br>intermédi-<br>res organi-<br>ques | Production<br>des engrais<br>et produits<br>inorganiques | Total |
|-------------------------|--|--|---|--|--|---|---|--|-------|
| Géologiste              | 3  | 1                                      |   |  |  |   |   |  | 4     |
| Ingénieur<br>des mines  |  | 2                                      |   |  |  |   |   |  | 2     |
| Ingénieur<br>chimiste   |  |  | 2   | 2  |  | 2   | 2   | 2  | 12    |
| Ingénieur<br>mécanicien |  |  |   | 1  | 1  | 1   | 1   | 1  | 5     |
| Total                   | 3  | 3                                      | 2   | 3  | 3  | 3   | 3   | 3  | 23    |

1.2. PROFILS A ATTEINDRE

1.2.1. Géologie : Connaissances spéciales approfondies de :

- Prospection des réserves;
- Qualification des réserves en réserves prouvées, probables ou possibles;
- Prise des échantillons de forages et des puits;
- Analyse chimique préliminaire du pétrole brut et du gaz naturel;
- Estimation globale du tonnage des gisements;

1.2.2. Ingénieur des mines : Connaissances spéciales approfondies de :

- Technologie de l'exploitation du pétrole brut et du gaz naturel;
- Technologie et moyens de transport du pétrole brut et du gaz naturel;
- Technologie de séparation du gaz;
- Technologie de liquéfaction du gaz;

1.2.3. Ingénieur chimiste

Sous-secteur : Raffinage du pétrole brut

Connaissances spéciales approfondies de :

- Technologie de raffinage du pétrole brut
- Technologie de divers types de cracking comme catalytique, cracking thermique, reforming, pyrolyse
- Technologie de séparation des produits de reforming et de pyrolyse
- Utilisation des produits de raffinage dans l'industrie pétrochimique

1.2.4. Ingénieur chimiste

Sous-secteur : Transformation du gaz naturel

Connaissances spéciales approfondies de :

- Technologie de séparation du gaz naturel
- Technologie de liquéfaction du gaz naturel
- Technologie et moyens de transport du gaz
- Technologie de transformation du gaz en produits chimiques et pétrochimiques

1.2.5. Ingénieur chimiste

Sous-secteur : Industrie pétrochimique

Connaissances spéciales approfondies de :

- Technologie de raffinage du pétrole brut
- Technologie de séparation, de liquéfaction du gaz naturel et utilisation des condensats
- Technologie de divers types de cracking, de reforming et pyrolyse
- Technologie de transformation des composés aromatiques et des oléfines en produits intermédiaires pétrochimiques

Connaissances générales de

- Technologie de la production des matières plastiques, caoutchouc synthétique, fibres synthétiques, détergents et des autres groupes de produits provenant du pétrole brut et du gaz naturel.

1.2.6. Ingénieur mécanicien

Sous-secteur équipement de transformation du gaz naturel

Connaissances générales de :

- Construction d'équipements utilisés dans l'industrie chimique et pétrochimique
- Construction d'équipements utilisés dans la transformation des carburants et du gaz

Connaissances spéciales approfondies de :

- Construction d'équipements de transformation du gaz naturel en produits pétrochimiques

1.2.7. Ingénieur chimiste

Sous-secteur : industrie des matières plastiques

Connaissances spéciales approfondies de :

- Technologie de la production de matières plastiques
- Technologie d'utilisation des matières plastiques dans divers domaines
- Construction d'équipements utilisés dans la production des matières plastiques
- Construction d'équipements utilisés dans la transformation des matières plastiques en divers articles

1.2.8. Ingénieur mécanicien

Sous-secteur : industrie pétrochimique

Connaissances générales de :

Technologie de la production d'équipements de l'industrie chimique

Connaissances spéciales approfondies de :

- Technologie de la production d'équipements de l'industrie pétrochimique
- Réparation générale d'équipements de l'industrie pétrochimique

1.2.9. Ingénieur mécanicien

Sous-secteur : industrie des matières plastiques

Connaissances générales de :

Construction d'équipements de l'industrie chimique

Connaissances spéciales approfondies de :

- Construction d'équipements de l'industrie des matières plastiques
- Construction d'équipements de l'industrie de transformation des matières plastiques en articles utilisés dans plusieurs domaines
- Réparation générale d'équipements de l'industrie des matières plastiques et d'équipements utilisés dans l'industrie de transformation des matières plastiques

1.3. Ingénieur chimiste

Sous-secteur : industrie de chimie organique

Connaissances générales de :

- Technologie de production des produits de chimie organique
- Construction d'équipements utilisés dans l'industrie de chimie organique

Connaissances spéciales approfondies de :

- Technologie de production des produits de l'industrie de chimie organique
- Technologie d'utilisation des produits de l'industrie de chimie organique dans divers domaines de l'industrie chimique

