



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

Projet ONUDI DP/ALG+/86/003 (21-04)

ADIM - ALG+

Aide à la Decision Interactive Multicritères

MANUEL DE L'UTILISATEUR

Avril, 1988.

LIÉS IAIS AMM

**Laboratoire Interministériel pour les Etudes de Systèmes
Institut d'Automatisation et d'Ingénierie de Systèmes
Académie des Mines et de la Métallurgie**

**Al. Mickiewicza 30. 30-059 Cracovie, Pologne.
tx 03-22-498 tel. 21-55-65, 34-15-68**

Table des matières

1ère Partie. GENERALITES SUR LE SYSTEME INFORMATIQUE ADIM

2ème Partie. LE SYSTEME DE MENUS DE L'ADIM.

1. Création et consultation de la base de données

1.1. Introduction et mise à jour des données

1.2. Consultations du DPD

- 1.2.1. Distribution de l'agent (par numéro)
- 1.2.2. Distribution de l'agent (par nom)
- 1.2.3. Limites des ventes
- 1.2.4. Limites des achats
- 1.2.5. Efficacité de la conversion d'énergie (ECE)
- 1.2.6. Rentabilité
- 1.2.7. Valeur ajoutée à la production (MVA)
- 1.2.8. Entrées et sorties de procédé (par numéro)
- 1.2.9. Entrées et sorties de procédé (par nom)
- 1.2.10. Evaluation d'une installation particulière
- 1.2.11. Liste des procédés
- 1.2.12. Liste des agents (avec les prix)
- 1.2.13. Consultation fine
- 1.2.14. Impression de la dernière consultation
- 1.2.15. Répéter la dernière consultation

1.3. Contrôle de cohérence du DPD

2. Génération du problème

3. Exécution de l'expérience

4. Sélection et affichage des résultats

- 4.1. Sélection de l'expérience à afficher
- 4.2. Rapport d'optimisation
- 4.3. Evaluation du DPD
- 4.4. Procédés
- 4.5. Importations
- 4.6. Exportations
- 4.7. Achats sur le marché national
- 4.8. ventes sur le marché national
- 4.9. Ventes sur le marché national provenant de l'im-
portation
- 4.10. Evaluation d'une installation particulière
- 4.11. Production brute
- 4.12. Distribution des agents (par numéro)
- 4.13. Distribution des agents (par nom)
- 4.14. Entrées et sorties de procédé (par numéro)
- 4.15. Entrées et sorties de procédé (par nom)
- 4.16. Consultation fine
- 4.17. Impression de la dernière consultation
- 4.18. Répéter la dernière consultation

5. Consultation des archives

- 5.1. Affichage des scénarios des expériences
- 5.2. Comparer les expériences
- 5.3. Effacement de l'expérience
- 5.4. Impression de la dernière consultation
- 5.5. Répéter la dernière consultation

6. Fonctions auxiliaires

- 6.1. Sauvegarde de la base de données sur disquette
- 6.2. Reconstitution de la base de données à partir d'une disquette
- 6.3. Sauvegarde de la base de données en format ASCII
- 6.4. Reconstitution de la base de données stockée en format ASCII
- 6.5. Réinitialisation de la base de données

3ème Partie. MODULE D'ORDONNANCEMENT OPTIMAL DES INVESTISSEMENTS DANS L'INDUSTRIE CHIMIQUE

1. Introduction
2. Mise en oeuvre du module SCH(eduling)
3. Menu principal
4. Menu "Input Manager" (Gestionnaire des entrées)
5. Menu "Enter and Update Database" (Introduction et mise à jour de la base de données)
6. Menu "Optimization"
7. Menu "Output Data" (Sortie des données)
8. Liste des erreurs détectées par le module lors du chargement des données
9. Limitations du produit SCH
10. Conversion des données

ANNEXES:

Annexe 1.

Spécification des tables de la base de données ADIM

Annexe 2.

Formulaires de la base de données
(Installation, Procédé, Agents en entrée ou sortie
de procédé, Commentaires sur l'installation, Principaux
paramètres, Produit ou Agent chimique, Marché,
Commentaires sur l'Agent)

Annexe 3.

Format d'un enregistrement du fichier DICTIONARY

Annexe 4.

Format des enregistrements du fichier CHANGE

Annexe 5.

Définition de l'analyse postoptimale

Annexe 6.

Description de l'état de sortie de la solution en termes MPS

Annexe 7.

Règles de création des noms MPS du modèle ADIM.
Description de l'état de sortie de la solution en termes MPS

Annexe 8.

Opérations du système ADIM commandés par la souris

PREMIERE PARTIE

GENERALITES SUR LE SYSTEME INFORMATIQUE ADIM

Le présent manuel contient l'information indispensable pour un usage approprié du système informatique ADIM. Le système ADIM est ici considéré comme un outil conçu pour aider l'utilisateur avec des programmes qui permettent la mise en oeuvre de la méthodologie ADIM de programmation du développement. La méthodologie ADIM fait l'objet d'une présentation dans le "Guide de programmation du développement de l'industrie chimique" fourni par le LIES aux spécialistes de l'EDIC.

Avant de traiter en détail toutes les fonctions du système, nous donnons une description succincte des modules de base du système afin de familiariser l'utilisateur avec la structure du système et lui permettre d'associer les diverses options à l'architecture du système.

Le système informatique ADIM a été conçu comme un système d'aide à la décision (SAD) orienté-écran et convivial. Toute utilisation du système est donc guidée par une collection hiérarchisée de menus renfermant toutes les options fonctionnelles du système. Par conséquent, il n'y a pas d'appels directs au système d'exploitation et le logiciel incorporé est transparent pour l'utilisateur.

Le système ADIM-ALG+ est assisté par un jeu d'instructions auxiliaires HELP (Assistance) comportant des commentaires explicatifs sur les fonctions du système. Pour chaque menu (ou sous-menu) du système, on peut appeler la fonction Help (Assistance) par action de la touche "?". Comme pour toutes les options du système, les instructions "Help" sont rédigées en anglais.

Néanmoins, pour les utilisateurs avertis, qui sont familiarisés avec les logiciels d'optimisation de la programmation linéaire et le fonctionnement des ordinateurs, il est possible de mettre en oeuvre les expériences d'optimisation sous le contrôle direct du système d'exploitation.

Les fonctionnalités du système ADIM peuvent être classées suivant des groupes de fonctions que nous appellerons également les modules du système. Le concept de module ne signifie pas nécessairement qu'il s'agit de parties distinctes pouvant être utilisées de manière plus ou moins indépendante, mais de l'intégration de fonctions

similaires implantées par différents outils et procédures incorporées au système. Nous donnons ci-dessus une description succincte des modules du système *)

Module de la base de données.

Le module de la base de données est composé de la base de données proprement dite, qui est une collection organisée d'informations, et d'un système de gestion de base de données (SGBD) permettant à l'utilisateur l'introduction, le stockage, la manipulation et la restitution de l'information organisée dans la base de données. Le SGBD permet un accès en mode interactif à la base et fournit des moyens commodes de création de rapports imprimés.

Le Module de la base de données est conçu en conformité avec la philosophie de l'ADIM et est intégré au SAD (système d'aide à la décision). C'est pourquoi ses fonctionnalités ne prennent en compte que les seules exigences et la structure d'un tel système. Du point de vue de l'utilisateur, les fonctionnalités relatives à l'introduction et à la restitution des données sont essentielles.

Pour ce faire, l'utilisateur est assisté par un jeu de formulaires appropriés. Ces formulaires servent de support à l'introduction, dans la base de données du système, des paramètres intensifs des procédés technologiques ainsi que des données technologiques et économiques des installations. Les modes d'intervention dans la base de données sont assumés par le SGBD.

Si par exemple l'utilisateur a besoin d'une information relative à un procédé chimique particulier (p.ex. la production du phénol), il peut appeler un formulaire orienté procédé et désigner l'option demandée pour chercher le procédé désigné par l'attribut donné (ici la production du phénol). On peut de même se référer à des données mémorisées dans d'autres tables **) de la base de données,

*) Le module de planning de l'investissement et certaines fonctions du module auxiliaire seront documentées séparément. En effet, comme certaines fonctions du système sont fortement orientées-utilisateur, elles seront implantées suivant un commun accord en sélectionnant les options offertes par le LIES.

**) Pour des raisons de compatibilité avec la terminologie utilisée dans le SGED INFORMIX SQL, on trouvera dans le présent "Manuel" les termes de: table, ligne et colonne (anglais: table, row, column) correspondant aux termes généralement utilisés de : fichier (=table), enregistrement (=ligne) et champ (=colonne). Tous ces termes seront donc utilisés indifféremment dans les parties du texte se rapportant

comme par exemple les tables "installations", "produits chimiques", "déchets", etc. En plus de l'option "requête" pour la recherche de données, l'utilisateur dispose d'autres modes d'action, dont par exemple les commandes "ajouter" (add), "mise à jour" (update), "effacer" (delete).

D'autre part, le SGDB permet à l'utilisateur d'effectuer un balayage des enregistrements et des tables à la recherche d'une information définie par sa valeur. Lorsqu'un enregistrement est affiché, il est possible de l'effacer ou de modifier son contenu, ou d'ajouter de nouveaux enregistrements. Qui plus est, le SGDB fournit un système évolué de vérification et de protection des données.

Le contenu de la base des données peut être enregistré à la demande, suivant le format le mieux adapté aux besoins de l'utilisateur. Le module éditeur d'états de la base de données est fort souple et permet entre autres de réunir sur un état de sortie des données en provenance de plusieurs tables.

Comme ce module de la base de données fait partie du SAD, il est pourvu de riches possibilités de communication avec les autres modules de système. Pour assurer la communication, des procédures de commande appropriées (écrites en langage C) sont incorporées au module. Ceci est rendu possible grâce à l'existence d'une bibliothèque de procédures de la base de données qui permet aux programmeurs connaissant le langage C de manipuler les données dans la base de données à l'aide de programmes spécialisés orientés utilisateurs.

Module de génération d'un modèle de DPD

La fonction de base du Module de génération du modèle est la sélection et la transformation des données mémorisées dans la base de données en créant un fichier MPS, un fichier DICTIONNAIRE et un fichier MODIFICATION. Le fichier MPS renferme une information organisée suivant la norme de programmation linéaire de la société IBM - le système MPS (Mathematical Programming System 360 version 2) qui est largement utilisé pour des applications de ce type. Il est important que la structure du fichier MPS reflète et prenne en compte la structure du modèle sélectionné pour les expériences de simulation.

Le fichier DICTIONNAIRE contient une description des codes MPS choisis (noms) en langage naturel et la spécification des rapports pour chaque calcul d'optimisation. Ce fichier est en principe un tableau de références croisées où l'on trouve les codes MPS et les noms en clair ainsi que les paramètres d'échelle et les unités introduites pour les

à la base de données INFCRMIX.

variables qui apparaissent dans la solution. Ce dernier fichier détermine également l'ordre et le classement (groupements croisés orientés attribut) des résultats rapportés en fonction des exigences de l'utilisateur.

Le fichier MODIFICATION indique les agents et utilités qui doivent être modifiés durant les expériences de simulation sur un modèle donné. Le fichier en question définit également un ensemble de critères qui peuvent être choisis pour un calcul d'optimisation, ainsi que le type de contraintes ou de paramètres particuliers d'un DPD.

Module d'optimisation d'un DPD

L'implantation du Module d'optimisation est cruciale pour l'efficacité du système global. Comme les modèles DPD - semblables considérés sont des problèmes de programmation linéaire de grande taille (le nombre de variables peut varier de 500 à 5000), les exigences d'efficacité et de stabilité numérique quant au logiciel utilisé, sont fort élevées. Ceci veut dire que l'implantation d'un module fondé sur un programme linéaire professionnel ne fait pas l'objet de doute.

Un autre postulat important dont on doit tenir compte dans le projet à réaliser, est que toutes les modifications du problème de programmation linéaire doivent être effectuées directement dans la mémoire centrale (c'est à dire dans les tables du progiciel de programmation linéaire). Ceci veut dire que le progiciel d'optimisation peut être appelé comme un sous-programme. Ce dernier postulat est parfois difficile à satisfaire, en raison de la structure spécifique de nombreux progiciels et en l'absence d'une documentation appropriée.

Un exemple de logiciel professionnel évolué pouvant être facilement inséré dans le Module d'optimisation, est le progiciel MINOS (Stanford University, 1977). Pour les modèles DPD - semblables, ce progiciel a été étoffé avec des procédures d'optimisation multicritères et à critère fractionnel, ainsi qu'avec des procédures d'analyse de sensibilité. Une nouvelle version de ce progiciel - le POSTAN - a été développée par le LIES, dument testée et incorporée au Module d'optimisation.

De même que les autres modules du SAD, le Module d'optimisation est commandé par menu et peut communiquer avec les autres parties du système.

Module d'édition de rapports

Le Module d'édition de rapports a une double fonction. En premier lieu, il commande la sortie du calcul d'optimisation suivant la structure du fichier DICTIONNAIRE créé par le

Module de génération de modèle. Deuxièmement, il permet de produire des rapports sous une forme quelconque requise par l'utilisateur.

La première fonction du module constitue un interface entre le Module d'optimisation et le Module de la base de données. La seconde fonction du module est assumée par un éditeur de rapport relationnel du SGBD. Ce dernier contribue à l'assemblage de différents éléments de la base de données. Dès que l'information se trouve être réunie, des commandes puissantes de formatage des rapports permettent de composer des rapports renfermant un sous-ensemble quelconque de la base de données. Comme les résultats de plusieurs expériences de simulation peuvent être conservés dans la base de données, le module d'édition peut être utilisé pour comparer les expériences sélectionnées suivant différents points de vue.

En plus des applications directes du module, celui-ci offre également des fonctions évoluées comme les calculs sur des rubriques choisies, la commande de sorties suivant des conditions logiques portant sur les données de sortie, les tris, etc.

Le module auxiliaire met à la disposition de l'utilisateur des outils de gestion des archives, de sauvegarde et de rechargement du système ADIM à partir du menu. Ce module met ainsi l'utilisateur inexpérimenté en mesure de protéger la base et le logiciel du système contre les dommages éventuels liés par exemple aux coupures de courant.

Module d'ordonnancement optimal des investissements

Le module permet de délimiter le calendrier optimal (ou suboptimal) de réalisation d'investissements dans les différentes branches de l'industrie chimique, au niveau d'un DPD, suivant un critère choisi.

Il permet de définir le calendrier de mise en chantier des différentes installations ou complexes chimiques retenus à l'aide du système ADIM. Le module n'est pas intégré au système ADIM-ALG+. Il peut donc être exécuté de manière autonome, d'où la nécessité d'une introduction séparée des données. Les algorithmes d'optimisation utilisés dans le programme sont les algorithmes classiques de recherche.

Le module SCH a été conçu comme un SAD (Système d'aide à la décision) autonome de structure classique. Le module est commandé, comme le système ADIM, à partir d'un ensemble hiérarchisé de menus dont la structure et le mode d'utilisation sont identiques avec ceux du système ADIM.

DEUXIEME PARTIE

LE SYSTEME DE MENUS DE L'ADIM *)

Le système de menus de l'ADIM permet à l'utilisateur de sélectionner toutes les fonctions offertes par le système. Les menus sont organisés suivant une structure arborescente, c'est-à-dire qu'à partir du menu principal (la racine), on peut se brancher sur les menus de niveau inférieur (sous-menus). Dès que l'utilisateur a sélectionné l'option requise, parmi toutes celles qui figurent sur la liste du menu affiché, le système peut au choix se brancher sur le sous-menu correspondant ou exécuter directement la fonction choisie, quand elle constitue une "feuille" de l'arbre du menu.

Toute option du menu peut être sélectionnée par la frappe du numéro sous lequel figure le nom de l'option ou en utilisant les touches DOWN ARROW (ligne suivante) ou UP ARROW (ligne précédente). Toutes les touches en question déplacent la "barre claire" indiquant l'option choisie de chaque menu. Pour quitter un menu, l'utilisateur doit appuyer sur la touche e [END (Fin)]. Ceci entraîne le branchement vers un menu de niveau supérieur ou l'abandon du système MIDA, si l'utilisateur quitte le menu principal.

Les règles générales de fonctionnement du système ADIM à partir du clavier décrits ci-dessus, sont valables pour toutes les versions du système, indépendamment du système d'exploitation sous lequel fonctionne l'ADIM. Il est par contre possible, pour la version DOS du système ADIM, de faire exécuter toutes les fonctions du système à partir de la souris. Les règles d'utilisation de la souris pour commander les opérations du système ADIM, sont décrites en Annexe 8.

La structure du système de menus permet d'organiser la description fonctionnelle du système; les menus en question vont être expliqués dans les chapitres suivants dans l'ordre de leur emplacement sur les différents niveaux hiérarchisés. Si un doute quelconque subsiste quant à la structure du système de menus, il suffit de le mettre en oeuvre pour lever immédiatement toute ambiguïté éventuelle.

*) Comme tous les mots-clés des menus et les commentaires sont rédigés en anglais, nous donnons dans ce manuel en regard de tous les mots-clés, entre parenthèses, la traduction française de l'original anglais. On peut également les retrouver dans le "Glossaire anglais-français".

Nous trouvons ci-après le texte du menu principal du système informatique ADIM:

MIDA - Multiobjective Interactive Decision Aid - MIDA
(ADIM - Aide à la Décision Interactive Multicritères - ADIM)

1. **PREPARE AND REVIEW DATABASE**
(Création et consultation de la base de données)
2. **GENERATE PROBLEM**
(Génération du problème)
3. **PERFORM EXPERIMENTS**
(Exécution de l'expérience)
4. **SELECT AND DISPLAY EXPERIMENTS**
(Sélection et affichage des résultats)
5. **LOOK-OVER EXPERIMENTS ARCHIVE**
(Consultation des archives; résultats des calculs d'optimisation)
6. **AUXILIARY FUNCTIONS**
(Fonctions auxiliaires)

1. Option PREPARE AND REVIEW DATABASE
(Création et consultation de la base de données)

L'utilisation de cette option du menu principal permet à l'utilisateur d'accéder à la base de données ADIM. Nous avons ci-dessous le sous-menu spécifiant les fonctions fournies par le Module de la base de données:

1. ENTER AND UPDATE DATA
(Introduction et mise à jour des données)
2. REVIEW PDA
(Consultation du DPD)
3. CHECK PDA CONSISTENCY
(Contrôle de cohérence du DPD)
4. Print Last Review
(Impression de la dernière consultation)
5. Repeat Last Review
(Répéter de la dernière consultation)

1.1: Option ENTER AND UPDATE DATA (Introduction et mise à jour des données)

En sélectionnant cette option du système, l'utilisateur communique avec le Module de la base de données de l'ADIM. Le Module de la base de données consiste en une base de données, qui est une collection organisée d'informations, et un système de gestion de base de données (SGBD) qui permet à l'utilisateur d'introduire, de stocker, manipuler et retrouver l'information organisée dans la base. Le SGBD fournit un accès interactif à la base et des moyens commodes de création de rapports imprimés.

Le Module de la base de données est conçu en accord avec la philosophie de l'ADIM et est incorporé au système SAD. Comme la base de données est destinée à l'alimentation du SAD avec les données d'entrée qui sont utilisées pour la génération des problèmes d'optimisation fondés sur le modèle DPD (en anglais PDA - Production Distribution Area), la structure de cette base a été conçue pour satisfaire les exigences du système dans sa totalité.

Par conséquent, ses fonctions tiennent compte des exigences spécifiques et de la structure d'un tel système. Du point de vue de l'utilisateur, les utilitaires d'introduction et de restitution des données sont essentiels. Pour réaliser ces deux fonctions, l'utilisateur est guidé par une série de formulaires orientés utilisateurs (cf. la description du sous-menu de l'option ENTER AND UPDATE DATA - Introduction et mise à jour des données).

Les formulaires sont utilisés comme un outil d'entrée alimentant la base de données du système avec les paramètres des procédés chimiques, les données technologiques et économiques concernant les installations et fournissant également les données relatives aux marchés et aux facteurs macroéconomiques choisis (mesures politiques).

Les modes de manipulation de la base de données sont assumés par le SGBD. Par exemple, si l'utilisateur a besoin d'une information concernant des procédés chimiques particuliers (par exemple la production du phénol), il peut appeler un formulaire orienté procédé correspondant à l'attribut donné (c'est-à-dire la production du phénol). L'utilisateur peut également se référer à d'autres données contenues dans d'autres tables de la base, tels que les tables "installations", "produits et agents chimiques", "procédés", etc. En plus de l'option query (requête) pour la recherche de données, l'utilisateur peut choisir d'autres modes opératoires comme par exemple add (ajouter), update (mise à jour), delete (effacer).

En conséquence, le SGBD permet à l'utilisateur de balayer les enregistrements et les tables pour trouver une

information fondée sur les valeurs de recherche. Lorsqu'un enregistrement est affiché, il peut l'effacer ou le modifier, ou ajouter de nouveaux enregistrements. Qui plus est, le SGBD fournit un contrôle et une protection évolués des données.

Le contenu de la base de données peut être édité à la demande dans le format qui convient le mieux à l'utilisateur. Le module d'édition de rapports de la base de données est très souple et permet de combiner l'information en provenance de différents tables sur un rapport.

Comme le Module de la base de données fait partie du SAD global, il est muni de possibilités étendues de communication avec les autres modules. Pour permettre cette communication, des procédures de commande (écrites en langage C) sont incorporées au module. On les trouve dans les procédures de bibliothèque de la base de données qui aide les programmeurs en langage C à manipuler les données, dans la base, avec des programmes spécialisés personnalisés.

Organisation de la base de données

L'information contenue dans la base de données est organisée en plusieurs groupes appelés tables. L'organisation de la base de données découle de deux facteurs principaux: une hiérarchie naturelle de l'information utilisée par le système MIDA et un mode commode de recherche des données. L'information est stockée dans un format qui aide le logiciel de la base de données à répondre vite aux questions et à coopérer de manière efficace avec les autres modules du système.

La base de données contient les tables (fichiers) suivants:

1. table MAIN PARAMETERS
(Paramètres principaux)
2. table INSTALLATION
(Installation)
3. table COMMENTS TO INSTALLATION
(Commentaires sur l'installation)
4. table PROCESS
(Procédé)
5. table PROCESS INPUT OR OUTPUT MEDIA
(Entrées de procédé ou agents de sortie)
6. table CHEMICALS OR MEDIUM
(Produits ou Agents chimiques)
7. table MARKET
(Marché)
8. table COMMENTS TC MEDIA
(Commentaires relatifs aux agents)

Les tables ci-dessus sont mutuellement reliées par des chaînages définis dans la base de données. Ces connexions créent une structure logique des données stockées qui aident à la formulation des requêtes inter-tables et permettent d'accéder aux différentes données requises par le système. La structure de la base est montrée sur la Fig.1. Sur la figure en question, les fichiers consécutifs sont présentés sous forme de tables. Les lignes ou couches de ces tables indiquent les enregistrements; par conséquent, la structure est représentée sous forme de chaînages bidirectionnels entre les enregistrements. La spécification détaillée des tables est donnée en Annexe 1.

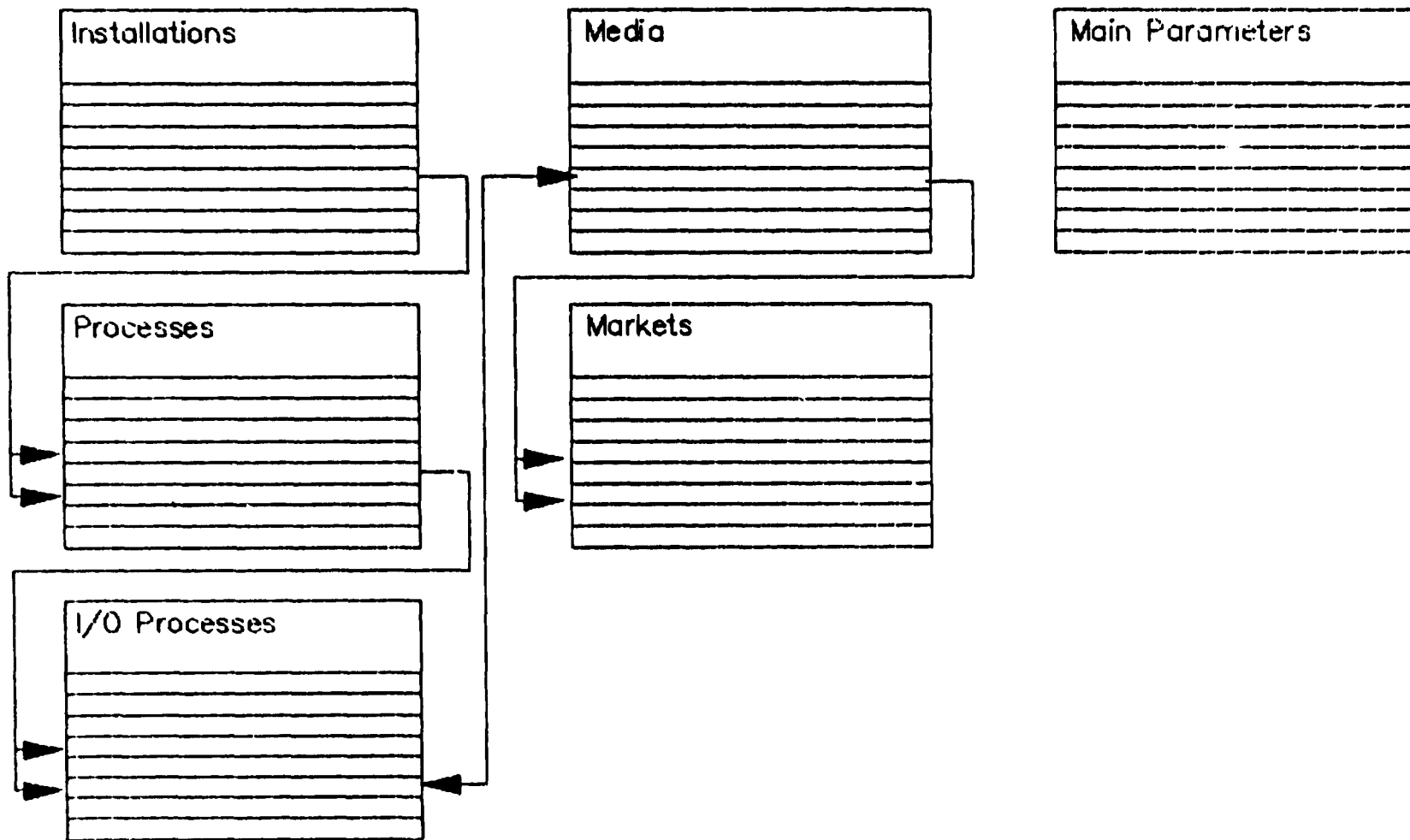


Fig.1. Structure de la base de données

Règles de base de la manipulation des données

Nous présentons ci-après toutes les fonctions assumées par le SGBD pour la manipulation des données au niveau du traitement des données (DATA HANDLING). Ces fonctions peuvent être appelées quand le formulaire requis est affiché par sélection de l'une des options contenues dans le sous-menu de la fonction ENTER AND UPDATE DATA (Introduction et mise à jour des données), à savoir:

1. Installation/Processes (Installation/Procédés)
2. Media (Agents)
3. Main parameters (Paramètres principaux)

Comme les règles de manipulation des données sont communes à tous les formulaires appelés par les trois options ci-dessus, les règles de manipulation des données sont maintenues indépendamment du formulaire et des données correspondantes.

Dès qu'un formulaire est sélectionné, l'utilisateur peut ajouter, effacer, trouver et mettre à jour les enregistrements du fichier (table) de manière interactive. Les actions de l'utilisateur sont contrôlées par le SGBD qui vérifie si les entrées sont maintenues dans des limites données, si elles correspondent aux types déclarés et satisfont d'autres exigences. Lors de l'introduction et de la mise à jour des données, des caractères de sollicitation et des commentaires appropriés guident l'utilisateur.

Les fonctions de la base de données (appelées commandes) apparaissent à la partie supérieure de l'écran. Les commandes peuvent être exécutées par frappe du premier caractère de la commande, en minuscule comme en majuscule. Par exemple, frapper la lettre a équivaut à exécuter la commande ADD (Ajouter); la lettre u équivaut à la commande UPDATE (mise à jour), etc. Si l'on actionne une touche correspondant à la première lettre d'une commande du SGBD, cette dernière sera exécutée jusqu'à ce que la frappe de la touche ESCAPE (fuir, s'en aller) entraîne l'exécution jusqu'au bout de la commande, ou la frappe de la touche DELETE (effacer) entraîne l'abandon de son exécution.

Le caractère e (END) est utilisé pour terminer la session en cours. Une description détaillée de toutes les fonctions est donnée ci-dessous.

Les commandes QUERY (Cherche), NEXT (Le suivant) et PREVIOUS (Le précédent).

La commande q (QUERY-Cherche) est utilisée pour retrouver certains enregistrements dans la base de données. Après actionnement de la touche b, l'une des rubriques du

formulaire doit être renseignée avec la valeur cherchée. Quand la clé ESCAPE (Fuite) est pressée, tous les enregistrements pourvus de la valeur cherchée choisie seront localisés et placés sur une *liste courante*. La *liste courante* peut être examinée à l'aide des commandes NEXT-n (le suivant) ou PREVIOUS-p (le précédent). Si une nouvelle recherche est lancée, une nouvelle *liste courante* est créée. En plus de la recherche de valeurs égales, il est possible de formuler des conditions de type inégalité. Pour trouver par exemple les enregistrements du fichier (table) INSTALLATION où le nombre de procédés est égal ou supérieur à trois, le symbole de recherche utilisé sera

">=3"

Les opérateurs relationnels pouvant être utilisés sont:

>=, <=, <>, <, >, =

Les recherches peuvent porter sur plus d'une rubrique. Chaque rubrique peut ainsi contenir la valeur cherchée ou un opérateur relationnel précédant la valeur cherchée. la fonction "recherche" sélectionne alors tous les enregistrements contenant les combinaisons de rubriques satisfaisant aux relations et valeurs cherchées.

Si un rubrique reste vide durant la recherche, elle sera ignorée par l'opération. Si l'on tient néanmoins à chercher une rubrique vide, il convient d'utiliser le signe égal (=). Ce caractère signifie au système de prendre les caractères qui suivent littéralement .

L'astérisque (*) joue un rôle particulier lorsque des recherches sont effectuées sur des rubriques de caractères. Si par exemple l'on introduit dans la rubrique *procédé* le mot **sodium** la recherche va porter sur tous les enregistrements renfermant le mot *sodium* dans la rubrique en question, même si ce mot est seulement partie d'un nom plus grand. Si, par contre, nous mettons un seul astérisque à la suite du mot *sodium** la recherche va seulement porter sur les mots qui commencent par le mot *sodium*. Si, enfin, l'on veut chercher une rubrique contenant un astérisque, il convient de mettre les caractères =*.

Si l'on tient à spécifier un intervalle de valeurs comme critère de recherche, il faut mettre des bornes inférieure et supérieure délimitant l'intervalle dans la rubrique concernée, bornes séparées par le caractère :. Par exemple, on pourra définir un intervalle de la manière suivante :

"1000:2000"

Qui plus est, on peut chercher le premier enregistrement

dans la table qui est fondé sur l'ordre de tri obtenu suivant l'une des colonnes indexées du fichier (table). Ceci peut être réalisé par l'introduction de deux caractères << (plus petit que) dans la rubrique, ce qui signifie "trouver le premier enregistrement" ou par l'introduction de deux caractères >> (plus grand que) signifiant "trouver le dernier enregistrement". Ceci n'est possible qu'avec des champs indexés (par exemple de type numérique).

Si l'expression de recherche est de la longueur de la rubrique affichée, le système crée automatiquement une colonne (zone) de travail temporaire à la partie inférieure de l'écran.

Les commandes NEXT (suivant) et PREVIOUS (Précédent) peuvent être répétées par adjonction d'un nombre avant la commande. Par exemple si l'on frappe 7n, on va voir apparaître sur l'écran les 7 enregistrements qui suivent l'enregistrement affiché actuellement sur l'écran.

La touche RETURN (Retour) provoque le déplacement du curseur à la rubrique suivante de l'écran lors de l'exécution des commandes QUERY (Recherche), ADD (Ajouter) ou UPDATE (Mise à jour). Les caractères autres que la touche RETURN (Retour) peuvent être utilisés pour se déplacer sur l'écran. La touche BACKSPACE (rappel arrière), les touches LEFT ARROW (Flèche gauche) et CONTROL -H déplacent le curseur d'un caractère à gauche. Les touches RIGHT ARROW (Flèche droite) et CONTROL -L déplacent le curseur d'un caractère à droite. Les touches DOWN ARROW (Flèche vers le bas) et CONTROL -J déplacent le curseur au début de la rubrique suivante, et les touches UP ARROW (Flèche vers le haut) et CONTROL -K déplacent le curseur au début de la rubrique précédente.

Les autres touches peuvent également être utilisées pour exécuter des fonctions spéciales. On peut frapper, dans le cas des commandes QUERY (Recherche), ADD (Ajouter) et UPDATE (Mise à jour), la touche CONTROL -W pour avoir la définition de caractères spéciaux, c'est-à-dire de touches chaudes (l'écran de secours-help).

La commande UPDATE (Mise à jour)

La commande UPDATE -u permet de modifier le contenu de l'enregistrement actuellement affiché. Lors de la modification du contenu des rubriques, le système peut alerter l'utilisateur, si les modifications introduites ne correspondent pas aux types déclarés de données à introduire. Dans ces cas, le système interdit au curseur de quitter la rubrique, avant que son contenu soit correct.

Néanmoins certaines erreurs de mise à jour ne sont pas détectées, tant que la touche ESCAPE (Fuite) qui entraîne

l'exécution de la commande, n'est pas actionnée. Le plus souvent ceci apparaît lorsqu'une tentative d'introduction d'un enregistrement double est faite.

La commande ADD (Ajouter)

Après la frappe du a, l'écran affiche des rubriques de blancs ou des valeurs par défaut et attend l'adjonction de nouvelles données. Lors de l'adjonction de nouveaux enregistrements, le système assiste l'utilisateur avec des commentaires et des mises en garde. La commande est exécutée par frappe de la touche ESCAPE (Fuite). Quand le formulaire contient des enregistrements appartenant à plus d'un fichier (table), il convient de frapper la commande f pour se déplacer d'un fichier au suivant. Cette option ne sera utilisée que dans le cas où la table CHEMICAL OR MEDIUM (Produits ou agents chimiques) et la table MARKET (Marché) seront accédés sur un écran commun

La commande REMOVE (Suppression)

Après la frappe du r, le système demande confirmation que l'enregistrement doit être supprimé. La commande est exécutée si la réponse est y ou Y (YES - oui).

La commande TABLE (table)

La commande TABLE est utilisée lorsqu'on veut, sur l'écran (le formulaire), passer d'un fichier (table) à un autre. L'actionnement de la touche t fait disparaître les parenthèses des rubriques du fichier courant et les met en encadrement des rubriques du fichier suivant (sur le même écran).

La commande SCREEN (Ecran)

De manière analogue avec la commande TABLE qui nous fait changer de fichier sur un formulaire donné, la commande SCREEN (Ecran) permet de passer d'un écran (page, formulaire) au suivant. Cette option n'est néanmoins pas utilisée dans le système parce qu'aucun fichier n'utilise plus d'un écran.

La commande CURRENT (Courant)

relit et réaffiche l'enregistrement courant, dans la liste courante du fichier actif. Cette commande est utile dans les systèmes multi-utilisateurs et/ou quand les formulaires à tables multiples sont définis dans la base. Cette commande n'est toutefois pas utilisée dans la présente version de l'ADIM.

Les commandes MASTER (Maître) et DETAIL (Détail)

Ces commandes permettent des recherches interfichiers dans la table PROCESS (Procédé) et la table PROCESS I/O MEDIA (Agents d'entrée/sortie du procédé) qui constituent une structure. Une autre structure est constituée par les tables MEDIA (Agents chimiques) et MARKET (Marché).

En général la commande MASTER (Maître) permet d'associer l'enregistrement actuellement affiché à une table de niveau plus élevé dans la hiérarchie (la table maître) qui est relié au précédent. Par exemple, si un enregistrement du fichier MARKET (Marché) est affiché, en pressant la touche ■ on se branche sur la table MEDIA (Agents chimiques). L'utilisateur peut alors effectuer d'autres recherches dans la table MEDIA.

En opposition à la commande MASTER, la commande DETAIL (Détail) permet d'associer l'enregistrement actuellement affiché à un fichier situé plus bas dans la hiérarchie (la table détail) qui est relié au précédent. Si, par exemple, un enregistrement du fichier INSTALLATION est affiché, on se branche - en pressant la touche d - sur les enregistrements associés du fichier PROCESS (Procédé).

Pour résumer, nous dirons que la commande DETAIL permet un branchement sur le fichier désigné comme fichier détail du fichier courant et une recherche dans ce fichier en utilisant la valeur de la rubrique associée. La commande MASTER peut être utilisée pour se brancher en arrière sur le fichier qui est fichier-maître du fichier courant.

La commande OUTPUT (Sortie)

Cette commande transfère le résultat de la commande QUERY (Recherche) sur un fichier-disque sélectionné. Le SGBD demande le nom du fichier ou le nom complet de la voie. Il est possible d'envoyer l'écran courant, ou tous les enregistrements de la *liste courante*, sur un fichier spécifié. Sous MS-DOS, il est possible d'envoyer la sortie directement sur l'imprimante en définissant en sortie le fichier print (impression).

Nous allons maintenant donner une description du sous-menu contenant les options Installation/Processus (Installations/Procédés), Media (Agents chimiques) et Main Parameters (Paramètres principaux)

Spécification des données d'entrée

Lorsqu'il manipule les données à stocker ou celles déjà contenues dans la base de données, l'utilisateur est aidé

par les formulaires sur écran qui sont les véhicules d'entrée de la base de données. Nous avons maintenant les formulaires suivants:

- le formulaire MAIN PARAMETERS
(Paramètres principaux)
- le formulaire INSTALLATION
- le formulaire COMMENTS TO INSTALLATION
(Commentaires sur l'installation)
- le formulaire PROCESS
(Procédé)
- le formulaire PROCESS INPUT AND OUTPUT MEDIA
(Agents d'entrée/sortie du procédé)
- le formulaire CHEMICAL OR MEDIUM
(Produits chimiques ou agents)
- le formulaire MARKET
(Marché)
- le formulaire COMMENTS TO MEDIUM
(Commentaires sur les agents chimiques)

Chaque formulaire est affiché sur un écran séparé, à l'exception des formulaires CHEMICAL OR MEDIUM et MARKET qui sont affichés en même temps sur un seul écran.

Le sens pratique des données d'entrée correspondant aux différents formulaires sera discuté ci-contre. Les formulaires doivent être ordonnés suivant la séquence de leur apparition dans ce chapitre.

Formulaire CHEMICAL OR MEDIUM (Produits ou agents chimiques)

Le formulaire est appelé par sélection de l'option

2. MEDIA (Agents chimiques)

du sous-menu. Il contient les rubriques suivantes:

- *number* (numéro) - ce numéro est affecté de manière automatique en séquence. Il apparaît après que le formulaire est correctement renseigné. Le curseur est donc positionné sur la rubrique suivante;
- *name* - le nom de l'agent doit être introduit. Il a été retenu pour utiliser un standard cohérent d'écriture des noms dans la base de données (par exemple la première lettre dans la case supérieure et toutes les

- autres dans la case inférieure). Ceci peut être utile pour retrouver une information dans la base - si l'agent est cherché par son nom (lorsque nous n'avons pas en tête son numéro de code);
- *code* - il n'a pas à être introduit; cette rubrique peut être utilisée pour mémoriser une information secondaire;
- *unit* (unité) - le nom de l'unité de mesure ou son symbole (c'est la même que dans la table PROCESS I/O MEDIA et elle correspond aux prix introduits);
- *lower heating value* (pouvoir calorifique inférieur) - le pouvoir calorifique de l'agent est ici introduit (en unités normalisées p.ex. Gcal) pour l'unité introduite dans la rubrique précédente; cette rubrique doit être chargée par deux fois. Si la valeur du pouvoir calorifique n'est pas définie pour un agent donné, la valeur zéro sera par deux fois introduite dans cette rubrique;
- *date of issue* (date de validation) - on introduit ici la date de validation des données introduites (année, mois, jour);
- *number of markets* (nombre de marchés) - le nombre de marchés est ici introduit; c'est un chiffre compris entre 1 à 4; dans le cas où l'on supprime un marché déjà pris en compte ou si l'on ajoute un nouveau marché, il ne faut pas oublier de modifier cette rubrique.

Formulaire MARKET (Marché)

Ce formulaire est renseigné immédiatement après le formulaire CHEMICAL OR MEDIUM (Produits ou agents chimiques), car l'information relative au marché est traitée en correspondance avec l'agent introduit. C'est pourquoi ce dernier formulaire est affiché avec le formulaire MEDIUM (Agent) par sélection de l'option MEDIA du sous-menu. Si le formulaire MARKET est renseigné plus tard, alors chaque agent sera retrouvé dans la base de données en utilisant le commande QUERY (Recherche). Le formulaire MARKET ne peut être rempli que si l'agent correspondant a été introduit dans le formulaire CHEMICAL OR MEDIUM.

Le formulaire contient les rubriques suivantes:

- *market type* (type de marché) - une lettre définit le type de marché (un commentaire relatif aux symboles utilisés apparaît dans la partie inférieure de l'écran:
 - e - export (exportations),
 - i - import (importations)

p - achat sur le marché national
s - vente sur le marché national

- *price* (prix) - l'unité de prix du produit introduite doit être cohérente avec la rubrique *unit* (unité) du formulaire **CHEMICAL OR MEDIUM** (Produit ou agent chimique). Le prix sera exprimé en monnaie normalisée, c'est-à-dire en dinars, lorsqu'il s'agit du marché national, et - autrement - en dollars E.-U.
- *lower limit* (limite inférieure) - cette valeur concerne la capacité inférieure de vente (ou le niveau inférieur de disponibilité) de l'agent donné sur un marché donné. La rubrique n'est pas remplie lors de la phase d'introduction des données, mais seulement à l'étape de simulation des expériences pour un DPD donné.
- *upper limit* (limite supérieure) - cette rubrique est identique à la précédente, mais porte sur la limite supérieure.

Formulaire **COMMENTS TO MEDIUM** (Commentaires relatifs à l'agent)

Les rubriques de ce formulaire sont réservées pour y mettre une information additionnelle relative à un agent donné.

Formulaire **MAIN PARAMETERS** (Paramètres principaux)

Ce formulaire est affiché par sélection de l'option

3. MAIN PARAMETERS

de sous-menu de la base de données Il contient les postes - rubriques suivants:

- *PDA name* (nom du DPD);
- *location factor* (facteur de localisation) - c'est le rapport de l'investissement de capital fixe (FCI) dans des conditions locales, et de la norme américaine de fait "Gulf Coast". La valeur par défaut retenue est 1.
- *exchange rate* (taux d'échange) - il convient d'introduire ici le taux de change du dollar E.-U. en dinars;
- *blcc depreciation* (dépréciation du coût de l'unité de production) - le taux de dépréciation en % est ici introduit. La valeur par défaut est 10%;

- *offsites depreciation* (dépréciation des coûts de construction hors unité de production) - le taux de dépréciation en % est ici introduit. La valeur par défaut est 5%;
- *debt-equity ratio*
- la part de l'emprunt extérieur rapportée à la valeur du capital-actions est ici introduite en %;
- *interest on debt* (intérêt de l'emprunt) - le taux d'intérêt en % est ici introduit ;
- *working capital* (fonds de roulement) - la valeur relative en % du Coût d'investissement total (TCI) est ici introduite;
- *interest on working capital* (intérêt des fonds de roulement) - le taux d'intérêt en % est ici introduit;
- *insurance* (assurances) - la valeur relative en % du FCI (investissement du capital fixe) est ici introduite. La valeur par défaut est 0.5%;
- *property tax and rent* (impôt sur la propriété et location) - la valeur relative en % du FCI (investissement du capital fixe) est ici introduite;
- *labor wages* (salaires de la main-d'oeuvre) - le salaire moyen annuel de la main-d'oeuvre est ici introduit en dinars;
- *supervision wages* (traitement des cadres) - le traitement annuel moyen des cadres est ici introduit en dinars;
- *laboratory wages* (salaires de la main-d'oeuvre de laboratoire) - le salaire moyen annuel du personnel de laboratoire est ici introduit en dinars;
- *laboratory materials* (consommables de laboratoire) - la valeur relative en % des salaires du personnel de laboratoire. La valeur par défaut est 100%;
- *operations supply cost* (frais de fonctionnement) - ce poste inclut les coûts des matériaux d'entretien exprimé en pourcentage du FCI (investissement de capital fixe). La valeur par défaut est 0.8%;
- *direct overhead* (frais généraux directs) - la valeur relative en % de la somme des coûts directs de main-d'oeuvre, d'encadrement et de maintenance. La valeur par défaut est ici 60%;

- *maintenance cost* (frais d'entretien) - la valeur relative en % du FCI (Fixed Capital Investment Investissement du capital fixe) . La valeur par défaut est 15%.
- *sales and marketing* (ventes et marketing) - la valeur relative en % du FMC (Coût de production usine). La valeur par défaut est 15%;
- *R&D* (Recherche et développement) - la valeur relative des coûts de R&D est donnée en % de FMC (Coûts de production usine). La valeur par défaut est 3%.

Les définitions détaillées des composants des coûts sont données dans le chapitre 6 du "Guide de la programmation du développement de l'industrie chimique".

Formulaire INSTALLATION

Ce formulaire de même que les formulaires COMMENTS TO INSTALLATION (Commentaires relatifs à l'installation), PROCESS (Procédé) et PROCESS I/O MEDIA (Agents d'entrée/sortie de procédé) peuvent être accédés par sélection de l'option:

Installation/Processes (Installations/Procédés)

du sous-menu de la base de données. Le formulaire INSTALLATION contient les rubriques suivantes:

- *installation number* (numéro d'installation) - ce numéro est affecté de manière automatique, en séquence. Il apparaît après renseignement correct de toutes les autres rubriques du formulaire; le curseur est donc positionné sur la rubrique suivante;
- *installation name* (nom de l'installation) - le nom d'installation doit être introduit;
- *installation code* (code de l'installation) - cette rubrique destinée à recevoir une information additionnelle peut ne pas être remplie à ce moment;
- *installation type* (type de l'installation) - il convient d'introduire une des lettres suivantes:
 - o - installation existante (opérationnelle)
 - p - installation programmée
 - r - installation en reconstruction
- *reconstruction reference* (référence de reconstruction) - introduire le numéro de l'installation en cours de reconstruction (il faut alors qu'à la rubrique précédente on trouve un "r");

- *battery limits* ("batterie limite" ou coût de l'unité de production) - on introduit ici le coût de l'unité de production (blcc); il faut le faire deux fois de suite pour éviter toute erreur. Il convient de mettre cette valeur en unités valables pour l'ensemble de la base de données (par exemple en millions, milliers, etc.);
- *labour, supervision, laboratory and control* (main-d'oeuvre, personnels d'encadrement, de laboratoire et de contrôle) - on met ici le nombre de personnes employées dans les différentes catégories de travailleurs;
- *scaling exponent* (exposant d'échelle);
- *investment domestic %* (capitaux d'investissement nationaux) - on introduit ici la part de FCI (investissement de capital fixe) d'origine nationale, en %;
- *date of issue* (date de validation) - on introduit ici la date de validation des données (année, mois, jour);

Lorsque le formulaire est rempli et l'enregistrement approprié ajouté, un numéro est affecté à l'installation (dans la rubrique installation number). Ces numéros constituent les codes numériques univoques des installations dans une base donnée.

Formulaire COMMENTS TO INSTALLATION (Commentaires relatifs à l'installation)

Ce formulaire contient un espace réservé pour l'introduction éventuelle d'une information additionnelle sur l'installation concernée. Si cette information est nécessaire, elle doit être introduite sous forme de chaîne de caractères (texte) dans les rubriques enchaînées. Cette information doit en principe porter sur des recommandations relatives à la technologie qui doit être développée et à la société prévue pour la mise en oeuvre de l'installation.

Formulaire PROCESS (Procédé)

Ce formulaire est accédé à partir du formulaire INSTALLATION par sélection de la commande DETAIL (détail). Le formulaire PROCESS contient les rubriques suivantes:

- *process number* (numéro du procédé) - ce numéro est affecté de manière automatique en séquence; il apparaît après renseignement correct de toutes les autres rubriques du formulaire; le curseur est donc positionné sur la rubrique suivante;

- *process name* (nom du procédé) - il faut introduire ici le nom du procédé;
- *process code* (code de procédé) - cette rubrique est destinée à recevoir une information supplémentaire et ne doit donc pas forcément être remplie;
- *capacity* (capacité) - on introduit ici la capacité de production annuelle en unités de mesure connues; la capacité de production est généralement exprimée en quantité produite (rarement en quantité à l'entrée du procédé) de l'agent qui est introduit dans la rubrique *capacity reference* (référence de capacité);
- *capacity reference* (référence de capacité) - on introduit ici le code de l'agent chimique principal qui sert au calcul des taux de conversion rapportés aux autres entrées et sorties du procédé;
- *number of media* (nombre d'agents) - nous avons ici le nombre total de matières premières, de produits et utilités engagés dans le procédé;
- *installation reference* (référence d'installation) - le numéro est ici affecté de manière automatique; il s'agit du numéro de l'installation concernée par le procédé en question.

L'utilisateur peut revenir au formulaire **INSTALLATION** en activant, au niveau du formulaire **PROCESS** (Procédé), la commande **MASTER** (Maître), ou bien il peut abandonner le travail en tapant la commande **BYE** (Au revoir).

Formulaire PROCESS INPUT OR OUTPUT MEDIA (Agents d'entrée/sortie du procédé).

Ce formulaire est accédé par activation de la commande **DETAIL** (Détail), au niveau du formulaire **PROCESS** (Procédé). Le formulaire **PROCESS INPUT AND OUTPUT MEDIA** contient les rubriques suivantes:

- *process reference* (référence du procédé) - cette référence est affectée de manière automatique si le formulaire **PROCESS** (Procédé) correspondant a été déjà rempli;
- *medium reference* (référence de l'agent) - on introduit ici le code de l'agent chimique;
- *input-output* (entrée-sortie) - on introduit ici la lettre **o** ou **i** en fonction de l'agent considéré: **o** - pour les produits, dérivés et autres sorties du procédé (p.ex. la vapeur dans un procédé exothermique), **i** - pour les agents consommés dans le procédé et les

. utilités;

- *coefficient (taux)* - il s'agit du taux de conversion d'un agent donné dans le procédé en question (recalculé à partir de l'unité de produit principal, c'est-à-dire la rubrique *capacity reference* (référence de capacité) dans le formulaire PROCESS); la rubrique doit être remplie deux fois; le taux de conversion de l'agent défini dans le formulaire PROCESS comme la référence de capacité (*capacity reference*) est toujours égal à 1.

L'utilisateur peut revenir au formulaire PROCESS (Procédé) par activation, au niveau du formulaire PROCESS I/O MEDIA de la commande MASTER (Maître), ou il peut abandonner le travail en activant la commande BYE (Au revoir).

1.2. CONSULTATION DU DPD

Pour tenir compte des applications spécifiques de la base de données ADIM, on a prévu des options de consultation de la base de données fournies par le système. On a ainsi au niveau du sous-menu **PREPARE AND REVIEW DATABASE** (Consultation de la base de données), une option

REVIEW PDA (Consultation du DPD)

qui contient les options suivantes, au niveau immédiatement inférieur:

REVIEW PDA (Consultation du DPD)

1. Medium Distribution (by number)
(Répartition de l'agent par numéro)
2. Medium Distribution (by name)
(Répartition de l'agent par nom)
3. Purchase Limits
(Limites des achats)
4. Sale Limits
(Limites des ventes)
5. ECE - Energy Conversion Efficiency
(Efficacité de la conversion d'énergie)
6. Profitability
(Rentabilité)
7. Manufacturing Value Added
(Valeur ajoutée à la production)
8. Process Input/Output (by number)
(Entrées et sorties de procédé - par numéro)
9. Process Input/Output (by name)
(Entrées et sorties de procédé - par nom)
10. Single Plant Evaluation
(Évaluation d'une installation particulière)
11. Processes List
(Liste des procédés)
12. Media List (with prices)
[Liste des agents (avec les prix)]
13. Advanced Reviewing (via SQL)
(Consultation fine-par le langage SQL)

14. Print Last Review
(Impression de la dernière consultation)
15. Repeat Last Review
(Répéter la dernière consultation)

Toutes ces consultations et revues affichent le contenu de la base de données du point de vue de la structure du DPD. Par conséquent, elles aident à mettre en évidence les liens existant entre les données constituant le réseau technologique et permettent d'avoir une information étendue sur certaines rubriques contenues dans la base de données. Toutes ces fonctions sont réalisées à partir d'un mécanisme puissant de recherche de données croisées, dans les différentes tables (fichiers).

Qui plus est, certaines options consistent à effectuer le calcul, puis l'affichage de paramètres économiques et techniques permettant d'évaluer les différents procédés chimiques et d'afficher une information sélectionnée sur les marchés.

Nous allons maintenant voir de manière succincte les options de consultation normales de la base de données contenues dans le sous-menu REVIEW PDA (Consultation du DPD).

- 1.2.1. Medium Distribution (by number)
(Répartition de l'agent - par numéro)
- 1.2.2. Medium Distribution (by name)
(Répartition de l'agent - par nom)

Les options ci-dessus permettent d'obtenir la liste des procédés concernés par l'agent en question. Dans la première option, l'agent chimique est désigné par son numéro, dans la seconde - par son nom ou par une chaîne de caractères de recherche basée sur le nom (par exemple on peut effectuer une recherche fondée non sur le nom intégral "ammoniaque", mais sur une partie de ce nom terminée par un astérisque - par exemple "ammo*"). Dès que l'une de ces deux options est activée, tous les procédés concernés par l'agent en question, sont affichés avec spécification, pour chaque procédé, s'il est en entrée (i-input) ou en sortie (o-output) de procédé. Cette information est accompagnée des taux de conversion de l'agent par rapport aux produits principaux du procédé.

- 1.2.3. Sale Limits (Limites des ventes)
- 1.2.4. Purchase Limits (Limites des achats)

Les deux options ci-dessus affichent les valeurs limites de la capacité de vente ou de la disponibilité de tous les agents pour lesquels de telles limites sont imposées.

Les deux limites concernent les bornes supérieure et inférieure de la capacité de vente (des produits) et de la disponibilité (des matières premières).

1.2.5. ECE - Energy Conversion Efficiency (Efficacité de la conversion d'énergie)

On calcule, pour chaque procédé, l'efficacité de la conversion d'énergie (ECE), qui est calculée et affichée comme le rapport (en %) de l'énergie de sortie rapportée à l'énergie d'entrée. De plus, l'énergie totale fournie au procédé (c'est-à-dire l'énergie contenue dans les agents d'entrée et l'énergie technologique) est donnée. Pour avoir une liste de sortie plus concise, on convient d'afficher uniquement les procédés pour lesquels l'ECE est compris dans les limites déclarées. Les limites par défaut de l'ECE considérées comme acceptables sont comprises entre 60 et 90%.

1.2.6. Profitability (Rentabilité)

Pour chaque procédé, on calcule et affiche sa rentabilité, dérivée de la valeur de la production (PV - Production Value) et du coût de production total (TMC - Total Manufacturing Cost). On obtient ainsi, en pourcentage, les valeurs absolues du coût de production unitaire ainsi que du rapport PV/TMC. Pour avoir une liste de sortie plus concise, on convient d'afficher uniquement les procédés pour lesquels la rentabilité est comprise dans les limites déclarées (les limites par défaut sont égales à 70 et 150%). Si pour un procédé donné, il manque certaines données (p.ex. certains prix sont égaux à zéro), sa rentabilité sera affichée, indépendamment de sa valeur.

1.2.7. Manufacturing Value Added (Valeur ajoutée à la production).

Pour chaque produit, on calcule la Valeur ajoutée à la production (MVA - Manufacturing Value Added) qui est affichée. Elle est exprimée en valeur absolue par entrée unitaire (coût des matières premières, fournitures, utilités, matériaux de maintenance) et par un rapport de la valeur ajoutée MVA rapportée à la valeur en entrée, exprimée en %. Comme pour les options 5 et 6 on affiche - pour des raisons de concision - seulement les procédés pour lesquels les valeurs MVA sont comprises dans des limites données (les limites par défaut sont égales à 90 et 170%).

1.2.8. Process Input/Output (by number) (Entrées et sorties de procédé - par numéro)

1.2.9. Process Input/Outputs (by name)
(Entrées et sorties de procédé - par nom)

Les fonctions des options ci-contre sont évidentes. En plus des entrées et sorties de chaque procédé, les taux de transfert rapportés au produit principal, sont aussi affichés.

1.2.10. Single Plant Evaluation (Evaluation d'une installation particulière)

Pour chaque unité (installation) l'information choisie peut être soit trouvée directement dans la base de données, soit prétraitée lorsqu'un facteur complexe est donné. L'information fournie porte sur les données suivantes:

- a) Capacity
(Capacité)
- b) Fixed Capital Investment (FCI)
(Investissement de capital fixe)
- c) Product Value - PV
(Valeur du produit)
- d) Total Manufacturing Cost - TMC
(Coût de production total)
- e) Profit
(Bénéfice)
- f) Simple Rate of Return
(Taux de rendement simple)
- g) Break-even Point *)
(Le point de rentabilité)
- h) Manufacturing Value Added - MVA
(Valeur ajoutée à la production)
- i) Rapport MVA/FCI
- j) Rapport MVA/PV
- k) Rapport PV/FCI
- l) Consommation d'énergie

*) Le point de rentabilité (break-even point) - cet indicateur économique détermine le niveau de production en termes de part de la capacité de production assurant l'équilibre entre le revenu cumulatif (profit) et les coûts cumulés de production.

1.2.11 Processes List (Liste des procédés)

Cette option fournit la liste de tous les procédés mémorisés dans la base de données, décrits suivant les noms et les capacités.

1.2.12 Media List (with prices) (Liste des agents avec les prix)

Cette option fournit la liste de tous les agents mémorisés dans la base de données, décrits suivant les noms et les prix correspondant à certains types de marchés.

1.2.13. Advanced Reviewing (via SQL) (Consultation fine-par le langage SQL)

Cette option fournit à l'utilisateur des possibilités étendues de consultation(examen) des données, à l'aide du langage interactif de requêtes SQL combinant puissance, souplesse et facilité d'emploi.

Le langage de requêtes permet à l'utilisateur de consulter une table de la base de données, ou des parties spécifiques de cette table, ainsi que des parties de différentes tables. Le langage SQL est aussi le langage de sélection des données que l'utilisateur veut avoir dans un rapport.

Après sélection de l'option en question dans le sous-menu ADIM, l'utilisateur a accès à l'interface du type menu du langage SQL. Toutes les fonctions offertes par le menu SQL sont décrites en détail dans les chapitres correspondants de la documentation INFORMIX SQL. Afin d'éviter une redondance inutile, nous omettons ici la description générale du langage ainsi que le fonctionnement de l'interface SQL. Nous nous limiterons, dans ce qui suit, à donner la syntaxe des principales commandes du langage SQL et à illustrer par des exemples ses possibilités. Les exemples en question n'épuiseront donc pas les possibilités du langage, car la souplesse et la puissance de la recherche des données n'est en fait limitée que par l'imagination de l'utilisateur.

Comme le langage exige que soient utilisés les noms internes des tables et des zones (colonnes) de la base de données, la liste complète de ces noms est donnée en Annexe 1.

La commande SELECT

La commande SELECT permet de retrouver des parties sélectionnées de la base de données.

La syntaxe de la commande SELECT est la suivante:

```
SELECT clause      FROM clause
                   {WHERE clause      }
                   {GROUP BY clause   }
                   {HAVING clause     }
                   {ORDER BY clause   }
                   {INTO TEMP clause  }
```

En bref, la clause SELECT nomme la liste des colonnes des expressions qui doivent être retrouvées, la clause FROM nomme la liste des tables, la clause WHERE établit les conditions relatives aux lignes, la clause GROUP BY regroupe ensemble des lignes, la clause HAVING établit les conditions relatives aux groupes, la clause ORDER BY ordonne les lignes sélectionnées et la clause INTO TEMP place les résultats dans une table temporaire.

La syntaxe de la clause SELECT est la suivante:

```
SELECT [ALL ; DISTINCT ; UNIQUE ] liste_de_sélection
```

où ALL est un mot-clef qui entraîne la sélection ,par le SQL, de toutes les lignes qui satisfont à la clause WHERE, sans éliminer les doubles(par défaut), DISTINCT est le mot-clef utilisé alternativement; UNIQUE est un mot-clef synonyme de DISTINCT.

liste_de_sélection=un ou plusieurs noms de colonnes et/ou expressions séparées par des virgules. Un nom de colonne doit être univoque; le nom de la table doit alors être utilisé comme préfixe de celui de la colonne pour éviter toute confusion possible.

La clause FROM

La syntaxe de la clause FROM est la suivante:

```
FROM {nom_de_table}
```

où nom_de_table est le nom de la table renfermant les données recherchées par l'utilisateur.

La clause WHERE est essentielle pour effectuer des recherches sélectives, car elle spécifie l'opération de sélection proprement dite.

La clause WHERE

La syntaxe de la clause WHERE est la suivante:

```
WHERE clause =le mot-clef WHERE suivi par une expression logique.
```

expression logique = zone rel constante

ou
expression logique
log
expression logique
où rel est l'un des opérateurs de relation suivants:

= <> < > <= >= MATCHES

et log est l'un des opérateurs logiques suivants:

AND OR NOT

Les exemples qui suivent vont utiliser les clauses SELECT, FROM et WHERE dont la syntaxe vient d'être décrite. Prenons un utilisateur ayant besoin de la liste de toutes les installations d'un DPD(Domaine de Production et de Distribution), y compris leurs noms et numéros, dont le blcc(coût de l'unité de production) dépasse 200 millions de dollars US et dont le personnel est inférieur à 1000 personnes; il convient alors d'écrire:

```
select install_name install_num from instal where blcc>200
and labour<1000; ( sélectionner les noms et les numéros
des installations dont le blcc>200 et la main-
d'oeuvre>1000;S
```

Prenons un autre cas où l'utilisateur désire la liste de toutes les installations comportant plus d'un procédé; il convient alors d'écrire la commande suivante:

```
select install_name from instal where process_num <> 1;
(sélectionne les noms d'installations où le nombre de
procédés est supérieur à un)
```

Quand il veut sélectionner une rubrique de caractères ou de type de données(p.ex. install_name), l'utilisateur doit mettre la chaîne de caractères spécifiée entre guillemets simples('...') ou doubles('...'). Si la chaîne entre guillemets est plus courte que la rubrique avec laquelle la comparaison est faite, alors le système prendra tous les enregistrements contenant la chaîne plus courte. Par exemple si:

```
select install_name from instal where install_name =
"SODIUM";
```

alors tous les noms d'installations commençant par le mot SODIUM seront listés.

Quand nous avons besoin d'une plus grande souplesse dans les recherches de chaînes de caractères que ce que nous offre le signe égal ("="), il est recommandé d'utiliser l'opérateur MATCHES(Apparenté). Dans ce dernier cas, la chaîne cherchée peut être écrite en utilisant des caractères

spéciaux qui peuvent remplacer une chaîne inconnue(*) ou un caractère inconnu(:). Par exemple, si l'on veut lister toutes les installations concernées par le traitement du soufre, il est commode de lancer la commande suivante:

```
select install_name from instal where install_name matches
  '*SULPHUR*';
  (Sélectionner les noms d'installations dont le
  nom_d'installation contient le mot 'soufre')
```

Il est possible d'imprimer des tables entières au lieu d'une collection de colonnes. On écrira alors simplement *nom_de_table.**. Plus généralement, il est possible de sélectionner toutes les colonnes de toutes les tables en utilisant un astérisque(*) dans la clause FROM. Par exemple, il est possible de retrouver l'information complète relative aux installations:

```
select instal.* from instal;
```

Si l'on désire sélectionner des colonnes provenant de plusieurs tables, il convient d'énumérer dans la clause FROM les noms des tables correspondantes. Les colonnes des différentes tables devant être réunies, en accord avec la relation contenue dans la clause WHERE, le seront entre au moins une colonne d'une table et au moins une colonne d'une autre table. Voici la syntaxe de la commande de réunion de deux tables, en utilisant deux colonnes représentant ces tables:

```
SELECT clause FROM table_1, table_2 WHERE field_a =
  field_b;
```

Une seule commande de réunion peut combiner les données de plusieurs tables, à condition que les colonnes de réunion soient fonctionnellement identiques, de même type et de même longueur. La réunion n'aura pas lieu si les colonnes réunies contiennent des valeurs identiques. Cette clause est fort utile lorsqu'on formule des requêtes qui associent les contenus de différentes tables en relation par certaines colonnes. Par exemple, si l'on désire les données sur les coûts limites des unités de production (blcc) et les capacités des unités de traitement correspondantes, on peut écrire:

```
select      install_name, blcc, process_name, capacity      from
  instal, proc where install_num=install_ref;
```

(Sélectionner les noms d'installation, les blcc, les noms de procédés, les capacités des installations pour lesquelles les procédés ont un numéro d'installation égal à celui de l'installation de référence)

A l'exécution de cette commande, on retiendra les

enregistrements de la table du procédé dont le numéro de la référence d'installation est identique à la valeur du numéro d'installation de la table Installations. En général, il est recommandé de réunir les colonnes qui définissent les liens entre les tables de la base de données. Dans la base de données ADIM, ces colonnes sont en général terminées par les suffixes "num" ou "ref".

Expressions arithmétiques

Les expressions arithmétiques peuvent être utilisées, dans les instructions, dans les clauses WHERE quand la sélection est fondée sur une expression arithmétique impliquant plus d'une colonne, comme par exemple:

```
select install_name from instal where blcc + offsites > 100;  
(sélectionner les noms d'installations pour lesquels les  
coûts d'investissement blcc+offsites > 100;
```

ou

```
select install_name from instal where blcc > offsites;  
(sélectionner les noms d'installations pour lesquelles les  
coûts blcc > offsites;)
```

Les commandes comportant ces opérateurs arithmétiques peuvent inclure des expressions complexes avec des clauses de réunion permettant des consultations étendues de la base de données.

Les expressions arithmétiques utilisent des opérateurs arithmétiques, seuls ou combinés avec des opérateurs logiques ou relationnels. Les opérateurs arithmétiques sont les suivants:

+ - / * (addition, soustraction, division, multiplication)

Ils peuvent être utilisés pour indiquer le signe d'un nombre (+ ou -), et effectuer les quatre opérations arithmétiques sur une combinaison quelconque de valeurs de rubriques et de constantes. Les expressions arithmétiques peuvent être utilisées dans les instructions SELECT pour effectuer des comparaisons entre les valeurs de rubriques ou pour effectuer des calculs sur ces rubriques.

La clause INTO TEMP.

La clause INTO TEMP crée dans la base de données des tables temporaires destinées à la mémorisation des résultats de la recherche. La table temporaire disparaît à la sortie du système INFORMIX-SQL. Le fichier temporaire peut avoir un nom quelconque commençant par une lettre. Les noms peuvent être réutilisés. Si l'on veut, par exemple, sauvegarder les résultats d'une recherche dans la table xx, il convient de

lancer la commande suivante:

```
select    install_name,bloc,process_name,capacity    from
          instal,proc where install_num=install_ref into temp xx;
          (sélectionner dans le fichier temporaire xx les noms
          d'installations...,etc.)
```

Clause ORDER BY

Le système trie les réponses aux requêtes à l'aide de la clause ORDER BY dans la commande SELECT. La sortie peut être triée sur une à huit colonnes nommées dans la requête. Si l'on ne demande pas expressément une sortie triée, les enregistrements constituant le résultat de la requête vont apparaître dans un ordre quelconque.

Chaque rubrique, dans la commande ORDER BY, peut être spécifiée comme devant être triée suivant un ordre ascendant ou descendant. L'ordre ascendant est la valeur par défaut. Toutes les rubriques spécifiées par la clause ORDER BY doivent être celles qui sont présentes dans la liste de sélection. La syntaxe de la clause ORDER BY est la suivante:

```
ORDER BY column_name [ASC ; DESC]
```

où les mots-clés ASC ou DESC définissent respectivement les ordres ascendant ou descendant.

Dans l'exemple qui suit, un fichier temporaire tmp est créé qui contient une liste ordonnée des installations et des capacités correspondantes des procédés internes à l'installation. S'il y a plus d'un procédé par installation, les procédés à capacité plus élevée seront listés en premier suivant un ordre descendant des capacités, par exemple:

```
select install_name,process_name,capacity from instal,proc
          order by install_name, capacity desc;
```

Les clauses HAVING et GROUP BY ne peuvent pas être utilisées dans le système ADIM.

Les commandes UPDATE et DELETE

Les commandes UPDATE (Mise à jour) et DELETE (Effacer) permettent de modifier ou d'effacer (supprimer) des colonnes de la base de données avec une seule déclaration. La syntaxe de ces commandes est la suivante:

```
UPDATE table_name SET {column_name = expr ; column_list ; *
                      = expr_list}
          [WHERE condition] (UPDATE nom_de_table SET
          {nom_de_colonne = expression ; liste_de_colonnes ; * =
```

```
liste_d'expressions}}
```

```
DELETE FROM table_name [WHERE condition]
```

Si par exemple nous voulons augmenter de 10 pour cent toutes les valeurs blcc (coûts de l'unité de production), nous pouvons actualiser toutes les lignes en même temps:

```
update instal set blcc = blcc * 1.10;
```

Si nous voulons effacer tous les procédés concernés par la production de l'éthylène, on peut le faire avec une seule commande DELETE:

```
delete proc where process_name matches "*ETHYLENE*";
```

Après qu'une des commandes ci-dessus est exécutée, les lignes et colonnes concernées sont affichées, une par une, et le système demande de vérifier que la modification ou l'effacement sont requis. Les deux commandes peuvent utiliser la clause de réunion pour inclure une comparaison avec la valeur d'une rubrique dans un autre fichier. Comme les effets des commandes DELETE et UPDATE peuvent avoir un caractère permanent, elles doivent être utilisées avec circonspection.

1.2.14. Print Last Review (Imprimer la dernière consultation)

Les options 1-9 du sous-menu SELECT and DISPLAY RESULTS (Sélection et affichage des résultats) transmettent les informations demandées à la sortie normale, c'est-à-dire qu'elles sont affichées sur l'écran. L'option 11 peut être activée si l'on veut avoir une copie d'écran de la dernière consultation sur l'imprimante. Ceci est également valable pour l'option 10, bien que cette dernière soit pourvue de fonctions d'impression propres.

1.2.15 Repeat Last Review (Répéter la dernière consultation)

Les résultats de la dernière consultation sont sauvegardés et peuvent être l'objet d'un listage normalisé, à la demande. Cette dernière option est utile quand, après avoir exécuté des actions en dehors du module "Consultation du DPD", on désire appeler à nouveau les valeurs précédentes d'une consultation choisie.

1.3 CONTROLE DE COHERENCE DU DPD

Cette option du sous menu **PREPARE AND REVIEW DATA BASE** (Création et consultation de la base de données) fournit à l'utilisateur la possibilité d'un contrôle automatique des incohérences et erreurs qui peuvent se manifester dans la base de données. Le programme recherche les erreurs qui altèrent la structure de données correspondant à la structure du DPD.

Lorsqu'une situation incorrecte est détectée, le système affiche une liste renfermant l'information relative au statut de l'erreur, le nombre et les noms des entités erronées, avec un commentaire. Il existe deux catégories d'erreurs: les "erreurs"(E) proprement dites et les "warnings"(W) - les mises en garde. La première catégorie d'erreurs (E) interdit la poursuite des calculs; la seconde catégorie (W) n'est pas critique pour la poursuite des calculs, bien que les mises en garde (W) peuvent signaler des faits qui vont peut-être influencer de manière notable la solution.

Les erreurs (E) suivantes sont détectées par le système, avec impression de messages appropriés:

1. *wrong number of media* (nombre erroné d'agents) - le nombre d'agents du procédé est différent du nombre d'enregistrements correspondants dans la table **PROCESS I/O MEDIA** (Agents d'entrée/sortie du procédé);
2. *wrong number of markets* (nombre erroné de marchés) - le nombre de marchés déclarés pour un agent donné est différent du nombre d'enregistrements correspondants, dans la table **MARKET** (Marché);
3. *wrong number of processes* (nombre erroné de procédés) - le nombre de procédés d'une installation est différent du nombre d'enregistrements correspondants, dans la table **PROCESS** (Procédés);
4. *product out of network* (produit hors réseau) - un agent apparaît dans la table **CHEMICAL OR MEDIUM** (Produits et agents chimiques), bien qu'il ne soit pas spécifié dans les données technologiques;
5. *output locked* (sortie bloquée) - un agent est spécifié en sortie de réseau, bien qu'aucun marché de ventes n'ait été spécifié pour ce produit;
6. *input locked* (entrée bloquée) - un agent est spécifié en entrée de réseau, bien qu'aucun marché d'approvisionnement ne soit spécifié pour cet agent;

7. *wrong price relations* (relation de prix erronée) - les relations existant entre les prix d'approvisionnement (achats locaux et importations) et les prix de vente (marché local et exportations) ne sont pas réalistes économiquement parlant. En effet, les prix de vente et les prix à l'exportation doivent en principe être plus élevés que les prix d'achat et à l'importation. Autrement, si de telles données sont introduites dans le modèle de DPD, elles entraînent une circulation de produits à l'extérieur du réseau de production (il est alors plus profitable d'acheter des produits et de les revendre ensuite sans leur faire subir aucun traitement).

Le système peut afficher également les mises en garde (Warnings- W) suivants:

- a) *output import redundant* (redondance des sorties et des importations) - le produit indiqué est en sortie du réseau de production, et de plus, il y a importation du même produit;
- b) *input export redundant* (redondance des entrées et des exportations) - le produit indiqué est en même temps en entrée et en sortie de procédé. C'est une contrainte imposée au flux de ce produit à l'intérieur du réseau technologique.

1.4. Print Last Review (Imprimer la dernière consultation)

La sélection de l'option lance l'impression des données fournies par la dernière consultation de la base de données (exécution du module REVIEW PDA) ou le dernier résultat du contrôle de cohérence de la base (Check PDA Consistency).

1.5. Repeat Last Review (Répéter la dernière consultation)

L'option entraîne l'affichage du résultat de la dernière consultation de la base de données (exécution du module REVIEW PDA) ou le dernier résultat du contrôle de cohérence de la base (Check PDA Consistency).

2. GENERATION DU PROBLEME (GENERATE PROBLEM)

La sélection de l'option **GENERATE PROBLEM** du menu principal lance le travail du Module de génération du modèle du système ADIM. La fonction de base du module est la sélection et la transformation des données de la base et la création des fichiers **MPS** (Mathematical Programming System), **DICTIONARY** (Dictionnaire) et **CHANGE** (Modifications).

Le fichier **MPS** contient l'information organisée en accord avec le standard de programmation linéaire de IBM, appelé **MPS** (Mathematical Programming System/360 version 2) et largement utilisé dans ce type d'applications.

Il est en effet important que la structure du fichier **MPS** reflète la structure supposée du modèle sélectionné pour simuler les expériences envisagées.

Le fichier **DICTIONARY** (Dictionnaire) renferme la description de codes **MPS** sélectionnés (les noms) en langage naturel (en clair) et la spécification du rapport pour chaque calcul d'optimisation. En principe, le fichier est un tableau de références croisés contenant d'une part les codes **MPS** et aussi les noms en clair, ainsi que les paramètres d'échelle et les unités dans lesquelles sont exprimées les variables de la solution. Ce dernier fichier détermine un ordre et un classement (groupements croisés orientés-attribut) des résultats affichés en fonction des besoins de l'utilisateur.

Le fichier **CHANGE** (Modifications) recense les agents qui peuvent être modifiés lors des expériences de simulation du modèle donné. Le fichier définit également un ensemble de critères qui peuvent être choisis pour la phase des calculs d'optimisation, les types de contraintes ou les paramètres particuliers. Le format des enregistrements de ce fichier est décrit dans l'Annexe 4.

Le sous-menu engendré au niveau de l'option **GENERATE PROBLEM** (Génération du problème) contient les options suivantes:

GENERATE PROBLEM

1. Generate Model /capacities constrained/
(Génération du problème avec contraintes de capacité)
2. Generate Model /capacities relaxed/
(Génération du problème avec contraintes de capacités relâchées)

3. Model Adaptation /via vi/
(Adaptation du modèle - par éditeur d'écran vi)
4. Dictionary Adaptation /via vi/
(Adaptation du dictionnaire - par éditeur d'écran vi)

Les deux premières options entraînent la génération du fichier MPS correspondant soit au modèle de DPD avec contraintes incorporées relativement aux procédés comme définis dans la base de données, soit avec relâchement de ces contraintes.

La seconde option est particulièrement utile au stade initial de l'analyse pour estimer les niveaux de production correspondant aux conditions globales telles que par exemple le montant de l'investissement postulé, l'objectif de production, etc.

L'option 3 (Adaptation du modèle) permet d'introduire des modifications du fichier MPS au moyen de l'éditeur d'écran vi. Cette possibilité est surtout destinée aux utilisateurs avertis familiarisés avec le standard MPS (cf. la documentation concernée) et qui maîtrisent parfaitement la structure du modèle DPD.

L'option 4 (Adaptation du dictionnaire) sert à modifier la structure et le contenu du fichier DICTIONNARY en fonction de la présentation de l'état normalisé du rapport. Le format de l'enregistrement du fichier DICTIONNARY est donné en Annexe 3.

3. EXECUTION DE L'EXPERIENCE - PERFORM EXPERIMENTS

La sélection de l'option 3 du menu principal **PERFORM EXPERIMENTS** (Exécution de l'expérience) active le Module d'optimization qui est au coeur du système ADIM. Le module est un progiciel d'optimisation intégrée appelé "OPTIMIST" (l'Optimiste) qui résout trois types de problèmes de programmation linéaire:

- les problèmes de programmation linéaire à fonction-objectif unique (monocritère), résolus ici par la méthode du simplexe révisé,
- les problèmes linéaires fractionnels à fonction-objectif linéaire fractionnelle, résolus ici par la méthode du simplexe révisé,
- les problèmes multicritères (MLP) résolus au moyen de la fonction d'utilité de la méthode du point de référence.

Le progiciel est pourvu d'un interface convivial qui rend le travail plus facile et commode. Le progiciel **OPTIMIST** peut être utilisé de manière autonome ou être incorporé au système ADIM.

Dans ce manuel, nous allons considérer essentiellement le deuxième mode de fonctionnement, c'est-à-dire le module d'optimisation fonctionnant sous ADIM. Par conséquent, toute l'information relative aux formats et à la sémantique des fichiers d'entrée/sortie sera omise dans la présentation qui suit

Le progiciel a été pourvu d'un menu propre et, partant, l'utilisateur n'a pas à connaître les commandes particulières et, ce qui est très important, évite de nombreuses erreurs de manipulation. L'utilisateur a, à tout moment de son travail, la possibilité de demander l'assistance d'un fichier **HELP** (Assistance) qui fournit à chaque étape des calculs, les possibilités actuelles du module et la procédure à suivre.

Fonctionnalités du module

Les possibilités du module permettent une définition très souple du scénario des expériences d'optimisation et de l'analyse des résultats. Les fonctionnalités du module sont les suivantes:

- l'utilisateur peut choisir le mode d'optimisation (Cf. l'introduction) et il peut changer de mode en cours d'utilisation du module;

- la solution de base calculée pour le problème initial est conservée, ce qui permet d'accélérer de manière significative les calculs dans le cas où l'on reprend les calculs à partir de la même base de départ;
- un critère (ou des critères) de sélection peuvent être définis à partir d'un ensemble donné de critères;
- les contraintes peuvent être modifiées pour des variables choisies du modèle (définition des scénarios de l'expérience);
- le "point utopique" est calculé de manière automatique, dans le cas des problèmes multicritères;
- une consultation rapide des résultats d'optimisation est possible;
- des rapports clairs et compréhensibles sur les résultats sont établis;
- les résultats des calculs d'optimisation sont stockés sous forme de fichiers sur disque, pour analyse ultérieure;
- il existe un interface de liaison avec la base de données ADIM.

Les actions suivantes sont également possibles pour assister le travail d'analyse aux niveaux inférieurs et sont destinés aux créateurs du modèle:

- tout élément de la matrice généralisée du simplexe utilisant les codes MPS peut être modifié;
- les résultats sont stockés suivant le standard MPS.

Bien qu'à première vue, il semble y avoir redondance des fonctions énumérées ci-dessus, par comparaison avec les fonctions décrites dans les autres menus du système ADIM, elles ont été introduites intentionnellement pour effectuer de manière plus efficace des calculs quand les modifications des données d'entrée n'altèrent pas les dimensions du problème initial.

La communication avec le progiciel est assurée en langage naturel, dans la mesure du possible. L'utilisateur n'est donc pas tenu d'utiliser les codes; d'ailleurs une rubrique descriptive est ajoutée pour tous les éléments. La fonction HELP (Assistance) peut être appelée suivant les modes suivants:

- par sélection de l'option affichée sur l'écran (par exemple dans le menu) en actionnant la touche F1 ou la touche h;
- dans le cas où le système pose une question (en fin de texte on a n - no (non) ou y - yes (oui)) en actionnant la touche F1 ou la touche h;
- dans le cas où le système veut introduire un nom (par exemple un nom de fichier) - en frappant le texte *help* suivi de la frappe Return (CR).

A chaque appel de la fonction **HELP** (Assistance), l'utilisateur doit attendre un certain temps qui est fonction de la vitesse de l'ordinateur. Après activation, la fonction **HELP** affiche une information qui vient se superposer sur l'écran courant sous forme de fenêtre, sans effacer le contenu initial de l'écran. En général, l'espace disponible ne permet pas d'afficher le texte complet de l'instruction disponible. Les fragments consécutifs des messages **HELP** peuvent être lus par actionnement des touches **PgDn*** (écran suivant), **PgUp** (écran précédent), **UP ARROW** (flèche vers le haut) - pour passer à la ligne supérieure et **DOWN ARROW** (flèche vers le bas) pour passer à la ligne inférieure. Une nouvelle frappe de la touche **F1** nous fait quitter la fonction **HELP**.

Description fonctionnelle du module d'optimisation

Nous présentons ici toutes les fonctions accessibles par les menus du module. Notre objet est de donner une vue d'ensemble de la structure du module et des indications pratiques succinctes, car l'utilisateur du module peut toujours demander l'assistance de la fonction **HELP** (Assistance) où lui seront fournies des explications et instructions détaillées sur la marche à suivre.

Le menu principal du module compte 5 options comme suit

1. Select Optimization Type
(Choix du type d'optimisation)
2. Input Manager
(Gestionnaire des entrées)
3. Run Solver
(Lancement des calculs d'optimisation)
4. Output Manager
(Gestionnaire des sorties)

*) Dans un environnement XENIX les commandes **PgDn** et **PgUp** ne peuvent être lancées qu'à partir de la console.

5. Exit (Abandon du système)

Pour se déplacer sur la liste d'options du menu, l'utilisateur peut actionner les touches suivantes du clavier:

- **DOWN ARROW** (Flèche vers le bas) ou la lettre **d** pour descendre,
- **UP ARROW** (Flèche vers le haut) ou la lettre **u** pour remonter

ou encore frapper le numéro de l'option, puis la touche **RETURN** pour exécuter l'option. L'abandon (**EXIT**) du menu, qui est ici l'abandon du module, est obtenu par actionnement des touches **e** ou **q**, ou en choisissant l'option **Exit** (Abandon).

En cours de fonctionnement de la procédure **OPTIMIST**, il est possible d'appeler le système d'exploitation par actionnement de la touche **!**.

Si besoin est, l'utilisateur peut utiliser la touche **CONTROL-R** pour restaurer l'écran.

En principe, toutes les options du menu principal peuvent être exécutées dans un ordre quelconque; néanmoins, on a voulu guider l'utilisateur dans son travail et le système signale par une barre claire l'option qui doit être exécutée à un moment donné, pour suivre un ordre logique d'exécution de la procédure.

Les options de base du menu correspondent aux composants principaux qui sont la formulation du problème, les calculs d'optimisation, la présentation des rapports et la modification des paramètres:

1. **Select Optimization Type** (Choix du type d'optimisation) - cette option doit être exécutée en premier, elle permet de définir le type d'optimisation qui peut être modifié en cours de session de travail;
2. **Input Manager** (Gestionnaire des entrées) - il sert à définir le "scénario" du problème d'optimisation à résoudre. L'utilisateur peut activer cette option après que l'option 1 ait été exécutée;
3. **Run Solver** (Lancement des calculs) - la procédure d'optimisation est lancée pour le problème défini en 1. et 2. (si cela est possible);
4. **Output Manager** (Gestionnaire des sorties) - il permet de consulter les résultats obtenus et de les sauvegarder pour une analyse ultérieure.

Il est important de rappeler ici que pour activer ce module, il faut que tous les fichiers d'entrée soient disponibles et corrects.

Lorsque l'option 1 (Select Optimization Type) est activée, l'utilisateur peut faire un choix parmi les 3 options du sous-menu à savoir:

1. Single Objective
(Fonction-objectif unique)
2. Multiobjective
(Fonction-objectif multicritères)
3. Fractional
(Fonction-objectif fractionnelle)

Sans tenir compte du type d'optimisation choisi, le système demande ensuite si l'utilisateur désire commencer ses calculs à partir de la solution de base calculée précédemment ("vieille base") et affiche les noms des bases qui ont été déjà stockées. Pour en savoir plus sur les fichiers de base existants, il est possible d'appeler la fonction Help (Assistance) et en actionnant la touche h (pour abandonner la liste d'options courante, on peut actionner une seconde fois la touche F2). Si aucune base simpliciale n'est utilisable pour le nouveau problème, l'utilisateur doit sélectionner l'option "New Basis" qui est la première affichée sur la liste, puis fournir le nom de la nouvelle base en réponse à la question posée. Il est important que l'on puisse lancer les calculs à partir d'une vieille base (si possible), car les calculs sont alors beaucoup plus rapides, ce qui est crucial pour trouver une solution efficace des problèmes de très grande taille.

Quand le choix de la base de départ a été effectué, le système revient à l'option Input Manager (Gestionnaire des entrées) du menu principal. A ce niveau, on peut fournir une formulation détaillée du problème en suivant les options du sous-menu ci-après:

1. Prepare Objectives
(Introduction des critères)
2. Bound Items
(Définition des bornes)
3. Run MPS-like Modifier
(Lancement du modificateur MPS)
4. Calculate Utopia Point
(Calcul du point utopique - si possible)

5. Exit
(Abandon)

Au contraire de ce qui se passe au niveau principal, l'utilisateur est ici libre d'exécuter les options dans un ordre quelconque.

Nous allons rapidement passer en revue les options du sous-menu:

- **Prepare Objectives** (Introduction des critères) - on définit la fonction-objectif, ou les objectifs, avec un point de référence correspondant.
- **Bound Items** (Définition des bornes) - on fournit les valeurs des bornes inférieures et supérieures pour un ensemble donné d'entités. Des bornes peuvent être imposées sur les objectifs et sur les contraintes globales.
- **Run MPS-like Modifier** (Lancement du modificateur en format MPS) - une option spéciale prévue pour les spécialistes en développement de modèle. Elle permet de modifier tout coefficient de la matrice de programmation linéaire.
- **Calculate Utopia Point** (Calcul du point utopique) - l'activation de cette option lance une série de calculs d'optimisation et de recherche du point utopique correspondant à l'ensemble d'objectifs défini. Cette option s'applique d'évidence à l'optimisation multicritères.

Au niveau de l'introduction des critères (**Prepare Objectives**), l'utilisateur peut choisir une entité de la liste donnée comme critère et définir le sens de l'optimisation. La sélection des critères est effectuée par les touches de déplacement qui permettent de balayer le menu. Pour choisir un sens d'optimisation, l'utilisateur doit:

1. amener le curseur sur la troisième colonne de l'écran, par actionnement des touches **RIGHT ARROW** (Flèche à droite) ou la touche **r**,
2. frapper la barre d'espace (**SPACE BAR**), jusqu'à ce que le sens désiré soit affiché, c'est-à-dire:
 - *min* (minimisation)
 - *max* (maximisation)

- *flo* (sens ignoré)
- *den* (mettre au dénominateur; cette option n'est applicable que dans le cas de l'optimisation fractionnelle - dans ce cas les termes *min* ou *max* se rapportent au numérateur de la fraction)

Lorsque l'utilisateur a décidé de choisir l'optimisation monocritère (objectif unique), il n'a à choisir qu'un seul objectif dans la liste. Si, par contre, il a déclaré vouloir exécuter une expérience multicritères, il est mis en présence d'une liste similaire contenant une colonne additionnelle réservée pour mettre la valeur du point de référence. Pour fixer une nouvelle valeur du point de référence, l'utilisateur doit:

1. déplacer le curseur jusqu'à la quatrième colonne de l'écran,
2. frapper la barre d'espacement (SPACE BAR) et introduire la nouvelle valeur du point de référence (un nombre réel) suivi par la touche RETURN. L'utilisateur peut utiliser la touche BACKSPACE (retour arrière) pour revenir sur le dernier caractère et modifier une éventuelle erreur de frappe.

Comme la liste affichée par l'option Prepare Objectives (Introduction des critères) peut excéder l'espace d'un écran (fenêtre), on peut se déplacer d'un écran au suivant à l'aide des touches PgDn ou n (next - le suivant), ou revenir sur l'écran précédent à l'aide des touches PgUp ou p (previous - le précédent).

On peut, en sélectionnant l'option Bound Items (Définition des bornes), définir les nouvelles valeurs des bornes supérieures et inférieures des grandeurs affichées sur la liste donnée. Elle contient les noms des rubriques précédées par le numéro suivi d'une des lettres suivantes: "s", "i", "e", "p", signalant le type de marché affecté aux rubriques. Pour introduire une borne inférieure, il convient de :

1. déplacer le curseur jusqu'à la troisième colonne de l'écran,
2. actionner la barre d'espacement (SPACE BAR) et entrer la nouvelle valeur de la borne inférieure (un nombre réel), suivi par une frappe RETURN.

L'utilisateur peut actionner la touche BACKSPACE (Retour arrière) pour éliminer le dernier caractère tapé. Il est également possible de taper le caractère n suivi par une frappe RETURN, pour déclarer 'no bound' (pas de borne).

Pour définir une nouvelle borne supérieure, l'utilisateur doit déplacer le curseur jusqu'à la quatrième colonne de l'écran et introduire la nouvelle valeur. Il est évident que la borne inférieure sera plus petite ou au plus égale à la borne supérieure correspondante.

Comme la liste affichée par l'option **Bound Items** (Définition des bornes) peut dépasser la capacité de l'écran, on peut passer à l'écran suivant par actionnement des touches **PgDn** (page suivante) ou **n** (next - suivant), ou revenir à l'écran précédent avec les touches **PgUp** (page précédente) ou **p** (previous - précédent).

L'option **Run MPS-like Modifier** (Lancement du modificateur MPS) permet à l'utilisateur de modifier un élément de la matrice LP (programme linéaire) en utilisant des commandes usant des mots-clés en format de fichier MPSX. L'emploi de cette option nécessite une bonne connaissance du modèle associé à la structure d'un fichier MPS. Comme une mise à jour erronée du fichier peut endommager le modèle, cette dernière option doit être utilisée avec circonspection.