1.3.1 Ingénieur mécanicien

Sous-secteur : industrie de chimie organique

Connaissances spéciales approfondies de :

- Technologie de construction d'équipements de l'industrie de chimie organique
- Réparation générale d'équipements dans l'industrie de chimie organique

1.3.2. Ingénieur chimiste

Sous-secteur : industrie des engrais et des produits inorganiques

Connaissances générales de :

- Technologie de chimie inorganique
- Construction d'équipements utilisés dans l'industrie de chimie inorganique

Connaissances spéciales approfondies de :

- Technologie des engrais azotiques et engrais composés
- Construction d'équipements utilisés dans l'industrie des engrais
- Utilisation des engrais

1.3.3. Ingénieur mécanicien

Sous-secteur : industrie des engrais et des produits inorganiques

Connaissances générales de :

- Technologie de construction d'équipements utilisés dans l'industrie des produits inorganiques

Connaissances spéciales approfondies de :

- Technologie de construction d'équipements utilisés dans l'industrie des engrais
- Réparation générale d'équipements utilisés dans l'industrie des engrais

1.3.4. Calendrier approximatif

1. GEOLOGIE

|                                 |                |
|---------------------------------|----------------|
| a) notions générales : cours de | 1 mois         |
| b) connaissances sur le terrain | 6 mois         |
| c) laboratoire : pratique       | 2 mois         |
| d) calculs : pratique           | 1 mois         |
| Total                           | <u>10 mois</u> |

2. Ingénieur des mines

|   |                |
|---|----------------|
| a) notions générales : cours de         | 1 mois         |
| b) connaissances spéciales approfondies |                |
| dans la mine : pratique                 | 6 mois         |
| dans le bureau d'études                 | 2 mois         |
| c) laboratoire : pratique               | 2 mois         |
| d) calculs techniques et économiques :  |                |
| pratique                                | 1 mois         |
| Total                                   | <u>12 mois</u> |

3. Ingénieur Chimiste  
Spécialiste de raffinage de pétrole

|   |                |
|---|----------------|
| a) notions générales : cours de                         | 1 mois         |
| b) connaissances spéciales approfondies                 |                |
| - dans une usine de raffinage de pétrole pratique       | 2 mois         |
| - dans une usine de pyrolyse d'essence lourde, pratique | 3 mois         |
| - dans une usine de cracking thermique pratique         | 2 mois         |
| - laboratoires : pratique                               | 1 mois         |
| - calculs techniques et économiques pratique            | 1 mois         |
| - dans l'usine de reforming : pratique                  | 2 mois         |
| Total   | <u>12 mois</u> |

4. Ingénieur Chimiste  
Spécialiste de transformation du gaz naturel

|   |                |
|---|----------------|
| a) notions générales : cours de   | 1 mois         |
| b) connaissances spéciales approfondies                                       |                |
| - dans la mine de gaz naturel, pratique                                       | 2 mois         |
| - dans l'usine de liquéfaction de gaz, pratique                               | 2 mois         |
| - dans l'usine de séparation de gaz, pratique                                 | 2 mois         |
| - dans l'usine de transformation de gaz en produits pétrochimiques : pratique | 3 mois         |
| - calculs techniques et économiques, pratique                                 | 1 mois         |
| Total   | <u>12 mois</u> |

5. Ingénieur chimiste  
Spécialiste dans l'industrie pétrochimique

|   |                |
|---|----------------|
| a) notions générales : cours de                           | 1 mois         |
| b) connaissances spéciales approfondies                   |                |
| - dans l'usine de pyrolyse d'essence lourde pratique      | 3 mois         |
| - dans l'usine de matières plastiques, pratique           | 3 mois         |
| - dans l'usine des produits intermédiaires pétrochimiques | 3 mois         |
| - dans un bureau d'études, pratique                       | 1 mois         |
| - calculs techniques et économiques, pratique             | 1 mois         |
| Total   | <u>12 mois</u> |

6. Ingénieur chimiste  
Spécialiste dans l'industrie des matières plastiques

|   |                |
|---|----------------|
| a) notions générales : cours de   | 1 mois         |
| b) connaissances spéciales approfondies   |                |
| - dans une usine des matières thermoplastiques<br>pratique                          | 3 mois         |
| - dans une usine de résines amino-formaldéhyde<br>et phénolo-formaldéhyde, pratique | 3 mois         |
| - dans une usine des articles en matières<br>plastiques, pratique                   | 3 mois         |
| - dans un bureau d'études, pratique   | 1 mois         |
| - calculs techniques et économiques, pratique                                       | 1 mois         |
| Total   | <u>12 mois</u> |