Il faut, en premier lieu, introduire la **Commande de définition de section** (Section Definition Command) pour déterminer la section MPS qui sera mise à jour. Cette commande peut être suivie par des commandes de mise à jour correspondant à **Commande de définition de section**. Chaque définition de section doit être frappée sans espaces (blancs), et chaque commande doit commencer par une espace (blanc) et comporter un certain nombre de zones (comme dans le fichier MPS) séparées les unes des autres par au moins une espace (blanc). La mise à jour d'une section est terminée par l'apparition d'une nouvelle commande de définition de section:

- la commande: "rows" (lignes) signifie que l'on active une modification de type ligne. La syntaxe est:

```
<row-type> <row-name>  
( <type de ligne> <nom de ligne> )
```

- la commande: "columns" (colonnes) signifie la modification d'un coefficient de matrice. La syntaxe est:

```
<col-name> <row-name> <value>  
[ <row-name> <value> ]
```

```
( <nom-de-colonne> <nom-de-ligne> <valeur>  
[ <nom-de-
```

```
ligne> <valeur> ] )
```

- la commande "rhs" (limite droite) signifie la modification d'une contrainte à l'extrémité droite d'une ligne. La syntaxe est:

`<vec-name> <row-name> <value>`

`(<nom-de-vecteur><nom-de-ligne><valeur>)`

- la commande "ranges" (limites) - signifie la modification d'une contrainte à l'extrémité opposée d'une ligne. La syntaxe est:

`<vec-name> <row-name> <range>`

`(<nom-de-vecteur><nom-de-ligne><limite>)`

- la commande: "bounds" (bornes) - signifie la modification d'une contrainte de variable du modèle. La syntaxe est:

`<b-type> <vec-name> <col-name> [<value>]`

`(<type-de-borne><nom-de-vecteur><nom-de-colonne><valeur>)`

- la commande: "objective" (objectif, critère) - définition d'un nouveau critère. La syntaxe est:

1. (min)

`objective <nom>`

-1. (max)

où les nombres '-1' et '1' indiquent le sens de l'optimisation

- la commande: "denominat" - définit un nouveau dénominateur et initialise un problème d'optimisation fractionnelle. La syntaxe est:

`denominat <nom>`

- la commande: "nodenomin" (pas de dénominateur) - signifie l'abandon du problème d'optimisation fractionnelle

- la commande: "endata" - signifie la fin des modifications et l'abandon de l'option

Les remarques suivantes doivent ici trouver place,

relativement aux commandes ci-dessus:

- chaque nom mentionné ci-dessus signifie un nom MPS (code);
- le module analyse seulement les quatres premiers caractères de la commande de définition de section;
- `vec-name` (nom-de-vecteur) est un nom de vecteur utilisateur qui est ignoré du module. Il peut être utilisé comme commentaire (jusqu'à 8 caractères);
- a tout moment la commande ``` peut être introduite pour consulter le fichier MPS. Dans le cas "multicritères", un fichier original (non prétraité) est pris en compte;
- les commandes de mise à jour `rhs` (limite à droite) et `ranges` (limites) peuvent être utilisées seulement pour les lignes explicitement déclarées dans le fichier MPS;

Sitôt les calculs terminés, l'utilisateur peut être assisté par le Gestionnaire de Sorties (**Output Manager**) qui est une option permettant de consulter et mémoriser des calculs d'optimisation. Le sous-menu Gestionnaire des sorties renferme les options suivantes:

1. Show Criteria Solution
(Affichage de la solution des critères)
2. Show Fast Report
(Affichage du rapport rapide)
3. Show Report
(Affichage du rapport normalisé)
4. Compare with Previous Run
(Comparer avec l'exécution précédente)
5. Postoptimal Analysis
(Analyse post-optimale)
6. Store Report
(Sauvegarde du rapport)
7. Store MPS-like Solution
(Sauvegarde de la solution en format MPS)
8. Prepare Solution for Storing in Database
(Mise en forme de la solution pour stockage dans la base de données)
9. Store Results

(Sauvegarde des résultats)

10. Print Last Report
(Impression du dernier rapport)
11. Show Utopia Point
(Affichage du point utopique)
12. Exit
(Sortie du menu)

Show Criteria Solution - cette option permet d'afficher les valeurs et le sens d'optimisation des objectifs de la solution courante étudiée;

Show Fast Report - cette option affiche rapidement la solution courante sous une forme grossière;

Show Report - cette option fournit un rapport complet relatif à la solution courante, dans un format normalisé et commode. Ne seront ici prises en considération que les valeurs non nulles. Il est possible de consulter ce rapport de manière commode;

Compare with Previous Run - cette option permet une comparaison de la solution courante avec la solution précédente (si elle existe), avec un niveau de précision approprié (c'est-à-dire celui demandé par l'utilisateur);

Postoptimal Analysis - l'analyse post-optimale permet un alignement ordinaire sur les bornes. Pour chaque borne inférieure et chaque borne supérieure la procédure détermine l'intervalle maximal de variation des bornes qui n'affecte pas la base optimale. Une description détaillée de cette option est donnée en Annexe 5;

Store Report - le rapport mis en forme va être mémorisé dans le fichier indiqué (par le nom) par l'utilisateur;

Print Last Report - on peut indifféremment imprimer le rapport généré par l'option 3 ou celui engendré par la procédure d'analyse post-optimale (option 5);

Store MPS-like Solution - la solution sera mise en forme suivant un format spécial (le standard MPS) qui peut être utile pour les spécialistes de la modélisation. Le format obtenu est pratiquement illisible pour les utilisateurs normaux mais il peut être utile pour suivre pas-à-pas la procédure de recherche de la solution (le format de l'état imprimé correspondant est décrit en Annexe 6). Le système demandera de fournir un

nom de fichier pour y stocker les résultats:

Prepare Solution for Storing in Database - La solution sera mise en forme dans un format acceptable par le SGBD. Elle peut être chargée dans la base de données et analysée par les utilitaires du SGBD.

Store Results - La solution courante sera mémorisée pour analyse ultérieure. Les fichiers suivants seront créés à cet effet: fichier "rapport", le fichier solution pour SGBD, la valeur utopique (si elle est calculée) et la (ou les) valeur(s) du (des) critère(s);

Show Utopia Point - La valeur du point utopique sera affichée (si elle a été auparavant calculée par le Gestionnaire des entrées, après le choix de l'option multicritères);

Exit - la sortie du menu nous fait revenir dans un menu de niveau supérieur.

Analyse des solutions non admissibles ("infeasible") et non bornées ("unbounded")

Les cas de solutions non admissibles et non bornées peuvent être relativement fréquents en cours de simulation. Il peut alors être difficile de trouver les raisons de l'apparition d'une solution non admissible, surtout dans le cas des problèmes de grande dimension avec des contraintes multipliées intercorrélées. Pour faciliter le diagnostic, le système effectue une analyse des cas considérés, si nécessaire. Il fournit pour cela les noms des variables dont les contraintes imposées sont contradictoires. Lorsque la solution tend à violer une borne supérieure de la variable, un commentaire "TOO HIGH" (trop grand) est affiché. Lorsqu'il s'agit d'une borne inférieure, le commentaire correspondant affiché est "TOO LOW" (trop petit).

Cela veut dire que dans le cas "TOO HIGH", la borne supérieure de la variable doit être augmentée, et dans le cas "TOO LOW", il convient d'abaisser la borne inférieure de la variable. Si la solution est "non bornée", le système établit le diagnostic nécessaire en indiquant la variable responsable de la situation. En fonction du type de borne dépassé, on peut définir cinq catégories de bornes définies avec le nom de la variable ("import", "export", "domestic sale", "domestic purchase", "capacity").

Dans la deuxième catégorie de "non-faisabilité" due à une équation de bilan sans correspondance, le nom de l'équation de bilan dont les termes ont été dépassés en cours de calcul, est affiché.

Les deux cas doivent être analysés à partir de la "Solution en format MPS" qui peut être sauvegardée sur le disque par sélection de l'option approprié du sous menu "Output Manager" (Gestionnaire des sorties) et incorporée à un fichier disque dont le nom est suffixé par le sigle ".mps" (Cf. Annexe 6). Néanmoins, pour la commodité de l'utilisateur, l'analyse est effectuée de manière plus facile, comme décrit ci-dessus.

Messages d'erreur

error 1:

Il y a une contradiction dans le modèle. Si l'erreur apparaît au cours de la première exécution des calculs d'optimisation, c'est-à-dire avant que ne soient imposées des bornes (au moyen de l'option Bound Items - Définition des bornes), cela revient à dire que l'erreur a sa source dans la base de données, ou autrement - que le fichier MPS n'a pas été engendré à partir d'une base de données actuelle. Si l'erreur apparaît après la définition des bornes, c'est la liste des bornes qui devra être examinée.

error 2:

Le problème n'est pas borné. Différents situations peuvent conditionner cette erreur (comme c'est le cas de l'erreur 1). En particulier, dans le cas d'une optimisation fractionnelle, l'erreur 2 peut signaler une valeur nulle au dénominateur.

error 3:

Le nombre limite d'itérations a été atteint. Cela peut signifier que le problème a été mal posé (p.ex. les contraintes ont été relâchées trop largement). Quand le nombre élevé d'itérations est la conséquence naturelle de la taille du problème, les calculs peuvent être poursuivis par une sélection appropriée de l'option Run Solver (Exécution des calculs).

errors 20, 220:

L'ancienne base est endommagée ou non adéquate pour le problème courant. Il convient de revenir à l'option Select Optimization Type (Sélection du type d'optimisation) pour choisir la base appropriée.

errors 30, 31, 40:

Le fichier MPS est erroné. Cela signifie le plus souvent que le fichier est endommagé ou trop volumineux (le nombre réel de lignes, de colonnes ou de paramètres dépasse les limites correspondantes).

error 43, 103:

Le code MPS requis ne peut être trouvé. Généralement, cela signifie qu'il y a incohérence entre les fichiers MPS et DIC (Dictionnaire), c'est-à-dire qu'un code du fichier MPS est absent dans le fichier DIC ou tout autre situation analogue.

error 50:

La rapport ne peut être généré. La raison la plus fréquente est un fichier DIC contenant des erreurs qui consistent souvent dans une localisation erronée de l'indicateur de commentaire.

error 100:

On a déclaré un nombre trop grand de lignes-objectifs dans le fichier CHANGE (Modifications).

error 101: On a un nombre trop élevé d'entités dans le fichier DIC.

error 700:

On a oublié de spécifier la ligne-objectif dans le fichier CHANGE (Modifications).

error 701:

Le fichier CHANGE est vide.

En supplément des erreurs signalées ci-dessus, on a encore défini les erreurs système suivantes (qui sont également possibles):

error 4:

Erreur numérique de l'algorithme du simplexe.

errors 42 et 200:

L'élément de la matrice LP (programme linéaire) adressé est absent (sous-programmes "mmodel" ou "getelm").

errors 310, 350, 360:

Appel incorrect des sous-programmes "lobud" ou "setbud".

errors 458, 459

Un incident s'est produit lors de la recherche du code MPS correspondant à la ligne-objectif ou au dénominateur

error 505

Appel incorrect du sous-programme "putcv".

4. SELECTION ET AFFICHAGE DES RESULTATS

Cette option sera sélectionnée après que les calculs d'optimisation ont été effectués. Elle offre à l'utilisateur une grande variété de rapports relatifs à la solution obtenue et qui sont fonction des composants de la solution qui intéressent l'utilisateur. Certains rapports sont normalisés; les autres peuvent être imprimés à la demande de l'utilisateur qui doit alors définir par lui-même le contenu et le format du rapport désiré.

Le menu **Sélection et affichage des résultats** se présente comme suit, avec les options suivantes:

SELECT and DISPLAY EXPERIMENT

1. Select Experiment to Display
(Sélection de l'expérience à afficher)
2. Scenario
(Scénario)
3. PDA Evaluation
(Evaluation du DPD)
4. Processes
(Procédés)
5. Import
(Importations)
6. Export
(Exportations)
7. Domestic Purchase
(Achats sur le marché national)
8. Domestic Sale
(Ventes sur le marché national)
9. Domestic Sale from Import
(Ventes sur le marché national provenant de l'importation)
10. Single Plant Evaluation
(Evaluation d'une unité particulière)
11. Gross Production
(Production brute)
12. Medium Distribution /by number/
(Distribution des agents - par numéro)

13. Medium Distribution /by name/
(Distribution des agents - par nom)
14. Process Input/Output /by number/
(Entrées-Sorties de procédé - par numéro)
15. Process Inputs/Output /by name/
(Entrées-Sorties de procédé - par nom)
16. Advanced Reviewing /via SQL/
(Consultation fine - par le langage SQL)
17. Print Last Review
(Impression de la dernière consultation)
18. Repeat Last Review
(Répéter la dernière consultation)

4.1. Select Experiment to Display (Sélection de l'expérience à afficher)

Comme les résultats des différentes expériences peuvent être stockés dans les système, on peut avoir différents rapports à un moment donné. Pour rappeler les résultats d'expériences déjà affectuées, cette option doit être activée avant le choix de toute autre option de la liste.

4.2. Scenario (Scénario)

Un scénario contenant l'ensemble des préalables relatifs à l'expérience effectuée, est affiché. Le scénario est précédé par le nom de l'expérience et la valeur du critère d'optimisation.

4.3 PDA Evaluation (Evaluation du DPD)

Les programmes de développement (exprimés par les solutions optimales correspondant aux conditions préalables) sont évalués au moyen des indicateurs suivants:

- FCI (Investissement de capital fixe),
- Domestic Investment (Investissement national)
- FDA Net Income - NI (Revenu net du LFD),
- Rapport NI/FCI,
- FDA Import (Importations du LFD),

- PDA Domestic Sale (Ventes du DPD sur le marché national),
- Production Profit (Bénéfice à la production),
- Simple Rate of Return (Taux de rendement simple),
- Production Import (Importations de production),
- Domestic Sale of Production (Ventes sur le marché national)
- Manufact. Value Added - MVA (Valeur ajoutée à la production),
- Rapport MVA/FCI,
- Gross Production Value - GPV (Production brute)
- Rapport MVA/GPV
- Export (Exportations),
- Domestic Purchase (Achats sur le marché national),
- Energy Consumption (Consommation d'énergie),
- Direct Labour (Main-d'œuvre directe).

Comme on peut voir, les indicateurs ci-dessus sont classés suivant deux catégories correspondant respectivement au DPD dans son ensemble, et au système de production proprement dit. Ceci est donné pour effectuer l'évaluation des programmes de développement à partir de différents points de vue. Les indicateurs seront calculés après que l'expérience suivant le scénario requis soit effectuée, c'est-à-dire aussi l'analyse post-optimale du programme de développement généré. Comme on a pu le voir, certains agrégats fournissent des valeurs de critère, quand d'autres ne sont que des indicateurs de performance.

4.4. Processes (Procédés)

Le rapport sur les procédés fournit deux sortes d'informations. En premier, nous avons l'affichage de la répartition des coûts d'investissement par rapport aux unités particulières. Afin d'avoir une meilleure visualisation des résultats, les valeurs en pourcentage sont affichées en mode inversé (noir sur fond blanc). Ensuite l'utilisateur peut abandonner la consultation à la demande pour avoir une information plus détaillée, par actionnement de la touche RETURN. Maintenant, les volumes de production des procédés sont affichés en valeurs absolues et en pourcentages (%)

d'un niveau hypothétique. Les valeurs omises dans le rapport sont celles pour lesquelles le niveau de production est nul.

4.5. Import (Importations)

Comme dans le cas du rapport 4.4, ce rapport a deux sections fonctionnelles. La première donne la répartition des agents chimiques particuliers par rapport aux importations totales du DPD. La deuxième section fournit l'information relative aux quantités et valeurs des produits importés par les DPD.

4.6. Export (Exportations)

Le rapport est analogue au rapport sur les importations, les données étant affichées suivant le même mode.

4.7. Domestic Purchase (Achat sur le marché national)

Ce rapport fournit l'information relative aux quantités et valeurs des agents chimiques achetés pour le DPD. Le rapport est analogue aux rapports relatifs aux importations et aux exportations, les données étant affichées suivant le même mode.

4.8. Domestic Sale (Ventes sur le marché national)

Ce rapport fournit l'information relative aux quantités et valeurs de produits sortant du DPD. Le rapport est analogue aux rapports relatifs aux importations et aux exportations, les données étant affichées suivant le même mode.

4.9. Domestic Sale from Import (Ventes sur le marché national provenant de l'importation)

Ce rapport affiche les importations complémentaires de biens nécessaires à la satisfaction de la demande du marché national. Les importations d'un agent donné sont exprimées en pourcentage du volume total de ventes (de cet agent).

4.10. Single Plant Evaluation (Evaluation d'une unité particulière)

L'option entraîne le calcul des indicateurs de fonctionnement d'une installation donnée, correspondant aux niveaux de production optimaux des diverses installations, à savoir: Investissement de capital fixe défini comme le coût d'investissement nécessaire à un dimensionnement optimal de

l'installation

- Capacity (Capacité au sens de niveau de production réel)
- Fixed Capital Investment - FCI (Investissement de capital fixe défini comme le coût d'investissement nécessaire à un dimensionnement optimal de l'installation)
- Product Value - PV (Valeur du produit)
- Total Manufacturing Cost - TMC (Coût de production total)
- Profit (Bénéfice)
- Simple Rate of Return (Taux de rendement simple)
- Break-Even Point (Le point de rentabilité)
- Manufacturing Value Added - MVA (Valeur ajoutée à la production)
- Rapport MVA/FCI
- Rapport MVA/PV
- Rapport PV/FCI
- Energy Consumption (Consommation d'énergie)

**4.11. Gross Production
(Production brute)**

Ce poste du rapport fournit la valeur totale de la production calculée comme la somme des valeurs de production de tous les procédés du DPD.

**4.12. Medium Distribution /by number/
(Répartition des agents par numéro)**

Comme pour les rapports ci-dessus, l'information est ici divisée en deux parties. La première partie présente le bilan d'un agent donné dans le DPD; sur la partie droite de l'écran, on trouve affichées les quantités d'agent utilisées en entrée de procédé; sur la partie gauche, on trouve les quantités en sortie de procédé. Grâce à l'affichage inversé, l'utilisateur obtient une image graphique des noeuds de bilan du réseau correspondant à une solution optimale. La deuxième partie (inférieure) du rapport fournit une information additionnelle sur les marchés.

**4.13. Medium Distribution /by name/
(Répartition des agents par le nom)**

La fonction du rapport est analogue à celle du rapport 4.10, sans toutefois fournir la première partie du rapport en question.

**4.14. Process Inputs/Output /by number/
(Entrées et Sorties de procédé - par numéro)**

**4.15. Process Input/Output /by name/
(Entrées et Sorties de procédé - par le nom)**

On trouve, dans les rapports des options 11 et 12, la spécification de toutes les sorties et entrées d'un procédé donné. Le rapport en question donne les flux d'entrée et les flux de sortie du procédé. Le procédé peut être sélectionné suivant son numéro ou son nom.

**4.16. Advanced Reviewing (via SQL)
(Consultation fine - par le langage SQL)**

De manière analogue à la consultation fine de la base de données, cette option fournit un mécanisme puissant de création des rapports en utilisant le langage de requête structuré SQL déjà mentionné.

On peut donc, en utilisant la même syntaxe des commandes, sélectionner et retrouver l'information relative aux résultats des expériences d'optimisation, comme cela est donné pour les données sources stockées dans la base de données. C'est le résultat du chargement de la solution dans la base de données où les données correspondantes sont mémorisées dans des lignes munies du suffixe `_lev` (cf. la spécification des tables de la base de données en Annexe 1.)

**4.17. Print Last Review
(Impression de la dernière consultation)**

L'activation de cette option entraîne l'impression du dernier rapport affiché sur l'écran.

**4.18. Repeat Last Review
(Répéter la dernière consultation)**

Les résultats de la dernière consultation sont sauvegardés et peuvent être l'objet d'un listage normalisé, à la demande. Cette dernière option est utile quand, après avoir exécuté des actions en dehors du module "Selection et affichage des résultats", on désire appeler à nouveau les valeurs précédentes d'une consultation choisie.

**5. LOOK-OVER EXPERIMENTS ARCHIVE
(CONSULTATIONS DES ARCHIVES - RESULTATS DES CALCULS
D'OPTIMISATION)**

Le système fournit à l'utilisateur des outils de maintenance et d'archivage des résultats des calculs d'optimisation. Le menu correspondant contient les cinq options suivantes:

LOOK-OVER EXPERIMENTS ARCHIVE

1. Scenarios of Stored Experiments
(Scénarios des expériences enregistrées)
2. Compare Experiments
(Comparer les expériences)
3. Remove Experiment
(Effacer l'expérience)
4. Print Last Review
(Impression de la dernière consultation)
5. Repeat Last Review
(Répéter la dernière consultation)

**5.1. Scenarios of Stored Experiments
(Scénarios des expériences enregistrées)**

Cette option montre le contenu des archives du système. Les archives renferment les expériences qui ont de l'importance pour l'utilisateur. Ces expériences sont représentées par leurs scénarios fournis par l'utilisateur lors du lancement du module **PERFORM EXPERIMENTS** (Exécution de l'expérience).

5.2. Compare Experiments (Comparer les expériences)

L'option est utilisée pour regrouper les résultats de simulations effectuées pour différents scénarios de développement. Après sélection de l'option, on voit apparaître sur l'écran les noms des expériences archivées (**EXPERIMENTS COMPARED** - Expériences comparées).

L'utilisateur peut sélectionner deux au plus expériences à comparer; si l'on choisit de comparer plus de trois expériences, les résultats de la comparaison ne sont plus affichés sur l'écran (trop de données à afficher), mais sortis sur l'imprimante.

Le système offre trois modes de comparaison (**COMPARISON**

MODE) des résultats d'expériences:

1. Different Elements (Eléments différents)
2. All Elements (Tous les éléments)
3. Percent Relation (Ecart en pourcentage)

L'option 1 (Different Elements) ne tient compte que des composants des solutions comparées qui sont différents. L'option 2 (All Elements) entraîne l'affichage de tous les éléments des solutions comparées. L'option 3 (Percent Relation) n'imprime, elle aussi, que les composants différentes de celles de la solution de base, en pourcentage des valeurs de la solution de base qui est par définition la première des expériences choisies pour la comparaison.

5.3. Remove Experiment (Effacer l'expérience)

Pour mettre à jour le fichier d'archivage, il convient d'effacer les expériences qui ont perdu leur intérêt. L'expérience qui sera effacée, doit être indiquée sur la liste affichée par le même mécanisme que celui de tous les menus (c'est-à-dire en mettant en surintensité lumineuse le nom de l'expérience qui doit être éliminée).

5.4. Print Last Review (Impression de la dernière consultation)

5.5. Repeat Last Review (Répéter la dernière consultation)

L'activation des options 4,5 entraîne l'impression ou l'affichage de l'une des dernières consultations).

6. AUXILIARY FUNCTIONS (FONCTIONS AUXILIAIRES)

Le système fournit à l'utilisateur des outils de sauvegarde du contenu de la base de données. Le menu correspondant contient les cinq options suivantes:

AUXILIARY FUNCTIONS

1. Store Database on Diskette / a: /
(Sauvegarde de la base de données sur disquette haute densité a:)
2. Restore Database from Diskette / a: /
(Restitution de la base de données à partir de la disquette haute densité a:)
3. Store Database in ASCII Format
(Sauvegarde de la base de données en format ASCII)
4. Restore Database from ASCII Format
(Reconstitution de la base de données stockée en format ASCII)
5. Reinitialize Database
(Réinitialisation de la base de données)

6.1. Store Database on Diskette / a: / (Sauvegarde de la base de données sur disquette a:)

Cette option sert à la sauvegarde du contenu de la base de données. Il est recommandé d'effectuer des sauvegardes à une fréquence raisonnable, c'est-à-dire après chaque mise à jour de quelque importance. En effet, un accident quelconque de l'ordinateur ou du disque dur, peut détruire tout le travail d'introduction des données. Avant d'activer l'option 1, il convient d'introduire une disquette formatée dans l'une des disquettes haute densité (XENIX) a.

6.2. Restore Database from Diskette / a: / (Restitution de la base de données à partir de la disquette a:)

Cette option permet de reconstituer le contenu antérieur de la base de données stocké sur une disquette haute densité (XENIX). Pour reconstituer le contenu de la base, il convient de créer une nouvelle base de données vide en utilisant par exemple l'option "Reinitialize Database".

6.3. Store Database in ASCII Format
(Sauvegarde de la base de données en format ASCII)

Cette option engendre une copie du contenu de la base de données sous forme d'un fichier ASCII. Ceci est utilisé pour effectuer des sauvegardes compactes de bases de données, en particulier dans les cas où la même base de données doit être transférée sous un autre système d'exploitation (par exemple MS-DOS au système XENIX). Pour les détails, voir la documentation du SGDB INFORMIX. Qui plus est, les copies en format ASCII sont commodes pour toutes consultations de la base de données, surtout pour des utilisateurs avancés.

6.4. Restore Database from ASCII Format
(Reconstitution de la base de données stockée en format ASCII)

Cette option permet de charger, dans une base de données nouvellement créée et vide, le contenu d'une copie de base en format ASCII.

6.5. Reinitialize Database
(Réinitialisation de la base de données)

Cette option crée effectivement une nouvelle base de données vide dans le répertoire courant. L'ancien contenu de la base de données est effacé du répertoire, s'il y a lieu.

TROISIEME PARTIE

MODULE D'ORDONNANCEMENT OPTIMAL DES INVESTISSEMENTS DANS L'INDUSTRIE CHIMIQUE (SCHeduling)

1. Introduction

Le module SCH(eduling) permet de délimiter le calendrier optimal (ou suboptimal) de réalisation d'investissements dans les différentes branches de l'industrie chimique, au niveau d'un DPD, suivant un critère choisi.

Il permet de définir le calendrier de mise en chantier des différentes installations ou complexes chimiques retenus à l'aide du système ADIM. Le module SCH n'est pas intégré au système ADIM-ALG. Il peut donc être exécuté de manière autonome, d'où la nécessité d'une introduction séparée des données. Les algorithmes d'optimisation utilisés dans le module sont les algorithmes classiques de recherche.

Les critères d'optimisation possibles sont les suivantes:

- bénéfice maximal,
- rapport profit/investissements maximal.

On a prévu également la possibilité d'affecter des niveaux de priorité différents aux divers investissements et l'introduction de contraintes de séquençement. On a également prévu la définition du temps au plus tôt de mise en chantier d'un investissement. L'unité de temps minimale du module est la période de 6 mois, et le temps de lancement est défini par le nombre 0.

Le produit SCH a été conçu comme un SAD (Système d'aide à la décision; ang. Decision Support System) autonome de structure classique. Il comporte les trois sous-modules suivants:

- sous-module d'introduction des données avec un SGBD autonome
- sous-module d'optimisation
- sous-module d'édition des rapports

Le produit SCH est commandé, comme le système ADIM, à

partir d'un ensemble hiérarchisé de menus dont la structure et le mode d'utilisation sont identiques avec ceux du système ADIM. Le module SCH est disponible sous les systèmes d'exploitation suivants: UNIX, XENIX, ULTRIX et DOS.

2. Mise en oeuvre du nodule SCH(eduling)

Le module SCH doit être lancé au niveau des commandes du système d'exploitation. La commande est la suivante:

`sch`

Comme le programme correspondant ne fonctionne qu'en mode interactif, il ne faut en aucun cas le lancer en mode "batch" (traitement par lots; cette dernière remarque n'est valable que sous XENIX). La sélection d'une option du menu principal (de niveau le plus élevé) est réalisée par:

- frappe du numéro de l'option
- frappe de la touche "blanc" (espace)
- frappe des touches "flèche" (déplacement)

L'exécution de l'option sélectionnée se fait par actionnement de la touche RETURN. Le retour au menu de niveau supérieur, ou la déclaration de fin de travail (si l'on est au niveau du menu principal) est effectué par frappe de la touche "e". Dans certains cas particuliers, l'actionnement de la touche "e" indique également qu'on refuse tout choix parmi les options présentes sur l'écran (par exemple si l'on a une liste de fichiers, cela équivaut à ne vouloir travailler avec aucun des fichiers proposés par la liste). La frappe de la touche "!" (point d'exclamation) est une entrée dans le système d'exploitation, avec exécution de la commande qui suit le caractère "!". La touche ESCAPE entraîne un abandon immédiat du programme (à l'exception d'un travail avec le SGED), sans avoir à revenir au menu de niveau supérieur. L'option "Exit" (Sortie) d'un menu est équivalente à la touche "e".

3. Menu principal

Le menu principal comporte les quatre options suivantes:

1. Input Data (Données d'entrée)
2. Optimization
3. Output Data (Données de sortie)
4. Exit (Sortie du menu)

3.1 Option "Input Data"

Cette option doit être exécutée la première après mise en oeuvre du programme. Elle permet d'introduire les données nécessaires à l'exécution du programme, ou la mise à jour des données déjà introduites, ou le chargement des données stockées sur des fichiers externes.

3.2 Option "Optimization"

L'option "Optimization" ne peut être exécutée qu'après exécution de l'option "Input Data" avec chargement des données d'entrée.

3.3 Option "Output Data"

L'option "Output Data" ne doit être exécutée qu'après exécution correcte des deux premières options. Elle permet une revue interactive des résultats de calcul et une "archivisation" éventuelle.

4. Menu "Input Manager" (Gestionnaire des entrées)

Le sous-menu "Input Manager" comporte les 7 options suivantes:

1. Select Text File
(Sélectionner un fichier "texte")
2. Edit Text File
(Editer un fichier "texte")
3. Select Database
(Sélectionner une base de données)
4. Enter and Update Database
(Introduction et mise à jour de la base de données)
5. Load Data
(Charger les données)
6. Print Data of the File
(Imprimer les données dans un fichier)
7. Exit (Sortir - abandon)

4.1. Option "Select Text File"

Le fichier "texte" (Text File) est ici une collection de données consécutives de structure appropriée, dont le nom est suffixé avec la chaîne de caractères ".sct" (p.ex. mydata.sct). Le fichier en question peut être créé à l'aide d'un éditeur de textes standard. La structure d'un fichier "texte" est conforme à la structure du fichier d'entrée du programme "sch", version 1.0 et peut être décrite comme suit:

a) chaque installation (complexe) est décrite sous forme de quatre enregistrements; l'ordre d'introduction des installations est quelconque.

1. Enregistrement 1: <inx>_<name>

où

<inx> - index (numéro de l'installation) sous la forme d'un nombre naturel,

<name>- nom de l'installation sous forme de chaîne alphanumérique

_ - un ou plusieurs "blancs"

2. Enregistrement 2: <profit>_<fps>_<d>

où

<profit> - profit sous la forme de nombre en virgule flottante avec point (désignant une virgule),

<fps> - temps au plus tôt de début de réalisation de l'investissement, comptée en semestres.

<d> - durée de réalisation de investissement compté en semestres.

3. Enregistrement 3: <d>

où

<d> - quantité de nombres en virgule flottante (avec point de séparation de la partie entière) séparés par des "blancs" qui sont les coûts d'investissements à chaque période de réalisation de l'investissement,

4. Enregistrement 4: <pri>_<p1>_<p2>

où

<pri> - priorité sous forme de nombre naturel compris entre 1 et 5. Le chiffre plus grand indique une priorité plus élevée.

<p1> <p2> - indexes des installations dont la réalisation doit être terminée avant le temps de fin de construction de l'installation actuellement en chantier. La valeur zéro indique l'absence d'installation en amont.

b) L'analyse des données descriptives de différentes installations est terminée lorsqu'on a rencontré un indexe négatif ou un enregistrement de la forme:

<length> <comment>

où

<length> est l'horizon temporel de planning sous forme d'un entier négatif compté en années.

<comment> est un commentaire quelconque.

c) - Le dernier enregistrement du fichier données se compose de <length> nombres en virgule flottante (avec un point de séparation de la partie entière) séparés par des blancs qui indiquent la répartition des investissements pour l'ensemble du projet, suivant les différentes années que comporte le planning. Après sélection de l'option 1 (Select Text File), s'il existe dans le répertoire actuel des fichiers suffixés avec la chaîne ".sct", on voit apparaître sur l'écran un menu de niveau inférieur intitulé "Text Input Data File Selection" (Sélection du fichier de données d'entrée textuelles) qui permet de choisir l'un des fichiers présent sur la liste. L'actionnement de la touche "e" entraîne le passage immédiat à l'option 3.

4.2. Option "Edit Text File" (Edition du fichier "texte")

Cette option permet une mise à jour éventuelle des données sauvegardées dans le fichier "texte". La mise à jour effective est effectuée avec un éditeur de texte standard (qui est le "/bin/vi" - sous XENIX, et le "\midas\bin\vi.exe" - sous DOS). L'emploi de cette option a un sens quand on a auparavant choisi un fichier à l'aide de l'option 1.

4.3. Option "Select Database" (Sélectionner une base de données)

La question et la mise à jour des données du produit SCH à l'aide d'un SGED, est beaucoup plus commode et élégante. Les données stockées dans la BD sont sous forme binaire à structure bien définie, avec un nom suffixé ".scb" (p. ex. "sample.scb"). Un tel fichier ne peut être créé qu'à l'aide du produit SCH ou du programme S0ito2 (Cf. chapitre 10).

L'actionnement de cette option entraîne l'affichage d'un menu intitulé "Database File Selection" (Sélection d'un fichier de la base de données) où l'on a une liste de tous les fichiers suffixés avec la chaîne ".scb" et présent dans le répertoire actuel. La sélection de la première option de ce dernier menu intitulée "Start New One" (Création d'un nouveau fichier "texte"), équivant à l'utilisation de la touche "e" et au désir exprimé de création d'un nouveau fichier "texte". Dans ce cas, l'utilisateur est prié de fournir le nom du nouveau fichier.

Attention: - L'utilisation d'un nom de fichier existant, entraîne la destruction de son contenu.

4.4. Option "Enter and Update Database" (Introduction et Mise à jour de la base de données)

L'option permet de créer ou de mettre à jour les données du programme. Les opérations correspondantes se font

en mode interactif sur des formulaires affichés sur écran.

4.5. Option "Load Data" (Chargement des données)

Les données définies à l'aide des options 1 ou 3, sont ensuite chargées suivant des structures internes prédéfinies. En cours de chargement, on effectue divers contrôles de correction formelle et de cohérence des données. Les erreurs éventuelles détectées donnent lieu à des messages d'erreur affichés sur l'écran. L'option "Load Data" permet ainsi d'éviter l'introduction de données erronées. Les données erronées peuvent être corrigées au cours de la même session à l'aide de l'option 2 ou 4.

4.6. Option "Print Data on the File" (Impression des données dans le fichier)

Cette option permet une impression en clair des données d'entrée. Elle ne peut être mise en oeuvre qu'après l'option 5; cela veut dire qu'elle ne concerne que des données certifiées correctes. Les données sont imprimées dans un fichier dont le nom a été introduit à l'aide de l'option 1 ou 3, avec le suffixe ".sco". Il convient de rapeller ici que s'il existe déjà un fichier de ce nom (suffixe compris), il est détruit avant que les données en question y soient écrites. Si le fichier est créé à ce moment, alors les données introduites au moyen de l'option "Output Data" (Sortie des données) du menu principal, seront ajoutées au fichier en question.

5. Menu "Enter and Update Database" (Introduction et Mise à jour de la base de données)

Le menu en question comporte les trois options suivantes:

1. Plant Data
(Données des installations)
2. Plan Investment Data
(Données du planning d'investissement)
3. Exit
(Sortie)

5.1. Option "Plant Data" (Données des installations)

Cette option permet d'introduire ou de mettre à jour les données relatives aux installations ou complexes chimiques pour lesquels on élabore un planning de réalisation. Après sélection, on voit apparaître sur l'écran un formulaire avec les rubriques vides qu'il convient de remplir avec les données appropriées.

La première ligne en haut de l'écran contient la liste des opérations qu'on peut effectuer sur les données. La deuxième ligne de l'écran comporte une description succincte de l'option choisie pour être exécutée. La dernière ligne du bas de l'écran est prévue pour les communiqués et les messages d'erreur.

Les différentes rubriques (zones) sont pourvues d'un intitulé et ont une longueur donnée. Nous donnons ci-dessous l'intitulé, le type de zone (longueur) et la description de toutes les rubriques avec, entre parenthèses, la longueur de la zone à remplir:

- a) *index, integer(2)* [*index, entier(2 chiffres)*] - un nombre positif quelconque, p.ex. le numéro en séquence, lors de l'introduction des données, constituant une référence univoque utilisée par exemple dans les messages d'erreur,
- b) *name, character(80)* [*nom, caractères(80 car)*] - nom de l'installation sous forme d'une chaîne de caractères alphanumériques de longueur égale ou supérieure à un caractère (au maximum 80 car),
- c) *profit, double(12)* [*profit, double précision(12 chiffres)*] - profit issu d'une installation donnée (12 chiffres en double précision) en Millions d'unités monétaires locales.

- d) *priority, integer(2)* [*priorité, entier (2 chiffres)*] - priorité de réalisation d'un investissement donné (un chiffre compris entre 1 et 5); le chiffre 5 indique la priorité la plus grande.
- e) *predecessors, integer(2)* [*prédécesseurs, entier(2 chiffres)*] - index des installations en amont de la chaîne de planning de réalisation; il s'agit donc d'unités dont la date de fin de réalisation (construction) doit être antérieure à la date de fin de réalisation de l'investissement actuel,
- f) *earliest starting time, integer(2)* [*date de lancement au plus tôt, entier(2 chiffres)*] - désigne la date au plus tôt possible de lancement de la réalisation d'un investissement, compté en unités de 6 mois, à partir de zéro.
- g) *development time, integer(2)* [*temps de réalisation, entier(2 chiffres)*] - durée de réalisation d'un investissement en unités comptant pour 6 mois,
- h) *investment, double(12)* [*investissement, double précision (12 chiffres)*] - montant de l'investissement par semestre d'exécution, en Millions d'unités monétaires locales.

Description des opérations sur les données

Le remplissage des différentes rubriques débute à la suite de la frappe de l'une des touches suivantes - "q", "a", "u" qui signifient respectivement Query (Recherche), Add (Ajouter), Update (Mise à jour). Le curseur se déplace ensuite sur la première rubrique et le système se met en attente d'un texte de remplissage. La fin d'écriture d'une rubrique est signifiée lors d'une des opérations suivantes:

- frappe de la touche RETURN
- frappe d'une touche "flèche vers le bas" ou "flèche vers le haut",
- débordement de capacité de la rubrique

Si la rubrique est remplie de manière correcte, le curseur se déplace à la rubrique suivante. Dans le cas contraire, le curseur reste en la position courante. Lors du remplissage d'une rubrique, on peut utiliser les touches spéciales suivantes:

- BACKSPACE (retour en arrière d'un caractère) - effacement du dernier caractère introduit

- les touches "flèche à gauche" et "flèche à droite" provoquent le déplacement correspondant du curseur.

Le remplissage du formulaire est considéré comme terminé quand on effectue l'une des actions suivantes:

- frappe de la touche ESCAPE signifiant acceptation du contenu du formulaire,
- frappe des touches "CNTRL-C" ou "DEL" signifiant la fin des modifications sur le formulaire courant.

Query, "q" (Recherche) - option permettant de passer en revue les données écrites dans la base. La recherche peut s'effectuer suivant deux rubriques (champs), à savoir: index et name (nom). Si aucune rubrique n'est renseignée, alors on obtient une liste comportant tous les enregistrements contenus dans la base. Si l'on remplit le champ "index", on va aller chercher l'enregistrement dont le numéro est donné. Le champ "name" peut être rempli avec une chaîne de caractères quelconque, en tenant toutefois compte des signaux spéciaux suivants, donnant lieu à une interprétation spécifique:

- "?" un caractère quelconque,
- "*" une chaîne de caractères quelconques, ou son absence.

Ainsi par exemple la chaîne "AL*" peut indiquer tous les enregistrements dont le nom commence par "AL". L'écriture des deux champs entraîne une recherche commandée par la condition obtenue par intersection des deux champs en question. Cette opération permet de créer une liste "Query".

Next, "n" - consultation de la liste "Query" vers l'avant

Previous, "p" - consultation de la liste "Query" vers l'arrière

Add, "a" - permet la mise à jour de l'enregistrement affiché sur l'écran (p.ex. après l'opération "Query")

Remove, "r" (Effacement) - permet d'effacer un enregistrement affiché sur l'écran. Cette opération est exécutée après confirmation de la commande en actionnant la touche "y" (yes - oui)

Output, "o" (Ecriture) - permet d'écrire dans le fichier dans le format du formulaire. Le nom du fichier est composé du nom de la base de données en ajoutant (modifiant) le suffixe qui devient ".pfm". Si le fichier en question existe déjà dans le répertoire actuel, il est écrit à nouveau, après acquittement antérieur. Il est possible d'écrire dans le fichier, le format présent sur l'écran ou la totalité de

la liste "Query".

Exit. "e" (Sortie) - cette option provoque le passage au menu de niveau immédiatement supérieur.

5.2. Option "Plan Investment Data" (Données du planning d'investissement)

Le choix de cette option permet de créer, ou de mettre à jour, les données relatives à la réalisation du planning de réalisation de l'ensemble du programme d'investissements. Les différentes rubriques (champs) du formulaire sont les suivantes:

- a) *scheduling horizon, integer(2)* [*horizon du planning, entier(2 chiffres)*] - horizon de planning, en années
- b) *investment ability, double(12)* [*moyens d'investissement disponibles, en double précision(12 chiffres)*] - moyens d'investissements consentis sur l'ensemble du programme, donnés en parts annuelles en Millions d'unités monétaires locales.

Comme toutes les données se trouvent réunies sur un seul formulaire (écran), on ne peut exécuter que les opérations suivantes (voir la description du chapitre précédent): "Add" (adjonction d'un enregistrement dans la base, en cas de travail avec la base en cours de création), "Update" (Mise à jour des données), "Output" (Impression des données en format d'écran), "Exit" (Sortie du formulaire).

6. Menu "Optimization"

La sélection de cette option entraîne l'affichage du menu de niveau inférieur intitulé "Optimization Type Selection" (Sélection du type d'optimisation) comportant deux options:

- 1. Profit
- 2. Profit/Investment

Le choix de l'une des deux options correspond à la sélection d'un critère d'optimisation approprié, à savoir:

- 1. Option 1: maximisation du profit
- 2. Option 2: maximisation du rapport profit sur investissement

7. Menu "Output Data" (Sortie des données)

La sélection de cette option entraîne l'affichage d'un menu de niveau inférieur intitulé "Output Manager" (Gestionnaire de sortie) comportant les neuf options suivantes:

1. Produce Detailed Solution
(Génération de la solution détaillée)
2. Gantt Chart Only
(Seulement le diagramme de Gantt)
3. Gantt Chart and Investment Consumption
(Diagramme de Gantt et utilisation des fonds d'investissements)
4. Investment Consumption Only
(Seulement utilisation des fonds d'investissement)
5. Show Results on the Screen
(Affichage des résultats à l'écran)
6. Put Results into File
(Ecriture des résultats dans le fichier)
7. Print Output File
(Imprimer le fichier de sortie)
8. View Output File
(Revue du fichier de sortie)
9. Exit (Sortie)

Les quatre premières options concernent le niveau de détail de la présentation des résultats.

L'option 1: génère des résultats détaillés. Le rapport comporte trois parties. La première partie comporte la liste des installations (complexes) pour lesquels on a donné la date de début et la date de fin de réalisation de l'investissement, en années. La deuxième partie est un diagramme de Gantt de présentation normale. Les périodes de temps sont numérotés de 0 à 9 et désignent les semestres consécutifs de réalisation de l'investissement. La troisième et dernière partie du rapport, est un tableau d'utilisation des fonds d'investissement, au niveau des différentes étapes du planning. Les colonnes du tableau sont arrangées comme suit:

- temps compté en semestres
- montant prévisionnel des investissements

- taux de mise à profit des investissements (en valeur)
- taux de mise à profit des investissements (en pourcentage)
- cumul des fonds d'investissements utilisés à la période considérée.

Option 2: création par défaut du diagramme de Gantt.

Option 3: création du diagramme de Gantt et d'un tableau d'utilisation des fonds d'investissements alloués.

Option 4: création du seul tableau d'utilisation des fonds d'investissements alloués.

Les options 5 et 6 permettent de choisir le support d'information pour écrire les résultats.

Option 5: affichage des résultats sur l'écran (option par défaut)

Option 6: écriture des résultats dans un fichier. Le nom du fichier créé consiste à mettre en suffixe au nom de fichier sélectionné par le "Input Manager" (Gestionnaire d'entrée) - le teste ".sco". Si un tel fichier existe déjà, il sera écrasé.

Les options 7 et 8 du menu permettent de passer en revue tous les fichiers-résultats présents dans le répertoire actuel. On voit ainsi apparaître la liste des fichiers présents. Après sélection d'un fichier-résultat donné, nous avons les options 7 et 8 permettant.

Option 7: - impression sur imprimante de fichier créé par l'option 6

Option 8: - revue du fichier sélectionné à l'aide d'un programme approprié.

8. Liste des erreurs détectées par le module SCH lors du chargement des données

Missing file (sch.dta) - absence du fichier données,

Error when opening file (sch.out) - pas de possibilité d'ouverture du fichier résultats. Sous XENIX cela peut vouloir dire l'interdiction d'écrire dans un répertoire (directory) donné,

Duplicate index () - on a trouvé une installation dont les index sont identiques,

- Incorrect value (fsp) - le temps au plus tôt de réalisation d'un investissement donné est négatif,
- Input data format (profit-fsp-d) - erreur de lecture de l'enregistrement 2 (voir le par.3),
- Value too high (d) - la durée de réalisation d'un investissement donné dépasse la durée maximale admissible,
- Incorrect value (d) - la durée de réalisation est négative ou nulle,
- Input data format (investment req.) - erreur de lecture de l'enregistrement 3 (voir le par.3),
- Incorrect value (investment req.) - valeur négative des coûts d'investissement (enregistrement 3),
- Input data format (priority) - erreur de lecture de la priorité (enregistrement 4),
- Incorrect value (priority) - la priorité lue est hors des limites fixées,
- Input data format (precedence) - erreur de lecture des champs <p1> <p2> d'un enregistrement 4,
- Too much plants () - nombre d'installations supérieur à la valeur admissible,
- Incorrect value (precedence) - on a trouvé l'index inconnu d'une installation précédente,
- Empty data file (sch.dta) - fichier vide de données,
- Incorrect value (length) - l'horizon du planning est en dehors des limites admissibles,
- Wrong value (fsp) - le temps au plus tôt de début de réalisation d'un investissement est supérieur ou égal à l'horizon du planning,
- Input data format (YAC) - erreur de lecture du dernier enregistrement du fichier (des investissements annuels)
- Investment too high (total) - les besoins pour un investissement donné dépassent les coûts annuels consentis.
- Loop in precedence relation (plant A, plant B) - l'installation A doit être construite avant B et l'installation B avant A,

Invalid number of records for sort - erreur système,

Problem is infeasible (phase 1) - impossible de réaliser l'investissement sans relation de précédence,

Problem is infeasible (phase 2) - impossibilité de réalisation de l'investissement avec la relation de précédence. Partout où c'est possible, on imprime l'index de l'installation concernée par l'erreur détectée.

9. Limitations du produit SCH

- a) longueur maximale du nom: 80 caractères; le diagramme de Gantt n'utilise que les 40 premiers caractères,
- b) durée maximale de réalisation d'un investissement donné: 10 périodes semestrielles (5 ans),
- c) nombre maximal d'installations dans un planning: 100,
- d) étendue de l'horizon du planning: 10 à 20 ans.

10. Conversion des données

Afin de permettre la conversion des données d'entrée en format "texte" (Cf. version 1.0 du produit SCH) vers le format de la base de données, on dispose d'une procédure S01to2 dont le format de la commande d'appel est le suivant:

```
S01to2 <fichier-texte>
```

Le programme S01to2 crée alors un fichier de la base de données dont le nom est <fichier-texte> suffixé (ou modifié par remplacement) par la chaîne ".scb".

ANNEXES

ANNEXE 1. Spécification des fichiers d'une base de données ADIM

Les tables dont les noms et différentes zones (colonnes) sont spécifiés ci-dessous dans l'ordre alphabétique des noms, correspondent aux différents formulaires et rubriques de l'annexe 2, suivant la liste de correspondance qui suit:

table compou	-	PROCESS INPUT/OUTPUT MEDIA
table idesc	-	COMMENTS ON INSTALLATIONS
table instal	-	INSTALLATION
table market	-	MARKET
table mdesc	-	COMMENTS ON MEDIUM
table media	-	CHEMICAL OR MEDIUM
table parame	-	MAIN PARAMETERS
table proc	-	PROCESS

Chaque spécification de table est terminée par le mot *end* (fin). La description de chaque zone (colonne) comporte le nom de la rubrique et le type de donnée (*ydate, integer, float, double, serial index primary, character lenght, long index dups etc.*) La traduction française des mots anglais utilisés se trouve dans le "*Glossaire anglais-français*"

database pda

table compou

colonnes:

process_ref type long index dups
product_ref type long index dups
compo type composite process_ref , product_ref

index primary

compound_type type character length 1
coef type float

end

table idesc

colonnes:

to_install type serial index primary
recommend type character length 200
contractor type character length 200

end

table instal

colonnes:

install_num type serial index primary
install_name type character length 40
install_code type character length 13
install_type type character length 1
install_moder type long index dups
blcc type float
exponent type float
offsites type float
capital type float
labour type integer
supervis type integer
contr type integer
num_processes type integer
install_date type ydate

end

table market

colonnes:

market_num type serial index primary
product_mark type long index dups
market_type type character length 1
price type float
lower type float
upper type float
market_lev type double

end.

table mdesc

colonnes:

to_product type serial index primary
c_f_data type character length 400
comm_data type character length 400

end

table media

colonnes:

product_num type serial index primary
product_name type character length 40
product_code type character length 13
product_unit type character length 8
heating type float
num_market type integer
product_date type ydate

end

table parame

colonnes:

pda_name type character length 40
local type float
exch_rate type float
bloc_dep type float
offsites_dep type float
debt type float
interest_debt type float
work_cap type float
interest_cap type float
insur type float
tax type float
lab_price type float
sup_price type float
con_price type float
con_mater type float
maint_cost type float
suppl_cost type float
overhead type float
admin type float
dis_mark type float
res_dev type float
total_ex type double
total_im type double
heat_ex type double
heat_im type double
total_se type double
total_pu type double

total_cost type double

end

table pro

colonnes:

process_num type serial index primary
process_name type character length 40
process_code type character length 13
install_ref type long index dups
capacity type float
capacity_ref type long index dups
process_lev type double
num_compound integer

end

ANNEXE 2. FORMULAIRES DE LA BASE DE DONNEES

Les formulaires de la base de données correspondent aux différents tables (cf. Annexe 1.) et leurs rubriques correspondent aux différentes zones (colonnes) des enregistrements constituant les tables concernés.

Nous avons ci-dessous les formats-écran des différents formulaires dont nous donnons les noms en français ci-dessous:

INSTALLATION	- Installation
PROCESS	- Procédé
PROCESS INPUT OR OUTPUT MEDIUM	- Agents en entrée ou sortie du procédé
COMMENTS ON INSTALLATION	- Commentaires sur l'installation
MAIN PARAMETERS	- Principaux paramètres
CHEMICAL OR MEDIUM	- Produit ou Agent chimique
MARKET	- Marché
COMMENTS ON MEDIUM	- Commentaires sur l'agent

----- I N S T A L L A T I O N -----

installation number ... [f000]		
installation name [f001]
installation code [f002]	
installation type [a]			reconstruction reference [f030
battery limits [f003	]		scaling exponent [f011
offsites % [f033	]		invest. domestic % [f038
labour [f034	]		supervision [f035
laboratory & control... [f039]		
number of processes ... [f036	]		date of issue [f004

----- P R O C E S S -----

process number ... [f005	]		installation reference [f000
process name [f006]
process code [f007]	
capacity [f009		]	capacity reference ... [f010
number of media .. [f037]	

----- PROCESS INPUT or OUTPUT MEDIUM

process reference ... [f005] media reference [f000]
input/output [b] coefficient

----- COMMENTS on INSTALLATION [f000]

recommendation [f101
[f102
[f103
[f104

contractor [f105
[f106
[f107
[f108

----- MAIN PARAMETERS

PDA name	[f000]		
local	[f001	]	labor wages	[f010
exchange rate	[f002	]	supervision wages	[f011
blcc depreciation	[f003	]	laboratory wages	[f012
offsites depreciation	[f004	]	laboratory materials	[f013
debt/equity ratio	[f005	]	operation supply cost	[f014
interest on debt	[f006	]	direct overhead	[f015
working capital	[f020	]	maintenance cost	[f016
interest on work. cap.	[f007	]	administration	[f017
insurance	[f008	]	sale & marketing	[f018
property tax & rent	[f009	]	R & D	[f019

ANNEXE 3. Format d'un enregistrement du fichier **DICTIONARY** (Dictionnaire).

Les données sorties sur imprimante et les données complémentaires seront arrangées dans le fichier **DICTIONARY** comme suit. Le fichier comporte des enregistrements de 80 caractères.

Le fichier de sortie sur imprimante est créé en séquence - un enregistrement du fichier **DICTIONARY** entraîne en principe l'impression d'une ligne sur l'imprimante. Un enregistrement du fichier **DICTIONARY** compte 7 zones (fields)- comme suit:

Zone	Position	Format et contenu
1 Indicateur	1-8	entier cadré à droite - nombre ou chaîne de caractères
2 Description	9-48	chaîne de caractères
3 Dimension	49-56	chaîne de caractères
4 Facteur d'échelle	57-63	nombre réel
5 Format	64-71	chaîne de caractères
6 Omettre l'indicateur	72	un des caractères suivants: espace, 1, 2
7 Row code	73-80	chaîne de caractères

Zone 1

Le contenu de la zone de l'indicateur a deux fonctions principales:

A. Quand il s'agit d'un code MPS (chaîne de caractères) ou d'un nombre supérieur à zéro, cela indique une donnée de la solution qui doit être sortie sur imprimante. Un nombre positif est interprété comme le numéro consécutif d'une ligne ou d'une colonne du problème de programmation linéaire engendré par le progiciel dans l'ordre d'apparition dans le fichier MPS et imprimé dans la colonne **NUMBER** (Numéro) de l'état imprimé normalisé de la solution.

NOTE: Des modifications quelconques du fichier MPS tels que: ajout, effacement ou remplacement de toutes lignes ou colonnes entraînent une modification de la numérotation ci-dessus.

B. Lorsqu'on trouve ici un nombre négatif ou nul, il y a contrôle de l'état imprimé par appel d'une des fonctions modulaires implantées.

Zone 2

Le contenu de la zone de description est destiné à l'état imprimé et renferme:

- dans le cas A - une description de l'entité donnée
- dans le cas B - un en-tête.

Zone 3

Le contenu de la zone "dimension" est un texte descriptif de la dimension des données en sortie. Si les données ne sont pas dimensionnées, la zone peut contenir le texte "ND" ajusté à gauche.

Zone 4

La zone contient un facteur d'échelle par lequel seront multipliées toutes les données avant de sortir sur imprimante.

Zone 5

La zone renferme une description de format pour des nombres réels en accord avec la norme FORTRAN. Le format est rapporté à une valeur et la zone a 16 caractères de long. Les données de sortie seront arrondies suivant le format donné.

Zone 6

Si la zone 6 contient un "1", une ligne sera imprimée sauf si la valeur arrondie de la donnée est égale à zéro. Si la zone 6 contient un "2", une telle ligne sera omise sur l'état imprimé.

Zone 7

La zone contient le code MPS de la ligne de référence pour certaines fonctions du module, qui seront discutées plus tard.

Les actions du module, en cas d'omission de l'une des zones (la zone est remplie par des blancs) sont les suivantes:

Zone 1.

L'action est celle qui est lancée pour un indicateur de valeur nulle.

Zone 2.

A un endroit approprié, de l'état imprimé, on sort 40 caractères 'espace' (blanc).

Zone 3-6.

Les valeurs par défaut de la zone fixées auparavant seront acceptées et une action appropriée sera exécutée. Les valeurs par défaut sont fixées en début de l'action; elles peuvent également être changées par alimentation des zones appropriées, dans les enregistrements du fichier **DICTIONARY** avec un indicateur de valeur négative ou nulle.

Zone 7

Cette zone est réservée pour le nom de ligne. Si néanmoins le premier caractère de la zone (colonne 73) contient un astérisque (*), la ligne entière sera considérée comme un commentaire et elle ne sera pas conséquemment utilisée comme une ligne de commande du rapport.

Les contenus par défaut des zones sont les suivantes:

Zone	Valeur par défaut	Description
3	N.D.	la valeur de sortie n'a pas de dimension
4	1.	l'échelle de la valeur de sortie reste inchangée
5	(F16.0)	les parties entières convenablement arrondies du nombre seront sorties sur imprimante
6	2	une valeur nulle après arrondi, sera négligée
7		la ligne indiquée est actuellement une fonction-objectif

Tandis que la ligne sortie sur imprimante est en cours de complétion (cas A), si l'une des zones est omise, les contenus fixés par le dernier enregistrement de commande seront retenus (cas B), ou si la zone a été omise dans tous les enregistrements de contrôle reconnus plus tard - la valeur primaire fixée sera retenue.

Le module cesse son action lorsqu'il a trouvé la fin du marqueur de fichier du fichier **DICTIONARY**.

ANNEXE 4. Format des enregistrements du fichier MODIFICATIONS (CHANGE)

Le fichier MODIFICATIONS (Change) est un fichier séquentiel de texte. Il comporte deux types d'enregistrements:

Enregistrement 1: une chaîne de 60 caractères pour introduction du nom du DPD (Domaine de production et de distribution),

Enregistrements 2 à n: <code mps> <type>

<code mps>; une chaîne de 8 caractères

<type>; type de l'élément décrit par le code mps qui est égale à:

- 0 - l'élément appartient alors à l'ensemble des critères,
- 2 - l'élément peut être sujet à contrainte (il doit alors être un code de colonne).

ANNEXE 5. Définition de l'analyse postoptimale

Le module de l'analyse postoptimale exécute des calculs de plages de valeurs relativement aux bornes. Pour chaque borne inférieure et chaque borne supérieure, le sous-programme détermine la plage maximale de variation de la borne sans affectation de la base optimale. Lorsque la plage est déterminée pour une borne choisie inférieure et supérieure, toutes les autres bornes restent fixées à leur valeur originelle. Cette analyse n'est pas effectuée pour des variables fixes, c'est-à-dire pour lesquelles les bornes inférieure et supérieure sont identiques.

Le sous-programme en question ne nécessite aucune autre donnée en entrée.

La sortie est intitulée **BOUND RANGING** (Etendue de variation des bornes) avec le commentaire suivant: **NO BASIS CHANGE** (Pas de changement de base).

L'état de sortie de l'analyse contient une information correspondante pour chaque variable structurelle (par distinction avec les variables d'écart). Les deux premières colonnes du rapport renferment:

NUMBER	le numéro de la variable structurelle
COLUMN	le nom de la variable structurelle

Si la borne inférieure est égale à la borne supérieure, pour la variable structurelle considérée, les colonnes restantes ne vont contenir que le message **FIXED VARIABLE** (Variable fixe).

Dans le cas, où la variable n'est pas une variable de base à sa borne inférieure, le message **VARIABLE AT LOWER BOUND** (Variable à sa borne inférieure) apparaît dans les deux colonnes suivantes qui contiennent autrement les textes:

LL FOR L BOUND	Borne inférieure de la plage pour L BOUND
UL FOR L BOUND	Borne supérieure de la plage pour L BOUND

Les deux colonnes suivantes donnent une information similaire pour la borne supérieure. En bref, si la variable est hors base à la borne supérieure, le message **VARIABLE AT UPPER BOUND** (Variable à la borne supérieure) est imprimé; sinon, la colonne contient les textes:

LL FOR U BOUND	Borne inférieure de la plage pour U BOUND
----------------	---

UL FOR U BOUND Borne supérieure de la plage pour U BOUND

Il faut ici mentionner que dans la plupart des cas, l'analyse n'indique pas s'il existe une solution optimale à l'extérieur des limites de la plage calculée.

ANNEXE 6. Description de l'état de sortie de la solution en termes MPS.

L'état de sortie en question contient l'information relative au problème résolu par le progiciel d'optimisation, aux paramètres de la procédure d'optimisation et au rapport sur le processus de calcul. Cette information est fort utile pour déterminer les phases consécutives de l'approche de la solution du problème. En particulier, quand la solution optimale ne peut être calculée ("solution non réalisable" ou "solution non bornée").

La première section de l'état imprimé renferme la liste des paramètres de base relatifs à la procédure de calcul, à savoir p.ex. les nombres limites de lignes, de colonnes ou de paramètres du fichier MPS, la précision des calculs correspondant à la tolérance admise, la fréquence des messages relatifs au statut de la solution, au cours des itérations successives, etc.

La deuxième section fournit les données relatives au processus de chargement du fichier MPS avec les informations relatives aux erreurs, si besoin est. De plus, des statistiques sur le problème sont fournies, c'est-à-dire le nombre des lignes, de colonnes et d'éléments ainsi que la densité de la matrice simpliciale.

La troisième section constitue un rapport systématique sur l'état de la solution du problème au cours des itérations de l'algorithme.

La quatrième et dernière section fournit une description de la solution finale. L'information comporte ici deux parties. La première intitulée section 1 - lignes décrit la solution par rapport aux lignes. Les colonnes consécutives de l'état imprimé se présentent comme suit:

number (nombre) - le nombre de variables d'écart du fichier,

...row... (ligne) - le code MPS de la ligne,

at - indique l'un des codes suivants:

- "bs"; une ligne libre,
- "eq"; une ligne de type "e" (égalité),
- "ll"; une ligne à la limite inférieure
- "ul"; une ligne à la limite supérieure

- "--"; la limite inférieure de la ligne est dépassée (solution inadmissible)

- "++"; la limite supérieure de la ligne est dépassée (solution inadmissible)

...activity... - valeur de la solution,

slack activity - valeur de la variable d'écart,

..lower limit.. - valeur de la limite inférieure ("none" indique l'absence de limite),

..upper limit.. - valeur de la limite supérieure ("none" indique l'absence de limite),

dual activity - valeur de la variable duale (multiplicateur de Lagrange),

..i - le numéro de ligne.

La seconde section intitulée Section 2 - colonnes concerne les valeurs des variables déterminées dans le cadre de la solution. Les colonnes consécutives du rapport se présentent comme suit:

number (numéro) - le numéro en séquence de la variable

.column. - le code MPS de la variable (colonne),

at - indique l'état de la solution optimale suivant l'un des codes suivants:

- "bs"; la valeur de la variable est comprise entre les limites inférieure et supérieure,

- "eq"; la valeur de la variable est fixée,

- "ll"; la valeur de la variable est à la limite inférieure,

- "ul"; la valeur de la variable est à la limite supérieure,

- "--"; la limite inférieure de la variable est dépassée (solution inadmissible)

- "++"; la limite supérieure de la variable est dépassée (solution inadmissible)

...activity... - valeur optimale de la variable,

.obj gradnt. - valeur du coefficient objectif correspondant à la variable,

..lower limit.. - valeur de la limite inférieure ("none" indique l'absence de limite),

..upper limit.. - valeur de la limite supérieure ("none" indique l'absence de limite),

reduced gradnt - valeur du gradient réduit,

m+j - le numéro de colonne est additionné au nombre de lignes.

Les lettres a ou d placées avant le numéro, indiquent que la solution est dégénérée du point de vue de la précision (p.ex. un zéro "imprécis").

Les deux premières sections du rapport sont mémorisées uniquement lors du premier appel de l'option "Store MPS-like solution" (Sauvegarde de la solution en termes MPS) dans la séquence d'exécution de l'expérience avec le même fichier MPS. Pour les appels suivants, ce sont uniquement les deux dernières sections - particulières à chaque exécution - qui sont imprimées.

ANNEXE 7. Règles de création des noms MPS du modèle ADIM

1. On suppose ici le lecteur familiarisé avec le format d'entrée MPSX. Nous nous limiterons donc dans ce qui suit, à la description de la sémantique des noms.
2. Il existe deux types de noms:
 - noms indexés correspondant aux éléments consécutifs du modèle ADIM,
 - noms non-indexés décrivant des valeurs agrégées du modèle.
3. Tous les noms se présentent sous la forme de chaînes de 8-caractères ASCII.
4. Les noms indexés se composent de deux parties:
 - un préfixe désignant le phénomène modélisé (2 caractères),
 - un index, pointé sur un élément donné du modèle, égal à la valeur de la clé primaire affectée à cet élément dans la base de données ADIM (6 caractères complétés à gauche avec des zéros).
5. Le nom non indexé ne comporte aucune sous-structure.
6. La signification des noms indexés est déterminée par:
 - indexation par l'agent chimique (la zone *product_num* dans la base de données) de la manière suivante:
 - ex* - niveau d'exportation de l'agent,
 - im* - niveau d'importation de l'agent,
 - sa* - niveau de vente de l'agent sur le marché national,
 - pu* - niveau d'achat de l'agent sur le marché national,
 - rb* - indique la ligne de bilan de l'agent.
 - indexation par les procédés (la zone *process_num* dans la base de données) de la manière suivante:
 - zz* - niveau de production du procédé,
7. Signification des noms indexés:
 - x4profit* - profit du DPD,
 - qmva...* - valeur ajoutée à la production du DPD,
 - qinvest.* ; *invest..* ; *x7invest* - investissement du DPD,
 - heatimp.* ; *x3heatim* - énergie en entrée du DPD,
 - special.* - réservé pour des besoins spécifiques,
 - heatexp.* - bilan d'énergie du DPD (consommation),

totalexp ; *x1totlex* - exportations du DPD
totalimp ; *x2totlim* - importations du DFD
totalsal ; *x5totlsa* - ventes DPD sur le marché
national,
totalpur ; *x6totlpu* - achats DPD sur le marché
national.

ANNEXE 8. Opérations du système ADIM commandées par la souris.

1. Généralités sur l'utilisation de la souris dans le système ADIM.

Tous les fonctions du système ADIM exploité sous MS-DOS, peuvent être sélectionnées et lancées au moyen de la souris. Le logiciel d'exploitation de la souris est compatible avec les souris à deux ou trois touches. D'une manière générale, les règles de manipulation de la souris sont les suivantes:

- * Actionnement de la touche LEFT (gauche) - lancement (exécution) de l'option ou du programme,
- * Actionnement de la touche RIGHT (droite) - annulation (abandon) de l'option ou du programme,
- * Actionnement simultané des deux touches RIGHT et LEFT - accès au menu de la souris.
- * Déplacement de la souris à gauche - équivalent de la touche LEFT ARROW (flèche à gauche),
- * Déplacement de la souris à droite - équivalent de la touche RIGHT ARROW (flèche à droite).

Par exemple, si l'on désire lancer l'exécution d'une option d'un menu ADIM à l'aide de la souris, il faut sélectionner l'option par déplacement de la souris vers le bas ou le haut, puis actionner la touche LEFT (gauche). Cela équivaut de toute évidence à l'actionnement de la touche ENTER, au clavier. Par contre, dans un autre cas, l'actionnement de la touche LEFT équivaut à presser la touche ESCAPE (sortie) au clavier, lorsque sont exécutées par exemple les opérations ADD (ajouter), QUERY (recherche), etc., car ESCAPE est également une commande d'exécution.

Lorsque l'utilisateur désire sortir du menu courant, ou annuler les opérations ADD ou QUERY, etc., il doit actionner la touche RIGHT (d'effacement) bien que ces deux actions soient lancées par deux touches différentes au clavier (respectivement les touches E et CNTRL-C).

Pour lancer à l'aide de la souris, des commandes plus complexes, on a conçu un jeu de "menus pour souris". Ces menus varient en fonction du niveau du système ADIM concerné. Tout "menu pour souris" peut être actionné par actionnement simultané des touches LEFT et RIGHT de la souris. La première option de tout "menu pour souris" est toujours l'option CANCEL (Annuler); les autres options diffèrent en fonction du menu concerné.

2. Description des "Menus pour souris"

2.1 Au niveau du système MS-DOS, on a le "menu pour souris" suivant, avec 5 options:

1. CANCEL (annulation du menu)
2. MIDA_GO (lancement du système ADIM)
3. OPTIMIST (lancement du progiciel OPTIMIST)
4. FERT_ALG (changement de répertoire avec passage au répertoire "\usr\fert_alg")
5. PETRO (changement de répertoire avec passage au répertoire "\usr\petro")

2.2 A l'intérieur du système ADIM, pour tous les modules du système - à l'exception du module d'optimisation et des options trop complexes pour pouvoir être exécutées par une commande simple (par ex. introduction des données dans la BD, en utilisant le langage de requêtes SQL) - chaque "menu pour souris" comporte les options suivantes:

1. CANCEL (annulation du menu)
2. SELECT OPTION (sélection d'une option)
3. PREVIOUS MENU (menu précédent)
4. EXIT TO DOS (sortie vers le DOS)
5. COMMAND.COM (sortie vers le DOS, après retour d'EXIT vers l'ADIM)

2.3. Lors de l'exécution du programme PERFORM de la base de données ADIM, un "menu pour souris" approprié permet de lancer l'exécution de toute fonction telle que "Query", "Add", "Update", etc., par simple frappe de la touche LEFT (gauche) de la souris. Le menu correspondant comporte 14 options comme suit:

1. CANCEL (annuler)
2. QUERY (recherche)
3. NEXT (le suivant)
4. PREVIOUS (le précédent)
5. ADD (ajout)
6. UPDATE (mise à jour)
7. REMOVE (ôter, enlever)
8. TABLE (tableau)
9. SCREEN (écran)
10. CURRENT (courant)
11. MASTER (maître)
12. DETAIL (détail)
13. EXIT (abandon, sortie)
14. EXIT TO DOS (sortie vers le DOS)

2.4. Lorsque l'une des fonctions du menu PERFORM a été sélectionnée, l'utilisateur peut exécuter toutes les opérations dans le mode choisi au moyen de la souris grâce au "menu pour souris" suivant, comportant 9 options:

1. CANCEL (annuler)
2. ACCEPT OPERATION (équivalent à ESC)
3. ABORT OPERATION (équivalent à CNRTL-C)
4. ACCEPT/NEXT FIELD (équivalent à ENTER)
5. INSERT/OVERWRITE (équivalent à INS)
6. CLEAR ALL FIELDS (équivalent à la fonction F10)
7. CLEAR REST OF FIELD (équivalent à la fonction F9)
8. DITTO (équivalent à la fonction F3)
9. HELP (équivalent à la fonction F1)

2.5. Au niveau du menu principal de SQL, pour l'option ADVANCED REVIEW (Consultation fine) via SQL, on a le "menu pour souris" suivant, avec deux options:

1. CANCEL (annulation)
2. HELP (équivalent à la fonction F1)

Le même menu est disponible pour les fonctions NEW, MODIFY et INFO du SQL. Comme, il n'y a pas de menu pour les autres fonctions du SQL, les touches LEFT et RIGHT de la souris sont alors utilisées avec leur signification habituelle (Cf. p.2.1): lancement (LEFT) et abandon (RIGHT) de la fonction.

2.6. Dans le but de contrôler le déroulement des calculs du module d'optimisation (option PERFORM EXPERIMENTS), on a prévu un certain nombre de "menus pour souris". C'est ainsi qu'au niveau du menu principal du progiciel OPTIMIST (OPTIMIST MAIN MENU), et des sous-menus PREPARE OBJECTIVES (Introduction des fonctions-objectifs) et BOUND ITEMS (Définition des bornes), on peut appeler le "menu pour souris" suivant, comportant 5 options:

1. CANCEL (annulation)
2. SELECT OPTION (sélection d'une option)
3. PREVIOUS MENU (menu précédent)
4. COMMAND.COM (sortie vers le DOS, retour à OPTIMIST)
5. HELP (équivalent à la fonction F1)

Projet ONUDI DP/ALG/86/008 (21-04)

ADIM - ALG+

Aide à la Decision Interactive Multicritères

MANUEL D'INSTALLATION

Avril, 1988.

LIES IAIS AMM

Laboratoire Interministériel pour les Etudes de Systèmes
Institut d'Automatisation et d'Ingénierie de Systèmes
Académie des Mines et de la Métallurgie

Al. Mickiewicza 30. 30-059 Cracovie, Pologne.
tx 03-22-498 tel. 21-55-65, 34-15-68

Table des matières

1. Environnement XENIX
 - 1.1 Configuration du système
 - 1.2 Mise en place du système ADIM-ALG+
 - 1.3 Mise en route du système ADIM-ALG+ sous XENIX
 - 1.4 Progiciel d'optimisation OPTIMIST(E) sous XENIX
 - 1.5 Notes techniques

2. Environnement MS-DOS
 - 2.1 Configuration du système
 - 2.2 Mise en place du système ADIM-ALG+
 - 2.3 Introduction des données de configuration du système
 - 2.4 Mise en route du système ADIM-ALG+ sous MS-DOS
 - 2.5 Progiciel d'optimisation OPTIMIST(E) sous MS-DOS
 - 2.6 Notes techniques

1. Environnement XENIX

1.1 Configuration du système (matériels et logiciels):

- ordinateur IBM-PC/AT avec le coprocesseur 80287,
- système d'exploitation: SCO XENIX Ver. 2.2 (ou plus récente),
- mémoire RAM: au moins 2 Moctets,
- unité de disques durs: au moins 4.7 Moctets d'espace libre,
- unité de disque souple (floppy): 1.2 Moctets,
- SGDB relationnelle INFORMIX-SQL ver. 2.10 (ou plus récente) sous XENIX.

1.2. Mise en place du système ADIM-ALG+

Pour implanter le système ADIM-ALG+ sur ordinateur (configuration du p. 1.1), l'utilisateur doit procéder comme suit:

1. Vérifier qu'il existe un espace libre de 4.7 Moctets sur l'unité de disque dur qui doit supporter le système,
2. Implanter le SGBD INFORMIX-SQL dans le répertoire /usr/informix, en suivant les instructions données dans la documentation du système INFORMIX-SQL,
3. Introduction dans le système (logging in) comme "root" (racine) et création dans le répertoire /usr/mida d'un nouveau nom d'utilisateur "mida" qui va appartenir au groupe d'utilisateurs "mida" (en lançant par exemple la commande "mkuser"),
4. Modifier le répertoire courant jusqu'au "/" (cd /),
5. Introduire dans le logement approprié la première disquette (de type HD) du système ADIM (#1),
6. Frapper au clavier la commande:

```
tar xvfk /dev/fd096ds15 1200 /tmp/install
```

puis la commande suivante:

```
/tmp/install
```

7. Suivre les instructions affichées sur l'écran,
8. Introduire le nom de l'utilisateur du système ADIM ou, s'il existe déjà, étendre les variables de son environnement: PATH et INFORMIXDIR. Ceci est exécuté à l'aide des commandes suivantes:

```
setenv path ....usr/mida/bin....  
et  
setenv informixdir /usr/informix
```

lorsque'on utilise le langage Cshell, ou les commandes suivantes:

```
set path = ...usr/mida/bin....  
export path  
et  
set informixdir = /usr/informix  
export informixdir
```

lorsue'on utilise le langage Shell.

Les modifications ci-dessus doivent être gardées en permanence dans les fichiers ".login" ou ".profile" des langages respectifs Cshell et Shell.

1.3. Mise en route du système ADIM-ALG+ sous XENIX

Pour travailler avec le système ADIM-ALG+, il convient de:

- changer le répertoire courant pour le répertoire où figure le DPD sélectionné,
- lancer le travail du système à l'aide de la commande suivante:

```
mida_go
```

Par exemple, si le système a été initialisé dans le répertoire "/usr/bartek" et que le travail correspondant à la base de données en question, est exécuté, il est possible d'appeler le système ADIM pour continuer à travailler avec la même base de données, en activant les commandes suivantes:

```
cd /usr/bartek  
mida_go
```

Lorsque le système ADIM-ALG+ fonctionne, il y a vérification automatique, si:

- la base de données existe réellement dans le sous-répertoire "pda.dbs",
- la variable PATH contient "/usr/mida/bin",
- la variable INFORMIXDIR est positionnée, (si non, la valeur par défaut "/usr/informi." est introduite),
- la variable DBPATH est positionnée, (si non, la valeur par défaut "./" est introduite),
- la variable DBDATA est positionnée, (si non, la valeur par défaut "Y2MD/" est introduite).

La syntaxe générale d'une commande "mida_go" est la suivante:

mida_go [nom_du_menu]

En sélectionnant un "nom_de_menu" il est possible de lancer le travail du système ADIM à partir d'un sous-menu sélectionné. Les noms suivant correspondent aux différents sous-menus du système:

main (ou blanc) - Main Menu (Menu principal),

ent - Enter and Update Data (Introduction et mise à jour des données),

rev - Review PDA (Consultation du DPD),

gen - Generate Problem (Génération du problème),

per - Perform Experiments (Exécution de l'expérience),

sel - Select and Display Results (Sélection et affichage des résultats),

loo - Look-over Experiments (Consultations des archives - résultats des calculs d'optimisation)

aux - Auxiliary Functions (Fonctions auxiliaires).

Pour faciliter la consultation des bases de données ADIM stockées sur disque, le programme

mida

a été implanté sous le système d'exploitation XENIX. Cette dernière procédure recherche toutes les bases de données ADIM présentes dans l'espace de travail de l'utilisateur et affiche leurs noms sous forme de menu.

Dès qu'une des bases de données est sélectionnée, la procédure "mida_go" est activée de manière automatique. S'il n'existe aucune base de données sur le disque, le programme demande si une base de données peut être créée et utilisée en simultanéité par différents utilisateurs.

1.4 Progiciel d'optimisation OPTIMISTE sous XENIX

Si le progiciel d'optimisation OPTIMIST(E) est intégré au système ADIM, il doit être installé avec le système entier.

L'utilisateur doit alors veiller aux limitations suivantes relatives à la taille des problèmes pouvant être résolus:

- nombre maximal d'objectifs: 7,
- nombre maximal de variables bornées: 100,
- nombre maximal de variables pouvant apparaître dans le rapport (limit du DICTionnaire): 800,
- nombre maximal de lignes MPS: 525,
- nombre maximal de colonnes MPS : 825,
- nombre maximal d'éléments MPS: 5100,

Si des erreurs sont signalées lors d'appels de la procédure HELP de OPTIMIST(E), ceci veut dire qu'il n'y a pas assez de mémoire pour exécuter la procédure HELP. Dans ce cas, le contenu de l'écran est détruit et il est nécessaire de l'abandonner par actionnement des touches "q" ou "e" et par relancement d'un écran à partir du menu de niveau supérieur.

Tous les résultats obtenus lors de l'exécution du progiciel OPTIMIST(E) sont mémorisés dans le répertoire courant.

Des situations erronées peuvent apparaître en cours d'exécution du programme. L'information relative aux erreurs détectées, est affichée par le programme sur l'écran et sauvegardée dans un fichier "bugs" (erreurs) avec des commentaires appropriés. Si, avant exécution du programme OPTIMIST(E), il existait déjà un fichier "bugs", il sera sauvegardé sous le nom "bugs.old".

5. Notes techniques

Le système ADIM-ALG+ ne peut être mis en place que dans un environnement SCO XENIX de configuration spécifique. Il n'est pas possible de transférer le système sur d'autres ordinateurs avec le système d'exploitation, en raison de l'existence d'un contrôle du numéro de série de la livraison XENIX.

Il convient de tenir compte des remarques suivantes relativement aux limitations du système:

- la "zone de transfert" (swap area) retenue doit être la plus grande possible,
- le nombre d'utilisateurs à accès simultané au système, est limité par ses paramètres, il est donc possible d'avoir un message d'erreur "pas de fichier" indiquant que le nombre d'utilisateurs du système est trop élevé.
- le système ADIM ne peut être exploité qu'à partir de terminaux offrant la possibilité d'adressage du déplacement du curseur (p.ex. les terminaux vt200).
- certaines opérations sur la base de données ne peuvent être exécutées en simultanéité par plusieurs utilisateurs.

Environnement MS-DOS

2.1 Configuration du système (matériels et logiciels):

- ordinateur IEM-PC/XT avec le coprocesseur 8037.
- système d'exploitation: PC-DOS/MS-DOS. Ver. 3.3 (ou plus récente),
- mémoire RAM: 360 Koctets.
- unité de disques durs: au moins 2.4 Moctets d'espace libre,
- unité de disque souple (floppy): 360 Koctets.
- SGBD relationnelle INFORMIX-SQL ver. 2.10 (ou plus récente) sous DOS.
- en option: une souris et un port série RS 232 supplémentaire.

2.2 Mise en place du système ADIM-ALG+

Pour implanter le système ADIM-ALG+ sous système d'exploitation DOS, l'utilisateur doit procéder comme suit:

1. Vérifier qu'il y a réellement un espace libre de 2.4 Moctets sur l'unité de disque dur qui doit supporter le système,
2. Implanter le SGBD INFORMIX-SQL dans le répertoire "\informix", en suivant les instructions données dans la documentation du système INFORMIX-SQL,
3. Comme on se trouve sous le système d'exploitation DOS version 3.2 et 3.3, introduire la première disquette dans l'unité de disquettes A (c'est la disquette #1 avec en_tête MIDA-ALG+),
3. Faire que l'unité de disquette A devienne l'unité courante par l'introduction au clavier de:

a:

Si l'on travaille sur une autre version du système DOS, introduire la première disquette du système ADIM-ALG+ dans l'unité A et réinitialiser le système en pressant simultanément ALT-CNTRL-DEL.

4. Introduire le système au clavier en frappant:

`install [d:]`

où [d:] est le descripteur de l'unité de disque en fonctionnement sur laquelle le logiciel sera implanté .

5. Suivre les instructions affichées de la procédure d'implantation.

2.3 Introduction des données de configuration du système

Avant d'exploiter le système ADIM-ALG+, il convient d'utilisateur les variables définissant l'environnement du système de la manière suivante:

1. Add [d:]\~~mida~~\bin; [dc:]\~~com_dir~~ à la PATH (voie) existante, où:

[d:] - est l'adresse de l'unité de disque sur laquelle le système a été implanté,

[dc:] - est l'adresse de l'unité de disque où réside le processeur "command.com",

com_dir - est la localisation du répertoire du processeur "command.com".

2. Modifier ou créer le fichier PC-DOS "config.sys" qui va contenir les affectations suivantes. Ce fichier doit être placé dans le répertoire de base (racine) de l'unité de disque à partir de laquelle le système d'exploitation est initialisé.

FILES = 20 (20 fichiers)

BUFFERS = 20 (20 tampons)

DEVICE = [d:][dir]ANSI.SYS

où:

- les nombres ci-dessus sont les plus petites quantités affectées,

- [d:][dir] indique la localisation de l'unité de disque ANSI.SYS

3. Réinitialiser le système quand les lignes ci-dessus auront été ajoutées au fichier "config.sys".

2.4 Mise en route du système ADIM-ALG+ sous DOS

Pour travailler avec le système ADIM-ALG+, il convient de:

- passer du répertoire courant au répertoire dans lequel est implantée la base du DPD concerné,
- activer le système en introduisant au clavier la commande:

```
mida_go
```

Pour l'exemple ci-dessus, il convient donc d'introduire la séquence de commandes:

```
cd \usr\olek
```

```
mida_go
```

Il est important, avant de lancer le travail du système, que l'utilisateur vérifie que l'environnement du système correspond à l'information introduite au paragraphe 2.3, et en particulier que la PATH (voie) a été définie de manière correcte.

2.5 Progiciel d'optimisation OPTIMIST(E) sous DOS

Comme sous MS-DOS l'espace mémoire RAM est limité, le progiciel d'optimisation OPTIMIST(E) ne peut fonctionner que sous le système d'exploitation. L'implantation sous DOS impose les bornes suivantes à la taille des problèmes pouvant être résolus:

- nombre maximal d'objectifs: 7,
- nombre maximal de variables bornées: 60,
- nombre maximal de variables pouvant apparaître dans le rapport: 470
- nombre maximal de lignes MPS: 350,
- nombre maximal de colonnes MPS : 550,
- nombre maximal d'éléments MPS: 3400,

Les limites de paramètres données ci-dessus permettent de résoudre des problèmes (taille des DPD) portant environ sur un maximum de 100 procédés et 200 produits (agents chimiques).

Pour activer le progiciel OPTIMIST(E), il convient

d'introduire au clavier la commande

opt

relativement au répertoire contenant tous les fichiers de la base de données concernée.

Si des erreurs sont signalées durant l'appel de la procédure HELP du progiciel OPTIMIST(E), cela veut dire qu'il n'y a pas assez d'espace mémoire pour l'exécution de la procédure HELP. Dans ce cas, le contenu de l'écran est détruit et il est nécessaire de l'abandonner, par activation des touches "q" ou "b" et de relancer un nouveau écran à partir du menu de niveau supérieur.

Tous les résultats obtenus au cours du déroulement du progiciel OPTIMIST(E), sont mémorisés dans le répertoire courant.

Certaines situations erronées peuvent se présenter en cours de déroulement du programme OPTIMIST(E). L'information relative aux erreurs détectées, est affichée sur l'écran et sauvegardée dans un fichier "bugs" (erreurs) avec des commentaires appropriés. Si, avant exécution du programme OPTIMIST(E), il existait déjà un fichier "bugs", il sera sauvegardé sous le nom "bugs.old".

A tout moment, le contenu de l'écran peut être copié sur imprimante en activant la touche "PrtScr" (à condition que l'imprimante soit branchée en ligne).

Le progiciel OPTIMIST(E) fonctionne correctement quand le système d'exploitation DOS est activé avec le paramètre DEVICE = ANSI.SYS.

2.6 Notes techniques

Le système ADIM-ALG+ est implantée sur l'unité de disque indiquée par l'utilisateur dans le répertoire appelé

\mida

qui comporte les sous-répertoires de fichiers:

bin - programmes exécutables et fichiers du système,

lib - fichiers utilisés par le système.

optimist - fichiers (programmes) exécutables et données (p.ex. fichiers HELP) utilisées par le progiciel OPTIMIST(E),

template - fichiers de la base de données MIDA (ADIM).

help - fichiers contenant les données relatives à l'assistance (HELP) - système.

En cas d'incident de l'alimentation, l'état du disque doit être vérifié par la procédure CHDSK activée sous DOS. Alors tous les fichiers temporaires du système implantés dans le répertoire courant devraient être effacés:

- tous les fichiers dont les noms se terminent par le suffixe ".tmp",
- tous les fichiers dont les noms commencent par "tmp" et n'ont pas de suffixe.
- tous les fichiers appelés "tmp" avec un suffixe,
- tous les fichiers dont le nom contient la chaîne "xxxx".

S'il y a une coupure d'électricité en cours d'introduction des données, il y a lieu de vérifier (et corriger si possible) l'intégrité et la cohérence de la base de données, en lançant sous DOS le programme DBSTATUS. Pour éviter des pertes substantielles de contenu de la base de données, en cas de coupures fréquentes de courant, il est recommandé d'effectuer de fréquentes sauvegardes par activation de la touche "b" qui entraîne un abandon de la procédure Data Entry ... (Introduction des données ...) qu'il faudra alors réactiver. Il est également conseillé d'effectuer des sauvegardes sur disque souple de la base de données ADIM (MIDA), avec l'option "Auxiliary Functions" (fonctions auxiliaires).

Chaque module du système peut être abandonné par une commande appropriée (voir le Manuel de l'utilisateur du système ADIM-ALG+). Il ne faut en aucun cas détruire le module par activation des touches CNTRL-C, CNTRL-BRK ou CNTRL-ALT-DEL car ces dernières opérations équivalent à une coupure de courant non prévue.

**GUIDE
DE LA PROGRAMMATION
DU DEVELOPPEMENT
DE L'INDUSTRIE CHIMIQUE**

Projet ONUDI DF/ALC/86/006(01-02)

Cracovie, Pologne SEPTEMBRE. 1987

LIES IAIS AMM
Laboratoire Interministériel pour les Etudes des Systèmes
Institut d'Automatisation et d'Ingénierie des Systèmes
Académie des Mines et de la Métallurgie

Al. Mickiewicza 30. 30-059 Cracovie, Pologne.
tx 03-22-478 tel. 01-33-65. 04-13-68

Table des matières

1. Introduction
2. La programmation du développement industriel
 - 2.1. L'industrie chimique - généralités
 - 2.2. La programmation du développement de l'industrie chimique
3. L'approche systémique de la programmation du développement
 - 3.1. Portée et perspectives
 - 3.2. Philosophie de la modélisation
4. L'approche ADIM dans la programmation du développement
 - 4.1. La programmation du développement considérée comme une recherche de la concordance
 - 4.2. Modèle pour une évaluation de l'efficacité
 - 4.3. Un modèle général de Domaine de Production et de Distribution (DPD) pour l'industrie chimique
5. Principaux éléments de la méthodologie ADIM
 - 5.1. Introduction
 - 5.2. Formulation du problème
 - 5.3. Solution du problème
6. Mesures et données
 - 6.1. Introduction
 - 6.2. Données technologiques
 - 6.3. Information relative au marché et aux prix

6.4. Schéma d'évaluation des investissements, des capitaux et des coûts

7. Le système informatique ADIM

7.1. Implications méthodologiques relatives à l'implantation du système ADIM

7.2. Description fonctionnelle du système informatique ADIM-ALG

8. Etude de cas FETROCOMPLEX

8.1 Introduction

8.2 Description du DFD basé sur FETROCOMPLEX

8.3 Formulation du problème

8.4 Solution du problème

Références

REMERCIEMENTS

Le rédacteur du présent travail doit remercier ici tous les collaborateurs et amis sans lesquels ce travail n'aurait pu être mené à bonne fin. Il tient à remercier en particulier Monsieur le professeur Henryk Górecki, Directeur de l'Institut d'Automatisation et d'Ingénierie des Systèmes, qui est le conseiller scientifique du LIES depuis sa création.

Il nous faut exprimer notre reconnaissance aux personnes suivantes:

- Monsieur Grzegorz Dobrowolski pour sa contribution fondamentale à l'élaboration de la méthodologie ADIM et de l'étude des modèles,
- Monsieur Wiesław Ziemiała pour la mise au point de l'étude de cas PETROCOMPLEX constituant la matière du chapitre 8 de cette étude.
- Messieurs Tomasz Ryś et Maciej Skocz, pour leur contribution fondamentale à l'élaboration de système informatique ADIM.
- Monsieur Krzysztof Fosluszny, pour ses études sur l'évaluation des coûts, faisant partie du chapitre 6 de ce Guide.

Je tiens également à exprimer ma profonde reconnaissance aux éminents spécialistes de l'industrie chimique que sont M.M. Stanisław Gibiński, Włodzimierz Marek et Witold Tarantowicz ainsi que tous ceux, trop nombreux pour pouvoir être ici mentionnés, qui ont contribué au succès de notre entreprise.

Je tiens également à remercier M. André Janik qui a bien voulu assurer la traduction de l'original anglais de ce texte en français, dans les meilleures conditions, et "last but not least", Madame Monika Domańska qui a assumé la tâche ingrate de mise en forme de ce texte sur ordinateur et qui a eu la patience de relever et faire corriger les innombrables coquilles et incohérences du texte initial.

Je ne puis enfin passer sous silence les autres personnes du LIES et les collaborateurs extérieurs, dont le travail et l'esprit de collaboration ont contribué à créer les conditions favorables à l'exécution de notre tâche. Qu'ils en soient ici remerciés.

Il va de soi que l'entière responsabilité pour les faiblesses, erreurs et omissions de ce travail est à mettre au compte de son rédacteur.

1. Introduction

Le monde actuel traverse une période de grands changements économiques, sociaux et techniques. L'appréhension de ce fait et du besoin de contrôler les forces du changement, a stimulé l'intérêt de la communauté internationale pour les problèmes du changement et l'élaboration de méthodes permettant d'y faire face.

Ce besoin de gérer le changement est particulièrement aigu dans le secteur industriel où de multiples facteurs peuvent entraîner la croissance, ou amener le déclin, d'industries données et de la structure industrielle attenante.

Le présent Guide de programmation du développement est supposé introduire le lecteur dans le monde fortement compétitif de la décision de management. Nous chercherons à mettre en lumière les problèmes les plus importants liés au management. Nous nous attacherons essentiellement à l'industrie chimique et à ses problèmes résultant du changement global et dus en particulier aux nouveaux modèles d'utilisation des matières premières et de l'énergie.

L'importance de l'industrie chimique est souvent gravement sous-estimée. En effet, si elle fournit les savons, détergents et médicaments de consommation courants, il ne faut pas oublier également les pesticides, les engrais, le caoutchouc synthétique, les matières plastiques, les fibres synthétiques, etc.

En fait, notre société moderne technicienne peut être considérée comme fondée sur l'industrie chimique. Un premier fait assez surprenant qui mérite d'être souligné, est qu'une part importante des nombreux produits de cette industrie s'avère dériver d'un très petit nombre de matières premières dont les hydrocarbures sont probablement la plus importante.

Comme le processus de transformation des ressources naturelles part de produits d'origine minérale ou agricole, les différentes chaînes de traitement portent sur l'enchaînement progressif de nombreux produits intermédiaires. Une industrie chimique développée se présente donc comme un réseau de plus en plus étendu de technologies liées les unes aux autres. Les biens finaux ou biens marchands issus de ce réseau ne constituent qu'une faible part de la production chimique totale qui ne doit pas dépasser 25% de son chiffre d'affaires global.

L'objet de ce Guide est la mise à disposition d'une méthodologie permettant d'élaborer des propositions de structuration et/ou restructuration des différents secteurs de l'industrie chimique. L'approche retenue prend en compte un ensemble de procédés de production alternatifs ou liés (existants ou en cours de développement); ces procédés sont

ensuite comparés du point de vue de leur efficacité, de la consommation des différentes ressources, etc. Finalement, on aboutit à la définition d'une combinaison de procédés qui répond le mieux aux besoins particuliers exprimés et qui reste dans le cadre des limites imposées par la disponibilité des ressources et les contraintes de l'environnement.

Le présent Guide concerne tous ceux qui ont déjà une connaissance de l'industrie chimique ou qui, pour le moins, ont une certaine expérience dans des branches et sous-secteurs choisis de cette industrie. Il s'adresse donc plus particulièrement aux spécialistes de la planification, aux économistes de l'industrie, aux spécialistes des méthodes, aux ingénieurs chimistes et autres spécialistes concernés. Les gestionnaires, et plus particulièrement ceux qui sont responsables pour le développement, sont les personnages clés de notre affaire. Toutes les personnes mentionnées se doivent de travailler en étroite collaboration et toutes leurs compétences sont indispensables au succès de notre démarche.

Elles sont non seulement censées posséder une expérience dans le domaine concerné, mais aussi désireuses de maîtriser l'approche présentée et prêtes à reconsidérer leurs convictions en la matière. Il s'agit donc de combiner l'expérience existante avec la méthodologie proposée.

Le présent Guide doit être considéré comme un document d'accompagnement d'un cours de type "apprendre en faisant" fondé sur des études de cas. Indépendamment de son caractère d'accompagnement, il propose un savoir autonome sur le sujet concerné et peut donc être utilisé tel quel, mais le lecteur est alors supposé posséder au moins des connaissances de base sur la programmation du développement.

Ce qui précède ne garantit pas une programmation du développement réussie. Elle est toujours aussi le résultat d'une volonté d'utiliser son savoir, son expérience et sa créativité en mettant à contribution les outils développés pour la circonstance.

C'est en ayant à l'esprit ce qui précède que nous pouvons maintenant aborder l'art de la programmation du développement. Il a été déjà souligné, et nous y reviendrons à chaque occasion, que chaque problème de programmation du développement est unique pour les raisons fondamentales suivantes:

- c'est toujours un domaine industriel particulier qui est concerné;
- les conditions initiales sont uniques (disponibilité des ressources, contraintes de l'environnement et contraintes régionales, facteurs socio-économiques spécifiques, etc.);

- le décideur et ses experts constituant l'environnement créateur et subjectif, ont une importance cruciale pour les résultats de la programmation du développement.

Il s'ensuit que la solution qui peut être obtenue en programmation du développement, n'est pas unique et en tout cas certainement pas la "meilleure". C'est pourquoi d'ailleurs ce document est intitulé délibérément "guide" et non "manuel".

Ce Guide a été rédigé par Maciej Zebrowski, chef du LIES, avec une importante contribution des autres chercheurs du Laboratoire **.

Le LIES - Laboratoire Interministériel pour les Etudes de Systèmes, dont le siège est à Cracovie, Pologne, réunit une équipe de spécialistes hautement qualifiés en analyse de systèmes.

Le LIES est spécialisé dans la réalisation de projets portant sur le développement de l'industrie chimique.

Le LIES est un organisme commun issu de l'Institut de Recherche de l'Industrie Chimique (IRIC), à Varsovie, et de l'Institut d'Automatisation et d'Ingénierie des Systèmes (IAIS) de l'Académie des Mines et de la Métallurgie, à Cracovie.

L'idée à la source de la création du LIES a été l'intégration des potentiels intellectuels et scientifiques de deux organisations concernées par la recherche dans le domaine du développement de l'industrie chimique.

L'équipe du LIES combine les différentes compétences nécessaires à l'application de l'analyse de système. Ces compétences sont d'ordre théorique (mathématiques avancées et outils d'optimisation), technique (technologie de l'information et ordinateurs) et pratique (expérience de gestion et consultation industrielle à tous les niveaux).

Le LIES a mis en place un réseau de collaborateurs représentant différentes organisations de recherche et développement orientées sur l'industrie chimique. Le LIES travaille aussi directement pour l'industrie. En collaboration avec diverses institutions, le LIES a mené à bien de nombreux projets portant sur la méthodologie du développement et ses applications à la programmation de l'industrie chimique. Une liste de projets et publications relatifs aux activités du LIES, est donnée en annexe du présent Guide.

Le présent Guide représente le savoir et l'expertise du LIES pour lesquels nous assumons une entière responsabilité quant ils sont fournis sous forme de savoir-faire. Ce type d'expertise et de recherche associée n'est pas exceptionnel dans les cercles industriels et scientifiques

** Cf les Remerciements

internationaux. Les multinationales, en particulier, sont les meilleurs experts dans ce domaine, pour ne citer que l'exemple d'EXXON et de sa monographie (Palmer et al, 1984). Un autre exemple est celui d'une équipe travaillant pour la Banque Mondiale qui a publié un livre sur la programmation du développement de l'industrie des engrais (Hendrick, 1984). Un certain nombre de chercheurs (Stater, Sofos) se consacrent également aux problèmes des fondements technologiques du développement de l'industrie chimique en mettant l'accent sur la pétrochimie. Nous avons à titre d'exemple donné quelques noms, mais cette liste pourrait facilement être allongée.

Nous avons surtout tenu compte des résultats publiés qui ont un caractère complémentaire pour notre travail et, surtout, pour notre Guide. Pourtant les travaux publiés, à l'exception peut-être de l'ouvrage publié par la Banque Mondiale, ne fournissent pas un matériau complet qui couvrirait tous les aspects importants de la gestion de la programmation du développement de l'industrie chimique et viserait à transmettre ce savoir sous forme de progiciel destiné à faciliter la formation des spécialistes et des gestionnaires, tout en constituant une aide dans la mise en oeuvre pratique des outils et méthodes proposés.

Le présent Guide se compose essentiellement de deux parties. La première - constituée par l'Introduction et le Chapitre 2, est un survol du développement industriel et de sa programmation. Certaines données statistiques sur l'industrie chimique sont fournies pour rendre compte de l'échelle des problèmes discutés et pour une meilleure illustration du domaine traité. Une attention spéciale sera accordée à la dynamique du phénomène d'interaction qui est au coeur du développement industriel. Ce qui est décisif, dans la dynamique, c'est le cycle de développement industriel qui comporte la période de temps écoulée entre le départ du travail de recherche appliquée, suivi par le projet industriel portant sur la technologie, les investissements et la période d'exploitation de la technologie. Tout ceci est discuté au paragraphe 2.2.

C'est alors que l'on caractérise la complexité des voies alternatives en partant des matières premières et en passant par les produits intermédiaires, pour aboutir aux produits finaux. C'est une démarche typique pour l'industrie chimique. On introduit ensuite également la notion de sous-secteur. Au sommet de cette pyramide, le caractère multidimensionnel de l'industrie chimique et de ses produits est mis en relief ainsi que la variété des liens de cette industrie avec le système socio-économique et l'environnement du monde moderne.

La complexité et la variété des interactions qui caractérisent l'industrie et son développement, permettant un passage naturel à la partie suivante du Guide, dont l'objet est de trouver une approche permettant de maîtriser la complexité de la programmation du développement. Nous trouverons ici le fondement théorique de l'approche systémique ou plutôt la méthodologie particulière qui

résulte des nombreuses années d'expérience du LIES dans le domaine concerné. On y trouve donc expliqué en quoi consiste l'approche systémique, la manière dont on vient à la modélisation et quelle est la philosophie de cette dernière. Quels sont finalement les avantages et les limites de la modélisation, quelles sont les possibilités offertes par la modélisation et quels sont les dangers à éviter dans la recherche d'une stratégie de développement industriel?

La notion de Système d'Aide à la Décision (SAD) en découle naturellement comme une implication des fondements théoriques. Cette notion est développée de manière conséquente dans ce qu'on appelle ici l'Aide à la Décision Interactive Multicritères ou ADIM. L'ADIM est un type de SAD appliqué au cas fort complexe qui est celui de l'industrie chimique.

Le lecteur dispose maintenant des définitions de base lui permettant d'aborder la représentation formelle des tâches décisionnelles qui se présentent lorsque la programmation du développement est en cause. Cette représentation apparaît sous la forme de deux modèles. Un premier modèle qui rend compte des objectifs généraux et des préférences du décideur; c'est un modèle permettant l'évaluation de l'efficacité. Le second modèle représente la structure de l'industrie chimique et rend donc compte du premier modèle avec un savoir technologique et économique beaucoup plus détaillé.

C'est donc un modèle général de Domaine de Production et de Distribution (DFD) qui est présenté. Les deux modèles sus-nommés constituent, comme on le verra, le noyau d'un DFD.

Le processus de programmation du développement est décrit comme une recherche de la concordance entre les ressources disponibles et les techniques existantes. Cet objectif sera atteint par une évaluation de l'efficacité du traitement des ressources dans la structure industrielle. Nous aurons donc en premier lieu un modèle d'évaluation de l'efficacité (paragraphe 4.2), puis un modèle de DFD (paragraphe 4.3).

Le chapitre 5 qui suit, aborde naturellement les aspects méthodologiques de la programmation du développement. On s'attachera tout particulièrement à la formulation du problème. Nous dirons qu'au coeur du problème, il y a le processus méthodologique de transformation, avec l'aide d'un DFD, d'une "thèse" de développement en stratégie de développement. La "thèse" représente l'image "douce" du développement conçue par le décideur. La stratégie de développement, elle, représente, le résultat ferme accepté par le décideur, résultat constituant la solution effective, ou pour le moins satisfaisante, obtenue par la mise en oeuvre des procédures formelles méthodologiques et/ou des simulations effectuées sur le modèle de DFD.

Ici encore, les questions posées dans le chapitre 3

relativement aux fondements théoriques, se trouvent confrontées aux connaissances transmises au lecteur à cette étape.

L'accent sera mis sur le rôle créatif du décideur et de ses collaborateurs, ainsi que sur l'importance souvent sous-estimée de l'élément subjectif toujours présent quand la créativité devient une force motrice. Par voie de conséquence, l'enchaînement de la démarche aboutissant à la solution du problème, est discuté en termes généraux. Ce caractère général résulte de l'unicité des problèmes du développement sur laquelle on aura tant insisté dans ce Guide.

Pour présenter la mise en oeuvre de la méthodologie ADIM (Aide à la Décision Interactive Multicritère) nous distinguerons deux étapes: celle de la formulation du problème (paragraphe 5.2) et celle de la solution du problème (paragraphe 5.3.). Ces deux principales étapes méthodologiques seront discutées pour illustrer les aspects pratiques de la mise en oeuvre de l'ADIM.

Le niveau de considération retenu sera assez général, car visant à signaler les éléments clés du processus de programmation, en opposition à l'exploitation et aux manipulations liées à une réalisation particulière de système informatique ADIM.

Néanmoins, une présentation plus spécifique des aspects techniques de la mise en oeuvre de la méthodologie, est donnée au Chapitre 6 intitulé "Mesures et données" qui doit être considéré comme la suite du Chapitre 5 consacré à la méthodologie.

L'étude de cas suggérée par l'EDIC, et fondée en partie sur les données fournies par l'EDIC, est présentée dans le Chapitre 8 constituant une illustration pratique de la méthodologie en question, car appliquée à un cas réel et bien situé. Cette étude montre également que la méthodologie générale fournit les directives nécessaires au traitement de problèmes réels.

Comme il a été montré dans le Chapitre 3 consacré à la philosophie de la modélisation, si chaque cas est unique, il doit alors être traité suivant des directives méthodologiques très générales combinées avec une démarche particulière correspondant aux particularités du cas considéré.

A titre indicatif, nous donnons au Chapitre 7 une description fonctionnelle du système informatique ADIM pour illustrer la manière dont la méthodologie ADIM est matérialisée dans un outil informatique concret. Le Manuel d'Utilisation pour la mise en oeuvre du système informatique ADIM-ALG est fourni par ailleurs sous forme de document séparé.

2. La programmation du développement industriel

2.1. L'industrie chimique - généralités.

L'objet de ce paragraphe est d'acquérir une compréhension générale de la spécificité de l'industrie chimique, comme on l'a évoqué dans l'Introduction. Cette compréhension sera donnée d'un point de vue particulier qui est celui du développement industriel et de sa programmation.

Il y a ici, comme on peut le voir, une espèce de contradiction, ou même de cercle vicieux à vouloir définir ce point de vue sans obligatoirement décrire l'industrie chimique, ou encore comment peut-on décrire l'industrie chimique, sans définir le développement industriel et sa programmation.

Pour trancher le noeud gordien, disons que notre objectif est une compréhension du phénomène du développement industriel et, qui plus est, la maîtrise des méthodes et l'acquisition du savoir-faire nécessaires à sa conduite.

On peut discuter sans fin sur l'importance de l'industrie chimique. Comme fournisseur, elle conditionne pratiquement toutes les autres branches de presque toutes les économies. Heureusement, ou malheureusement, ces fournitures sont souvent vitales et non renouvelables. L'industrie chimique est également un fournisseur géant du marché de la consommation individuelle. Elle fabrique en effet une énorme variété de produits en quantités les plus diverses, des produits pharmaceutiques aux gros tonnages de matières plastiques. Ses procédés de production utilisent comme produits de départ les ressources naturelles ou minérales comme le sel et le soufre, sans oublier le pétrole, en poursuivant avec de longues chaînes de transformations successives, pour aboutir sur le marché sous forme de produits finis. L'industrie est également un marché gigantesque pour les semi-produits. Tous les procédés en question utilisent une stupéfiante variété de technologies et une gamme étendue de machines complexes avec tous les types de matériels associés, d'équipements électroniques et automatiques et de systèmes de commande. Nombreux sont les technologies et matériels nécessitant des matériaux à propriétés spécifiques: il s'agit de la résistance aux substances corrosives et aux conditions d'environnement les plus sévères. L'industrie chimique traite en effet des matériaux dangereux: explosifs et matériaux de haute toxicité; les procédés mettent en oeuvre des températures et pressions très basses et très élevées.

La production chimique et les produits de l'industrie chimique ont des conséquences fort graves pour l'environnement. Mais la civilisation actuelle ne peut plus

exister sans l'industrie chimique, quels que soient ses dangers et ses aspects négatifs. C'est aussi un secteur fortement innovateur qui stimule d'autre part l'innovation dans tous les autres secteurs et met à profit tout ce qui apparaît de nouveau dans les autres secteurs.

Nous avons déjà signalé dans l'Introduction (Chapitre 1) que dans cette transformation des ressources naturelles d'origine minérale ou agricole, les chaînes de traitement sont constituées de phases de traitement dont la succession fait passer d'une génération de produits intermédiaires à l'autre. C'est pourquoi une industrie chimique développée constitue un réseau toujours plus complexe de technologies interconnectées. Les produits finaux ou produits de marché délivrés par ce réseau, ne constituent qu'une faible part de la production chimique totale qui n'excède pas 25% du chiffre d'affaires global de cette industrie. L'investissement sur coût unitaire, ainsi que les dépenses totales d'investissement dans la chaîne de traitement, y sont plus élevés relativement aux matières premières que ceux relatifs à la satisfaction du marché. D'autre part, les unités de production qui traitent les matières premières, ont des capacités beaucoup plus grandes que celles qui ont pour objet la satisfaction directe du marché.

La variété et la richesse sus-mentionnées sont réparties de manière fort inégale dans le monde. Examinons les chiffres caractérisant l'industrie chimique. Les données ici réunies ne sont pas très élaborées et sont couramment accessibles. Nous les citons pour caractériser l'échelle des problèmes discutés et pour une meilleure illustration de l'approche présentée dans ce Guide. Prenons donc le cas de la chimie organique fondée sur les hydrocarbures. Selon les recommandations de l'UICPA (Union internationale de chimie pure et appliquée) élaborées lors de la Conférence de Toronto en 1978:

" Les estimations, en termes monétaires, relatives à la production annuelle mondiale de l'industrie chimique organique (y compris les stocks d'origine de pétrole brut) se montent à trois cent milliards de dollars US par an. De plus, cette production est essentielle pour peut-être un tiers du produit brut mondial. Tout changement majeur de cette industrie entraînerait un changement majeur des modes de vie tels que nous les connaissons aujourd'hui. Qui plus est, l'opinion publique en général, les chefs politiques et les citoyens les plus influents, ne semblent pas être conscients de ces faits et de leur signification pour la qualité future de la vie sur la Terre."

Depuis lors, cette présentation des faits s'impose de plus en plus comme une évidence.

Les pays développés ont accumulé la plus grande partie de l'industrie chimique tandis que celle des pays en développement se ramène à la portion congrue.

Les Tables qui suivent nous seront une bonne illustration du problème en question. Dans la table 1 l'échelle et la répartition géographique de l'industrie chimique sont illustrées par le volume des ventes. La Table 2 nous donne les résultats d'exploitation des plus grandes sociétés chimiques en termes de volume des ventes et en pourcentage de la production chimique mondiale. Les deux Tables en question illustrent la puissance et le niveau de concentration de l'industrie chimique,

TABLE 1

Montant des ventes de l'industrie chimique mondiale, en milliards de dollars US, pour 1984

Source: *Chemische Industrie 1985*, 108 Nr 8 p.497.

Pays Région	Valeur de production	Pourcentage de production mondiale
Pays de la CEE:	143.6	22.1
Grande Bretagne	23.1	3.5
France	26.6	4.1
RFA	44.7	6.9
Autres pays euro- péens de l'OCDE	30.6	4.7
USA	190.3	29.2
Japon	78.6	12.1
Autres pays du monde	207.9	31.9
Total mondial:	651.0	100.0

TABLE 2

Résultats économiques des 15 premières sociétés chimiques mondiales

No	Société	Pays	Montant des ventes		Bénéfices		Investissement mln \$	Pourcentage de la prod. chimique mondiale
			mln \$	écart par rapport à 1984	mln \$	écart par rapport à 1984		
1.	Du Pont	USA	29483	-4	1118	-	.	4.5
2.	Bayer	RFA	15600	+7	488	+ 22	699	2.4
3.	EASF	RFA	15074	+10	339	+ 11	950	2.3
4.	Hoechst	RFA	14803	+4	449	+ 9	.	2.2
5.	ICI	GB	13903	+ 6	716	- 9	822	2.1
6.	Dow.Chem.	USA	11418	.	585	.	.	1.8
7.	Union Carb.	USA	9508	.	284	.	.	1.5
8.	Ciba-Geigy	Suisse	7416	+ 4	599	+ 24	494	1.2
9.	Montedison	Italie	7401	+14	59	-	343	1.2
10.	DSM	Pays-Bas	7265	.	121	- 13	297	1.1
11.	Exxon	USA	6870	.	470	.	.	1.0
12.	Monsanto	USA	6691	.	439	.	.	1.0
13.	Rhone - Poulenc	France	6244	+10	257	+ 16	461	0.9
14.	Akzo	Pays-Bas	5422	+9	254	+ 12	303	0.8
15.	Mitsubishi	Japon	5315	+1	32	- 66	156	0.6
TOTAL								25 %

Sources:

1. Chemical Week 1986, 139, No 6 p. 32.
2. Inf. Chimie 1986, No 272, p. 28
3. Inf. Chimie 1986, No 266, p. 91 (données pour 1984).

Les traditions de l'industrie chimique des pays développés remontent au début du 20^e siècle et reposent essentiellement, indépendamment des autres éléments en jeu, sur un avantage décisif, à savoir l'existence de cadres hautement qualifiés.

Une conclusion immédiate s'impose donc, c'est qu'il y aura une différence radicale entre le développement de l'industrie - et dans sa programmation - des pays développés et celui des pays en développement, ainsi que de leurs industries chimiques. Toutes les propriétés de l'industrie chimique développée, avec son réseau dense d'interliaisons entre des longues chaînes de traitement (et des flux intenses de capitaux, avec les grandes capacités des chaînes de traitement des ressources naturelles), doivent être prises en compte et faire l'objet d'évaluations encore plus serrées, dans le cas des pays en développement. En effet toutes décisions mal calculées et conduisant à des mauvaises alternatives de développement, auront dans notre cas des implications beaucoup plus graves.

Bien que notre objet soit ici le problème des économies en développement, il semble nécessaire de considérer d'abord, les pays développés. Dans le monde d'aujourd'hui, le niveau de développement de l'industrie chimique ne semble pas dépendre de manière décisive de la possession de ressources naturelles appropriées, pour ne citer en exemple que le cas de la RFA et du Japon. Les matières premières chimiques d'aujourd'hui sont en effet pour l'essentiel des produits intermédiaires (qui tiennent compte des ressources naturelles) qui sont également utilisés par d'autres secteurs comme matières premières. Il existe ainsi un énorme marché de produits intermédiaires et des produits finaux qui assure une relative indépendance des producteurs par rapport aux détenteurs de matières premières. Les produits chimiques sont en effet d'une importance si décisive et vitale pour l'existence de toutes les autres industries, dans toutes les économies mondiales, que seuls des changements macro-économiques seraient à même d'influencer leur développement. En raison de la taille énorme de cette industrie, les modifications structurelles sont relativement lentes, comme on peut l'observer sur le cycle de développement industriel. Cette indépendance renforcée par le fait d'avoir des résultats d'exploitation en monnaies convertibles, dans une situation où l'on dispose d'avoirs énormes et d'un très haut niveau de savoir-faire, n'en assoit que plus solidement leur stabilité.

Nous pouvons dire d'une telle structure industrielle qu'elle est non seulement stable mais résistante à toutes sortes de perturbations simples (comme les avaries d'usine ou les arrêts de fabrication dus à des entretiens de routine). Une baisse du niveau de production due à des travaux d'entretien ou à des avaries de matériels, ne doit pas nécessairement prendre des allures de catastrophe, car des sources de fournitures alternatives sont facilement accessibles. La souplesse d'utilisation des capacités disponibles et un système bien développé de transport et de

distribution, renforcent encore cette robustesse du secteur. Les inconvénients connus de cet état de choses sont des limitations sévères relatives à l'environnement et, "last but not least", l'effet négatif d'une stabilité élevée qui est l'inertie opposée à toute tentative de modification de la structure existante, résultat de l'action conjuguée de tous les facteurs précités, en particulier des facteurs de taille et de complexité.

Il existe une grande variété de choix technologiques possibles dans les industries chimiques développées. On dispose en effet d'un grand nombre de sources de produits intermédiaires qui peuvent à leur tour servir de matières premières pour un traitement ultérieur. L'existence d'un marché national et international étendu et bien développé, permet ainsi d'absorber toutes quantités excédentaires de produits intermédiaires pouvant être utilisés dans des chaînes technologiques aboutissant à des produits finaux pouvant être mis sur le marché. Il existe d'ailleurs toujours la possibilité ouverte d'absorption par les installations d'une structure industrielle qui ne sont limitées que par l'état du génie chimique. Une taille ainsi conçue des unités de production qui est intéressante du point de vue des résultats économiques des structures industrielles dans leur totalité, s'avère être risquée au niveau de la fiabilité. Ceci est d'autant plus valable dans le cas des structures clairsemées qui existent dans les pays en développement.

Il faut réaliser qu'un volume relativement élevé d'investissements, dans une structure industrielle bien développée, n'entraîne qu'un faible taux de croissance (par rapport à la structure industrielle existante). Nous pouvons ici constater, en anticipant les considérations du paragraphe suivant, que si l'on vise la programmation du développement, il y a deux classes de savoir et de facteurs décisifs à deux niveaux différents. La première classe se rapporte au savoir et au management de la structure existante qui peut être fort complexe et de grande étendue. Ceci est acquis par le développement de méthodes de management, d'outils et de systèmes conçus pour la planification de l'action et du marketing à court terme. Pour ce faire, il doit exister des cadres nombreux et expérimentés qui sont le fruit d'une longue tradition issue de générations successives.

La deuxième classe est constituée par les facteurs macro-économiques qui reflètent le comportement global des économies des différents pays et de l'économie mondiale et, partant, celui des industries chimiques, sans oublier les facteurs macropolitiques. Cette catégorie de savoir est difficile à quantifier et peut être plutôt considérée comme la manifestation d'une grande sagesse et d'une grande expérience que comme une méthode de système de management. Il n'existe pas d'outils aisément compréhensibles pour développer et supporter un tel système. Mais il ne fait pas de doute qu'il faille compter très fort sur l'ensemble de la structure internationale et des systèmes utilisés dans la première classe de savoir et de facteurs. C'est pourquoi un

écart apparaît entre les deux niveaux en question. Comme on le verra, ceci nous ouvre la voie pour une analyse de ce niveau intermédiaire.

Nous pouvons maintenant aborder notre cas qui est celui des économies en développement. La structure industrielle n'y est pas très dense et il existe rarement des lignes technologiques complètes qui partent de matières premières pour aboutir aux produits finaux. De même, les marchés intérieurs sont souvent par trop limités et la demande est difficilement prévisible en raison de la sensibilité de l'économie aux perturbations extérieures.

On peut résumer de la manière suivante les observations essentielles relatives à la nature et au statut de l'industrie chimique dans les pays concernés. Une première constatation est que, dans de nombreux pays en développement, l'industrie chimique est le résultat de contre-mesures visant à limiter les importations. Les procédés retenus concernant généralement la fin de la chaîne de traitement précédant immédiatement l'obtention du produit marchand; c'est pourquoi la structure industrielle n'est pas seulement peu dense, mais elle est aussi limitée à la mince couche terminale de la chaîne de fabrication aboutissant aux produits du marché que seront les produits pharmaceutiques, les détergents, le savon, les peintures et les colorants, les articles en matière plastique, les pneus en caoutchouc et les simples produits techniques. Ceci est peut être aussi expliqué par le fait que les technologies mises en oeuvre à ce niveau, sont relativement simples et peu élaborées (à l'exception peut-être de la fabrication des pneus).

D'autre part, ces pays disposent très souvent de matières premières, en particulier du pétrole brut, qui stimulent les investissements dans le domaine de l'extraction et des procédés primaires qui satisfont à la demande intérieure et permettent d'exporter. Cette situation rend ces pays vulnérables aux fluctuations des marchés de matières premières où une conjoncture favorable entraîne des rentrées importantes conduisant à un sur-investissement, tandis qu'une dépression dans les pays industrialisés engendre une amplification des effets contraires.

La relative facilité d'investir dans la couche débouchant sur des produits marchands, est d'autant plus intéressante qu'elle peut donner une croissance industrielle annuelle de l'ordre de 10 à 15%, avec une forte valeur ajoutée. En fait, à long terme, le taux d'expansion est fortement limité. Dans le même temps, une telle politique a un impact très fort sur le marché local, par la stimulation d'un accroissement de la demande résultant d'une évolution du modèle de consommation. Ceci amène en retour une rapide croissance du volume d'importation des constituants nécessaires à la fabrication de ces biens finaux marchands, pour répondre à la demande croissante. Les importations doivent aussi couvrir parfois la demande en produits finaux qui augmente plus vite que la production concernée.

A cette étape du développement, un investissement

étranger contribue spontanément à l'ouverture de nouveaux marchés pour acquérir un savoir-faire technologique et les constituants chimiques nécessaires à la production. Cette situation conduisant à une décision d'investissement fort grave est difficile, car un tel développement peut mettre en déséquilibre l'économie du pays en raison de la dette extérieure croissante résultante. Le problème est alors de contenir les importations par un investissement portant sur les étapes plus en amont du procédé chimique. En raison du nombre élevé de choix possibles et de moyens financiers limités pouvant être consacrés à l'investissement et aux importations de produits nécessaires à la fabrication, une politique cohérente est fort difficile à concevoir. La solution ne peut simplement passer par le développement de fabrications visant à une substitution directe des produits d'importation nécessaires. Qui plus est, une intégration tardive entraîne un choix difficile entre plusieurs options qui sont fonction des produits intermédiaires retenus comme constituants associés aux technologies des procédés concernés. Il existe un danger que des décisions structurelles irréversibles soient ainsi prises. Dans le même temps, ce n'est pas seulement la dette financière envers les fournisseurs qui augmente, mais par l'achat de licences - les importations de machines et d'équipements - c'est une dépendance croissante qui s'installe relativement aux pièces de rechange et à la maintenance, et les pays en développement peuvent ainsi se retrouver dans une situation de dépendance économique qui ne doit pas nécessairement coïncider avec leurs intérêts.

La solution du problème passe alors par la formulation d'une politique cohérente qui serait la combinaison d'une politique de crédits d'investissement, d'achats de licences, de taxes et autres mesures de politique intérieure.

Afin d'élaborer une telle politique par l'étude et l'évaluation de structures industrielles alternatives, un plan cohérent, coordonné et bien préparé doit être mis sur pied avec un choix d'alternatives pouvant constituer le fondement de mesures politiques complexes. Ce dernier point sera examiné dans le chapitre 3.

2.2. La programmation du développement de l'industrie chimique.

Commençons par rappeler certaines constatations d'ordre général relatives à l'industrie chimique, en retenant surtout le cas des économies en développement.

L'industrie chimique est d'évidence une industrie clé ou une industrie-mère. Nous avons affaire à un enchaînement d'étapes de traitements chimiques portant toujours sur un faible nombre de ressources naturelles (pétrole brut, gaz, houille, soufre et sel) à partir desquelles sont élaborés les produits du marché.

Pour aboutir au marché, l'industrie prend la forme d'un réseau produisant des milliers de semi-produits. Une caractéristique importante et unique de l'industrie chimique, est l'existence de nombreuses variantes permettant d'obtenir les différents produits intermédiaires, et il en est de même pour les technologies produisant la multiplicité des produits finaux. Cette grande variété de voies possibles, constitue l'une des caractéristiques les plus intéressantes qui doivent être prises en compte et systématiquement exploitées dans la programmation du développement.

Le caractère multidimensionnel de l'industrie chimique exprimé en termes de semi-produits, produits et procédés, appelle une décomposition en entités logiquement composées et autonomes qui seront traitées sous le nom de Domaines de Production et de Distribution (DPD). Il est évident que le terme de "programmation du développement" aura un sens différent suivant le domaine auquel seront appliquées les procédures de programmation. S'il existe un point commun à tous les domaines ou cas considérés, il apparaîtra quand on passera de la philosophie à la méthodologie et aux cas particuliers.

Un autre aspect fondamental du développement industriel et, partant, de sa programmation, est son caractère dynamique.

Prenez une période de temps que nous pouvons appeler par commodité "cycle de développement industriel". Ce terme recouvre en général les phases ou activités suivantes: la recherche, les études, l'investissement, la production (fondée sur un procédé technologique en principe non modifié). Sans entrer plus avant dans la description détaillée de ces activités dont le sens est supposé connu, nous pouvons déjà constater que le cycle en question ne renferme pas la recherche dite fondamentale (phase d'invention), par opposition à la recherche appliquée (qui est innovation). On présume également qu'il y a continuité temporelle alors que, bien souvent, il peut y avoir un substantiel "délai d'attente" entre la recherche et le projet et/ou le projet suivi de la réalisation de l'investissement.

L'échelle de temps estimée relativement aux cycles de développement, porte sur 35 à 45 années, et même plus, dans le cas de l'industrie chimique lourde. Les branches situées à l'autre bout de l'échelle, comme par exemple l'industrie des pesticides ou celle des produits pharmaceutiques sont caractérisées par des cycles de 12 à 15 années, pouvant atteindre jusqu'à 20 années. Dans ce cas la frontière entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée, est plutôt floue et une vérification très poussée est nécessaire, avant de lancer les produits sur le marché. D'autre part, comme le cycle d'investissement est relativement court, et que la durée d'emploi de produits comme les pesticides est limitée, en raison de leur période de validité ou de leur vogue sur le marché, la longueur du cycle est fonction des facteurs susmentionnés.

En raison de la complexité croissante de l'industrie et des contraintes spécifiques de l'environnement, les cycles de développement n'ont aucunement tendance à se raccourcir avec le temps. Ceci est particulièrement vrai pour les branches de transformation des ressources naturelles, où ce cycle est certainement le plus long. Le bon sens commun relatif à la vitesse croissante du développement, vient de l'effet "pipe-line" et non d'un raccourcissement du cycle. Plus grande est une industrie, plus important est le volume de projets dans le pipe line. Mais la période de base du cycle de développement ne devient pas plus courte et l'on pourrait même argumenter en faveur d'un allongement pour des raisons de contraintes socio-économiques et environnementales.

Mais l'étude plus détaillée du cycle de développement dépasse le cadre de ce Guide. Dans le cadre des considérations ici présentées, nous avons à relever le simple fait de son existence et celui de sa durée qui peut sembler surprenante (par sa longueur!).

Le cycle de développement ici considéré concerne un produit simple et sa technologie. Il est généralement responsable de l'inertie importante d'une structure industrielle. Un facteur additionnel contribuant à augmenter cette inertie, est la taille des investissements, et ce surtout dans le domaine des produits intermédiaires dont la valeur se compte, à l'échelle mondiale, en milliards de dollars. Il est ainsi naturel qu'il faut une longue période de temps pour modifier une telle structure par des investissements appropriés.

L'inertie importante et la longue période de temps du cycle de développement, montrent qu'un facteur clé de la programmation sera la composition de voies de traitement cohérentes et l'évaluation des propriétés de structures industrielles en termes de relations entre les technologies et les ressources. Ces relations se doivent d'être fort stables, car leur stabilité est la conséquence de la durée du cycle de développement. La compréhension de ces relations fournit les moyens de maîtriser la dynamique considérée dans notre cas. Les problèmes des relations existantes et de leur stabilité relative, sont discutés dans le chapitre 6 consacré aux mesures et données.

Une caractéristique plus poussée de la programmation du développement doit passer par la définition des niveaux de l'analyse. La tradition prévoit ici deux niveaux dominants dans l'approche du développement de l'industrie, à savoir: le niveau macro-économique et le niveau de l'investissement particulier. Si l'on part de l'image de l'industrie ici présentée, il faut reconnaître que le niveau macro-économique est trop général, tandis que le niveau de l'investissement particulier est trop spécifique pour recouvrir un développement industriel entendu comme un développement de sa structure industrielle ou technologique. C'est pourquoi la programmation intégrée du développement doit s'insérer dans l'intervalle compris entre les deux niveaux avec pour objectif l'intégration, plutôt que la

séparation des deux niveaux concernés. Il en résulte que nous pouvons anticiper sur le problème du développement de la corporation qui va être essentiellement fonction de la définition du problème et pourra être considéré comme une classe de problèmes dans la programmation du développement.

Qu'est-ce qui est unique dans l'approche PFD ou l'approche fondée sur le développement intégré de l'industrie chimique? Cette approche est centrée sur la couche qui peut être distinguée entre les niveaux macro- et micro-économique. Nous pouvons appeler cette couche le niveau économique intermédiaire.

Un grand savoir et une riche expérience existent dans de nombreux pays quant aux succès et pièges de l'échelle macro-économique. Au niveau macro-économique, des indices tels que le PNB (Produit National Brut), la balance du commerce extérieur, le taux de croissance, etc., seront utilisés pour identifier le niveau de développement. C'est à ce niveau que prennent naissance les mesures politiques comme le taux d'intérêt, le taux de conversion, les droits et contributions divers, etc. Elles nécessitent des contrôles et créent un environnement économique au niveau de la corporation, ou niveau micro-économique, où l'entreprise doit composer avec lui, en cherchant à maximiser ses bénéfices.

En raison des propriétés du cycle de développement technologique, les paramètres macro-économiques, les politiques et stratégies ont parfois un impact immédiat au niveau économique de l'entreprise, bien que cette réaction soit limitée par l'inertie de la structure technologique ou industrielle existante.

Comme on l'a vu ci-dessus, le sujet de la programmation du développement va beaucoup plus loin que l'analyse des impacts extérieurs immédiats sur le réseau de production existant. Nous insistons dans ce qui suit sur l'analyse du développement de la technologie qui prend en compte les options possibles du développement. De plus cette analyse vise à sélectionner les options qui correspondent le mieux aux préférences supposées et qui répondent aux circonstances extérieures manifestées.

Dans le cas d'une structure industrielle bien développée et fort dense, le degré d'élasticité est très élevé. Il existe la possibilité d'une fermeture temporaire d'usines, la mise en oeuvre rapide de capacités inutilisées, la possibilité de changer de marché, etc. Les industries chimiques hautement développées ont toujours la possibilité de jouer de leur diversité. Les branches hautement rentables peuvent couvrir les pertes enregistrées dans des branches où la conjoncture économique est temporairement mauvaise. C'est par exemple le cas des industries pharmaceutiques, ou celle des pesticides, qui sont renflouées par l'industrie des plastiques lourds ou un autre secteur de l'industrie pétrochimique. De plus, une industrie développée peut tirer avantage d'un réseau de transport bien développé, avec des distances relativement courtes entre les marchés et les

sites de production, etc. Tous ces facteurs combinés avec l'élasticité, le savoir-faire et un potentiel élevé de main-d'oeuvre, créent les conditions d'une bonne adaptabilité aux changements de l'environnement macro-économique.

Comme nous l'avons signalé dans le paragraphe 2.1, les pays en développement ne disposent pas de tous les avantages précités. Leur structure industrielle est en effet plus dispersée et, partant, leur flexibilité est plus faible, au niveau de la diversification potentielle et de la compensation des pertes intersectorielles. C'est pourquoi leur adaptabilité aux changements du macro-environnement est très faible.

Par ailleurs, le niveau économique intermédiaire s'avère être un niveau pertinent pour l'analyse et qui plus est - un niveau complémentaire des deux autres niveaux considérés.

Il nous faut maintenant signaler qu'une dimension importante est encore absente des considérations qui précèdent; c'est la dimension du management, de son étendue et de ses limites de responsabilité. Ce sera l'objet du chapitre suivant de notre Guide.

3. L'approche systémique de la programmation du développement

3.1. Portée et perspectives

Si l'on veut traiter effectivement un domaine si complexe, une approche systémique disciplinée doit être utilisée. Pour les besoins de ce Guide, nous allons considérer les principes de base de ce qu'on nomme l'approche systémique (ou système) qui nous fournira les grandes lignes de l'appareil théorique. Cette présentation sera faite délibérément d'un point de vue pratique, avec seulement le minimum indispensable de formalismes.

Il est évident que cette approche système sera appliquée au domaine de la programmation du développement industriel, ou à ce que nous avons appelé le développement intégré de l'industrie chimique, qui est une espèce de projet de Stratégie du Développement Industriel (SDI). Une approximation suffisante de projet de SDI ou de programmation du développement peut être définie comme "le moyen de piloter le processus de changement de la production ou d'une structure industrielle par un investissement étalé dans le temps".

La première tâche sera l'identification et la description du développement intégré de l'industrie chimique. En second lieu, il s'agira de concevoir une méthodologie et des outils appropriés destinés à la mise en oeuvre de la programmation du développement.

Avec un degré de simplification acceptable, nous pouvons supposer que les propriétés fondamentales de l'industrie chimique, telles que présentées et comparées dans les cas des économies développées et en développement, ont été identifiées et décrites dans la première partie de notre Guide. Par développement intégré de l'industrie chimique nous allons ici entendre une approche systémique qui permet une programmation du développement qui prend en compte non seulement les propriétés fondamentales identifiées, mais fournit également les outils et une méthodologie appropriée pour surmonter les principales difficultés rencontrées par les pays en développement.

Nous nous devons de constater que la future structure industrielle se doit d'être étudiée conjointement avec le développement prévisionnel de l'économie, c'est-à-dire en tenant compte des prévisions démographiques et des modèles de consommation attendants, etc. Il doit donc y avoir un savoir-faire développé pour un projet flexible de structures industrielles hypothétiques qui doivent pouvoir imiter ou plutôt simuler l'ensemble des circonstances les plus variées. Dans ce cas, la signification du développement de méthodologies spécifiques et de systèmes de programmation du développement, est relativement plus grande que dans le cas

des pays développés.

On peut aussi conclure de ce survol synthétique que les pays en développement, et - peut être encore plus - les pays riches en ressources naturelles, sont sans conteste dans une position beaucoup plus difficile, quand ils entreprennent la tâche de réaliser un développement industriel efficace et cohérent. La voie de l'accomplissement de cette tâche est l'approche systémique disciplinée passant par la conception d'une stratégie de développement avec la sélection des priorités et des décisions d'investissement associées à la localisation des sites, la démarche étant organisée sous forme d'activités de planification bien coordonnées.

Comme notre objectif est de créer des compétences et du savoir-faire pour assurer en permanence la mise à jour du Plan Directeur de Développement, notre approche est celle qui est largement utilisée par les pays développés à économies de marché. Bien que ce fait soit largement documenté, il nous faut ici rappeler que les pays développés et, à plus forte raison, les multinationales qui exercent leurs activités à une grande échelle opérationnelle, mettent en oeuvre une méthodologie et des outils extrêmement élaborés pour assurer la programmation de leur développement. Malgré ce fait, il y a quand même un certain niveau de prévention contre une planification de ce type qui le relie à la structure des économies planifiées. Pour lever ces doutes, nous étudierons trois phases distinctes dans la programmation du développement, qui seront traitées dans leur dépendance du type d'économie concerné.

Ces trois phases sont les suivantes:

- analyse du marché et de la demande,
- sélection des profils technologiques et formulation d'un réseau technologique adéquat des interdépendances techniques de l'industrie,
- sélection prioritaire de projets par évaluation des options technologiques existantes, sélection sujette aux contraintes macro-économiques et aux prévisions relatives aux termes de l'échange supposés.

Aucune des phases citées n'est liée de manière exclusive à un type donnée d'économie. Les différences apparaissent dans les règles gouvernant l'exécution de chaque phase. Par exemple, dans le cas de l'analyse du marché et de la demande, dans une économie de marché, la prévision de la demande future est fondée sur des principes d'évaluation du marché tandis que dans les économies planifiées les modèles de consommation, fondés également sur ce type de prévision, peuvent être regardés comme des valeurs-cibles. Les deux autres phases ne dépendent pas en principe du type d'économie dans chaque cas où la disponibilité des ressources et les profils technologiques supposés sont décrits par des données significatives.

Il est évidemment supposé que les critères de sélection

prioritaire ainsi que l'évaluation et la sélection des stratégies générales, sont en accord avec un environnement particulier, dans une économie particulière. Mais cette supposition est même plus générale que les différences enracinées dans les différentes économies.

Le pas suivant est tout naturellement la considération de la programmation du développement de l'industrie chimique entendue comme moyen d'élaboration du Plan Directeur de Développement. Au sens large, la tâche de la programmation est partie du domaine décisionnel que nous avons déjà défini comme le projet de Stratégie de Développement Industriel (SDI). Le processus de projet de SDI est de comprendre les objectifs en termes d'accomplissement (technique et économique), de structure industrielle conçue comme moyen pour atteindre ces objectifs et de ressources indispensables au même degré que les autres contraintes imposées au développement industriel (p.ex. environnementales).

Par un meilleur examen de ce qui précède, nous avons à voir de manière succincte la portée et la perspective d'un projet SDI. Un tel projet est par essence bidimensionnel; une dimension est le temps, la seconde l'espace. C'est ainsi que tout processus d'étude de SDI sera organisé en tenant compte de ces deux dimensions. Elles seront aussi séparées dans le temps et l'espace (décomposition du réseau en DPD) pour les besoins du rendement et pour toutes les actions de management et d'organisation.

Dans chaque cas, le projet de SDI est centré sur la sélection de la structure industrielle ou la sélection prioritaire des profils technologiques qui correspondent le mieux aux mesures des performances supposées, aux objectifs du développement dans des conditions identifiées pour la SDI.

Les alternatives en question données dans le répertoire des profils technologiques doivent être décrites en termes de DPD et de paramètres intégrés correspondants, tels que les investissements, l'énergie, la main-d'oeuvre, les avantages sociaux, le profit, etc. dont les valeurs doivent toutes être évaluées au niveau de branches industrielles entières, plutôt que limitées à une seule entreprise. Considérons maintenant la dimension temporelle. En général, on peut escompter que le résultat final de la programmation du développement sera une trajectoire de la structure industrielle évoluant dans l'horizon temporel considéré. En raison des propriétés dynamiques du processus de développement déjà mentionnées, et plus spécialement - du cycle de développement de la technologie, l'intervalle de temps concerné est de l'ordre de 10 à 15, et même plus, années. La conclusion directe est qu'en raison du caractère dynamique du processus de développement, le projet de SDI sera traité et résolu comme une problème dynamique. Il convient néanmoins de souligner avec force que toute tentative de formulation du problème dynamique général multidimensionnel comme un moyen pour engendrer des options de développement faisables, doit conduire à une très grande simplification et à une perte sévère de facteurs importants;

ce fait ne doit pas nous échapper. D'autre part, toute décomposition doit assurer, que par une méthodologie cohérente, tous les sous-problèmes seront résolus comme parties intégrales du même système.

Le fait essentiel est que, en raison des perspectives temporelles éloignées (5, 10, 15, et plus, années), la disponibilité et la fiabilité des données relatives au futur sont de moins en moins assurées. Ceci peut être fort bien comparé à un horizon en mouvement, dans le cas d'une distance physique: plus grande est la distance, et plus la vue appréhendée est moins précise et plus agrégée.

On a pu observer que dans ce processus de délimitation d'une telle trajectoire de développement, il y a deux niveaux d'activités qualitativement discernables. On a tout d'abord le problème de la génération de structures industrielles optimales correspondant aux objectifs supposés et aux circonstances de chaque intervalle de planification qui suit. Cette séquence constitue une espèce de trajectoire de développement (en termes de structure industrielle). Cette trajectoire s'étend sur une longue période de temps, disons 15 années, et même plus; c'est donc un tel intervalle de temps qui sera considéré.

Le deuxième niveau est la tâche qui apparaît à l'étape préliminaire d'implantation; il s'agit d'établir le calendrier de l'investissement pour chaque intervalle de planification. Cette tâche a pour objet la transformation de la structure existante en objectif visé, à la fin de chaque intervalle de planification. Ainsi les deux niveaux du projet de SDI se chevauchent dans une séquence de réactions.

La réaction entre les deux niveaux en question, a un rôle important dans l'accomplissement des tâches susmentionnées. Cette réaction varie dans le temps; un résultat immédiat de l'activité d'établissement du calendrier de l'investissement est l'exécution d'un test de vraisemblance de la structure industrielle sélectionnée au niveau supérieur. Comme le développement de la structure industrielle est réparti dans le temps, l'interaction avec le niveau en question est supposée être reprise et refléter le savoir et l'expérience acquis.

Les tâches rapportées au temps, dans la programmation du développement, peuvent être exécutées avec l'aide du SAD aux différents niveaux de complexité requis. Dans le cas ici considéré, le SAD comporte des modèles statiques sans algorithmes spécifiques pour l'élaboration d'un calendrier d'investissement. Mais leur utilisation nécessite tout d'abord une expérience suffisante avec des modèles statiques relativement simples. La raison est que l'on a affaire à tout un ensemble de facteurs qui ne peuvent être pris en compte dans le modèle. Ces facteurs sont par exemple la disponibilité d'un potentiel de construction, le projet d'ossature métallique et des retards du contractant, etc. Ils peuvent être pris en compte en considérant soigneusement les hypothèses dans l'expérimentation avec les modèles statiques.

Après avoir exploré cette ligne de décision préliminaire, l'analyse vient ensuite à la dimension spatiale du projet de Stratégie de Développement Industriel (SDI). Pour ce faire, nous devons revenir en arrière et reconsidérer les structures industrielles qui ont résulté de l'analyse dynamique. Nous pouvons alors trouver que chaque structure considérée ci-dessus aura à être évaluée dans le contexte de son orientation et de sa distribution spatiales, comme en opposition à l'analyse dépendant de la variable temps. C'est la sélection des priorités qui ouvre la voie aux préétudes et études de faisabilité qui ont pour objet l'identification et, éventuellement, la confirmation de la sélection des profils technologiques. La seconde étape (préétudes et études de faisabilité) représente de fait également la dimension spatiale du projet de SDI, car cela est en règle générale effectué en prenant en compte les sites particuliers. Nous allons maintenant, à leur tour, prendre en compte l'environnement, les transports et autres facteurs liés

Ici encore, comme c'est le cas pour la dimension temporelle, l'analyse spatiale doit être effectuée à divers niveaux conceptuels. La première chose qui peut être ici conseillée, est plutôt fondée sur une méthodologie heuristique. Dans ce cas, les facteurs spatiaux sont pris en compte de manière indirecte par la sélection des différentes contraintes telles que la disponibilité d'investissement et par des présupposés d'ordre général relativement à la programmation du développement. A l'étape de la sélection des priorités, c'est une démarche fort pratique et efficace, car plus rapide et moins raffinée.

Dans le cadre de la mise en oeuvre du Plan Directeur, on peut néanmoins incorporer certains éléments additionnels de SAD basés par exemple sur les modèles d'optimisation du transport, mais ces considérations dépassent le cadre de notre Guide. Le projet de SDI (Stratégie de Développement Industriel) ou la sélection des priorités, doivent être en fait définis comme un processus de recherche de la concordance entre une structure industrielle (un répertoire technologique) et les ressources significatives responsables pour la réalisation de ce processus. L'approche ici esquissée est uniquement un cadre conceptuel très simple. C'est ainsi qu'avant de retenir un modèle particulier, il nous faut considérer plus avant l'emploi des modèles, en général, qui est par sa nature même une combinaison de science et d'art. Le paragraphe suivant sera donc consacré à la philosophie de la modélisation. Avec ce que nous savons déjà, nous pouvons aborder maintenant une classe particulière de modèles et, par suite, un système d'aide à la décision - SAD utilisant ces modèles.

Dans notre cas, nous entendrons par SAD un outil informatique et un modèle mis en oeuvre sur ordinateur de manière interactive par le décideur et ses experts. Nous y revenons en détail dans le chapitre 4.

Après avoir introduit le concept de SAD, il nous faut

entrer dans la spécificité de notre sujet et proposer un SAD particulier qui soit en accord avec la philosophie et la méthodologie de la programmation du développement de l'industrie chimique. Le système développé par le LIES s'appelle Aide à la Décision Interactive Multicritères - ADIM. L'ADIM est ainsi non seulement un SAD, mais c'est aussi le nom d'une méthodologie de programmation du développement. C'est ainsi que nous l'introduisons et la décrivons dans le chapitre 4.

3.2. Philosophie de la modélisation

Il nous faut être conscient que la programmation du développement industriel comme on l'entend dans ce Guide, doit être considérée comme une combinaison d'activités relatives à la science, au management et à l'art. C'est pourquoi on ne pourra concevoir ni observer des règles strictes qui mèneraient à la "solution la meilleure". C'est la raison pour laquelle nous parlons de philosophie de la modélisation.

Nous allons avoir affaire, dans notre approche, avec une classe de systèmes dits socio-économiques. Nous demanderons donc au lecteur de bien vouloir se référer fermement non seulement à son expérience professionnelle, mais aussi à son expérience vécue tout court. Il s'agit en effet d'inciter le lecteur à faire interférer le savoir présenté dans ce Guide avec sa propre expérience, afin de l'aider à élaborer une approche créative individuelle relativement aux problèmes à résoudre dans le domaine de la programmation du développement. Nous avons, en tête de paragraphe, intentionnellement usé du terme de modélisation pour signaler qu'au centre de notre démarche, il y a la notion de modèle. En bref, la modélisation est une méthode de recherche de la solution d'un problème fondée sur une description simplifiée (c'est-à-dire un modèle) de la nature ou du système considéré. Le terme "simplifié" est ici fondamental, car associé au problème dont on recherche la solution.

Nous avons donc besoin de deux choses avant de traiter de modèles et de modélisation, à savoir l'objet-système ou le phénomène, et le problème qui établit le point de vue et l'objectif de la modélisation.

Les modèles construits pour les besoins de la prévision, ne sont pas une exception à la règle énoncée ci-dessus: la différence éventuelle n'est qu'apparente. Il doit en effet exister une structure dont le comportement doit être connu pour pouvoir déterminer son état futur possible (c'est-à-dire prévisionnel). Il convient donc de préserver la continuité entre les états présent et futur. Si l'on a ainsi un problème et un modèle approprié avec telles conditions initiales, nous avons à effectuer des simulations suivant différents scénarios afin de trouver les modifications acceptables, en premier lieu, par la structure existante, ce qui nous permet ensuite de porter un jugement

quant recevabilité de la prévision. Il existe également un cas fréquent dans les systèmes socio-économiques où nous élaborons une prévision pour pouvoir interdire son avènement (ou parle alors parfois de prévision de mise en garde). Sans vouloir entrer dans une discussion générale sur la démarche à suivre pour résoudre un problème, nous tenons à faire une remarque relative au sens de l'expression "résoudre un problème". Nous entendrons généralement par là que nous arrivons à une solution qui sous-entend:

1. que nous atteignons à la compréhension du phénomène, et
2. que nous savons pouvoir proposer quelle action doit être entreprise,

même si l'absence d'action proposée n'est qu'apparente ou momentanément suspendue.

Une conclusion importante que nous voudrions ici formuler, et qui est partie de notre philosophie de la modélisation, est que le choix d'un modèle particulier et celui d'un type donné d'analyse ou de technique de simulation, équivaut en fait à la décision d'exclure toutes les autres possibilités. L'art de résoudre un problème est donc strictement associé à la conscience de l'existence d'un tel fait. Nous y reviendrons encore à maintes reprises. Lorsque, par ailleurs, nous parlons de solution en termes de techniques, nous avons de nouveau affaire à un problème plus apparent que réel de relations entre la simulation et la solution optimale.

Il nous faut toutefois constater qu'au moins en ce qui concerne les systèmes socio-économiques, il n'existe pas de solution optimale à un problème, car toute "solution optimale" est fonction des conditions supposées de l'environnement et de la structure interne identifiée (mais pas forcément réelle) du système. Par conséquent, nous pouvons uniquement simuler la solution qui est optimale par rapport à un ensemble de conditions données. Il ne s'agit pas seulement d'un problème académique depuis que certains praticiens en modélisation cherchent à la faire passer pour "la" solution optimale. En effet la solution optimale obtenue doit être considérée et utilisée uniquement comme un terme technique se rapportant à un problème formalisé bien spécifique.

Venons en maintenant au problème de la relation entre ce que nous mettons dans le modèle et ce qui en sera exclu. Il est généralement admis que le modèle exprime les caractéristiques formalisées du système modélisé qui est simplifié et réduit en fonction du problème posé. Mais ceci n'est qu'un aspect de l'affaire. Qu'en est-il par ailleurs? Notre objet n'est pas de déterminer l'exactitude du modèle utilisé ou, au contraire - indépendamment de sa qualité - de définir la quantité d'information significative rejetée qui ne sera que partiellement prise en compte (y compris les conditions initiales, les paramètres, les présupposés, etc.). Dans ce processus de modélisation, nous avons deux sphères aux prises: le "consistant" décrit par le modèle et

le "flou" représenté par le "monde environnant".

L'essentiel n'est donc pas de savoir le degré d'"exactitude" du modèle retenu, car le résultat final sera affecté non seulement par le désaccord entre le modèle et la réalité, mais également par l'écart existant entre les environnements correspondants du modèle et le système modélisé.

L'art de la modélisation sera donc réduit au problème de la manière d'édifier le modèle et le système de résolution (nous reviendrons plus loin sur cette dernière notion) qui, pour les besoins de processus de résolution du problème, rende compte des interactions évoquées de façon appropriée. La question qui vient immédiatement est la suivante: qu'entendons nous par moyen "approprié"? Bien qu'il n'existe pas de réponse générale à la question, le problème ne peut être escamoté. Il est en effet du ressort de la philosophie de la modélisation. Dans des systèmes socio-économiques, où les sources de difficultés sont entre autres les jugements non objectifs, les données non objectives et la définition des bornes du système, ainsi que la grande diversité des problèmes d'imbrication, les observations présentées ci-dessus sont d'une importance particulière. Plus la connaissance des facteurs non inclus dans le modèle est profonde, plus nous avons de chances que le problème sera résolu avec exactitude et précision. Nous insistons encore une fois sur le fait que tout ceci est plus sérieux et plus compliqué que l'élément généralement souligné dans la méthodologie de la modélisation, qui est la définition des bornes du système.

Si nous reprenons maintenant le principe de base de la modélisation qui est la capacité de construire une image constituant une simplification voulue (dans un but précis) de la réalité, nous avons alors à faire face à une conséquence très importante de ce principe que l'on peut nommer "règle". Cette règle réside dans le fait que le modèle doit renfermer le minimum d'information nécessaire pour résoudre le problème et qu'il doit produire le minimum d'information nécessaire à la description de la solution. C'est ainsi que l'information entrante et, à un degré encore plus grand, l'information sortante se doivent d'être appréhendables et utilisables par l'opérateur. Mais comment mettre à profit cette règle dans le cas des systèmes complexes que sont les systèmes socio-économiques? Les modèles correspondants contiennent un nombre élevé de variables et paramètres et deviennent, qui plus est, de plus en plus complexes. Bien que de tels modèles puissent par ailleurs rester simples et appréhendables, grâce à l'existence d'outils permettant une manipulation et un traitement faciles de toutes les données et de l'information, au cours de toutes les phases de résolution du problème.

Il vient alors naturellement que la notion de système de résolution, implique non seulement les technologies informatiques mais aussi tous les outils techniques et organisationnels nécessaires qui devront être accessibles au cours du processus de résolution du problème. La

technologie de l'information et toute une gamme de méthodes et d'outils les plus divers, se sont avérés être utilisés de manière extensive pour satisfaire à la règle ici définie.

L'importance à inventer un système de résolution sera jugée différemment, suivant le type et l'échelle du problème à résoudre. Tous ceux qui ont à traiter des problèmes comme, dans le notre cas, l'élaboration d'une stratégie industrielle ne pourront qu'être d'accord sur l'importance de la conception d'un système général d'acquisition et de stockage des données, avec des possibilités appropriées de vérification et de traitement, de manipulation et d'archivage des résultats. Il est pour ceux-là évident que la modélisation (et les modèles) est partie du système de prise de décision. D'autres qui ont affaire avec des problèmes d'environnement relativement isolés, seront certainement moins concernés par le problème soulevé. Mais ils doivent néanmoins bien se garder d'une ignorance totale du problème en question. La diversité des méthodes et techniques existantes cachent un autre piège. Comme tous les problèmes pouvant être rencontrés dans les systèmes socio-économiques (dans l'alimentation, l'agriculture, l'industrie, la production d'énergie, les problèmes démographiques) sont extrêmement complexes en soi, et qu'il y a d'innombrables interactions entre eux, nous avons là les principales causes de la difficulté à leur trouver des solutions. Tous les phénomènes se retrouvent dans les systèmes socio-économiques. Cela équivaut à dire qu'"ils usent d'un langage commun". Mais lorsque nous abordons l'étape de modélisation, les méthodes et les systèmes de résolution correspondants, la communication est interrompue. La rupture apparaît en premier lieu à l'étape de la définition des bornes du système, puis cet écart augmente avec les étapes de définition des systèmes de résolution correspondants et la mise en oeuvre de méthodes de modélisation et de techniques de simulation spécifiques. Et qui pire est, ce phénomène touche également les spécialistes en résolution des différents problèmes, qui ne peuvent communiquer entre eux. Ce syndrome peut être appelé "l'effet de la Tour de Babel". En résumé, nous dirons que la conscience de l'existence de ce danger, et la capacité à le surmonter, sont également du domaine de la philosophie. De fait, il se trouve que nous avons là le secret de l'inexistence d'une vraie approche interdisciplinaire qui réside dans la modélisation des systèmes socio-économiques.

Pour épuiser ce groupe de problèmes, revenons-y une dernière fois, en stricte relation avec les phénomènes mentionnés. On pourra appeler ici "effet d'outilleur" un autre danger résultant de la grande diversité des techniques de modélisation. Les spécialistes de la modélisation deviennent avec le temps plutôt orientés-outils qu'orientés-problème. Une telle attitude les met en contradiction avec le principe fondamental de la modélisation qui peut être considérée comme synonyme de problème. Au contraire, un "outilleur" voudra utiliser un outil spécifique plutôt que résoudre un problème réel.

Il est temps de clore ici les considérations générales

par la conclusion suivante. La quête d'une philosophie de la modélisation se doit d'être la tâche permanente de tous ceux qui s'occupent de la modélisation des systèmes socio-économiques et des systèmes technologiques complexes. Cette tâche n'est réalisable qu'à partir de la seule expérience. Ceci équivaut à constater que la meilleure philosophie est de rechercher le maximum d'expérience.

4. L'approche ADIM dans la programmation du développement

4.1. La programmation du développement considérée comme une recherche de la concordance.

Rappelons ce qui a été dit jusqu'ici. L'objet de notre démarche est d'imaginer une Stratégie de Développement Industriel (SDI) qui équivaut à l'élaboration d'une nouvelle alternative qui permette d'établir une structure industrielle robuste de l'industrie chimique. Robuste veut dire ici résistante aux pièges et difficultés auxquelles ont à faire face les pays en développement. Comme on l'a déjà expliqué au paragraphe 2.2, l'approche pratique consiste à décomposer la structure industrielle de l'industrie chimique en sous-structures technologiquement voisines. Les branches ainsi définies sont ensuite l'objet d'un projet de SDI et, comme on le verra en détail plus loin, cet objet sera appelé Domaine de Production et de Distribution (DPD). Le processus d'évaluation porte en effet sur le traitement des produits chimiques et sur leur distribution. Car c'est par une analyse commune du traitement et de la distribution dans l'industrie chimique, que nous pouvons entreprendre l'approche du développement intégré. Le niveau d'analyse concerné est le niveau économique intermédiaire, au sens ici défini.

Pour mener à bien un projet de SDI centré sur la sélection des priorités, il nous faut considérer les éléments suivants:

- la structure industrielle existante en termes de capacités, de coefficients de consommation et de données économiques significatives,
- les technologies potentiellement accessibles pour l'édification de nouvelles installations.

Les deux catégories ci-dessus constituent un "répertoire technologique" à partir duquel la nouvelle structure peut être imaginée en veillant à harmoniser les éléments existants et ceux nouvellement introduits.

- les ressources qui seront utilisées pour l'implantation de la nouvelle structure: investissements, main d'oeuvre, etc. ainsi que les ressources en matières premières nécessaires pour assurer le fonctionnement de la nouvelle structure. Ces ressources sélectionnées sont appelées ressources critiques, car leur disponibilité est une condition nécessaire pour la faisabilité de l'alternative de développement retenue.

Les ressources critiques sont celles que le décideur considère comme particulièrement rares ou difficiles à obtenir; ce pourra être par exemple: le pétrole brut, le

main-d'oeuvre, l'énergie ou le capital. Pratiquement l'ensemble de ressources critiques est strictement lié à l'ensemble de critères, car nous allons chercher à trouver une solution optimale qui tienne compte de toutes les ressources critiques.

Les contraintes technologiques sont facilement identifiables et sont liées à des facteurs tels que les capacités de production et les conditions d'exploitation. Tous les autres éléments de l'analyse comme la demande pour un produit particulier, la disponibilité de matières premières (non critiques) ressortent du domaine de l'information complémentaire ou auxiliaire. Il est clair, d'autre part, qu'une ressource sera traitée comme critique ou non suivant la manière dont sera formulé le problème décisionnel. En fait, une ressource pourra être déplacée d'une catégorie à une autre par le décideur, d'où une analyse beaucoup plus souple.

Après tous ces présupposés, nous pouvons maintenant donner une définition de la tâche qu'est l'élaboration d'une SDI - Stratégie de Développement Industriel - ou la génération d'alternatives efficaces de développement, comme une recherche de la concordance entre les ressources et les technologies disponibles. Après avoir donné cette simple définition d'un projet de SDI ou de sélection de priorités, il nous faut maintenant spécifier les aides à la décision qui seront utilisées par le décideur et ses experts pour mener à bien la tâche en question. Par conséquent, nous avons maintenant à nommer les éléments d'un tel système et de la méthodologie de sa mise en oeuvre qui corresponde à la simple description plus haut fournie.

L'état de concordance sera évalué au fur et à mesure, suivant des règles bien définies et des mesures d'évaluation (et de sélection) de l'efficacité d'atteinte des objectifs (sorties), à partir des ressources fournies à la structure industrielle (entrées). Ces règles constituent un modèle d'évaluation de l'efficacité qui sera établi pour rendre possible le processus de recherche de la concordance. Le répertoire technologique, les ressources critiques, les contraintes et autres facteurs entrant dans la description du problème (ou d'une situation industrielle particulière) sont regroupés dans un autre modèle de DFD du réseau technologique. Il est d'ailleurs intuitivement évident qu'un tel processus ne peut être réalisé que par la génération et l'analyse d'un grand nombre d'alternatives qui seront ensuite sélectionnées; puis un mécanisme approprié permettra d'être à la hauteur de la situation. Les modèles et moyens utilisés pour maîtriser le processus de recherche de la concordance comme défini ci-dessus, constituent un système que nous appellerons désormais Système d'Aide à la Décision ou SAD. Le décideur qui désire pouvoir estimer le rendement d'un DFD devra automatiquement considérer ses relations d'entrées-sorties. Le décideur veut connaître quelles sont les sorties sur lesquelles il peut compter, à partir des ressources limitées qu'il peut allouer en entrée au DFD considéré.

La mesure de rendement la plus communément utilisée est le rapport revenu/investissement *. Les ratios inverses représentant la quantité de ressources critiques nécessaires pour obtenir une unité en sortie, sont aussi fréquemment usités, mais il est heureux que ces deux types de rapports soient équivalents d'un point de vue mathématique. Un certain nombre de taux de rendement peut être défini en utilisant les différentes ressources critiques; ils mettent à la disposition du décideur une information sur les propriétés intensives de la structure modélisée. Les mesures de rendement peuvent aussi être le fondement de la comparaison des différentes structures, au sein du répertoire d'une DFD donnée, ou entre différents DFD.

Le fond de la méthodologie sera basé sur les relations entre les biens disponibles fournis par une structure (sorties du système) et les biens qui seront alloués à la structure industrielle (entrées du système) pour maintenir leur concordance. La mesure du degré de concordance, ou son efficacité, sera exprimée en termes de critères définis et retenus par le décideur et ses experts.

Les contraintes du processus portent sur la disponibilité des ressources et sur le marché potentiel, sur la fourniture des produits, sur la main-d'oeuvre compétente et sur les contraintes de l'environnement, etc.

Il semble donc naturel qu'en fait, pour disposer d'une méthodologie appropriée de programmation du développement intégré d'un DFD, il est nécessaire d'avoir deux modèles. Le premier doit fournir un outil d'évaluation efficace, c'est-à-dire qu'il doit décrire les règles d'action. Ces règles doivent être suivies par la structure industrielle développée, c'est-à-dire par le second modèle qui est le modèle du DFD.

4.2. Modèle d'évaluation de l'efficacité.

Pour effectuer la recherche de concordance, il nous faut clairement définir les relations existant entre les sorties et les entrées du processus en question. Cela sera donné pour l'évaluation de l'efficacité dans le processus de recherche. Pour ce faire, nous devons introduire le phénomène de substitution qui est, comme nous allons voir, au coeur du processus de développement. On peut distinguer trois types de substitutions:

- substitution de produits de base,

*) Cette procédure, basée sur l'optimisation du rapport des résultats sur ressources consommées, est théoriquement bien fondée (Cf. Bellman, 1961).

- substitution de produits finis,
- substitution de technologies.

La substitution de produits de base survient quand, en revenant en arrière sur les transformations chimiques, on constate qu'il existe des voies alternatives menant aux divers produits de base. Un exemple typique sera le mélange en entrée de pétrole brut, de gaz et de dérivés du charbon, retenu comme option de développement.

La substitution de produits finis peut avoir lieu quand le traitement des produits de base, dans la structure industrielle, est technologiquement flexible et permet d'avoir en sortie un éventail diversifié de produits. Il est évidemment alors possible d'avoir une interchangeabilité des produits en fonction du cheminement technologique choisi et des contraintes externes (marché, politique suivie, etc.).

Le troisième type de substitution est au coeur du processus de développement qui peut être entendu comme le remplacement des vieux procédés par des nouveaux procédés, ou par la substitution d'une nouvelle structure industrielle à la structure ancienne. Physiquement, c'est bien sûr l'introduction des nouvelles technologies qui ouvre la voie aux deux autres types de substitution mentionnées.

Adoptons maintenant le cadre de substitution avant celui du modèle qui rendra compte des propriétés de la structure industrielle en soi. Ce cadre peut être appelé un modèle de substitution qui, associé au modèle de l'industrie chimique, nous donne le noyau du Système d'Aide à la Décision (SAD) en termes de recherche de la concordance. La seule hypothèse qu'il nous faut maintenant relever est que les considérations et, par conséquent, le modèle de la structure industrielle sont limitées à une entité comme le Domaine de Production et de Distribution (DPD). La substitution sera évaluée en accord avec les règles d'action qui doivent être considérées comme une mesure de l'efficacité de la substitution représentant le processus de développement.

Du point de vue du décideur, le processus de développement réalisé par substitution comme ci-dessus, peut être considéré comme un moyen d'évaluation des entrées et sorties du DPD. Cette évaluation comporte également les relations agrégées établies à partir des entrées et sorties simples.

On ne prend en compte que deux types de ressources - les ressources consommées ou utilisées par le DPD, et celles qui peuvent être obtenues par le DPD. Les ressources, respectivement indicées Y^I en entrée, et Y^O - en sortie, peuvent être des matières premières chimiques, des semi-produits, des produits finis, ainsi que l'eau, l'énergie technologique et les investissements. La sélection des entrées et sorties du modèle désigne un degré maximal de substitution qui est fonction du répertoire de technologies considéré dans le réseau. En réalité, le degré de substitution est limité par les contraintes imposées au niveau des

ressources Y^I (disponibilité) et Y^O (capacités de vente et/ou modèles de la demande), et du niveau de production (capacités de production). Ces contraintes peuvent ou bien rendre compte de l'information réelle (résultant de l'identification) ou être postulées afin d'obtenir une information additionnelle sur les propriétés de substitution du réseau.

Nous allons maintenant spécifier les préalables qui nous serviront à une formalisation ultérieure de la conduite du processus de substitution et nous serons ainsi utiles pour mener à bien l'analyse avant décision en termes d'évaluation d'efficacité.

Préalable 1 Sur L'état de faisabilité.

Le cas où $Y^O \rightarrow \max$ et $Y^I \rightarrow \min$ est considéré comme faisable. Le préalable suivant lequel nous pouvons restreindre l'analyse à un état faisable, est une limite au degré de substitution. Par conséquent, nous allons restreindre ici l'analyse de substitution aux seuls cas les plus efficaces. Comme nous allons le voir ci-dessous, l'efficacité peut-être exprimée sous différentes autres formes. Bien que ce préalable peut sembler à première vue évident, il est en pratique difficile à satisfaire, si le nombre de flux Y^I et Y^O est élevé. Cet obstacle peut être surmonté par le préalable suivant qui remplace celui-ci

Préalable 2 Sur la représentation.

Au lieu d'optimiser chaque composant du flux de ressources Y^I et Y^O , on peut définir un plus petit nombre d'attributs qui caractérise les ressources Y^I et Y^O en contribuant ainsi à les agréger. Ces agrégats seront utilisés pour la représentation des ressources du domaine considéré. Le prix d'un produit ou d'une matière première, ou la valeur du chauffage peuvent être considérés comme des exemples de tels attributs.

Nous supposons qu'il est possible de caractériser les ressources d'entrée et de sortie par des attributs quantitatifs agrégés:

$$\begin{aligned} a^I &= a^I(y^I) \\ a^O &= a^O(y^O) \end{aligned}$$

Ces attributs sont en général des vecteurs réels. Les attributs agrégés peuvent également être obtenus par soustraction d'autres attributs pourvu que ces attributs aient le même sens physique et que les règles formelles de la soustraction soient appliquées. L'efficacité économique mesurée comme la différence entre le montant total des ventes du DPD et le coût total de production, pour un état donné des flux de

ressources, ou le bilan énergétique global du DFD considéré comme la différence entre l'énergie totale consommée et l'énergie totale obtenue (en produits), peuvent être des exemples de tels agrégats.

Nous allons maintenant poser que:

- les attributs des ressources, en entrée et en sortie, peuvent être quantifiés uniquement sous forme de nombres positifs,
- les agrégats des ressources d'entrée et de sortie sont classés respectivement comme produits consommés (minimisés) et produits obtenus (maximisés),
- la différence entre les ressources d'entrée et de sortie peut être définie, pour des attributs de même nature - comme gain du système (si la sortie O est plus grande que l'entrée I) ou comme perte (si O est plus petit que I).

Ainsi le préalable 1 est modifié en conséquence:

$$\begin{aligned} a^0 & \text{ ---} \rightarrow \text{ max} \\ a^1 & \text{ ---} \rightarrow \text{ min} \end{aligned}$$

et respectivement pour les agrégats résultant de la soustraction, nous avons:

$$\begin{aligned} (a^0 - a^1) & \text{ ---} \rightarrow \text{ max} \\ (a^1 - a^0) & \text{ ---} \rightarrow \text{ min} \end{aligned}$$

Il nous faut ici faire trois remarques relativement aux principes d'agrégation présentés, à savoir:

1. Le nombre d'attributs a^1 , a^0 diminue avec le niveau d'agrégation, quoiqu'il est plus facile de satisfaire au préalable 2 qu'au préalable 1.
2. La substitution peut être aussi limitée par l'imposition de contraintes relativement aux attributs agrégés.
3. La substitution peut porter sur les agrégats d'entrée comme sur ceux de sortie. Bien que cette substitution ait lieu, chaque état du DFD peut être caractérisé par une efficacité différente de la transition des entrées vers les sorties. La notion d'efficacité est par conséquent fondamentale pour le modèle et nous y reviendrons plus loin en détail.

Préalable 3. Sur l'équivalence.

Que ce soit les ressources ou leurs attributs agrégés, on les considère comme hiérarchiquement équivalents. Ceci résulte du fait que dans les préalables 1 et 2,

l'optimisation s'applique de manière équivalente à tous les composants de ressource ou aux attributs individuels, optimisation correspondant à une optimisation multicritères au sens de Pareto.

Une hiérarchie de ressources ou d'attributs peut être d'abord introduite quand on s'attache à la formulation d'une thèse de développement. Une telle formulation dépasse toutefois le problème de la substitution et sera donc abordée au chapitre 5. Dans le cadre formel du modèle d'évaluation des performances, il convient de résoudre le problème de l'expression de l'efficacité de la substitution. Les règles d'efficacité doivent fournir un interface formel entre la substitution et les préférences arrêtées par le décideur lors de la formulation de la thèse de développement.

Reprenons donc l'analyse du préalable 1. Comme on l'a déjà mentionné, il incorpore les opérations "min, max" et associe de fait la substitution à son efficacité. Remarquons que pour envisager une substitution de ce type, il faut au moins considérer deux ressources de sortie et une ressource d'entrée, ou vice versa. Par exemple la substitution de matières premières équivaut à remplacer une matière 1 par une matière 2; il est évident que l'efficacité d'une telle opération doit être rapportée au produit, ou aux produits, obtenus.

Le problème se pose de quelle manière exprimer l'efficacité d'obtention d'un produit donné Y^0 , à partir d'une matière première Y^1_1 ou Y^1_2 . ceci peut être résolu par l'introduction de la notion de rapports d'efficacité où:

$$\frac{y^0}{y^1_1}, \frac{y^0}{y^1_2} \text{ ---> max}$$

indique l'efficacité d'obtention de Y^1_1 et de Y^1_2 , et

$$\frac{y^1_1}{y^0}, \frac{y^1_2}{y^0} \text{ ---> min}$$

indique l'efficacité de la consommation respective de Y^1_1 ou Y^1_2 pour obtenir Y^0 . On peut donc les considérer comme des rapports d'intensité inverses équivalents. La même procédure est valable pour les attributs agrégés:

$$a^1/a^0 \text{ ---> min}$$
$$a^0/a^1 \text{ ---> max}$$

bien que dans l'exemple ci-dessus l'attribut a^1 peut caractériser le cas réuni des ressources Y^1_1 ou Y^1_2 . Les rapports ci-dessus sont une généralisation naturelle et constituent des indicateurs d'efficacité fort pratiques. les mêmes remarques s'appliquent aux rapports constitués à partir des agrégats aux différences; un bon exemple d'un tel rapport combiné peut être:

$$\frac{(a^0_1 - a^1_1)}{(a^1_2 - a^0_2)} \quad \text{---> max}$$

où le dénominateur exprime les ressources consommées (telles que le bilan d'énergie net) tandis que le numérateur exprime les ressources obtenues (p.ex. valeur ajoutée ou profit).

Nous conclurons avec les remarques suivantes:

- les préalables 1,2 et 3 tiennent compte de l'analyse simple de la substitution de ressources élémentaires (de type I,0) fondée sur un ensemble choisi de rapports d'intensité;
- le domaine de substitution est limité par les préalables d'optimisation des rapports d'intensité choisis.

Comme il a été dit dans le chapitre 5, quand on a formulé la thèse de développement dans l'ADIM pour un DFD donné, le résultat clé est celui des ressources critiques. Le décideur peut affecter le statut de ressource critique à l'une quelconque des ressources de type 0 ou I, ou à leurs agrégats. En accord avec la méthodologie ADIM, une ressource critique est définie comme une ressource simple ou un attribut agrégé qui a obtenu ce statut à l'issue du choix du décideur qui, pour les besoins du développement, l'a considéré comme crucial (critique).

Dans le contexte du modèle de substitution ici considéré, le statut de ressource critique peut être assigné par exemple à la ressource choisie pour examiner la possibilité et l'efficacité de sa substitution par une autre ressource. Le modèle de DFD peut alors être utilisé pour permettre l'analyse de l'efficacité de la substitution en tant que partie d'une analyse plus large. Nous avons ainsi établi les règles d'évaluation des relations entre ressources critiques d'entrée et de sortie. Du point de vue d'un répertoire technologique plus large qui offre des moyens pour transformer des entrées en sorties, les structures industrielles faisables peuvent être sélectionnées avec les relations d'entrée/sortie utilisées comme un critère pour une telle sélection.

4.3 Un modèle général de DFD pour l'industrie chimique.

Nous en venons maintenant à la formulation du modèle d'une structure industrielle qui va exprimer les propriétés du DFD en termes de technologies et d'agents chimiques ainsi qu'en termes de traitement et de distribution. Le modèle représente un réseau de procédés de production agrégés en simples fonctions de production et flux de distribution pour un groupe de produits chimiques spécifiés dans le cadre d'un DFD. Les composants suivants sont par conséquent considérés dans le modèle:

- produits chimiques et leurs flux dans le DFD,
- transformations chimiques,
- autres ressources indispensables, également en termes de flux.

Les relations entre les composants du modèle rendent compte des phénomènes bien connus existant dans l'industrie chimique:

- un produit chimique peut subir - ou être obtenu à l'issue - d'un certain nombre de transformations,
- une transformation chimique peut produire ou consommer un certain nombre de produits chimiques,
- un ou plusieurs procédés industriels peuvent fonctionner sur une installation chimique,
- certaines ressources sont nécessaires pour l'exploitation de toute installation,
- les produits chimiques et les ressources peuvent faire l'objet d'échanges avec l'environnement par l'intermédiaires de leurs flux.

Le modèle est construit sur la base de ces éléments. Qui plus est, en utilisant les mêmes éléments ainsi que les paramètres économiques sélectionnés, on peut ensuite formuler un ensemble d'agrégats pour évaluer le comportement du modèle.

Il convient d'insister que la version du modèle ici présentée, a été construite en accord avec les autres principaux présupposés du modèle de base, c'est-à-dire:

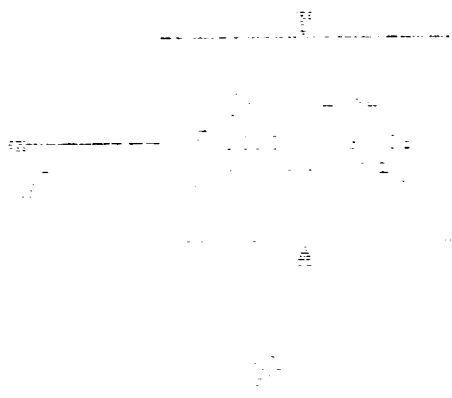
1. Il représente l'état d'équilibre du DFD,
2. Il n'inclut que les éléments physiques aisément quantifiables du système (sans prendre en compte les facteurs importants sociaux et politiques, bien que dûment mesurés).

Avant la description du réseau de DFD, nous établirons ses liens avec l'environnement (Fig.1.). A partir de cette figure, nous pouvons aisément dériver l'équation suivante décrivant le flux de sortie du produit chimique j:

$$Y_j = Y_j^* - Y_j^P, \quad j \in J \quad (1)$$

flux de	=	bilan net des ventes
: sortie du		et achats
: produit		du produit
: chimique j		chimique j
: du DFD		du DFD
-		-

En général, en fonction des conditions locales, les ventes ou achats de tout produit chimique peuvent être divisés entre le marché et les composants coordonnés:



... ..

... ..

... ..

... ..

Le modèle technologique en soi, est construit sous forme d'un graphe renfermant deux types d'éléments:

- éléments de procédé représentant la transformation chimique des produits chimiques pouvant être échangés avec l'environnement pour donner d'autres produits chimiques échangeables.
- noeuds d'équilibre rendant compte du principe d'équilibre des masses des produits chimiques échangeables.

Une simple fonction de transition est définie pour les éléments du procédé par les coefficients de production et de consommation, en même temps que la contrainte de capacité. L'interaction avec l'environnement est assumée de la manière suivante:

- Les flux d'entrée-sortie de produits chimiques sont reliés aux noeuds,
- les flux d'autres ressources sont reliés au procédé.

Ces flux peuvent être soumis aux contraintes. L'évaluation d'un DFD peut être donnée par une évaluation de ces interactions (par leurs montants ou en utilisant les termes de l'échange). Un tel domaine d'application du modèle, et aussi grâce à la considération des coefficients de production/consommation, en tenant compte de la capacité, nécessite que toutes les formules du modèle soient linéaires. Pour introduire les équations de base du modèle, nous définissons un élément de procédé comme à la Fig.2. Tout élément de procédé peut être rattaché à d'autres éléments de procédé, uniquement par l'intermédiaire des noeuds de bilan. Les équations suivantes sont satisfaites pour les noeuds de bilan:

$$y_j = \sum_{k \in K} b_{jk} z_k - \sum_{k \in K} a_{jk} z_k \quad (2)$$

| flux de sortie du produit |	| production totale du |
| chimique j du DFD |	| = | produit chimique j en provenance |
| |	| de toutes les unités de |
| |	| procédé du DFD, avec |
| |	| déduction de la consommation |
| |	| totale du produit chimique dans |
| |	| le réseau |

En combinant les résultats ci-dessus avec l'équation (1) il vient:

$$y^* - y^p = (R - A) z \quad (3)$$

Pour compléter cette description du réseau, nous avons

À rajouter les contraintes imposées sur la capacité de production:

$$z_k \leq z_k, k \in K \quad (4)$$

Pour les installations à procédés multiples, où les procédés se déroulent en simultanéité, nous mettons, au lieu de l'équation ci-dessus, la contrainte suivante:

$$\sum_{k \in K_i} z_k \leq z_i, i \in I \quad (5)$$

!somme des niveaux de production! :capacité de production!
!des procédés simultanés :<=!de l'installation :!
! : !à procédés multiples :!

De plus, le modèle décrit le renouvellement des installations, c'est-à-dire le remplacement du procédé ancien par un nouveau qui va également être exploité sur la même installation. Pour un procédé k donné, il est formulé comme une relation qui permet de sélectionner l'ancienne ou la nouvelle unité de traitement d'un produit donné. Comme les relations binaires sont la cause d'inconvénients bien connus, on utilise une forme particulière d'équations linéaires. L'idée des nouvelles technologies est fondamentale dans cette approche, car elle ouvre la voie à une restructuration technologique du DFD. Il est évidemment nécessaire d'ajouter des contraintes additionnelles relatives à la disponibilité des ressources où aux limites de génération des déchets. Comme la formulation de ces contraintes est généralement fonction de chaque cas particulier, on ne les trouve pas dans cette description générale du modèle.

La description du modèle tient donc compte des seuls composants essentiels et n'inclut pas toutes les particularités de sa formulation. Une information plus poussée sur la construction détaillée du modèle sera fournie à la demande. En ce faisant, nous fournissons un interface entre l'évaluation de l'efficacité et le modèle de DFD.

Après avoir défini le modèle technologique, nous pouvons maintenant attribuer une signification technique et économique aux agrégats d'entrée-sortie sélectionnés pour l'évaluation de la structure de production. Suivant la définition qui en a été donnée, les agrégats peuvent être décomposés ou combinés en de nouvelles expressions qui sont en soi de nouveaux agrégats; c'est ainsi que la liste présentée ci-dessous peut être élargie. Encore que l'ensemble choisi d'agrégats n'est pas donné ici seulement à titre illustratif, mais il a une grande importance du point de vue de l'utilisation du modèle:

:TCI [Total Investment Cost-Coût d'investissement total],

:TMC [Total Manufacturing Cost-Coût de production total],

a^1 = :EG [Equity Capital-capital actions],

:RC [Cost of Raw Materials & Utilities-Coût des matières premières et des utilités],

:LC [Cost of Labour-Coût de la main-d'oeuvre],

:IE [Input Energy-Energie d'entrée]

:SV [Sales Value-Montant des ventes],

a^0 = :P [Profit-Bénéfice],

:GP [Grossprofit-Bénéfice brut],

:OE [Output Energy-Energie de sortie]

Rappelons ici les relations de base entre les agrégats et leurs définitions simplifiées:

$$P = SV - TMC$$

Bénéfice net (P) = Montant des ventes (SV) - Coût de production total (TMC)

$$GP = P + D[\text{dépréciation}] + I[\text{intérêt}]$$

TMC = RC + LC + D + I + R [frais administratifs, frais généraux, fournitures d'exploitations, maintenance, etc.]

Coût de production total (TMC) = Coût des matières premières et des utilités (RC) + Coût de la main d'oeuvre (LC) + Provision pour dépréciation (D) + Intérêts (I) + Charges diverses (R)

$$TCI = RLCC[\text{battery limits}] + OFF[\text{offsites}] + WC[\text{working capital}]$$

Coût d'investissement total (TCI) = Coût de l'unité de production (RLCC) + coût hors unité de production (OFF) + fond de roulement (WC)

Nous allons maintenant définir les agrégats ou leur composants, au niveau de la formulation du modèle technologique:

$$SV = \sum_{j \in J} c_j^v y_j^v, \quad M^S (\text{ensemble des marchés de ventes})$$

(SV - montant des ventes)

$$RC = \sum_{j \in J} c_j^r y_j^r, \quad M^{CP}$$

(RC - Coûts des matières premières et des utilités)

$$IE = \sum_{k \in K} e_k^i z_k$$

(IE - Energie d'entrée)

$$OE = \sum_{k \in K} e_k^o z_k$$

(OE - Energie de sortie)

$$LC = \sum_{k \in K} l_k z_k$$

(LC - Coût de la main-d'oeuvre)

Les détails des calculs de coût et les formules des mesures économiques utilisées dans le modèle, constituent la matière du Chapitre 6.

5. Principaux éléments de la méthodologie ADIM.

5.1. Introduction

L'image qui ressort de la philosophie de la modélisation présentée au paragraphe 3.2, insiste plutôt sur les difficultés et les pièges ainsi que sur les limitations de la modélisation, que sur ses avantages. Qui plus est, cette image concerne un concept de modélisation très largement compris. Maintenant, nous allons chercher à recenser les propositions positives qui seront évidemment adressées au décideur et à son environnement exerçant dans le domaine de la programmation du développement industriel.

On pourrait s'attendre à la structuration d'un ensemble de règles et procédures autour du modèle de l'industrie chimique. En fait, c'est deux modèles qui ont été conçus (cf. Chapitre 4.): un modèle d'évaluation de l'efficacité et le modèle de la structure industrielle d'un DFD. Le modèle sera également fait pour les besoins particuliers qui nous concernent. Ensuite le système résolvant apparaît comme un outil de management, que nous appellerons Système d'aide à la décision (SAD).

Nous répéterons à chaque occasion que le management du développement industriel bien que réduit à l'industrie chimique, recouvre un domaine très large et fort complexe où se croisent tous les phénomènes socio-économiques, technologiques, environnementaux et politiques. La seule voie réaliste d'approche est de sélectionner les variables qui sont ou qui peuvent devenir des variables décisionnelles, du point de vue du décideur industriel.

Ensuite d'autres facteurs et leurs interactions seront considérés comme environnement décisionnel et deviendront directement, ou indirectement, les contraintes ainsi que les variables exogènes du système en question. Ce type de mise en ordre semble quelque peu évident, en raison de sa généralité; mais il pose de fait le problème fondamental dans chaque cas particulier. Dans le processus du développement industriel, tous les phénomènes en interaction énumérés ci-dessous, ont leur dynamique propre. Par conséquent, dans un SAD, l'impact de différences dans la dynamique du phénomène, et prenant part dans le procédé, sera pris en compte en considérant le cycle de développement décrit auparavant comme une base pour fixer l'horizon temporel. Le SAD se doit de couvrir les processus de développement de la structure industrielle qui est conditionnée par la disponibilité des ressources (y compris les technologies existantes et futures) et par l'environnement économique, avec toutes les contre-réactions et liaisons significatives. Les autres facteurs, par exemple l'environnement social, sont inclus de manière indirecte. D'autre part, la main-d'œuvre manuelle est considérée comme une ressource critique et, par conséquent, sera distinguée

de manière explicite dans le système étudié. Ceci vient comme une conséquence directe de la mise en oeuvre de la philosophie de modélisation.

Avec ce qui précède, on peut maintenant concevoir son propre système d'aide à la décision (SAD) et la méthodologie de mise en oeuvre attenante.