7. Ingénieur chimiste  
Spécialiste dans l'industrie de chimie organique

|   |                |
|---|----------------|
| a) notions générales : cours de               | 1 mois         |
| b) connaissances spéciales approfondies       |                |
| - dans une usine de détergents, pratique      | 3 mois         |
| - dans une usine de colorants, pratique       | 3 mois         |
| - dans une usine de vernis, pratique,         | 3 mois         |
| - dans un bureau d'études, pratique           | 1 mois         |
| - calculs techniques et économiques, pratique | 1 mois         |
| Total   | <u>12 mois</u> |

8. Ingénieur chimiste  
Spécialiste des engrais et produits inorganiques

|   |                |
|---|----------------|
| a) notions générales : cours de   | 1 mois         |
| b) connaissances spéciales approfondies                                 |                |
| - dans une usine d'engrais azotiques et<br>d'engrais composés, pratique | 3 mois         |
| - dans une usine d'électrolyse de chlorure<br>de soude, pratique        | 3 mois         |
| - dans une usine de divers produits inorganiques,<br>pratique           | 3 mois         |
| - dans un bureau d'études, pratique                                     | 1 mois         |
| - calculs techniques et économiques, pratique                           | 1 mois         |
| Total   | <u>12 mois</u> |

9. Ingénieur mécanicien

Spécialiste de construction d'équipements pour l'industrie de transformation du gaz naturel

|   |                |
|---|----------------|
| a) notions générales : cours de   | 1 mois         |
| b) connaissances spéciales approfondies   |                |
| - dans une usine de construction d'équipements de liquéfaction du gaz naturel, pratique | 3 mois         |
| - dans une usine de construction d'équipements de séparation du gaz naturel, pratique   | 3 mois         |
| - dans une usine de transformation de gaz naturel en produits pétrochimiques, pratique  | 3 mois         |
| - dans un bureau d'études, pratique   | 1 mois         |
| - calculs techniques et économiques, pratique   | 1 mois         |
| Total   | <u>12 mois</u> |

10. Ingénieur mécanicien

Spécialiste de construction d'équipements pour l'industrie pétrochimique

|  |                |
|--|----------------|
| a) notions générales : cours de  | 1 mois         |
| b) connaissances spéciales approfondies  |                |
| - dans une usine qui produit l'équipement de pyrolyse d'essence lourde, pratique               | 3 mois         |
| - dans une usine qui produit l'équipement de reforming d'essence, pratique                     | 3 mois         |
| - dans une usine qui produit l'équipement des produits intermédiaires pétrochimiques, pratique | 3 mois         |
| - dans un bureau d'études, pratique  | 1 mois         |
| - calculs techniques et économiques, pratique  | 1 mois         |
| Total  | <u>12 mois</u> |

11. Ingénieur mécanicien

Spécialiste de construction d'équipements des matières plastiques

|  |                |
|--|----------------|
| a) notions générales : cours de  | 1 mois         |
| b) connaissances spéciales approfondies  |                |
| - dans une usine qui produit l'équipement pour l'industrie des matières thermoplastiques   | 3 mois         |
| - dans une usine qui produit l'équipement pour l'industrie des résines phénolo-formaldéhydes et amino-formaldéhydes, pratique    | 3 mois         |
| - dans une usine qui produit l'équipement pour l'industrie de transformation des matières plastiques en ouvrages finis, pratique | 3 mois         |
| - dans un bureau d'études, pratique  | 1 mois         |
| - calculs techniques et économiques, pratique  | 1 mois         |
| Total  | <u>12 mois</u> |

12. Ingénieur mécanicien

Spécialiste de construction d'équipements pour l'industrie de chimie organique

|   |                |
|---|----------------|
| a) notions générales : cours de   | 1 mois         |
| b) connaissances spéciales approfondies   |                |
| - dans une usine qui produit l'équipement pour l'industrie des détergents, pratique | 3 mois         |
| - dans une usine qui produit l'équipement pour l'industrie des colorants, pratique  | 3 mois         |
| - dans une usine qui produit l'équipement pour l'industrie de vernis, pratique      | 3 mois         |
| - dans un bureau d'études, pratique   | 1 mois         |
| - calculs techniques et économiques, pratique                                       | 1 mois         |
| Total   | <u>12 mois</u> |

13. Ingénieur mécanicien

Spécialiste de construction d'équipements pour l'industrie des engrais et des produits inorganiques

|  |                |
|--|----------------|
| a) notions générales : cours de  | 1 mois         |
| b) connaissances spéciales approfondies  |                |
| - dans une usine qui produit l'équipement pour l'industrie des engrais azotiques et des engrais composés, pratique | 3 mois         |
| - dans une usine qui produit l'équipement pour l'électrolyse de chlorure de soude, pratique                        | 3 mois         |
| - dans une usine qui produit l'équipement pour produire divers produits inorganiques, pratique                     | 3 mois         |
| - dans un bureau d'études, pratique  | 1 mois         |
| - calculs techniques et économiques, pratique  | 1 mois         |
| Total  | <u>12 mois</u> |