Le SAD et la méthodologie élaborées par le LIES, sont diffusés sous le sigle ADIM qui veut dire Aide à la Décision Interactive Multicritères. Arrêtons-nous un instant aux termes "Multicritères" (ou Multiobjectifs) et "Interactive". Le premier terme signifie que le programme de développement peut concerner un ou plusieurs objectifs (qui deviennent au niveau de l'optimisation des "critères"). Le second terme signifie que le décideur peut être assisté et, jusqu'à un certain point, guidé par le système dans son analyse visant la programmation du développement.

Il nous faut pour cela établir une hiérarchie des problèmes. Cette hiérarchie détermine en soi une structure de base pour la méthodologie ADIM. Il résulte des considérations précédentes une approche de la programmation du développement au niveau du DFD qui correspond, en termes utilisés dans le présent Guide, à ce que nous appelons le niveau intermédiaire de l'économie.

Les résultats de la méthodologie ADIM présentés dans ce Guide, ne fournissent au lecteur que des indications de caractère général. On a voulu attirer l'attention sur les facteurs les plus importants et signaler, dans la mesure du possible, les interactions et les réactions pouvant apparaître, en général. Ce cadre de réflexion avec l'exemple de cas traité au chapitre 8, peut être - nous en sommes convaincus - un support suffisant pour permettre au lecteur de résoudre ses propres cas par un "apprentissage en faisant".

Nous savons que la programmation du développement est ici conçue comme la recherche de la concordance entre les ressources et les technologies disponibles. Cette recherche passe par une évaluation de l'efficacité des ressources traitées dans une structure industrielle. Ceci est en premier représenté par un modèle d'évaluation de l'efficacité (paragraphe 4.2) puis par un deuxième modèle qui est celui d'un DFD (paragraphe 4.3).

Pour couvrir un domaine tel que la méthodologie de mise en oeuvre d'ADIM, nous allons commencer par l'étape de formulation du problème (paragraphe 5.3), puis aborder la solution du problème (paragraphe 5.4). Ces deux principales étapes méthodologiques sont discutées pour montrer les aspects pratiques de la mise en oeuvre d'un système ADIM. Ceci est effectué à un niveau suffisamment général pour indiquer les éléments clés du processus de programmation, en opposition avec l'exploitation et la manipulation d'une implantation particulière de système informatique ADIM. Une vue plus spécifique des aspects techniques de la mise en oeuvre du système ADIM, bien qu'au niveau encore méthodologique, est donnée au chapitre 6 intitulé "Mesures

et données". Par conséquent, le chapitre 6 doit être traité comme un prolongement du chapitre consacré à la méthodologie. L'étude de cas inspiré par l'EDIC et fondée en partie sur les données fournies par l'EDIC, fait l'objet du chapitre 8 qui est une exemplification de la méthodologie sur un cas réel et bien situé. On verra aussi que la méthodologie fournit les directives pour un traitement des problèmes réels. Comme on l'a signalé dans le chapitre sur la philosophie de la modélisation, comme chaque cas est unique en soi, il doit donc être traité suivant une ligne méthodologique générale combinée avec des procédés particuliers imaginés en raison des particularités du cas considéré.

A titre d'illustration, une description fonctionnelle du système informatique ADIM est donnée au chapitre 7 pour montrer comment la méthodologie en question est mise en oeuvre sous forme d'outil informatique réel. Le manuel d'utilisation concernant le fonctionnement du système ADIM-ALG, est présenté sous forme d'un document séparé.

5.2. Formulation du problème

Nous allons maintenant aborder l'hypothèses de base et les indications méthodologiques, dans le processus de formulation du problème, suivant l'approche ADIM. Les considérations qui suivent sont données du point de vue du décideur et de ses experts. Une telle personification nous semble pratique et ne limite aucunement la possibilité d'insérer le processus dans tout type d'organisation.

Le processus de formulation du problème est lancé par le décideur sous forme de thèse de développement. Nous avons déjà mentionné à plusieurs reprises ce terme sans insister sur sa signification. Cela n'est en effet pas facile car cette thèse du développement est pour nous la description verbalisée de la vision du décideur, des attentes, limitations et autres aspects relatifs au développement de l'industrie qui peut concerner une branche ou quelque chose qui ressemble à un DFD, avec des bornes qui ne sont pas forcément définies avec précision à cette étape. Il n'est pas besoin de rappeler qu'à ce stade la connaissance approfondie de l'industrie existante est une chose fondamentale. En premier lieu donc, ce savoir verbalisé sera énoncé en termes d'objectifs de production, de mesures politiques imposées de l'extérieur tels que les taux d'intérêt escomptés, les taxes, la disponibilité des ressources telles que les matières premières, etc. C'est également à ce stade que le décideur doit spécifier quelles ressources doivent être considérées comme critiques. Ceci concerne une large gamme de ressources telles que l'investissement, la main-d'oeuvre, l'eau, des matières premières choisies comme le pétrole brut ou des intermédiaires comme l'éthylène ou le méthanol. Nous avons ici également des préférences en termes de performances escomptées comme la maximisation de certains rendements comme ceux des fioles, la minimisation de la

consommation d'énergie, qui doivent être explicités. De fait, pour initialiser la programmation, la thèse de développement sera organisée en termes définis par les deux modèles prenant part dans le processus de recherche de la concordance.

Les pays en développement et surtout ceux disposant de ressources naturelles, sont particulièrement concernés par le présent Guide. C'est pourquoi on peut proposer les hypothèses de base suivantes, relativement à la formulation de la thèse de développement.

- Le résultat de l'activité de programmation, en l'occurrence - le Plan Directeur de Développement, sera fondé sur l'approche dite Programmation du Développement Intégré (comme cela est explicité dans la méthodologie ADIM),
- Le développement de l'industrie chimique doit être considéré comme le vecteur du développement économique national, et si ce développement doit être orienté sur la réduction de la dépendance des importations, la priorité absolue doit alors être donnée à l'exploitation des ressources naturelles disponibles. Ceci peut être obtenu soit par élimination des importations grâce aux investissements, soit par stimulation des exportations. Si ces activités de développement sont économiquement justifiées (c'est-à-dire efficaces), elles améliorent le degré d'indépendance du pays.
- Les principales entités considérées seront le nombre de DPD ou de zones sélectionnées. Chaque DPD va constituer sa propre étude de cas. Il convient également d'évaluer les relations et rétroactions mutuelles entre les divers DPD; les résultats de cette évaluation vont constituer une partie intégrale du Plan Directeur. La programmation du développement est considérée comme un type permanent d'analyse précisionnelle et, par conséquent, le plan Directeur est également supposé être mis à jour en permanence.
- Comme les DPD se suivent, il convient de veiller à maintenir une certaine cohérence et des rétroactions appropriées entre les études déjà effectuées et celles qui sont entreprises.
- L'horizon temporel de l'analyse porte sur une durée maximum de 15 années.
- L'investissement doit être orienté dans le sens d'une réduction des importations du, ou des, DPD en question, ainsi que celles des industries associées par le truchement de leurs produits. La stimulation potentielle des exportations par l'investissement doit être soigneusement examiné comme une alternative visant à l'élimination des importations par l'investissement.

- L'investissement retenu doit dans le même temps assurer le taux de rendement le plus grand possible.

Il convient également de fixer un facteur de localisation (cf. les paramètres de base de l'évaluation d'un projet au par. 6.4). Les coûts d'investissement relatifs aux capacités individuelles doivent être recalculés en multipliant les coûts de construction figurant dans les "US Gulf Coast or West European Capital Costs" (considérées comme une norme de fait) par un facteur de localisation approprié. Les coûts d'investissement et de production seront exprimés en dollars US afin de permettre d'éventuelles comparaisons au niveau international. Le prix fictif du dollar US en monnaie locale doit également être considéré, afin de disposer d'un important facteur pour les mesures d'ordre politique portant sur le taux d'échange étranger. La fraction prévue de l'investissement exprimée en monnaie locale se doit d'être évaluée en conséquence.

Dans le même temps, tout le savoir lié à la thèse de développement sera utilisé pour une spécification préliminaire du répertoire technologique initial en termes de réseau de DFD. Les résultats de la recherche de la concordance seront les stratégies de développement industriel (SDI) sur lesquelles se grefferont les présupposés relatifs aux possibilités de substitution. Par conséquent, à ce stade, la thèse de développement est censée constituer la première itération dans la mise en œuvre du processus ADIM. Ceci équivaut au fait que les points suivants ont été résolus:

- les objectifs sont définis avec leur hiérarchie,
- les ressources critiques ont été nommées, ainsi que les restrictions possibles faites sur ces ressources,
- les préférences ou les critères possibles ont été choisis.

On suppose que toutes les données nécessaires relatives aux technologies existantes, ou pouvant être potentiellement développées, sont disponibles. Elles seront nommées et organisées en tenant compte des ressources critiques, en catégories d'entrée et de sortie, dans l'ordre suivant:

- objectifs de production relativement à certains produits stratégiques,
- agrégats tels que coût de production, achats, montant de ventes, investissement, consommation totale d'énergie et consommation des produits de base et/ou de ressources telles que l'eau et la main-d'œuvre,
- fonctions objectifs construites sur les agrégats.

Ceci nous ouvre la voie de la construction du modèle de IFD.

L'objectif de production qui peut être exprimé en termes d'étendue des niveaux de production à atteindre,

représente une force d'entraînement puissante et, de fait, impose au DFD une contrainte qui est pratiquement décisive en termes d'alternatives de SDI. Les agrégats sélectionnés comme ressources critiques expriment en même temps les préférences potentielles en termes de modèle d'évaluation de performance car il est intuitivement évident que si on compte minimiser le coût de la production et les achats, ainsi que les coûts d'investissement et de l'énergie consommée avec l'espoir de maximiser le montant des ventes, on a des préalables indiquant des préférences qui sont contradictoires. Les critères choisis pour l'évaluation du programme de développement, à partir de différents points de vue, devront conduire à un compromis équilibré des préférences en question qui donneront les meilleurs niveaux de satisfaction au décideur.

À partir de ce qui vient d'être dit, la hiérarchie de formulation du problème peut être définie comme suit:

Niveau 1.

La production de certains produits sera définie dans les limites fixées. Il est ici supposé que ces produits sélectionnés sont considérés comme étant de type stratégique pour la SDI ou autres DFD, ou le niveau de leur approvisionnement est imposé par une stratégie de niveau supérieur. Par conséquent cet approvisionnement supposé ou prévisionnel, en provenance du DFD en question, est considéré être de première importance.

Bien que les quantités prévues sont considérées comme imposées et que les conséquences de ce fait sont relevées, cela ne veut pas dire qu'elles resteront inchangées au niveau de l'analyse. Au contraire, on mettra en jeu des niveaux alternatifs par une analyse de sensibilité qui permettra de voir les résultats de ces variations. Cependant, en sélectionnant les produits stratégiques, il est néanmoins important de s'assurer que le choix des produits et des quantités prévues ne va pas réduire la flexibilité du répertoire technologique qui sera considéré. En net, il s'agit de vérifier si l'objectif de production prévu comme le niveau supérieur escompté, n'est pas en conflit avec le développement potentiel du DFD en question.

Niveau 2.

Les agrégats fractionnels tels que par exemple la rentabilité du capital total, qui seront utilisés comme critères de performance globaux, seront définis.

Niveau 3.

Les préférences relatives aux ressources critiques de type agrégé seront arrêtées. Il pourra par exemple s'agir de la minimisation de l'investissement et de la consommation totale d'énergie. On a observé qu'en ce qui concerne l'énergie et l'investissement, une caractéristique de l'industrie chimique est que les installations où l'on réalise des économies d'énergie, sont celles où il y a une

grosse consommation de capital initial. Par conséquent la minimisation de ces deux ressources critiques est un objectif contradictoire et il convient de chercher à trouver une substitution possible.

Niveau 4.

La consommation de produits de base critiques est prise en compte. A ce niveau, on peut vouloir économiser certaines ressources naturelles comme le pétrole brut, le gaz et des produits dérivés comme l'éthylène ou le méthanol. En raison de la substitution possible du produit de base, on abordera le problème en termes de compromis potentiel au niveau des ressources critiques d'entrée.

Ce 4ème niveau hiérarchique qui sera traité plus à titre d'exemplification que comme une règle stricte, permet de formuler les conclusions suivantes.

Le niveau 1 portant sur l'objectif de production peut avoir comme alternative la disponibilité des produits de base; ceci correspond à passer du problème "comment atteindre l'objectif de production?" de la meilleure manière, à un problème décisionnel "comment utiliser au mieux le produit de base disponible?"

Un troisième cas peut évidemment se présenter qui est une combinaison des deux cas précédents. Ainsi le Niveau 1 impose une contrainte sur les alternatives de développement, ou sur le DFD, en termes de champ d'alternatives atteignables. Le Niveau 2 fournit un pilote en termes de rapports d'efficacité ou d'un ratio qui est de piloter la sélection des alternatives, dans le cadre des contraintes imposées par le niveau précédent. Les Niveaux 3 et 4 mettent l'accent, dans la thèse de développement, sur la substitution qui sera analysée et sélectionnée sous les conditions supposées. Dans ce cas, l'analyse de substitution se déroulera sur deux niveaux: le niveau supérieur traitera d'agrégats, tandis qu'au niveau inférieur la substitution portera sur le produit de base sélectionné.

Dans le cas non orienté sur la substitution de produit, c'est-à-dire quand l'analyse porte sur l'utilisation optimale du produit de base disponible, la situation sera interprétée en conséquence.

Nous concluons en disant que si l'objectif de production est prédominant, il convient alors de rechercher les substitutions possibles, au niveau des technologies comme des ressources en matières premières, afin d'atteindre au plus près l'objectif de production désiré. Si, au contraire, la base de matières premières est déterminante pour le développement, la recherche doit être centrée sur la substitution des produits et des technologies correspondantes, pour atteindre des performances optimales de l'industrie.

5.3. Solution du problème

Une fois que notre savoir a été ordonné dans le problème de développement formulé, nous pouvons déceler que la hiérarchie de formulation du problème renferme en soi les lignes directrices de la solution du problème. Et l'observation, qui peut n'être pas très stricte, est que l'unique voie de formulation du problème s'applique aussi au cas de la résolution du problème. Les différents étapes ici discutées donnent une indication générale sur la manière d'utiliser des SAD comme l'ADIM dans une espèce de procédure "pas-à-pas", en mettant l'accent sur les boucles de réaction qui peuvent être activées en cours de processus.

Nous supposons maintenant partir d'une étape préliminaire ou préparatoire qui peut comporter les activités suivantes.

Le premier pas qui est en quelque sorte à la frontière entre la formulation et la résolution du problème, serait l'évaluation du répertoire technologique établi au stade de la formulation du problème. Ceci est évidemment conditionné par les résultats de la formulation du problème et par la structure industrielle existante, ainsi que par les technologies qui étaient disponibles pour une telle sélection.

Une limitation d'ordre pratique, au niveau de la sélection, est le coût d'acquisition des données relativement aux nouveaux profils technologiques bien que d'autre part, plus riche (mais significatif) est le choix des options technologiques, plus grande sera la flexibilité potentielle au niveau de la génération des alternatives de développement et, finalement, meilleur sera le choix des priorités.

Maintenant, une évaluation du répertoire technologique (structure et potentiel existants) peut être donnée en termes de propriétés mesurées par des critères de sélection tels que les ratios d'intensité comme la rentabilité, l'efficacité énergétique, etc. La sélection des préférences est, comme nous le savons déjà, le premier pas dans l'élaboration d'un ensemble de critères. Ce processus de sélection des préférences est en quelque sorte parallèle au choix des ressources critiques. En fait, ces deux catégories sont inséparables. La définition des agrégats est l'une des étapes de la formulation en termes précis de préférences et de ressources critiques sur la voie de la sélection des critères. Si l'on peut spécifier les agrégats, cela revient à dire que nous sommes arrivés à un stade où notre vision de l'évaluation de l'efficacité du processus de transformation des entrées en sorties, est devenue claire et bien fixée.

Il est pratiquement impossible de décrire à ce niveau de généralité, un processus intellectuel comme une démarche bien ordonnée et instructive. On va donc opérer uniquement avec des exemples.

Le domaine de performance atteignable et le domaine de ressources critiques d'un DFD.

Comme nous avons formulé le problème en termes d'appariement des ressources et des technologies disponibles, nous avons à trouver un cheminement pour aider le décideur à atteindre son but par application des divers combinaisons de technologies (structures industrielles) sur les ressources disponibles.

Les limites imposées par la disponibilité (supposée) des ressources critiques, définissent un domaine dans l'espace des ressources que nous appellerons **Domaine de Ressources Critiques (DFC)**. Ces limites peuvent être exprimés sous forme d'une valeur numérique unique ou par une plage de valeurs admissibles pour chaque ressource critique.

Après avoir introduit la notion de **Domaine de Ressources Critiques**, nous allons maintenant voir un autre domaine dans l'espace des ressources, domaine défini par les propriétés de la structure industrielle (les technologies). Ce domaine est appelé **Domaine de Performance Atteignable - DFA**; il est borné par les valeurs des ratios de performance choisis, valeurs atteignables dans les diverses structures industrielles. Que peut attendre un décideur de l'étude du **Domaine de performance atteignable**? Il peut ainsi apprendre quel est le meilleure performance potentielle atteignable d'un DFD (mesurée par des ratios de performance spécifiques), lorsque les ressources ne sont pas considérées comme critiques. Cette performance ne peut plus être améliorée par quelque moyen que ce soit, indépendamment de la quantité de ressources que le décideur serait disposé à allouer au DFD en question. Le problème est ainsi quelque peu simplifié et devient une question d'harmonisation de deux domaines dont l'un caractérise la disponibilité des ressources, et le second indique la performance atteignable par les technologies disponibles (qui est d'ailleurs également exprimée en termes de ressources critiques).

Le DFA peut être utilisé de deux manières. Il permet d'une part l'évaluation du répertoire technologique mis à la disposition du décideur. D'autre part, il permet également de confronter les suppositions et aspirations contenues dans la thèse de développement, à la "dure réalité" de la technologie. Les notions de domaines DFA et DFC et leur confrontation, ont une grande importance pratique. Premièrement, cela implique une ordonnance et une sélection des ressources critiques et des ratios d'intensité significatifs et pouvant être utiles, lors du passage de la thèse de développement au problème formulé. Nous allons maintenant aborder rapidement les ratios d'intensité qui seront ensuite utilisés dans la définition du domaine DFA correspondant. On a introduit, dans le chapitre 4 sur les modèles, un certain nombre d'agrégats. A partir d'un tel ensemble d'agrégats, nous pouvons formuler des ratios d'intensité pratiquement utilisables qui délimiteront un DFA, à savoir:

- le Montant des ventes (SV) rapporté au TMC (coût de production total),
- l'Energie de sortie (OE) rapportée à l'Energie d'entrée (IE),
- Le taux de rendement simple rapporté sur le capital ou PF, c'est-à-dire Bénéfices sur capital.

Une interprétation des ratios (rapports) introduits ci-dessus doit être ici développée.

Le premier ratio dépend uniquement des relations de prix qui incluent tous les facteurs de coût; mais dans le cas d'un rapport simplifié consistant à utiliser le montant des ventes rapporté au coût des matières premières et des utilités, il mesure l'impact des interactions entre les prix des produits chimiques et des utilités, d'une part, et ceux des transformations technologiques. Par conséquent, les structures industrielles retenues comme les plus efficaces au moyen de ce ratio d'intensité, représentent celles qui s'accordent le mieux avec les relations de prix en soi, avec la possibilité de tester diverses mesures politiques par l'introduction de facteurs qui comptent pour le coût de production total (TMC).

Le second ratio représente l'ECE (Energy Conversion Efficiency) ou l'Efficacité de la Conversion d'Energie qui est un paramètre très important dans tout type de DFD (en anglais -FDA) associé aux vecteurs d'énergie qui sont dans le même temps les produits chimiques de base et autres procédés consommant de l'énergie.

Le ratio ECE est une ratio d'intensité qui est un indicateur évident des technologies particulières mais qui s'avère être un critère très intéressant si l'on réalise que c'est peut-être le seul ratio global qui dépende uniquement des propriétés physiques de la structure industrielle et qu'il est par conséquent totalement indépendant des relations de prix.

Le dernier, si ce n'est le plus important ratio d'intensité est celui qui représente le taux de rendement du capital. Ici encore, l'approche ADIM qui suit la ligne de la programmation du développement intégré, utilise un ratio qui montre l'efficacité du capital conçue comme la somme du capital existant et des investissements de capital. Ceci ouvre la voie à diverses évaluations qui montrent si le nouvel investissement conduit à une amélioration de la productivité du capital existant, et si c'est le cas, quel est le niveau d'amélioration pouvant être atteint.

Nous avons maintenant à résumer nos observations sous la forme d'une série de phases méthodologiques relatives à la formulation et à la résolution du problème. La Fig. 3. représente la démarche concernée sous forme d'un diagramme d'opérations. On notera néanmoins que les séries réelles de phases successives vont varier d'un problème à l'autre et que toutes les phases présentés sur la Fig.3 ne vont pas

nécessairement être requises tandis que d'autres phases pourront être introduites.

L'objet de ce diagramme d'opérations est de montrer le processus d'une démarche intellectuelle plutôt qu'un ensemble de règles formelles. La rupture entre les différentes phases n'a aucunement un sens formel. Ainsi, par exemple, la formulation de la thèse de développement qui est une activité très importante, ne représente qu'un pas, mais la sélection préliminaire des bornes du DFD est extraite de cette phase en raison de sa spécificité et pour mettre l'accent sur des boucles de réaction. Les mêmes raisons ont joué pour les phases consacrées à la validation qui est peut-être en fait l'une des activités les plus importantes. Comme les étapes énumérées dans le diagramme des opérations, sont discutées de manière exhaustive suivant divers points de vue, on peut voir que les facteurs les plus importants ont des boucles de réaction différentes qui peuvent évidemment être considérées comme une espèce d'exemplification. En effet, dans un exercice intellectuel véritable, certaines phases se recouvrent ou sont exécutées en parallèle; de même plusieurs réactions peuvent être activées en un temps donné. Si, par exemple, lors de l'expérimentation d'un DFD, dans la recherche de la concordance (cf. Fig. 3), l'idée d'une sélection des priorités arrive à maturité quand, dans le même temps, des améliorations et des modifications au niveau du choix des bornes d'un DFD, peuvent être activées.

Un autre exemple est l'étape de validation des résultats en fonction de la thèse de développement primaire. C'est souvent le cas quand une version du Plan Directeur est initialisée en même temps que la reformulation d'une autre thèse qui peut concerner un autre DFD et qui, par conséquent, initialise une autre exécution du processus de programmation de développement intégré.

Un aperçu important sur la méthodologie est donné par l'étude de cas (cf. le chapitre 8) qui sera précédée néanmoins par une discussion sur les mesures et les données concernées par le processus de programmation du développement.

6. Mesures et données.

6.1. Introduction

L'objet de ce chapitre est une revue systématique de toutes les données primaires nécessaires à la programmation du développement industriel au moyen de l'approche ADIM. Nous présenterons également un schéma d'évaluation de coûts qui présente un calcul des coûts fondé sur l'information de source combinée avec des mesures politiques représentées par les taux d'intérêt et d'amortissement, les taxes, etc., comme on l'a vu dans le chapitre 5 sur la méthodologie. Ces données peuvent être réparties suivant les catégories suivantes:

- données technologiques,
- information relative au marché,
- investissement et évaluation des coûts.

Pour les besoins de l'analyse, nous supposons que toutes les considérations se rapportent au niveau économique intermédiaire c'est-à-dire que l'entité de base est le Domaine de Production et de Distribution ou DPD.

Chaque catégorie de données est décrite ci-dessous, dans les différents paragraphes qui suivent. La description et la discussion des rubriques de données est effectuée d'un point de vue fonctionnel et méthodologique, en opposition à l'implémentation technique. En effet, la base de données est traitée dans le manuel d'opérations de l'ADIM, où elle est organisée en tables recouvrant les différentes catégories fonctionnelles de données en suivant la logique de leur utilisation.

En général, la base de données est organisée en deux types de fichiers. Le premier type de fichiers contient toute l'information relative aux profils technologiques. Le second type de fichiers contient toute l'information relative aux agents chimiques et aux utilités. Les données du premier type rendent compte du répertoire technologique et concernent l'information sur la manière dont les agents chimiques et les utilités sont transformés en autres agents chimiques. Ces données représentent par conséquent des phénomènes purement physiques. L'information relative aux marchés porte sur les prix et les schémas de l'offre et de la demande, sur le marché intérieur et sur les marchés étrangers.

La troisième type de données porte en fait sur deux catégories de données. La première concerne l'investissement et elle est donc directement liée aux différentes technologies, essentiellement en termes de coûts d'unités de production (en anglais: battery limits capital cost ou bloc). Le

coût d'investissement total (Total Capital Investment - TCI) est déjà fonction des conditions locales et régionales, mais il est cependant fortement lié à la technologie.

La seconde catégorie n'est pas une donnée de type primaire, mais elle est le résultat du schéma d'évaluation des coûts qui ayant en entrée toutes les données primaires traitées, en tenant compte des mesures politiques avec tous les éléments de coûts directs (matières premières, main-d'œuvre, etc.) et indirects (frais généraux, administratifs, de fonctionnement etc.) indispensables pour effectuer les calculs nécessaires à l'évaluation des performances du DFD en termes de recherche de concordance. Ces données sont nommément:

- le Coût d'investissement total (Total Capital investment - TCI),
- le Coût de production en usine (Factory Manufacturing Cost - FMC),
- Le Coût de production total (Total Manufacturing Cost - TMC).

L'évaluation d'un DFD est effectuée sur une base annuelle et, par suite, toutes les données ci-dessus doivent être mises à jour pour la même année de référence, en utilisant par exemple le Marshall Stevens Index - pour le coût d'investissement et les indices de salaires et indices de prix - pour l'actualisation des coûts de production. Qui plus est, toutes les données économiques dans l'ADIM sont calculées en monnaie nationale. Les valeurs exprimées en autres monnaies (p.ex. en dollars US) sont converties en monnaie nationale à partir du taux de change fourni par l'utilisateur. Le produit ADIM donne la possibilité de contrôler les valeurs exprimées en monnaies étrangères.

Toutes les données économiques doivent être mises à jour pour la même année de référence, en utilisant par exemple le Marshall Stevens Index pour les coûts d'investissement et les indices de salaires et de prix pour l'actualisation des coûts de production.

6.2. Données technologiques

Les données technologiques décrivent tous les facteurs technologiques prenant part dans la programmation du développement, en termes de système ADIM. La principale notion décrite dans cette catégorie sera la notion d'installation, car c'est à elle que pourront être attachés les procédés alternatifs.

D'une manière générale, le concept de technologie coïncide avec le concept de procédé principal ou, encore plus souvent, avec la notion de produit principal obtenu en sortie de procédé. Nous signalerons ici qu'un certain nombre de

descripteurs additionnels pourront être utilisés, à savoir par exemple le concept de nom d'emplacement ou de site.

Les paramètres essentiels de chaque procédé sont le rendement unitaire ou les coefficients techniques de transfert calculés par rapport au produit principal et aux capacités (annuelles) de production correspondantes.

6.3. Information relative au marché et aux prix

L'information de marché concerne deux types de données:

- le premier type de données, ce sont évidemment les prix qui reflètent les termes de l'échange. Les prix sont, par leur confrontation avec les données technologiques (rendements, coefficients de transfert), la principale force d'entraînement dans la sélection des priorités reliée au processus de recherche de la concordance.
- le second type de données décrit la disponibilité des ressources ou les possibilités de vente des produits de sortie du DPD en question. Elles délimitent l'échelle de la production et le fonctionnement du marché du DPD analysé.

Quelques remarques sont ici nécessaires. Les deux types de données doivent représenter une information objective sur le ou les marchés intérieur, extérieur, etc. Ces données peuvent être modifiées en raison des conditions spécifiques à une région donnée, ou à un cas particulier de DPD. Le problème clé est en fait de savoir par quelle démarche pas-à-pas, en partant de l'information sur les prix généraux du marché, on pourra aboutir à une liste d'indices de prix orientés sur la situation locale.

Mais auparavant, d'autres questions de caractère fondamental se posent: quels sont les prix de marché appropriés et comment peut-on les utiliser (si possible) dans la programmation du développement à long terme?

La méthodologie ADIM est ici fondée sur la pratique confirmée par les travaux du LIES que nous pouvons résumer comme suit:

- L'évaluation d'un DPD est faite sur une base annuelle avec toutes les données significatives telles que les prix, les investissements, les divers coûts, etc., rapportées à la même période, c'est-à-dire à l'année donnée.
- Il s'ensuit qu'en fait, dans la programmation du développement, nous sommes intéressés par les relations entre tous les facteurs significatifs plutôt que par leur valeurs absolues.

Il s'agit en fait de répondre à la question si l'on

peut considérer ces facteurs comme stables pour la période de temps considérée. Sinon, quelle sont les écarts prévisibles et pour quelles raisons?

- Si nous sommes fixés sur ce qui précède, on peut tabler sur des relations stables et introduire des modifications bien nettes; le processus de programmation peut alors être exécuté en termes de projection structurelle de technologies (c'est-à-dire de traitement de produits chimiques), par le truchement de relations de marché.

On peut dire que sur le cycle de développement concerné dans notre Guide, les rendements et les coefficients de transfert sont des facteurs relativement stables à long terme. Des hausses particulières peuvent se produire et leur impact sera étudié. Mais cela ne modifie pas la règle; au contraire, on peut juger par la simulation des tendances attendues dans le développement de la technologie, dans le contexte régional ou local. Ainsi le problème principal est posé par l'extension de la stabilité réelle des relations de prix. En fait, la méthodologie ADIM retient le postulat de la stabilité des relations de prix sous certaines réserves. Le degré de confiance en cette stabilité est fonction de la région considérée ou, plus précisément, du DFD en question et de ses frontières spécifiques.

Dans le cas général des DFD concernant le pétrole brut et le gaz, l'hypothèse de la stabilité des relations de prix peut être retenue comme étant plus strictement valable. Qui plus est, toute modification, due aux conditions locales ou régionales, ne change pas la règle en question. Ceci signifie simplement que les relations régionales ou locales sont également stables mais peuvent varier par rapport à d'autres marchés ou régions et doivent comme telles être introduites dans l'étude.

Le LIES a élaboré une série de tests de validité de l'hypothèse relative aux relations de prix. Ceci est en particulier établi pour le pétrole brut et le gaz, et le flux de leurs dérivés qui aboutit à des produits tels que les plastiques lourds, les fibres, les résines, etc. La filière comporte en gros environ 200 matières premières, intermédiaires et produits finis dominant la production dans le domaine du pétrole brut et du traitement du gaz. La source utilisée de données des séries temporelles de prix provient du Chemist Market Reporter - pour le marché américain - et des rapports Auspenhandel du marché de la FFA. La période de temps concernée part du début des années 70 (avant 1970), avec certaines données accessibles à partir de 1974, pour aboutir à 1985.

Le travail d'analyse effectué sur ces données a porté sur l'estimation des fonctions de régression fondée sur le prix du pétrole brut considéré comme une variable indépendante; dans la grande majorité des cas les corrélations sont significatives. En effet, la corrélation des prix du pétrole brut et de ses dérivés est très élevée, de l'ordre de 0.80 à 0.98, en valeur. Les coefficients de régression se sont avérés significatifs du point de vue

statistique et l'on a ainsi eu confirmation de l'hypothèse sur les relations de prix.

Pour illustrer ce qui vient d'être dit, nous avons par exemple pour le coefficient de corrélation de l'éthylène une valeur de 0.97. D'autres exemples importants pouvant être cités, concernent des intermédiaires comme le styrène (0.84) et le toluène (0.88). Dans tous les cas, les coefficients de régression ont été validés avec le test de confiance statistique *t* de Student. Les exceptions qui peuvent apparaître quant aux relations de prix, ne font que confirmer l'évidence empirique générale. Nous allons donc les expliciter. C'est par exemple le cas de l'urée ou de l'ammoniaque. Les prix de ces deux derniers produits sont plus faibles que ce qu'on pourrait atteindre du schéma de corrélation. La raison vient du fait que la politique gouvernementale de subventions prévaut sur le marché des engrais. Cette irrégularité montre l'impact d'une politique agricole qui contribue à perturber le marché des produits chimiques.

On a ensuite effectué une analyse de sensibilité sur les fonctions ci-dessus avec un DPD correspondant en gros au domaine ici décrit; elle met en évidence que la solution globale reste inchangée, même si des divergences apparaissent au niveau des prix individuels réels. On peut donc de manière générale conclure que les résultats obtenus confirment la stabilité élevée des relations de prix dans une large gamme de variations des prix du pétrole brut. A partir de cette analyse qui confirme la pratique et les observations généralement constatées, la méthodologie ADIM retient ce postulat qui contribue de manière significative à la clarté de sa présentation. Les autres branches qui ne sont pas dépendantes à un tel degré du pétrole brut, n'ont pas de relations de prix aussi clairement tranchées, mais les entrées proviennent dans la majorité des cas (par exemple les pesticides) de DPD fondés sur le pétrole brut et le gaz, tandis que les prix des produits dépendent de l'approvisionnement du marché, de la demande, du type de relations conditionnées par bien d'autres facteurs tels que l'augmentation de la concentration de la production pour certains fabricants, etc. Néanmoins dans un tel cas, un bon point de départ est toujours supposer des relations de prix stables. Toutefois, l'extension des ajustements individuels due à la mise en oeuvre des produits ou à la source des produits, doit être alors plus forte.

6.4. Schéma d'évaluation des investissements, des capitaux et des coûts.

Evaluation économique du projet

L'ADIM fournit une large gamme de possibilités d'évaluation économique, en y incluant le profit, l'investissement, les coûts de production et les différents

types de taux de rendement. L'utilisateur peut choisir l'un de ces éléments comme critère et effectuer un contrôle des autres valeurs. Le groupe les plus important d'indices d'évaluation financiers sont les taux de rendement, calculés comme le rapport du profit et du capital investi. L'ADIM offre quatre variantes de taux de rendement:

- la rentabilité du coût d'investissement total;
- la rentabilité brute du coût d'investissement total;
- la rentabilité du capital-actions;
- la rentabilité brute du capital-actions.

La rentabilité du coût d'investissement total

Le taux de rendement pour cet indice, est calculé comme le rapport du profit (Montant des ventes moins les coûts de production totaux) et du coût d'investissement total (Investissement de capital fixe + Fond de roulement). Ce ratio est recommandé si le ratio endettement/actions n'est pas connu ou indéterminé.

Rentabilité brute du coût d'investissement total

Le taux de rendement dans ce cas, est calculé comme le rapport du profit brut (bénéfices + dépréciation + intérêts) et du coût d'investissement total (Investissement de capital fixe + fond de roulement). Cet indice rend compte de la génération de la valeur ajoutée rapportée au coût d'investissement total.

Rentabilité du capital-actions.

Le taux de rendement dans ce cas, est calculé comme le rapport du profit (Ventes moins le coût de production total) et du capital-actions. Il est supposé que le fond de roulement est entièrement financé par des avances extérieures. Le ratio rend compte de la rentabilité du capital-actions et doit être utilisé quand le ratio endettement/actions est connu.

Rentabilité brute du capital-actions

Le taux de rendement relatif à la rentabilité brute du capital-actions est exprimé comme le rapport du profit brut (profit + dépréciation) et du capital-actions. Cet indice rend compte de la génération de la valeur ajoutée rapportée au capital-actions.

Les taux de rendement définies ci-dessus sont ici appelés "taux de rendement simples". Ils ne tiennent en effet pas compte de l'escompte, des impôts sur le revenu et de l'évolution dans le temps de la génération du profit. Le profit (bénéfices) est calculé comme le montant des ventes moins le coût de production total et doit être considéré comme les bénéfices avant impôts.

Coût d'investissement total

Le coût d'investissement total est composé de l'investissement de capital fixe et du fond de roulement. L'ADIM retient deux éléments de l'investissement de capital fixe: le coût de l'unité de production (battery Limit Capital Cost - BLCC) ou "batterie limite" et le coût de construction hors unité de production. Les valeurs de "batterie limite" doivent être exprimées en dollars US. Le système ADIM fournit les valeurs par défaut des "batteries limites" (BLCC) des projets, valeurs qui sont valables dans les conditions des Etats-Unis et pour l'année de référence. Si les années de l'expérience et de référence sont différentes, il convient d'actualiser les "batteries limites" (blcc). La mise à jour effectuée dans le cadre du système ADIM est fondée sur les données du Marshall Stevens Index.

Dépendance régionale et relative au site

Si l'utilisateur considère que les conditions régionales, ou relatives au site, sont différentes de celles du cas normalisé, il peut fournir un facteur de localisation exprimé sous forme de rapport de l'investissement de capital fixe local et de l'investissement de capital fixe normalisé. La valeur par défaut du facteur de localisation est égale à un (sans ajustement).

Les sources de financement

Il existe deux sources générales de financement d'un investissement: emprunt extérieur et capital-actions. L'utilisateur peut choisir entre ces deux sources en fournissant la valeur d'un rapport dette/actions, en toute conscience du fait qu'un emprunt extérieur augmente le coût de production. Quand l'on a contracté un emprunt extérieur, l'utilisateur est tenu de fournir le taux d'intérêt de ce type de dette. La valeur par défaut du rapport dette/actions est égale à zéro (pas de financement extérieur). Il arrive souvent qu'une partie du coût d'investissement doit être payée en monnaies étrangères. Pour contrôler la part du capital étranger, l'utilisateur doit spécifier un rapport capital étranger/capital national. Pour le cas normalisé, ce rapport est égal à 100% (pas de capital national).

Caractéristiques de coût de l'installation.

Les données par défaut pour les coûts de l'unité de production (blcc) sont rapportées à une nouvelle installation. Si l'utilisateur désire inclure une installation existante dans l'étude, le type d'installation doit être caractérisé comme en exploitation ou comme reconstruit. Dans le cas d'une reconstruction, les coûts "batterie limite" seront fournis par l'utilisateur et devront inclure uniquement les coûts de reconstruction nets (les coûts de reconstruction moins la valeur récupérée sur la partie éliminée de l'installation). Ce n'est donc que le coût de reconstruction net qui est considéré comme un coût

d'investissement. Quand on a affaire à une installation existante, la valeur "batterie limite" doit inclure la valeur brute de l'installation existante actualisée pour l'année de l'expérience. Il n'existe pas dans ce cas de valeur par défaut et cette valeur actualisée doit être fournie par l'utilisateur.

Investissement de capital fixe (FCI)

Le FCI (Fixed Capital Investment - Investissement de capital Fixe) est calculé comme la somme des "batteries limites" (blcc) et les coûts hors unité de production (offsites). Les blcc incluent les coûts de construction du matériel principal, de l'équipement et des installations de procédé pour une technologie donnée. Ces coûts doivent être exprimés en dollars US. Le système ADIM suppose que chaque unité de production est parfaitement divisible car le modèle de programmation est linéaire. Si les résultats des expériences sont fort éloignés des capacités calculées des "batteries limites", l'utilisateur se doit de réestimer la capacité et les blcc en utilisant par exemple les "facteurs exponentiels" extraits de la base de données ADIM. Les coûts hors unité de production (offsites) peuvent être calculés en pourcentage du coût "batterie limite". Le facteur de coûts "offsites" par défaut est égal à 30%, en accord avec la pratique commune touchant les frais d'ingénierie; mais l'utilisateur peut fournir sa propre valeur du facteur. Pour simplifier, les coûts de pré-investissement et de démarrage sont inclus dans les coûts "offsites". Le facteur de coûts hors-unité (offsites) peut être séparément spécifié pour chaque installation.

Fond de roulement (capital circulant)

Le fond de roulement est défini comme la différence entre l'actif et le passif courants; il est calculé en pourcentage du coût d'investissement total. La valeur par défaut du facteur de fond de roulement est égale à 15% du coût d'investissement total, pour toutes les installations. Généralement, le fond de roulement peut être financé par un emprunt ou par le capital-actions. Le système ADIM suppose que le fond de roulement est financé par un emprunt à court terme et ne doit pas utiliser de capitaux étrangers.

Coûts de production

Entrées primaires

Les données utilisées dans le calcul des coûts peuvent être divisées en deux parties : les entrées primaires, fournies en termes monétaires ou en termes naturels, et les facteurs de calcul des coûts exprimés en pourcentage des entrées primaires.

Les facteurs de calcul sont utilisés dans l'estimation

des postes de coûts à partir de combinaisons des entrées primaires, en accord avec la pratique commune des frais d'ingénierie. Les postes suivants constituent les entrées de calcul des coûts primaires:

- demande en main-d'oeuvre directe, exprimée en nombre d'employés,
- demande en personnel de direction, exprimée comme ci-avant;
- demande en personnel de laboratoire, donnée en nombre d'employés;
- coût des matériaux de laboratoire;
- salaires pour chaque type de travail;
- prix des matières premières, des utilités et des produits.

La demande en main-d'oeuvre directe comprend le nombre d'ouvriers nécessaire pour faire fonctionner l'installation (non qualifiés, ouvriers spécialisés) et directement concernés par la production. Les valeurs par défaut introduites dans la base de données ADIM ont été adoptées à partir des normes de travail utilisées dans les pays industrialisés. En fonction des conditions locales, ces valeurs doivent être vérifiées et réestimées, si les qualifications et l'expérience des travailleurs locaux sont par trop éloignées des normes en usage dans les pays développés. La demande en personnel de direction inclut les travailleurs requis pour la conduite et la gestion au niveau de l'installation. La demande en personnel de laboratoire inclut les travailleurs affectés au contrôle de qualité. Les salaires sont exprimés en montant annuel pour chaque catégorie de travail, en monnaie locale. La valeur par défaut des consommables de laboratoire est égale à 100% du montant annuel des salaires des travailleurs de laboratoire. Comme la valeur de ce facteur est fonction des conditions locales, l'utilisateur est tenu de fournir sa propre estimation.

Schéma des coûts de production

Le calcul des coûts de production utilise une présentation commune des postes de coûts pour toutes les installations. Les facteurs de calcul des coûts pour des nouvelles installations, les installations en fonctionnement et en reconstruction, sont identiques (à l'exception du facteur de coût des "hors unités de production"). Les éléments de coûts inclus dans la base de données ADIM sont les suivants:

demande en main-d'oeuvre directe multipliée par les salaires annuels

- + demande en personnel de direction multipliée par les traitements annuels
- + la demande en personnel de laboratoire multipliée par les salaires annuels
- + les consommables de laboratoire
- + les fournitures de fonctionnement
- + les coûts d'entretien
- + les coûts de matières premières et d'utilités.

= coût de production direct (DMC - Direct Manufacturing Cost)

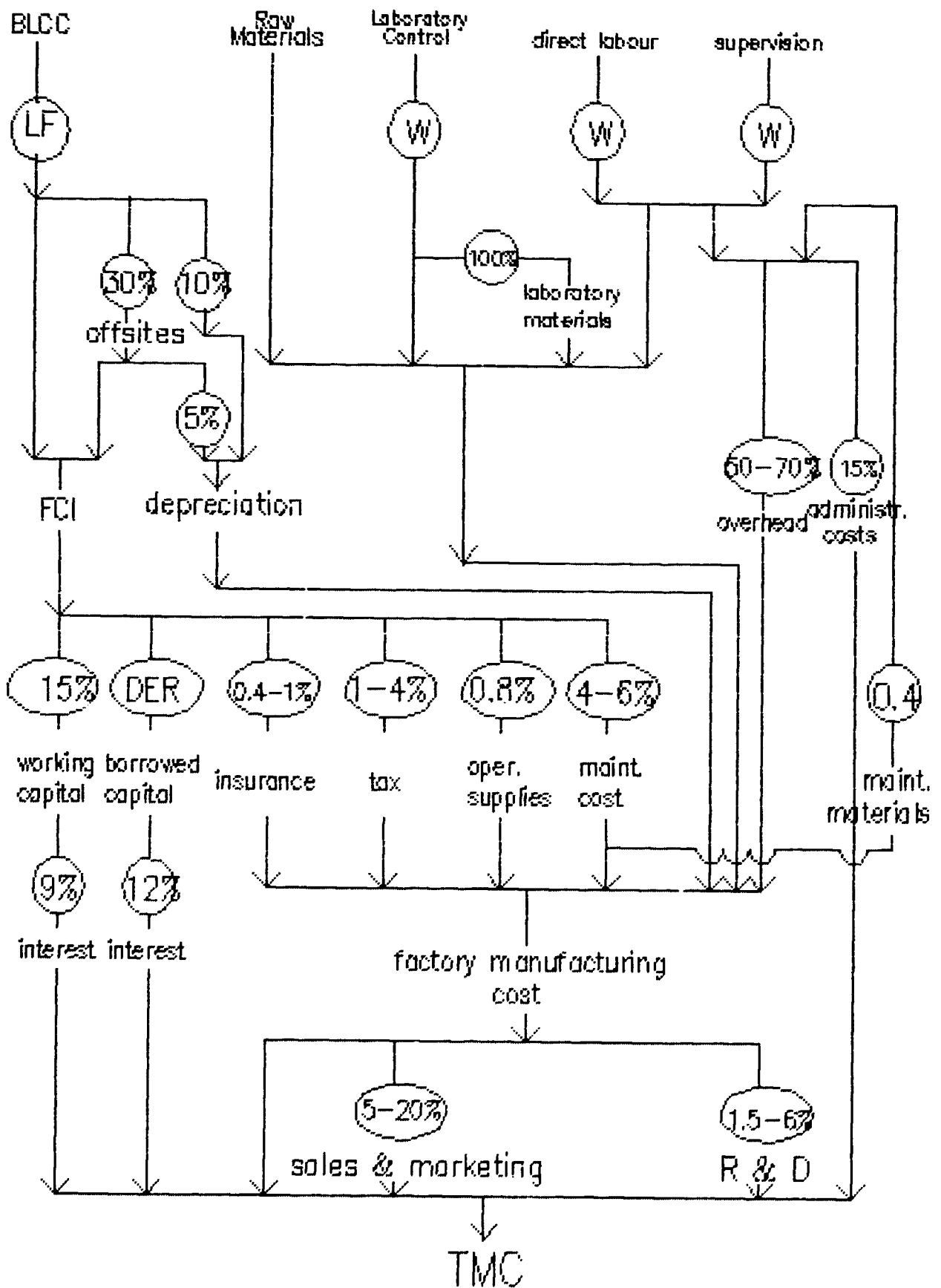
- + frais généraux
- + dépréciation
- + assurances
- + impôts sur la propriété

= coût de production usine (FMC - Factory Manufacturing Cost)

- + frais administratifs
- + ventes et marketing
- + recherche et développement
- + intérêts

= coût de production total (TMC - Total Manufacturing Cost)

La Figure 4. montre les relations entre les positions de coût ainsi que les valeurs par défaut des facteurs de calcul des coûts (exprimés en pourcentage de la somme des valeurs d'entrée). Si l'utilisateur considère que le format de calcul des coûts est par trop détaillé, il peut fixer un pourcentage nul pour certains facteurs.



Cost evaluation scheme

Coût d'entretien

Les coûts d'entretien comprennent les coûts encourus pour maintenir l'installation en bon état de marche, y compris les coûts de réparations. La valeur par défaut du facteur de coût d'entretien est égale à 5% de l'investissement de capital fixe. C'est la valeur correcte pour une sécurité de fonctionnement moyenne de l'installation dans les pays développés et l'utilisateur peut décréter une valeur plus élevée si la fiabilité de l'installation locale est plus faible ou s'il y a pénurie de travailleurs expérimentés pour l'entretien.

Fournitures de fonctionnement

Les fournitures de fonctionnement comportent les coûts des consommables d'entretien, les huiles, les graisses, les produits de nettoyage et la consommation courante de vêtements et d'outillages. Le facteur par défaut de fournitures de fonctionnement ADIM, est égal à 0.8% de l'investissement de capital fixe (FCI).

Coût des matières premières et des utilités

Les matières premières et les utilités ne sont pas distinguées dans l'ADIM. La consommation de ces entrées est calculée comme un coefficient de consommation par unité de produit multiplié par la quantité de production.

Frais généraux

Les postes de coûts types relatifs aux frais généraux sont les salaires et paies de la main-d'oeuvre et des employés non concernés directement par la production, les consommables de bureau et l'élimination des effluents. Le système ADIM calcule les frais généraux au taux de 60% de la somme du travail direct, des coûts de direction et d'entretien.

Dépréciation

Les positions pour dépréciation constituent une part de l'investissement de capital fixe transformée en coût de production et sont fondées sur la valeur initiale de l'investissement. Le système ADIM utilise la méthode de la ligne droite pour le calcul de la dépréciation. Les facteurs de dépréciation par défaut retenus constituent 10% du bloc (battery limits) et 5% du coût hors unité de production.

Assurances

Le facteur de coût d'assurance par défaut est égal à 0.5% de l'investissement de capital fixe. L'utilisateur peut donner sa propre valeur si les règlements locaux relatifs aux assurances en ont décidé autrement. Les valeurs types du facteur d'assurance sont de l'ordre de 0.3 à 1% de l'investissement de capital fixe.

Impôts sur la propriété

Les coûts des impôts sur la propriété comportent les impôts et loyers relatifs au projet d'investissement. La valeur par défaut du système ADIM relativement au taux des impôts sur la propriété est égal à 2% de l'investissement de capital fixe (FCI). Les valeurs types de ce taux varient entre 1 et 4% du FCI.

Frais administratifs.

Les frais administratifs concernent les appointements et salaires du personnel administratif, les fournitures de bureau, les utilités et les communications. La valeur par défaut des frais d'administration est égale à 15% de la somme de la main-d'oeuvre directe, des coûts d'encadrement et d'entretien.

Ventes et marketing

Les coûts de vente, de distribution et de marketing varient dans des proportions importantes en fonction du caractère des produits et de l'étendue du réseau de distribution. L'ordre de grandeur type de ce coefficient est compris entre 5 à 20% du coût de production usine (FMC).

Recherche et développement

Les coûts de recherche et développement (R&D) sont fonction du caractère de la production et les pourcentages types varient entre 1.5 et 6% du coût de production usine (FMC). La valeur par défaut du coefficient de R&D est égale à 3%.

Intérêts

L'intérêt est le coût du capital emprunté. Comme le système ADIM prévoit la possibilité d'un financement externe de l'investissement de capital fixe (FCI), l'intérêt de l'emprunt à long terme est séparé de l'intérêt de l'emprunt à court terme destiné au financement du fond de roulement. Les valeurs exactes des taux d'intérêt sont fonction du pays et du temps. Les valeurs par défaut du système ADIM sont respectivement égales - pour les taux d'intérêt - à 9% (crédits à court terme) et 12% (crédits à long terme).

7. Le système informatique ADIM

7.1. Implications d'ordre méthodologique relatives à l'implantation du système ADIM.

Nous voulons ici évaluer les implications méthodologiques et les avantages résultant de l'utilisation du système informatique ADIM. En effet, il résulte de la méthodologie ADIM que le système informatique associé est implémenté à chaque fois dans une version intentionnellement modifiée pour répondre aux besoins d'un Plan Directeur particulier ou de l'étude de cas considérée.

Comme on l'a déjà mentionné au paragraphe 5.2. sur la formulation du problème, le point de départ de l'analyse est la thèse de développement exprimant l'objectif du développement visant à une satisfaction optimale de la demande tout en réduisant le volume des importations et en cherchant à répartir l'investissement de manière à assurer une rentabilité élevée. Il est immédiatement perceptible que le compromis fondamental à trouver est celui du rapport des investissements et des importations. Dans un cas plus général, on tiendra également compte d'un compromis investissement-exportations ou d'une combinaison des deux rapports mentionnés (cf. le paragraphe 2.2). Tous les autres types d'analyse peuvent évidemment être envisagés, mais ils doivent être rapportés à l'orientation principale définie.

Le système informatique ADIM prend effectivement en compte les critères, les contraintes globales et les indicateurs de performance qui suivent:

- le revenu net du DFD (Net Income - NI),
- la valeur ajoutée à la production du DFD (FDA Manufacturing Value Added - FMVA),
- l'investissement de capital fixe (Fixed Capital Investment - FCI)
- l'investissement national (Domestic Investment),
- les importations du DFD (FDA Import),
- le rapport FMVA/FCI
- le rapport NI/FCI
- la consommation d'énergie du DFD (Energy Consumed in FDA - EC),
- les bénéfices à la production (Production Profit),

- le taux de rendement simple (Simple Rate of Return),
- les importations de production (Production Import),
- la valeur ajoutée à la production (Manufacturing Value Added - MVA),
- le rapport MVA/FCI
- le rapport MVA/valeur de la production,
- les exportations (Export),
- les achats sur le marché national (Domestic Purchase),
- les ventes sur le marché national (Domestic Sale),
- la main-d'oeuvre directe (Direct Labour).

En accord avec les hypothèses de départ, tous les calculs sont effectués en dollars US. Comme le système peut indifféremment effectuer les calculs en monnaies locale (Local Currency -LC) ou étrangère, le taux de change est supposé connu

Résumons maintenant la démarche de la méthodologie ADIM fondée sur les concepts de Domaine de production et de Distribution (DPD) et d'implémentation particulière du système ADIM. Tout d'abord, le DPD couvre les aspects production et distribution, et non le point de vue de la seule production industrielle. Ceci permet d'appréhender les avantages de la méthodologie ADIM au niveau de la planification de l'économie nationale qui est celui du Plan Directeur. Nous voyons ainsi la manière dont le système ADIM assume l'évaluation du niveau intermédiaire de l'économie (cf. le chapitre 2.). Pour les besoins de l'analyse, on suppose que la demande en produits chimiques exprimée sous forme d'un Vecteur de la demande en produits (Demand for Products Vector - DFV), ou par la production, seront assurées car, comme nous l'avons déjà constaté, ceci représente la stratégie de niveau supérieur du développement économique. Ceci équivaut à dire que si la demande ne pourra être satisfaite par la production nationale (issue des DPD), il faudra avoir recours aux importations jusqu'à concurrence du niveau désiré.

Il convient de noter que le revenu net calculé pour un DPD est égal au montant des ventes annuelles duquel on soustrait le coût de production total (TMC) de toutes les installations actives dans un DPD donné et le montant des importations compensatoires. Il s'ensuit que la solution optimale doit prendre en compte également la minimisation des importations; suivant la valeur des deux facteurs: le coût de production total (TMC) et le montant des importations - on choisira la solution la moins chère. Par conséquent, les technologies retenues seront celles qui, au niveau du réseau du DPD, seront plus efficaces que les importations. Nous avons déjà souligné dans la thèse de développement que le taux de rendement de l'investissement

était supposé être le plus élevé possible. Il nous faut ainsi considérer deux principales orientations, dans l'élaboration des mesures politiques ou d'une stratégie de développement, pour l'analyse et les choix en question.

Génération d'alternatives de développement efficaces pour satisfaire la demande.

La première hypothèse est encore la nécessité de la satisfaction de la demande, c'est-à-dire que le vecteur de la demande en produit (Demand for Product vector - DPV) doit être fixé ou défini dans des limites données. La seconde définition d'un vecteur DPV est plus pratique, car elle assure une certaine souplesse au niveau de l'optimisation par l'existence d'un domaine moins contraignant de solutions réalisables et, en même temps, interdit tout niveau irréal de production des produits chimiques qui ne pourront être vendus au dessus d'un certain montant.

Pour un DFD donné, l'analyse peut montrer quel est le coût social de l'objectif à satisfaire en fonction des différents niveaux de restrictions imposés à l'importation. Dans chaque cas, pour un critère "revenu net DFD sur investissement de capital fixe":

$$\begin{array}{l} \text{FDA NI} \\ \text{-----} \text{----} \rightarrow \text{max} \\ \text{FCI} \end{array}$$

et pour un niveau supposé des importations, le ratio industriel correspondant, relatif à un DFD, qui est le bénéfice à la production sur le FCI, atteint également une valeur maximale, mais il peut lui être même supérieur si la satisfaction de la demande a été assurée par des importations complémentaires (nous pouvons alors dire que les deux profits sont concordants mais non égaux). Ce type d'exercice peut être répété pour une demande donnée, et les différentes restrictions relatives aux importations vont amener un compromis fondamental à trancher entre les importations et les investissements. Ce type de compromis peut évidemment être obtenu à partir de différents vecteurs DPV, ce qui donne une famille de courbes de compromis.

A titre d'analyse parallèle (pour une meilleure référence) on peut prendre, au lieu du profit, les valeurs VA (Valeur ajoutée) ou MVA (Valeur ajoutée à la production). Ceci est particulièrement intéressant car on peut ainsi mettre en évidence l'impact de mesures politiques comme le taux d'intérêt, le taux de change, la dépréciation, etc. sur les conditions locales (qui seront par exemple exprimées sous la forme du facteur de localisation déjà mentionné).

Génération d'alternatives de développement efficaces sans satisfaction du vecteur DFV.

Le cas concerne une situation où tous les produits inclus dans le vecteur DFV ne peuvent être fournis au niveau supposé en raison de restrictions portant sur les importations et les investissements. L'analyse sera ici fondée sur la maximisation du rapport NI/FCI pour différents niveaux d'investissement. Cette stratégie vise à assurer un développement plus rentable de l'industrie et l'on importera les seuls biens qui ne sont pas attrayants pour l'industrie ou qui sont indispensables comme matières premières pour une production rentable.

Dans un tel cas, des bornes supérieures seront imposées pour les produits les plus rentables, afin de maintenir leur production à un niveau réaliste. Qui plus est, on suppose que les produits sélectionnés (et stratégiques) seront fabriqués dans le pays (par conséquent, ce seront les seules valeurs bornées sur un segment inclus dans le vecteur DFV). Dans un tel cas le revenu net du DPD (FDA NI) concorde avec les bénéfices à la production et les deux valeurs sont même égales.

Le même type d'analyse peut être effectué avec comme critère la valeur ajoutée à la production (FDA MVA) pour le DFD concerné. Nous ne discutons pas, dans les considérations ci-dessus, les autres modes possibles d'analyse car ils ont un caractère général, assez éloigné donc du concept d'économie intermédiaire fondé sur les calculs du système informatique ADIM. Ceci concerne par exemple l'analyse orientée-énergie où une évaluation multicritères basée sur les combinaisons réalisables des objectifs fournis par le système. Le système informatique ADIM effectue le calcul de tous les facteurs et indicateurs permettant l'évaluation des alternatives de développement assurant l'équilibre entre la rentabilité industrielle et sociale pondérée par les mesures politiques.

7.2. Description fonctionnelle du système.

Le système informatique ADIM-ALG est un outil conçu pour assister l'utilisateur dans la mise en oeuvre des programmes sur ordinateur concernant l'application de la méthodologie ADIM (Aide à la Décision Interactive Multicritères) dans la programmation du développement. Nous donnerons ici une description succincte des modules de base du système pour introduire l'utilisateur dans la structure fonctionnelle du système.

Le système informatique ADIM a été conçu comme un système orienté écran de visualisation à commande par menu, pour constituer un système d'aide à la décision (SAD) convivial. En d'autres termes, on peut dire que tout utilisateur du système est guidé dans son travail par une collection de menus hiérarchisés renfermant toutes les options

fonctionnelles offertes par le système ADIM. Il n'y a donc pas d'appels directs au système d'exploitation et le logiciel du système ADIM est transparent pour l'utilisateur, c'est-à-dire que ce dernier n'opère qu'au niveau des fonctionnalités le concernant.

Par contre, pour tout utilisateur expérimenté qui est familier avec les logiciels d'optimisation de la programmation linéaire et le fonctionnement des ordinateurs, il est néanmoins possible de mettre en oeuvre les expériences d'optimisation de manière plus fine en utilisant les possibilités du système d'exploitation.

Une présentation complète de la structure du système informatique ADIM et de ses fonctionnalités, est donnée dans le "Système informatique ADIM-ALB - Manuel de l'utilisateur", fourni par ailleurs.

Le système informatique ADIM comporte les modules suivants:

- * Module de la base de données,
- * Module de génération d'un modèle de DFD (Domaine de Production et de Distribution),
- * Module d'optimisation d'un DFD,
- * Module d'édition de rapports.

Module de la base de données.

Les fonctions du module sont les suivantes:

- chargement des données dans le système,
- mise à jour des données,
- vérification de la correction formelle des données,
- vérification de la correction structurelle des données.

Logiciel de la base de données:

- système de gestion de base de données (SGBD) relationnelle (par exemple du type INFORMIX)
- modules de spécification des formulaires de données d'entrée,
- modules de communication avec la base de données (écrits en langage C suivant la norme C-SIAM)

- modules de contrôle des données (partiellement écrits en langage C.

Description succincte du module de la base de données

Le module de la base de données est composé de la base de données proprement dite, qui est une collection organisée d'informations, et d'un système de gestion de base de données (SGBD) permettant à l'utilisateur l'introduction, le stockage, la manipulation et la restitution de l'information organisée dans la base de données. Le SGBD permet un accès en mode interactif à la base et fournit des moyens commodes de création de rapports imprimés.

Le Module de la base de données est conçu en conformité avec la philosophie de l'ADIM et est intégré au SAD (système d'aide à la décision). C'est pourquoi ses fonctionnalités ne prennent en compte que les seuls exigences et la structure d'un tel système. Du point de vue de l'utilisateur, les fonctionnalités relatives à l'introduction et à la restitution des données sont essentielles.

Pour ce faire, l'utilisateur est assisté par un jeu de formulaires appropriés. Ces formulaires servent de support à l'introduction, dans la base de données du système, des paramètres intensifs des procédés technologiques ainsi que des données technologiques et économiques des installations. Les modes d'intervention dans la base de données sont assumés par le SGBD.

Si par exemple l'utilisateur a besoin d'une information relative à un procédé chimique particulier (p.ex. la production du phénol), il peut appeler un formulaire orienté procédé et désigner l'option demandée pour chercher le procédé désigné par l'attribut donné (ici la production du phénol). On peut de même se référer à des données mémorisées dans d'autres fichiers de la base de données, comme par exemple les fichiers "installations", "produits chimiques", "déchets", etc. En plus de l'option "requête" pour la recherche de données, l'utilisateur dispose d'autres modes d'action, dont par exemple les commandes "ajouter" (add), "mise à jour" (update), "effacer" (delete).

D'autre part, le SGDB permet à l'utilisateur d'effectuer un balayage des enregistrements et des fichiers à la recherche d'une information définie par sa valeur. Lorsqu'un enregistrement est affiché, il est possible de l'effacer ou de modifier son contenu, ou d'ajouter de nouveaux enregistrements. Qui plus est, le SGBD fournit un système évolué de vérification et de protection des données.

Le contenu de la base des données peut être enregistré à la demande, suivant le format le mieux adapté aux besoins de l'utilisateur. Le module éditeur d'états de

la base de données est fort souple et permet entre autres de réunir sur un état de sortie des données en provenance de plusieurs fichiers.

Comme ce module de la base de données fait partie du SAD, il est pourvu de riches possibilités de communication avec les autres modules de système. Pour assurer la communication, ces procédures de commande appropriées (écrites en langage C) sont incorporées au module. Ceci est rendu possible grâce à l'existence d'une bibliothèque de procédures de la base de données qui permet aux programmeurs connaissant le langage C de manipuler les données dans la base de données à l'aide de programmes spécialisés orientés utilisateurs.

Module de génération d'un modèle de DPD

Les fonctions du module sont les suivantes:

- génération d'un fichier MPS (Mathematical Programming System code - code du système de programmation mathématique),
- génération d'un fichier-dictionnaire (référence des codes MPS - description des agents et utilités),
- génération de fichiers auxiliaires pour la définition d'un scénario d'optimisation général (les agents et utilités qui peuvent être changés en cours d'optimisation, l'ensemble des critères, le mode d'optimisation - programmation multicritères, fractionnelle).

Logiciels du module

- procédures de génération en langage C.

Description succincte du module

La fonction de base du Module de génération du modèle est la sélection et la transformation des données mémorisées dans la base de données en créant un fichier MPS, un fichier DICTIONNAIRE et un fichier MODIFICATION. Le fichier MPS renferme une information organisée suivant la norme de programmation linéaire de la société IBM - le système MPS (Mathematical Programming System 360 version 2) qui est largement utilisé pour des applications de ce type. Il est important que la structure du fichier MPS reflète et prenne en compte la structure du modèle sélectionné pour les expériences de simulation.

Le fichier DICTIONNAIRE contient une description des codes MPS choisis (noms) en langage naturel et la spécification des rapports pour chaque calcul d'optimisation. Ce fichier est en principe un tableau

de références croisées ou l'on trouve les codes MPS et les noms en clair ainsi que les paramètres d'échelle et les unités introduites pour les variables qui apparaissent dans la solution. Ce dernier fichier détermine également l'ordre et le classement (groupements croisés orientés attribut) des résultats rapportés en fonction des exigences de l'utilisateur.

Le fichier MODIFICATION indique les agents et utilités qui doivent être modifiés durant les expériences de simulation sur un modèle donné. Le fichier en question définit également un ensemble de critères qui peuvent être choisis pour un calcul d'optimisation, ainsi que le type de contraintes ou de paramètres particuliers d'un DPD.

Module d'optimisation d'un DPD

Fonctions du Module d'optimisation

- sélection du type d'optimisation (multicritères, programmation fractionnelle, monocritère),
- construction du scénario détaillé,
- modifications possibles des coefficients du modèle (en accord avec les codes MPS - menu de niveau inférieur),
- calculs d'optimisation,
- procédures d'analyse postoptimale,
- rapports facultatifs des situations d'urgence,
- affichage rapide des résultats (menu),
- archivage préliminaire des résultats.

Description succincte du module

L'implantation du Module d'optimisation est cruciale pour l'efficacité du système global. Comme les modèles DPD - semblables considérés sont des problèmes de programmation linéaire de grande taille (le nombre de variables peut varier de 500 à 5000), les exigences d'efficacité et de stabilité numérique quant au logiciel utilisé, sont fort élevées. Ceci veut dire que l'implantation d'un module fondé sur un programme linéaire professionnel ne fait pas l'objet de doute.

Un autre postulat important dont on doit tenir compte dans le projet à réaliser, est que toutes les modifications du problème de programmation linéaire doivent être effectuées directement dans la mémoire centrale (c'est à dire dans les tables du progiciel de programmation linéaire). Ceci veut dire que le progiciel

d'optimisation peut être appelé comme un sous-programme. Ce dernier postulat est parfois difficile à satisfaire, en raison de la structure spécifique de nombreux progiciels et en l'absence d'une documentation appropriée.

Un exemple de logiciel professionnel évolué pouvant être facilement inséré dans le Module d'optimisation, est le progiciel MINOS (Stanford University, 1977). Pour les modèles DFD - semblables, ce progiciel a été étoffé avec des procédures d'optimisation multicritères et à critère fractionnel, ainsi qu'avec des procédures d'analyse de sensibilité. Une nouvelle version de ce progiciel - le FOSTAN - a été développée par le LIES, dument testée et incorporée au Module d'optimisation.

De même que les autres modules du SAD, le Module d'optimisation est commandé par menu et peut communiquer avec les autres parties du système.

Module d'édition de rapports

Les fonctions du module sont les suivantes

- édition des résultats avec des formats par défaut,
- édition de la sortie requise qui comporte des résultats de calculs additionnels fondés sur la solution optimale et les données d'entrée sélectionnées.

Description succincte du module

Le Module d'édition de rapports a une double fonction. En premier lieu, il commande la sortie du calcul d'optimisation suivant la structure du fichier DICTIONNAIRE créé par le Module de génération de modèle. Deuxièmement, il permet de produire des rapports sous une forme quelconque requise par l'utilisateur.

La première fonction du module constitue un interface entre le Module d'optimisation et le Module de la base de données. La seconde fonction du module est assurée par un éditeur de rapport relationnel du SGRD. Ce dernier contribue à l'assemblage de différents éléments de la base de données. Dès que l'information se trouve être réunie, des commandes puissantes de formatage des rapports permettent de composer des rapports renfermant un sous-ensemble quelconque de la base de données. Comme les résultats de plusieurs expériences de simulation peuvent être conservés dans la base de données, le module d'édition peut être utilisé pour comparer les expériences sélectionnées suivant différents points de vue.

En plus des applications directes du module, celui-ci offre également des fonctions évoluées comme les calculs sur des rubriques choisies, la commande de sorties suivant des conditions logiques portant sur les données de sortie, les tris, etc.

8. Etude de cas PETROCOMPLEX

8.1 Introduction

L'étude de cas en question concerne la programmation du développement d'un Domaine de Production et de Distribution (DPD) relatif à la chimie organique, DPD dénommé PETROCOMPLEX.

Bien que nous n'oublions pas l'utilité réelle de l'analyse, nous avons l'intention de nous tenir à un style pédagogique dans notre étude, ce qui va entraîner certaines simplifications et limitations. Bien que, pour les besoins de l'analyse comparative ainsi que pour couvrir un plus grand champ de scénarios de développement, le réseau original des technologies de PETROCOMPLEX a été porté à plus de 20 installations. Grâce à cette extension, l'étude de cas considérée est devenue un exemple représentatif de la méthodologie ADIM et c'est pourquoi nous l'avons inséré dans notre Guide.

8.2 Description du DPD basé sur PETROCOMPLEX

Le réseau technologique considéré dans notre étude de cas comporte des profils technologiques fondés sur l'éthylène, le propylène et les aromatiques comme produits de base. L'ensemble des profils sélectionnés pour l'analyse comporte les profils de PETROCOMPLEX ainsi que les technologies alternatives ou additionnelles dérivées des semi-produits ou sous-produits présents dans le réseau.

L'idée principale de sélectionner les profils peut être résumée suivant les règles principales suivantes:

1. L'analyse est concentrée sur les principales chaînes de traitement sélectionnées suivant des orientations de production bien définies.
2. On a retenu les seules chaînes où les unités technologiques sont à une échelle économique.
3. Le répertoire technologique doit consister en complexes de traitement intégrés, dans la mesure du possible, ceci afin d'éviter une situation où le DPD produit des sorties substantiellement gênantes, inutiles ou difficiles à écouler (une utilisation possible ou un traitement ultérieur doivent être prévus).
4. Il faut considérer avec circonspection toutes technologies par trop complexes ou présentant des risques.

5. Il convient de ne pas oublier que lorsqu'on suit les chaînes de traitement, en passant des intermédiaires aux semi-produits pour aboutir aux produits finis, les coûts d'investissement vont croître dans des proportions respectives de 1:4:10.

Le réseau technologique existant a été enrichi avec des technologies supplémentaires correspondant aux principales orientations suivantes:

1. Production d'éthylène, de propylène, d'essence de pétrole pyrolytique et de la fraction C₄ à partir du naphte.
2. Traitement de la fraction C₄ à partir du craquage de l'éthylène, c'est-à-dire:
 - extraction du butadiène,
 - traitement du butadiène (PB, SBR, BS, ABS),
 - utilisation de la fraction C₄ à partir de l'extraction du butadiène, c'est-à-dire production de MTBE et/ou autres produits.
3. Traitement de la gazoline pyrolytique pour obtenir des aromatiques, essentiellement le benzène, et par conséquent la fabrication du:
 - caprolactame
 - acide adypique,
 - hexaméthylamine,
 - phénol.
4. Extension du réseau de base comme pour les orientations 1 et 2:
 - production de méthanol pour un traitement ultérieur visant à produire de l'acide acétique, du MTBE, du méthylméthacrylate,
 - production d'hydrogène pour l'hydro-désalkylation de la gazoline pyrolytique visant à produire du benzène,
 - production de polyéthylène basse densité (LLDPE),
 - production de perchloroéthylène,

- production de méthylméthacrylate (pour utiliser l'hydrogencyanide à partir de la production d'acrylonitrile),
- production de l'acide acétique à partir du méthanol.

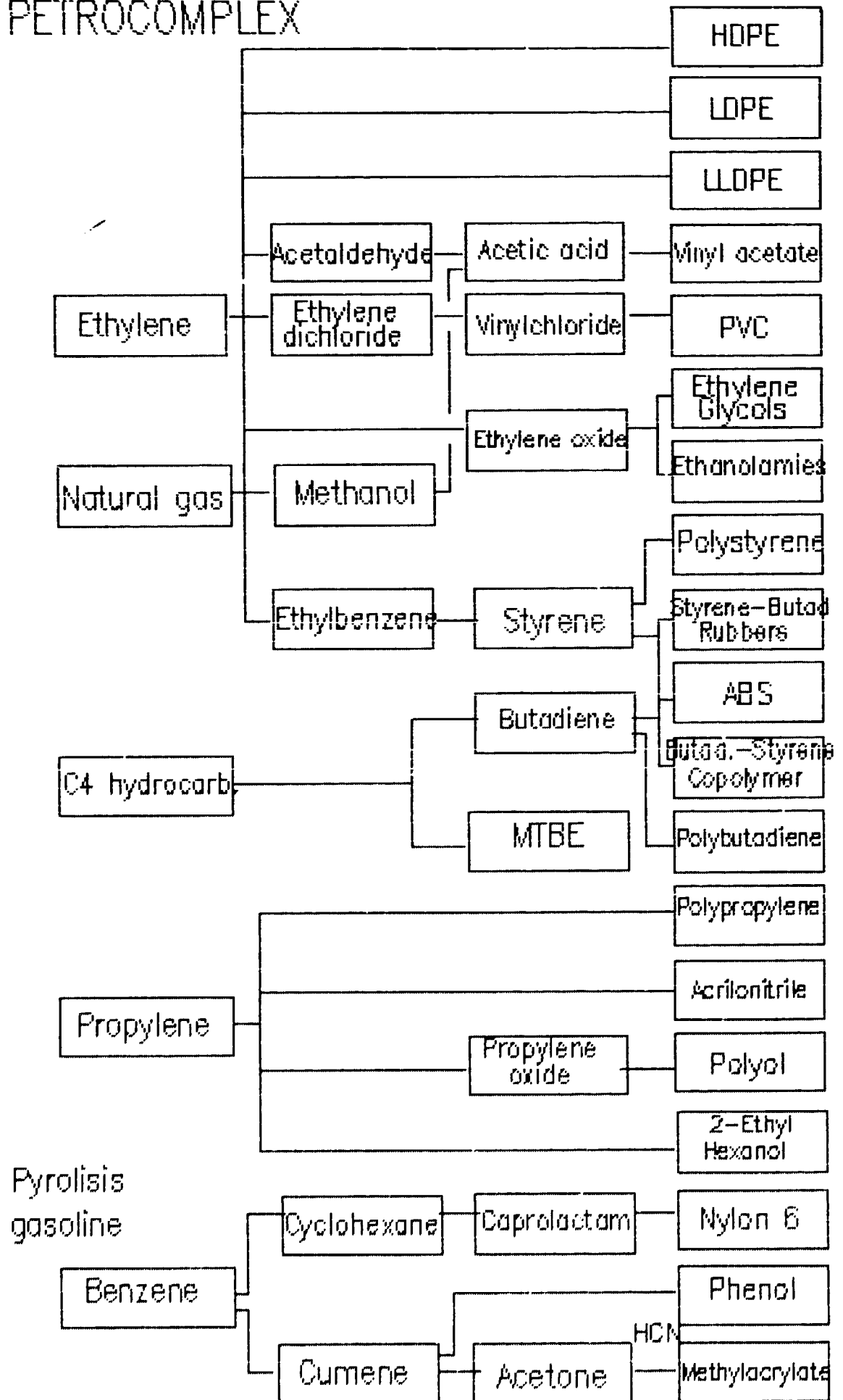
En conclusion, l'objet de ces extensions est un développement de l'industrie chimique visant à la production de:

- a) caoutchoucs synthétiques et élastomères; FB, SBR, BS,
- b) fibres polyamides à partir du caprolactame (nylon 6), de l'acide adypique et de l'HMDA (nylon 66),
- c) phénol pour les résines, les colorants, les peintures, les produits pharmaceutiques et les pesticides,
- d) MTBE comme additifs à la gazoline,
- e) autres matières plastiques; MM, ABS.

La structure du réseau PETROCOMPLEX est donnée sur la Fig. 5.

PETROCOMPLEX

Fig.



8.3. Formulation du problème

Nous allons formuler notre problème en suivant les grandes lignes de la méthodologie donnée au chapitre 5; il est toutefois bien clair que nous avons toujours affaire à un cas spécifique. Venons en d'abord à la formulation de la thèse de développement.

Le DFD appelé ici FETROCOMPLEX a été décrit en 8.2. Les données sont accessibles pour un seul marché, mais il est supposé qu'en général les achats sont des importations, tandis que les ventes sont équivalentes aux exportations.

Par conséquent l'objectif de la stratégie de développement pour FETROCOMPLEX peut être décrite comme la satisfaction bénéficiaire de la demande estimée résultant de l'analyse du marché. L'investissement doit être le plus efficace possible. Une préférence forte est la minimisation des achats, ce qui équivaut dans notre cas précis à une réduction des dépenses à l'importation.

Pour des raisons techniques, des contraintes additionnelles sont introduites, à savoir: l'achat d'intermédiaires non transportables est interdit. Ceci impose de les fabriquer dans le cadre de FETROCOMPLEX, si une telle production s'avère indispensable dans l'étude de cas considérée.

Les ressources critiques de FETROCOMPLEX sont les suivantes:

- l'investissement qui est équivalent à des dépenses à l'étranger car les technologies doivent être importées et il faut donc que leur valeur soit minimisée,
- le profit est une mesure des résultats économiques du DFD et il doit être maximisé.

Le classement du profit comme une ressource critique nécessite un commentaire. C'est une ressource de sortie car il est obtenu à partir du DFD. L'efficacité du dégagement d'un profit par un investissement, est critique pour le développement.

A partir de ce qui vient d'être dit, nous pouvons dégager une règle d'évaluation de l'efficacité du DFD de manière naturelle:

Profit

le rapport ----- --> max

Investissement

Cette règle exprime les préférences exprimées en tenant compte des ressources critiques.

Nous devons maintenant nous attacher à la structuration

hiérarchique de notre cas (cf le chapitre 5):

Niveau 1:

La demande pour les produits est bien définie,

Niveau 2:

Le critère de performance global est égal au rapport:

$$\frac{\text{Profit}}{\text{Investissement}} \rightarrow \text{max}$$

Niveau 3:

Les ressources critiques sont l'investissement et les dépenses à l'étranger qui se doivent d'être minimisées. Ceci équivaut à dire qu'en investissant dans le développement du complexe, nous avons l'intention de réduire les importations en cherchant à atteindre un taux de rendement simple aussi élevé que possible.

Niveau 4:

Aucune contrainte spécifique n'est imposée quant à la disponibilité des matières premières et des intermédiaires, à l'exception de l'unique contrainte relative à l'achat d'intermédiaires non transportables tels que l'hydrogène, le gaz de synthèse, etc.

8.4 Solution du problème

Dès que le problème est formulé, une série d'expériences est effectuée en utilisant le système ADIM. Ces expériences sont sélectionnées et ordonnancées suivant une procédure appropriée pour l'analyse d'une telle classe de cas.

Phase 1: Evaluation préliminaire du DPD

- * Objectif : Investissement \rightarrow min
- * Contraintes : objectif de production fixé.

L'expérience 1 fournit l'investissement minimal nécessaire pour satisfaire la demande, indépendamment de sa rentabilité. Par conséquent, l'expérience consiste à calculer la taille de l'investissement nécessaire. Les expériences 2, 3, et 4 sont similaires à l'expérience 1, mais des contraintes additionnelles sont imposées relativement aux importations qui doivent respectivement être inférieures à 850, 800 et 750 millions de dollars. Ces expériences sont effectuées pour montrer l'impact de la substitution des importations par l'investissement. Les relations existant entre les valeurs investies et les achats, sont données sur la Fig. 6.

Phase 2: Analyse de la rentabilité

- * Objectif: Profit \rightarrow max
- * Contraintes: investissement à borne supérieure. L'objectif de production est borné par le haut.

Pour le scénario ainsi formulé, on a effectué toute une série d'expériences. Les résultats indiquent les structures de production les plus profitables correspondant aux divers niveaux d'investissement. Une certaine souplesse dans l'accomplissement de l'objectif de production, a été facilitée par la fixation de bornes supérieures à la production finale. Il est évident que, pour un investissement donné, le profit maximal correspond à la meilleure valeur du taux de rendement simple rapporté à l'investissement. Finalement, nous pouvons observer que le maximum du rapport d'efficacité, c'est-à-dire le profit rapporté à l'investissement, est atteint.

Les relations existant entre les valeurs de profit maximal et les niveaux d'investissement, ainsi que les valeurs MVA (Valeurs ajoutées à la production) correspondant aux profits optimaux, sont représentés sur la Fig. 7. Les relations correspondantes entre les rapports d'efficacité et l'investissement, sont données sur la Fig. 8. Les principaux résultats des expériences effectuées, sont recueillis dans le Tableau 3. Finalement un exemple de rapport complet qui réunit tous les résultats d'une seule expérience, est également donné. L'expérience choisie pour notre cas, illustre la meilleure réalisation possible de la thèse de développement de PETROCOMPLEX, dans les conditions retenues. Il est évident que d'autres choix d'alternatives de développement sont possibles en accord avec d'autres préférences du décideur.

Tableau 3. Maximisation du profit sous contraintes d'investissement

FCI	Profit	MVA	Profit/FCI	MVA/FCI	Ventes	Achats
min \$	min \$	min \$	-	-	min \$	min \$
250	143	208	.572	.632	516	306
75	204	297	.545	.792	689	389
500	261	378	.523	.756	772	390
625	315	461	.505	.738	938	473
750	358	533	.478	.710	1099	561
875	394	600	.451	.686	1300	693
1000	430	667	.430	.667	1500	825
1125	466	735	.414	.653	1700	957
1250	502	802	.402	.641	1901	1089

où: FCI - Investissement de capital fixe, MVA - Valeur ajoutée à la production)

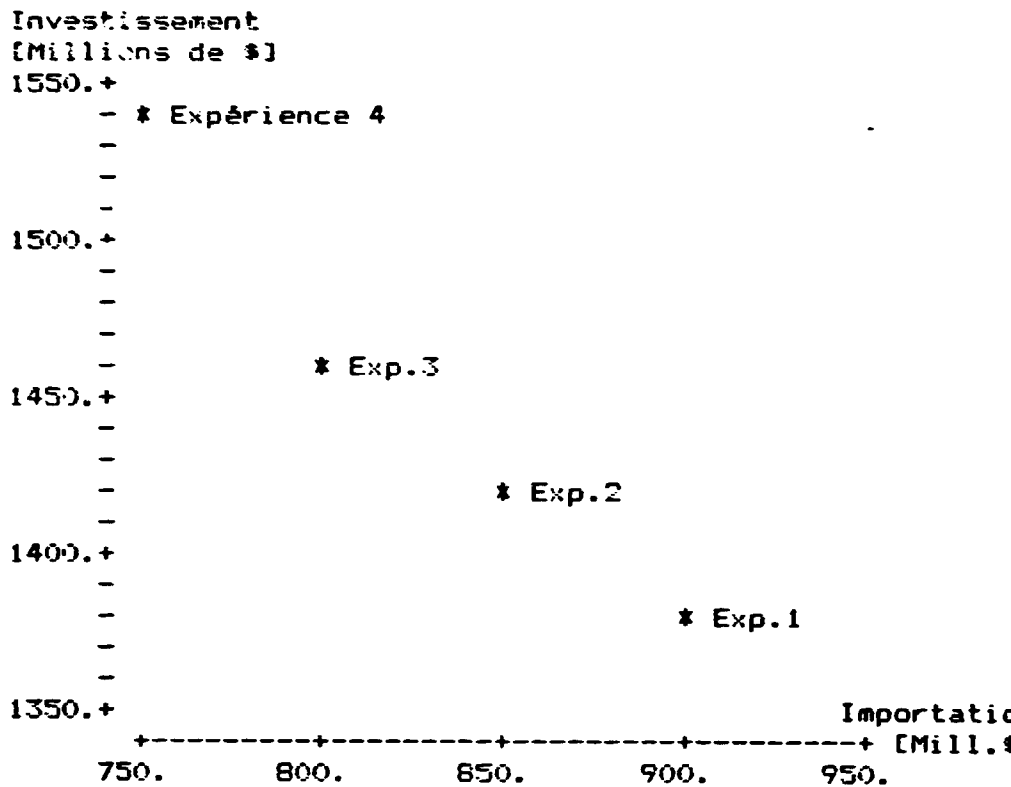


Fig. 6 Relation existant entre les importations et les investissements

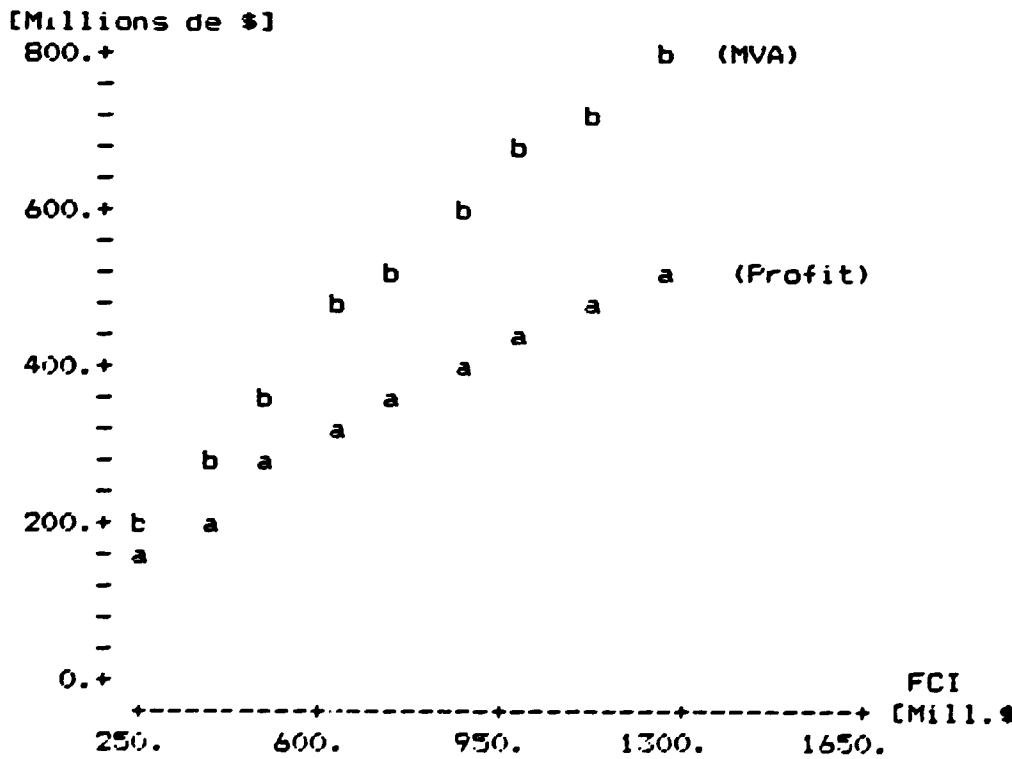


Fig. 7. Relation entre le profit maximal (et la MVA correspondante) et l'investissement.

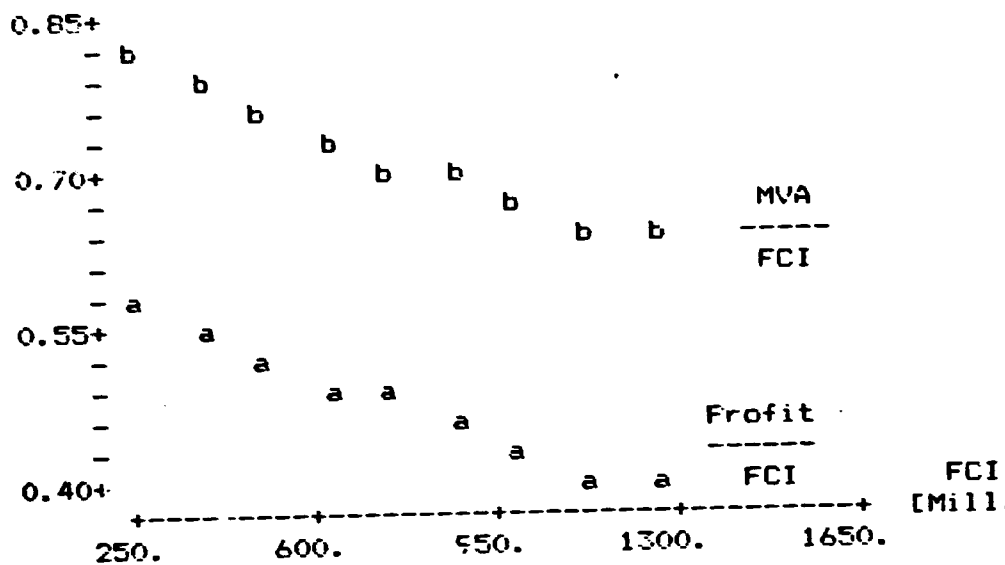


Fig.8 Relations MVA/FCI et Profit/FCI contre FCI

**Laboratoire Interministériel des Etudes de Systèmes
Publications**

- Borek, A., Dobrowolski, G., Zebrowski, M. (1978) *GSOS - Growth Strategy Optimization System for the Chemical Industry* Proc. of MECO-78, Athens, Vol. 3.
- Gorecki, H., Kopytowski, J., Zebrowski, M. (1978) *Research on Methods of Design of Optimal Strategy of Growth of the Chemical Industry on the National Economy Level* Proc. of IV Italo-Polish Symposium on Mathematical System Theory of Management and Economics, Bergamo.
- Borek, A., Dobrowolski, G., Zebrowski, M. (1978) *Simulation Methods or Simulation System* Materials of Seminar on Simulation Methods in Management, Lubartow.
- Borek, A., Dobrowolski, G., Skowiniak, A., Zebrowski, M., (1978) *Modelling, Simulation and Optimization System for Development Programming of the Chemical Industry* Proc. of the Session of the Academy of Mining and Metallurgy.
- Dudek-Dyduch E., Dyduch, T., Zebrowski, M., (1978) *An Algorithm for Optimization of Investment Distribution in a Long Range Planning System for the Chemical Industry on the National Economy Level* System Science V, Wroclaw.
- Skrzynski, M., (1978) *A Multilevel Algorithm for Control of Economic Systems* Proc. of Session in the AMM, Krakow.
- Jaworowski, J., Majewski, J. (1978) *DRMS - Data Base for Simulation Methods in Management* Lubartow.
- Borek, A., Dobrowolski, G., Zebrowski, M. (1979) *Methods of Systems Analysis in Programming Development of the Chemical Industry* Proc. of United Nations Conf., Planchem-79, Warsaw.
- Borek, A., Dobrowolski, G., Zebrowski, M. (1979) *Problems of Development Programming - An Example of the Chemical Industry* Materials of the 2-nd School of Systems Engineering, Orzysz.
- Kopytowski, J., Zebrowski, M., Dobrowolski, G. (1979) *Model of a Balance State of a Process Industry for Production Planning and Growth Management* Paper presented at EURO-III Congress, Amsterdam.
- Borek, A., Dobrowolski G., Zebrowski, M. (1979) *Applications of Systems Analysis in the Management of Growth and Development of the Chemical Industry* Report CHEM/SEM.8/R.16. Chemical Industry Committee of the United Nations.

- Dobrowolski, G., Kopytowski, J., Zebrowski, M. (1980) *Development Forecast of Production Structure* Proc. of Int. UIA Conf., Zakopane.
- Dobrowolski, G., Kopytowski, J., Zebrowski, M. (1980) *Systems Analysis in Management of Optimal Strategy of Growth* IFAC/IFORS 3-rd Conf., Warsaw.
- Karpiel, M. (1980) *On Economic Aspects of Industrial Development Programming* Proc. of IEFCh Seminar, Krakow.
- Jaworowski, J., Rys, T. (1980) *A Fast Loop Analyser and Its Applications to Testing of Large SD Computer Models* Proc. of SIMULATION'80, Switzerland.
- Goscinski, A., Fiekutowski, R., Rys, T., Szmuc, T. (1980) *PROLSEP - A Real-Time Language for Sequential Processes* Proc. of IFAC Conf., West Germany.
- Jaworowski, J., Rys T. (1980) *Automatic Loop Analysis by Means of "Loop Analyser" for Models of Dynamic Systems Implemented in DYSMAP - Simulation Language* Materials of School for Simulation of Economic Systems, Lubachow.
- Rys, T. (1980) *Problems of Computer Simulation of Systems. Example of DYSMAP Simulation Language* Materials of School for Simulation of Economic Systems. Lubachow.
- Dobrowolski, G., Jaworowski, J., Rys, T. (1981) *A Specialized Data Base* Mat. of VTEI Seminar, Trojanowice, CSRS.
- Dobrowolski, G., Rys, T., Zebrowski, M. (1981) *Analysis of 3D Models Based on Experiments with Families of Trajectories* Materials of System Dynamics Research Conference, USA.
- Dobrowolski, G., Rys, T. (1981) *A Dynamic Model for Development Programming of Production - Distribution Area. Theory and Applications* Materials of School of Economic Systems Simulation, Trzebiatowice.
- Ziembla, W.T. (1981) *Project Optimization* Scientific Bulletin of the Academy of Mining and Metallurgy. Series on Mechanics, Nr 146, pp. 139-148.
- Ziembla, W.T. (1982) *Job Scheduling in Production Systems under Interoperation Constraints* Scientific Bulletin of the Academy of Mining and Metallurgy, Series on Automatics, Nr 33, pp. 405-410.
- Skocz, M. (1983) *One Decomposition-Coordination Method in Modelling a Decentralized Planning Process in the Chemical Industry* Proc. of the 11th I.XF Conf. on Systems Modelling and Optimization, Copenhagen.
- Dobrowolski, G., Zebrowski, M. (1984) *Development Programming of the Chemical Industry. Tools and Methods* Seminar of the Industrial Chemistry Research Institute on

"Raw Materials vs Production Structure", Zaborow, Poland.

Dobrowolski, G., Majewski, Z. (1984) *Analysis for Development - Example for Systems Based on Coal, Crude Oil and Natural Gas* ICRI Seminar, Zaborow.

Skocz, M. (1984) *Programming of Demands for Products of a Given Production - Distribution Area*. ICRI Seminar, Zaborow.

Borek, A. (1984) *An Example of Planning Analysis on the Factory Level*. ICRI Seminar, Zaborow.

Zebrowski, M. (1984) *Problems of Energy - Technological Reconstruction of the Chemical Industry* ICRI Seminar, Zaborow.

Dobrowolski G., Kopytowski J., Rys T., Zebrowski M. (1984). *Programmierung der Entwicklung der Chemischen Industrie. Methodik und Instrumente* Report of the Industrial Chemistry Research Institute, Warsaw, for Conference of VEB Chemische Werke Buna, GDR.

Dobrowolski G., Kopytowski J., Rys T. (1984). *Ein dynamisches Modell Des Processes Der Realisierung Von Investitionen* Report of the Industrial Chemistry Research Institute, Warsaw, for Conference of VEB Chemische Werke Buna, GDR.

Skocz, M. (1984) *An Optimization Method for Pesticides Application* Proc. of IX C.I.E.C. World Congress, Budapest, Vol.3, pp.171-173.

Skocz, M. (1985) *A Hierarchical Optimization Approach to Analysis and Design of a Decentralized Planning Process* AMSE Periodicals on Modelling, Simulation and Control, Vol.2, Nr 2, 1985.

T.Rys, M.Skocz, M.Zebrowski, W.Ziembla (1986) *Modelling the Chemical Industry for Hazardous Waste Management*. Proceedings of International AMSE Conference on Modelling and Simulation, Sorrento, Naples Golf'86, September 1986. (in print).

W. Ziembla (1986) *Permutative Job-Shop Scheduling under Interoperation Constraints* Proceedings of International AMSE Conference on Modelling and Simulation, Sorrento, Naples Golf'86, September 1986. (in print).

M.Skocz, M.Zebrowski (1986). *An Extended Resources Allocation Method in Design of Industrial Development Strategy*. Proceedings of IFAC Symposium on Large Scale Systems, Zurich, Switzerland (in print).

Autres références.

- Bellman R., (1961) *Adaptive Control Processes - a Guided Tour*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Kendrick D.A. and Stoutjestijk A.J. (1978), *The Planning of Investment Programs. Vol 1 A Methodology*. Published by Johns Hopkins University Press, Baltimore M.D., for World Bank Research Publications.
- Sophos A., Rotstein E., Stephanopoulos G., (1980) Multiobjective analysis in modelling the petrochemical industry *Chemical Engineering Science* 35(12): 2415-2426.
- Palmer K., (1984) *A model management framework for mathematical programming*, An EXXON Monograph, Wiley New York.

**"PLAN DIRECTEUR DE DEVELOPPEMENT
DE L'INDUSTRIE CHIMIQUE EN
ALGERIE"**

/EXTENSION POUR LA PETROCHIMIE/

DP/ALG/86/008/21-04/

Rapport technique: Implantation du système informatique d'Aide à la Décision Interactive Multicritères ADIM-ALG et mise en oeuvre de la méthodologie ADIM pour la programmation du développement de l'industrie pétrochimique en Algérie

RAPPORT FINAL

Préparé pour le Gouvernement de la République Algérienne Démocratique et Populaire par l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel, remplissant les fonctions d'agent d'exécution pour le compte du Programme des Nations Unies pour le Développement.

**Réalisé à partir d'un travail du LIES:
Laboratoire Interministériel pour les Etudes de Systèmes
près l'Académie des Mines et de la Métallurgie, à
Cracovie, Pologne**

**Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel
Vienne, Autriche**

Septembre 1988

Table des matières

1. Introduction
2. Présentation détaillée des fournitures et des travaux effectués
 - 2.1 Généralités
 - 2.2 Matériels et logiciels fournis
 - 2.3 Documentation fournie
 - 2.4 Formation des utilisateurs
 - 2.5 Réalisation des études de cas
3. Identification du problème (Industries chimiques et pétrochimiques)
 - 3.1 Généralités
 - 3.2 Marché algérien - Etat actuel
 - 3.2.1 Structure de la demande par secteurs d'utilisation
 - 3.2.2 Importations
 - 3.2.3 Exportations
 - 3.3 Matières premières
 - 3.3.1 Etat actuel
 - 3.3.2 Prévisions
 - 3.4 Structure industrielle (installations, capacités existantes, procédés technologiques)
 - 3.5 Perspectives de développement à l'an 2000
 - 3.5.1 Hypothèses retenues
 - 3.5.2 Scénarios
 - 3.5.3 Commentaires
4. Hypothèses de base et questions de méthode

- 4.1 Historique et hypothèses de base
- 4.2 Recherche suivie
- 4.3 Analyse des modèles
- 4.4 Résultats de l'analyse préliminaire du domaine HTOP
- 4.5 Résultats de l'analyse préliminaire du domaine FETR
- 5. Formulation de la thèse de développement
- 6. Documentation des études de cas réalisées
 - 6.1 Généralités
 - 6.2 Révision du "DPD global de l'industrie chimique"
 - 6.3 "DPD de l'industrie pétrochimique"
 - 6.4 "DPD intégré des industries chimiques et pétrochimiques"
 - 6.4.1 Généralités
 - 6.4.2 Simulations de base du cas intégré
 - 6.4.3 Etude de sensibilité
 - 6.4.4 Analyse du programme ONUDI
 - 6.4.5 Analyse comparative et conclusions
 - 6.4.6 Précision du calcul des investissements
 - 6.5 Conclusions
- 7. Industrie algérienne des engrais
 - 7.1 Généralités
 - 7.2 Etat actuel
 - 7.2.1 Structure des terres cultivables et fertilisation
 - 7.2.2 Les matières premières
 - 7.2.3 Commerce extérieur algérien des engrais

- 7.2.4 Industrie des engrais - Etat actuel
- 7.2.5 Possibilités actuelles de production de l'industrie des engrais
- 7.3 Prévisions de la consommation d'engrais à l'horizon 2000
 - 7.3.1 Scénarios de la consommation d'engrais
 - 7.3.2 Accroissement postulé de la consommation d'engrais
 - 7.3.3 Profil de production des engrais
- 7.4 Alternatives du programme de développement de l'industrie des engrais
 - 7.4.1 Bilan de l'ammoniac et de l'acide phosphorique
 - 7.4.2 Simulation de la programmation du développement de l'industrie des engrais à l'an 2000
 - 7.4.2.1 Hypothèses de travail et données de départ
 - 7.4.2.2 Analyse des résultats de simulation
- 7.5 Conclusions
- 7.6 Petit glossaire français et anglais des sigles utilisés dans le chapitre 7
- 7.7 Références
- 8. Planification des investissements
 - 8.1 Considérations méthodologiques
 - 8.2 Planification de la réalisation du programme de développement
- 9. Conclusions et recommandations
 - 9.1 Récapitulation des résultats obtenus
 - 9.2 Conclusions relatives aux industries chimiques et pétrochimiques
 - 9.3 Conclusions relatives à l'industrie des engrais

9.4 Recommendations

10. Références

11. Annexes:

Annexe 1. Comptes-rendus, Notes de travail et documents divers

Annexe 2. Résultats des expériences et simulations sur ordinateur

Annexe 3. Profils technologiques

1. Introduction

Le présent rapport contient les résultats du travail effectué par l'équipe du LIES, en collaboration avec le MEICP, relativement au "Plan Directeur de développement de l'industrie chimique en Algérie - extension pour la pétrochimie", dans le cadre du projet ONUDI DP/ALG/86/008(21-04).

Le programme initialement prévu dans le contrat, s'est trouvé être élargi en cours de réalisation, pour satisfaire aux besoins exprimés par la partie algérienne. L'essentiel du travail effectué peut être résumé comme suit:

A. Fourniture et installation au MEICP du matériel informatique constitué par un micro-ordinateur compatible IBM-PC/AT2 avec deux terminaux à écran, et un micro-ordinateur compatible IBM-PC/XT.

B. Mise au point et fourniture au MEICP d'une version améliorée du produit ADIM-ALG (Aide à la Décision Interactive Multicritères) appelée "ADIM-ALG+".

C. Dans le cadre de la programmation du développement des industries chimiques et pétrochimiques, on a effectué les travaux suivants:

1. Identification des domaines de la pétrochimie et des engrais faisant l'objet d'une analyse, sous forme de deux études de cas constituant des entités appelées Domaines de Production et de Distribution - DPD. Ces DPD sont les suivants:
 - "DPD de l'industrie pétrochimique"
 - "DPD de l'industrie des engrais"
2. Constitution des modèles des DPD correspondants et expériences de simulation en utilisant le produit ADIM-ALG+, à partir d'hypothèses de travail convenues d'un commun accord et satisfaisant à une thèse de développement.
3. Révision du "DPD global de l'industrie chimique" (DPD No 6 de l'EDIC) à partir de nouvelles données relatives à la demande et addition de nouveaux profils technologiques (fournis par le LIES).
4. Considération d'une étude de cas intégrée "DPD intégré des industries chimiques et pétrochimiques" constituant une consolidation des "DPD global de l'industrie chimique" et "DPD de l'industrie pétrochimique".

5. Réalisation de diverses simulations du "DPD intégré des industries chimiques et pétrochimiques", en accord avec les scénarios retenus.
6. Elaboration, à titre d'exemple, d'un calendrier des investissements d'une variante de programme de développement pour le "DPD intégré des industries chimiques et pétrochimiques".
7. Formulation des conclusions et recommandations.

Les tâches mentionnées aux points 3,4 et 5 n'étaient pas initialement prévues dans le contrat.

D. Formation d'une équipe pluridisciplinaire d'experts algériens comportant:

- une partie théorique (cours magistral),
- des exercices pratiques sur ordinateur portant sur la mise en oeuvre de toutes les fonctionnalités du produit ADIM-ALG+,
- une autoformation du type "apprendre en faisant" consistant en un travail autonome des experts algériens et une part active aux travaux effectués par l'équipe du LIES.

L'industrie pétrochimique ici considérée est en amont de l'industrie chimique. Les produits finaux de ces deux branches sont les matières premières de tous les secteurs de l'économie nationale. L'intégration des industries chimiques et pétrochimiques dans un domaine global "DPD intégré des industries chimiques et pétrochimiques", a permis de constituer un modèle pour la Programmation Intégrée du Développement qui assure un bilan cohérent avec le réseau technologique optimisé, en partant des matières premières de base pour aboutir aux produits finaux. Dans toutes ces études de cas, on a procédé suivant la méthodologie ADIM de programmation du développement des industries chimiques et pétrochimiques.

Le contenu du présent rapport est organisé en conséquence. Dans le chapitre 2, qui est la section préliminaire, on donne une présentation détaillée des fournitures et des travaux effectués dans le cadre du présent contrat.

Le chapitre 3 constitue la contribution majeure de l'équipe d'experts algériens au niveau de l'identification du problème. On y trouve décrits l'état actuel du marché algérien, l'analyse des ressources algériennes en matières premières et une caractéristique de l'industrie algérienne. A partir de ces données, on a formulé des prévisions

relatives à la demande en produits finaux à l'horizon 2000 ainsi que les prévisions quant à l'accessibilité des matières premières nécessaires. Ceci a permis enfin de formuler les principaux scénarios de développement.

Le chapitre 4 introduit les hypothèses de départ de l'analyse. De plus, certains aspects méthodologiques spécifiques à la situation considérée sont mentionnés:

Dans le chapitre 5, on a formulé la thèse de développement portant sur les objectifs poursuivis et les stratégies possibles.

Le chapitre 6 renferme une description détaillée des résultats des études de cas réalisées, à savoir:

- "DPD de l'industrie chimique"
- "DPD de l'industrie pétrochimique"
- "DPD intégré des industries chimiques et pétrochimiques"

ainsi que les conclusions relatives au travail effectué.

Le chapitre 7 traite de l'industrie algérienne des engrais et présente les résultats des simulations effectuées dans le cadre de l'étude de cas "DPD de l'industrie des engrais".

Le chapitre 8 contient à titre d'exemple un calendrier des investissements d'une variante de programme de développement pour le "DPD intégré des industries chimiques et pétrochimiques", obtenu avec le module de planification du système ADIM-ALG+. L'élaboration d'un calendrier effectif de réalisation des investissements sera possible, comme convenu avec la partie algérienne, après études et analyses qui feront suite à l'état d'avancement atteint au terme du présent rapport.

Les chapitres 3 à 8 constituent donc le corps du présent rapport. Les conclusions et recommandations sont réunies dans le chapitre 9. Les références se trouvent au chapitre 10.

On a enfin les trois Annexes suivants:

Annexe 1 - Comptes-rendus, Note de travail et documents divers

Annexe 2 - Les états imprimés constituant la documentation des expériences et simulations effectuées sur ordinateur,

Annexe 3 - Les profils technologiques et schémas des filières technologiques.

Les Annexes 2 et 3 sont adjoints au présent rapport sous forme de documents séparés.

Nous tenons ici à souligner les excellentes relations établies avec l'équipe des experts algériens dont les compétences en matière de technologie de procédés, d'expérience industrielle et de recherche opérationnelle, ont permis d'effectuer un travail considérable en l'espace de six semaines de travail, dans la zone du projet. On notera également les remarquables conditions de travail réunies au MEICP.

Il convient enfin de mentionner que, au niveau des décisions, le LIES a été en contact permanent avec Mr Brahimi, Directeur du Département du Développement de la Pétrochimie près le MEICP. Cette collaboration a eu une influence décisive sur la bonne conduite du projet.

Les travaux réalisés en commun par l'équipe d'experts algériens et ceux du LIES ont bénéficié du haut patronage de Monsieur Fergani, Vice-ministre du MEICP.

2. Présentation détaillée des fournitures et des travaux effectués

2.1 Généralités

Lors de la visite des représentants du MEICP à Cracovie (Cf. Compte-rendu en Annexe 1, 22-29 février 1988), la mission algérienne a notifié que le système ADIM, avec le matériel, sera mis en oeuvre au MEICP, à Alger. L'étendue des travaux prévus au contrat, a été élargie et comporte les éléments additionnels suivants:

- Révision du "DPD global de l'industrie chimique (DPD No 6 du projet DP/ALG/86/008(21-02)) avec de nouvelles données relatives à la demande et addition de nouveaux profils technologiques,
- Intégration des industries chimiques et pétrochimiques dans une étude de cas "DPD intégré des industries chimiques et pétrochimiques"

Le LIES a également fourni ses propres profils technologiques (....) pour effectuer les travaux sus-mentionnés.

L'équipe du LIES a compté 9 spécialistes qui ont fourni 12 mois/homme de travail dans la zone du projet, sur une période de 6 semaines, selon les termes du contrat.

2.2 Matériels et logiciels fournis

Le système ADIM-ADIM+ est implanté sur des micro-ordinateurs compatibles IBM PC dont les caractéristiques sont données ci-dessous.

Spécifications du système compatible IBM AT/XT fourni par le LIES

Matériels:

IBM PC/AT - compatible

- unité centrale: processeur 80286 (6/8/12/16 MHz) + coprocesseur 80287-10,
- mémoire RAM de 640 Koctets + mémoire ext. 3 Moctets,
- interface de communication: 2x RS232C + 2 ports parallèles (Centronix),
- disques durs: 80 (2 x 40) Moctets,
- floppy disques: 1 x 1,2 Moctets, 1 x 360 Koctets,

- carte graphique Hercules et moniteur,
- imprimante Epson FX-1000,
- un câble Centronix de 2 m,
- deux câbles série RS232C (5 et 10 m),
- clavier AT ASCII.

IBM PC/XT - complète

- unité centrale: processeur 8088 (10/4,77MHz) + coprocesseur 8087-2,
- mémoire RAM de 640 Koctets,
- interfaces de communication 1 x RS232C + 1 port parallèle (Centronix),
- disque dur de 20 Moctets,
- floppy disque: 1 x 360 Koctets,
- imprimante matricielle Epson LX 300 + introducteur feuille à feuille,
- carte graphique EGA et moniteur (TE 5154),
- souris série,
- port de jeu,
- clavier XT,
- un câble Centronix de 2 m.

2 terminaux écran COMCO compatibles VT52/ VT100/ VT200/ VT220

Divers:

- 50 disquettes à 360 Ko (DS,HD),
- 50 disquettes à 1,2 Mo (DS,HD),
- 2 boîtes de papier 15",
- 4 boîtes de papier 10",
- 4 rubans 10" en cartouche.

- 4 rubans 15" en cartouche,

Logiciels DOS:

- système d'exploitation PC/DOS version 3.3,
- Turbo Pascal Vers. 4.0
- logiciel de communication Kermit,
- progiciel d'optimisation HYBRID Ver. 3.3.
- Langage TURBO C Ver. 4.0

Logiciels XENIX:

- système d'exploitation XENIX Syst. V version 2.2 (SCO),
- Langage Fortran.77 (RM/FORTRAN Professional) Ver.2,
- base de données relationnelle INFORMIX SQL et ESQL/C,
- système XENIX Text Processing,
- utilités SCO XENIX Development Utilities,
- CGI Development Toolkit (graphics on XENIX)

Documentation fournisseur:

- IMC/AT Maintenance Manual,
- IMC/XT Maintenance Manual,
- COMCO Operation Manual (2 vol.),
- Cut Sheet Feeder Operation Manual,
- CSK-1101 Operator's Manual (2 vol.),
- C800 Mouse Manual + test disque,
- Video Monitor 11HP33T Instruction Manual,
- MAG-14AC Color Monitor User's Manual,
- MS-DOS 3.2 User's Guide (2 vol.),
- GW BASIC 3.2 Interpreter User's Manual.

- INFORMIX SQL User Manual,
- INFORMIX SQL Installation Manual,
- INFORMIX ESQL/C User Manual,
- SCO XENIX Manual (6 volumes),
- HYBRID 3.3 Manual.
- TURBO C User's Guide
- TURBO C Reference Guide

2.3 Documentation fournie

Le LIES transmet la documentation suivante:

1. Un Rapport final en 3 tomes, dont le contenu est le suivant:

Tome 1: Texte du "Rapport final" avec l'Annexe 1 renfermant les Comptes-rendus et Notes diverses relatives au déroulement du travail,

Tome 2: Annexe 2 contenant ... pages d'états imprimés avec les résultats des calculs et simulations sur ordinateur,

Tome 3: Annexe 3 contenant ... profils technologiques, et les schémas des filières technologiques des DPD.

2. Un "Guide de programmation du développement de l'industrie chimique",
3. Un "Manuel de l'utilisateur" du système informatique ADIM-ALG+,
4. Un "Manuel d'installation" du système informatique ADIM-ALG+,
5. Un "Glossaire anglais-français du système ADIM" d'environ 520 termes,
6. Une documentation en anglais du logiciel système dont la spécification est fournie au paragraphe 2.2.

2.4 Formation des utilisateurs

La formation a été un volet important des activités du LIES, car permettant de transmettre le savoir-faire. Cette formation s'est déroulée de la manière suivante:

A. Phase d'introduction - au siège du LIES,

B. Formation dans la zone du projet

- séminaire de 3 jours,
- exercices pratiques de mise en oeuvre du système ADIM-ALG avec analyse de cas,
- technique d'"apprentissage en faisant" avec consultations des experts du LIES.

Les supports de formation utilisés sont le "Guide ..." (point 2 du par. 2.3), le "Manuel de l'utilisateur" (point 3 du par. 2.3), et le "Glossaire anglais-français" (point 6 du par. 2.3).

Le "Guide..." (120 pages) referme les informations de base sur la programmation du développement de l'industrie chimique, en soulignant la spécificité de la programmation intégrée et de la méthodologie ADIM (Aide à la Décision Interactive Multicritères) mise en oeuvre sur ordinateur.

Le "Manuel de l'utilisateur" du système informatique ADIM-ALG contient une instruction détaillée permettant la mise en oeuvre de l'outil informatique.

Le "Glossaire anglais - français" permet à l'utilisateur non familiarisé avec la terminologie anglaise, de travailler avec les formulaires et états imprimés, où les mots-clefs sont en anglais.

Le "Manuel d'installation" et la documentation fournie par le vendeur du matériel, permettent d'assurer l'exploitation du système et la gestion des supports d'information.

Les exercices pratiques ont porté sur la mise en oeuvre du système, l'introduction des données et la création de la base de données, le lancement des calculs, l'interprétation des résultats et la modification des scénarios des expériences portant sur les DPD. En particulier, l'équipe algérienne a effectué un travail autonome portant sur une étude de cas "DPD des composés aromatiques" où les participants ont pu effectuer toutes les manipulations utiles. On a ainsi réalisé la phase "apprendre en faisant", où les experts du LIES ont fait office de consultants.

Au niveau du Plan Directeur, on a testé diverses hypothèses, au niveau des capacités des installations et des alternatives possibles quant aux filières technologiques retenues. Ces derniers exercices ont été particulièrement intéressants, car réunissant divers spécialistes - en recherche opérationnelle et planification, des

informaticiens et économistes, des technologues chimistes dont les savoirs ont été complémentaires pour résoudre les problèmes abordés.

La formation donnée a été donc intensive et a porté sur tous les éléments significatifs du système ADIM-ALG+. Elle ne peut évidemment être considérée comme terminée. Il convient de maîtriser les finesses de l'outil transmis par une phase d'approfondissement des connaissances aux niveaux de l'outil informatique et de la méthodologie ADIM. Une phase de consultations est ensuite prévue au siège du LIES, à Cracovie, en accord avec les termes du contrat. Un programme d'action approprié a été discuté avec Mr BRAHIMI, Directeur du Département du développement de la pétrochimie. Il prévoit la réalisation de travaux concrets portant sur la programmation du développement et la planification de la réalisation des investissements.

2.5 Elaboration des études de cas

Le travail fourni par l'équipe du LIES ainsi que les résultats et recommandations sont traités en détail dans les chapitres 4 à 9 du présent rapport.

Pour les deux domaines en question, on a ensuite traité plus en détail plusieurs variantes de mise en valeur des ressources en matières premières de base (éthylène, benzène, méthanol et xylène), et les calendriers de réalisation prévisionnels des investissements.

3. Identification du problème

3.1. Généralités

Nous regroupons dans ce chapitre les principales données chiffrées sur l'industrie pétrochimique et chimique algérienne, en partant des matières premières (éthane, propane, butane, naphta, condensats) pour passer par les grands intermédiaires (oléfines, aromatiques) et aboutir aux polymères (plastiques) de grande consommation (polyéthylène - PE, polypropylène - PP, polybutadiène - PB, polystyrène - PS et polychlorure de vinyle - PVC, caoutchoucs, résines et fibres synthétiques).

On trouvera la structure de la demande par secteurs (tableaux 1 et 2), les données relatives aux importations des grands polymères (tableau 3) et aux exportations des grands intermédiaires (tableau 4), les données relatives à la structure industrielle existante (installations, capacités, procédés technologiques) regroupées dans les tableaux 5 et 6, et enfin les perspectives de développement à l'horizon 2000 suivant trois scénarios (A,B,C - tableau 7) d'évolution de la demande. Les données ici réunies seront utilisées pour l'étude de cas "DPD intégré des industries chimiques et pétrochimiques".

La matière de ce chapitre a été fournie par les experts du MEICP.

3.2. Marché algérien - Etat actuel

3.2.1 Structure de la demande par secteurs d'utilisation

On trouve dans le tableau 1 la répartition, pour 1987, de la demande en polymères de grande consommation suivant les principaux secteurs d'utilisation.

L'analyse du tableau 1 permet de constater une nette prédominance des trois premiers secteurs (emballages et conditionnement, agriculture et hydraulique, habitat et ameublement), qui représentent en 1987, 62 % de la demande totale au niveau national.

Nous donnons ci-dessous une caractéristique des principaux secteurs d'utilisation.

* Emballage et conditionnement

Ce secteur est concerné essentiellement par les polyoléfines (PEBD, PEHD) utilisées dans la fabrication de diverses sacheries (sacs de grande contenance et autres), de casiers de manutention, de bacs et divers conteneurs, en substitution aux matériaux traditionnels (bois, verre, papier) faisant défaut en Algérie.

Tableau 1. Répartition de la demande en polymères de grande consommation, suivant les principaux secteurs d'utilisation

Principaux secteurs d'utilisation	Demande 1987		Principaux produits utilisés
	% (*)	Tonnes	
Emballages et conditionnement	18	90 000	PEBD, PEHD
Agriculture et hydraulique	13	95 000	PEBD, PEHD, PVC
Habitat et ameublement	25	125 000	POLYOL, TDI
Industries électrique et électronique	4,3	21 500	PEBD, PVC, ABS, PS, SAN, PP, POLYAMIDES ...
Habillement et maroquinerie	7,4	37 000	PVC
Articles ménagers	6	30 000	PEBD, PEHD, PVC, PS, PP, Mélamines
Peintures, colles et vernis	9	45 000	PVA, Résines alkydes
Produits de nettoyage et détergents	6,2	31 000	LAB, PEHD ...
Education, sports et loisirs	2	10 000	PS, Polyesters
Autres secteurs	3,1	15 500	Produits divers

*** Agriculture et hydraulique**

Ici encore la demande porte essentiellement sur les grands polymères suivants: PEBD et PEHD, ainsi que PVC. Ils sont utilisés dans la fabrication des films pour abris-serres, des sachets pour pépinières, des sacs pour engrais, des mailles extrudées et des tubes et accessoires pour irrigation.

*** Habitat et ameublement**

Une particularité de ce secteur est la demande considérable pour la fabrication de mousse pour matelas (plus de 70 % des besoins exprimés concernent le polyol et le TDI), où la quasi-totalité des capacités installées relève du secteur privé, en raison du faible coût des investissements et de la simplicité des procédés de fabrication et des équipements.

*) % en poids, par rapport à la demande totale du marché en 1987.

*** Industries électrique et électronique**

Le pourcentage en poids est relativement faible (4 %) et porte sur une grande variété de matières plastiques. L'ABS, le SAN, le polystyrène sont les plus utilisés.

*** Habillement - maroquinerie**

Les principaux polymères concernés sont les PVC "suspension" et "émulsion" pour la fabrication de "compound" souple pour chaussures et simili-cuir pour divers usages. La quantité de PVC "suspension" risque de ne pas suivre le même taux de croissance que les autres grands polymères (PEBD, PEHD, PS, PP) si l'introduction du SBR et du polyuréthane pour la fabrication de semelles est encouragée. La croissance de la demande est ici directement liée à la croissance démographique.

*** Articles ménagers**

C'est un secteur grand créateur d'emplois bien que, sur le plan économique, il ne constitue pas un secteur stratégique. La simplicité des procédés de fabrication, les coûts relativement bas des équipements et l'indisponibilité des matériaux traditionnels (verre, céramique, bois ...) ont contribué à un développement considérable du secteur. Les thermoplastiques sont ici le produit de base (90 % de la demande), avec une nette prédominance des polyéthylènes basse et haute densité-PEBD, PEHD.

Tableau 2. Demande en produits de base et quantités fournies en 1987, en milliers de tonnes

Produits de base	Capacités installées de transfor.	Demande exprimée	Demande satisfaite		
			Import.	Prod.nat.	Total
PVC	86 000	82 000	47 136	15 000	62 136
PEHD	97 000	82 600	53 000	-	53 000
PEBD	125 000	116 000	43 000	40 000	83 000
PEBDL	-	-	-	-	-
PS	44 000	34 000	22 400	-	22 400
PP	13 000	9 000	6 600	-	6 600
Polyol	50 000	49 000	10 000	-	10 000
TDI	27 150	27 100	5 400	-	5 400
Polyuretane	1 700	1 680	1 000	-	1 000
Résine uréique	11 300	11 300	4 400	5 000	9 400
Polycarbonate	1 300	960	680	-	680
Polyester	7 100	7 100	4 650	-	4 650
Alkydes	20 200	20 200	14 500	-	14 500
Résine phénolique	3 900	3 800	400	3 000	3 400
Mélamine	3 600	3 500	1 750	-	1 750
Polyamide	1 100	900	600	-	600
Résine époxydes	260	260	150	-	150
PVA	24 890	24 890	15 400	-	15 400
ABS	5 400	4 600	3 300	-	3 300
SAN	1 070	1 040	570	-	570
REI	57	57	52	-	52
PMMA	1 650	1 400	850	-	850
Polyacétal	200	180	130	-	130
Résine acrylique (pour textiles/peinture)	760	760	480	-	-
Acétate de cellulose	90	84	46	-	46
Plastifiant	16 700	15 000	10 000	-	10 000
TOTAL	543 427	497 411	246 494	63 000	309 494

* Peintures, colles, vernis

Les produits de base utilisés sont ici le PVA et les alkydes. Leur spécificité pour ce type d'industrie les rend

difficilement substituables. Ce secteur est appelé à une croissance très importante dans les années à venir, avec les projets d'usines de véhicules particuliers, la construction des logements et la promotion des exportations.

Le tableau 2 constitue une récapitulation de la demande exprimée en produits de base, avec les capacités installées de transformation et les quantités fournies (production nationale + importations), pour 1987. On remarquera que la demande globale, pour 1987, a été satisfaite à environ 62 % et que les capacités installées de transformation représentant 109 % de la demande exprimée.

3.2.2. Importations

On a trouvé dans le tableau 3, l'évolution des importations de grands polymères et autres produits de base pour la période 1983 - 1987. Les données pour 1987 reproduisent la colonne "importations" du tableau 2.

3.2.3. Exportations

On a dans le tableau 4, l'évolution des exportations des grands intermédiaires et des engrais, en quantités et valeurs, pour les années 1986, 1987 et 1988 (prévisions).

Tableau 3. Evolution des importations de grands polymères et autres produits de base, en milliers de tonnes

Produits	1983	1984	1985	1986	1987	
					Tonnage	Prix (*)
PEBD	16 406	37 519	20 022	29 787	43 000	3 500
PEHD	20 826	32 443	31 794	32 137	53 000	4 000
PVC	17 385	27 731	23 512	23 588	47 136	4 500
PS	6 684	8 033	10 300	11 464	22 400	5 700
PP	1 886	3 617	3 700	3 614	6 600	6 800
Plastif.	8 583	9 201	15 147	452	10 000	4 600
Autres produits	30 533	38 231	41 200	53 352	64 548	-
TOTAL	102 303	156 830	145 675	163 394	246 684	

*) Prix en D.A/TM

Tableau 4. Evolution des exportation . des grands intermédiaires et des engrais

Produits	1986		1987		1988(prévisions)	
	Quantité TM	Valeur mill.DA	Quantité TM	Valeur mill.DA	Quantité TM	Valeur mill.DA
Métanol	63 226	25 630	67 327	30 194	80 000	38 000
Ethylène	26 319	29 755	5 956	10 260	30 000	42 000
Benzène	36 532	36 253	21 750	28 795	41 000	67 000
Xylène	89 397	76 378	79 378	84 464	110 000	119 000
Paraxyl.	4 654	9 332	2 797	5 002	16 000	26 000
Ammonitr.	36 053	18 000	52 333	24 000	160 000	80 000
Ammoniac	79 033	39 390	63 112	35 200	160 000	90 240
TOTAL	-	318 560	-	218 275	-	462 240

3.3. Matières premières

3.3.1. Etat actuel

Pour développer la pétrochimie en Algérie, il existe principalement cinq grandes matières premières - éthane, GPL (propane, butane), condensats, aromatiques et naphta.

Les quantités théoriques disponibles, la composition des produits, le site et la disponibilité des matières premières en question sont réunies dans le tableau 5. Le choix des matières premières à utiliser est fondamental et sera fonction de plusieurs critères, dont:

- la disponibilité,
- l'investissement de transformation,
- le développement des unités en aval.

3.3.2. Prévisions

Il existe des potentialités pour augmenter les quantités de matières premières existantes moyennant l'édification d'installations supplémentaires dans les projets existants.

Il est ainsi possible d'extraire environ 524.000 t/an d'éthane à partir des unités de GNL d'Arzew (Cf. tableau 5). en ajoutant des colonnes d'extraction de l'éthane qui est actuellement mélangé au GNL produit. Des quantités supplémentaires de propane (311.000 t/an) et de butane (182.000 t/an) peuvent être obtenues à partir d'un projet potentiel à Arzew (Cf. tableau 5).

Tableau 5. Charges pétrochimiques en T/an

Produits	Spécification	Quantités théoriques	Site	Disponibilité
Ethane	extrac.GNL	220 000	Skikda	70 000
	extrac.GNL	2x 262 000 = 524 000	Arzew	après construct. d'une nouvelle usine d'extract.
Propane	extrac.GPL	310 000	Skikda	Projet potentiel
	extrac.GPL	311 000	Arzew	Projet potentiel
	extrac.GPL	2 100 000	Arzew	oui
Butane	Composition(* C3 52% mol iC4 17% mol nC4 29% mol de charge GNL	182 000	Skikda	Projet potentiel
	extract. GPL	182 000	Arzew	
		1 800 000	Arzew	
Condensats	Composition nC4 1,26% mol iC5 1,21% mol nC5 13,21%mol C6 18,02%mol C7 65,69%mol	3 300 000	Arzew	oui
Aromatiques	Benzène	90 000	Skikda	
	Toluène	5 000	Skikda	
	p-xylène	38 000	Skikda	
	Mélange de xylènes:		Skikda	
	nonaromat. 2,8%			
	toluène 0,3%, eth-benz. 19,9%			
	p-xylène 8,3%, o-xylène 12,42% m-xylène 56,3%	246 000		
Naphta		3 145 000	Skikda	

Les quantités totales de GPL disponibles à long terme peuvent atteindre jusqu'à 3 millions de t/an, en tenant compte des projets potentiels sus-nommés et des quantités de GPL obtenues sur les sites de Hassi - R'Mel, à condition de résoudre le problème du transport des GPL en provenance des

*) Composition sur la base de Hassi R'Mel relativement aux 2 100 000 T d'Arzew C3.

régions du Sud.

Les avantages offerts par les sites de Skikda et Arzew pour le développement de la pétrochimie sont les suivants:

- disponibilité des matières premières,
- moyens de transport adéquats (ports, chemin de fer, routes, etc),
- présence de main-d'oeuvre qualifiée,
- possibilité d'intégration d'unités aux complexes déjà existants,
- disponibilités des utilités (l'eau, en premier lieu),
- existence d'aires d'accueil (zone industrielle),
- existence d'aires de stockage adéquates (ports, ...).

Parmi les inconvénients d'un tel choix, nous noterons les plus importants qui sont:

- pollution de l'environnement
- non décentralisation de l'industrie par création d'emplois dans les zones de l'intérieur (directives gouvernementales),
- défaut de maîtrise des complexes intégrés,
- saturation de la zone industrielle,
- problèmes de sécurité d'une vaste zone industrielle.

Le choix définitif des sites devra de toute façon être précédé par des études détaillées lors des études de faisabilité.

3.4 Structure industrielle (installations, capacités existantes, procédés technologiques)

La transformation des matières premières pétrochimiques en grands intermédiaires et la production des polymères de grande consommation, sont localisées en totalité sur les sites de Skikda et Arzew.

Le tableau 5 fournit les capacités existantes de transformation des matières premières pétrochimiques et au tableau 6, on trouve les capacités existantes de fabrication des grands intermédiaires et des polymères, avec les procédés technologiques utilisés.

Tableau 6. Capacités existantes de production des intermédiaires et produits finaux de l'industrie pétrochimique (*)

Produit	Capacité existante T/an	Procédé technologique et remarques	Site
Ethylène	120 000	vapocraquage de l'éthane obtenu du complexe GL1.K (150 000)	Skikda
PEBD	48 000	polymérisation continue de l'éthylène dans réacteur tubulaire HP	Skikda
Chlore	36 000	électrolyse de sel gemme (chlorure de sodium)	Skikda
Soude	41 000	produit obligatoire utilisé pour la fabrication du STPP	Skikda
Acide chlorhydrique (HCl)	10 500	-four de réaction Cl + H -récupération à partir de l'incinération des résidus VCM	Skikda
VCM (chlorure de vinyle monom.)	40 000	chloration directe + oxychloration d'éthylène + craquage à haute température	Skikda
PVC	35 000	polymérisation catalytique du VCM en expansion dans réacteurs de synthèse discontinue	Skikda
Méthanol	100 000	désulfuration du GN+ reformage à la vapeur du GN + compression du gaz de synthèse + purification du méthanol brut par distillation	Skikda

*)On retient un taux de marche des installations de 80%.

Tableau 6. cont.

Produit	Capacité existante T/an	Procédé technologique et remarques	Site
Formaldéhyde à 36 % (ou formurée à 80 %)	20 000 (ou 12 000)	Pour la fabrication des résines uréiques	Arzew
Résines urée-formaldéhyde	3 000	-liquide: 2500 (colle) -atomisée 3000 (colle) -poudre à mouler 2500	Arzew
Résines phénol-formaldéh	5 900	-liquide: 3400 -poudre à mouler 2500	Arzew
Mélamine liquide	500		Arzew

3.5. Perspectives de développement à l'aa 2000.

3.5.1 Hypothèses retenues

Comme on n'a pu obtenir des données fiables sur le développement des différents secteurs utilisateurs de polymères de grande diffusion, on a retenu le principe d'une projection de la demande actuelle suivant trois scénarios (Cf. le tableau 7 - Projection de la demande à l'horizon 2000, en T/an).

On a associé, à chaque scénario, une variante prenant en compte les effets de substitution entre divers plastiques. On a donc considéré:

- le remplacement du FEBD par le PEBDL, le PEHD et le propylène (PP),
- le remplacement du PVC par le PET, le SBR, le PP et autres produits (ABS, ...).

Les évaluations relatives aux substitutions ci-dessus ont été établies sur les bases suivantes:

- taux de pénétration observé dans les pays industrialisés,

- possibilité pour l'état d'orienter certains types de consommation par des choix et mécanismes appropriés (choix des investissements, politique des prix, ...). Les trois scénarios retenus supposent, à des degrés divers, une relance des investissements.

Il convient de mentionner ici les insuffisances des scénarios retenus:

- application de taux uniformes et non sélectifs à tous les produits, bien qu'ils soient à des stades de développement différents (PEBD et PVC en phase de maturité; PP et PS en phase de croissance).

3.5.2 Scénarios

Nous avons réuni, dans le tableau 7, les données résultant de la projection de la demande à l'horizon 2000, pour tous les produits concernés par l'industrie pétrochimique (grands intermédiaires, polymères de grande diffusion et autres produits de base). On a trois scénarios A, B et C, portant respectivement sur l'an 1995 et deux variantes - (a) et (b) à l'an 2000. Ces scénarios sont fondés sur des croissances annuelles basse, moyenne et haute respectivement égales à 7 % (Scénario A), 9 % (Scénario B) et 12 % (Scénario C).

Dans les variantes (b) des scénarios A et B, les substitutions suivantes devront faire l'objet de simulations:

- 60 % environ du "compound" PVC destiné à la chaussure serait remplacé par du SBR (caoutchouc au styrène-butadiène),
- 100 % du PVC pour flaconnage serait remplacé par le PET (polyéthylène téréphtalate),
- pour 100 % des sacs de grande contenance, le PEBD serait remplacé par le PP (polypropylène), et
- pour une grande partie des emballages (casiers, flacons, ...), le PEHD actuel serait remplacé par le PP (casiers) et le PET (flacons).

3.5.3 Commentaires

L'analyse du tableau 7 appelle les commentaires suivants:

- on voit que même le scénario bas laisse présager un doublement de la production sur la période 1988 - 2000,

- l'accroissement de la demande prévu est de 250 %.
- cet accroissement peut être considéré comme raisonnable par comparaison avec les croissances observées dans les autres pays (pays industrialisés, NPI, pays latino-américains) pour des phases de développement similaires et sur des périodes équivalentes,
- les volumes de la demande impliqués donnent une idée de l'importance des programmes d'investissements à mettre en oeuvre dans la période 1990 - 2000,
- en général, les données relatives au marché national, même dans l'hypothèse d'une croissance faible, partent - pour la majorité des produits - de l'hypothèse d'une dimension optimale des investissements, en tenant compte d'un volume significatif à l'exportation.

Pour corriger les projections et éviter qu'elles ne soient à l'an 2000 une reproduction mécanique de la structure de la demande observée en 1988, on a pris en compte, comme déjà mentionné:

- les développements technologiques récents
- les possibilités de substitution interplastiques.

Tableau 7. Projection de la demande à l'horizon 2000 et
évaluation des besoins en produits intermédiaires, en T/an

Produits	Scénario A		Scénario B			Scénario C			
	1995	2000 (a)	2000 (b)	1995	2000 (a)	2000 (b)	1995	2000 (a)	2000 (b)
FIBRES									
polyesters		60000	60000		60000	60000		60000	
acryliques		15000	15000		15000	15000		15000	
polyamides		25000	25000		25000	25000		25000	
THERMOPLASTIQUES									
PEBD	240000	296000	167000	260000	408000	230000	322000	568000	
PEBDL			58000			81000			
PEHD	171000	216000	184000	189000	290000	253000	228000	403000	
PVC	167000	206000	140000	185000	284000	193000	224000	395000	
Polypropyl	27000	33000	125000	29000	45000	137000	35000	63000	
Polystyr.	73000	90000	92000	80000	123000	127000	97000	171000	
ABS		12000	12000		15000	15000		15000	
SAN		3500	3500		5000	5000		5000	
PMMA		10000	10000		12500	12500		12500	
Polyamides		2000	2000		2000	2000		2000	
Polycarbon		2300	2300						
Polyacétal									
PET		42000	42000		42000	61000		42000	
PVA		40000	40000		60000	60000		60000	
Acétate de cellulose									
THERMODURCISSABLES									
Polyesth.		15000	15000		20000	20000		20000	
Polyuréth.		6500	6500		8000	8000		8000	
Résines phenol.		12000	12000		15000	15000		15000	
Résines uréiq.		23000	23000		30000	30000		30000	
Résines mélan.		8000	8000		10000	10000		10000	
Résines époxyd.		5000	6000		8000	8000		8000	
Résines alkydes		70000	70000		88000	88000		88000	
Polyol		102000	102000		110000	110000		110000	
TDI		55000	55000		60000	60000		60000	
Plastifiants	51000	66000	66000	59000	99000	83000	72000	99000	

cont.

Tableau 7. cont.

Produits	Scénario A			Scénario B			Scénario C		
	1995	2000 (a)	2000 (b)	1995	2000 (a)	2000 (b)	1995	2000 (a)	2000 (b)
PRODUITS INTERMÉDIAIRES									
Ethylene glycol	25000	25000		25000	25000		25000		
Oxyde d'éthylene	20000	20000		19000	19000		19000		
Acrylonitrile	20000	20000		20000	20000		20000		
Metacryl. de meth.	14000	14000		13000	13000		13000		
Acide cyanhydr.									
Acide sulfur.	111000	111000		140000	140000		140000		
Acide nitrique									
Acide formique	10000	10000		13000	13000		13000		
Acide acétique	40000	40000		47000	47000		47000		
Acide benzoïque									
Caprolactane	26000	26000		25500	25500		25500		
Styrène	105000	105000		150000	150000		170000		
Ethylbenz.	122000	122000		171000	171000		135000		
Acétate de vinyle	50000	50000		61000	61000		61000		
Anhydr. acétique									
Anhydr. maléique	2500	2500		3200	3200		3200		
Anhydr. phtalique	60000	60000		60000	60000		60000		
Propyl. glycol	5000	5000		5000	5000		5000		
Pentaérytritol	14000	14000		16000	16000		16000		
Phénol	22000	22000		24000	24000		24000		
Formaldéhyde	68000	62000		81000	81000		81000		
Urée									
Bisphénol A									
Epichlorhydr.									
Acétalaldéh.	37000	37000		43000	43000		43000		
Perchloroéthyl.	8000	8000		10000			10000		
Alcool isoprop.									
Cunène									
MEC	6500	6500		8000	8000		8000		
Alcool butyl.									
Naphtalène									
Oxyde de propyl.									
Cyclohexane									

cont.

Tableau 7. cont.

Produits	Scénario A			Scénario B			Scénario C		
	1995	2000 (a)	2000 (b)	1995	2000 (a)	2000 (b)	1995	2000 (a)	2000 (b)
PRODUITS INTERMÉDIAIRES									
Oxyde butylique									
N-butène									
Acétate d'éthyle	5000	5000		4000	4000		4000		
IAS	50000	50000		60000	60000		60000		
N-paraffine	50000	50000		60000	60000		60000		
PRODUITS DE BASE									
Butadiène	27000	41000		41000	48000		41000		
NFE	500000	500000		500000	500000		500000		
TPA	55000	55000		75000	75000		75000		
VCM	211000	144000		291000	200000		405000		
2-éthylhex.	40000	40000		56000	56000		56000		
PRODUITS DE BASE									
Méthanol	272000	272000		280000	280000		280000		
Ethylène	592000	460000		950000	770000		240000		
Propylène	100000	192000		135000	278000		71000		
Chlore	190000	153000		215000	164000		225000		
Acroniac	60000	60000		45000	45000		45000		
ELASTOMÈRES									
SBR	20000	44000		44000	55000		44000		
Polybutad.	12000	12000		12000			12000		
Gaoutchouc but.	9000	9000		9000			9000		
Noir de carbone	45000	45000		45000	45000		45000		

4. Hypothèses de base et questions de méthode

4.1 Historique et hypothèses de base

La réalisation du contrat DP/ALG/86/003(21-02) a donné lieu à l'élaboration d'un programme de développement de l'industrie chimique présenté dans le "Rapport sur le développement de l'industrie chimique en Algérie à l'horizon 2000" (J.Kopytowski, UNIDO, Vienne, Novembre 1987), et dans le document "Plan Directeur de développement de l'industrie chimique en Algérie - Projet de Rapport Final - ONUDI, Vienne, Décembre 1987", présenté par le LIES (Laboratoire Interministériel pour les Etudes de Systèmes).

Nous rappelons pour mémoire que le programme de développement en question est fondé sur la projection de la demande en produits finis, à partir de laquelle on a obtenu par simulation sur ordinateur les besoins en matières premières de base: éthylène, propylène, benzène, xylènes, toluènes, ...

Les résultats obtenus à l'issue du premier projet ont été le point de départ des entretiens avec le MEICP qui ont permis d'établir les données de base du "Plan Directeur pour la pétrochimie, à savoir la définition de(s):

1. la demande en produits finaux,
2. prix, investissements et indices nécessaires pour le calcul des coûts (il s'agit des Paramètres principaux - MAIN PARAMETERS - du système ADIR),
3. l'ensemble des technologies concernées par l'analyse,
4. la disponibilité de matières premières.

A partir des données ci-dessus et après formulation des objectifs du projet, il a été possible de fixer les limites définitives du travail et la démarche à suivre (p.4.2).

Nous allons récapituler ci-dessous l'ensemble des données et hypothèses de base du projet.

Le MEICP, à partir d'une analyse des besoins en produits chimiques dans les différents secteurs d'utilisation (Cf. p.3.2.1), a élaboré plusieurs scénarios d'évolution de la demande à l'an 2000. Les trois scénarios retenus A, B et C, constituent respectivement les variantes haute, moyenne et basse de la consommation auxquelles correspondent des taux de croissance annuels de 12%, 9% et 7%.

- Le LIES a retenu comme variante de base du "DFD de l'industrie pétrochimique" la variante Bb de croissance (9%) et le programme UNIDO, comme référence.
- Le facteur de localisation retenu est égal à 1,3, avec analyse de sensibilité du système en fonction des variations du facteur et des prix des matières premières.
- Les prix retenus sont, d'une manière générale, les prix du marché européen pour 1986.
- Les coûts d'investissement retenus sont également ceux de 1986, sur le même marché.
- Les autres paramètres (appelés Paramètres principaux - MAIN PARAMETERS) n'ont pas été modifiés et sont ceux du tableau ci-dessous (en anglais):

local	1.30000	labor wages	10000.0
exchange rate	1.0	supervision wages	12000.0
blcc depreciation	10.0	laboratory wages	11100.9
offsites depreciation	5.0	laboratory materials	100.0
debt/equity ratio	0.0	operation supply cost	0.75
interest on debt	10.0	direct overhead	60.0
working capital	15.0	maintenance cost	5.0
interest on work. cap.	15.0	administration	15.0
insurance	1.0	sale & marketing	10.0
property tax & rent	2.0	R & D	3.0

(La traduction française des termes anglais est donnée dans le "Glossaire anglais-français du système ADIM").

- Le MEICP a également tenu à ce que le "DFD global de l'industrie chimique" soit modifié par adjonction de nouveaux procédés pris en compte dans l'analyse. La liste de ces procédés est donnée ci-dessous (en anglais):

SAN	25000 T
ETHANOL FROM ETHYLENE	125000 T
ACRYLIC ACID FROM PROPYLENE	45000 T
METHYL ACRYLATE	25000 T
ETHYL ACRYLATE	25000 T
BUTYL ACRYLATE	25000 T
POLYACRYLATE LATEX	20000 T
POLYACRYLATE PELETS (granulés)	20000 T
METHANOL	410000 T
POLYETHYLENE LD	200000 T
ACETIC ANHYDRIDE FROM ACETIC ACID	113000 T
POLYVINYL ALCOHOL	20000 T
POLYCARBONATE	10000 T
CELLULOSE ACETATE	25000 T

NYLON 6 CHIFFES	25000 T
HYDROGEN CYANIDE ANDRUSSON PROCESS	30000 T
FORMALDEHYDE (USING SILVER CATALYST)	50000 T
STYRENE FROM ETHYLBENZENE	225000 T
PROPYLENE OXIDE BY CHLORHYDRIN PROCESS	90000 T

Les profils correspondants ont été fournis par le LIES.

4.2. Démarche suivie

Les postulats et hypothèses formulées au par. 4.1. nécessitent d'effectuer des travaux non prévus au contrat, mais indispensables et portant sur:

- l'élaboration, dans le cadre du système ADIH de modèles de programmation du développement des industries chimiques et pétrochimiques,
- la proposition, sur la base des modèles ci-dessus, de versions alternatives de programmes de développement,
- la création des conditions permettant la mise en oeuvre par la partie algérienne d'un processus continu de programmation du développement intégré des industries chimiques et pétrochimiques (Integrated Development Programming of the Chemical and Petrochemical Industries).

Il s'agit plus particulièrement de:

1. L'élaboration d'une version modifiée du "DPD global de l'industrie chimique",
2. L'élaboration du "DPD de l'industrie pétrochimique",
3. L'élaboration du "DPD intégré des industries chimiques et pétrochimiques",
4. L'élaboration du "DPD de l'industrie des engrais".

Le modèle et le programme de développement de l'industrie des engrais sont relativement autonomes par rapport aux autres modèles et sont traités en détail au chapitre 7.

L'étude du "DPD intégré ..." est précédée par le traitement séparé des domaines des produits finaux de grande diffusion (grands tonnages de produits d'origine organique - HTOP: High Tonnage Organic Products) permettant de définir en entrée les besoins en grands intermédiaires (produits de base pétrochimiques) que sont l'éthylène, le propylène, le benzène, les xylènes, le toluène et le butadiène), et par l'étude du domaine pétrochimique traitant les matières

premières de base que sont l'éthane, le propane, le butane, le naphta, les condensats et les aromatiques. Cette démarche facilite l'interprétation des résultats, la sélection des technologies et une meilleure intégration des industries chimiques et pétrochimiques. On obtient des modèles plus souples et plus universels qui devront faciliter à l'avenir la prise en compte de conditions variables au niveau des matières premières, des marchés et des procédés, dans chaque DPD, y compris le "DPD intégré ...".

Ces modèles doivent pouvoir tenir compte également de tous les "cas particuliers" sous forme de modifications adéquates, afin d'assurer la cohérence indispensable entre le programme de développement et les décisions de réalisation, pour éviter tous particularismes et volontarisme dans la modification des hypothèses et stratégies de développement.

4.3. Analyse des modèles

Après définition des modèles (paramètres, procédés, produits), on a effectué une analyse préliminaire des domaines de production et de distribution (DPD) concernés, c'est-à-dire du "DPD global de l'industrie chimique" qui traite des Produits organiques de grand tonnage (en anglais HTOP - High Tonnage Organic Products), et du "DPD de l'industrie pétrochimique" qui traite des matières premières pétrochimiques de base - PETR.

Cette analyse a porté sur les éléments suivants:

1. demande en produits finaux,
2. ensemble des procédés concernés,
3. disponibilité des matières premières.

Il s'agissait, au terme de cette analyse, de:

- définir les substitutions possibles, au niveau des produits finaux, en évaluant les quantités en jeu et la souplesse du mécanisme de substitution,
- sélectionner l'ensemble des technologies en tenant compte des voies alternatives d'obtention des produits du DPD et des implications liées aux substitutions possibles,
- évaluation de la base existante de matières premières du point de vue des substitutions possibles, en étudiant les interactions possibles entre les procédés et les substitutions de matière.

Au terme de cette analyse, on a pu définir l'étendue et

les séquences de simulation sur ordinateur.

En raison de l'intégration ultérieure des deux DPD en question, on est parti de l'aval vers l'amont, dans l'ordre suivant:

- analyse du domaine des HTOP,
- analyse du domaine des PETR,

pour ensuite lancer les simulations dans le même ordre, tout en tenant compte de toutes les réactions possibles entre les diverses phases et entre les DPD.

Symboles utilisés

Les symboles utilisés sur les états imprimés sont les suivants:

HTOP - Produits organiques de gros tonnage

PETR - Matières premières pétrochimiques de base

H - Expériences relatives au "DPD global de la chimie" (produits HTOP),

P - Expériences relatives au "DPD de l'industrie pétrochimique" (produits PETR),

C - Expériences relatives au "DPD intégré des industries pétrochimiques" (produits HTOP et PETR).

Quant aux divers scénarios retenus, les symboles suivants définissent les différentes hypothèses: pour l'hypothèse de croissance moyenne (9%) on trouve le symbole Bb, et pour le programme UNIDO - la lettre U. Suivent ensuite les numéros en séquence des expériences 1,2,... avec les éventuelles modifications, ce qui donne par exemple la, 1b ou encore 2a, 2b, etc.

4.4. Résultats de l'analyse préliminaire du domaine HTOP

Le chapitre 3 réunit la matière de l'information mise à disposition de l'équipe du LIES par les experts du HEICP. Elle est le résultat d'une analyse de la demande du marché.

Il résulte de la comparaison du scénario Bb (croissance annuelle moyenne de 9%) avec le scénario UNIDO, une très forte croissance de la demande en plastiques et en produits de base pour les fibres et les résines à vrais.

Il résulte de l'analyse de la liste des produits et des quantités demandées, qu'il faut étudier - au niveau des simulations - les substitutions possibles.

Les scénarios formulés à partir des prévisions de la demande à l'horizon 2000 sont regroupés en Annexe 2, partie A. Dans le tableau ci-dessous, on trouve la comparaison de la demande suivant les hypothèses ONUDI (version UN) et MEICP (version Bb).

	UN	Bb
ACRYLONITRILE	50000	15000 T
ACRYLONITRILE-BUTADIENE-STYRENE	10000	15000 T
ALKYD RESINS	20000	38000 T
BENZOIC ACID	2000	2000 T
BUTYL ACETATE(NORMAL)	3000	3000 T
CAPROLACTAM	30000	0 T
CARBON BLACK (HAF)	30000	45000 T
CELLULOSE FIBERS	46000	46000 T
CITRIC ACID	5000	0 T
DI-BUTYL PHTHALATE	3000	23000 T
DI-ETHYLHEXYL ALIPATE	5000	0 T
DI-OCTYL PHTHALATE(DOP)	40000	60000 T
EPOXY ,LIQUID, DGEBA	20000	8000 T
ETHYL ACETATE	7000	7000 T
FORMIC ACID (IN 35%)	1000	1000 T
MELAMINE - FORMALDEHYDE RESIN	10000	10000 T
METHYL ETHYL KETONE	1000	0 T
NONYLPHENOL ETH YLATE	20000	20000 T
NYLON 6 CHIPS	0	25000 T
PERCHLOROETHYLENE	5000	5000 T
PHENOL-FORMALDEHYDE SYRUP	10000	9000 T
POLYETHYLENE LD	0	182000 T
POLYETHYLENE TEREPHTHALATE MEL	40000	121000 T
POLYETHYLENE, HI DENSITY (POWD	60000	253000 T
POLYETHYLENE, LINEAR LD	190000	81000 T
POLYMETHYLMETHACRYLATE SHEET	5000	12500 T
POLYPROPYLENE	80000	137000 T
POLYSTYRENE HIGH IMPACT	40000	127000 T
POLYURETHANE RESINS	60000	3000 T
POLYVINYL ACETATE LATEX AS 1	40000	60000 T
POLYVINYL CHLORIDE	50000	158000 T
PRIMARY ALCOHOL ETHOXYLATE	20000	20000 T
PRIMARY ALCOHOL ETHOXYLSULFATE	20000	20000 T
PRIMARY ALCOHOL SULFONATE SODI	20000	20000 T
SAN	0	5000 T
SOAP	40000	40000 T
SODIUM ALKYL BENZYL SULFONATE	40000	75000 T
STYRENE-BUTADIENE RUBBER	30000	50000 T
UNSATURATED POLYESTER	20000	20000 T
UREA-FORMALDEHYDE RESIN SYRUP	13000	22000 T

Il s'agit en particulier des dérivés d'aromatiques et des dérivés du chlore dont les implications au niveau des matières premières (produits PETR) sont les plus grandes. Il convient donc de trouver un compromis entre les substitutions admissibles au niveau des modèles de consommation et une utilisation optimale des matières premières de base

conditionnant la rentabilité des investissements. Nous avons là un élément assentiél de la thèse de développement.

On remarquera ici que la structure de la demande considérée, ne tient pas compte de la chimie organique fine (p.ex. la chimie des produits de protection des plantes, la chimie des produits pharmaceutiques, les colorants). Il convient de considérer l'augmentation en conséquence les capacités de production des installations de production d'intermédiaires constituant les produits de base pour les branchés considérées. On n'a pas mentionné le secteur de la chimie pour les besoins ménagers. En ce qui concerne les procédés technologiques, on a convenu d'un commun accord que la liste des procédés retenue dans le DPD No 6 du rapport final du projet DP/ALG/86/003/(21-02), liste complétée par le LIES à la demande de la partie algérienne (Cf. par 4.1), satisfait aux études de cas envisagées. L'analyse préliminaire des matières premières pour le domaine des produits HTOP (éthylène, propylène, butadiène, etc.) conduit à suivre la démarche suivante:

- il convient de voir si le programme de développement peut être réalisé par une acquisition de matières premières qui ne remettrait pas en question les circuits de raffinage existants,
- comme on sait la complexité et le coût élevé des technologies de transformation des aromatiques, on a opté pour les solutions les moins chères et les quantités les plus faibles possibles d'aromatiques (en tenant compte de la structure de la demande en produits finaux HTOP).

4.5 Résultats de l'analyse préliminaire du domaine PETR

La demande en produits finaux IETR a été obtenue lors de l'analyse du domaine HTOP (il s'agit en effet des produits de base pour les produits HTOP). Pour la sélection des procédés technologiques, on a tenu compte des postulats du par.4.4 relativement à la production des aromatiques et à la permanence des circuits de raffinage existants, c'est-à dire que l'on a essentiellement les procédés de transformation des produits de base sous forme de gaz. On a néanmoins considéré, pour les besoins de l'étude et pour pouvoir faire des comparaisons, que l'on traitera également la possibilité de traiter les matières premières suivantes: éthane, propane, butane, naphta léger, naphta brut, condensats, gazole. On a également retenu un procédé de traitement du mélange de xylènes existant.

Les profils technologiques pour les deux DPD, ont été fournis par le LIES (Cf. l'Annexe 3. Profils et schémas des filières technologiques).

Nous terminerons sur ce l'analyse préliminaire avec les résultats qui seront utilisés dans les simulations des modèles HTOP, PETR et du "DPD intégré des industries chimiques et pétrochimiques".

Les données détaillées relatives à la demande, à la consommation de matières premières et aux procédés technologiques, sont réunies dans le chapitre 6 - "Documentation des études de cas réalisées".

5. Formulation de la thèse de développement

En accord avec la méthodologie ADIM (Cf. le Guide de programmation "..."), il convient, avant d'élaborer le programme de développement, de formuler la thèse de développement.

A partir de l'identification et de l'analyse du problème (chapitres 3 et 4), on peut formuler la thèse de développement suivante des industries chimiques et pétrochimiques en Algérie:

- Accroissement moyen annuel de 9% jusqu'à l'horizon 2000.
- Satisfaction de la demande pour le scénario de la base retenu (Bb).
- Développement "offensif" retenu qui prévoit qu'environ 30% de la production des produits chimiques les plus rentables seront vendus à l'exportation. Les objectifs poursuivis sont évidemment l'élimination des importations et l'obtention de devises pour financer le développement.
- Recherche d'un compromis intéressant entre le niveau d'investissement et celui des importations (avec promotion des exportations), pour que les importations de produits non rentables et les exportations de produits rentables permettent une rentabilité élevée des investissements, tout en satisfaisant les besoins du marché intérieur, et que le délai de récupération pour l'ensemble du programme soit de l'ordre de 7 à 8 années.
- Il convient de trouver un compromis entre le niveau de substitution des produits finaux admissible pour les modèles de consommation retenus et la mise en oeuvre optimale des matières premières de base. Ceci est fondamental du point de vue de la rentabilité de l'investissement.
- Il convient de chercher à réaliser un programme de développement qui assure l'approvisionnement en matières premières des industries chimiques (éthylène, propylène, butadiène, xylènes, benzène, ...) sans porter atteinte au profil de production des raffineries.
- Tenant compte de la complexité et des coûts d'obtention des aromatiques, il convient de chercher un programme comportant une ligne technologique d'obtention des aromatiques suivant les profils les plus simples et en quantités minimales permettant de satisfaire la demande en

produits finaux: c'est dans cette direction qu'il convient de chercher des substituts au niveau des produits finaux qui satisfassent au modèle de consommation retenu.

6. Documentation des études de cas réalisées

6.1 Généralités

En accord avec la thèse de développement formulée au chapitre 5 et les hypothèses de base et questions de méthode présentées au chapitre 4, les domaines de production et distribution (DPD) étudiés l'ont été dans l'ordre suivant:

- * Révision du "DPD global de l'industrie chimique" appelé ici "DPD HTOP" (High Tonnage Organic Products - Grands Produits Organiques)
- * "DPD de l'industrie pétrochimique" appelé encore "DPD PETR"
- * "DPD intégré des industries chimiques et pétrochimiques" appelé "DPD intégré".

Les résultats des expériences traitées dans le chapitre 6, sont réunis en Annexe 2 dans l'ordre suivant:

- * "DPD HTOP" - p.A3
- * "DPD PETR" - p.B3
- * "DPD intégré" - p.C3

En plus des trois DPD sus-mentionnés, une étude de cas "DPD de l'industrie des engrais" autonome est traitée dans le chapitre 7. Les DPD HTOP, PETR, Intégré sont discutés plus en détail aux paragraphes 6.2, 6.3 et 6.4.

6.2 Révision du "DPD global de l'industrie chimique" ou "DPD HTOP"

Les travaux relatifs au "DPD HTOP" ont comporté deux phases: une phase préparatoire et la phase des expériences proprement dite dont l'objectif était l'élaboration de programmes de développement alternatifs pour le domaine concerné, programmes qui seraient ensuite intégrés au "DPD PETR".

La phase préparatoire a porté sur l'introduction dans le modèle de la demande en produits finaux suivant le scénario Bb (Voir les chap. 3 et 4), et la modification du répertoire des profils technologiques faite à la demande de la partie algérienne.

La phase préparatoire a donné lieu à une première série d'expériences dont les résultats les plus significatifs sont joints au présent rapport (Annexe 2, p.A3). Il s'agit des scénarios H_Bb_0, H_Bb_1, H_Bb_2.

Rappelons ici que le modèle initial du "DPD global de l'industrie chimique" (Voir le Rapport Final du "Plan Directeur de développement de l'industrie chimique en Algérie" - DP/ALG/86/008(21-02), ONUDI, Vienne, Autriche, Décembre 1987) a été lui-même le résultat d'un travail d'analyse et d'optimisation en plusieurs étapes de plusieurs domaines dénommés DPD 1,2,3,4 (respectivement domaines des oléfines, des aromatiques, etc.) qui ont donné lieu à consolidation dans le DPD No6 intitulé "DPD global de l'industrie chimique".

C'est ainsi que les questions d'optimisation, pour un réseau technologique et des profils donnés, ont été suffisamment avancées, pour pouvoir, au niveau de la révision, se concentrer sur une amélioration du modèle intitulé "DPD HTOP", dans un temps relativement court. On a pu entre autres tenir compte des nouvelles valeurs de la demande (voir le scénario Bb), et, partant, le changement d'échelle des unités de production, ainsi que de la sélection des matières premières de base (éthylène, propylène, butadiène, ...) et la souplesse de leur substitution, afin de pouvoir, dans un cadre suffisamment large, rechercher une structure optimale de l'industrie pétrochimique de base (domaine PETR).

On rappellera ici les modifications du répertoire des profils technologiques, où l'adjonction de nouveaux profils a permis de rendre la structure du réseau plus souple. Ces nouveaux profils portent entre autres sur:

- la production du styrène à partir de l'éthylène (sans utiliser le propylène),
- la production d'oxyde de propylène à partir du propylène.

Ces modifications sont dues entre autres à la nouvelle structure de la demande. On a d'autre part éliminé certains profils, en raison d'un niveau de la demande trop faible. Il s'agit de la production de polybutadiène, d'hydrazine et des résines à échange d'ions.

En raison des faibles perspectives d'application, on a aussi éliminé les profils technologiques suivants: méthionine, L-lysine, anthraquinone. Nous allons maintenant considérer plus en détail les résultats obtenus au niveau du "DPD HTOP". Le scénario H_Bb_0 nous donne une image de structure industrielle permettant une stricte satisfaction de la demande, les possibilités d'optimisation sont ici limitées. C'est pourquoi dans le scénario H_Bb_1, on a "relaxé" les contraintes pour la demande de la majorité des produits finaux. On a également réduit la borne inférieure de la demande pour les produits suivants: acétate de butyle, acide citrique, polyalcools, alkylbenzène, sulfonate de

sodium.

L'état imprimé H_Bb_1 nous montre que le niveau de production des produits de base atteint permet de satisfaire la demande. Les besoins résultants en matières premières de base se présentent comme suit:

éthylène	573 000 t/an
propylène	283 500 t/an
butène	9 900 t/an
butadiène	39 500 t/an
benzène	122 500 t/an
toluène	24 000 t/an
o-xylène	55 000 t/an
p-xylène	58 000 t/an

Il convient de rappeler ici qu'en accord avec la thèse de développement (ch.5), la série d'expériences doit permettre d'optimiser la structure de la filière technologique qui permette d'obtenir un compromis satisfaisant au modèle de consommation retenu, modèle se traduisant par une demande donnée en produits finaux (chap.3). La voie pour trouver le compromis recherché, est celle des substitutions qui permettent d'avoir, pour un modèle de consommation donné, les conditions permettant l'optimisation du réseau (de la structure) technologique.

C'est pourquoi, dans l'expérience H_Bb_2, on a introduit le mécanisme des substitutions en prenant les mesures suivantes:

- élimination de la production de PCV,
- réduction de la production de téréphtalate diméthyle,
- réduction de la production de polystyrène,
- réduction de la production d'alkylbenzène,
- réduction de la production de sulfonate de sodium,
- réduction de la production de toluène diisocyanate

On a, par contre, augmenté la production du polyéthylène, du polypropylène et des caoutchoucs. La comparaison de la variante "rigide" (scénario H_Bb_0) et de la variante "relaxée" tenant compte des substitutions (scénario H_Bb_2), montre les avantages, au niveau du programme de développement du "DPD HTOP", que l'on peut obtenir en cherchant un compromis valable. Le tableau ci-dessous donne le détail, pour les scénarios H_Bb_0, H_Bb_1 et H_Bb_2.

Experiments :		H_Eb_0	H_Bb_1	H_Eb_2
Simple Rate of Return		0.140	0.200	0.166
PDA Yearly Profit	mil.\$	468	456	399
PDA Value Added	mil.\$	1284	1013	927
Investment	mil.\$	3350	2282	2142
Yearly Import	mil.\$	275	182	160
Yearly Domestic Purchase	mil.\$	786	575	583
Yearly Domestic Sale	mil.\$	2471	1856	1751

La comparaison détaillée des résultats des expériences H_Bb_0,1,2 se trouve en Annexe 2, paragr. A4. On peut constater que, au niveau des volumes de production, il y a dans la variante H_Bb_2 une réduction de:

- 3%, pour l'ensemble des plastiques
- 30%, pour les fibres synthétiques
- 19%, pour les résines synthétiques

Les modifications constatées sont dues aux substitutions et à l'élimination des produits non rentables ou sans avenir; il s'agissait également, dans l'expérience H_Bb_2, de réduire au maximum la production des dérivés aromatiques (benzène, xylènes), en accord avec la thèse de développement retenue. On a, par contre, constaté une augmentation notable de la consommation de propylène. Les résultats obtenus ont permis de déterminer différentes structures industrielles de production des plastiques et autres produits demandés, suivant le scénario Bb. On a ainsi obtenu les demandes limites (supérieure et inférieure) en éthylène, propylène, cumène, butadiène, toluène, orthoxylène et paraxylène (Voir le paragr. 6.3).

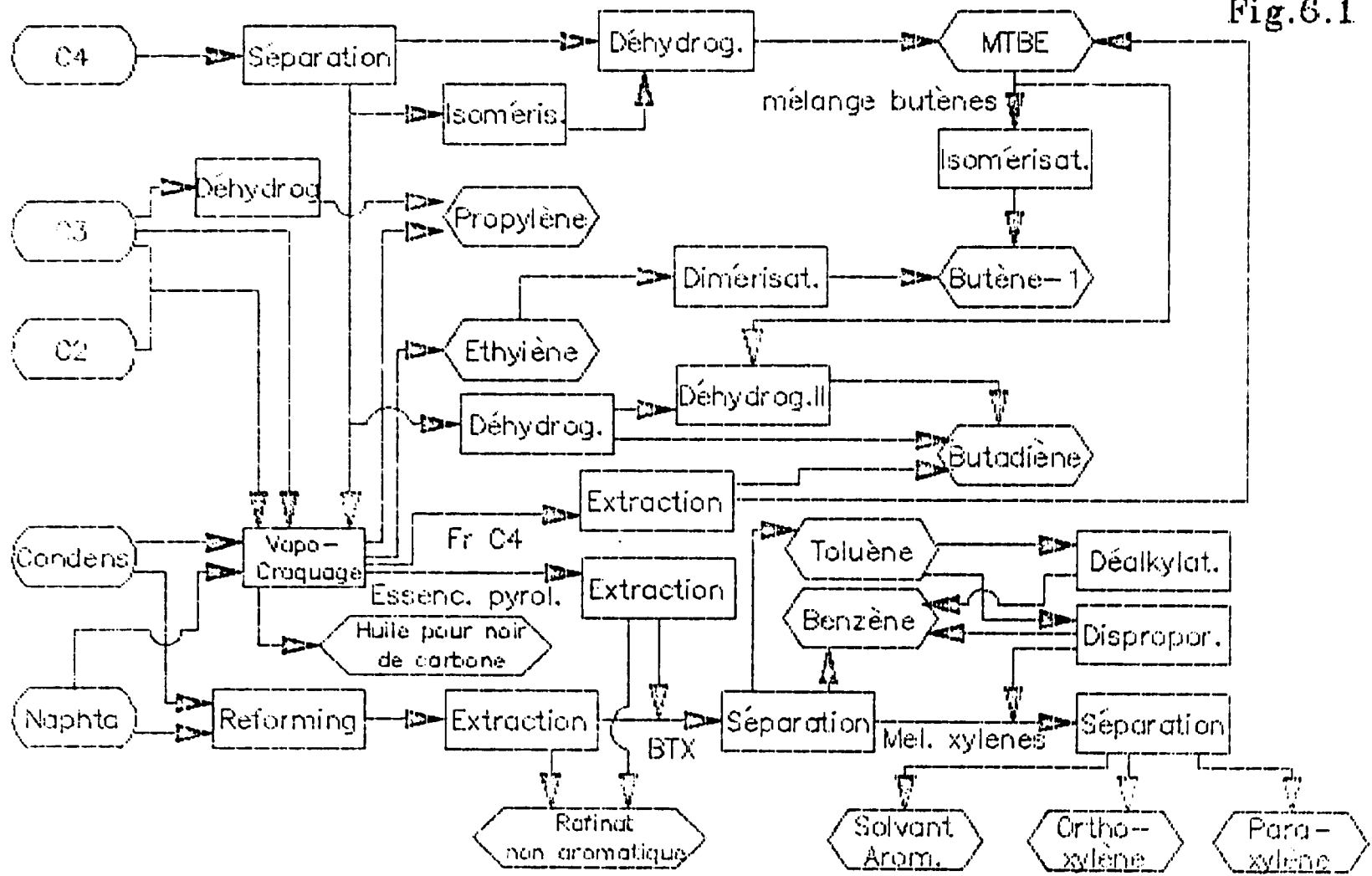
Tous ces résultats partiels sont importants pour l'élaboration du modèle intégré. Ils ont été discutés avec les experts algériens. On a ainsi révisé le "DPD HTOP" en obtenant les données indispensables pour l'élaboration du modèle PETR. Nous reviendrons sur la question des substitutions, après discussion du domaine PETR, lors de la considération du domaine intégré.

6.3. "DPD de l'industrie pétrochimique" ou "DPD PETR".

En ce qui concerne le "DPD PETR", les diverses expériences, réalisées correspondent à celles du "DPD HTOP".

La filière technologique, et le répertoire correspondant des profils technologiques, a été définie en accord avec les hypothèses de départ et les résultats d'une analyse préliminaire (chap.4). Cette filière est représentée sur le schéma technologique ci-contre:

Fig.6.1



Filière technologique de la Pétrochimie

On a convenu que les limites de la demande pour les produits PETR (éthylène, propylène, butadiène, etc.), sont déterminées par les limites de la demande en matières premières définies par les simulations H_Bb_0,1,2.

Les résultats obtenus lors des différentes expériences sont pourvus respectivement des sigles P_Bb_0, P_Bb_0a, P_Bb_1, P_Bb_1a, P_Bb_2 (Voir Annexe 2, paragr. B3).

Les expériences dont les sigles se terminent par un "a" se distinguent de leur prédécesseur par une consommation imposée supplémentaire de 70 000 t d'éthane disponibles à Skikda. Les résultats obtenus vont donner lieu à des conclusions qui concernent les expériences documentées à l'annexe 2 - par. B3, et exprimées également sous forme de récapitulation en annexe 2 - par. B4. Les conclusions sont formulées de la manière suivante:

1. Les fourchettes des besoins pour les différents oléfines et aromatiques, sans tenir compte des capacités de production existantes de l'industrie chimique, se présentent comme suit:

- éthylène	530 000 - 720 000 t/an
- propylène	285 000 - 360 000 t/an
- toluène	24 000 - 50 000 t/an
- benzène	50 000 - 170 000 t/an
- o-xylène	29 000 - 65 000 t/an
- p-xylène	19 000 - 44 000 t/an

2. Dans toutes les simulations, les matières premières de base choisies ont été le propane et le butane. Les proportions entre ces matières premières varient en fonction des besoins en aromatiques et en propylène.
3. L'utilisation du propane et du butane en pyrolyse permet la construction d'installations types acceptant indifféremment en entrée les deux produits et pouvant fonctionner à divers régimes. C'est là un gros avantage du point de vue de l'exploitation.
4. Imposer l'utilisation de l'éthane de Skikda dans la production d'éthylène, entraîne une détérioration des résultats.
5. Il y a une concordance élevée de choix des procédés de transformation des matières premières de base pour les oléfines et les aromatiques. La seule exception à cette règle est la variante P_Bb_2.
6. Les réserves de matières premières retenues comme prioritaires, sont largement suffisantes pour le plus riche des programmes de développement considérés.

7. Le montant global des investissements dépasse le milliard de dollars US; il semble donc raisonnable de répartir cette somme sur au moins deux sites avec un échelonnement dans le temps des réalisations.
8. Les activités d'investissement peuvent être poursuivies en parallèle, à Skikda et à Arzew.

Des expériences ont également été réalisées pour étudier la sensibilité du domaine aux variations des capitaux d'investissement. On faisait varier entre autres le facteur de localisation. Deux simulations ont été effectuées avec des facteurs de localisation respectivement égaux à 1.5 et 1.7. Rappelons ici que pour toutes les simulations précédentes, le facteur de localisation avait été fait égal à 1.3 (Voir annexe 2, par. B5).

On voit que pour un facteur de localisation égal à 1.7, c'est-à-dire pour des coûts d'investissement, des prix élevés, inchangés des matières premières et des produits finaux; alors le processus d'investissement est déficitaire. On peut donc considérer que la valeur maximale du facteur de localisation ne peut dépasser 1.6 pour que les investissements ne soient pas déficitaires. On a effectué également une simulation où pour un facteur égal à 1.7, les prix des matières premières (butane, propane, naphta, etc.) ont été diminués de 15% et de 30%. Comme on peut le voir sur le tableau (par. B6 de l'annexe 2) une baisse de 15% ne suffit pas à compenser l'augmentation des coûts d'investissement. Par contre une baisse de 30% donne une compensation excédentaire. Le taux de rendement simple est ici égal à 0.076; si l'on prend un facteur de localisation de 1.3, sans réduire le prix des matières premières - alors le taux de rendement simple est égal à 0.062. Cette étude ne donne néanmoins que les résultats approximatifs, car il faut partir des coûts réels des matières premières et réaliser un calcul étendu prenant en compte les exportations de matières premières. Pour avoir donc une image valable, il convient d'effectuer au plus tôt une étude de marketing qui tienne compte des volumes et des prix à l'exportation. Les simulations attendantes (avec exportations des matières premières) permettront de vérifier et compléter les résultats obtenus.

En plus des expériences ici considérées, on a effectué - en accord avec les recommandations de l'ONUJDI - une analyse des propriétés de la filière technologique du domaine PETR suivant divers critères (Voir Annexe 2, par. B7). Ces dernières expériences constituent une illustration des possibilités du système ADIM-ALG+, et permettent de voir l'influence du choix d'un critère sur l'optimisation de la structure technologique étudiée. Le critère de comparaison retenu est le rapport profit/investissement qui semble ici le meilleur du point de vue de la programmation du développement, suivant la thèse de développement formulée au

chapitre 5.

Les autres critères possibles sont: le rapport profit/énergie, le profit, l'énergie, l'investissement. Le critère de maximisation du rapport profit/énergie consommée, permet de sélectionner la structure optimale relativement au profit dégagé par unité d'énergie consommée dans la filière technologique. La consommation d'énergie (* est calculée suivant le bilan de l'énergie rapporté au réseau, comptée comme utilités (vapeur, énergie électrique, fioul) et aussi comme l'énergie contenue dans les matières premières et les intermédiaires consommés, ou l'énergie de sortie de tous les procédés retenus pour réalisation; il s'agit donc de l'énergie contenue dans les produits et intermédiaires obtenus dans le domaine.

L'équivalent énergétique des agents chimiques est exprimé dans le système ADIM-ALG+ comme la valeur inférieure du pouvoir calorifique (LHV - Lower Heating Value) contenue dans la base de données. La liste des valeurs LHV pour les agents du domaine PETR est donnée en Annexe 2, par. B8).

On a de plus considéré deux cas (Annexe 2, p.B7):

- minimisation de l'énergie consommée, et
- minimisation des investissements

Il convient ici d'attirer l'attention sur le fait qu'un facteur de réduction de l'étendue du domaine d'optimisation, est le modèle peu élastique de la demande retenu. Pour les besoins de la comparaison, ce modèle est néanmoins suffisant, car les tendances sont bien visibles.

Dans tous les cas de figure, les matières premières sont des gaz. Par contre, si l'on choisit les économies d'énergie (rapport profit/énergie), c'est le propane qui est préféré; dans l'approche minimisant la consommation d'énergie, on trouve des quantités importantes des condensats qui ne sont pas choisis dans aucun autre cas. Le critère profit/investissement donne les meilleurs résultats quand les autres critères, pour des investissements comparables, ont un taux de rendement simple beaucoup plus mauvais. En particulier, le minimum d'investissement obtenu est de 1277 millions de dollars US (contre 1340 millions de dollars US, pour un rapport maximal profit/investissement), quand les taux de rendement simples sont respectivement égaux à 0.051 et 0.065. Ceci veut dire que le postulat de minimisation de l'investissement peut être utilisé comme préférence et non comme critère. La variante la plus chère

*) en anglais: "Energy Consumption" qu'on retrouve sur les états imprimés.

est la variante "économie d'énergie" sans tenir compte de la rentabilité. Cela confirmerait, si besoin est, que l'économie d'énergie coûte cher. Toutes les considérations ci-dessus sont confirmées par les résultats réunis en Annexe 2, par. B7.

Nous pouvons maintenant aborder l'analyse du cas intégré des industries chimiques et pétrochimiques.

6.4. "DPD intégré des industries chimiques et pétrochimiques"

6.4.1 Généralités

En accord avec la méthodologie retenue, l'analyse du cas intégré constitue la cloture des expériences de simulation envisagées. Les principaux résultats sont présentés ci-après, dans l'ordre suivant:

- * étude de base prenant en considération la valeur de la demande, en tenant compte des substitutions et des possibilités d'exportation (p. 6.4.2),
- * étude de sensibilité suivant la valeur du facteur de localisation et suivant les variations du montant des investissements (p. 6.4.3),
- * étude du modèle intégré suivant le scénario retenu par l'ONUUDI (Cf. le rapport ONUUDI, 1987) (p.6.4.4),
- * analyse comparative des scénarios Bb et ONUUDI (p. 6.4.5).

Les conclusions détaillées sont présentées au niveau des résultats des expériences particulières et au niveau de l'analyse comparative (p. 6.4.5). De plus, on trouve également des remarques (p. 6.4.6) relatives à la précision des calculs résultant de l'emploi d'algorithmes linéaires et non linéaires de calcul des investissements. Cette question a été illustrée sur l'exemple des scénarios Bb et ONUUDI.

6.4.2. Simulations de base du cas intégré

Le domaine étudié est fort étendu et limité en entrée par les matières premières de base qui sont: le soufre, l'azote, le sel, le méthane, les GPL, le naphta, le fioul; en sortie, nous avons les plastiques, les fibres ou produits fibrogènes, les tensio-actifs, les produits de base pour les peintures et vernis, les caoutchoucs et autres grands intermédiaires. Le domaine intégré en question englobe, en plus de l'industrie pétrochimique, et des industries organiques, la production de l'acide nitrique et de l'acide sulfurique, la production du chlore et de la soude caustique, ainsi que des gaz techniques (H₂, CO). On a tenu

compte de tous ces produits en raison des grandes quantités entrant en jeu et nécessitant le constructin de nouvelles unités de production pour les besoins du programme considéré. On a accordé une attention particulière à la transformation des aromatiques, en raison des liens rigides existant dans la filière technologique des hydrocarbures aromatiques. Pour pouvoir "relaxer" ces liens, on a introduit un profil technologique de transformation du toluène en caprolactame. Le schéma de la filière technologique du cas intégré, est donné en Annexe 1, en raison de sa taille).

En suivant une démarche analogue à celle des DPD HTOP et PETR, la première simulation de cas intégré a porté sur la demande à l'an 2000 donnée dans le scénario de base Bb (en accord avec le tableau du chap. 3). On n'a pas relaxé les valeurs de la production des grands produits de base (Etat imprimé C_Bb_0 à l'Annexe 2, p. C3).

Le deuxième scénario C_Bb_1, a été réalisé en substituant à une partie du PCV, le caoutchouc SBR, le HSR, le PEBDL, et en relaxant le volume de production de certains produits. L'étendue des substitutions a été convenue d'un commun accord avec les experts algériens, au terme des simulations du "DPD HTOP", et l'on en a tenu compte dans toutes les expériences du "DPD intégré", à l'exception du cas C_Bb_0.

Le troisième scénario C_Bb_2 prévoyait de vendre à l'exportation une partie de la production, par augmentation du niveau de production requis pour les besoins du marché intérieur d'après le scénario de base Bb. Il s'agissait d'acquérir ainsi les moyens nécessaires à l'importation des produits dont on a réduit la production en raison de leur non rentabilité. Dans notre cas concret, on a réduit les productions de PEHD, d'alkylbenzène, de sulfonate de sodium, de PEBD et du nonylphénoléthoxylate. On a augmenté la production des alcools éthoxylés de premier ordre, du polypropylène et du MTBE (Méthylterbutyléther). On a ainsi dégagé des volumes supplémentaires de produits à l'exportation, dont le benzène.

Au cours des calculs, on a constaté la tendance à produire de l'isobutane en excédent. La possibilité d'exporter de l'isobutane peut notablement améliorer l'efficacité du DPD, mais en modifiant les proportions d'utilisation des matières premières de base. Pour étudier de plus près cette question, on a effectué une expérience supplémentaire (le scénario C_Bb_3), où l'on considère la possibilité, par rapport au scénario C_Bb_2, de vendre la totalité de l'isobutane.

Dans ce cas, sont apparues des modifications sérieuses qu'on ne peut considérer comme positives. Comme la vente d'isobutane est très intéressante, c'est elle qui a été

privilegiée. Cela modifie notablement le bilan des matières premières. On voit diminuer ainsi le volume de traitement de la fraction C4, le naphta pyrolytique et l'on choisit également deux procédés d'obtention du benzène à partir du toluène: par déalkylation et par disproportionation. On a réduit également la production du MTBE et du polypropylène. On a éliminé aussi la production des polycarbonates. Le réseau obtenu privilégie nettement la pyrolyse du butane au détriment de celle du propane. Comme les débouchés et applications du propane comme carburant moteur, sont plus faibles, le phénomène constaté n'est pas favorable. On peut uniquement considérer l'utilisation du propane comme carburant local pour les besoins communaux. On conclura en disant qu'il convient de maintenir des proportions déterminées d'utilisation du propane et du butane en faveur de ce dernier.

Les simulations C_Bb_1 et C_Bb_2 sont un exemple de recherche des orientations optimales de développement des industries chimiques et pétrochimiques. Ces résultats ne peuvent néanmoins être considérés comme des résultats définitifs. Ce n'est qu'après une analyse approfondie des prix et une analyse de marketing que l'on peut déboucher sur d'autres simulations qui donneront la réponse quant à une mise en valeur optimale de matières premières et à une satisfaction de la demande intérieure en produits chimiques, à l'horizon de programmation retenu.

La comparaison des résultats des simulations C_Bb_0,1,2 et 3 permet de formuler les conclusions suivantes (Voir Annexe 2, p. C4):

- 1) La fixation arbitraire du niveau de production à la valeur prévue de la demande pour les grands polymères, n'entraîne pas seulement une limitation du choix des procédés, ce qui fait rejeter les produits les plus rentables, d'où des résultats économiques plus faibles.
- 2) Le "relachement" du niveau de la demande et la mise en oeuvre de substitutions très modestes (scénario C_Bb_1) permettent une amélioration des résultats économiques.
- 3) L'introduction d'un bilan import-export, c'est-à-dire un dimensionnement des unités de production qui permet de vendre à l'exportation certains produits, donne une notable amélioration des résultats économiques et permet une importation compensatoire des produits fabriqués en quantités insuffisantes pour satisfaire à la demande prévue.

Le tableau ci-dessous montre le bilan des échanges du commerce extérieur sur l'exemple du scénario C_Bb_2.

Tableau 6.1 Bilan des échanges du commerce extérieur pour le scénario C_Bb_2

Produit	Exportations		Importations	
	Quantité (tonnes)	Valeur Millions US\$	Quantité (tonnes)	Valeur Millions US\$
Alcool éthoxylique primaire	20 000	60.0		
PP	38 000	24.4		
MTBE	43 000	15.5		
Benzène	60 000	13.5		
PEHD			73 000	41.8
PERD			38 000	18.3
Sulfonate de soude d'alkylbenzène			30 000	30.0
Nonylophenol éthoxylate			9 000	10.8
TOTAL		113.4		100.9

Le bilan des échanges est donc positif (113.4 - 100.99 = 12.5 millions de dollars US lesquels il convient de déduire 9 millions de US\$ d'achats supplémentaires de produits chimiques et de catalyseurs). On constate également une réduction du montant des investissements de l'ordre de 27 millions de US\$ et une réduction de la consommation d'énergie.

- 4) Les modifications de prix des hydrocarbures C4, ou de leur relation mutuelle, peut notablement modifier les résultats de la simulation C_Bb_3. Il résulte de ce qui précède que l'on dispose de fondements pour effectuer à l'avenir d'autres analyses (de prix, de marché etc.) suivies d'autres simulations.

6.4.3. Etude de sensibilité.

Les études de sensibilité ont porté sur l'étude de l'influence des variations du facteur de localisation et du montant des investissements. Cette analyse a été appliquée au cas C_Bb_2.

Les variations du facteur de localisation (voir fig.6.4) n'entraînent pas, comme on le sait, de modification de la filière technologique du programme de développement, mais ont une influence évidente sur les résultats économiques. On peut ainsi constater que pour un facteur

même égal à 1.5, les résultats sont encore positifs pour les industries pétrochimiques et chimiques. C'est donc un résultat différent de ce qui se passe dans le seul domaine de la pétrochimie. Ceci constitue d'ailleurs une confirmation des avantages de l'intégration assurant l'efficacité de ce qu'on appelle en anglais "long chain down stream processing" (longue chaîne directe de traitement).

On voudrait aussi remarquer que si les coûts d'investissements sont particulièrement élevés dans l'industrie des grands intermédiaires pétrochimiques, au regard de la rentabilité, on peut néanmoins améliorer l'efficacité des investissements et avoir des bons résultats en disposant de matières premières, par la voie du développement intégré des industries pétrochimiques et chimiques.

L'analyse des variations du niveau des investissements est beaucoup plus significative. On a ici, dans un premier temps, fixé le montant des investissements à 5000 millions de US\$, puis l'on est monté à 5500 millions sans modifier les autres paramètres du scénario. Les résultats de cette analyse (Fig.6.3, Tab.6.2) sont très parlants, non seulement au niveau des résultats économiques, mais ils mettent en lumière la rentabilité (ou non rentabilité) des différentes options d'investissements. Il est vrai que le résultat fondamental de cette étude - la valeur du délai de récupération - est désavantageux (quoique à un faible degré), mais on constate qu'une augmentation des investissements de 16% donne une augmentation des ventes de 12%, avec un accroissement de la consommation d'énergie de 23% et des livraisons - de 14% avec un accroissement des importations de 7% et , enfin, un accroissement du profit de 4%.

Tableau 6.2
Influence du montant des investissements sur les indices économiques de base pour le scénario C_Bb_2 (exprimés en chiffres absolus et en pourcentage)

Expérience:	2y	2x	2	2a	2b	2c	2d
In	5500	5000	4750	4500	4250	4000	3820
Ta	0.137	0.149	0.152	0.151	0.147	0.138	0.1
Re	753	747	722	680	627	550	382
Co	27944	24296	22670	21815	20908	17930	16867
Im	287	271	269	205	185	298	283
Ve	3385	3152	3035	2838	2679	2613	2357

cont.

Tableau 6.2 cont.

Expérience:

Ta	90%	98%	100%	99%	97%	91%	66%
Re	104%	103%	100%	94%	87%	76%	53%
In	116%	105%	100%	95%	89%	84%	80%
Co	123%	107%	100%	96%	92%	79%	74%
Im	107%	101%	100%	76%	69%	111%	105%
Ve	112%	104%	100%	94%	88%	86%	78%

In	Investissement (millions \$ US)
Ta	Taux de rendement simple
Re	Revenu du DPD (millions \$ US)
Co	Consom. d'énergie (TJ)
Im	Importations (millions \$ US)
Ve	Ventes sur le marché national (millions \$ US)

Pour la majorité des procédés, on constate une tendance à augmenter la production c'est-à-dire qu'ils sont choisis du point de vue du critère profit/investissement. La rentabilité de certains procédés serait plus évidente si l'on relevait les bornes supérieures des contraintes du scénario. Ceci est vrai pour la demande en: PP, PS, caoutchouc. Avec l'accroissement des investissements, de nouveaux procédés sont sélectionnés. On peut dire d'une manière générale que l'accroissement du volume des investissements qui n'est pas le résultat d'une augmentation des coûts d'investissements, permet de se maintenir dans les limites de la rentabilité, et contribue à une augmentation de l'offre, mais au prix d'un accroissement de la consommation d'énergie.

Une autre étude intéressante et riche d'enseignements, est l'étude de sensibilité du système à une réduction du montant des investissements à un niveau considéré comme admissible. On est ainsi descendu à 4500, 4250, 4000 et 3820 millions de US\$, ce qui a donné les expériences C_Bb_2a, C_Bb_2b, C_Bb_2c et C_Bb_2d dont on parlera en détail ci-dessous.

Jusqu'à 4000 millions de US\$, on observe une chute lente de taux de rendement simple (SRR - Simple Rate of Return) puis la chute est rapide et pour 3820 millions de US\$, on trouve un délai de récupération de 10 années, qu'il faut considérer comme une valeur limite. Le domaine en question est caractérisé par une stabilité relativement élevée des résultats économiques face aux modifications des programmes de production.

L'analyse des résultats quant aux quantités produites pour les principaux groupes de produits (Tab.6.3 et Fig.6.2), met en évidence les phénomènes suivants:

- 1) Jusqu'à un certain niveau des investissements, le volume de production de certains produits (p.ex. l'aldéhyde acétique) est fixé, puis le procédé est éliminé et l'éthylène est mis en valeur autrement (pour fabriquer du FE)
- 2) Dans le même temps, certains produits ont une tendance régulière à la baisse, c'est-à-dire que leur rentabilité est à la limite définie par le taux de rendement simple.
- 3) Si l'on désire avoir une situation entièrement claire, quant à l'utilisation optimale des investissements limités à un niveau donné, il faudrait modifier d'étendue des choix possibles des diverses fabrications. Cela revient à autoriser les modifications de la demande, au niveau du scénario. On pourrait alors sélectionner les procédés les plus rentables, bien que les volumes de production ne soient plus alors compatibles avec la demande intérieure telle que définie dans le scénario Bb. Pour satisfaire à la demande définie par le scénario Bb, il faudrait retenir une stratégie de développement sélectif et une augmentation substantielle du volume des échanges (importations et exportations).

Tableau 6.3

Quantités produites pour les principaux groupes de produits, pour les scénarios C_Bb_0, C_Bb_1, C_Bb_2, C_UN_0, C_UN_1 (en 1000 t/an)

Expérience :

	C_Bb_0	C_Bb_1	C_Bb_2	C_UN_0	C_UN_1
Ta	0.12	0.13	0.152	0.171	0.213

MARCHE INTERIEUR

P1	1210	1235	1240	435	435
Ca	50	73	73	30	30
Fi	146	157	166	134	134
Re	265	265	230	183	186
De	195	195	195	160	160

cont.

Tab. 6.3 cont.

Experience :

C_Bb_0 C_Bb_1 C_Bb_2 C_UN_0 C_UN_1

EXPORTATIONS

Pl	38	15	36
Ca		20	20
Fi			
Re			60
De	20		20

Ta - Taux de rendement simple

Pl - Plastiques

Ca - Caoutchoucs

Fi - Fibres

Re - Résines

De - Detergents

C'est là une voie à considérer dans les analyses ultérieures du MEICP. On constate donc qu'il existe un groupe de procédés présent en permanence dans le programme; un autre groupe de procédés apparaît en fonction de divers facteurs et, enfin, les procédés qu'une réduction des investissements élimine car ils ne sont pas compétitifs. Parmi ces derniers produits, on trouve l'acide acrylique, l'éthanol, l'acrylate d'éthyle, la glycérine, le nonylphénol simple et éthoxyle, les polyacrylates, les polycarbonates. On peut ainsi définir le caractère préférentiel de certaines orientations du développement, mais il convient d'effectuer ici de nouvelles simulations. D'autre part, on trouve des secteurs, où le prix des matières premières et des produits finaux est d'une importance primordiale et il faut donc pousser plus avant l'étude. D'autres résultats ne peuvent être retenus dans le programme pour d'autres raisons. Ainsi par exemple le butadiène apparaît alternativement comme le résultat d'une extraction à partir de la fraction C4, ou comme le résultat d'une déshydrogénation de la même fraction C4. Techniquement et économiquement parlant, le choix ne peut se porter que sur le procédé d'extraction. Le choix est le résultat de la tendance du modèle à équilibrer le bilan des intermédiaires. D'ailleurs ce type de question est réglé au terme des études de faisabilité.

De manière analogue, l'obtention du caprolactame simultanément à partir du cumène et du phénol, n'est pas fondée au niveau de la construction des unités correspondantes, d'autant plus que les volumes de production concernés sont relativement faibles. Il conviendra donc au niveau des préétudes de réalisation, de reconsidérer le choix du procédé.

Pour avoir une idée exhaustive des substitutions, voici

à suivre et des priorités de réalisation, il faut effectuer des simulations supplémentaires en "relaxant" les contraintes sur tous les produits à fabriquer. Il convient entre autres de fixer impérativement les prix du benzène, du méthanol et de l'éthylène actuellement fabriqués. Les états imprimés ne permettant pas de tirer les conclusions quant à une production dont le niveau est représenté par un seul chiffre (et non une fourchette).

Il serait bon que lors du prochain séjour des experts algériens à Cracovie, on puisse déterminer ensemble, à partir des données analytiques (composition) sur les reformats et le benzène pyrolitique, la filière technologique adéquate de transformation des aromates.

Pour résumer l'étude de cas "DFD intégré", suivant le scénario de base Bb, on peut dire ce qui suit:

- Le programme obtenu à partir du scénario C_Bb_2 doit être considéré comme le programme de base pour les travaux ultérieurs de programmation et de planification.
- Ce programme est pour l'essentiel concordant avec la thèse de développement formulée au chapitre 5.

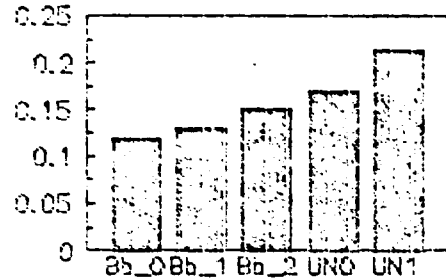
Il semble néanmoins que si le réseau technologique obtenu peut être aujourd'hui considéré comme référentiel, le montant considérable des investissements nécessaires - 4.823 millions de US\$ - doit être convenablement réparti dans le temps, suivant une stratégie de réalisation donnée. Les éléments de cette stratégie doivent porter sur:

1. les principales étapes de réalisation - étape de lancement et étapes suivantes de construction et de réception des unités consécutives de pyrolyse,
2. sites disponibles et sites potentiels,
3. politique d'investissement - répartition des charges dans le temps et montants annuels maximums.

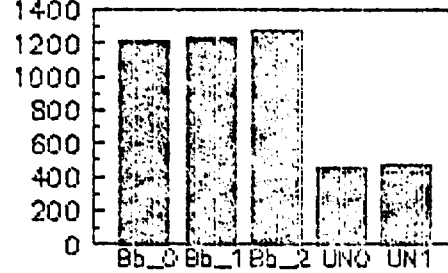
C'est en partant de ces hypothèses et postulats que l'on s'est attaché à l'étude du programme ONUDI (Voir le rapport de J.Kopytowski au p.4.1 du présent rapport).

Fig.6.2

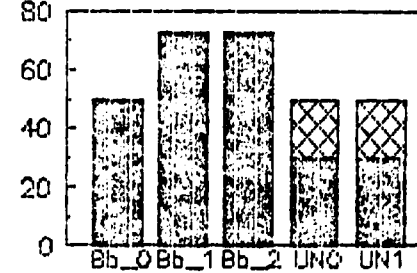
Taux de rendement simple



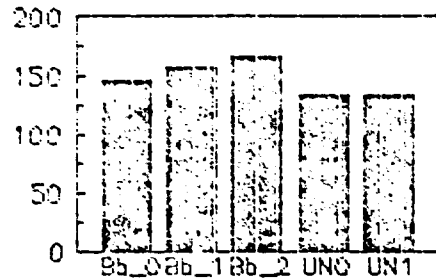
Plastiques



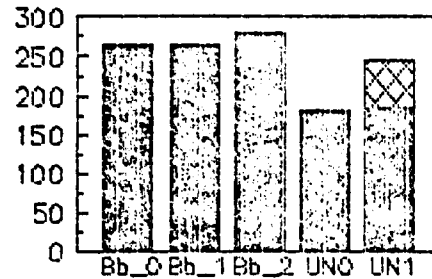
Caoutchoucs



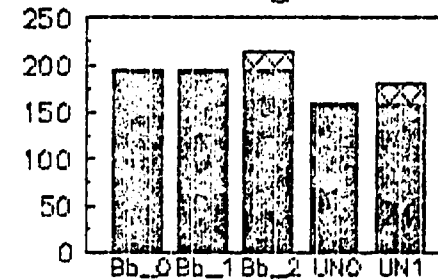
Fibres



Résines



Détergents

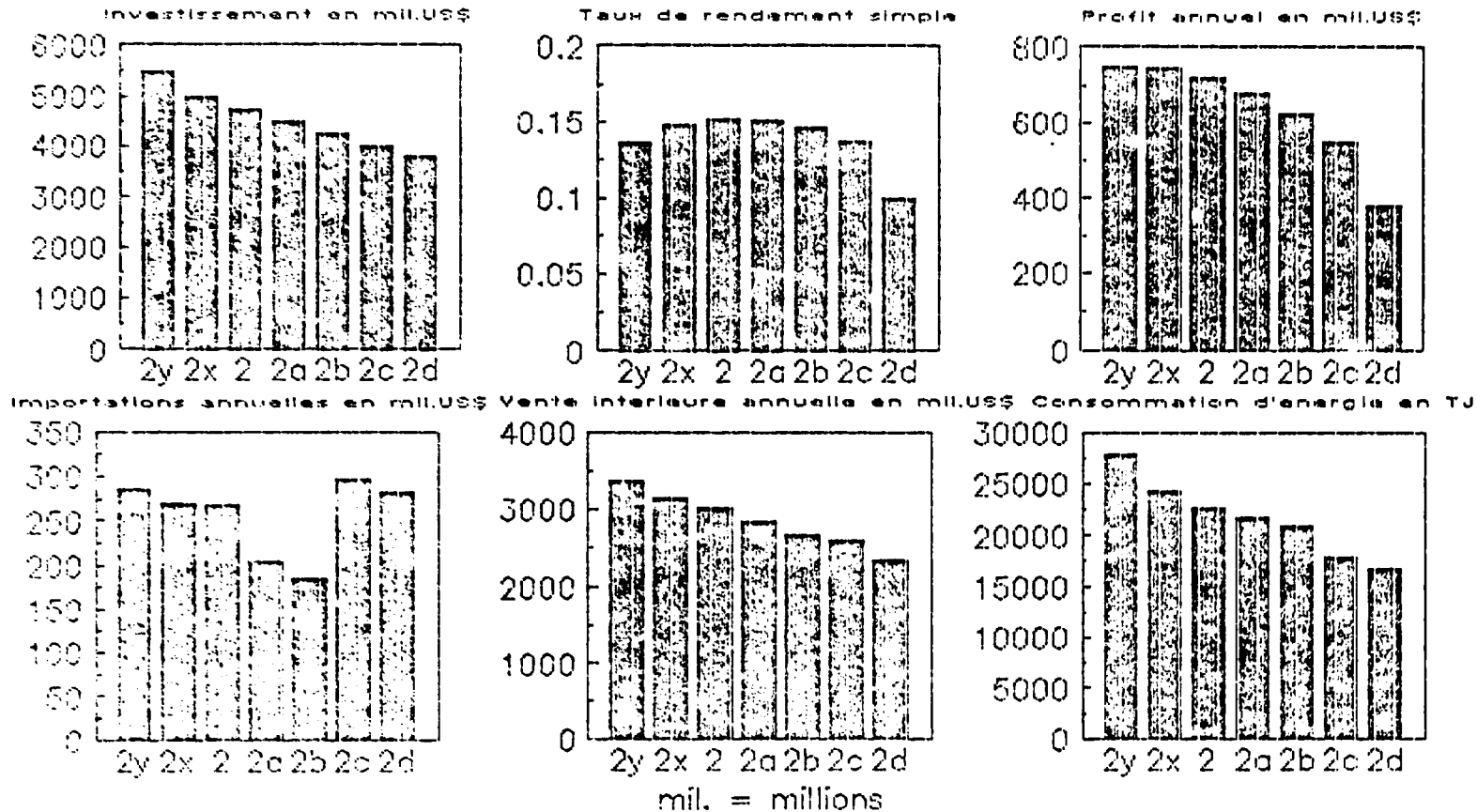


Exportations

Marche interieur

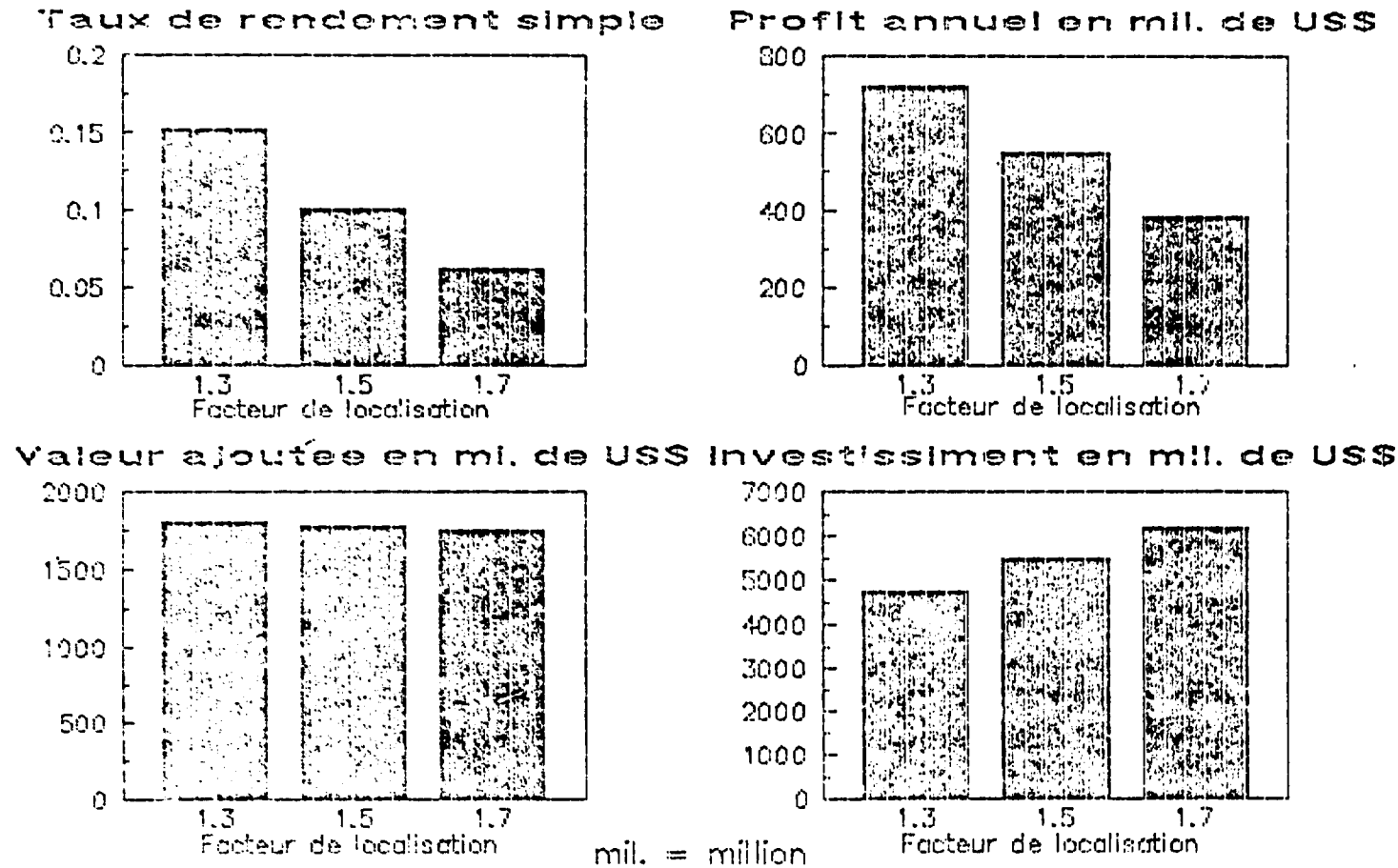
Quantités produites pour les principaux groupes de produits, pour le scénarios C_Bb_0, C_Bb_1, C_Bb_2, C_UN0, C_UN1

Fig.6.3



Influence de l'augmentation et de la réduction du montant des investissements sur les valeurs des indices économiques de base pour le scénario C_Bb_2

Fig.6.4



Influence du facteur de localisation sur le délai de récupération le bénéfice, la valeur ajoutée et le montant des investissements

6.4.4. Analyse du programme ONUDI

L'étude du programme ONUDI est le fruit d'entrevues au siège de l'ONUDI (Briefing Note et points fixés avec le responsable ONUDI M.J.Kopytowski), des conclusions relatives à l'étude de cas "DPD intégré" (p. 6.4.3) et aux discussions avec les experts algériens. On a ainsi formulé certaines thèses et hypothèses de départ dans l'étude de cas concerné. Elles sont ici résumées de la manière suivante:

1. Le programme C_Bb_2 est le scénario de référence retenu comme objectif à atteindre
2. Il convient d'élaborer un planning de réalisation du programme en question qui soit le plus rapidement rentable (sans avoir à mettre un trop grand nombre d'unités non rentables en fin de programme)
3. Il convient de souvegarder une cohérence totale des diverses étapes de réalisation.

La première expérience a consisté à retenir sans modifications le programme défini dans le rapport ONUDI en question. Les résultats sont réunis dans l'état imprimé C_UN_0 (Annexe 2, p. C5). Les résultats se présentent comme suit:

1. Le montant des investissements est de toute évidence plus faible que pour le programme C_Bb_2 (respectivement égal à 2480 et 4823 millions de US \$), à quoi correspondent des quantités adéquates de plastiques et des produits de grande diffusion (HTOP).
2. Le taux de rendement simple est nettement plus élevé que dans le programme C_Bb_2 (0.171 à 0.120).
3. Comme le programme ONUDI prévoit un certain volume d'exportations des produits, on en retrouve les conséquences au niveau des résultats de simulation, où il ressort que les importations de catalyseurs, de matériaux auxiliaires et de produits chimiques et intermédiaires indispensables et non produits, sont compensées dans une large mesure par les exportations des excédents non destinés au marché intérieur. Ainsi l'état imprimé C_UN_1 est le résultat d'une simulation où il y a spécialisation de la production et des volumes notables sont destinés à l'exportation. Les ventes sur le marché intérieur sont maintenues au niveau antérieur. Il apparaît une légère différence quant aux volumes destinés au marché intérieur, mais il s'agit essentiellement d'intermédiaires produits en faibles quantités dont l'importance est secondaire pour l'équilibre du marché intérieur. Il faut évidemment effectuer une analyse, avec modification éventuelle de la liste ONUDI des produits exportables, mais les

analyses de prix et du marché sont indispensables dans tous les cas, donc pour le cas ONUDI qui constitue une référence commode.

4. Parmi les procédés retenus pour réalisation, on trouve des cas de technologies alternatives (p.ex. le MTBE à partir de l'isobutane et le MTBE fabriqué à partir de mélanges de butènes). En fait, il s'agit d'une seule installation alimentée à partir de deux sources: isobutylène pur et mélange de butènes, après extraction du butadiène. Le deuxième exemple est celui de l'éthylène, qui est obtenu à partir du propane et où l'on a retenu pour des raisons de bilan divers taux de conversion du propane. Physiquement, il s'agit d'une unité dont le régime d'exploitation peut être adapté aux besoins.

6.4.5. Analyse comparative et conclusions

On a regroupé dans un tableau et sur la fig. 6.4, les quantités produites relativement aux divers groupes de produits. Ce tableau et cette figure sont le résultat des diverses simulations effectuées (scénarios C_Bb_0,1,2, en Annexe 2, p.C3 et scénarios C_UN_0,et C_UN_1 en Annexe 2, p.C5). L'état imprimé réunissant les résultats comparés des expériences C_Bb_2 et C_UN_0 et 1, se trouve en Annexe 2, p. C6.

Rappelons ici de manière succincte les principales caractéristiques des scénarios des expériences regroupées au p. C6 de l'annexe 2:

- 1) Scénario C_Bb_0 - la demande du marché intérieur est déterminée suivant le scénario de base Bb du HEICP
- 2) Scénario C_Bb_1 - la demande est déterminée comme ci-dessus avec un "relâchement" des contraintes et une substitution limitée (limitation partielle de la production de PCV et augmentation de la production de caoutchouc et de PE
- 3) Scénario C_Bb_2 - les conditions sont celles du p.2, avec une certaine activation des exportations
- 4) Scénario C_UN_0 - qui est conforme à la proposition UNIDO
- 5) Scénario C_UN_1 - qui est conforme au scénario C_UN_0, avec une spécialisation approfondie de la production en vue des exportations.

L'analyse comparative permet de formuler les conclusions suivantes:

- a) Le modèle intégré correspond à un réseau technologique où se trouvent associées les industries chimiques et pétrochimiques. Ce modèle permet des simulations visant à une programmation intégrée du développement des deux industries.
- b) Comme il résulte de la liste des scénarios ci-dessus, le programme C_UN_1 donne les meilleurs résultats économiques et satisfait au postulat de spécialisation visant les exportations (excédent dégagé pour les exportations de l'ordre de 120 millions de US \$, qui peut servir à l'achat de produits complétant l'offre nationale).
- c) Le programme C_UN_1 est cohérent avec le programme référentiel, c'est-à-dire avec le scénario C_Bb_2, au niveau des orientations d'investissement et de la stratégie de développement quant au réseau technologique et au choix des matières premières de base. Les conclusions ci-dessus permettent de constater que le scénario modifié C_UN_1 satisfait aux postulats découlant des études sur le programme référentiel (C_Bb_2).

6.4.6 Précision du calcul des investissements

En conclusion de ce chapitre consacré à l'analyse des résultats des simulations, il convient d'attirer l'attention sur le problème de la précision des méthodes de calcul des investissements et partant, sur le calcul des grandeurs appelées "Résultats globaux" (Global results) sur les états imprimés *).

Le modèle mathématique utilisé par le système ADIM-ALG+ est, comme on le sait par ailleurs, un modèle linéaire. Les profils technologiques stockés dans la base de données du système, sont définis pour une capacité de production donnée, avec un coefficient d'échelle approprié.

Les calculs d'optimisation utilisent un modèle linéaire et sélectionne une capacité de production conforme au scénario de simulation. Après optimisation, à la demande de l'utilisateur (option "PDA Evaluation" du menu "Select and Display Results"), on peut corriger la valeur des investissements en utilisant le facteur d'échelle pris dans la BD. Le domaine d'emploi de ce facteur d'échelle est néanmoins limité, car pour une réduction importante d'échelle le calcul aboutit à un surinvestissement pour les petites installations. Pour une augmentation de la taille

Les remarques en question sont également valables pour le chapitre 7, quoique les modèles considérés au chapitre 6, soient plus illustratifs.

notable, on peut avoir deux cas de figure:

- ou l'on compte pouvoir construire une seule unité de la taille désirée, ou encore
- on choisit d'avoir la capacité demandée sous la forme de 2 (ou même 3) unités plus petites.

On voit donc que tout dépend de la décision qui sera prise. Qui plus est, l'augmentation de la taille de l'unité, passe souvent par la création de deux lignes de production parallèles. Le facteur d'échelle doit alors être fait égal à 1. C'est par exemple le cas de l'ammoniac. Quel est l'incidence de ce facteur sur le montant global des investissements et sur les résultats économiques globaux. On peut le voir sur les états imprimés du p.7 de l'annexe 2 où nous avons les résultats des expériences C_UN_0 et 1, C_Bb_0 et 2.

Les programmes C_UN_0 et 1 comportent des unités plus petites et les investissements corrigés sont surévalués, d'où un montant global des investissements également surévalué. Les investissements sont calculés suivant un modèle linéaire et sont donnés entre parenthèses après les valeurs calculées suivant une expression non linéaire.

Toutes les autres grandeurs économiques apparaissant sur les états imprimés en question, sont calculées suivant des investissements obtenus par correction non linéaire. Dans tous les autres cas (à l'exception du p.C7) d'états et de listes réunis en annexe 2, et dans le texte du rapport, les résultats cités ne tiennent pas compte de la correction mentionnée.

Au contraire, dans les scénarios C_Bb_0 à 2, on voit apparaître des installations de très grande taille. Il y a donc un phénomène de sous évaluation des investissements.

Les conclusions qui peuvent donc ici être formulées, sont les suivantes:

1. Dans le cadre des expériences concernant un programme, l'erreur de méthode n'est pas grave car l'essentiel est le choix résultant des comparaisons de procédés (et de chaînes de production); dans ce cas l'erreur est négligeable au regard de la précision des données source.
2. Pour ce qui a trait à la comparaison de différents programmes, il est plus intéressant d'utiliser les résultats numériques issus de l'expression linéaire.

3. Les résultats de l'évaluation d'une seule unité (Single Plant Evaluation) - option pour l'unité mise à l'échelle à la suite de la simulation - doivent être utilisées avec circonspection et éventuellement corrigés au cas pour cas.
4. Quand les décisions relatives à la taille des unités sont effectivement prises, les données relatives aux profils technologiques doivent être mises à jour et le système ADIM permet alors d'effectuer les calculs globaux ainsi que les évaluations d'unités avec une précision plus grande.

7. Industrie algérienne des engrais

7.1. Généralités

La production d'engrais en Algérie est d'une importance stratégique car il s'agit d'assurer la satisfaction des besoins alimentaires d'une population à croissance rapide avec des surfaces arables pratiquement constantes.

L'objet de l'étude de cas "DPD de l'industrie des engrais" a été de simuler plusieurs variantes de développement en fonction d'hypothèses relatives à la demande en engrais à l'horizon 2000, en tenant évidemment compte du potentiel de production existant de l'industrie algérienne des engrais. Le système ADIM qui est l'outil de simulation utilisé, permet de poursuivre d'autres simulations et études en tenant compte, en particulier, des variations de prix des matières premières et des produits finis, sur les marchés intérieur et international.

Le présent chapitre a été élaboré à partir de données fournies par le LIÉS (profils technologiques) et par la partie algérienne. Des discussions approfondies ont permis de s'accorder sur les données retenues, quant à l'état actuel de l'industrie algérienne des engrais, et de fixer les orientations retenues dans l'étude de cas "DPD de l'industrie des engrais".

7.2 Etat actuel

7.2.1 Structure des terres agricoles et fertilisation

On s'accorde à retenir pour l'Algérie que les surfaces agricoles devant être fertilisées étaient, en 1984 *), de l'ordre de 7.740 mille hectares, dont 640 mille hectares de plantations pérennes et de vergers.

On a considéré également que la superficie des terres arables sera au moins stabilisée, car les immobilisations liées à une urbanisation croissante seront compensées par la mise en valeur de nouveaux terrains. On peut aussi prendre en compte les pâturages - environ 32 100 mille hectares, et les forêts - environ 4 400 mille ha qui pourront, dans certaines conditions, être également traités avec des fertilisants.

Les sols algériens ont une teneur élevée en calcaires avec la présence de magnésium. Ils sont aussi très fertiles. Le niveau des techniques agricoles est néanmoins insuffisant car inférieur à celui des pays développés et aux besoins nationaux.

*) FAO Production Yearbook, 1986

Environ 50% des terres agricoles sont utilisées pour la culture des blés. En 1983, les terres fertilisées comptaient environ 3,9 millions d'hectares avec un taux de fertilisation d'environ 105 kg/ha d'engrais NPK. En 1986, la plus grande part (env. 66%) des engrais azotés a été produite sous forme d'ammonitrates; pour la reste, ce furent des composés (NPK et DAP). Quant aux engrais phosphatés (en élément P₂O₅), il a été fabriqué à 55% sous forme de TSP; pour le reste, ce sont les composés DAP, NPK et PK.

7.2.2 Les matières premières

L'Algérie dispose de gisements importants de matières premières nécessaires à la production d'engrais azotés et phosphatés. Les réserves existantes sont particulièrement riches en ce qui concerne le gaz naturel, le pétrole brut et les phosphorites. Parmi les autres produits de base utilisés dans l'industrie des engrais, il existe des ressources limitées de pyrites et de sels de potassium dont l'exploitation n'est pas encore envisagée. Le soufre est pour sa majeure partie, importé. Une faible partie du soufre nécessaire à la production d'acide sulfurique provient des gaz industriels d'usines de production du zinc.

Les réserves algériennes de matières premières pour engrais recensées à ce jour, sont considérables. Nous donnons dans le tableau 7.1 ci-dessous les valeurs de la production annuelle, ainsi que les réserves existantes pour le gaz naturel, le pétrole brut et les phosphorites.

Tableau 7.1 Production annuelle et réserves des matières premières pour engrais

Produit	Unité	Production annuelle en 1982	Réserves
Gaz naturel	1000 Nm ³	23.5	3150 (1
Pétrole brut	1000 T	37.5	810 (1
Phosphorites	1000 T	294	1000 (2, 1200 (3

Les ressources existantes exploitées (gaz, phosphorites) et recensées (pyrites, sels de potassium), peuvent assurer dans un futur plus ou moins proche l'autonomie de l'industrie algérienne de engrais.

1) International Petroleum Encyclopedia, 1983

2) Fertilizer Manual, UNIDO

3) World Survey of Phosphate deposits, The British Sulphur Corporation Ltd, 1980

7.2.3. Commerce extérieur algérien des engrais

Importations

En accord avec les données de SEMA-METRA Conseil (1987), les importations d'engrais en 1986 se présentent comme suit, en tonnes:

- Ammonitrates	6900
- Urée	700 (besoins techniques)
- DAP	630
- TSP	110 179
- Chlorure de potassium	270
- Sulfate de potassium	71 585
- Engrais phosphatés composés	5 804
- Engrais composés	39 460

L'Algérie importe également du soufre natif pour fabriquer de l'acide sulfurique.

Exportations

L'Algérie exporte de l'ammoniac et accessoirement des ammonitrates. L'urée, après le démarrage de la production, pourra être vendue à l'exportation, en raison de sa consommation réduite comme engrais.

7.2.4. Industrie des engrais - Etat actuel.

L'Algérie dispose d'une industrie des engrais très bien développée et de bon niveau; cette industrie assure aujourd'hui la satisfaction de la totalité des besoins nationaux en engrais azotés et la majeure partie des besoins en engrais phosphatés. Elle produit également à l'exportation, essentiellement de l'ammoniac et des ammonitrates. Les deux centres de production d'engrais sont: à l'est - Annaba, et Arzew - à l'ouest. Les engrais azotés sont fabriqués dans les deux centres. Les engrais phosphatés et les composés sont fabriqués uniquement à Annaba, en raison de la proximité des gisements de phosphorites. Les deux centres sont éloignés de 700 km. Cette localisation facilite la distribution, mais est gênante pour le transport éventuel d'intermédiaires pour les engrais phosphatés.

L'industrie existante des engrais est donc caractérisée par une offre très diversifiée qu'il est possible d'adapter aux besoins courants de l'agriculture. Les capacités de production actuelles de l'industrie des engrais sont réunies dans le Tableau 7.2, et exprimées en tonnes/jour.

Tableau 7.2 Capacités de production en tonnes/jour

Installation	Site		Remarques
	Annaba	Arzew	
Gas naturel	1000	2 x 1000	(1)
Acide nitrique(100%)	2 x 400	3 x 400	
Acide sulfur. (100%)	1500	-	(2)
Acide phosphor.(P2O5)	500	-	(3)
Ammonitrate (33.5%N)	2 x 500	3 x 500	
Uréc (46% N)	-	400	(1)
Deux installations multiproduits dont les capacités alternatives pour les divers produits sont les suivantes:			
DAP 18-46-0	700	-	
NPK 12-18-18	1050	-	
TSP 0-46-0	830	-	
PK 0-20-25	950	-	

Remarques:

- 1) Les unités d'ammoniac et d'urée de Arzew sont immobilisées depuis 1973. Leur remise en exploitation est prévue pour 1989-90, après remise en état.
- 2) La production d'acide sulfurique est fondée sur du soufre importé. Il existe également une deuxième petite unité de fabrication d'acide sulfurique dans un établissement d'électrolyse du zinc. L'acide sulfurique fabriqué à partir du SO₂ est partiellement vendu à l'exportation, et pour la reste - il est utilisé dans la fabrication d'engrais.
- 3) Une partie de l'acide phosphorique - pour environ 30 mille tonnes - est utilisée dans la fabrication de polyphosphates (STPP) à Annaba.
- 4) Les lignes de fabrication comportent un poste de granulation et un poste de séchage. Chaque ligne ne peut fabriquer qu'un produit à la fois.

7.2.5. Possibilités actuelles de production de l'industrie des engrais

On a donné dans le tableau ci-dessous le potentiel de production des différents engrais, en retenant un taux de charge de 80% des installations (soit 264 jour/an). On a tenu à fournir les données réelles quant à la production des engrais phosphatés et des composés, en tenant compte des

disponibilités limitées en acide phosphorique. On a aussi pris en compte les installations actuellement immobilisées.

Tableau 7.3 Production disponible d'intermédiaires pour engrais

Produit	Production en 1000 T/an	Remarques
Ammoniac (3x 1000t/j x 264j)	792	(1)
Acide nitrique (5x 400t/j x 264j)	528	
Acide sulfurique (1500t/j x 264j)	396	(2)
Acide phosphorique (500t/j x 264j)	102	(3)

Remarques

- 1) On a pris en compte l'unité d'ammoniac actuellement immobilisée.
- 2) La production d'acide sulfurique peut être augmentée de 40-60 mille tonnes, à partir des installations de production d'acide existant auprès des usines métallurgiques.
- 3) La production disponible a été réduite des 30 mille tonnes nécessaires à la fabrication des détergents.

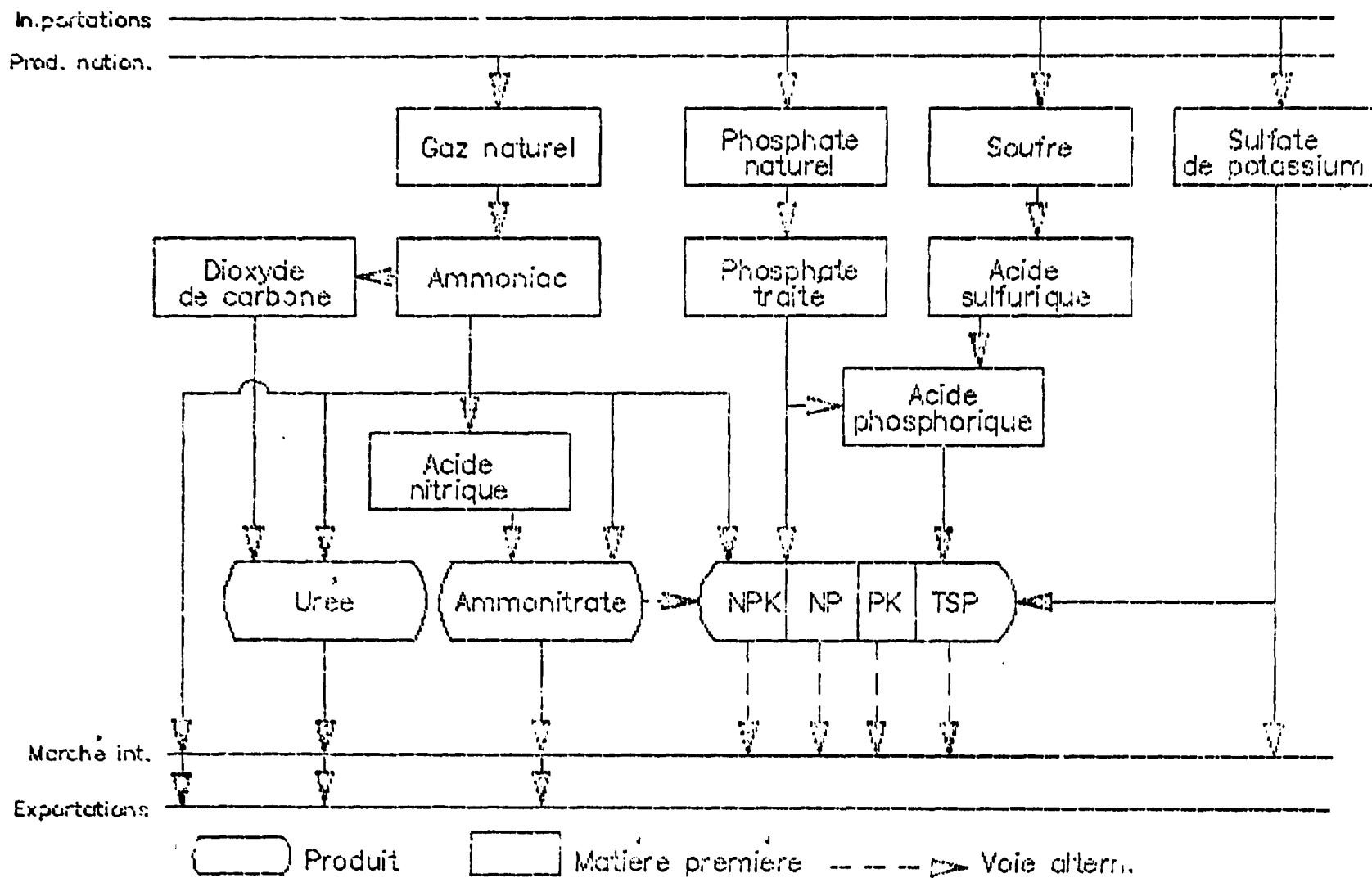


Schéma actuel de l'industrie des engrais en Algérie

Tableau 7.4 Production disponible d'engrais

Composant	Quantités en 1000 t/an				Remarques
	Total	N	P2O5	K2O	
Ammonitrates (5x 500t/j x 264j)	660	221 (2)	-	-	
a) Engrais composés (1					
1-e ligne: DAP (700kg/j x 264j)	135	33	35	-	avec couverture totale en acide phosphorique
2-e ligne: TSP (880kg/j x 264j)	232	-	107	-	
Total:	417	33	192	-	
b) les deux lignes:					
NPK (2 (2x1050kg/j x 264j)		66	100	100	couverture partielle en acide phosphorique
TOTAL:					
a) couverture totale en acide phosphor.		254	192	-	
b) couverture part. en acide phosphor.		260 (2)	192	100	

Remarques:

- 1) On a retenu une manière plus rationnelle d'utilisation de l'acide phosphorique,
- 2) Dans la production de NPK, on utilise comme appoint d'azote environ 27 mille tonnes(N)/an d'ammonitrates. C'est pourquoi le bilan n'est pas à première vue cohérent.

7.3. Prévisions de la consommation d'engrais à l'horizon 2000

7.3.1. Scénarios de la consommation d'engrais

Les prévisions relatives à la consommation d'engrais en Algérie, ont été élaborées par quatre organismes indépendants.

Les sources correspondantes sont les suivantes:

1. FAO "Agriculture towards 2000 " Scénario A - Potential Demand Forecast
2. UNIDO "Market study of mini-fertilizer plants for developing countries" by Shu Lin, Sept. 1982,

3. UNIDO - "Demand forecast specially prepared by the Hungarian Chemical Industries Engineering Center (VEGYTERV), Budapest,
4. ENEP - Entreprise Nationale d'Engineering Pétrolier.

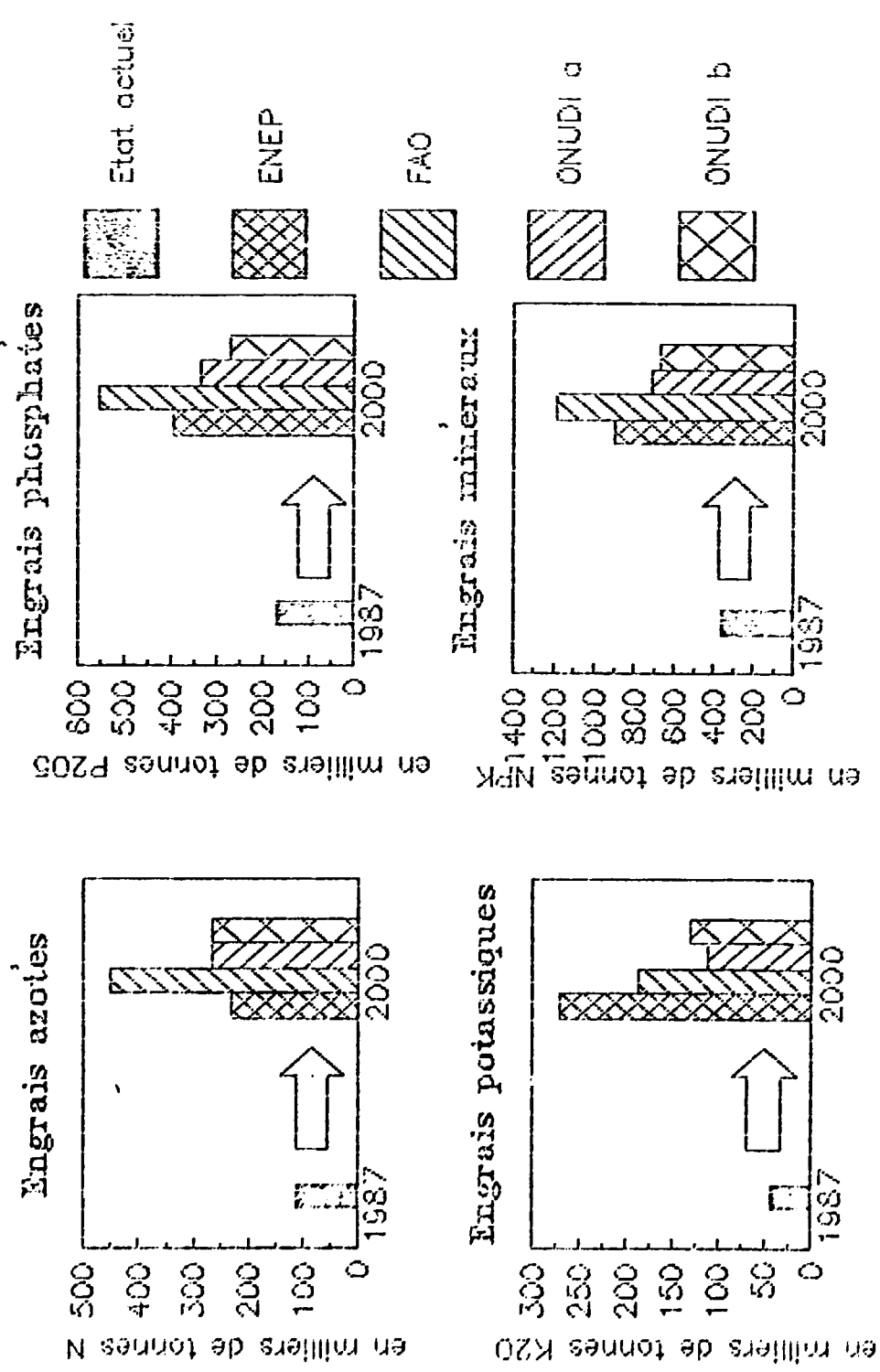
Les données correspondantes sont réunies dans le tableau 7.5 ci-dessous.

Tableau 7.5 Prévisions relatives à la demande d'engrais et à la consommation par hectare de terre cultivable suivant divers scénarios (Hypothèse de base 7 500 000 ha)

Produit	Unité	Valeur actuelle (1987)	Prévisions à l'an 2000			
			ENEP	FAO	UNIDO A | B	
Demande d'engrais:						
N	1000 t	113	231	450	266	266
P2 O5	1000 t	169	392	552	333	270
K2 O	1000 t	44	271	187	111	130
NPK	1000 t	362	894	1189	710	666
Taux de consommation par ha:						
N	kg/ha	15	31	60	36	36
P2 O5	kg/ha	23	52	74	44	36
K2 O	kg/ha	6	36	25	15	17
NPK	kg/ha	48	119	159	95	89

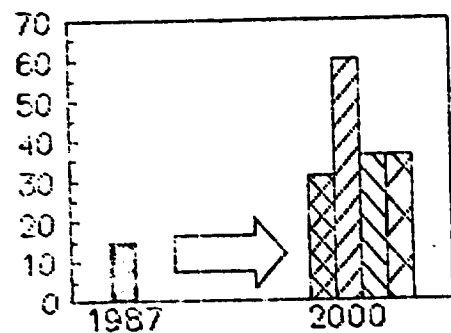
On trouve également ces données sous forme des histogrammes ci-contre ("Demande d'engrais suivant divers scénarios" et "Taux de consommation d'engrais ...").

Demande d'engrais suivant divers scénarios

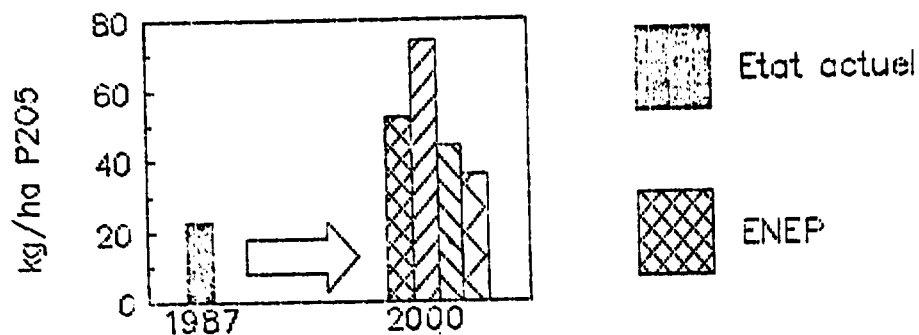


Taux de consommation d'engrais en kg par ha de terres arables, suivant divers scénarios

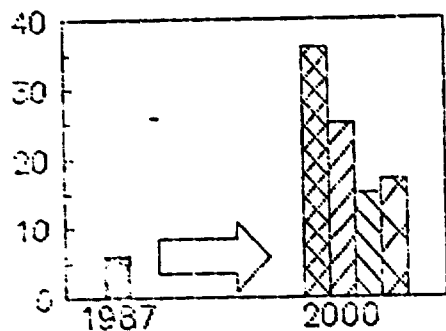
Engrais azotés



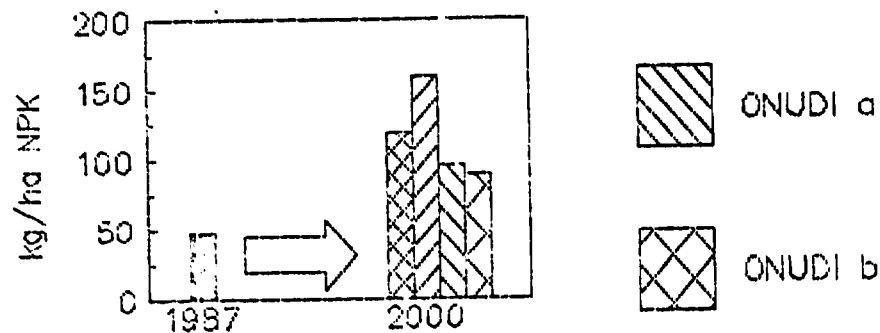
Engrais phosphatés



Engrais potassiques



Engrais minéraux



Etat actuel

ENEP

FAO

ONUDI a

ONUDI b

Pour comparaison, on donne ci-dessous les prévisions analogues (consommation d'engrais) à l'horizon 2000, pour le Maroc et la Tunisie.

Tableau 7.6 Prévisions relatives à la demande d'engrais à l'horizon 2000, pour le Maroc et la Tunisie, en milliers de t/an

Produit	Prévisions à l'an 2000					
	MAROC			TUNISIE		
	Scénarios					
	FAO	UNIDO		FAO	UNIDO	
		A	B		A	B
N	320	410	260	186	116	130
P2 05	418	320	290	220	123	154
K2 0	109	180	135	77	16	42

On voit que le scénario de la FAO diffère substantiellement (env. 40%) des scénarios UNIDO (A et B) et de celui de l'ENEP. La raison est que la FAO a retenu une hypothèse plus optimiste du taux de croissance du PIB par habitant.

Le scénario de l'ENEP est fondé sur les hypothèses suivantes:

- les surfaces cultivables sont réparties en fonction des cultures pratiquées (BNEDER),
- la structure de la consommation d'engrais retenue est celle de 1986 (ONAPSA).

Si l'on considère les différents scénarios de la demande en engrais pour l'Algérie (Cf. Tableau 7.5), il semble que le scénario de l'ENEP est le plus réaliste. Il est d'ailleurs, au niveau des engrais azotés et phosphatés, proche des prévisions de l'ONUDI. La consommation beaucoup plus élevée - par rapport à l'ONUDI - des engrais au potassium, doit probablement résulter des analyses de sols et du besoins exprimés pour les variétés de plantes cultivées, au niveau des centres de recherche agricole.

Lors de la définition des besoins en engrais, il faut tenir compte des conséquences négatives de l'accroissement de la production d'engrais et des quantités utilisées pour la fertilisation. En effet l'industrie des engrais nécessite d'une part des investissements élevés et est grosse consommatrice d'énergie; d'autre part, la technologie de production des engrais et la "chimisation" de l'agriculture, sont

une source de pollution pour l'environnement.

C'est pourquoi, il convient de considérer également un accroissement de la production agricole par l'amélioration des techniques culturales, l'assainissement et l'arrosage artificiel, ainsi que l'emploi de variétés à rendement plus élevé. Quant à un avenir plus éloigné, on fonde des grands espoirs sur les applications de la biotechnologie à la culture des plantes, en particulier par assimilation directe de l'azote atmosphérique.

7.3.2. Accroissement postulé de la production d'engrais

Si l'on considère les capacités de production existantes de l'industrie de engrais (Cf. tableau 7.1), et dans l'hypothèse de la mise en valeur, avant l'an 2000, du sulfate d'ammonium, obtenu à partir du caproïactame, dont la disponibilité portera sur 100 000 t/an (21 mille t de N) (Voir les chapitres 3 à 6 sur la programmation de l'industrie pétrochimique), et l'utilisation de l'urée pour la fertilisation (éventualité du scénario de la FAO), à raison de 117 000 t/a (54 mille tonnes de N).

L'accroissement indispensable de la production algérienne des différents composants d'engrais, suivant les différents scénarios, se présente comme suit:

Tableau 7.7 Accroissement de la production d'engrais, en composant pur, en milliers de tonnes

Scénario	Composant pur		
	N	P2 O5	K2 O
ENEP	0	200	271
FAO	121	395	137
ONUDI	A	0	141
	B	0	78

Les plus grands écarts entre la demande et l'offre, apparaissent au niveau des engrais phosphatés. Le seul scénario de la FAO prévoit un développement important de la production des engrais azotés.

Les engrais au potassium qui peuvent être utilisés directement sous la forme sous laquelle ils sont importés, ne seront donc plus analysés.

La mise en valeur optimale des capacités existantes de production, au niveau de l'accroissement du composant

phosphaté, va nécessiter une augmentation de la production (ou des importations) de l'acide phosphorique de l'ordre de 65 000 t/an (de P2 O5).

7.3.3 Types d'engrais fabriqués

L'industrie algérienne de engrais permet une grande diversification adaptée aux besoins de l'agriculture. La production alternative d'engrais phosphatés et d'engrais composés, permet d'obtenir quatre types d'engrais, quant aux composants utilisés. Comme les sols de la région sont en général alcalins (pH compris entre 7 et 8.5), il est possible d'utiliser des engrais acides, c'est -à-dire des engrais azotés et du sulfate d'ammonium qui, en raison de sa teneur en soufre, est très utile dans cette zone climatique.

L'urée, comme fertilisant unique, est moins intéressante dans les conditions algériennes; elle peut néanmoins être utilisée comme composant d'engrais mixtes, par exemple associé au TSP et au sulfate de potassium, ou encore entrer dans la composition d'engrais composés et d'engrais fluides. L'urée a d'autre part des applications autres qu'agricoles; elle est entre autres utilisée comme additif des fourrages sous forme de phosphate uréique, et dans la production de colles, de plastiques, de mélamine, etc.

En ce qui concerne les engrais phosphatés, le plus importants est le TSP, avec une teneur élevée en composant pur et qui peut être combiné avec tous les engrais azotés et potassiques. Il est également intéressant d'utiliser les engrais composés NP et NPK. Les usines d'engrais fabriquant le NP et le NPK sous forme mixte ou de composés, doivent avoir la possibilité de produire des composés à teneur diversifiée des différents composants, afin de pouvoir s'adapter aux conditions locales des sols et aux types de cultures.

Les engrais potassiques sont importés et peuvent être utilisés tels quels ou comme composants des engrais PK et NPK. L'agriculture algérienne a besoin de potassium essentiellement sous forme de sulfate. On peut également prendre en considération les engrais azotés sous forme liquide. On pourrait utiliser pour cela les réserves disponibles d'urée. Les engrais liquides sont plus efficaces que les engrais solides et leur prix de revient est plus faible (car on fait l'économie des processus d'évaporation, de séchage et de granulation). De plus, les engrais liquides peuvent être associés aux pesticides et sont particulièrement bien adaptés à l'irrigation et à l'arrosage.

7.4 Variantes du programme de développement de l'industrie des engrais

7.4.1. Bilan de l'ammoniac et de l'acide phosphorique

Les grands intermédiaires que sont ici l'ammoniac et l'acide phosphorique sont disponibles respectivement pour:

- ammoniac: 792 000 t/an
- acide phosphorique: 132 000 t/an

Les prévisions de la demande pour ces deux produits par secteurs d'utilisation sont les suivantes, en milliers de t/an (entre parenthèses, on donne la production en 1000 t/an des produits finaux):

Ammoniac	792

- ammonitrates (660)	290
- DAP (185)	41
- urée	75
- fourrages	20
- chimie lourde (caprolactame, acrylonitryle, CHN, etc)	65
=====	
TOTAL UTILISATIONS	491
EXCEDENT POUR MISE EN VALEUR:	301

Acide phosphorique	132

- phosphates	30
- DAP (185)	87
- TSP (232)	80
=====	
TOTAL UTILISATION	197
DEFICIT D'ACIDE PHOSPHORIQUE	65

Les bilans d'acide sulfurique et d'acide nitrique sont équilibrés, au niveau de l'industrie existante.

7.4.2. Simulation de la programmation du développement de l'industrie des engrais à l'an 2000

7.4.2.1 Hypothèses de travail et données de départ

1. La croissance de la production d'engrais azotés et phosphatés sera étudiée suivant les scénarios ENEP, FAO et UNIDO (Tableau 7.1)

2. La filière de production des engrais en Algérie retenue, est celle du "Schéma de simulation du développement de l'industrie des engrais en Algérie"
3. Les 24 profils technologiques retenus sont listés en Annexe 3 - Partie C
4. La liste des agents chimiques, avec les prix locaux et mondiaux, est donnée en Annexe 2, partie C
5. Les paramètres principaux retenus d'un commun accord, sont ceux des domaines des industries chimiques et pétrochimiques (Cf. chap. 4)
6. On a convenu que la disponibilité des installations de production retenue serait de 330 jours par an.

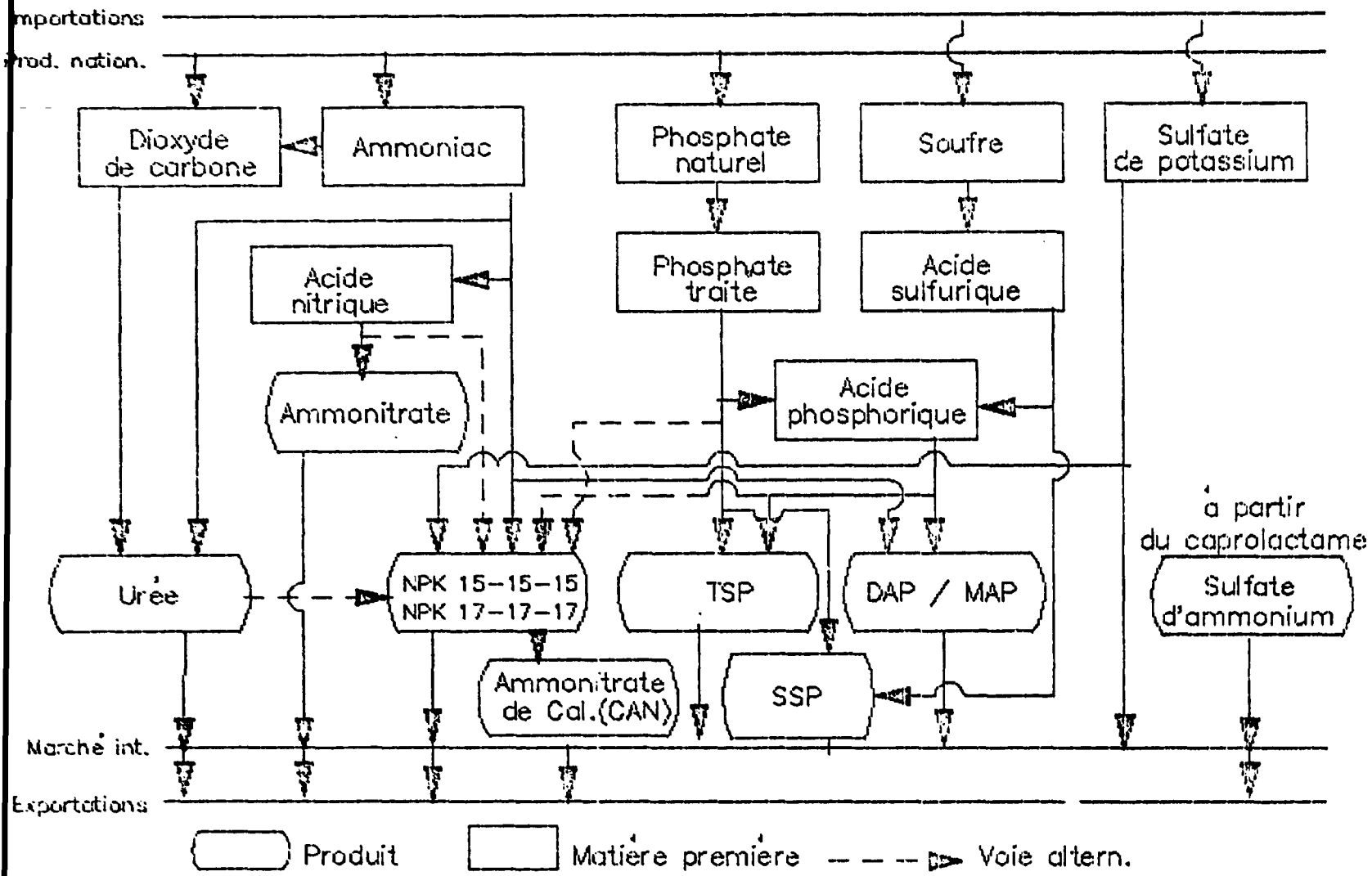


Schéma de simulation du développement de l'industrie des engrais en Algérie

7.4.2.2 Analyse des résultats de simulation

On a effectué toute série de simulations en utilisant le système ADIM-ALG+, en testant les différents scénarios (ENEP, FAO, UNIDO) suivant la filière technologique de production donnée. Les résultats des calculs sont réunis en Annexe 2 - Partie D.

Scénario ENEP (Annexe 2 - Partie D4)

Les expériences suivantes ont été effectuées en donnant les états imprimés EN-1, EN-2, EN-3, EN-4.

- EN-1 Le TSP est fabriqué et l'on dispose de 65 mille tonnes d'acide phosphorique pour les installations existantes
- EN-2 Production de SSP en poudre sans production supplémentaire d'acide phosphorique
- EN-3 Production de SSP en poudre et mise en valeur de la totalité (100%) des excédents d'ammoniac pour la production de l'PK 15-15-15
- EN-4 Production de TSP; 65 mille tonnes d'acide phosphorique pour les installations existantes et mise en valeur de la totalité des excédents d'ammoniac pour la fabrication du NPK 15-15-15.

Les résultats des expériences EN-1,2,3,4 sont réunies dans le tableau ci-dessous:

Expérience	Montant des investissements en Millions \$US	Profit en Millions \$US	Solde des exportation en Millions \$US
EN-1	215	-37	-35
EN-2	144	-7	-36
EN-3	300	+3	0
EN-4	334	-18	+1

Les expériences EN-3 et EN-4, où l'on utilise le procédé nitrique, donnent un sous-produit - l'ammonitrate de calcium CAN qui peut être exporté en Europe de l'Ouest. L'expérience EN-4 est intéressante en ce sens que, bien que les résultats soient plus mauvais qu'en EN-3, on obtient des quantités supplémentaires de NPK pour le marché national. Les excédents d'engrais azotés (nitrate d'ammonium) peuvent être exportés. Les expériences EN-3 et EN-2 prévoient la fourniture sur le marché national de SSP, dont la production est bien meilleur marché; mais sa consistance (poudre) et sa faible teneur en P2 O5 (18%) constituent un handicap certain. D'autre part, la production de SSP devrait entraîner

des taux de charge plus faibles pour les unités d'engrais phosphatés, pour manque de capacité supplémentaire de production d'acide phosphorique; en effet, le SSP n'utilise que l'acide sulfurique.

L'expérience EN-1 donne un accroissement de la production de P2 O5 par la mise en route d'une usine de TSP et de nouvelles unités d'acide phosphorique et d'acide sulfurique.

L'expérience EN-2 est la moins chère en termes d'investissement et de coûts de production.

L'expérience EN-4 est la plus intéressante du point de vue de la diversité des fabrications et des possibilités de vente à l'exportation.

Scénario FAO (Annexe 2 - Partie D5)

Les expériences suivantes ont été effectuées en donnant les résultats présentés ci-dessous.

FA-1 Production de NPK 15-15-15 avec comme sous-produit l'ammoniate de calcium CAN (procédé nitrique), et utilisation de production de TSP et de 65 mille tonnes supplémentaires d'acide phosphorique pour les installations existantes.

FA-2 Production de DAP avec mise en valeur partielle (57%) des excédents d'ammoniac et production additionnelle de 65 mille tonnes d'acide phosphorique pour les installations existantes

FA-3 Production de MAP et de NPK 15-15-15 avec de l'ammoniate de calcium comme sous-produit (procédé nitrique) avec mise en valeur partielle (70%) des excédents d'ammoniac et production additionnelle de 65 mille tonnes d'acide phosphorique pour les installations existantes

FA-4 Production de NPK 17-17-17 à partir de l'urée, avec mise en valeur partielle (49%) des excédents d'ammoniac et production de TSP et de 65 mille tonnes supplémentaires d'acide phosphorique pour les installations existantes

Les résultats des expériences FA 1,2,3,4 sont réunis dans le tableau ci dessous.

Expérience	Montant des investissements en Millions \$US	Profit en Millions \$US	Solde des exportation en Millions \$US
FA-1	467	-34	-19
FA-2	387	-89	-70
FA-3	442	-94	-52
FA-4	407	-76	-102

Les exportations (ammonitrates de calcium) ne sont prévues que dans les expériences FA-1 et FA-3, d'où compensation partielle des importations de soufre. L'expérience FA-1 est la plus intéressante, car limitant les dotations et les importations avec une grande diversité de produits, d'où le montant le plus élevé d'investissements. Toutes les expériences retiennent l'hypothèse d'une couverture totale des besoins en acide phosphorique des installations existantes. La mise en valeur intégrale des excédents d'ammoniac n'est retenue que dans l'expérience FA-1. En ce qui concerne le planning des investissements dans FA-1, il conviendrait de mettre en chantier les usines d'acide sulfurique, d'acide phosphorique et de TSP, puis dans une seconde étape - le complexe NPK.

Scénarios ONUDI - A et B (Annexe 2 - Partie D6)

Les expériences suivantes ont été effectuées, en donnant les résultats présentés ci-dessous.

UN-A1: Production de TSP et de 65 mille tonnes supplémentaires d'acide phosphorique pour les installations existantes

UN-A2: Production de SSP en poudre

UN-B1: Production de TSP et de 65 mille tonnes supplémentaires d'acide phosphorique pour les installations existantes.

Le nombre d'expériences a été ici limité, en raison de la convergence des hypothèses et données des scénarios ENEP et ONUDI.

Les résultats des expériences UN-A1, A2, B1 sont réunis dans le tableau ci-dessous:

Expérience	Montant des investissements en Millions \$US	Profit en Millions \$US	Solde des exportations en Millions \$US
UN-A1	165	-31	-28
UN-A2	115	-6	-29
UN-B1	112	-24	-20

Dans les expériences UN, on a retenu un volume de production d'engrais phosphatés qui satisfait à l'accroissement prévu en composant pur. Les résultats obtenus sont proches de ceux du scénario ENEP.

7.4.2.3 Expériences complémentaires

En plus des expériences ci-dessus, concernant le développement de l'industrie des engrais en Algérie, à l'horizon 2000, on a effectué toute une série d'expériences complémentaires touchant au domaine des engrais portant sur:

- la mise en valeur optimale des excédents d'ammoniac (expériences UA-1,2,3,4,5)
- les différents procédés d'obtention de 200 mille tonnes d'acide phosphorique (P205)
- les différents procédés d'obtention de d'acide sulfurique, à partir de matières premières différentes
- les différents procédés d'obtention de 200 mille tonnes de P205 suivant diverses formulations d'engrais phosphatés (expériences PP-1,2,3,4,5)

Mise en valeur optimale des excédents d'ammoniac

Les excédents d'ammoniac (301 mille tonnes/an) sous forme d'engrais pouvant donner lieu à exportations (Annexe 2, Partie D7), ont donné lieu aux 5 expériences ci-dessous:

- UA-1 Production de NPK 15-15-15 et d'ammonitrate de calcium comme sous-produit (procédé nitrique)
- UA-2 Production de nitrate d'ammonium
- UA-3 Production d'urée
- UA-4 Production de NPK 17-17-17 à partir de l'urée
- UA-5 Production de DAP 18-46-0

Les expériences UA-1,2,3,4,5 ont donné les résultats réunis dans le tableau ci-dessous:

Expérience	Montant des investissements en Millions \$US	Profit en Millions \$US	Solde des exportations en Millions \$US
UA-1	210	+7	+125
UA-2	244	-4	+ 91
UA-3	107	-7	+ 51
UA-4	325	-73	+ 97
UA-5	594	-126	+129

On voit que la solution optimale est de produire du NPK 15-15-15 par le procédé nitrique, puis de produire du nitrate d'ammonium et de l'urée. Au niveau des exportations, le plus facile à vendre semble être le NPK et l'urée. Le nitrate d'ammonium, en raison des risques de transport, n'est pas un produit donnant lieu à un trafic international notable.

La construction éventuelle d'une usine d'urée dont la production serait entièrement destinée à l'exportation (car son utilité pour le marché intérieur algérien est faible), comporte un risque sérieux lié aux fluctuations de la conjoncture.

Comparaison des divers procédés d'obtention de l'acide phosphorique (P2O5), en tenant compte des matières premières disponibles en Algérie (Annexe 2, partie D8).

Les expériences effectuées ont permis d'obtenir les résultats réunis dans le tableau ci-dessous:

Procédé	Montant des investissements en Millions \$US	Profit annuel en Millions \$US
Procédé humide (dihydrate) à l'acide sulfurique	72.4	-36
Procédé thermo-électrique	150.2	-134
Procédé d'attaque à l'acide chlorhydrique (HCl)	55.8	-40

Il résulte du tableau ci-dessus que le procédé le plus économique serait l'attaque à l'acide chlorhydrique (HCl) de récupération. Néanmoins, comme le programme de développement de l'industrie chimique algérienne ne prévoit pas la disponibilité de grandes quantités de HCl (environ 80

mille tonnes), le procédé HCl ne peut être retenu. Il reste, dans le contexte algérien, le procédé humide à l'acide sulfurique qui nécessite une importation de soufre pour la production d'acide sulfurique.

Comparaison des procédés de fabrication de l'acide sulfurique (320 mille t/an) à partir de différentes matières premières (Annexe 2, Partie D9)

Les résultats des expériences effectuées sont résumés dans le tableau ci-dessous:

Matière première utilisée	Montant des investissements en Millions \$US	Profit annuel en Millions \$US
Soufre	39.6	-10.5
SO2 des gaz métallurg.	35.8	+5.1
Pyrites	30	-15.2
Gypse	58.6	-23.9

Le procédé le plus rentable est l'utilisation des gaz métallurgiques. Mais les quantités limitées disponibles ne permettent pas de satisfaire les besoins de l'industrie des engrais. La production à partir des pyrites est plus chère qu'à partir du soufre, en raison du prix des pyrites importés (49% de soufre à 50 \$/tonne).

Si l'on envisageait d'exploiter les ressources nationales de pyrites, le problème de la rentabilité pourrait peut-être se trouver résolu. Quant au gypse, il ne peut être ici pris en compte.

Comparaison de la production de P205 suivant diverses formulations d'engrais phosphatés, pour les besoins du marché national (Annexe 2, partie D10)

Les résultats des simulations sont réunis dans le tableau ci-dessous:

Expérience	Formulation	Montant des investissements en Millions \$US	Profit annuel en Millions \$	Importations annuelles en Millions \$US
PP-1	TSP(46%P205)	84	-10	12
PP-2	SSP poudre (18% P205)	49	-2	12
PP-3	SSP granul. (18% P205)	95	-9	14

cont.

Expérience	Formulation	Montant des investissements en Millions \$US	Profit annuel en Millions\$	Importations annuelles en Millions \$US
PP-4	DAP (18 N, (46% P205)	95	-20	16
PP-5	MAP (11 N, (54% P205)	97	-26	17

L'exemple du SSP en poudre et du SSP granulé, nous montre l'importance, au niveau des investissements et du prix de revient, de la granulation du produit. Les autres indices sont pratiquement comparables. Les résultats relatifs aux DAP et MAP peuvent être améliorés, si l'on tient compte du composant nitrique dans les engrais considérés.

Remarques générales

Pour les simulations, on a retenu un taux d'exploitation annuel de 330 jours (taux de charge égal à 100%). Si l'on retient des taux de charge des installations de 80%, il faut alors - pour le même volume de production - prévoir un accroissement des investissements de 20 à 25 %, et un accroissement des coûts de production de 5 à 10 %.

Les résultats économiques des expériences sont essentiellement fonction du prix des matières premières et du prix des produits finaux. Les prix des utilités est ici secondaire. En effet, la part des matières premières dans le prix de revient du produit fini, est compris entre 60 et 80 %. On conçoit que les variations de prix des matières premières peuvent modifier notablement les résultats des expériences.

Le coefficient d'échelle retenu pour les profils technologiques dans les expériences, a été retenu égal à l'unité. Ceci correspond à multiplier des unités semblables. En pratique, on peut utiliser des coefficients d'accroissement de la capacité de production d'une unité donnée en faisant varier ces coefficients de 0.55 à 0.75.

7.5. Conclusions

1. L'Algérie dispose d'une industrie des engrais bien développée avec une production diversifiée bien adaptée aux besoins de son agriculture, aux conditions climatiques et aux sels de la région.
2. Les besoins actuels, et en grande partie futurs, en engrais peuvent être satisfaits dans le cadre des capacités de production existantes. Il existe un léger déficit, qui pourrait aller s'approfondissant, en engrais phosphatés et qui est dû à un déficit de production de l'acide phosphorique dont les débouchés débordent le secteur des seuls engrais.
3. Dans le système de prix actuels des matières premières et des produits finaux, la production d'engrais azotés et phosphatés n'est pas rentable et doit être dotée par l'Etat. C'est un phénomène absolument général, à l'échelle mondiale et l'Algérie ne fait pas ici exception à la règle.
4. On a pris pour l'ammoniac livré par les installations existantes, un prix au niveau des cours internationaux les plus bas. Dans les travaux de prévision ultérieurs, il convient de retenir son prix de revient réel. Ceci est également valable pour les autres intermédiaires et, en particulier, pour les prix de matières premières locales (gaz naturel, phosphorites) qui devraient être moins chères.
5. La rentabilité de la production d'engrais ne peut être considérée que dans le cadre d'un calcul des coûts cumulés qui tient compte de l'efficacité de leur emploi dans l'agriculture.
6. Les exportations d'engrais et d'ammoniac pourraient être intéressantes si une modification radicale des prix survenait sur le marché international, due par exemple à un brusque accroissement de la demande.
7. Si l'on considère les différents scénarios de la demande en engrais à l'an 2000, il semble que - pour l'Algérie - c'est le scénario ENEP qui est le plus proche d'une évolution plausible des besoins, car fondé sur une analyse approfondie des besoins de l'agriculture algérienne.
8. Suivant le scénario ENEP, le développement ne devrait porter que sur la production d'engrais phosphatés. Bien que la production de SSP soit plus rentable, c'est une augmentation de la production de TSP que nous voudrions recommander; en effet, pour un même composant de base, on choisit ainsi la meilleure formulation dont les

qualités d'emploi sont bien connues.

9. On pourrait également recommander le développement des engrais NPK à formulation variable des composants de base, avec enrichissement en oligoéléments. Il existe aujourd'hui une demande importante pour ce type d'engrais dans les pays industrialisés, pour des raisons de commodité d'emploi.
10. Les résultats des expériences ont fait ressortir que pour l'Algérie, le procédé le plus économique de production des engrais NPK est le procédé nitrique où il y a attaque nitrique des phosphorites. Ce dernier procédé est celui qui a été choisi par de nombreux pays européens en raison de coûts de production plus faibles, avec un faible taux de déchets.
11. Il serait bon de mettre en valeur les capacités existantes de production de l'urée, pour les besoins de l'agriculture. On pourrait considérer un plus large emploi de l'urée sous forme simple ou sous forme de phosphate uréique, comme additif aux fourrages. L'urée peut être un constituant valorisant des engrais mixtes comme le TSP et le sulfate d'ammonium, ainsi que le composant de base des engrais liquides.
12. Il serait indiqué d'analyser la possibilité d'introduire en Algérie les engrais liquides, en raison de leur grande efficacité et de possibilités d'emploi plus grandes que celles des engrais solides. Ils seraient surtout bien venus dans les cultures à arrosage artificiel.
13. On a pratiquement passé sous silence les engrais potassiques qui peuvent être utilisés en l'état sous lequel ils sont importés. On pourrait revenir sur le bilan des engrais potassiques lors de l'élaboration d'un programme complexe de développement de la production d'engrais minéraux en Algérie.
14. Les expériences effectuées n'ont pas tenu compte des questions de localisation et de l'infrastructure existante. Il s'agit là de questions qui devront être abordées au niveau des études de faisabilité concernant la mise en chantier de nouvelles unités de production.
15. En conclusion de nos considérations, les simulations effectuées dans le cadre de l'industrie des engrais algérienne ne prétendent pas épuiser en aucune façon les études de cas possibles dans le domaine considéré, en utilisant l'outil informatique ADIM. Les possibilités du système sont discutées plus en détail dans les chapitres 6 et 8 du présent Rapport.

7.6 Petit glossaire français et anglais des sigles utilisés dans le chapitre 7.

Abréviation	Nom du produit	Composition type
AM	Ammoniac Ammonia	32% N
AN	Ammonitrate Nitrate d'ammonium Ammonium nitrate	33%-34% N
AS	Sulfate d'ammonium Ammonium sulfate	21%-24% N
CAN	Ammonitrate de calcium Calcium ammonium nitrate	26%-28% N
DAP	Phosphate diammonique Diammonium phosph.	18% N - 46% P205
MAP	Phosphate monoammonique Monoammonium phosph.	11% N - 54% P205
NA	Acide nitrique Nitric acid	22% N
PA	Acide phosphorique Phosphoric acid	54% N
SA	Acide sulfurique Sulfuric acid	60%-75%
SOP	Sulfate potassique Potassium sulfate Sulfate of potash	50% K2O
SSP	Superphosphate simple Single superphosph.	16% - 22% P205
TSP	Triple superphosph. Triple superphosph.	44% - 48% P205
U	Urée Urea	45%-46% N

cont.

Abréviation	Nom du produit	Composition type
UAN	Solution urée-ammo-nitrate	28%-32% N
NP, NPK	Engrais composés Compound fertilizers	grande diversité des formulations

7.7 Références

1. Note sur le marché algérien
2. Note du travail No 4
3. - Fertilizer Manual, UNIDO, 1980
- Mini-fertilizer plant projects, UNIDO, 1983
- Economics of world sulphur supply to the end of the century. The Fertilizer Society, 1985
4. Manufacturing versus importing. A Techno-economic Review of the Outlook for the West European Phosphate Industry
5. Chemical Marketing Reporter, 1987.

8. Planification des investissements

8.1 Considérations méthodologiques

Le programme de développement a été défini suivant la méthodologie ADIM comme le résultat d'une recherche de la concordance entre les ressources disponibles et les technologies (Cf. par.4.1. du "Guide de programmation..."). Il reflète la thèse de développement concernée par le programme en question et peut être considéré comme une sélection de technologies rassemblées dans une structure industrielle (réseau technologique). Les flux de matières sont équilibrés dans le réseau et également, les valeurs de capitaux, alors que les autres volumes de ressources sont calculés. Le programme résultant est optimal au sens du (ou des) critères retenus mais il peut comporter des solutions alternatives si une mise en oeuvre ultérieure du programme est considérée. Autrement, si un programme de développement doit être traduit sous forme de plan de réalisation, il y a lieu de répondre à plusieurs nouvelles questions, en raison des circonstances spécifiques devant être prises en compte.

La méthode proposée de planification des investissements dans le cadre du programme de développement, constitue un lien majeur entre la programme et le plan de réalisation. Elle vise à fournir la réponse comment dans certaines circonstances, la structure industrielle peut être édiflée de manière efficiente. Parmi les circonstances qui doivent être prises en compte, les facteurs suivants sont les plus importants:

- disponibilité des capitaux d'investissements,
- priorités technologiques et du marché,
- possibilités de localisation,
- disponibilité d'un potentiel de construction.

Dans le cadre de ces facteurs principaux, des contraintes particulières peuvent se manifester. Certaines peuvent s'avérer critiques pour la mise en oeuvre du programme de développement et le rendre même non réalisable. Dans ce cas, les hypothèses de départ du programme doivent être modifiées. Par conséquent, une approche naturelle de la programmation du développement qui incorpore la planification des investissements, est une procédure à double niveau. Au niveau supérieur, on optimise la structure du DPD; au niveau inférieur, on fournit le calendrier de construction de la structure sélectionnée. Une réaction entre les niveaux existe, afin d'éliminer les contradictions entre le Plan Directeur de développement et les possibilités de mise en oeuvre. En raison des interactions existant entre le niveau d'optimisation du programme de développement et le niveau de

planification des investissements, le rôle du niveau supérieur sera brièvement rappelé dans le contexte de l'action du niveau inférieur.

Niveau 1 - La sortie de ce niveau fournit les données préparatoires pour le programme de développement, car:

- la structure choisie définit les conditions initiales de base pour le niveau de planification des investissements,
- le nombre de technologies à considérer dans le plan de réalisation est sensiblement réduit grâce à la procédure d'optimisation utilisée,
- les ressources globales (investissement, énergie, main-d'oeuvre, etc.) sont déterminées pour chaque programme de développement.

Niveau 2 - Quand le choix du programme optimal est effectué, la structure résultante de la filière technologique doit être analysée afin de préparer les données d'entrée de la procédure de planification des investissements. L'objectif général d'un tel type d'analyse est l'agrégation des unités technologiques qui seront considérées comme des activités de mise en oeuvre commune. Pour préciser la notion d'agrégation, nous pouvons parler de "train de technologies" représentant une séquence de profils technologiques reliés par le flux de matières premières ou d'intermédiaires. Le, ou les, produit(s) d'un tel "train" peut être vendu sur le marché intérieur ou à l'exportation. Un certain nombre de trains peut dépendre d'une seule matière première (p.ex. l'éthylène). Généralement, un certain nombre d'intermédiaires est également nécessaire pour exploiter les unités technologiques se trouvant dans le "train". Très souvent, ces intermédiaires ou matières premières sont communes à certain nombre de "trains" (p.ex. l'oxygène, le chlore, l'éthylène, etc.). Dans de tels cas, une coordination dans le temps de la construction de ces "trains" est nécessaire et de tels liens imposent des contraintes relativement au calendrier des investissements.

Nous pouvons ici conclure que par une sélection raisonnable des "trains", combinée avec une analyse serrée de la coordination technologique, on a de fait défini le squelette du calendrier d'investissement. Un plan ainsi construit devra assurer un approvisionnement approprié en biens marchands et une exploitation équilibrée des unités de production. On se doit de souligner ici que les résultats de l'optimisation du calendrier des investissements tenant compte des critères économiques, sera déterminé par la sélection des "trains" et la coordination effectuée.

Ensuite, il nous faut identifier et évaluer les

facteurs relatifs à la localisation potentielle des "trains technologiques". On doit ici considérer la faisabilité technique de réunion de plusieurs procédés sur un site donné. En bref, il nous faut décider "quoi peut aller avec quoi". Il est évident que des facteurs comme la transportabilité, la demande en valorisation des déchets, la consommation d'utilités, etc., sont également à prendre en compte.

Une bonne connaissance des conditions locales sur les sites concernés, est indispensable, sinon l'analyse demandera un travail considérable. En définitive, on obtient une première approximation du plan de construction d'un complexe industriel qui sera de fait réalisé en termes de "trains technologiques". Il nous faudra alors fournir une estimation de l'échelle de la demande en utilités et nous prononcer sur le site concerné quant à ses capacités d'absorption de la masse des nouvelles installations. Ceci fait apparaître la question des investissements supplémentaires d'infrastructure, d'alimentation en énergie, du potentiel de main-d'oeuvre, de traitement des déchets, etc. Les chiffrages obtenus à ce stade de l'analyse peuvent imposer des modifications du programme de développement initial. D'autre part, il doit être supposé que le calendrier d'investissements sur une longue période de temps, est acceptable; ceci permettra de développer l'infrastructure des sites dans le temps prévu pour l'édification des installations concernées.

Un autre cas de figure est celui où l'approvisionnement potentiel ou la disponibilité des utilités est insuffisante. Cela peut être le seul facteur de limitation qui élimine une part importante du programme de développement; il faut alors considérer des adaptations de la technologie. Par exemple, dans le cas où l'eau est rare, on peut remplacer, dans les technologies à grande consommation d'eau de refroidissement, l'eau par l'air. Ceci nécessitera évidemment une plus grande consommation d'énergie, mais cela peut être une meilleure solution que la nécessité de changer de site avec d'autres contraintes qui peuvent s'avérer plus encombrantes. En effet, les technologies à refroidissement par air, malgré une consommation plus élevée d'énergie et des coûts d'investissement supérieurs, sont plus simples et plus comodes en cours d'exploitation.

Dans la situation particulière, où certains complexes industriels existent déjà, il est évident que la localisation de certains "trains technologiques" est plus ou moins prédéterminée. L'analyse peut néanmoins fournir de nouvelles alternatives d'assemblage spatial pour répondre à la question: "quoi va avec quoi?", sans avoir à décider catégoriquement de la localisation géographique. Une localisation prédéterminée peut court-circuiter le programme et pétrifier l'état existant qui ne doit pas nécessairement être la meilleure alternative possible, mais seulement celle qui

est imposée par la tradition, l'inertie ou autres facteurs subjectifs.

Dans le cas concret ici traité (c'est-à-dire l'implantation du système ADIM-ALG+), le système permet une génération automatique du calendrier de réalisation des investissements à partir des données fournies par les experts.

Après distinction des complexes technologiques et des investissements autonomes, il est possible de leur affecter des priorités définissant leur importance relative. Dans le système ADIM-ALG+, on distingue 5 niveaux de priorité numérotés de 1 à 5 et de valeur croissante (le mode d'emploi du module SCH de planification des investissements est décrit dans le "Manuel de l'utilisateur" du système informatique ADIM-ALG+).

Le système permet de définir la date au plus tôt de début de réalisation d'un train d'investissements dans le cadre du calendrier considéré. On définit également une relation de précedence, à savoir qu'un "train" A précède un "train" B, si la date de fin de réalisation de A doit précéder celle de B. Ainsi, par exemple, la fin de réalisation d'un complexe de production de plastiques et de caoutchouc ne peut être antérieure à celle d'une unité de craquage d'éthylène. C'est pourquoi, en appariant deux à deux les différents projets, on a pu fixer a priori les relations de précedence pour tout le programme en question, au niveau du planning.

Le calendrier est construit suivant le critère de maximisation du profit, ou suivant un critère de maximisation du rapport profit/FCE (investissement de capital fixe), c'est-à-dire du taux de rendement simple. Les calendriers calculés pour les variantes du "Plan Directeur ..." considérées dans ce rapport, sont discutés au paragraphe 8.2.

8.2. Planification de la réalisation du programme de développement

Lorsqu'on a affaire à un programme de développement de si grande taille ("DPD intégré"), il convient de définir une stratégie globale de réalisation qui nécessite diverses études et surtout l'acquisition d'informations relatives à:

- la disponibilité des capitaux d'investissement
- la localisation des sites existants et potentiels.

Les capitaux disponibles sont exprimés en annuités moyennes et maximales.

Avant d'élaborer un calendrier de réalisation, il faut avoir effectué les analyses portant sur les possibilités de vente à l'exportation et les relations de prix (matières premières et produits finaux). Il convient également d'avoir effectué les vérifications du programme retenu relativement aux possibilités d'achat de technologies et de mise en chantier des investissements prioritaires, dont par exemple les installations de pyrolyse.

Comme les travaux mentionnés sont actuellement poursuivis, le LIES, après consultation des experts algériens, propose de retenir les hypothèses de travail suivantes:

- 1) Il convient en premier lieu de mettre en valeur les matières premières et intermédiaires actuellement disponibles (ceci concerne essentiellement le site de Skikda).
- 2) Il faut considérer la possibilité de réaliser le programme sur au moins deux sites en parallèle (Arzew et Skikda).
- 3) On doit rechercher la rentabilité maximale qui permettrait dans la première phase de dégager les moyens de financer les importations et le développement ultérieur.

A partir des hypothèses ainsi formulées et des résultats obtenus (analysés au chapitre 6), il semble raisonnable de proposer la stratégie suivante qu'on soumet au MEICP pour considération:

- a) le réseau technologique proposé peut avoir la structure définie au terme de l'étude du scénario C_Bb_2 qui est conforme aux objectifs globaux de l'économie algérienne.
- b) la première étape - préliminaire - de réalisation du programme, doit permettre la mise en valeur des réserves existantes de matières premières et d'intermédiaires, ainsi que la mise en place d'une infrastructure pour le lancement du "grand programme".
- c) la réalisation du programme en question comporterait ensuite deux étapes principales dont la première concernerait l'édification des unités associées en un réseau technologique défini par le scénario C_UN_1, étape suivie par la construction de la 2e et 3e unités de pyrolyse (la première en exportation étant localisée à Skikda). Nous avons ainsi satisfait au postulat de rentabilité élevée et à orientation vers l'exportation qui permettrait également de réduire les importations.

A partir d'une stratégie ainsi définie et à titre

d'exemple, le LIES a calculé ici un premier planning de réalisation de correspondant au scénario C_UN_1 (et comportant donc l'étape préparatoire).

Comme l'information relative aux chantiers existants n'est pas - au moment des calculs - complète, nous n'avons pas tenu compte entre autres les chantiers séparés, les capacités de transport et les moyens d'exécution.

On a proposé une répartition en complexes telle que l'on peut voir sur l'état imprimé au point C8 de l'annexe 2. On trouve ici les résultats de deux simulations, parmi celles qui ont été effectuées, à savoir:

- 1) Un résultat obtenu dans l'hypothèse d'une distribution gaussienne des capitaux disponibles. On y trouve une annuité maximale de 450 millions de US\$ à engager au milieu de la période de réalisation du planning (pour la distribution gaussienne).
- 2) Le deuxième résultat repose sur l'hypothèse d'annuités constantes s'élevant à 300 millions de US\$ sur la période considérée.

Les résultats correspondants constituent la matière des points C9 et C10 de l'annexe 2; ils appellent les commentaires suivants:

- Le premier cas est le seul où un programme sur 10 ans est relativement facile à réaliser en raison d'une structure favorable des liens technologiques entre procédés (mise en valeur relativement harmonieuse des intermédiaires). Ces résultats doivent néanmoins confirmés par l'élaboration de bilans bi- ou triannuels des matières premières et intermédiaires.
- Le deuxième cas ne peut être retenu, comme il ressort de toute évidence de la comparaison des deux calendriers en question.

9. Conclusions et recommandations

9.1 Récapitulation des résultats obtenus

Les travaux du LIES dans la zone du projet (MEICP, Alger) peuvent être récapitulés comme suit:

- Le savoir-faire relatif à la programmation intégrée du développement, a été transmis selon la lettre et l'esprit du projet DP/ALG/86/008, comme l'attestent les deux parties dans le compte-rendu de mission faisant partie intégrale du rapport final (Annexe 1).
- On a installé et transmis un système ADIM (version ADIM-ALG+) implanté sur ordinateur, suivant l'offre.
- Une équipe d'experts algériens a été formée suivant la technique "apprendre en faisant".
- On a élaboré des modèles de domaines de production et distribution (DPD), avec les bases de données correspondantes, et effectué des simulations sur ordinateur qui ont permis de créer les fondements d'un programme de développement des industries chimiques et pétrochimiques. On a élaboré et fourni les profils technologiques indispensables à la réalisation des travaux.
- Une stratégie de réalisation du programme de développement en question, a été esquissée et l'on a fourni à titre d'exemple une variante de planning de réalisation des investissements concernés.

Il existe en Algérie un potentiel d'experts dont les analyses et études de faisabilité créent, avec le travail qui précède, les conditions d'une programmation intégrée du développement des industries chimiques et pétrochimiques, suivant une procédure continue, en accord avec le voeu du Gouvernement algérien *).

9.2 Conclusions relatives aux industries chimiques et pétrochimiques

1. Les modèles suivants ont été étudiés:

- Révision du "DPD global de l'industrie chimique" appelé aussi "DPD HTOP"

Ce voeu a été exprimé lors de la rencontre de la direction du LIES avec Monsieur Fergani, Vice-ministre au MEICP.

- "DPD de l'industrie pétrochimique" appelé "DPD PETR"
- "DPD intégré des industries chimiques et pétrochimiques" appelé "DPD intégré".

(Le "DPD de l'industrie des engrais" est discuté au point 9.3)

Les résultats obtenus constituent une base exhaustive pour les travaux ultérieurs sur la programmation du développement, à partir d'une mise à jour continue des données ainsi obtenues (Voir le p.9.4).

2. La thèse de développement retenue (Voir le chapitre 5) a été pratiquement réalisée sous formes de variantes d'un programme de développement, dont en particulier la variante C_Bb_2. La structure technologique intégrée des industries chimiques et pétrochimiques choisie dans la variante C_Bb_2, donne de bons résultats économiques, ce qui est une confirmation du fait bien connu des avantages d'une telle intégration, surtout dans le cas d'un pays comme l'Algérie qui dispose de sources abondantes et bon marché de matières premières de base. La solution retenue est caractérisée par une stabilité élevée du niveau de production et une faible sensibilité aux variations du montant des investissements. Ceci est valable néanmoins pour un système cohérent de prix des matières premières et des produits finaux (Voir le p.9.4). Le délai de récupération en question approche des 7 années. Il peut être considéré comme représentatif de la structure finale intégrée des industries chimiques et pétrochimiques, en Algérie. Cette structure permet de satisfaire les objectifs de l'économie algérienne dans le cadre des modèles de consommation retenus. Il est néanmoins indispensable d'effectuer toute une série d'analyses (Voir le p.9.4 ci-dessous) pour vérifier le programme en question.
3. En raison du montant considérable des investissements programmés (4 756 millions de dollars US), on a proposé pour les analyses ultérieures, une stratégie de réalisation du programme qui puisse être le fondement d'un planning de réalisation. La démarche visant à obtenir la structure recherchée (variante C_Bb_2) comporte les étapes suivantes:
 - a) une première étape préparatoire de réalisation du programme avec pour objectif la mise en valeur des réserves existantes de matières premières et d'intermédiaires, ainsi que la mise en place d'une infrastructure de réalisation du "grand programme",

- b) la deuxième étape de réalisation est celle de la mise en chantier des unités prévues dans le réseau technologique correspondant au scénario C_UN_1 (Voir le p.6.4) qui prévoit l'édification d'une seconde unité de pyrolyse (la première est actuellement en activité à Skikda),
- c) la troisième étape prévoit l'édification d'une troisième unité de pyrolyse et la valorisation de ses produits.

La stratégie ainsi définie est conforme avec la thèse de développement retenue, car elle permet d'atteindre les objectifs stratégiques et de plus:

- elle assure un développement rapide et une rentabilité élevée des investissements, car la durée de récupération ne dépasse pas 5-6 ans, dans les deux premières étapes,
- elle ouvre la voie aux exportations et à la possibilité de compenser les importations,
- elle assure une grande élasticité des décisions au niveau de la mise à jour des objectifs en présence des variations de la conjoncture mondiale, car elle donne pour les 2 ou 3 années à venir une liberté de manoeuvre quant à l'étendue et à l'échelle de réalisation de la troisième étape, tout en assurant un démarrage immédiat de l'étape préparatoire.
- on peut également envisager une accélération de la réalisation du programme par une mise en parallèle des étapes 1 et 2 (voir le p.9.4).

Quant aux conclusions de nature technologique, elles peuvent être formulés de la manière suivante:

- le développement de la pétrochimie doit être essentiellement fondé sur le butane et le propane, car c'est la voie la plus avantageuse;
- la solution retenue ne bouleverse pas le système de raffinage existant et permet de dégager des quantités modérées de reformat pour satisfaire le demande en aromatiques,
- le domaine le plus sensible qui nécessite de pousser l'analyse plus avant, est celui des aromatiques (voir 9.4).

9.3. Conclusions relatives à l'industrie des engrais.

Nous trouvons ici un résumé succinct des conclusions détaillées formulées au chapitre 7.

1. Un programme de développement de l'industrie des engrais a été élaboré, qui est fondé sur le scénario ENEP considéré comme le plus adéquat.
2. L'industrie des engrais n'est pas rentable dans les conditions actuelles. Les exportations éventuelles d'engrais et d'ammoniac pourraient s'avérer fondées seulement s'il y avait une évolution considérable des prix internationaux due par exemple à un imprévisible accroissement de la demande.
3. Des simulations et analyses supplémentaires ont été effectuées pour une valorisation optimale des excédents d'ammoniac, pour sélectionner les procédés de fabrication des engrais phosphatés et pour comparer les divers procédés de fabrication des acides phosphorique et sulfurique. Ces études peuvent être utilisées pour faire avancer les travaux de développement.
4. Il convient, dans les travaux ultérieurs, d'utiliser des données plus précises relativement aux prix des matières premières locales (voir le p.9.4) qui tiennent compte de la localisation et de l'infrastructure.
5. Le programme de développement élaboré constitue à notre avis une bonne base de départ pour prendre les décisions de réalisation en la matière.

9.4. Recommandations

Si l'on retient comme structure de base celle qui a été choisie à partir du scénario C_Bb_2, le LIES suggère la poursuite des travaux sur la programmation du développement qui comporterait:

- une analyse des prix (et des relations de prix) des matières premières, des intermédiaires et des produits finaux qui tiennent compte de la spécificité de la situation algérienne. Il s'agit d'introduire un calcul des coûts étendu qui tiennent compte des coûts d'acquisition des matières premières, des rentrées dues à leur exportations comparées aux effets des investissements dans les industries chimiques et pétrochimiques.
- une analyse des possibilités d'exportation et d'importation afin d'approfondir le programme dans le sens d'un développement sélectif prenant en compte les procédés technologiques les plus rentables dans les conditions algériennes.
- une analyse du domaine des aromatiques qui tiennent compte des données actuelles relatives à la composition des reformats et du naphta pyrolytique. Ceci va permettre d'approfondir l'analyse des procédés

d'extraction des hydrocarbures aromatiques et de modifier éventuellement le modèle. Le LIES peut ici offrir ses services lors de la phase de modification du modèle.

- une analyse et élaboration des données relatives aux sites prévus et potentiels de localisation des nouvelles unités, ce qui permettrait d'élaborer un plan plus détaillé de programme de développement, en particulier au niveau des étapes 1 et 2, ainsi qu'une étude par simulation des possibilités de réduire les délais de réalisation.

En conséquence, le LIES tient à exprimer son souci d'assumer pleinement ses responsabilités et d'apporter son concours à tous travaux ultérieurs jugés opportuns par nos partenaires algériens, dans le cadre de l'ONUDI (Cf. le compte-rendu de mission en Annexe 1). Le LIES tient aussi "last but not least", à remercier tous les collègues algériens pour la qualité du travail accompli et l'excellence des conditions dans lesquelles nous avons pu mener à bien ce travail en commun.

10. Références

1. Contrat No 87/163
2. Cahier des charges 21-04 en date du 31 juillet 1987
3. Document de travail sur l'assistance technique ONUDI relativement au "Développement intégré de l'industrie chimique"
4. Chemicals origin and market - SRI
5. Chemical conversion factors and yields - SRI
6. Briefing note, 15 january 1988
7. Proposition de contrat relativement au projet DP/ALG/86/008(21-04), LIES, octobre 1987

DIFFUSION INTERDITE

"PLAN DIRECTEUR DE DEVELOPPEMENT
DE L'INDUSTRIE CHIMIQUE EN
ALGERIE"

(EXTENSION POUR LA PETROCHIMIE)

DP/ALG/86/008/21-04/

Rapport technique: Implantation du système informatique
d'Aide à la Décision Interactive Multicritères ADIM-ALG et
mise en oeuvre de la méthodologie ADIM pour la programmation
du développement de l'industrie chimique en Algérie

ANNEXE 1

Comptes-rendus, Notes de travail et documents divers

Laboratoire Interministériel pour les Etudes de Systèmes
près l'Académie des Mines et de la Métallurgie, à
Cracovie, Pologne

Compte - rendu
de la visite des représentants du MEICP à Cracovie, Pologne,
dans le cadre de la réalisation du projet No DP/ALG/86/008 (21-04)

Cracovie, 22 - 29 Février 1988

La Mission algérienne du Ministère de l'Énergie et des Industries Chimiques et Pétrochimiques, a séjourné à Cracovie du 22 au 29 Février 1988, au siège du LIES.

Composition de la Mission algérienne:

1. Mr BRAHIMI Abdelhamid - Chef de Mission
2. Mr BOUMAZA Azeddine
3. Mr HADDOUCHE Ahmed

Composition de l'équipe du LIES:

1. Mr JANISZEWSKI-ZEBROWSKI Maciej - Chef du LIES
2. Mr GIBINSKI Stanislaw
3. Mr MAREK Wlodzimierz
4. Mr WILCZYNSKI Jerzy
5. Mr SKOCZ Maciej
6. Mr JANIK Andrzej

Les discussions qui se sont tenues ont donné lieu aux constatations, desiderata et formulations suivantes:

- A. Le LIES a pris note que le système ADIM, avec le matériel, sera installé au MEICP avec la participation du Ministère et des entreprises concernées.
- B. Filière des engrais chimiques.
 1. La Mission algérienne a exposé les objectifs généraux qui devront être analysés dans le domaine des engrais:
 - a) possibilités de valorisation de la production algérienne d'ammoniaque et/ou engrais azotés à l'exportation,
 - b) développement de la production des engrais phosphatés qui tiennent compte des filières sulfurique, nitrique et de l'optimisation par voie thermique, pour satisfaire la demande interne et l'exportation,
 - c) valorisation et développement des sous-produits de la production algérienne d'engrais (composés fluorés, MgO, phosphogypses, etc.),

d) possibilité d'introduction et de développement de nouvelles formes de fertilisation (engrais liquides, SSP, phosphates, phosphogypses, etc.).

2. Mr Brahimi a fourni, en réponse aux questions du LIES, les informations relatives à la production algérienne d'engrais. La liste des questions est fournie en Annexe 1. Des réponses plus complètes seront fournies au LIES au début de sa mission à Alger.
3. Le LIES a pris note que les profils technologiques et les données correspondantes relatives à la production algérienne d'engrais, seront mis à disposition à l'arrivée de l'équipe du LIES à Alger.
4. Il a été retenu que le schéma fourni par le LIES peut constituer une proposition préliminaire de filières technologiques de production des engrais, en tenant compte des remarques faites par la Mission algérienne qui se réserve la possibilité de la compléter par les experts, à Alger.

C. Filière pétrochimie

1. Après discussion approfondie, on a convenu d'un commun accord de fixer définitivement les détails des filières et des profils technologiques PETROCHIMIE, à l'arrivée à Alger de l'équipe du LIES, y compris les données relatives à la demande et aux prix.
2. Les deux parties constatent qu'à ce jour le LIES ne dispose pas de toutes les données concernées par les points E4 et C1 du présent compte-rendu. Les travaux préparatoires associés initialement prévus sont donc reportés au moment de mise à disposition du LIES des données.

D. Visites d'information

Suite à sa demande, la Mission algérienne a effectué des visites d'information dans plusieurs établissements polonais:

1. Le Complexe chimique d'Oswiecim, près de Cracovie,
2. Le Bureau d'études et d'ingénierie BIFRONAFT, à Cracovie

1. Visite du Complexe chimique d'Oswiecim

- rencontre avec le Directeur Général Mr Jan BABIARZ,
- présentation du Bureau d'études et d'ingénierie des Etablissements par son chef - Mme Krystyna KAPLITA qui a remis une documentation relative aux technologies utilisées par les Etablissements chimiques d'Oswiecim et aux références en Pologne et à l'étranger,
- visite des installations de production du styrène-polystyrène et des unités de production du caoutchouc synthétique.

2. Visite du Bureau d'études BIPRONAFT

Mr BRAHIMI a rencontré Mr Stanislaw POBIEGLY, Directeur technique de BIPRONAFT, et a pris connaissance des activités et possibilités de coopération intéressant les deux parties (Cf. l'Annexe 2.). On a transmis une documentation et convenu d'approfondir l'identification des possibilités de coopération à l'occasion de rencontres ultérieures.

E. Remarques relatives au produit ADIM et à la formation

1. La Mission algérienne et le LIES conviennent que la formation concernera aussi bien l'aspect utilisation du système que les aspects organisation et philosophie du système. Il va de soi que cela ne pourra en aucun cas retarder la réalisation des travaux prévus au contrat.
2. La Mission algérienne estime que le système informatique doit être enrichi par quelques modules qui permettraient plus de flexibilité dans son utilisation:
 - a) interface permettant l'introduction de données à partir de fichiers déjà existants, au lieu des formulaires sur écran,
 - b) recalcul automatique des quantités de production intermédiaires et matières premières ainsi que des niveaux d'investissements, dès l'introduction d'un nouveau scénario concernant les demandes sur le marché,
 - c) éditions des coûts marginaux associés aux contraintes. après l'exécution du module d'optimisation,
 - d) module permettant à l'utilisateur la construction de ses propres fonctions-objectifs.

F. Calendrier de réalisation de la mission du LIES en Algérie

1. A la demande de la partie algérienne, on a convenu que la mission du LIES à Alger débute le 17 mars 1988.

Comme il est impossible de reporter la date de fin de mission de l'équipe du LIES à Alger au delà du 23 avril 1988, tout retard entraîné par la non disponibilité des données de calcul et/ou non dédouanement du matériel, ne pourra être rattrapé au cours de la mission en cours.

Les deux parties feront tout leur possible pour effectuer les simulations qui n'ont pu l'être à l'occasion de missions ultérieures soit des experts du LIES à Alger, soit des experts du MEICP à Cracovie.

Il reste entendu que tout retard occasionné par un défaut de matériel ou de logiciel, sera imputé au LIES. Le MEICP fera tout son possible pour assurer l'accès à d'autres matériels, en cas de besoin.

2. Les dates d'entrée et sortie des experts du LIES à Alger se présentent maintenant comme suit:

- a) 17 mars au 23 avril 1988 - MM M. Janiszewski-Zebrowski, St. Gibinski, A. Janik, M. Skocz, W. Ziemiała,
- b) 17 mars au 21 avril 1988 - MM G. Dobrowolski et T. Rys,
- c) 24 mars au 21 avril 1988 - M. W. Burczyk
- d) 31 mars au 28 avril 1988 - M. J. Wilczynski

G. Divers

1. La Mission algérienne a transmis les remarques et questions relatives au système ADIM installé à l'EDIC. Le LIES a donné les premiers éléments de réponse et il a été décidé d'examiner les autres questions, à l'arrivée de l'équipe du LIES à Alger.
2. La Mission algérienne et le LIES ont effectué les simulations demandées par la Mission avec les données fournies par M. Brahim. Les résultats partiels obtenus ont été transmis à M. Brahim.
3. On a convenu des questions techniques (hôtel, conditions de travail, transport, dédouanement du matériel) liées à la mission du LIES à Alger. Toutes mesures

seront prises pour que le dédouanement du matériel informatique soit effectué dans les délais les plus rapides.

4. L'accès au VAX sera assuré dès sa mise en service, pour permettre au LIES d'effectuer les travaux prévus au contrat qui nécessitent 4 semaines de travail.
5. Les changements intervenus au niveau du contrat (site de travail et Responsable National du Projet - NPD) doivent être communiqués pour approbation à l'ONUDI, avant l'arrivée de l'équipe du LIES à Alger

H. Annexes

Annexe 1. - Questions relatives à l'agriculture, à l'industrie des engrais et aux matières premières, en Algérie.

Annexe 2. - Proposition de coopération avec la partie algérienne.

ANNEXE 1.

Questions relatives à l'agriculture, à l'industrie des engrais et aux matières premières, en Algérie.

Préalables

On a retenu les chiffres de la FAO relativement aux surfaces arables en Algérie, à savoir:

- superficie totale environ 7.450.000 ha dont les plantations et vergers plurannuels: environ 640.000 ha.
- 1. Quel est la consommation actuelle algérienne d'engrais NPK par ha ?
- 2. Peut-on retenir une augmentation des surfaces arables de l'ordre de 0.5% par an ?
- 3. Est-ce qu'il est prévu une fertilisation des forêts et paturages ?
- 4. Quel type de sol est prédominant en Algérie (acidité) ?

Industrie des engrais (Annaba, Avrew)

- 1. Quel sont les capacités de production des divers établissements existants ?

Quel est le taux de mise à profit des capacités existantes ?

Quels sont les opérations prévues portant sur la modernisation des unités existantes ou la mise en chantier de nouvelles usines ?

- 2. Est-ce que l'Algérie dispose d'une usine de caprolactame et quelle est la production de sulfate d'ammonium associée ?
- 3. Les engrais phosphatés sont produits à l'est du territoire algérien (Annaba). Est-ce qu'il est prévu de mettre en chantier une unité à l'ouest du pays ?

Matières premières

L'Algérie dispose des matières premières essentiels que sont le gaz naturel, le fioul et, en partie, de phosphorites et de pyrites.

1. Est-ce que la production d'ammoniaque peut-être en partie fondée sur la mise en valeur des gaz de raffinage inutilisés ?
2. Le soufre est obtenu par récupération à partir du pétrole. Quel pourcentage des besoins est ainsi satisfait ?

Est-ce qu'il est prévu d'utiliser les pyrites ou d'importer du soufre élémentaire pour couvrir les besoins en acide sulfurique ?

3. Prévoit-on la production de l'acide phosphorique par la mise en valeur des phosphates algériens, ou proviennent-ils de l'importation (Maroc, Tunisie) ?
4. Quelle est la source de sels de potassium ?

Est-ce la Tunisie dans le cadre d'un traitement des saumures de Mg et K₂O ?

5. Disposez-vous de réserves des sels de calcium (pour l'enveloppe des engrais) ?
6. Par quelle voie sont obtenues les composants d'engrais tels que le magnésium et les micro-éléments ?

Divers

1. Quels sont les relations de prix en Algérie: main-d'oeuvre, matières premières énergétiques, courant électrique, eau, vapeur ?
2. Quels sont des salaires horaires des ouvriers et de la supervision ?

ANNEXE 2.

Proposition de coopération avec la partie algérienne.

- 1 "BIPRONAFT" et l'Académie des Mines et de la Métallurgie voit la possibilité d'établir des liens de coopération avec une société d'ingénierie algérienne. L'objectif poursuivi serait essentiellement une action commune sur les marchés tiers, c'est-à-dire dans les pays africains, le Moyen-Orient et les pays asiatiques. Cela n'exclut aucunement les éventuels contacts en Algérie, Pologne et autres pays européens.
2. Dans une première phase, la coopération consisterait dans une offre commune portant sur les services de conseil, les études, la supervision de travaux de construction, l'exécution de documentation, d'activités de "commissioning", les travaux de réparation, la fourniture d'équipements et de pièces de rechange, la réalisation et la commercialisation de logiciels d'ordinateur. Il y a également possibilité d'action commune de cession de licences portant sur de nombreux procédés technologiques qui sont la propriété de "BIPRONAFT" ou de différents établissements chimiques en Pologne.
3. Les coûts de soumission d'offres et les actions de promotion seraient couverts par les deux parties suivant une procédure convenue. On organiserait pour cela un Bureau commun de Marketing. Les coûts de promotion et de démarche seraient imputés aux coûts de réalisation des projets.
4. Les secteurs d'intervention suivants peuvent être envisagés:
 - industries pétrochimiques, dont le raffinage,
 - synthèse organique lourde et fine,
 - terminaux de ventes de carburants, fiouls et gaz liquides,
 - épuration des eaux,
 - protection de l'atmosphère, en particulier dépoussiérage des gaz,
 - mise en valeur des déchets, par exemple des pneus et des lubrifiants usés,

- réduction de la consommation d'énergie et de carburants, dans les industries et aménagements concernés,
 - modernisation des établissements existants (actions de remplacement des anciennes unités et adaptation des équipements existants),
 - constitution, à la demande des clients, d'équipes de commissioning et d'exécutants de travaux de réparation ou même d'équipes d'exploitation.
5. On n'exclut pas une évolution de la coopération en question qui aboutirait à la création d'une entreprise commune de capital-risque.
6. Les deux parties nommeraient des responsables pour la coopération envisagée qui seraient chargés entre autres:
- a) de fixer les thèmes concernés par les soumissions d'offre,
 - b) d'assurer le suivi des affaires en cours,
 - c) de la mise à jour mutuelle de l'information relative aux marchés prospectés et actions entreprises.
7. Le premier acte d'une telle entreprise pourrait être par exemple le compte-rendu de la présente visite ou un autre document qui serait par exemple "Un accord préliminaire de coopération" signé par les deux parties.

21 MARS 1983

"DPD de l'industrie pétrochimique"

A/ La partie algérienne a proposé d'effectuer une analyse de l'industrie pétrochimique qui parte des matières de base (éthane, GPL, naphta, condensat, reformat) et des produits finis tels que le polyéthylène, les fibres polyesters, les fibres polyacryliques, le polyéthylène, le polystyrène, etc... Une liste des produits concernés a été remise à l'équipe du LIES (scénario dit Bb).

La majorite de ces produits a déjà fait l'objet d'une analyse lors du contrat EDIC, avec cependant des quantités différentes.

Le LIES a remarqué que l'étude de cas ainsi définie ne serait pas cohérente avec le schéma directeur de l'industrie chimique (étudié dans le DPD No 6), car il ne prend pas en compte l'ensemble de la structure du DPD concerné et on ne pourrait alors intégrer correctement le DPD No 6 et le DPD "Pétrochimie".

B/ La partie algérienne a présenté une nouvelle liste de demandes en produits finis pétrochimiques à prendre en compte dans les nouveaux scénarios dont il ressortirait de nouvelles valeurs relatives aux matières de base en pétrochimie (éthylène, propylène,

etc...).

Le LIES s'engage à effectuer les travaux résultants (2-3 jours), pour démarrer ensuite les travaux prévus au contrat.

C/ Après discussion des différentes questions liées à la réalisation du contrat, le LIES propose la démarche suivante qui constitue la méthodologie de résolution de la tâche définie :

1. Compléter la liste des procédés déjà prévus dans le schéma de l'industrie chimique (DPD No 6) d'où modification de la structure.
2. Déterminer le programme optimal sur la base du scénario dit Bb. Effectuer les analyses de sensibilité.
3. Optimisation de la filière "PETROCHIMIE" (obtention de la structure simplifiée).
4. Consolidation de la filière "PETROCHIMIE" et de la filière corrigée "INDUSTRIE CHIMIQUE" (DPD No 6).
5. Déterminer le programme optimal sur la base des autres scénarios (Aa,Ab,Ba,C) en impliquant directement les équipes algériennes (MINISTERE ,ENIP).

D/ Questions organisationnelles et techniques.

1. L'équipe du LIES est logée à l'hôtel EL-DJAZAIR.
2. L'équipe du LIES a déballé le matériel et s'est installée dans

les 3 pièces de travail et une pièce pour l'ordinateur AT. Tous les détails techniques relatifs à l'équipement de bureau et à l'installation électrique ont été fixés.

3. Suite à la convention MEICP-PNUD, deux voitures de location ont été mises à la disposition de l'équipe du LIES.

26 MARS 1988

"DPD de l'industrie pétrochimique"

1. On a modifié les données d'entrée (demandes) de l'étude de cas "DPD global de l'industrie chimique" et complété la liste des profils technologiques conformément aux besoins de la partie algérienne (Cf. Note de travail No 1 - paragr. C, point 1).

2. On a effectué toute une série de simulations dont quatre ont été retenues pour analyse des résultats:

- on a attiré l'attention sur les marges de variation de la demande,
- on a mis en évidence les conséquences globales du choix des technologies données, dans les cas précis du styrène, d polystyrène, de l'oxyde de propylène et des polyols et polyuréthanes associés.

3. On a conclu le travail sur le "DPD global de l'industrie chimique" en fixant les quantités suivantes de matières premières d'origine pétrochimique, qui seront retenues dans l'étude de cas "Pétrochimie":

- éthylène environ 600.000 T/A
- propylène environ 240.000 T/A

2

- butadiène	environ	50.000 T/A
- benzène		90.000 T/A
- toluène		20.000 T/A
- o-xylène		55.000 T/A
- p-xylène		25.000 T/A

28 MARS 1988

"DPD de l'industrie pétrochimique"

Nous avons ci-dessous les résultats de base de la simulation du DPD de l'industrie pétrochimique.

BILAN DE FABRICATION DES PRINCIPAUX PRODUITS DE BASE

A L'HORIZON 2000

- éthylène	623 472 T/A + 120 000 T/A	743 000 T/A
- propylène	330 000 T/A	330 000 T/A
- butadiène	45 000 T/A	45 000 T/A
- benzène	100 000 T/A + 90 000 T/A	190 000 T/A
- toluène	55 000 T/A + 5 000 T/A	60 000 T/A
- o-xylène	7 800 T/A	7 800 T/A
- p-xylène	25 000 T/A + 38 000 T/A	63 000 T/A
- MTBE	500 000 T/A	500 000 T/A

COMMENTAIRES

1. Les résultats obtenus sont corrects et résultent de l'amélioration des prix de la fraction C4 qui a été faite égale au prix du propane = 89 \$/T. Le prix de l'isobutane est de 100 \$/T. En effet, les prix initialement retenus ne correspondant pas au niveau des prix du propane, du condensat et du naphta.

2. La production d'éthylène est basée sur le propane et le butane. Il n'a donc pas atteint à la structure du procédé de fabrication de la raffinerie.
3. La production d'éthylène peut être assurée sur une installation type alimentée en mélange de propane et de butane, ou avec alimentation séparée en propane ou en butane.
4. Le rendement en propylène peut être réglé par un régime de fonctionnement plus ou moins poussé. Cela a néanmoins une incidence sur le rendement du butadiène. La question aura à être tranchée au niveau des préétudes de réalisation.
5. La production d'o-xylène ne pourra faire l'objet d'une simulation qu'après mise à disposition du profil technologique d'extraction de l'o-xylène.

L'approbation du bilan de fabrication ci-dessus permettra d'aborder l'étude de cas "DPD intégré des industries chimiques et pétrochimiques".

30 Mars 1988

"DPD de l'industrie des engrais"

M. Wilczyński a rencontré M. Bessam du MEICP, pour compléter et vérifier les données indispensables à l'examen de l'étude de cas "DPD de l'industrie des engrais".

I. Données relatives à l'état actuel

1. Les données complémentaires suivantes ont été fournies par le représentant du MEICP - Monsieur Bessam - relativement au potentiel existant de production des engrais. On a recensé pour 1988, les installations suivantes en activité, avec les capacités journalières de production suivantes:

Produit	Site	
	Annaba (en tonnes/jour)	Arzew
Ammoniac	1 x 1000	1 x 1000
Acide nitrique	2 x 400	3 x 400
Acide sulfurique	1 x 1500	---
Acide phosphorique (P2O5)	1 x 500	---
Ammonitrates (33,5% N)	2 x 500	3 x 500

Engrais phosphatés.

Deux lignes identiques de production pouvant produire chacune les formulations suivantes: TSP, DAP, NPK, PK, NP aux concentrations demandées

DAP	18 - 46	700	---
NPK	12 - 18 - 18	1050	---
TSP	46	880	---
PK	20 - 25	900	---

Il existe, en plus des installations sus mentionnées, des unités immobilisées depuis 1973, à ARZEW, à savoir: une installation d'ammoniac de 1000 t/jour et une installation d'urée (400 t/jour) dont la remise en route est prévue pour 1989 - 90, après remise en état.

2. Une partie de l'acide phosphorique (environ 30.000 t/an de capacité installée) est utilisée dans la production de 40.000 t/an des polyphosphates (STPP) à Annaba.

Cela entraîne un déficit d'acide phosphorique et une sous-exploitation des capacités installées du complexe des engrais phosphatés, si toute la production concerne le TSP.

3. Les mines de phosphates sont situées à environ 250 km au sud d'Annaba. Le transport éventuel sur Arzew pourrait se faire par chemin fer ou par voie combinée (chemin de fer et voie maritime).
4. On ne prévoit pas d'utiliser l'ammoniac pour des objectifs techniques (très faibles quantités utilisées dans l'industrie). On peut envisager dans le futur une application à l'enrichissement des pailles de fourrage, à raison de 15 à 20 mille tonnes par an à moyen terme.
5. On ne prévoit pas d'utiliser l'urée comme engrais, mais seulement pour les applications techniques CP1Z (urée/formol) et à l'exportation. On pourrait néanmoins envisager son emploi futur comme engrais spécial (solution liquide) ou comme produit alimentaire pour le bétail.
6. Le surplus d'ammoniac et d'ammonitrates est actuellement exporté.
7. Les taux de marche retenus pour les nouvelles installations seront de 80%, comme pour la pétrochimie.
8. Le sel de potassium utilisé dans les engrais en Algérie sera le sulfate de potassium. Le chlorure de potassium n'est pas indiqué pour les cultures agricoles.

II. Objet de l'étude sur le "DPD de l'industrie des engrais"

1. Les données de base de l'étude seront les prévisions de consommation en éléments fertilisants (N, P2O5, K2O) à l'an 2000, fournies par l'ENEP, la FAO, l'UNIDO (variantes A et B).
2. On pourra également enrichir l'étude avec d'autres scénarios, en fonction de la documentation accessible.
3. Pour chaque variante de projection à l'an 2000, on va sélectionner un programme optimal de développement de l'industrie des engrais, par voie de simulation.

A partir des résultats de simulation obtenus et discussion approfondie avec les experts algériens concernés, on formulera des conclusions et recommandations quant à la réalisation de programme de développement de l'industrie des engrais.

**Compte - rendu
de fin de mission de l'équipe du LIES-AMM
dans la zone du projet**

Le 27 avril 1988, les équipes du LIES et du MEICP ont eu une dernière entrevue pour dresser le constat du travail effectué dans la zone du projet dans la période du 17 mars au 28 avril 1988. Etaient présents:

Partie algérienne:

1. Mr BRAHIMI Abdelhamid
2. Mr HADDOUCHE Ahmed
3. Mr BOUMAZA Azzeddine
4. Mr HANIFI Mustapha
5. Mr HADJERI Larbi

Equipe du LIES:

1. Mr JANISZEWSKI-ZEBROWSKI Maciej - Chef du LIES
2. Mr GIRINSKI Stanislaw
3. Mr JANIK Andrzej
4. Mr BURCZYK Wojciech
5. Mr SKOCZ Maciej
6. Mr ZIEMBLA Wieslaw

1. Les deux parties conviennent que l'objet de la mission du LIES-AMM dans la zone du projet a été réalisé, en accord avec les termes du contrat DP/ALG/86/008(21-04). Le projet de rapport a été remis. La partie algérienne transmettra ses remarques et observations selon les délais contractuels. Le LIES élaborera et transmettra à la partie algérienne et à l'ONUDI le rapport final pour acceptation selon les délais contractuels.
2. Le détail des travaux effectués, la liste du matériel et de la documentation livrés, sont spécifiés au chapitre 2 du Projet de Rapport Final dont un exemplaire a été transmis à la partie algérienne et qui, après les éventuelles remarques et additions, et acceptation ultérieure par l'ONUDI et la partie algérienne, deviendra le Rapport final.
3. Les deux parties constatent que pour des raisons indépendantes du MEICP, le LIES n'a pu avoir accès à un système VAX pour y implanter le produit ADIM-ALG+. Cette clause du contrat n'a donc pu être réalisée. Par contre, le LIES a effectué des travaux supplémentaires

hors-contrat. On a ainsi implanté non seulement le produit ADIM-ALG+ sous XENIX sur l'ordinateur PC-AT compatible, mais aussi sous MS-DOS - sur l'ordinateur personnel PC-XT. On a ainsi accru notablement la capacité de calcul et la souplesse de l'installation fournie au MEICP.

4. On a également effectué des travaux non prévus initialement au contrat. On a entre autres élaboré et étudié un "DPD intégré des industries chimiques et pétrochimiques" qui accroît, en l'améliorant, les possibilités de la programmation du développement.
5. Le LIES-AMM a également fourni hors - contrat 50 profils technologiques introduits dans la base de données du système ADIM-ALG+, et dont la liste est donnée en Annexe 3 du Project de Rapport final.
6. Les deux parties considèrent qu'une extension du projet à la planification des investissements du programme de développement des industries chimiques et pétrochimiques, serait utile et bien venue. Les deux parties examineront ultérieurement l'opportunité et les modalités d'une telle extension.

De plus, le LIES suggère qu'une partie de la formation contractuelle des experts algériens en Pologne soit employée à réaliser des travaux concrets où la préparation du planning de réalisation des objectifs du programme de développement pourrait trouver place. Le LIES propose que la formation en Pologne se déroule du 22 août au 19 septembre 1988. La partie algérienne examinera cette question et donnera une réponse au plus tard fin mai 1988.

La partie algérienne tient à souligner la qualité du travail effectué par le LIES dans la zone du projet, travail satisfaisant non seulement à la lettre, mais aussi à l'esprit du projet. Elle remercie tous les membres de l'équipe du LIES.

Le LIES tient à souligner les excellentes conditions de travail réunies dans la zone du projet et la compétence des experts algériens avec lesquels les spécialistes polonais ont eu le plaisir de travailler.

Le présent "Compte-rendu de mission ..." fait partie intégrale du Projet de Rapport final.

Pour le MEICP

Pour le LIES

Mr Abdelhamid Brahimi

Mr Maciej Zebrowski

"PLAN DIRECTEUR DE DEVELOPPEMENT
DE L'INDUSTRIE CHIMIQUE EN
ALGERIE"

(EXTENSION POUR LA PETROCHIMIE)

DP/ALG/86/008/21-04/

Rapport technique: Implantation du système informatique
d'Aide à la Décision Interactive Multicritères ADIM-ALG et
mise en oeuvre de la méthodologie ADIM pour la programmation
du développement de l'industrie chimique en Algérie

ANNEXE 2

Résultats des expériences et simulations
sur ordinateur

Laboratoire Interministériel pour les Etudes de Systèmes
près l'Académie des Mines et de la Métallurgie, à
Cracovie, Pologne

Table des matières

Partie A. Résultats pour le "DPD de l'industrie chimique" (p.4)

- A1. Liste des procédés (p.5)
- A2. Liste des agents (p.8)
- A3. Scénarios et résultats globaux des expériences: H_Bb_0, H_Bb_1, H_Bb_2 (p.13)
- A4. Comparaison des résultats des expériences H_Bb_(0-2) (p.19)

Partie B. Résultats pour le "DPD de l'industrie pétrochimique" (p. 25)

- B1. Liste des procédés (p.26)
- B2. Liste des agents (p.27)
- B3. Résultats des expériences:
 - P_UN, P_Bb_0 (rapport complet) (p.29)
 - P_Bb_0a, P_Bb_1, P_Bb_1a, P_Bb_2 (scénarios) (p.35)
- B4. Comparaison des résultats P_Bb_(0-2) (p.39)
- B5. Résultats de l'analyse avec un "facteur de localisation" variable pour le scénario P_Bb_0 (p.41)
- B6. Résultats de l'analyse avec des prix variables des matières premières pour le scénario P_Bb_0 (p.41)
- B7. Comparaison des simulations du scénario P_Bb_0 pour différents critères d'optimisation (p.42)
- B8. Liste des valeurs inférieures du pouvoir calorifique pour les produits pétrochimiques de base (p.44)

Partie C. Résultats pour le "DPD intégré des industries chimiques et pétrochimiques" (p.46)

- C1. Liste des procédés (p.47)
- C2. Liste des agents (p.50)

- C3. Scénarios des expériences: C_Eb (0-3) (p.56)
- C4. Comparaison des résultats des expériences C_Eb_(0-3) (p.64)
- C5. Scénarios des expériences: C_UN_(0-1)
- C6. Comparaison des résultats des expériences C_Eb_2 et C_UN_0,1. (p.72)
- C7. Influence du calcul renouvelé des investissements sur les résultats globaux des expériences (comparaison des méthodes linéaire et non linéaire) (p.77)
- C8. Unités et complexes retenus pour le scénario C_UN_1 de planning des investissements (p.80)
- C9. Planning des investissements pour le scénario C_UN_1. On a une distribution normale (gaussienne) des contraintes d'investissements (p.83)
- C10. Planning des investissements pour le scénario C_UN_1. On a une distribution uniforme des contraintes d'investissements (p.85)

Partie D. Résultats pour le "DPD de l'industrie des engrais"

- D1. Liste des procédés (p.88)
- D2. Liste des agents (p.89)
- D3. Paramètres principaux pour l'étude de cas "DPD de l'industrie des engrais" (p.90)
- D4. Résultats des expériences pour le scénario ENEP:
 - Expériences EN-1, EN-2, EN-3, EN-4 (p.90)
 - Comparaison des résultats pour le scénario ENEP (p.99)
- D5. Résultats des expériences pour le scénario FAO:
 - Expériences FA_1 FA_2 FA_3 FA_4 (p.100)
 - Comparaison des résultats pour le scénario FAO (p.103)
- D6. Résultats des expériences pour le scénario UNIDO:
 - Expériences UN_A_1 UN_A_2 UN_B_1 (p.109)

- Comparaison des résultats pour le scénario UNIDO (p.115)
- D7. Résultats de la comparaison des possibilités de valorisation des réserves de capacité de production de l'ammoniac - NFK 15-15-15, ammonitrate, urée, NFK 17-17-17, DAP (p.116)
- D3. Résultats économiques de la comparaison de divers procédés d'obtention de l'acide phosphorique (p.113)
- D9. Résultats économiques de la comparaison de divers procédés d'obtention de l'acide sulfurique (p.119)
- D10. Résultats de la comparaison des coûts des production des engrais phosphatés (pour 100 000 t de P2O5); TSP, SSP granulé, SSP en poudre, DAP, MAP (p.121)

PART A

CHEMICAL INDUSTRY
REVISED CASE STUDY
RESULTS OF EXPERIMENTS

Al. List of processes in chemical industry revised case study.

Process name	Capacity
2-ETHYLHEXANOL (OXO PROCESS)	50000 T/Y
ABS BY EMULSION/MASS POLYMERIZATION	25000 T/Y
ACETALDEHYDE BY ONE-STEP ETHYLENE OXID.	67500 T/Y
ACETIC ACID BY ACETALDEHYD AIR OXID.	67500 T/Y
ACETIC ACID FROM METHANOL	67500 T/Y
ACETIC ANHYDRIDE FROM ACETIC ACID	113000 T/Y
ACETYLSALICILIC ACID	1500 T/Y
ACRYLIC ACID FROM PROPYLENE	45000 T/Y
ACRYLONITRILE BY PROPYLENE AMERCOXIGATION	90000 T/Y
ADIPIC ACID FROM CYCLOHEXANE	70000 T/Y
ALKYD RESINS	80000 T/Y
ALLYL CHLORIDE BY CHLORINATION OF PROP.	45000 T/Y
BENZOIC ACID	20000 T/Y
BISPHENOL A FROM PHENOL AND ACETONE	25000 T/Y
BUTYL (ISOBUTYL) ACETATE	20000 T/Y
BUTYL ACETATE	25000 T/Y
CAPROLACTAM FROM CYCLOHEXANE	35000 T/Y
CARBON BLACK (NBF)	40000 T/Y
CARBON DISULFIDE	45000 T/Y
CARBON MONOXIDE FROM SYNTHESIS	27300000 M ³ /Y
CELLULOSE ACETATE	25000 T/Y
CELLULOSE FIBERS	10000 T/Y
CHLORINE (MEMBRANE PROCESS)	180000 T/Y
CHLORONETHANES FROM METHANE	15000 T/Y
CITRIC ACID FROM MOLASSES	25000 T/Y
CUEREN FROM BENZENE AND PROPYLENE	62500 T/Y
CYCLOHEXANE BY HYDROGENATION OF BENZENE	50000 T/Y
DI-BUTYL PHTHALATE	35000 T/Y
DI-ETHYLHEXYL ADIPATE	35000 T/Y
DI-OCTYLPHTHALATE FROM PHTHALIC ANHYDRIDE	35000 T/Y
DINITROTOLUENE BY NITRATION OF TOLUENE	30000 T/Y
TRICHLOROHYDRIN FROM ALLYL CHLORIDE	45000 T/Y
EPOXY, LIQUID, DGEBA	22500 T/Y
ETHANOL FROM ETHYLENE	125000 T/Y
ETHYL ACETATE	20000 T/Y
ETHYL ACRYLATE	25000 T/Y
ETHYLBENZENE BY VAPOR-PHASE ALK. BENZENE	250000 T/Y
ETHYLENE GLYCOL	90000 T/Y
ETHYLENE GLYCOL AND ETHYLENE OXIDE	90000 T/Y
FORMALDEHYDE (USING SILVER CATALYST)	50000 T/Y
FORMIC ACID (IN 85 %) (BASF)	10000 T/Y
GLYCERIN FROM ALLYL CHLORIDE	25000 T/Y
HYDROGEN CYANIDE ANDRUSSON PROCESS	30000 T/Y
HYDROGEN FROM NATURAL GAS	50600000 M ³ /Y
ISOPROPANOL BY CATION EXCHANGE RESIN	65000 T/Y
MALEIC ANHYDRIDE FROM BENZENE	15000 T/Y
MALEIC ANHYDRIDE FROM N-BUTENES	15000 T/Y

MELAMINE - FORMALDEHYD RESIN	50000 T/Y
MELAMINE FROM THE STA. ARBON PROCESS	20000 T/Y
METHANOL	410000 T/Y
METHYL ACRYLATE	25000 T/Y
METHYL ETHYL KETONE FROM HTBE RAFFINATE	15000 T/Y
METHYL METHACRYLATE CYANOHYDRIN PROCESS	45000 T/Y
BENZENE	20000 T/Y
NOBYPHENOL BY AN ION EXCHANGE CAT. PROC.	10000 T/Y
NOBYPHENOL ETHOXYLATE	22500 T/Y
NYLON 6 CHIPS	25000 T/Y
OXYGEN BY AIR FRACTIONATION	40000 T/Y
PENTAERYTHRITOL	15000 T/Y
PERCHLOROTHYLENE FROM PROPANE	2 T/Y
PHENOL FROM CUMENE	4 T/Y
PHENOL-FORMALDEHYDE RESOL STYOP	50000 T/Y
PHOSGENE FROM CHLORINE AND CARBON MONOX.	35000 T/Y
PHTHALIC ANHYDRIDE AIR OX. OF O-XYLENE	30000 T/Y
POLYACRYLATE LATEX	29000 T/Y
POLYACRYLATE PELLETS	20000 T/Y
POLYCARBONATE	10000 T/Y
POLYETHYLENE HD (UCC)	160000 T/Y
POLYETHYLENE LD	200000 T/Y
POLYETHYLENE LLD (UCC)	160000 T/Y
POLYETHYLENE TEREPHTHALATE MELT FROM TA	50000 T/Y
POLYETHYLENEMETHACRYLATE	15000 T/Y
POLYOL TRIFUNCTIONAL POLYETHER	1000 T/Y
POLYPROPYLENE (ANOCO)	75000 T/Y
POLYSTYRENE HIGH IMPACT	60000 T/Y
POLYURETHANE RESINS	45000 T/Y
POLYVINYL ACETATE LATEX	T/Y
POLYVINYL ALCOHOL	20000 T/Y
POLYVINYLCHLORIDE BY SUSPENSION POLYMER.	90000 T/Y
PRIMARY ALCOHOL ETHOXYLATE	22500 T/Y
PRIMARY ALCOHOL SULFONATE SODIUM SALT	20000 T/Y
PRIMARY ALCOHOL, ETOXYSULFATE, SODIUM SALT	20000 T/Y
PRIMARY ALCOHOLS C8 - C20	72500 T/Y
PROPYLENE GLYCOL FROM PROPYLENE OXIDE	45000 T/Y
PROPYLENE OXIDE BY CHLORHYDRIN PROCESS	90000 T/Y
PROPYLENE OXIDE BY ETHYLBENZENE PROCESS	90000 T/Y
SAH	25000 T/Y
SOAP	35000 T/Y
SODIUM ALKYL BENZYL SULFONATE	40000 T/Y
STYRENE FROM ETHYLBENZENE	225000 T/Y
STYRENE-BUTADIENE RUBBER BY EMUL. POLYM.	35000 T/Y
SULFURIC ACID FROM SULFUR	320000 T/Y
SYNGAS (2:1) FROM NATURAL GAS	824000000 M3/Y
SYNGAS (3:1) FROM NATURAL GAS	824000000 M3/Y
TEREPHTHALIC ACID FROM P-XYLENE	75000 T/Y
TOLUENE DIAMINE FROM DINITROTOLUENE	20000 T/Y
TOLUENE DIISOCYANATE	25000 T/Y
TRIETHANOL AMINE FROM EO END NH3	15000 T/Y
UNSATURATED POLYESTER RESIN	15000 T/Y
UREA-FORMALDEHYDE STYOP	50000 T/Y
VINYL ACETATE FROM ETHYLENE	67500 T/Y

VINYL CHLORIDE BY OXYCELOBISATION

250000 T/T

A2. List of media in chemical industry revised case study.

Product_name	unit	price in US \$
ACETALDEHYDE	T	619.00
ACETIC ACID	T	601.00
ACETIC ACID CRUDE	T	452.00
ACETIC ANHYDRIDE	T	826.00
ACETONE	T	248.00
ACETYLSALICILIC ACID	T	4000.00
ACRYLIC ACID	T	1050.00
ACRYLONITRILE	T	1010.00
ACRYLONITRILE-BUTADIENE-STYRENE(ABS)	T	1950.00
ACTIVATED CARBON	T	2890.00
ADIPIC ACID	T	1330.00
AIR	T	0.00
ALKYD RESINS	T	2800.00
ALLYL CHLORIDE	T	1150.00
ALUMINA	T	429.00
ALUMINA CATALYST	T	9100.00
ALUMINIUM TRIETHYL.	T	1890.00
ALUMINUM PELLETS	T	3680.00
AMMONIA	T	133.00
AMMONIUM BISULFATE	T	83.70
AMMONIUM SULFATE	T	45.90
AMMONIUM VANADATE	T	8070.00
ANTHRONY TRIOXIDE	T	5500.00
AZOBISISOBUTYRONITRIL	T	10100.00
BENTONITE	T	45.90
BENZENE	T	225.90
BENZOIC ACID	T	1210.00
BENZOYL PEROXIDE	T	4010.00
BISPHENOL A(EPOXY GRADE)	T	1440.00
BUTADIENE	T	317.00
BUTANOL-N	T	596.00
BUTENE-1	T	485.00
BUTENES-N	T	143.00
BUTYL ACETATE(NORMAL)	T	1270.00
BUTYL ACRYLATE	T	1100.00
BUTYL STEARATE	T	1330.00
BUTYL-T CATECHOL	T	5420.00
C4 ALKYLATION FEED	T	109.00
CAPROLACTAN	T	2060.00
CARBON BLACK (HAF)	T	600.00
CARBON BLACK OIL	T	106.00
CARBON DIOXIDE	T	0.00
CARBON DISULFIDE	T	509.00
CARBON MONOXIDE	m3	0.19
CARBON TETRACHLORIDE	T	390.00
CATALYST AND CHEMICALS	\$	1.00
CATALYST(ALK)	T	4740.00

CAUSTIC SODA	T	175.00
CELLULOSE	T	1210.00
CELLULOSE ACETATE	T	2860.00
CELLULOSE FIBERS	T	4000.00
CHEMICALS	\$	1.00
CHLORINE	T	115.00
CHLOROFORM	T	505.00
CITRIC ACID	T	1610.00
COBALT ACETATE. 4H2O	T	12390.00
COBALT NAPHTHENATE	T	5000.00
COOLING WATER	m3	0.03
CUMENE	T	550.00
CUPRIC NITRATE	T	1050.00
CYCLOHEXANE	T	413.00
DI-BUTYL PHTHALATE	T	1188.00
DI-ETHYLHEXYL ADIPATE	T	1342.00
DI-OCTYL PHTHALATE(DOP)	T	770.00
DICHLOROBENZENE-O	T	1060.00
DICHLOROPROPYLENES	T	832.00
DIETHANOLAMINE	T	970.00
DIETHYLENE GLYCOL	T	573.00
DIIPC	T	17590.00
DINITROTOLUENE	T	728.00
DIPROPYLENE GLYCOL	T	982.00
DISODIUM PHOSPHATE	T	730.00
ELECTRICITY	kwh	0.05
EMULSIFIER	T	1090.00
EPICHLOROHYDRIN	T	1300.00
EPOXY LIQUID, DGEBA	T	2670.00
ETHANOL	T	550.00
ETHYL ACETATE	T	619.00
ETHYL ACRYLATE	T	1150.00
ETHYLBENZENE	T	298.00
ETHYLENE	T	367.00
ETHYLENE GLYCOL	T	413.00
ETHYLENE OXIDE	T	780.00
ETHYLHEXANOL-2	T	701.00
FATTS	T	300.00
FILTER AID, PRECOAT	T	427.00
FORMALDEHYDE	T	620.00
FORMIC ACID (IN 85%)	T	510.00
GLYCERIN	T	1880.00
GLYCEBIN CRUDE	T	1300.00
HCL ACID (AS 22 BE)	T	116.00
HCL ACID (as 19.6%)	T	62.80
HEAVY END FUEL	T	126.00
HEAVY ENDS CREDIT	T	75.00
HEPTANE	T	511.00
HPMC	T	7250.00
HYDROBROMIC ACID	T	1940.00
HYDROCHLORIC ACID (DILUTE)	T	164.00
HYDROGEN	m3	0.10
HYDROGEN CYANIDE	T	0.00
HYDROQUINONE	T	3530.00

INERT GAS	kg	0.07
ION-EXCHANGE RESIN	T	5280.00
ISOBUTANOL	T	453.00
ISOPROPRANOL	T	734.00
KEROSENE	T	174.00
LIME	T	59.50
LINEN OIL	T	1000.00
MAGNESIUM ACETATE.4H2O	T	4850.00
MAGNESIUM SILICATE	T	102.00
MALIC ANHYDRIDE	T	1050.00
MELAMINE	T	800.00
MELAMINE - FORMALDEHYDE RESIN	T	1300.00
MEMBRANE	SQCM	0.05
METHACRYLIC ACID	T	1800.00
METHANE	T	206.00
METHANOL	T	101.00
METHYL ACETATE	T	596.00
METHYL ACRYLATE	T	1190.00
METHYL ETHYL KETONE	T	390.00
METHYL ISOBUTYL KETONE	T	1120.00
METHYL METHACRYLATE	T	1250.00
METHYLENE CHLORIDE	T	624.00
METHYLHYDROQUINONE ETHER	T	8370.00
MIXED DIBASIC ACID	T	243.00
MMA-EHA COPOLYMER	T	1750.00
MOLASSES	T	115.00
MOLYBDENUM POWDER	T	32630.00
MONOETHANOLAMINE	T	871.00
MTBE RAFFINATE	T	104.00
N-PARAFFINES	T	505.00
NAPHTHENIC ACID	T	803.00
NATURAL GAS	T-cal	0.02
NITRIC ACID(60%)	T	268.00
NITRIC ACID(99%)	T	384.00
NONENE(PROPYLENE TRIMER)	T	479.00
NONYLPHENOL	T	894.00
NONYLPHENOL ETHOXYLATE	T	1200.00
NYLON 6 CHIPS	T	2390.00
NYLON 6 WASTE	T	1100.00
OCTANE-N	T	2420.00
OCTANOIC ACID	T	371.00
OLEUM	T	119.00
OXALIC ACID	T	1150.00
OXIDIZED STARCH	T	364.00
OXYGEN	T	46.10
PD CATALYST , TDA	T	11330.00
PENTABRITHRITOL TECH	T	1470.00
PERCHLOROETHYLENE	T	622.00
PHENOL	T	422.00
PHENOL-FORMALDEHYDE SYRUP	T	800.00
PHOSGEN	T	258.00
PHOSPHORIC ACID (INDUSTRIAL GRADE)	T	697.00
PHOSPHORIC ACID CATALYST	T	841.00
PTHALIC ANHYDRIDE	T	505.00

POLYACRYLATE LATEX	T	2560.00
POLYACRYLATE PELLETS	T	2550.00
POLYBUTADIENE	T	1720.00
POLYCARBONATE	T	3530.00
POLYETHYLENE LD	T	482.00
POLYETHYLENE TEREPHTHALATE MELT	T	1500.00
POLYETHYLENE, HI DENSITY (POWDERD)	T	573.00
POLYETHYLENE, LINEAR LD	T	703.00
POLYMETHYLMETHACRYLATE SHEET	T	2000.00
POLYOL, TRIFUNCTIONAL POLYETHER	T	1190.00
POLYPROPYLENE	T	642.00
POLYSTYRENE HIGH IMPACT	T	871.00
POLYUPETHANE RESINS	T	3200.00
POLYVINYL ACETATE LATEX AS 100%	T	1050.00
POLYVINYL ALCOHOL	T	1880.00
POLYVINYL CHLORIDE	T	619.00
POTASSIUM CARBONATE	T	505.00
POTASSIUM HYDROXIDE	T	714.00
POTASSIUM PERSULFATE	T	1760.00
PRIMARY ALCOHOL ETHOXYLATE	T	2500.00
PRIMARY ALCOHOL ETHOXSULFATE	T	3000.00
PRIMARY ALCOHOL SULFONATE SODIUM SALT	T	2100.00
PRIMARY ALCOHOLS LINEAR, C8 - C20	T	1380.00
PROCESS WATER	m3	0.10
PROPANE	T	91.40
PROPYLENE	T	220.00
PROPYLENE DICHLORIDE	T	703.00
PROPYLENE GLYCOL	T	780.00
PROPYLENE OXIDE	T	849.00
PROPYLENE OXIDE IN SOLUTION(IMPURE)	T	280.00
PROPYLENE, (DILUTE)	T	121.00
PURGE ETHYLENE	T	331.00
SALT	T	11.90
SAN	T	1760.00
SILICA GEL	T	2380.00
SOAP	T	892.00
SODIUM	T	1700.00
SODIUM ALKYLEENZYL SULFONATE	T	1000.00
SODIUM BICARBONATE	T	206.00
SODIUM BISULFITE	T	340.00
SODIUM CARBONATE	T	160.00
SODIUM DIHYDROPHOSPHATE	T	1350.00
SODIUM FORMATE	T	441.00
SODIUM HYDROGEN SULFIDE	T	854.00
SOYBEAN OIL	T	1100.00
STABILIZER, SBR	T	3840.00
STEAM	T	7.32
STEARIC ACID	T	870.00
STYRENE	T	367.00
STYRENE-BUTADIENE RUBBER	T	974.00
SULFUR	T	170.00
SULFUR TRIOXIDE	T	234.00
SULFURIC ACID	T	46.00
SULFURIC ACID (65%)	T	18.30

SYNTHESIS GAS(2:1)	23	0.68
SYNTHESIS GAS(3:1)	23	0.69
TEREPHTHALIC ACID	T	803.00
TEST-HEXADECYL MERCAPTAN	T	4800.00
TITANIUM DIOXIDE	T	1510.00
THAC	T	3550.00
TOLUENE	T	204.00
TOLUENE DIAMINE	T	1690.00
TOLUENE DIAMINE (CERDE)	T	1350.00
TOLUENE DIISOCYANATE(TDI)	T	1830.00
TRIETHANOLAMINE	T	2020.00
TRIETHYLENE GLYCOL	T	1140.00
TRIPHENYLETHANE	T	2350.00
TRIPROPYLENE GLYCOL	T	1550.00
UNSATURATED POLYESTER	T	1830.00
UREA	T	96.00
UREA-FORMALDEHYDE RESIN SYRUP	T	580.00
VINYL ACETATE	T	757.00
VINYL CHLORIDE	T	495.00
WATER BOILER FEED	23	2.49
WATER DEIONIZED	23	2.49
XYLENE-O	T	257.00
XYLENE-P	T	436.00

43. Scenarios and main results of optimization.

Experiment H_Bb_0

Problem title: HIGH TONNAGE ORGANIC PRODUCTS - htop_r0d

F r a c t i o n a l O p t i m i z a t i o n

Maximize:

PDA Yearly Profit		mil.L.C.
-----	=	0.140 -----
Investment		mil.\$

Scenario:

0. < ACETIC ACID	<	1000. (0.0%) T
0. < ACETONE	<	1000. (0.0%) T
ACRYLONITRILE-BUTADIENE-STYBENE(ABS)	=	15000. (100.0%) T
ACRYLONITRILE	=	15000. (100.0%) T
0. < ACETYLSALICILIC ACID	<	500. (0.0%) T
0. < PRIMARY ALCOHOL SULFONATE SODIUM SALT	<	20000. (100.0%) T
BUTYL ACETATE(NORMAL)	=	3000. (100.0%) T
DI-BUTYL PHTHALATE	=	23000. (100.0%) T
CARBON BLACK (NAF)	=	45000. (100.0%) T
METHYLENE CHLORIDE	=	2000. (100.0%) T
0. < CITRIC ACID	<	5000. (0.0%) T
DI-OCTYL PHTHALATE(DOP)	=	60000. (100.0%) T
EPOXY LIQUID, DGEBA	=	8000. (100.0%) T
ETHYL ACETATE	=	7000. (100.0%) T
0. < ETHYLENE GLYCOL	<	10000. (0.0%) T
1000. < FORMIC ACID (IN 85%)	<	3000. (33.3%) T
0. < GLYCERIN	<	1000. (100.0%) T
0. < METHANOL	<	80000. (100.0%) T
0. < METHYL ETHYL KETONE	<	1000. (0.0%) T
0. < METHYL METHACRYLATE	<	2000. (0.0%) T
0. < NONYLPRENOL ETBOXYLATE	<	20000. (100.0%) T
PRENOL-FORMALDEHYDE SYRUP	=	9000. (100.0%) T
0. < PRENOL	<	1000. (0.0%) T
POLYETHYLENE TEREPHTHALATE MELT	=	121000. (100.0%) T
POLYETHYLENE, HI DENSITY (POWDERD)	=	253000. (100.0%) T
POLYETHYLENE, LINEAR LD	=	81900. (100.0%) T
POLYMETHYLMETHACRYLATE SHEET	=	12500. (100.0%) T
POLYOL, TRIFUNCTIONAL POLYETHER	=	110000. (100.0%) T
POLYPROPYLENE	=	137000. (100.0%) T
POLYSTYRENE HIGH IMPACT	=	127000. (100.0%) T
POLYVINYL ACETATE LATEX AS 100%	=	60000. (100.0%) T

0. < PRIMARY ALCOHOL STHOXYLATE	< 20000. (100.0%) T
POLYVINYL CHLORIDE	= 150000. (100.0%) T
0. < PRIMARY ALCOHOL ETHOXYLSULFATE	< 20000. (100.0%) T
0. < PROPYLENE GLYCOL	< 2000. (0.0%) T
0. < SOAP	< 40000. (100.0%) T
SODIUM ALKYL BENZYL SULFONATE	= 75000. (100.0%) T
STYRENE-BUTADIENE RUBBER	= 50000. (100.0%) T
TOLUENE DIISOCYANATE(TDI)	= 60000. (100.0%) T
UNSATURATED POLYESTER	= 20000. (100.0%) T
UREA-FORMALDEHYDE RESIN SYROP	= 22000. (100.0%) T
PERCHLOROETHYLENE	= 5000. (100.0%) T
POLYURETHANE RESINS	= 8000. (100.0%) T
ALKYD RESINS	= 30000. (100.0%) T
0. < BENZOIC ACID	< 2000. (100.0%) T
0. < CELLULOSE FIBERS	< 40000. (100.0%) T
MELAMINE - FORMALDEHYDE RESIN	= 10000. (100.0%) T
SAN	= 5000. (100.0%) T
0. < POLYACRYLATE LATEX	< 20000. (100.0%) T
0. < POLYACRYLATE PELLETS	< 20000. (100.0%) T
POLYETHYLENE LD	= 100000. (100.0%) T
0. < POLYCARBONATE	< 10000. (100.0%) T
0. < CELLULOSE ACETATE	< 20000. (0.0%) T
NYLON 6 CHIPS	= 25000. (100.0%) T

Comment :

Experiment : H_Bb_0

Scenario - 'Bb' modified by existing production of :

- PELD 40000 T
- PVC 35000 T
- Phenolic resin 5000 T
- Urea resin 8000 T
- Methanol production reserves 80000 T

GLOBAL RESULTS

PDA Yearly Profit	468. mil.L.C.
PDA Value Added	1284. mil.L.C.
Investment	3350. mil.\$
Yearly Import	275. mil.\$
Yearly Domestic Purchase	786. mil.L.C.
Yearly Domestic Sale	2471. mil.L.C.

Experiment N_Bb_1

Problem title: HIGH TONNAGE ORGANIC PRODUCTS - htopgcd

Fractional Optimization

Maximize:

FBA Yearly Profit	=	0.200	mil.L.C.
-----		-----	
Investment			mil.\$

Scenario:

0.	<	ACETIC ACID	<	1000.	(0.0%)	T
0.	<	ACETONE	<	1000.	(0.0%)	T
10000.	<	ACRYLONITRILE-BUTADIENE-STYRENE(ABS)	<	15000.	(100.0%)	T
10000.	<	ACRYLONITRILE	<	25000.	(40.0%)	T
0.	<	ACETYSALICILIC ACID	<	500.	(0.0%)	T
0.	<	PRIMARY ALCOHOL SULFONATE SODIUM SALT	<	20000.	(100.0%)	T
2000.	<	BUTYL ACETATE(NORHAL)	<	3000.	(66.7%)	T
10000.	<	DI-BUTYL PHTHALATE	<	20000.	(100.0%)	T
30000.	<	CARBON BLACK (HAF)	<	45000.	(66.7%)	T
	=	METHYLENE CHLORIDE	=	2000.	(100.0%)	T
0.	<	CITRIC ACID	<	5000.	(0.0%)	T
30000.	<	DI-OCTYL PHTHALATE(DOP)	<	40000.	(75.0%)	T
	=	EPOXY ,LIQUID, DGEBA	=	8000.	(100.0%)	T
	=	ETHYL ACETATE	=	7000.	(100.0%)	T
0.	<	ETHYLENE GLYCOL	<	10000.	(0.0%)	T
1000.	<	FORMIC ACID (IN 85%)	<	3000.	(33.3%)	T
0.	<	GLYCERIN	<	1000.	(0.0%)	T
0.	<	METHANOL	<	80000.	(88.9%)	T
0.	<	METHYL ETHYL KETONE	<	1000.	(0.0%)	T
0.	<	METHYL METHACRYLATE	<	2000.	(0.0%)	T
0.	<	NONYLPHENOL ETHOXYLATE	<	20000.	(45.4%)	T
	=	PHENOL-FORMALDEHYDE SYROP	=	10000.	(100.0%)	T
0.	<	PHENOL	<	1000.	(0.0%)	T
100000.	<	POLYETHYLENE TEREPHTHALATE MELT	<	140000.	(71.4%, 1	
150000.	<	POLYETHYLENE, HI DENSITY (POWDERD)	<	300000.	(50.0%)	T
60000.	<	POLYETHYLENE, LINEAR LD	<	80000.	(100.0%)	T
5000.	<	POLYMETHYLMETHACRYLATE SHEET	<	10000.	(50.0%)	T
60000.	<	POLYOL, TRIFUNCTIONAL POLYETHER	<	140000.	(42.9%)	T
120000.	<	POLYPROPYLENE	<	180000.	(100.0%)	T
60000.	<	POLYSTYRENE HIGH IMPACT	<	150000.	(50.6%)	T
30000.	<	POLYVINYL ACETATE LATEX AS 100X	<	60000.	(50.0%)	T
0.	<	PRIMARY ALCOHOL ETHOXYLATE	<	20000.	(100.0%)	T
110000.	<	POLYVINYL CHLORIDE	<	170000.	(64.7%)	T
0.	<	PRIMARY ALCOHOL ETHOXYSULFATE	<	20000.	(100.0%)	T
0.	<	PROPYLENE GLYCOL	<	2000.	(0.0%)	T
0.	<	SOAP	<	40000.	(100.0%)	T

50000.	<	SODIUM ALYLBENZYL SULFONATE	<	75000.	(66.7%)	T
50000.	<	STYRENE-BUTADIENE RUBBER	<	60000.	(83.3%)	T
0.	<	DI-ETHYLENYL ADIPATE	<	5000.	(0.9%)	T
30000.	<	TOLUENE DIISOCYANATE(TDI)	<	50000.	(59.0%)	T
0.	<	TRITRANOLANINE	<	2000.	(100.0%)	T
10000.	<	UNSATURATED POLYESTER	<	20000.	(100.0%)	T
10000.	<	UREA-FORMALDEHYDE RESIN STMP	<	24000.	(100.0%)	T
		PESCHLOBOETHYLENE	=	5000.	(100.0%)	T
		POLYURETHANE RESINS	=	8000.	(100.0%)	T
60000.	<	ALKYD RESINS	<	100000.	(100.0%)	T
0.	<	BENZOIC ACID	<	2000.	(100.0%)	T
1.	<	CELLULOSE FIBRES	<	45000.	(0.3%)	T
5000.	<	MELAMINE - FORMALDEHYDE RESIN	<	10000.	(100.0%)	T
		SM	=	5000.	(100.0%)	T
0.	<	POLYACRYLATE LATEX	<	20000.	(100.0%)	T
0.	<	POLYACRYLATE PELLETS	<	20000.	(100.0%)	T
160000.	<	POLYETHYLENE LD	<	210000.	(76.2%)	T
5000.	<	POLYCARBONATE	<	10000.	(59.0%)	T
0.	<	CELLULOSE ACETATE	<	20000.	(0.0%)	T
20000.	<	STYLO 6 CHIPS	<	40000.	(50.0%)	T

Comment :

Experiment H_B5_1

Scenario : 'Cb' modified by actual production of :

- PEB 40000 T
 - PVC 35000 T
 - Melamine resin 500 T
 - Phenolic resin 6000 T
 - Urea resin 3000 T
 - Methanol reserves 60000 T
- and fixed demand relaxation.

GLOBAL RESULTS

FDA Yearly Profit	456.	mil.L.C.
FDA Value Added	1013.	mil.L.C.
Investment	2232.	mil.\$
Yearly Import	182.	mil.\$
Yearly Domestic Purchase	575.	mil.L.C.
Yearly Domestic Sale	1656.	mil.L.C.

Experiment H_Bb_2

Problem title: HIGH MESSAGE ORGANIC PRODUCTS - Map_rod

Fractional Optimization

Maximize:

FDA Yearly Profit		mil.L.C.
-----	=	0.145 -----
Investment		mil.\$

Scenario:

0.	<	ACETIC ACID	<	1000.	(100.0%)	T
0.	<	ACETONE	<	1000.	(0.0%)	T
10000.	<	ACRYLONITRILE-BUTADIENE-STYRENE(ABS)	<	15000.	(100.0%)	T
10000.	<	ACRYLONITRILE	<	25000.	(40.0%)	T
0.	<	ACETYSALICILIC ACID	<	500.	(0.0%)	T
0.	<	PRIMARY ALCOHOL SULFONATE SODIUM SALT	<	20000.	(100.0%)	T
20000.	<	BUTYL ACETATE(NORMAL)	<	3000.	(66.7%)	T
30000.	<	CARBON BLACK (BAF)	<	45000.	(66.7%)	T
	=	METHYLENE CHLORIDE	=	2000.	(100.0%)	T
0.	<	CITRIC ACID	<	5000.	(0.0%)	T
20000.	<	DI-OCTYL PHTHALATE(DOP)	<	30000.	(66.7%)	T
	=	EPOXY LIQUID, DGEBA	=	8000.	(100.0%)	T
	=	ETHYL ACETATE	=	7000.	(100.0%)	T
0.	<	ETHYLENE GLYCOL	<	10000.	(74.0%)	T
1000.	<	FOENIC ACID (IN 85%)	<	3000.	(33.3%)	T
0.	<	GLYCERIN	<	1000.	(0.0%)	T
0.	<	METHANOL	<	80000.	(77.5%)	T
0.	<	METHYL ETHYL KETONE	<	1000.	(0.0%)	T
0.	<	METHYL METHACRYLATE	<	2000.	(0.0%)	T
0.	<	NONYLPHENOL ETHOXYLATE	<	20000.	(0.0%)	T
	=	PHENOL-FORMALDEHYDE SYRUP	=	10000.	(100.0%)	T
0.	<	PHENOL	<	1000.	(0.0%)	T
60000.	<	POLYETHYLENE TEREPHTHALATE MELT	<	100000.	(60.0%)	T
210000.	<	POLYETHYLENE, HI DENSITY (POWDERD)	<	300000.	(70.0%)	T
60000.	<	POLYETHYLENE, LINEAR LD	<	80000.	(100.0%)	T
5000.	<	POLYMETHYL METHACRYLATE SHEET	<	10000.	(50.0%)	T
100000.	<	POLYOL, TRIFUNCTIONAL POLYETHER	<	140000.	(71.4%)	T
160000.	<	POLYPROPYLENE	<	220000.	(100.0%)	T
60000.	<	POLYSTYRENE HIGH IMPACT	<	150000.	(40.0%)	T
30000.	<	POLYVINYL ACETATE LATEX AS 100%	<	60000.	(50.0%)	T
0.	<	PRIMARY ALCOHOL ETHOXYLATE	<	20000.	(100.0%)	T
0.	<	PRIMARY ALCOHOL ETHOXYSULFATE	<	20000.	(100.0%)	T
0.	<	PROPYLENE GLYCOL	<	2000.	(0.0%)	T
0.	<	SOAP	<	40000.	(100.0%)	T
50000.	<	SODIUM ALKYL BENZYL SULFONATE	<	75000.	(66.7%)	T
	=	STYRENE-BUTADIENE RUBBER	=	50000.	(100.0%)	T

0.	< DI-STYRENYL ACRYLATE	<	5000.	(0.0%)	T
10000.	< SOLVENT DIIISOCTANATE(DDI)	<	60000.	(50.0%)	T
0.	< TRIETHYLENOLAMINE	<	2000.	(0.0%)	T
10000.	< UNSATURATED POLYESTER	<	25000.	(100.0%)	T
10000.	< UREA-FORMALDEHYDE RESIN STEPP	<	25000.	(100.0%)	T
	PESOCYCLOETHYLENE	=	5000.	(100.0%)	T
	POLYURETHANE RESINS	=	20000.	(100.0%)	T
20000.	< ALKYL RESINS	<	60000.	(100.0%)	T
0.	< BENZOIC ACID	<	2000.	(100.0%)	T
0.	< CELLULOSE FIBERS	<	45000.	(0.0%)	T
5000.	< MELAMINE - FORMALDEHYDE RESIN	<	10000.	(100.0%)	T
	SAN	=	5000.	(100.0%)	T
0.	< POLYACRYLATE LATEX	<	20000.	(100.0%)	T
0.	< POLYACRYLATE PELLETS	<	20000.	(100.0%)	T
150000.	< POLYTETYLENE LD	<	210000.	(76.2%)	T
5000.	< POLYCARBONATE	<	10000.	(50.0%)	T
0.	< CELLULOSE ACETATE	<	20000.	(0.0%)	T
20000.	< NYLON 6 CHIPS	<	45000.	(50.0%)	T

Comment :

 Experiment H_Bb_2

 Scenario "Bb" modified :

- eliminated production of :
 - PFC
 - Ethyl phthalate
- decreased production of :
 - Alkyd resin by 40000 T
 - DOP by 10000 T
 - PET by 40000 T
- increased production of :
 - PP by 40000 T
 - PEHD by 60000 T
 - Polyurethane by 20000 T

GLOBAL RESULTS

PCA Yearly Profit	339.	mil.L.C.
PCA Value Added	927.	mil.L.C.
Investment	2142.	mil.\$
Yearly Import	160.	mil.\$
Yearly Domestic Purchase	583.	mil.L.C.
Yearly Domestic Sale	1751.	mil.L.C.

14. Detailed comparison of optimization results.

	H_Bb_0	H_Bb_1	H_Bb_2
Simple Rate of Return	0.140	0.200	0.186

GLOBAL RESULTS

PBA Yearly Profit	mil.L.C.	468	456	399
PBA Value Added	mil.L.C.	1284	1013	927
Investment	mil.\$	3350	2282	2142
Yearly Import	mil.\$	275	182	150
Yearly Domestic Purchase	mil.L.C.	786	575	583
Yearly Domestic Sale	mil.L.C.	2471	1856	1751

IMPORT

ACETALDEHYDE	T	6723	7640	4534
ACETONE	T	29237	22830	22930
ACTIVATED CARBON	T	24	14	7
ALUMINIUM TRIETHYL.	T	8487	8487	8487
ALUMINUM PELLETS	T	218	145	145
ANTIMONY TRIOXIDE	T	36	30	18
BENTONITE	T	2244	1562	0
BENZOYL PEROXIDE	T	283	245	245
BUTANOL-N	T	9739	9423	233
BUTYL ST. BATE	T	127	76	60
BUTYL-T CATECHOL	T	0	7	0
CATALYST AND CHEMICALS	\$	18797126	16853314	21187172
CATALYST(ALK)	T	16	12	9
CELLULOSE	T	55200	0	0
CHEMICALS	\$	9794620	6656895	8137142
COBALT ACETATE.4H2O	T	89	74	44
DICHLOROBENZENE-O	T	783	468	431
DIIPC	T	44	31	0
DISODIUM PHOSPHATE	T	00	400	400
EMULSIFIER	T	2400	1200	1200
ETHYLENEGLYCOL-2	T	0	0	13800
FATTS	T	52170	52170	52170
HPMC	T	179	124	0
HYDROBROMIC ACID	T	1160	959	575
HYDROQUINONE	T	58	58	58
ISOPROPANOL	T	473	473	473
LINEN OIL	T	52800	60000	36000
MAGNEZION ACETATE.4H2O	T	4	3	2
MAGNEZION SILICATE	T	1740	990	1815
MELANINE	T	7000	7000	7000
MEMBRANE	SQCM	65161008	29751910	45151972
METHACRYLIC ACID	T	300	300	300
METHYL ISOBUTYL KETONE	T	268	268	268
MMA-EHA COPOLYMER	T	9	7	0

KOLASSES	T	225	150	150
KOLYBESUM POWDER	T	0	1	0
NAPHTHENIC ACID	T	0	26	0
KOBENE(PEOPYLENE TRIMER)	T	4228	1919	0
OCTANE-N	T	0	43	0
OCTANOIC ACID	T	335	167	0
OXALIC ACID	T	19	8	3
OXIDIZED STARCH	T	3500	1920	1600
PD CATALYST , TDA	T	39	21	25
PHENOL	T	23431	18529	17187
POLYBUTADIENE	T	10287	6149	4650
POLYVINYL ALCOHOL	T	180	180	180
POTASSIUM HYDROXIDE	T	2444	1382	2420
POTASSIUM PERSULFATE	T	644	344	344
SILICA GEL	T	118	79	79
SODIUM	T	20	22	14
SODIUM DIHYDROPHOSPHATE	T	94	94	94
SOYBEAN OIL	T	127	76	60
STABILIZER, SBR	T	560	550	560
STEARIC ACID	T	440	440	440
SULFUR	T	66521	13567	19224
TEBT-HEXADECYL MERCAPTAN	T	44	44	44
THAC	T	26	26	26
TRIPHENYLMETHANE	T	0	16	0

DOMESTIC PURCHASE

AIR	T	888734	643934	587202
AMMONIA	T	35630	29370	27924
BENZENE	T	167181	122482	104276
BUTADIENE	T	39348	39348	39348
BUTENE-1	T	7987	7888	7888
BUTENES-N	T	4580	4680	4680
CARBON BLACK OIL	T	67545	45030	45030
COOLING WATER	m3	495578432	361609952	311856032
ELECTRICITY	kWh	2437991420	1413948930	1616866180
EPICHLOROHYDRIN	T	4444	4444	4444
ETHANOL	T	0	17296	17296
ETHANOL (95 VOL %)	T	4005	4005	4005
ETHYLENE	T	770527	573098	565671
FUEL	T-cal	433966944	291347616	187625688
HYDROCHLORIC ACID	T	10653	4342	8958
INERT GAS	m3	43415272	45363040	36352664
ION-EXCHANGE RESIN	T	1	0	0
KEROSENE	T	1062	1062	1062
LINE	T	117769	15934	121834
METHANE	T	10821	8761	8558
METHANOL	T	80000	71124	62021
N-PARAFFINES	T	43703	29135	29135
NATURAL GAS	T-cal	1861001090	1169821570	953420544
NITRIC ACID(60%)	T	14226	7413	8912
NITRIC ACID(99%)	T	43478	22655	27236
NYLON 6 WASTE	T	1625	1300	1300
OLEUM	T	32232	25786	25786

PHOSPHORIC ACID (INDUSTRIAL GR)	T	112	78	65
POTASSIUM CARBONATE	T	135	112	91
PROCESS WATER	m3	60759904	4254939	7267972
PROPANE	T	1065	1035	1385
PROYLENE	T	301935	283931	349230
SALT	T	957896	443226	667445
SODIUM BICARBONATE	T	214	118	118
SODIUM BISULFITE	T	44	44	44
SODIUM CARBONATE	T	19652	10541	13792
SODIUM HYDROGEN SULFIDE	T	21	17	19
STEAM	T	4633599	3273015	3186756
SULFUR TRIOXIDE	T	26788	26696	29696
TITANIUM DIOXIDE	T	508	420	252
TOLUENE	T	44091	23868	26396
UREA	T	12430	13560	13560
WATER BOILER FEED	m3	15500	15500	15500
WATER DEIONIZED	m3	267000	267000	267000
XYLENE-O	T	64030	54739	28994
XYLENE-P	T	70353	58143	34836

DOMESTIC S A L E

ACETIC ACID	T	0	0	1000
ACRYLONITRILE	T	15000	10000	10000
ACRYLONITRILE-BUTADIENE-STYRENE	T	15000	15000	15000
ALKYD RESINS	T	89000	100000	69000
ALUMINA	T	3419	3264	3419
AMMONIUM BISULFATE	T	42435	33810	33810
AMMONIUM SULFATE	T	41475	33180	33180
BENZOIC ACID	T	2000	2000	2000
BUTYL ACETATE(NORMAL)	T	3000	2000	2000
CARBON BLACK (HAF)	T	45000	30000	30000
CARBON DIOXIDE	T	42632	35466	28643
CARBON TETRACHLORIDE	T	664	664	664
CAUSTIC SODA	T	316731	139625	242705
CELLULOSE FIBERS	T	60000	0	0
CHLOROFORM	T	1082	1082	1082
DI-BUTYL PHTHALATE	T	23000	20000	0
DI-OCTYL PHTHALATE(DOP)	T	60000	30000	20000
DICHLOROPROPYLENES	T	10019	5546	10168
DIETHANOLAMINE	T	0	2520	0
DIETHYLENE GLYCOL	T	4539	3762	3043
EPOXY LIQUID, DGEBA	T	8000	8000	8000
ETHYL ACETATE	T	7000	7000	7000
ETHYLENE GLYCOL	T	0	0	7400
FORMIC ACID (IN 85%)	T	1000	1000	1000
FUEL GAS	T-cal	631857856	327830368	343841184
GLYCERIN	T	1000	0	0
GLYCERIN CRUDE	T	7391	7391	7391
HCL ACID (as 19.6%)	T	3600	3600	3600
HEAVY END FUEL	T	32	32	32
HYDROCHLORIC ACID (DILUTE)	T	81761	44429	61265
HYDROGEN	m3	35951220	17257258	11927225
ISOBUTANOL	T	439	219	0

MELAMINE - FORMALDEHYDE RESIN	T	12000	10000	10000
METHYLENE CHLORIDE	T	2000	2000	2000
METHYLDIPHENOLAMINE	T	0	2140	0
METHYLPHENOL ETHOXYLATE	T	25000	3076	0
NYLON 6 CHIPS	T	25000	20000	20000
PERCHLOROETHYLENE	T	5000	5000	5000
PHENOL-FORMALDEHYDE SYRUP	T	9000	15000	10000
POLYACRYLATE LATEX	T	20000	20000	20000
POLYACRYLATE PELLETS	T	20000	20000	20000
POLYCARBONATE	T	10000	5000	5000
POLYETHYLENE LD	T	182000	150000	160000
POLYETHYLENE TEREPHTHALATE MEL	T	121000	100000	60000
POLYETHYLENE, HI DENSITY (POW)	T	253000	150000	210000
POLYETHYLENE, LINEAR LD	T	61000	30000	30000
POLYETHYLENETHACRYLATE SHEET	T	12500	5000	5000
POLYOL, TRIFUNCTIONAL POLYETHER	T	110000	60000	100000
POLYPROPYLENE	T	137000	180000	220000
POLYSTYRENE HIGH IMPACT	T	127000	75900	60000
POLYURETHANE RESINS	T	3000	3000	28000
POLYVINYL ACETATE LATEX AS 1	T	60000	30000	30000
POLYVINYL CHLORIDE	T	153000	110000	0
PRIMARY ALCOHOL ETHOXYLATE	T	20000	20000	20000
PRIMARY ALCOHOL ETHOXYLSULFATE	T	20000	20000	20000
PRIMARY ALCOHOL SULFONATE SODI	T	20000	20000	20000
PROPYLENE DICHLORIDE	T	7095	0	7385
PROPYLENE OXIDE IN SOLUTION(IN T	T	1485	345	1549
PROPYLENE, (DILUTE)	T	222	131	231
POPGE ETHYLENE	T	5668	5028	5028
SAN	T	5000	5000	5000
SOAP	T	40000	40000	40000
SODIUM ALKYL BENZYL SULFONATE	T	75000	50000	50000
SODIUM FORMATE	T	10560	12000	7200
STYRENE-BUTADIENE RUBBER	T	50000	50000	50000
SULFURIC ACID(IN 65%)	T	3643	1665	2527
TOLUENE DIAMINE (CRUDE)	T	5281	2752	3308
TOLUENE DIISOCYANATE(TDI)	T	60000	30000	30000
TRITHANOLAMINE	T	0	2000	0
TRIETHYLENE GLYCOL	T	1190	986	798
UNSATURATED POLYESTER	T	20000	20000	20000
UREA-FORMALDEHYDE RESIN SYRUP	T	22000	24500	24000

P R O C E S S E S

2-ETHYLHEXANOL (OXO PROCESS)	T	41400	20700	0
ABS BY EMULSION/MASS POLYMERIZ	T	15000	15000	15000
ACETIC ACID FROM METHANOL	T	55820	32510	31112
ACRYLIC ACID FROM PROPYLENE	T	12597	12597	12597
ACRYLONITRILE BY PROPYLENE AM	T	20162	15162	15162
ALKYD RESINS	T	83000	100000	60000
ALLYL CHLORIDE BY CHLORINATION	T	37108	20542	37660
BENZOIC ACID	T	2000	2000	2000
BISPHENOL A FROM PHENOL AND AC	T	14522	9957	9957
BUTYL (ISOBUTYL) ACETATE	T	3000	2000	2000
CAPROLACTAN FROM CYCLOHEXANE	T	23700	18960	18960

CARBON BLACK (HAF)	T	45000	30900	30000
CARBON DISULFIDE	T	18630	0	0
CARBON MONOXIDE FROM SYNTGAS	c3	50483160	31566622	30587322
CELLULOSE FIBERS	T	46000	0	0
CHLORINE (MEMBRANE PROCESS)	T	390060	178262	270533
CHLOROMETHANES FROM METHANE	T	2000	2000	2000
CYCLOHEXANE BY HYDROGENATION O	T	24150	19320	19320
DI-BUTYL PHTHALATE	T	23000	20000	0
DI-OCTYLPHTHALATE FROM PHTHALIC	T	60000	30000	26000
DINITROTOLUENE BY NITRATION OF T	T	79923	41646	50067
EPOXY, LIQUID, DGEBA	T	8000	8000	8000
ETHANOL FROM ETHYLENE	T	17296	0	0
ETHYL ACETATE	T	7126	7126	7126
ETHYL ACRYLATE	T	16360	16360	16360
ETHYLBENZENE BY VAPOR-PHASE AL T	T	162763	119250	94897
ETHYLENE GLYCOL	T	94	0	0
ETHYLENE GLYCOL AND ETHYLENE O T	T	43974	36520	29544
FORMALDEHYDE (USING SILVER CA T	T	31608	34924	28124
FORMIC ACID (IN 85 %) (BASF)	T	11560	13000	8200
GLYCERIN FROM ALLYL CHLORIDE	T	36960	20460	37510
HYDROGEN CYANIDE ANDRUSSON PRO T	T	9503	7668	7668
MALEIC ANHYDRIDE FROM N-BUTENE T	T	3120	3120	3120
MELANINE - FORMALDEHYDE RESIN	T	10000	10000	10000
METHANOL	T	2568	0	0
METHYL METHACRYLATE CYANOHYDRI T	T	36900	29400	29400
NONYLPHENOL BY AN ION EXCHANGE T	T	7224	3278	0
NONYLPHENOL ETHOXYLATE	T	20000	9076	0
NYLON 6 CHIPS	T	25000	20000	20000
OXYGEN BY AIR FRACTIONATION	T	176595	127635	100289
PENTAERYTHRITOL	T	17600	20000	12000
PERCLOROETHYLENE FROM PROPANE T	T	5000	5000	5000
PHENOL FORMALDEHYDE RESOL STRU T	T	9000	10000	10000
PHOSGENE FROM CHLORINE AND CAR T	T	87009	45239	53911
PHTHALIC ANHYDRIDE AIR OX. OF T	T	67400	57620	30520
POLYACRYLATE LATEX	T	20000	20000	20000
POLYACRYLATE PELLETS	T	20000	20000	20000
POLYCARBONATE	T	10000	5000	5000
POLYETHYLENE HD (UCC)	T	253000	150000	210000
POLYETHYLENE LD	T	182000	160000	160000
POLYETHYLENE LLD (UCC)	T	81000	80000	80000
POLYETHYLENE TEREPHTHALATE MELT T	T	121000	100000	60000
POLYMETHYLMETHACRYLATE	T	12500	5000	5000
POLYOL TRIFUNCTIONAL POLYETHER T	T	116000	66000	121000
POLYPROPYLENE (AMOCO)	T	137000	180000	220000
POLYSTYRENE HIGH IMPACT	T	127000	75909	60000
POLYTUPETHANE RESINS	T	8000	8000	28000
POLYVINYL ACETATE LATEX	T	66000	30000	30000
POLYVINYLCHLORIDE BY SUSPENSIO T	T	158000	110000	0
PRIMARY ALCOHOL ETHOXYLATE	T	20000	20000	20000
PRIMARY ALCOHOL SULFONATE SODI T	T	21460	21460	21460
PRIMARY ALCOHOL, ETHOXSULFATE, S T	T	20000	20000	20000
PRIMARY ALKOHOLS C8 - C20	T	30420	30420	30420
PROPYLENE OXIDE BY CHLORHYDRIN T	T	73907	0	76928
PROPYLENE OXIDE BY ETHYLBENZEN T	T	0	43697	0

SAN	T	5000	5000	5000
SOAP	T	43475	43475	43475
SODIUM ALKYLENETHYL SULFONATE	T	75000	50000	50000
STYRENE FROM ETHYLBENZENE	T	149599	0	87222
STYRENE-BUTADIENE RUBBER BY EM	T	50000	50000	50000
SULFURIC ACID FROM SULFUR	T	153169	57575	58664
SYNGAS (2:1) FROM NATURAL GAS	M3	53447406	26723700	0
SYNGAS (3:1) FROM NATURAL GAS	M3	204709200	128010752	13220584
TEREPHTHALIC ACID FROM P-XYLEN	T	103612	35630	51378
TOLUENE DIAMINE FROM DINITRO	T	51102	26628	32012
TOLUENE DIISOCYANATE	T	62640	32640	39240
TRIETHANOL AMINE FROM EO AND N	T	0	2000	0
UNSATURATED POLYESTER RESIN	T	20000	20000	20000
UREA-FORMALDEHYDE SYRUP	T	22000	24000	24000
VINYL ACETATE FROM ETHYLENE	T	61200	30600	30600
VINYL CHLORIDE BY OXYCHLORINAT	T	159580	111100	0

PART B

**BASIC PETROCHEMICAL INDUSTRY
CASE STUDY
RESULTS OF EXPERIMENTS**

B1. List of processes in basic petrochemical case study.

Process_name	Capacity
BENZENE BY TOLUENE DISPROPORTIONATION	17500 T/Y
BENZENE FROM PYROLYSIS GASOLINE	69500 T/Y
BENZENE FROM TOLUENE BY DEALKYLATION	40000 T/Y
BUTADIENE FROM C4 EXTRACTION	25000 T/Y
BUTADIENE FROM N-BUTENES (PETRO-TEX)	25000 T/Y
BUTADIENE RECOVERY FROM C4 FRACTION	25000 T/Y
BUTENE-1 BY DIMERIZATION OF ETHYLENE	20000 T/Y
BUTENE-1 HIGH PURITY FROM N-BUTENES	20000 T/Y
ETHYLENE FROM CONDENSATE	450000 T/Y
ETHYLENE FROM ETHANE BY STEAM CRACKING	225000 T/Y
ETHYLENE FROM ETHANE-PROPANE MIXTURE	225000 T/Y
ETHYLENE FROM GAS OIL	225000 T/Y
ETHYLENE FROM LIGHT-NAPHTA	225000 T/Y
ETHYLENE FROM N-BUTANE	450000 T/Y
ETHYLENE FROM PROPANE 75% CONVERSION	225000 T/Y
ETHYLENE FROM PROPANE 90% CONVERSION	225000 T/Y
ETHYLENE FROM WIDE RANGE NAPHTA HS	225000 T/Y
ETHYLENE FROM WIDE RANGE NAPHTA NS	225000 T/Y
ISOBUTANE BY BUTANES SEPARATION	250000 T/Y
ISOBUTANE BY ISOMERIZATION OF N-BUTANE	320000 T/Y
ISOBUTYLENE FROM ISOBUTANE	270000 T/Y
MIXED XYLENES FROM NAPHTHENIC FEED REF.	92000 T/Y
MIXED XYLENES FROM PARAFFINIC FEED REF.	86400 T/Y
MTBE FROM ISOBUTYLENE	500000 T/Y
MTBE FROM MIXED BUTENES (BUTADIENE BAF.)	47500 T/Y
N-BUTENES FROM N-BUTANE	135000 T/Y
O-XYLENE AND P-XYLENE	50000 T/Y
P-XYLENE PAREX/ISOMER COMBINATION (UOP)	67500 T/Y
P-XYLENE RECOVERY (ADSORPTION)	40000 T/Y
PROPYLENE BY PROPANE DEHYDROGENATION	225000 T/Y

B2. List of media in basic petrochemical industry case study.

Product_name	unit	price in US \$
ACETONITRILE	T	1290.00
ALUMINUM TRIETHYL	T	5580.00
AROMATIC SOLVENTS	T	240.00
BENZENE	T	225.00
BTX RAFFINATE	T	115.00
BUTADIENE	T	317.00
BUTANE-N	T	78.00
BUTANES	T	89.00
BUTENE-1	T	485.00
BUTENES-N	T	143.00
C4 FRACTION	T	159.00
C4 RAFFINATE FROM MTBE UNIT	T	104.00
C5 FRACTION	T	161.00
C9 AROMATICS CRUDE	T	157.00
CATALYST AND CHEMICALS	\$	1.00
CHEMICALS	\$	1.00
CONDENSATE	T	98.20
COOLING WATER	m3	0.03
ELECTRICITY	kWh	0.05
ETHANE	T	130.00
ETHYLENE	T	367.00
FUEL	T-cal	0.01
FUEL GAS	T-cal	0.02
FUEL OIL	T	74.40
GAS OIL	T	229.00
HEAVY GASOLINE	T	147.00
HEXENE-HEXANE(DESORBENT)	T	503.00
HYDROGEN	m3	0.10
HYDROGEN (IN OFF-GAS)	m3	0.03
HYDROGEN-RICH GAS	T-cal	0.02
INERT GAS	m3	0.07
ISOBUTANE	T	100.00
ISOBUTYLENE	T	192.00
ISOMERIZED B-B	T	143.00
LIGHT ENDS	T	116.00
METHANOL	T	101.00
METHYL TERTIARY-BUTYL ETHER(MTBE)	T	360.00
METHYL-N 2-PYRROLIDONE	T	3240.00
MIXED BUTYLENES(BUTADIENE RAFFINATE)	T	104.00
MOLECULAR SIEVES	T	3880.00
NAPHTHA ,LIGHT	T	98.20
NAPHTHA ,WIDE RANGE	T	91.80
NAPHTHA HEARTCUT (NAPHTHENIC)	T	106.00
NAPHTHA HEARTCUT (PARAFFINIC)	T	106.00
NATURAL GAS	T-cal	0.02
PROCESS WATER	m3	0.10

PROPANE	T	31.40
PROPYLENE	T	220.00
PYROLYSIS GASOLINE	T	148.00
PYROLYSIS LIQUID	T	75.00
SILICA GEL	T	2360.00
STEAM	T	7.32
SULFOLANE	T	4100.00
TAIL GAS	T-cal	0.62
TETRAETHYL TITANATE	T	3660.00
TOLUENE	T	204.00
XYLENE MIXED	T	210.00
XYLENE-O	T	257.00
XYLENE-P	T	436.00

B3. Results of optimization.

Experiment P_UN (for UNIDO scenario)

Problem title: BASIC PETROCHEMICAL INDUSTRY - petr_alg

F r a c t i o n a l Optimization

Maximize:

PDA Yearly Profit		mil.L.C.
-----	=	0.089 -----
Investment		mil.\$

Scenario:

2.50E+04	< BENZENE	< none (0.0%) T
	BUTADIENE	= 40000. (100.0%) T
	BUTENE-1	= 10000. (100.0%) T
0.	< ETHANE	< 70000. (0.0%) T
350000.	< ETHYLENE	< 400000. (99.0%) T
450000.	< METHYL TERTIARY-BUTYL ETHER(MTBE)	< 550000. (100.0%) T
0.	< NAPHTHA ,LIGHT	< 2000000. (0.0%) T
0.	< NAPHTHA ,WIDE RANGE	< 1000000. (0.0%) T
0.	< PROPANE	< 2000000. (8.0%) T
185000.	< PROPYLENE	< 210000. (83.1%) T
10000.	< TOLUENE	< 15000. (82.0%) T
0.	< XYLENE MIXED	< 246000. (81.8%) T
26000.	< XYLENE-O	< 30000. (86.7%) T
0.	< XYLENE-P	< 26000. (66.8%) T
0.	< GAS OIL	< 1000000. (0.0%) T
0.	< BUTANES	< 2200000. (63.6%) T
0.	< CONDENSATE	< 1000000. (0.0%) T

Comment :

Experiment P_UN
Scenario corresponding to UNIDO Report by J.Kopytowski 1987
modified by existing production reserves of
- Ethylene 50000 T
- Benzene 90000 T
- p-Xylene 30000 T
- Mixed Xylenes 246000 T
- Toluene 5000 T.

GLOBAL RESULTS

EPA Yearly Profit	70.	mil.L.C.
EPA Value Added	259.	mil.L.C.
Investment	750.	mil.\$
Yearly Import	7.	mil.\$
Yearly Domestic Purchase	263.	mil.L.C.
Yearly Domestic Sale	562.	mil.L.C.

S A L E

BENZENE	25000.	T
BTX RAFFINATE	4500.	T
BUTADIENE	40000.	T
BUTENE-1	18000.	T
C4 RAFFINATE FROM MTBE UNIT	29251.	T
ETHYLENE	396045.	T
FUEL GAS	763025536.	T-cal
FUEL OIL	15512.	T
ISOBUTANE	140197.	T
METHYL TERTIARY-BUTYL ETHER(MTBE)	550000.	T
PROPYLENE	155000.	T
PYROLYSIS GASOLINE	12156.	T
TAIL GAS	3938737790.	T-cal
TOLUENE	12300.	T
XYLENE-O	25000.	T
XYLENE-P	17368.	T
AROMATIC SOLVENTS	165100.	T

P U R C H A S E

COOLING WATER	191168096.	M3
PROCESS WATER	991546.	m3
STEAM	1251276.	T
ELECTRICITY	122104064.	kWh
INERT GAS	2453061.	m3
ACETONITRILE	40.	T
ALUMINUM TRIETHYL	41.	T
CATALYST AND CHEMICALS	6540452.	\$
CHEMICALS	60030.	\$
FUEL	117163000.	T-cal
METHANOL	201351.	T
NATURAL GAS	2322519550.	T-cal
PROPANE	160542.	T

SULFOLANE	10.	T
TETRAETHYL TITANATE	36.	T
XYLENE MIXED	201325.	T
BUTANES	1399570.	T

P R O C E S S E S

BENZENE FROM PYROLYSIS GASOLINE	25900.	T
BUTADIENE FROM C4 EXTRACTION	40900.	T
MIBK FROM MIXED BUTENES (BUTADIENE RAY.)	38581.	T
ISOBUTYLENE FROM ISOBUTANE	329743.	T
MIBK FROM ISOBUTYLENE	513618.	T
BUTENE-1 BY DIMERIZATION OF ETHYLENE	18060.	T
ETHYLENE FROM N-BUTANE	353330.	T
ETHYLENE FROM PROPANE 75% CONVERSION	62443.	T
ISOBUTANE BY BUTANES SEPARATION	525007.	T
O-XYLENE AND P-XYLENE	28900.	T

Experiment P_Bb_0 (for EBICP scenario)

Problem title: BASIC PETROCHEMICAL INDUSTRY - petr_alg

Fractional Optimisation

Maximize:

PGA Yearly Profit		mil.L.C.
-----	=	0.052 -----
Investment		mil.\$

Scenario:

8.00E+04	< BENZENE	< none (0.0%) T
	BUTADIENE	= 40000. (100.0%) T
8000.	< BUTENE-1	< 19000. (42.1%) T
0.	< ETHENE	< 70000. (0.6%) T
720000.	< ETHYLENE	< 800000. (90.0%) T
450000.	< METHYL TERTIARY-BUTYL ETHER(MTBE)	< 550000. (100.0%) T
0.	< NAPHTHA ,LIGHT	< 2000000. (0.0%) T
0.	< NAPHTHA ,WIDE RANGE	< 1000000. (0.0%) T
0.	< NAPHTHA HEARTCUT (NAPHTHENIC)	< 1800000. (78.3%) T
0.	< NAPHTHA HEARTCUT (PARAFFINIC)	< 1000000. (0.0%) T
0.	< PROPANE	< 2000000. (54.5%) T
300000.	< PROPYLENE	< 360000. (100.0%) T
40000.	< TOLUENE	< 50000. (100.0%) T
0.	< XYLENE MIXED	< 246000. (100.0%) T
65000.	< XYLENE-O	< 75000. (86.7%) T
35000.	< XYLENE-P	< 45000. (96.5%) T
0.	< GAS OIL	< 1000000. (0.0%) T
0.	< BUTANES	< 2200000. (52.7%) T
0.	< CONDENSATE	< 1000000. (0.0%) T

Current :

Experiment P_Bb_0
Scenario corresponding to experiment H_Bb_0 and
modified by existing production reserves of :

- Ethylene 50000 T
- Benzene 90000 T
- Toluene 5000 T
- p-Xylene 38000 T
- Mixed xylenes 246000 T.

GLOBAL RESULTS

PCA Yearly Profit	85.	mil. U.S.
PCA Value Added	423.	mil. U.S.
Investment	1932.	mil. \$
Yearly Import	7.	mil. \$
Yearly Domestic Purchase	469.	mil. U.S.
Yearly Domestic Sale	347.	mil. U.S.

S A L E

BENZENE	167515.	Y
BTX NAPHTHENE	123952.	Y
BUTADIENE	41929.	Y
BUTENE-1	3330.	Y
C4 FRACTION	19353.	Y
C4 NAPHTHENE FROM MTBE UNIT	29251.	Y
C9 AROMATICS CRUDE	25245.	Y
ETHYLENE	720000.	Y
FUEL GAS	1265543339.	Y-cal
FUEL OIL	19558.	Y
HYDROGEN-RICH GAS	1403047370.	Y-cal
ISOBUTANE	50000.	Y
MTBE TERTIARY-BUTYL ETHER(MTBE)	550000.	Y
PROPYLENE	360000.	Y
PYROLYSIS GASOLINE	95775.	Y
TAIL GAS	7637541890.	Y-cal
TOLENE	50000.	Y
XYLENE-O	65000.	Y
XYLENE-P	43420.	Y
AROMATIC SOLVENTS	412750.	Y

P U R C H A S E

COOLING WATER	274520864.	m3
PROCESS WATER	1617536.	m3
STEAM	1593358.	Y
ELECTRICITY	169359888.	kWh
INERT GAS	4293731.	m3
ACETONITRILE	40.	Y
ALUMINUM TRISULFATE	13.	Y
CATALYST AND CHEMICALS	2326322.	\$
CHEMICALS	30000.	\$
FUEL	321453000.	Y-cal

ETHYLENE	4333925.	m3
PROPANE	201351.	T
WAXYENNE ETHYLENE (WAXYENNE)	751733.	T
WAXYENNE GAS	5145273420.	T-cal
PROPANE	1932243.	T
ETHYLENE	33.	T
ETHYLENE PROPANE	16.	T
ETHYLENE MIXED	245111.	T
ETHYLENE	1159214.	T

P R O C E S S E S

MIXED ETHYLENE FROM WAXYENNE FEED SEP.	136637.	T
ETHYLENE FROM TA EXTRACTION	40039.	T
MIXED FROM MIXED ETHYLENE (ETHYLENE GAS)	36331.	T
ETHYLENE BY ETHYLENE DISPERSED/SEPARATION	78216.	T
ETHYLENE FROM PROPANE 50% CONVERSION	143151.	T
ETHYLENE FROM ISOBUTANE	323743.	T
MIXED FROM ISOBUTYLENE	513613.	T
ETHYLENE-1 BY DIMERIZATION OF ETHYLENE	8053.	T
ETHYLENE FROM N-BUTANE	230507.	T
ETHYLENE FROM PROPANE 75% CONVERSION	238313.	T
ISOBUTANE BY BUTANE SEPARATION	424311.	T
O-ETHYLENE AND P-ETHYLENE	56113.	T

.....

Scenarios for other P_Bb_# experiments

Experiment : P_Bb_Ja

Problem title: BASIC PETROCHEMICAL INDUSTRY - petr_alg

F r a c t i o n a l O p t i m i z a t i o n

Maximize:

PDA Yearly Profit mil.L.C.
----- = 0.952 -----
Investment mil.\$

Scenario:

- 8.00E+04 < BENZENE < none (0.0%) T
BUTADIENE = 40000. (100.0%) T
8000. < BUTENE-1 < 19000. (42.1%) T
ETHANE = 70000. (100.0%) T
720000. < ETHYLENE < 800000. (90.3%) T
450000. < METHYL TERTIARY-BUTYL ETHER:M20E; < 550000. (100.0%) T
0. < NAPHTHA ,LIGHT < 2000000. (0.6%) T
0. < NAPHTHA ,WIDE RANGE < 1000000. (0.0%) T
0. < NAPHTHA HEARTCUT (NAPHTHENIC) < 1900000. (78.3%) T
0. < NAPHTHA HEARTCUT (PARAFFINIC) < 1000000. (0.0%) T
0. < PROPANE < 2000000. (47.9%) T
380000. < PROPYLENE < 360000. (92.9%) T
40000. < TOLUENE < 50000. (100.0%) T
0. < XYLENE MIXED < 246000. (100.0%) T
65000. < XYLENE-O < 75000. (86.7%) T
35000. < XYLENE-P < 45000. (96.5%) T
0. < GAS OIL < 1000000. (0.0%) T
0. < BUTANES < 2200000. (52.7%) T
0. < CONDENSATE < 1000000. (0.0%) T

Comment :

Scenario as for experiment P_Bb_0 and
Ethylene from ethane/propane feed is assumed
(consumption of 70000 T ethane).

Experiment : P_Bb_1

Problem title: BASIC PETROCHEMICAL INDUSTRY - petr_alg

Fractional Optimization

Maximize:

PCA Yearly Profit		mil.L.C.
-----	=	2.072 -----
Investment		mil.\$

Scenario:

4.30E+04	< BENZENE	< none (0.0%)	Y
	BUTADIENE	= 40000. (100.0%)	Y
	BUTENE-1	= 30000. (100.0%)	Y
0.	< ETHANE	< 70000. (0.0%)	Y
500000.	< ETHYLENE	< 700000. (76.7%)	Y
450000.	< METHYL TERTIARY-BUTYL ETHER(MTEB)	< 550000. (100.0%)	Y
0.	< NAPHTHA ,LIGHT	< 2000000. (0.0%)	Y
0.	< NAPHTHA ,WIDE RANGE	< 1000000. (0.0%)	Y
0.	< NAPHTHA HEARTCUT (NAPHTHENIC)	< 1000000. (54.4%)	Y
0.	< NAPHTHA HEARTCUT (PARAFFINIC)	< 1000000. (0.0%)	Y
0.	< PROPANE	< 2000000. (33.4%)	Y
285000.	< PROPYLENE	< 300000. (39.1%)	Y
20000.	< TOLUENE	< 20000. (100.0%)	Y
0.	< XYLENE MIXED	< 246000. (100.0%)	Y
55000.	< XYLENE-O	< 75000. (73.3%)	Y
21000.	< XYLENE-P	< 40000. (31.3%)	Y
0.	< GAS OIL	< 1000000. (0.0%)	Y
0.	< BUTANES	< 2200000. (51.5%)	Y
0.	< CONDENSATE	< 1000000. (0.0%)	Y

Comment :

Scenario corresponding to experiment P_Bb_1 .

Following production reserves are assumed :

- Ethylene 50000 Y
- Benzene 90000 Y
- Toluene 5000 Y
- p-Xylene 38000 Y
- Mixed xylenes 246000 Y

Experiment : P_Bb_2

Problem title: BASIC PETROCHEMICAL INDUSTRY - petr_alg

F r a c t i o n a l O p t i m i z a t i o n

Maximize:

PDA Yearly Profit		mil. L.C.
-----	=	0.073 -----
Investment		mil. \$

Scenario:

1.50E+04	< BENZENE	< none (0.0%)	T
40000.	< BUTADIENE	< 50000. (80.0%)	T
	BUTENE-1	= 8000. (100.0%)	T
0.	< ETHANE	< 70000. (0.0%)	T
520000.	< ETHYLENE	< 700000. (39.2%)	T
450000.	< METHYL TERTIARY-BUTYL ETHER(MTBE)	< 550000. (100.0%)	T
0.	< NAPHTHA HEARTCUT (NAPHTHENIC)	< 1000000. (0.0%)	T
0.	< NAPHTHA HEARTCUT (PARAFFINIC)	< 1000000. (0.0%)	T
0.	< PROPANE	< 2000000. (29.3%)	T
340000.	< PROPYLENE	< 400000. (85.0%)	T
24000.	< TOLUENE	< 30000. (80.0%)	T
0.	< XYLENE MIXED	< 240000. (88.6%)	T
29000.	< XYLENE-O	< 50000. (50.0%)	T
0.	< XYLENE-P	< 30000. (64.6%)	T
0.	< BUTANES	< 2200000. (86.9%)	T

Comment :

Scenario corresponding to experiment H_Bb_2 and modified by existing production reserves as in experiments P_Bb_0 and P_Bb_1.

B4. Comparison of P_Bb_8 experiments.

	P_5b_0	P_5b_0a	P_5b_1	P_5b_1a	P_5b_2
Simple Rate of Return	0.062	0.052	0.072	0.054	0.073

GLOBAL RESULTS

	mil.L.C.					
PDA Yearly Profit	mil.L.C.	35	71	79	65	82
PDA Value Added	mil.L.C.	413	399	343	352	354
Investment	mil.\$	1392	1360	1694	1192	1129
Yearly Import	mil.\$	7	7	7	7	9
Yearly Domestic Purchase	mil.L.C.	459	466	591	402	383
Yearly Domestic Sale	mil.L.C.	947	923	713	805	787

EXPORT

IMPORT

ACRYLONITRILE	T	40	40	40	40	40
ALUMINUM TRIMETHYL	T	18	18	18	18	18
CATALYST AND CHEMICALS	\$	6936862	6892267	6562973	6537911	7632123
CHEMICALS	\$	60000	60000	60000	60000	60000
SULFOLANE	T	30	30	21	21	20
TETRAISOPYL TITANATE	T	16	16	16	16	16

DOMESTIC PURCHASE

BUTANES	T	1159204	1159204	1132013	1025904	1912641
COOLING WATER	M3	274520864	272159584	226102976	245358832	269873248
ELECTRICITY	kWh	169359888	164630144	150718144	150554096	138456608
ETHANE	T	0	70000	0	70000	0
FUEL	T-cal	321408000	321408000	271008000	271008000	139968000
HYDROGEN	m3	4883015	4883015	3621210	3621210	0
INERT GAS	m3	4299732	4299732	3219046	3776702	4147628
METHANOL	T	201861	201861	201861	201861	201861
NAPHTHA HEPTACOT (NAPHTHENIC)	T	782789	782789	543711	543711	0
NATURAL GAS	T-cal	5146279420	5173033860	3999068870	4431934460	4326231040
PROCESS WATER	m3	1617536	1617536	1251202	1440238	1565975
PROPANE	T	1089249	957859	668043	816457	566044
STEAM	T	1593358	1593358	1433068	1399237	1488802
XYLENE MIXED	T	246000	246000	246000	246000	217889

DOMESTIC SALE

AROMATIC SOLVENTS	T	412750	412750	349250	349250	184150
BENZENE	T	167516	167516	120071	120031	48790
BYE DAPPINATE	T	129052	129052	89637	89637	8780
BUTADIENE	T	40000	40000	40000	40000	40000
BUTENE-1	T	3000	3000	8000	3000	3000
C4 FRACTION	T	13358	15377	0	2101	46420

C4 RAFFINATE FROM NHEB UNIT	T	29251	29251	29251	29251	29251
C9 AROMATICS C800E	T	25245	25245	17535	17535	0
ETHYLENE	T	720000	720000	536033	631351	694220
FUEL GAS	T-cal	1265543930	1255543930	1114437300	1114437300	763925536
FUEL OIL	T	18558	15362	14681	13994	22573
HYDROGEN-RICH GAS	T-cal	1423947970	1423947970	931836396	931836636	0
ISOBUTANE	T	50000	50000	39891	0	302610
METHYL TERTIARY-BUTYL ETHER, NT	T	550000	550000	550000	550000	550000
PROPYLENE	T	360000	343341	235000	285000	340000
PYROLYSIS GASOLINE	T	35775	85939	70723	73172	0
TAIL GAS	T-cal	7637541330	6919248520	5911525360	5233373130	5337130540
TOLUENE	T	50000	50000	26000	28000	24000
XYLENE-O	T	65000	65000	55000	55000	29000
XYLENE-P	T	43420	43420	36740	36740	19372

P R O C E S S E S

BENZENE BY TOLUENE DISPROPORTY	T	78216	78216	58004	58004	0
BENZENE FROM PYROLYSIS GASOLIN	T	0	0	0	0	48700
BUTADIENE FROM C4 EXTRACTION	T	40000	40000	40000	40000	40000
BUTENE-1 BY DIMERIZATION OF BT	T	8000	8000	8000	8000	8000
ETHYLENE FROM ETHANE-PROPANE H	T	0	189189	0	189189	0
ETHYLENE FROM N-BUTANE	T	292627	292627	285763	258977	482823
ETHYLENE FROM PROPANE 75% CONV	T	286900	246952	259838	191953	220165
ETHYLENE FROM PROPANE 90% CONV	T	149161	0	0	0	0
ISOBUTANE BY BUTANES SEPARATED	T	434310	434310	424511	384810	717420
ISOBUTYLENE FROM ISOBUTANE	T	329743	329743	329743	329743	329743
MIXED XYLENES FROM NAPHTHENIC P	T	130037	130037	130057	130057	0
MTBE FROM ISOBUTYLENE	T	513619	513619	513619	513619	513619
MTBE FROM MIXED BUTENES (BUTAD)	T	36381	36381	36381	36381	36381
O-XYLENE AND P-XYLENE	T	65000	65000	55000	55000	29000

B5. Influence of local factor on main results for P_Bb_0-scenario experiments.

	local factor =	1.3	1.5	1.7
Simple Rate of Return		0.022	0.023	-0.037

GLOBAL RESULTS

PDA Yearly Profit	mil.L.C.	35	36	-13
PDA Value Added	mil.L.C.	413	410	402
Investment	mil.\$	1382	1535	1308

B6. Influence of price reduction for raw materials on main results for P_Bb_0-scenario experiments (local factor=1.7).

		1	-15%	-30%
Simple Rate of Return		-0.007	0.034	0.076

GLOBAL RESULTS

PDA Yearly Profit	mil.L.C.	-13	62	137
PDA Value Added	mil.L.C.	492	463	535
Yearly Domestic Purchase	mil.L.C.	463	403	337

17. Comparison of P_{Db}0-scenario experiments with different optimisation criteria.

P_{over_I} - profit over investment (maximize)
 P_{over_E} - profit over energy consumption (maximize)
 PROFIT - profit (maximize)
 ENERGY - energy consumption (minimize)
 INVEST - investment (minimize)

	P _{over_I}	P _{over_E}	PROFIT	ENERGY	INVEST
Simple Rate of Return	0.365	0.360	0.063	0.345	0.051

GLOBAL RESULTS

	mil.L.C.	87	84	90	62	65
PDA Yearly Profit	mil.L.C.	417	419	441	383	381
PDA Value Added	mil.\$	1340	1392	1434	1350	1277
Investment	TJ	19199	17600	20524	16251	20268
Energy Consumption	mil.\$	9	7	9	6	8
Yearly Import	TJ	198952	176753	209860	165077	193238
Energy Input	mil.L.C.	506	464	527	436	493
Yearly Domestic Purchase	mil.L.C.	982	942	1030	876	930
Yearly Domestic Sale						

IMPORT

	T	40	0	40	0	40
ACETONITRILE	\$	8158950	6838369	8248021	5827765	7315648
CATALYST AND CHEMICALS	\$	62309	83880	60000	80000	68000
CHEMICALS	T	0	0	0	0	0
HEXYL-N 2-PYRROLIDONE	T	30	30	39	30	30
SULFOLANE						

DOMESTIC PURCHASE

	T	2200000	1826464	2200000	826724	2200000
BUTANES	T <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1000000</td> <td>0</td>	0	0	0	1000000	0
CONDENSATE	m3	285062176	270092672	296073120	287504384	271452896
COOLING WATER	kWh	171858416	173044624	180871520	156035312	151852848
ELECTRICITY	T <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>40922</td>	0	0	0	0	40922
Ethane	m3	4883015	4893015	6602828	4883015	5047515
HYDROGEN	m3	4299732	4299732	4487205	8048803	4299732
INERT GAS	T <td>201861</td> <td>201861</td> <td>201861</td> <td>165161</td> <td>165161</td>	201861	201861	201861	165161	165161
METHANOL	T <td>782789</td> <td>782789</td> <td>1000000</td> <td>782789</td> <td>770352</td>	782789	782789	1000000	782789	770352
NAPHTHA HEARTCOY (NAPHTHENIC)	T-cal	5153223170	5144312830	5522885120	3093433600	4981985280
NATURAL GAS	m3	1617536	1501536	1681886	1456417	1609536
PROCESS WATER	T <td>445824</td> <td>1169300</td> <td>527518</td> <td>382761</td> <td>350265</td>	445824	1169300	527518	382761	350265
PROPANE	T <td>1925195</td> <td>1475121</td> <td>2070663</td> <td>1305264</td> <td>1814230</td>	1925195	1475121	2070663	1305264	1814230
STEAM	T <td>246000</td> <td>246000</td> <td>162429</td> <td>246000</td> <td>246000</td>	246000	246000	162429	246000	246000
XYLENE MIXED						

DOMESTIC SALE

BENZENE	T	167516	167516	213343	167516	163732
BTX RAFFINATE	T	123952	123952	154652	123952	127001
C4 FRACTION	T	67824	14354	53475	66743	53773
C4 RAFFINATE FROM NTRG UNIT	T	29251	29251	29251	29025	29251
C9 AROMATICS C9002	T	25245	25245	32250	25245	24344
ETHYLENE	T	720000	720000	751775	720000	720000
FUEL GAS	T-cal	1235945330	1235365570	1423754830	1117466350	1111533160
FUEL OIL	T	25150	17330	25474	40000	24600
HYDROGEN-RICH GAS	T-cal	1423347370	1423347370	1624337370	1423347370	1425333330
ISOBUTANE	*) T	44000	0	44000	0	51500
NAPHTH TERTIARY-BUTYL STERANT	T	550000	550000	550000	450000	450000
PROPYLENE	T	350451	290000	350000	350176	300000
REFRACTION GASOLINE	T	195392	34952	193756	193647	193333
TAIL GAS	T-cal	7127114750	763705340	7453223500	4733700020	6534456000
TOLENE	T	50000	50000	50000	50000	40000

PROCESSES

BENZENE BY TOLENE DISPROPORTI	T	73216	73216	135764	73216	36951
BUTADIENE FROM C4 EXTRACTION	T	40000	0	40000	0	40000
BUTADIENE RECOVERY FROM C4 FRA	T	0	40000	0	40000	0
ETHYLENE FROM CONDENSATE	T	0	0	0	371195	0
ETHYLENE FROM ETHANE-PROPANE N	T	0	0	0	0	110570
ETHYLENE FROM N-BUTANE	T	555363	253118	555363	203636	555363
ETHYLENE FROM PROPANE 75% CONV	T	173495	292119	205180	143676	62315
ETHYLENE FROM PROPANE 36% CONV	T	0	177531	0	0	0
ISOBUTANE BY BUTANES SEPARATIO	T	825206	395020	825206	310039	325206
ISOBUTYLENE FROM ISOBUTANE	T	329743	329923	329743	265723	265943
MIXED XYLENES FROM NAPHTHENIC F	T	183337	183337	240574	183337	135454
NYBE FROM ISOBUTYLENE	T	513619	513839	513619	413999	413619
NYBE FROM MIXED BUTENES (3BTAD	T	36391	36101	36391	36101	36391

*) no limit for isobutane production

88. Lower heating values for products in basic petrochemical industry PDA .

Product_name	unit	L. heating value in GJ/unit
ACETONITRILE	T	0.00
ALUMINUM TRISTHYL	T	0.00
AROMATIC SOLVENTS	T	40.53
BENZENE	T	40.33
BTX RAFFINATE	T	44.59
BUTADIENE	T	44.77
BUTANE-N	T	45.39
BUTANES	T	45.34
BUTENE-1	T	45.52
BUTENES-N	T	45.44
C4 FRACTION	T	45.52
C4 RAFFINATE FROM HTSE UNIT	T	45.61
C5 FRACTION	T	45.52
C9 AROMATICS CRUDE	T	41.42
CATALYST AND CHEMICALS	\$	0.00
CHEMICALS	\$	0.00
CONDENSATE	T	43.93
COOLING WATER	M3	0.00
ETHANE	T	47.85
ETHYLENE	T	47.38
FUEL OIL	T	38.49
GAS OIL	T	42.89
HEAVY GASOLINE	T	42.68
HEXANE-HEXANE(DESORBENT)	T	0.00
HYDROGEN	M3	0.01
HYDROGEN (IN OFF-GAS)	M3	0.01
INERT GAS	M3	0.00
ISOBUTANE	T	45.87
ISOBUTYLENE	T	45.40
ISOMERIZED B-B	T	45.52
LIGHT ENDS	T	40.58
METHANOL	T	19.50
METHYL TERTIARY-BUTYL ETHER(MTBE)	T	35.08
METHYL-N 2-PYRROLIDONE	T	0.00
MIXED BUTYLENES(BUTADIENE RAFFINATE)	T	45.69
MOLECULAR SIEVES	T	0.00
NAPHTHA ,LIGHT	T	43.81
NAPHTHA ,WIDE RANGE	T	43.51
NAPHTHA HEARTCUT (NAPHTHENIC)	T	43.51
NAPHTHA HEARTCUT (PARAFFINIC)	T	43.51
PROCESS WATER	M3	0.00
PROPANE	T	46.62
PROPYLENE	T	46.00
PYROLYSIS GASOLINE -	T	43.51
PYROLYSIS LIQUID	T	41.00
SILICA GEL	T	0.00
STEAM	T	2.40

SULFOLANE	P	0.93
TETRABUTYL TITANATE	P	0.96
TOLENE	P	43.50
XYLENE MIXED	P	43.67
XYLENE-O	P	43.67
XYLENE-P	P	43.67

ELECTRICITY	KWH	1.0342
FOUL	T-cal	0.0342
FOUL GAS	T-cal	0.0342
HYDROGEN-RICH GAS	T-cal	0.0342
NATURAL GAS	T-cal	6.0342
TAIL GAS	T-cal	0.0342

PART C

CHEMICAL AND PETROCHEMICAL INDUSTRY
CONSOLIDATED CASE STUDY
RESULTS OF EXPERIMENTS

Cl. List of processes in chemical and petrochemical consolidated case study.

Process Name	Capacity
2-ETHYLBENZENE (OTO PROCESS)	50000 T/Y
ABS BY EMULSION-MASS POLYMERIZATION	35000 T/Y
ACETALDEHYDE BY ONE-STEP ETHYLENE OXID.	67500 T/Y
ACETIC ACID BY ACETALDEHYDE AND H ₂ O	67500 T/Y
ACETIC ACID FROM METHANE	67500 T/Y
ACETIC ANHYDRIDE FROM ACETIC ACID	110000 T/Y
ACETOSALICYLIC ACID	1500 T/Y
ACETIC ACID FROM PROPYLENE	45000 T/Y
ACRYLONITRILE BY PROPYLENE AMMOXIDATION	90000 T/Y
ADIPIC ACID FROM CYCLOHEXANE	70000 T/Y
ALKYD RESINS	80000 T/Y
ALLYL CHLORIDE BY CHLORINATION OF PROP.	45000 T/Y
BENZENE BY TOLUENE DEISOPROPYLATION	17500 T/Y
BENZENE FROM PYROLYSIS GASOLINE	69500 T/Y
BENZENE FROM TOLUENE BY DEALKYLATION	40000 T/Y
BENZOIC ACID	20000 T/Y
BISPHENOL A FROM PHENOL AND ACETONE	25000 T/Y
BUTADIENE FROM C4 EXTRACTION	25000 T/Y
BUTADIENE FROM N-BUTENES (PYRO-TX)	25000 T/Y
BUTADIENE RECOVERY FROM C4 REACTION	25000 T/Y
BUTENE-1 BY DIMERIZATION OF STYRENE	20000 T/Y
BUTENE-1 HIGH PURITY FROM N-BUTENES	20000 T/Y
BUTYL ACRYLATE	25000 T/Y
BUTYL (ISOBUTYL) ACRYLATE	20000 T/Y
CAPROLACTAM FROM CYCLOHEXANE	35000 T/Y
CAPROLACTAM FROM PHENOL	35000 T/Y
CARBON BLACK (HAF)	40000 T/Y
CARBON DISULFIDE	45000 T/Y
CARBON MONOXIDE FROM SYNGAS	27300000 M ³ /Y
CELLULOSE ACETATE	25000 T/Y
CELLULOSE FIBERS	10000 T/Y
CHLORINE (MEMBRANE PROCESS)	120000 T/Y
CHLOROMETHANES FROM ETHANE	15000 T/Y
CITRIC ACID FROM MOLASSES	25000 T/Y
CUMENE FROM BENZENE AND PROPYLENE	62500 T/Y
CYCLOHEXANE BY HYDROGENATION OF BENZENE	50000 T/Y
DI-BUTYL PHTHALATE	35000 T/Y
DI-ETHYLBUTYL ADIPATE	35000 T/Y
DI-OCTYLPHTHALATE FROM PHTHALIC ANHYDRIDE	35000 T/Y
DINITROTOLUENE BY NITRATION OF TOLUENE	30000 T/Y
EPICHLOROHYDRIN FROM ALLYL CHLORIDE	45000 T/Y
EPOXY, LIQUID, DGEBA	22500 T/Y
ETHANOL FROM ETHYLENE	125000 T/Y
ETHYL ACRYLATE	25000 T/Y
ETHYL ACRYLATE	25000 T/Y
ETHYLBENZENE BY TAPOL-PROCESS BENZENE ALK	250000 T/Y
ETHYLENE FROM CONDENSATE	450000 T/Y

ETHYLENE FROM ETHANE BY STEAM CRACKING	205000 T/Y
ETHYLENE FROM ETHANE-PROPANE MIXTURE	225000 T/Y
ETHYLENE FROM GAS OIL	225000 T/Y
ETHYLENE FROM LIGHT-NAPHTHA	225000 T/Y
ETHYLENE FROM N-BUTANE	450000 T/Y
ETHYLENE FROM PROPANE 75% CONVERSION	225000 T/Y
ETHYLENE FROM PROPANE 90% CONVERSION	225000 T/Y
ETHYLENE FROM WIDE RANGE NAPHTHA HS	225000 T/Y
ETHYLENE FROM WIDE RANGE NAPHTHA NS	225000 T/Y
ETHYLENE MIXTURE	30000 T/Y
ETHYLENE MIXTURE AND ETHYLENE MONOMER	30000 T/Y
FORMALDEHYDE USING SILICOX CATALYST	50000 T/Y
FORMIC ACID (IN 35% BASE)	100000 T/Y
GLYCERIN FROM ALKYL CHLORIDE	25000 T/Y
HIGH STYRENE-BUTADIENE RUBBER	70000 T/Y
HYDROGEN OXALIC AND PRESSURE PROCESS	30000 T/Y
HYDROGEN FROM NATURAL GAS	500000000 M3/Y
ISOBUTANE BY STYRANE SEPARATION	250000 T/Y
ISOBUTANE BY ISOMERIZATION OF N-BUTANE	320000 T/Y
ISOBUTYLENE FROM ISOBUTANE	270000 T/Y
ISOPROPANOL BY CATION EXCHANGE RESIN	65000 T/Y
MALEIC ANHYDRIDE FROM BENZENE	15000 T/Y
MALEIC ANHYDRIDE FROM N-BUTENES	15000 T/Y
MELANINE	20000 T/Y
MELANINE - FORMALDEHYDE RESIN	50000 T/Y
MELANINE FROM THE STAMMAGSON PROCESS	20000 T/Y
METHANOL	410000 T/Y
METHYL ACRYLATE	25000 T/Y
METHYL ETHYL KETONE FROM HYDRO SUFFINATE	15000 T/Y
METHYL METHACRYLATE CYANHYDRIN PROCESS	45000 T/Y
MIXED XYLENES FROM NAFTHENIC FEED EFF.	92000 T/Y
MIXED XYLENES FROM PARAFFINIC FEED EFF.	85000 T/Y
MTBE FROM ISOBUTYLENE	500000 T/Y
MTBE FROM MIXED BUTENES (BUTADIENE 20%)	47500 T/Y
N-BUTENES FROM N-BUTANE	135000 T/Y
NITRIC ACID CONC. 99%	45000 T/Y
NONENE	20000 T/Y
NONYLPHENOL BY AN ION EXCHANGE CAT. PROC.	10000 T/Y
NONYLPHENOL STYRYLATE	22500 T/Y
NYLON 6 CHIPS	25000 T/Y
O-XYLENE AND P-XYLENE	50000 T/Y
OXYGEN BY AIR FRACTIONATION	40000 T/Y
P-XYLENE PARX/ISOMER COMBINATION (SOP)	67500 T/Y
P-XYLENE RECOVERY (ADSORPTION)	40000 T/Y
PENTAERYTHRITOL	10000 T/Y
PERCHLOROETHYLENE FROM PROPANE	20000 T/Y
PHENOL FROM COBENE	45000 T/Y
PHENOL-FORMALDEHYDE RESOL STAGE	50000 T/Y
PHOSGENE FROM UREOBINE AND CARBON MONOX.	35000 T/Y
PHTHALIC ANHYDRIDE AIR OX. OF O-XYLENE	30000 T/Y
POLYACRYLATE LATEX	20000 T/Y
POLYACRYLATE PELLETS	20000 T/Y
POLYCARBONATE	10000 T/Y
POLYETHYLENE HD (700)	130000 T/Y

POLYSTYRENE EO	20000 T/Y
POLYSTYRENE EGD (2500)	160000 T/Y
POLYSTYRENE TEREPHTHALATE MELT FROM TA	50000 T/Y
POLYMERIZABLE TEREPHTHALATE	15000 T/Y
POLYOL TRIFUNCTIONAL POLYESTER	40000 T/Y
POLYPROPYLENE (AMCO)	75000 T/Y
POLYSTYRENE HIGH IMPACT	50000 T/Y
POLYURETHANE RESINS	15000 T/Y
POLYVINYL ACETATE LATEX	25000 T/Y
POLYVINYL ALCOHOL	20000 T/Y
POLYVINYLCHLORIDE BY SUSPENSION POLYMER.	30000 T/Y
PRIMARY ALCOHOL SULFATE	20000 T/Y
PRIMARY ALCOHOL SULFONATE SODIUM SALT	20000 T/Y
PRIMARY ALCOHOL SULFOSULFATE SODIUM SALT	20000 T/Y
PRIMARY ALCOHOLS C8 - C20	70000 T/Y
PROPYLENE BY PROPANE DEHYDROGENATION	300000 T/Y
PROPYLENE GELCOL FROM PROPYLENE OXIDE	45000 T/Y
PROPYLENE OXIDE BY CHLORHYDRIN PROCESS	30000 T/Y
PROPYLENE OXIDE BY ETHYLENEBENZENE PROCESS	30000 T/Y
SAN	25000 T/Y
SOAP	35000 T/Y
SODIUM ALLYL BENZYL SULFONATE	40000 T/Y
STYRENE FROM ETHYLENEBENZENE	225000 T/Y
STYRENE-BUTADIENE COPOLYMER BY ENCL. POLYM.	70000 T/Y
SULFURIC ACID FROM SULFUR	320000 T/Y
SYNGAS (2-1) FROM NATURAL GAS	304000000 MS/Y
SYNGAS (3-1) FROM NATURAL GAS	134000000 MS/Y
TARTRATHIC ACID FROM P-XYLENE	75000 T/Y
TOLUENE DIAMINE FROM DINITROTOLUENE	20000 T/Y
TOLUENE DIISOCYANATE	25000 T/Y
TRIMETHYL AMINE FROM EO END NH3	15000 T/Y
UNSATURATED POLYESTER RESIN	15000 T/Y
UREA-FORMALDEHYDE SYROP	50000 T/Y
VINYL ACRYLATE FROM ETHYLENE	67500 T/Y
VINYL CHLORIDE BY OXYCHLORINATION	250000 T/Y

C2. List of media in chemical and petrochemical consolidated case study.

Product_name	unit	price in US \$
ACETALDEHYDE	T	613.00
ACETIC ACID	T	671.00
ACETIC ACID 80003	T	482.00
ACETIC ANHYDRIDE	T	325.00
ACETONE	T	245.00
ACETONITRILE	T	1230.00
ACETYSALICILIC ACID	T	4300.00
ACRYLIC ACID	T	1350.00
ACRYLONITRILE	T	1010.00
ACRYLONITRILE-BUTADIENE-STYRENE(ABS)	T	1350.00
ACTIVATED CARBON	T	2890.00
ADIPIC ACID	T	1339.00
AIR	T	0.00
ALKYD RESINS	T	2800.00
ALLYL CHLORIDE	T	1150.00
ALUMINA	T	429.00
ALUMINA CATALYST	T	9100.00
ALUMINUM PELLETS	T	3830.00
ALUMINUM TRIETHYL CATALYST	T	5500.00
ALUMINUM TRIETHYL.	T	1530.00
AMMONIA	T	130.00
AMMONIUM BISULFATE	T	33.70
AMMONIUM SULFATE	T	45.90
AMMONIUM VANADATE	T	8079.00
ANTHONY TRIOXIDE	T	5500.00
AROMATIC SOLVENTS	T	240.00
AZOBISISOBUTYRONITRILE	T	10100.00
BENTONITE	T	45.90
BENZENE	T	225.00
BENZOIC ACID	T	1210.00
BENZYL PEROXIDE	T	4010.00
BISPHENOL A(EPOXY GRADE)	T	1440.00
BTX RAFFINATE	T	115.00
BUTADIENE	T	317.00
BUTANE-N	T	78.00
BUTANES	T	39.00
BUTANOL-N	T	595.00
BUTENE-1	T	435.00
BUTENES-N	T	143.00
BUTYL ACETATE(NORMAL)	T	1270.00
BUTYL ACRYLATE	T	1100.00
BUTYL STEARATE	T	1330.00
BUTYL-T CATECHOL	T	5420.00
C4 ALKYLATION FEED	T	190.00
C4 FRACTION	T	159.00
C4 RAFFINATE FROM NTSS UNIT	T	194.00
C5 FRACTION	T	161.00

C9 AROMATICS CRUDE	T	157.00
CAPROLACTAM	T	2669.00
CARBON BLACK (BAF)	T	606.00
CARBON BLACK OIL	T	106.00
CARBON DIOXIDE	T	0.00
CARBON DISULFIDE	T	509.00
CARBON MONOXIDE	m3	0.19
CARBON TETRACHLORIDE	T	399.00
CATALYST AND CEMICALS	S	1.00
CATALYST(OLK)	T	4749.00
CAUSTIC SODA	T	175.00
CELLULOSE	T	1210.00
CELLULOSE ACETATE	T	2360.00
CELLULOSE FIBERS	T	4000.00
CHEMICALS	S	1.00
CHLORINE	T	115.00
CHLOROFORM	T	505.00
CITRIC ACID	T	1610.00
COBALT ACETATE. 4H2O	T	12336.00
COBALT NAPHTHENATE	T	5000.00
CONDENSATE	T	98.20
COOLING WATER	m3	0.03
CURENE	T	550.00
CUPRIC NITRATE	T	1059.00
CYCLOHEXANE	T	413.00
DI-BUTYL PHTHALATE	T	1189.00
DI-ETHYLHEXYL ADIPATE	T	1342.00
DI-OCTYL PHTHALATE(DOP)	T	770.00
DICHLOROBENZENE-O	T	1060.00
DICHLOROPROPYLENES	T	832.00
DIMETHANOLAMINE	T	970.00
DIMETHYLENE GLYCOL	T	573.00
DIIPC	T	17590.00
DINITROTOLUENE	T	728.00
DIPROPYLENE GLYCOL	T	982.00
DISODIUM PHOSPHATE	T	730.00
ELECTRICITY	kWh	0.05
EMULSIFIER	T	1090.00
EPICHLOROHYDRIN	T	1900.00
EPOXY LIQUID, DGEBA	T	2670.00
ETHANE	T	130.00
ETHANOL	T	550.00
ETHYL ACETATE	T	619.00
ETHYL ACRYLATE	T	1150.00
ETHYLBENZENE	T	298.00
ETHYLENE	T	367.00
ETHYLENE GLYCOL	T	413.00
ETHYLENE OXIDE	T	780.00
ETHYLENEANOL-2	T	701.00
FATTS	T	300.00
FILTER AID.P8000AT	T	427.00
FORMALDEHYDE	T	620.00
FOSPHIC ACID (IN 35%)	T	510.00
PCSL	T-cal	0.01

FUEL GAS	T-cal	0.02
GAS OIL	T	229.00
GLYCERIN	T	1800.00
GLYCERIN CRODS	T	1300.00
HCL ACID (AS 22.5%)	T	115.00
HCL ACID (as 19.6%)	T	62.80
HEAVY END FUEL	T	126.00
HEAVY ENDS CREDIT	T	75.00
HEAVY GASOLINE	T	147.00
HEPTANE	T	511.00
HEXENE-HEXANE (DESOBSENT)	T	503.00
HIGH STYRENE-BUTADIENE RUBBER	T	1200.00
HMC	T	7250.00
HYDROBROMIC ACID	T	1940.00
HYDROCHLORIC ACID	T	321.00
HYDROCHLORIC ACID (DILUTE)	T	164.00
HYDROGEN	m3	0.10
HYDROGEN (IN OFF-GAS)	m3	0.03
HYDROGEN CYANIDE	T	0.00
HYDROGEN-RICH GAS	T-cal	0.02
HYDROQUINONE	T	3530.00
INERT GAS	m3	0.07
ION-EXCHANGE RESIN	T	5200.00
ISOBUTANE	T	100.00
ISOBUTANOL	T	463.00
ISOBUTYLENE	T	192.00
ISOMERIZED B-2	T	143.00
ISOPROPANOL	T	734.00
ISOSENE	T	174.00
LIGHT ENDS	T	116.00
LIME	T	59.50
LINEN OIL	T	1000.00
MAGNESIUM ACETATE.4H2O	T	4050.00
MAGNESIUM SILICATE	T	102.00
MALIC ANHYDRIDE	T	1050.00
MELANINE	T	800.00
MELANINE - FORMALDEHYDE RESIN	T	1300.00
MENEBADE	SOCH	0.05
METHACRYLIC ACID	T	1800.00
METHANE	T	206.00
METHANOL	T	101.00
METHYL ACETATE	T	596.00
METHYL ACRYLATE	T	1190.00
METHYL ETHYL KETONE	T	390.00
METHYL ISOBUTYL KETONE	T	1120.00
METHYL METHACRYLATE	T	1250.00
METHYL TERTIARY-BUTYL ETHER (MTEB)	T	360.00
METHYL-N 2-PIPERIDINE	T	3240.00
METHYLENE CHLORIDE	T	524.00
METHYLENE DIISOCYANATE	T	4370.00
MIXED BUTYLENES (BUTADIENE RAFFINATE)	T	104.00
MIXED DIACID	T	243.00
MMA-2EA COPOLYMERS	T	1750.00
MOLASSES	T	115.00

AMMONIUM BIFTHALATE	T	3390.00
AMMONIUM BIPHENYL	T	32630.00
AMMONIUM BIPHENYL	T	871.00
N-PARAFFINIS	T	505.00
NAPHTHA LIGHT	T	33.00
NAPHTHA WIDE RANGE	T	91.00
NAPHTHA HEAVY (NAPHTHENE)	T	106.00
NAPHTHA HEAVY (PARAFFINIC)	T	105.00
NAPHTHENE ACID	T	353.00
NAPHTHAL GAS	T-act	0.12
NITRIC ACID (90%)	T	134.00
NITRIC ACID(80%)	T	259.00
NITRIC ACID(60%)	T	334.00
NONYLPHENOL ETHOXYLATE	T	439.00
NONYLPHENOL	T	434.00
NONYLPHENOL ETHOXYLATE	T	1203.00
NYLON 6 CHIPS	T	2990.00
NYLON 6 WASTE	T	1100.00
OCTANE-2	T	2455.00
OCTANOIC ACID	T	371.00
OLEFIN	T	119.00
OXALIC ACID	T	1150.00
OXIDIZED STARCH	T	364.00
OXYGEN	T	46.10
PD CATALYST, TDA	T	11330.00
PENTANITRITOL TECH	T	1470.00
PERCHLOROETHYLENE	T	622.00
PEROL	T	422.00
PEROL-FORMALDEHYDE SYRUP	T	550.00
PEROSIN	T	250.00
PEROSPHORIC ACID (INDUSTRIAL GRADE)	T	697.00
PEROSPHORIC ACID CATALYST	T	341.00
PHENALIC ANHYDRIDE	T	505.00
POLYACRYLATE LATEX	T	2530.00
POLYACRYLATE PELLETS	T	2550.00
POLYBUTADIENE	T	1720.00
POLYCARBONATE	T	3530.00
POLYETHYLENE LD	T	432.00
POLYETHYLENE TEREPHTHALATE MELT	T	1500.00
POLYETHYLENE, HI DENSITY (POWDER)	T	573.00
POLYETHYLENE, LINEAR LD	T	703.00
POLYETHYLENETEREPHTHALATE SHEET	T	2000.00
POLYOL, TRIFUNCTIONAL POLYETHER	T	1100.00
POLYPROPYLENE	T	642.00
POLYSTYRENE HIGH IMPACT	T	871.00
POLYURETHANE RESINS	T	3200.00
POLYVINYL ACETATE LATEX AS 100%	T	1050.00
POLYVINYL ALCOHOL	T	1880.00
POLYVINYL CHLORIDE	T	619.00
POTASSIUM CARBONATE	T	505.00
POTASSIUM HYDROXIDE	T	714.00
POTASSIUM PEROSULFATE	T	1760.00
PRINER? ALCOHOL ETHOXYLATE	T	2500.00
PRINER? ALCOHOL ETHOXYLATE	T	3000.00

PRIMARY AMMONIUM SULFONATE SODIUM SALT	Y	2100.00
PRIMARY AMMONIUM BICARB. 63 - 020	Y	1330.00
PROCESS WATER	n3	0.10
PROPANE	Y	31.40
PROPYLENE	Y	320.00
PROPYLENE GLYCOL	Y	730.00
PROPYLENE OXIDE	Y	340.00
PROPYLENE OXIDE IN SOLUTION(METER)	Y	230.00
PROPYLENE, (DILUTE)	Y	121.00
PROPE ETHYLENE	Y	351.00
PROPYLIS GASOLINE	Y	140.00
PROPYLIS LIQUID	Y	70.00
SALT	Y	11.00
SAS	Y	1700.00
SILICA GEL	Y	2300.00
SOAP	Y	000.00
SODIUM	Y	1700.00
SODIUM ALKYLARISYL SULFONATE	Y	1000.00
SODIUM BICARBONATE	Y	290.00
SODIUM BISULFITE	Y	000.00
SODIUM CARBONATE	Y	100.00
SODIUM DIHYDROPHOSPHATE	Y	1300.00
SODIUM FORMATE	Y	441.00
SODIUM HYDROGEN SULFIDE	Y	000.00
SOYBEAN OIL	Y	1100.00
STABILIZER, SBR	Y	3000.00
STYAN	Y	7.32
STYRAC ACID	Y	070.00
STYRENE	Y	367.00
STYRENE-BUTADIENE RUBBER	Y	974.00
SULPOLANE	Y	4100.00
SULFUR	Y	170.00
SULFUR TRIOXIDE	Y	204.00
SULFURIC ACID	Y	46.00
SULFURIC ACID(IN 65%)	Y	18.30
SYNTHESIS GAS(2:1)	n3	0.00
SYNTHESIS GAS(3:1)	n3	0.00
TAIL GAS	T-cal	0.02
TEREPHTHALIC ACID	Y	000.00
TERP-HEXADECYL MERCAPTAN	Y	4000.00
TETRAOXYL TITANATE	Y	0000.00
TITANIUM DIOXIDE	Y	1010.00
THAC	Y	3000.00
TOLUENE	Y	204.00
TOLUENE DIAMINE	Y	1000.00
TOLUENE DIAMINE (CRODE)	Y	1000.00
TOLUENE DIISOCYANATE(TDI)	Y	1000.00
TRIETHANOLAMINE	Y	2020.00
TRIMETHYLENE GLYCOL	Y	1140.00
TRIPHENYLSYTHANE	Y	2000.00
TRIPROPYLENE GLYCOL	Y	1000.00
UNSATURATED POLYESTER	Y	1000.00
UREA	Y	00.00
UREA-700NAC000000 0000 0000	Y	000.00

VINYL ACETATE	T	757.00
VINYL CHLORIDE	T	435.00
WATER BOILER FEED	n3	2.49
WATER DEIONIZED	n3	2.49
XYLONE MIXED	T	312.00
XYLONE MIXED	T	315.00
XYLONE-O	T	357.00
XYLONE-P	T	497.00

C3. Scenarios for C_Bb_8 experiments.

Experiment C_Bb_0 (NRICP scenario - version 8b)

Practical Optimization

Maximize:

EDA Total Profit	mil. L.C.
-----	0.120 -----
Investment	mil. \$

Scenarios:

0. < s	ACETIC ACID	<	1000.	(0.0%)	T
0. < s	ACETONE	<	1000.	(0.0%)	T
	s ACRYLONITRILE-BUTADIENE-STYRENE(ABS)	=	15000.	(100.0%)	T
	s ACRYLONITRILE	=	15000.	(100.0%)	T
0. < s	ACETYLSALICILIC ACID	<	500.	(0.0%)	T
0. < s	PRIMARY ALCOHOL SULFONATE SODIUM SALT	<	20000.	(100.0%)	T
	s BUTYL ACETATE(NORMAL)	=	3000.	(100.0%)	T
	s DI-BUTYL PHTHALATE	=	23000.	(100.0%)	T
	s CARBON BLACK (NAP)	=	45000.	(100.0%)	T
0. < p	CHLORINE	<	20000.	(100.0%)	T
	s ETHYLENE CHLORIDE	=	2000.	(100.0%)	T
0. < s	CITRIC ACID	<	5000.	(0.0%)	T
	s DI-OCTYL PHTHALATE(DOP)	=	60000.	(100.0%)	T
	s EPOXY LIQUID, DGEBA	=	8000.	(100.0%)	T
	s ETHYL ACETATE	=	7000.	(100.0%)	T
0. < s	ETHYLENE GLYCOL	<	10000.	(0.0%)	T
1000. < s	FORMIC ACID (IN 85%)	<	3000.	(33.3%)	T
0. < s	GLYCERIN	<	1000.	(100.0%)	T
0. < s	ISOPROPANOL	<	2000.	(0.0%)	T
0. < s	ETHYL ETHYL KETONE	<	1000.	(0.0%)	T
0. < s	ETHYL METHACRYLATE	<	2000.	(0.0%)	T
0. < s	NONYLPHENOL ETHOXYLATE	<	20000.	(100.0%)	T
	s PHENOL-FORMALDEHYDE SYRUP	=	9000.	(100.0%)	T
	s POLYETHYLENE TEREPHTHALATE MELT	=	121000.	(100.0%)	T
	s POLYETHYLENE, HI DENSITY (POWDERD)	=	253000.	(100.0%)	T
	s POLYETHYLENE, LINEAR LD	=	81000.	(100.0%)	T
	s POLYETHYLENETHACRYLATE SHEET	=	12500.	(100.0%)	T
	s POLYOL, TRIFUNCTIONAL POLYETHER	=	110000.	(100.0%)	T
	s POLYPROPYLENE	=	137000.	(100.0%)	T
	s POLYSTYRENE HIGH IMPACT	=	127000.	(100.0%)	T
	s POLYVINYL ACETATE LATEX AS 100%	=	60000.	(100.0%)	T
0. < s	PRIMARY ALCOHOL ETHOXYLATE	<	20000.	(100.0%)	T
	s POLYVINYL CHLORIDE	=	150000.	(100.0%)	T
0. < s	PRIMARY ALCOHOL ETHOXYLSULFATE	<	20000.	(100.0%)	T
0. < s	PROPYLENE GLYCOL	<	2000.	(0.0%)	T
0. < s	SOAP	<	40000.	(100.0%)	T

	s SODIUM ALKYLENEGLY SULFONATE	=	75000.	(100.0%)	T
	s STYRENE-BUTADIENE RUBBER	=	50000.	(100.0%)	T
	s TOLUENE DIISOCYANATE(TDI)	=	60000.	(100.0%)	T
0.	< s TRIS(THIOGLANINE	<	2500.	(0.0%)	T
	s UNSATURATED POLYESTER	=	20000.	(100.0%)	T
	s UREA-FORMALDEHYDE RESIN 37347	=	20000.	(100.0%)	T
	s PERCHLOROSTYLENE	=	5000.	(100.0%)	T
	s POLYURETHANE RESINS	=	5000.	(100.0%)	T
	s ALKID RESINS	=	30000.	(100.0%)	T
0.	< s BENZOIC ACID	<	2000.	(100.0%)	T
0.	< s CELLULOSE FIBERS	<	45000.	(100.0%)	T
	s MELAMINE - FORMALDEHYDE RESIN	=	10000.	(100.0%)	T
	s SAN	=	5000.	(100.0%)	T
0.	< s POLYACRYLATE LATEX	<	20000.	(100.0%)	T
0.	< s POLYACRYLATE PELLETS	<	20000.	(100.0%)	T
	s POLYETHYLENE LD	=	180000.	(100.0%)	T
0.	< s POLYCARBONATE	<	10000.	(100.0%)	T
0.	< s CELLULOSE ACETATE	<	20000.	(0.0%)	T
	s NYLON 6 CHIPS	=	25000.	(100.0%)	T
0.	< p BENZENE	<	95000.	(32.0%)	T
0.	< p ETHANE	<	70000.	(0.0%)	T
0.	< p ETHYLENE	<	50000.	(100.0%)	T
0.	< s ISOPENTANE	<	50000.	(100.0%)	T
0.	< p METHANOL	<	80000.	(100.0%)	T
450000.	< s METHYL TERTIARY-BUTYL ETHER(MTBE)	<	550000.	(91.8%)	T
0.	< p NAPHTHA ,LIGHT	<	2000000.	(0.0%)	T
0.	< p NAPHTHA ,WIDE RANGE	<	1000000.	(0.0%)	T
0.	< p NAPHTHA HEARTCUT (NAPHTHENIC)	<	1000000.	(75.5%)	T
0.	< p NAPHTHA HEARTCUT (PARAFFINIC)	<	1000000.	(0.0%)	T
0.	< p PROPANE	<	2000000.	(61.7%)	T
0.	< p TOLUENE	<	5000.	(0.0%)	T
0.	< p XYLENE MIXED	<	246000.	(100.0%)	T
0.	< p XYLENE-P	<	38000.	(72.6%)	T
0.	< p GAS OIL	<	1000000.	(0.0%)	T
0.	< p BUTANES	<	2200000.	(43.7%)	T
0.	< p CONDENSATE	<	1000000.	(0.0%)	T

Comment :

Experiment C_Db_0

Scenario - 'Bb'

Utilization of existing production capacity and reserves

(ethylene, benzene, toluene, mixed xylenes, p-xylene,
methanol, chlorine, PVC, PELO, resins)

Experiment C_Bb_1

Fractional Optimization

Maximize:

PEA Yearly Profit = mil.L.C.
----- = 9.139 -----
Investment = mil.\$

Scenario:

0.	< s	ACETIC ACID	<	1000.	(0.0%)	T
0.	< s	ACETONE	<	1000.	(0.0%)	T
	s	ACRYLONITRILE-BUTADIENE-STYRENE(ABS)	=	15000.	(100.0%)	T
	s	ACRYLONITRILE	=	15000.	(100.0%)	T
0.	< s	ACETYLSALICILIC ACID	<	500.	(0.0%)	T
0.	< s	PRIMARY ALCOHOL SULFONATE SODIUM SALT	<	20000.	(100.0%)	T
	s	BUTYL ACETATE(NORMAL)	=	3000.	(100.0%)	T
	s	DI-BUTYL PHTHALATE	=	13000.	(100.0%)	T
	s	CARBON BLACK (NAP)	=	45000.	(100.0%)	T
0.	< p	CHLORINE	<	20000.	(100.0%)	T
	s	METHYLENE CHLORIDE	=	2000.	(100.0%)	T
0.	< s	CITRIC ACID	<	5000.	(0.0%)	T
	s	DI-OCTYL PHTHALATE(DOP)	=	63000.	(100.0%)	T
	s	EPOXY LIQUID, DGEBA	=	8000.	(100.0%)	T
	s	HIGH STYRENE-BUTADIENE RUBBER	=	10000.	(100.0%)	T
	s	ETHYL ACETATE	=	7000.	(100.0%)	T
0.	< s	ETHYLENE GLYCOL	<	10000.	(0.0%)	T
1000.	< s	FORMIC ACID (IN 85%)	<	3000.	(33.3%)	T
0.	< s	GLYCERIN	<	1000.	(100.0%)	T
0.	< s	ISOPROPANOL	<	2000.	(0.0%)	T
0.	< s	METHYL ETHYL KETONE	<	1000.	(0.0%)	T
0.	< s	METHYL METHACRYLATE	<	2000.	(0.0%)	T
0.	< s	NONYLPHENOL ETHOXYLATE	<	20000.	(100.0%)	T
	s	PHENOL-FORMALDEHYDE SYRUP	=	9000.	(100.0%)	T
121000.	< s	POLYETHYLENE TEREPHTHALATE MELT	<	150000.	(88.5%)	T
253000.	< s	POLYETHYLENE, HI DENSITY (PCW233D)	<	330000.	(76.7%)	T
111000.	< s	POLYETHYLENE, LINEAR LD	<	141000.	(73.7%)	T
12500.	< s	POLYMETHYLMETHACRYLATE SHEET	<	15000.	(83.3%)	T
110000.	< s	POLYOL, TRIFUNCTIONAL POLYETHER	<	140000.	(78.6%)	T
137000.	< s	POLYPROPYLENE	<	190000.	(100.0%)	T
127000.	< s	POLYSTYRENE HIGH IMPACT	<	170000.	(82.0%)	T
60000.	< s	POLYVINYL ACETATE LATEX AS 100%	<	80000.	(75.0%)	T
	< s	PRIMARY ALCOHOL ETHOXYLATE	<	20000.	(100.0%)	T
	s	POLYVINYL CHLORIDE	=	105000.	(100.0%)	T
0.	< s	PRIMARY ALCOHOL ETHOXYLSULFATE	<	20000.	(100.0%)	T
0.	< s	PROPYLENE GLYCOL	<	2000.	(0.0%)	T
0.	< s	SOAP	<	40000.	(100.0%)	T
	s	SODIUM ALKYLBENZYL SULFONATE	=	75000.	(100.0%)	T
60000.	< s	STYRENE-BUTADIENE RUBBER	<	100000.	(63.0%)	T
	s	TOLUENE DIISOCYANATE(TDI)	=	60000.	(100.0%)	T

0.	< s	TRISTHANOAMINE	<	2000.	(0.0%)	T
	s	UNSATURATED POLYESTER	=	20000.	(100.0%)	T
	s	UREA-FORMALDEHYDE RESIN STYRE	=	22000.	(100.0%)	T
	s	PERCHLOROPHTHALENE	=	5000.	(100.0%)	T
	s	POLYURETHANE RESINS	=	3000.	(100.0%)	T
	s	ALYD RESINS	=	30000.	(100.0%)	T
0.	< s	BENZOIC ACID	<	5000.	(100.0%)	T
0.	< s	CELLULOSE FIBERS	<	40000.	(100.0%)	T
	s	UREAMINE - FORMALDEHYDE RESIN	=	10000.	(100.0%)	T
	s	SAN	=	5000.	(100.0%)	T
0.	< s	POLYACRYLATE LATEX	<	20000.	(100.0%)	T
0.	< s	POLYACRYLATE PELLETS	<	20000.	(100.0%)	T
100000.	< s	POLYETHYLENE LD	<	240000.	(75.0%)	T
0.	< s	POLYCARBONATE	<	10000.	(100.0%)	T
0.	< s	CELLULOSE ACETATE	<	20000.	(0.0%)	T
	s	NYLON 6 CHIPS	=	25000.	(100.0%)	T
0.	< p	BENZENE	<	90000.	(94.1%)	T
0.	< p	ETHANE	<	70000.	(0.0%)	T
0.	< p	ETHYLENE	<	50000.	(100.0%)	T
0.	< s	ISOBUTANE	<	100000.	(100.0%)	T
0.	< p	METHANOL	<	80000.	(100.0%)	T
450000.	< s	METHYL TERTIARY-BUTYL STYRENE(MTBS)	<	550000.	(92.0%)	T
0.	< p	NAPHTHA ,LIGHT	<	2400000.	(0.0%)	T
0.	< p	NAPHTHA ,WIDE RANGE	<	1000000.	(0.0%)	T
0.	< p	NAPHTHA HEAVY CUT (NAPHTHENIC)	<	1000000.	(64.4%)	T
0.	< p	NAPHTHA HEAVY CUT (PARAFFINIC)	<	1000000.	(0.0%)	T
0.	< p	PROPANE	<	2000000.	(59.5%)	T
0.	< p	TOLUENE	<	5000.	(0.0%)	T
0.	< p	XYLENE MIXED	<	240000.	(100.0%)	T
	p	XYLENE-P	=	30000.	(100.0%)	T
0.	< p	GAS OIL	<	1000000.	(0.0%)	T
0.	< p	BUTANES	<	2200000.	(54.5%)	T

Comment :

Experiment C_Bb_1
 Scenario - 'Bb' modified
 (PVC substitution by PELLD, SBR, HSR)

Experiment C_Bb_2

Fractional Optimization

Maximize:

FDA Yearly Profit	mil. U.S.
-----	1.152
Investment	mil. \$

Scenario:

0.	< s	ACETIC ACID	<	1000.	(0.0%)	T
0.	< s	ACETONE	<	1000.	(0.0%)	T
	s	ACRYLONITRILE-BUTADIENE-STYRENE(ABS)	=	15000.	(100.0%)	T
	s	ACRYLONITRILE	=	35000.	(100.0%)	T
0.	< s	ACETYLSALICYLIC ACID	<	500.	(0.0%)	T
0.	< s	PRIMARY ALCOHOL SULFONATE SODIUM SALT	<	40000.	(100.0%)	T
	s	BUTYL ACETATE NORMAL	=	3000.	(100.0%)	T
	s	CARBON BLACK (CBF)	=	45000.	(100.0%)	T
0.	< p	CHLORINE	<	20000.	(100.0%)	T
	s	METHYLENE CHLORIDE	=	2000.	(100.0%)	T
0.	< s	CITRIC ACID	<	5000.	(0.0%)	T
	s	DI-OCTYL PHTHALATE(DOP)	=	40000.	(100.0%)	T
	s	EPXY LIQUID, DGEBA	=	3000.	(100.0%)	T
	s	HIGH STYRENE-BUTADIENE RUBBER	=	10000.	(100.0%)	T
	s	ETHYL ACETATE	=	7000.	(100.0%)	T
0.	< s	ETHYLENE GLYCOL	<	10000.	(0.0%)	T
1000.	< s	FORMIC ACID (IN 55%)	<	3000.	(33.3%)	T
0.	< s	GLYCERIN	<	1000.	(0.0%)	T
0.	< s	ISOPRENE	<	2000.	(0.0%)	T
0.	< s	METHYL ETHYL KETONE	<	1000.	(0.0%)	T
0.	< s	METHYL METHACRYLATE	<	2000.	(0.0%)	T
0.	< s	MONOPHENOL ETHOXYLATE	<	20000.	(54.1%)	T
	s	PHENOL-FORMALDEHYDE SYRUP	=	9000.	(100.0%)	T
121000.	< s	POLYETHYLENE TEREPHTHALATE MELT	<	150000.	(81.0%)	T
140000.	< s	POLYETHYLENE, HI DENSITY (POWDER)	<	253000.	(71.1%)	T
111000.	< s	POLYETHYLENE, LINEAR LD	<	183000.	(100.0%)	T
12500.	< s	POLYETHYLENE TEREPHTHALATE SHEET	<	15000.	(83.3%)	T
110000.	< s	POLYOL, TRIFUNCTIONAL POLYETHER	<	140000.	(78.6%)	T
180000.	< s	POLYPROPYLENE	<	220000.	(99.3%)	T
127000.	< s	POLYSTYRENE HIGH IMPACT	<	170000.	(82.5%)	T
60000.	< s	POLYVINYL ACETATE LATEX AS 100%	<	30000.	(75.0%)	T
0.	< s	PRIMARY ALCOHOL ETHOXYLATE	<	30000.	(100.0%)	T
	s	POLYVINYL CHLORIDE	=	105000.	(100.0%)	T
0.	< s	PRIMARY ALCOHOL ETHOXYSULFATE	<	30000.	(100.0%)	T
0.	< s	PROPYLENE GLYCOL	<	2000.	(0.0%)	T
0.	< s	SOAP	<	40000.	(100.0%)	T
	s	SODIUM ACETOACRYLATE SULFONATE	=	45000.	(100.0%)	T
61000.	< s	STYRENE-BUTADIENE RUBBER	<	100000.	(63.0%)	T
	s	TOLUENE DICRYANATE-TDI	=	50000.	(100.0%)	T
0.	< s	TETRAHYDROFUR	<	2000.	(0.0%)	T
	s	UNSATURATED POLYESTER	=	40000.	(100.0%)	T

	s	FORMALDEHYDE RESIN STUFF	=	20000.	(100.0%)	T
	s	POLYCHLOROPRENE	=	5000.	(100.0%)	T
	s	POLYBUTADIENE RESINS	=	8000.	(100.0%)	T
	s	MIXED RESINS	=	8000.	(100.0%)	T
1.	s	BENZOIC ACID	<	2000.	(100.0%)	T
2.	s	CELLULOSE FIBERS	=	40000.	(100.0%)	T
	s	MELAMINE - FORMALDEHYDE RESIN	=	10000.	(100.0%)	T
	s	SAN	=	5000.	(100.0%)	T
3.	s	POLYACRYLATE LATEX	=	20000.	(100.0%)	T
4.	s	POLYACRYLATE PELLETS	=	20000.	(79.1%)	T
140000.	s	POLYETHYLENE LD	=	240000.	(59.0%)	T
5.	s	SULFATE SALT	<	10000.	(100.0%)	T
6.	s	CELLULOSE ACETATE	<	20000.	(0.0%)	T
	s	NYLON 6 CLOTH	=	25000.	(100.0%)	T
7.	p	BENZENE	<	30000.	(35.1%)	T
8.	p	ETHANE	<	70000.	(0.0%)	T
9.	p	ETHYLENE	<	50000.	(98.4%)	T
0.	s	ISOBUTANE	<	10000.	(100.0%)	T
0.	p	METHANE	<	80000.	(100.0%)	T
150000.	s	METHYL METHACRYLATE-BUTYL ACRYLATE MIXED	<	550000.	(100.0%)	T
0.	p	NAPHTHA HEAVY OIL (NAPHTHENE)	<	1000000.	(61.2%)	T
0.	p	PROPANE	<	2000000.	(57.0%)	T
0.	p	TOLUENE	<	5000.	(0.0%)	T
0.	p	XYLENE MIXED	<	240000.	(100.0%)	T
	p	XYLENE-P	=	30000.	(100.0%)	T
0.	p	BUTANE	<	1000000.	(57.9%)	T

Comment :

Experiment C_Bb_2
Scenario - 'Bb' modified

Experiment C_Db_3

Fractional Optimization

Maximize:

PDA Yearly Profit mil.L.C.
 ----- : 9.153 -----
 Investment mil.\$

Scenario:

0.	< p	BENZENE	<	90000.	(100.0%)	T
0.	< p	BUTANE	<	2200000.	(83.7%)	T
0.	< p	CHLORINE	<	20000.	(100.0%)	T
0.	< p	CONDENSATE	<	1000000.	(0.0%)	T
0.	< p	ETHANE	<	70000.	(0.0%)	T
0.	< p	ETHYLENE	<	50000.	(100.0%)	T
0.	< p	GAS OIL	<	1000000.	(0.0%)	T
0.	< p	METHANOL	<	80000.	(100.0%)	T
0.	< p	NAPHTHA ,LIGHT	<	2000000.	(0.0%)	T
0.	< p	NAPHTHA ,WIDE RANGE	<	1000000.	(0.0%)	T
0.	< p	NAPHTHA HEARTCUT (NAPHTHENIC)	<	1000000.	(49.8%)	T
0.	< p	PROPANE	<	2000000.	(36.4%)	T
0.	< p	TOLUENE	<	5000.	(0.0%)	T
	p	XYLENE MIXED	=	246000.	(100.0%)	T
	p	XYLENE-P	=	38000.	(100.0%)	T
0.	< s	ACETIC ACID	<	1000.	(0.0%)	T
0.	< s	ACETONE	<	1000.	(0.0%)	T
0.	< s	ACETYLSALICILIC ACID	<	500.	(0.0%)	T
	s	ACRYLONITRILE	=	35000.	(100.0%)	T
	s	ACRYLONITRILE-BUTADIENE-STYRENE(ABS)	=	15000.	(100.0%)	T
	s	ALKYD RESINS	=	88000.	(100.0%)	T
0.	< s	BENZOIC ACID	<	2000.	(100.0%)	T
	s	BUTYL ACETATE(NORMAL)	=	3000.	(100.0%)	T
	s	CARBON BLACK (HAF)	=	45000.	(100.0%)	T
0.	< s	CELLULOSE ACETATE	<	20000.	(0.0%)	T
0.	< s	CELLULOSE FIBERS	<	46000.	(100.0%)	T
0.	< s	CITRIC ACID	<	5000.	(0.0%)	T
	s	DI-OCTYL PHTHALATE(DOP)	=	40000.	(100.0%)	T
	s	EPOXY ,LIQUID, DGEBA	=	8000.	(100.0%)	T
	s	ETHYL ACETATE	=	7000.	(100.0%)	T
0.	< s	ETHYLENE GLYCOL	<	10000.	(0.0%)	T
1000.	< s	FORMIC ACID (IN 85%)	<	3000.	(33.3%)	T
0.	< s	GLYCERIN	<	1000.	(0.0%)	T
	s	HIGH STYRENE-BUTADIENE RUBBER	=	10000.	(100.0%)	T
0.	< s	ISOPROPANOL	<	2000.	(0.0%)	T
	s	MELAMINE - FORMALDEHYDE RESIN	=	10000.	(100.0%)	T
0.	< s	METHYL ETHYL KETONE	<	1000.	(0.0%)	T
0.	< s	METHYL METHACRYLATE	<	2000.	(0.0%)	T
450000.	< s	METHYL TERTIARY-BUTYL ETHER(MTBE)	<	550000.	(81.6%)	T
	s	METHYLENE CHLORIDE	=	2000.	(100.0%)	T
0.	< s	NONYLPHENOL ETHOXYLATE	<	20000.	(54.1%)	T

	s NYLON 6 CHIPS	=	25000.	(100.0%)	T
	s PERCHLOROPHTHYLENE	=	5000.	(100.0%)	T
	s PHENOL-FORMALDEHYDE RESIN	=	30000.	(100.0%)	T
0.	< s POLYACRYLATE LATEX	<	20000.	(100.0%)	T
0.	< s POLYACRYLATE PELLETS	<	20000.	(50.0%)	T
0.	< s POLYCARBONATE	<	10000.	(0.0%)	T
140000.	< s POLYTETYLENE LD	<	240000.	(50.0%)	T
121000.	< s POLYTETYLENE TEREPHTHALATE MELT	<	150000.	(31.0%)	T
180000.	< s POLYTETYLENE, HI DENSITY (POWDER)	<	250000.	(71.1%)	T
111000.	< s POLYTETYLENE, LINEAR LD	<	130000.	(100.0%)	T
12500.	< s POLYMETHYLENEBISACRYLATE RESIN	<	15000.	(30.0%)	T
110000.	< s POLIOL, TRIFUNCTIONAL POLYETHER	<	140000.	(70.0%)	T
130000.	< s POLYPROPYLENE	<	220000.	(31.0%)	T
127000.	< s POLYSTYRENE HIGH IMPACT	<	170000.	(32.0%)	T
	s POLYURETHANE RESINS	=	3000.	(100.0%)	T
60000.	< s POLYVINYL ACETATE LATEX AS 100%	<	300000.	(75.0%)	T
	s POLYVINYL CHLORIDE	=	100000.	(100.0%)	T
0.	< s PRIMARY ALCOHOL ETHANOLATE	<	30000.	(100.0%)	T
0.	< s PRIMARY ALCOHOL ETHANOLSULFATE	<	30000.	(100.0%)	T
0.	< s PRIMARY ALCOHOL SULFONATE SODIUM SALT	<	40000.	(100.0%)	T
0.	< s PROPYLENE GLYCOL	<	2000.	(0.0%)	T
	s SAN	=	5000.	(100.0%)	T
0.	< s SOAP	<	40000.	(100.0%)	T
	s SODIUM ALKYL BENZYL SULFONATE	=	45000.	(100.0%)	T
63000.	< s STYRENE-BUTADIENE RUBBER	<	100000.	(60.0%)	T
	s TOLUENE DIISOCYANATE (TDI)	=	60000.	(100.0%)	T
	s UNSATURATED POLYESTER	=	40000.	(100.0%)	T
	s UREA-FORMALDEHYDE RESIN SYRUP	=	22000.	(100.0%)	T

Comment :

Experiment C_Bb_3

Scenario - 'Bb' modified as for experiment C_Bb_2

Sale of isobutane unlimited

C4. Comparison of C_Bb_3 experiments.

	C_Bb_0	C_Bb_1	C_Bb_2	C_Bb_3
Simple Rate of Return	0.125	0.130	0.152	0.153

GLOBAL RESULTS

PDA Yearly Profit	mil.L.C.	573	623	722	687
PDA Value Added	mil.L.C.	1635	1732	1312	1703
Investment	mil.\$	4323	4733	4756	4477
Energy Consumption	TJ	24135	22315	25579	21353
Yearly Import	mil.\$	253	260	269	266
Energy Input	TJ	24135	22315	22570	21358
Yearly Domestic Purchase	mil.L.C.	811	609	776	736
Yearly Domestic Sale	mil.L.C.	2336	2971	3035	2942

IMPORT

ACETONITRILE	T	39	51	51	51
ACTIVATED CARBON	T	24	22	13	13
ALUMINUM PELLETS	T	218	218	131	131
ALUMINUM TRIETHYL CATALYST	T	18	25	42	42
ALUMINUM TRIETHYL	T	3437	3437	14112	14112
ANTHONY TRIOXIDE	T	36	40	36	36
BENTONITE	T	2244	1491	1491	1491
BENZOYL PEROXIDE	T	283	283	237	193
BUTANOL-N	T	9739	4139	0	0
BUTYL STEARATE	T	127	139	140	140
BUTYL-T CATECHOL	T	0	12	12	12
CATALYST AND CHEMICALS	\$	25379590	28989206	31100022	23384072
CATALYST(ALK)	T	16	20	21	21
CELLULOSE	T	55200	55200	55200	55200
CHEMICALS	\$	9574104	8871048	9464034	9374313
COBALT ACETATE. 4R20	T	89	98	89	89
DICHLOROBENZENE-O	T	783	783	783	783
DIIPC	T	44	29	29	29
DISODIUM PHOSPHATE	T	400	400	317	237
EMULSIFIER	T	2400	2400	2400	2400
FATTS	T	52170	54088	54088	54088
HPHC	T	179	119	119	119
HYDROBROMIC ACID	T	1160	1274	1165	1165
HYDROQUINONE	T	58	58	60	58
ION-EXCHANGE RESIN	T	1	1	0	0
ISOPROPANOL	T	473	473	473	473
LINEN OIL	T	52800	52800	52800	52800
MAGNESIUM ACETATE. 4R20	T	4	5	4	4
MAGNESIUM SILICATE	T	1740	1740	1740	1740
MELANINE	T	7000	7000	7000	7000
MEMBRANE	SQCM	61763000	38530216	36530728	35362408
METHACRYLIC ACID	T	300	300	300	300
METHYL ISOBUTYL KETONE	T	268	268	268	268

NBA-NBA COPOLYMERS	T	9	6	6	9
MOLASSES	T	225	225	225	225
POLYMER POWDER	T	0	1	2	2
NAPHTHENIC ACID	T	0	146	153	153
NOBENE (PROPYLENE TRIMER)	T	4223	4228	2233	2233
OCTANE-3	T	0	73	77	77
OCTANOIC ACID	T	335	335	223	223
OXALIC ACID	T	10	10	20	20
OXIDIZED STARCH	T	3600	3600	3600	3600
PD CATALYST, TDA	T	39	39	39	39
PHOSPHORIC ACID CATALYST	T	65	65	60	48
POLYBUTADIENE	T	1026	11294	11374	11374
POLYVINYL ALCOHOL	T	130	130	142	137
POTASSIUM HYDROXIDE	T	2444	2444	2433	2433
POTASSIUM PERSULFATE	T	644	644	644	644
SILICA GEL	T	118	118	66	66
SODIUM	T	20	20	20	20
SODIUM DIHYDROPHOSPHATE	T	94	94	94	94
SOYBEAN OIL	T	127	139	140	140
STABILIZER, SBR	T	560	818	318	313
STEARIC ACID	T	440	440	348	263
SULPOLANE	T	29	25	24	13
SULFUR	T	82559	82316	31577	73606
TERT-BUTYL MERCAPTAN	T	44	44	35	25
TETRAETHYL TITANATE	T	16	22	36	35
THAC	T	26	26	26	26
TRIPHENYLETHANE	T	0	27	28	23

DOMESTIC PURCHASE

AIR	T	989290	972736	960319	360123
AMMONIA	T	64138	64073	70023	63379
BENZENE	T	28006	84725	31582	90000
BUTANES	T	960649	1188944	1273408	1841381
CARBON BLACK OIL	T	47707	47513	49491	45390
CHLORINE	T	20000	20000	20000	20000
COOLING WATER	M3	767115520	785954752	790030848	763876160
ELECTRICITY	KWh	2579838720	2246048510	2182223360	2103440000
EPICHLOROHYDRIN	T	4444	4444	4444	4444
ETHANOL	T	21318	21318	0	25349
ETHYLENE	T	50000	50000	49295	50000
FUEL	T-cal	805048640	721238720	669079360	655320000
HYDROCHLORIC ACID	T	10517	6703	6552	6335
HYDROGEN (IN OFF-GAS)	M3	0	0	37471384	12988476
INERT GAS	M3	47834416	68395920	70251936	67732472
KEROSENE	T	1062	1062	1765	1765
LIME	T	117769	28784	28006	28006
METHANE	T	10821	10882	7512	6380
METHANOL	T	80000	80000	80000	80000
N-PARAFFINES	T	43703	43703	25222	25222
NAPHTHA HEARTCUT (NAPHTHENIC)	T	755145	643835	612335	438398
NATURAL GAS	T-cal	7680610300	8016580610	8038647310	7336122750
NITRIC ACID(60%)	T	14226	14226	14226	14226
NYLON 6 WASTE	T	1625	1625	1625	1625

GLUSH	T	32232	32232	32232	32232
PHOSPHORIC ACID (INDUSTRIAL GR)	T	93	93	142	114
POTASSIUM CARBONATE	T	135	142	138	133
PROCESS WATER	m3	63057024	58535072	52473372	58297352
PROPANE	T	1233148	1171341	1149553	726423
SALT	T	909296	576548	546546	539272
SODIUM DICARBONATE	T	214	214	214	214
SODIUM BISULFITE	T	44	44	44	44
SODIUM CARBONATE	T	18962	14517	13689	13571
SODIUM HYDROGEN SULFIDE	T	21	23	21	21
STEAM	T	6345230	6294491	6339919	6194959
SULFUR TRIOXIDE	T	26788	26788	27949	27949
TITANIUM DIOXIDE	T	508	559	510	510
UREA	T	12430	12430	12430	12430
WATER BOILER FEED	m3	15506	15500	15500	15500
WATER DEIONIZED	m3	267000	309820	309820	309820
XYLENE MIXED	T	246000	246000	246000	246000
XYLENE-P	T	27581	30900	32000	30900

DOMESTIC S A L E

ACRYLONITRILE	T	15000	15000	35000	35000
ACRYLONITRILE-BUTADIENE-STYRENE	T	15000	15000	15000	15000
ALKYD RESINS	T	80000	80000	80000	80000
ALUMINA	T	3419	3157	5409	5499
AMMONIUM BISULFATE	T	42435	42435	38138	34026
AMMONIUM SULFATE	T	104280	104280	104280	104280
AROMATIC SOLVENTS	T	406591	372809	310312	313312
BENZOIC ACID	T	2000	2000	2000	2000
BTX RAFFINATE	T	124494	106144	100960	82165
BUTANOL-N	T	0	0	2502	2502
BUTYL ACETATE(NORMAL)	T	3000	3000	3000	3000
C4 FRACTION	T	17105	0	0	22393
C4 RAFFINATE PUGH HYDR UNIT	T	28774	36937	36937	36937
C9 AROMATICS CRUDE	T	24354	20764	19750	16073
CARBON BLACK (NAP)	T	45000	45000	45000	45000
CARBON DIOXIDE	T	42632	44690	43460	43460
CARBON TETRACHLORIDE	T	664	664	664	664
CAUSTIC SODA	T	295980	136191	121621	122484
CELLULOSE FIBERS	T	46000	46000	46000	46000
CHLOROPHEN	T	1082	1082	1082	1082
DI-BUTYL PHTHALATE	T	23000	13000	0	0
DI-OCTYL PHTHALATE(DOP)	T	60000	60000	49000	43000
DICHLOROPROPYLENES	T	17114	10019	9748	9748
DIMETHYLENE GLYCOL	T	4539	4985	4617	4617
EPOXY ,LIQUID. DGEBA	T	8000	8000	8000	8000
ETHYL ACETATE	T	7000	7000	7000	7000
FORMALIC ACID (IN 35%)	T	1000	1000	1000	1000
FUEL GAS	T-cal	1684420860	1555063170	1827922050	1413297020
GLYCERIN	T	1000	1000	0	0
GLYCERIN CRUDE	T	7391	7662	7662	7662
HCL ACID (as 19.6%)	T	3600	3600	3600	3600
HEAVY END FUEL	T	32	32	32	32
HEAVY ENDS CREDIT	T	3165	3165	2390	2343

HIGH STYRENE-BUTADIENE COPOLYMER	T	0	10000	13300	10000
HYDROCHLORIC ACID (DILUTE)	T	81761	81761	81115	81119
HYDROGEN-DICHLORIDE GAS	T-cal	1377616770	1174554110	1117196540	399212736
ISOBUTANE	T	50000	100000	100000	337365
ISOBUTANOL	T	439	439	233	233
MELANINE - FORMALDEHYDE RESIN	T	10000	10000	10000	10000
METHYL ACETATE	T	2010	2036	2012	2013
METHYL TERTIARY-BUTYL ETHER	T	450000	507713	550000	450000
METHYLENE CHLORIDE	T	2000	2000	2000	2000
NITRIC ACID (DILUTE)	T	1125	1125	1125	1125
NONYLPHENOL ETHOXYLATE	T	20000	20000	10000	10020
NYLON 6 CHIPS	T	25000	25000	25000	25000
PERCHLOROETHYLENE	T	5000	5000	5000	5000
PERMOL	T	2756	2756	0	0
PHENOL-FORMALDEHYDE SYRUP	T	9000	9000	3000	9000
POLYACRYLATE LATEX	T	20000	20000	20000	20000
POLYACRYLATE PELLETS	T	20000	20000	15025	11040
POLYCARBONATE	T	10000	10000	10000	0
POLYETHYLENE LD	T	102000	102000	100000	100000
POLYETHYLENE TEREPHTHALATE MELT	T	121000	132000	121501	121501
POLYETHYLENE, HI DENSITY (POWD)	T	253000	253000	100000	100000
POLYETHYLENE, LINEAR LD	T	81000	111000	100000	100000
POLYETHYLENETHACRYLATE SHEET	T	12500	12500	12500	12500
POLYPROPYLENE	T	137000	100000	213443	100000
POLYSTYRENE HIGH IMPACT	T	127000	139434	140422	140422
POLYURETHANE RESINS	T	3000	3000	3000	3000
POLYVINYL ACETATE LATEX AS 1	T	60000	60000	60000	60000
POLYVINYL CHLORIDE	T	150000	105000	105000	135000
PRIMARY ALCOHOL ETHOXYLATE	T	20000	20000	30000	30000
PRIMARY ALCOHOL ETHOXYSULFATE	T	20000	20000	30000	30000
PRIMARY ALCOHOL SULFONATE SODI	T	20000	20000	40000	40000
PROPYLENE OXIDE IN SOLUTION(IN	T	1485	1485	1485	1485
PROPYLENE, (DILUTE)	T	222	222	233	233
PURGE ETHYLENE	T	5688	5688	4579	4579
PYROLYSIS GASOLINE	T	105200	103500	90023	101664
SAN	T	5000	5000	5000	5000
SOAP	T	40000	40000	40000	40000
SODIUM ALKYLARYL SULFONATE	T	75000	75000	45000	45000
SODIUM FORMATE	T	10560	10560	10560	10560
STYRENE-BUTADIENE RUBBER	T	50000	63000	63000	63000
SULFURIC ACID(IN 65%)	T	3456	2160	2044	2013
TAIL G.	T-cal	7946301820	8108155390	8032503860	7535631360
TOLUENE DIAMINE (CRUDE)	T	5281	5281	5281	5281
TRIMETHYLENE GLYCOL	T	1190	1307	1210	1210
UNSATURATED POLYESTER	T	20000	20000	40000	40000
UREA-FORMALDEHYDE RESIN SYRUP	T	22000	22000	22000	22000

C5. Scenarios for C_UR_8 experiments.

Experiment C_UR_0 (UNIDO scenario)

F r a c t i o n a l O p t i m i z a t i o n

Maximize:

PBA Yearly Profit		mil.L.C.
-----	=	0.171 -----
Investment		mil.\$

Scenario:

0.	< e	BENZOIC ACID	<	2000.	(100.0%)	T
0.	< e	CAPROLACTAN	<	20000.	(0.0%)	T
0.	< e	ISOBUTANE	<	50000.	(100.0%)	T
250000.	< e	METHYL TERTIARY-BUTYL ETHER(MTBE)	<	300000.	(100.0%)	T
0.	< e	POLYETHYLENE, LINEAR LD	<	15000.	(100.0%)	T
	e	STYRENE-BUTADIENE RUBBER	=	20000.	(100.0%)	T
0.	< p	BENZENE	<	90000.	(100.0%)	T
0.	< p	BUTANES	<	2230000.	(57.3%)	T
0.	< p	CHLORINE	<	20000.	(100.0%)	T
0.	< p	ETHANE	<	70000.	(0.0%)	T
0.	< p	ETHYLENE	<	50000.	(0.0%)	T
0.	< p	METHANOL	<	80000.	(100.0%)	T
0.	< p	PROPANE	<	2000000.	(11.1%)	T
0.	< p	TOLUENE	<	5000.	(15.7%)	T
0.	< p	XYLENE MIXED	<	246000.	(83.3%)	T
0.	< p	XYLENE-P	<	38000.	(14.4%)	T
0.	< s	ACETIC ACID	<	1000.	(0.0%)	T
0.	< s	ACETYLSALICILIC ACID	<	500.	(0.0%)	T
15000.	< s	ACRYLONITRILE	<	50000.	(36.3%)	T
	s	ACRYLONITRILE-BUTADIENE-STYRENE(ABS)	=	10000.	(100.0%)	T
0.	< s	ADIPIC ACID	<	100.	(100.0%)	T
	s	ALKYD RESINS	=	20000.	(100.0%)	T
1.00E+05	< s	AROMATIC SOLVENTS	<	none	(0.0%)	T
	s	BENZOIC ACID	=	2000.	(100.0%)	T
	s	BUTYL ACETATE(NORMAL)	=	3000.	(100.0%)	T
	s	CAPROLACTAN	=	30000.	(100.0%)	T
	s	CARBON BLACK (NAP)	=	30000.	(100.0%)	T
0.	< s	CELLOULOSE ACETATE	<	20000.	(0.0%)	T
	s	CELLOULOSE FIBERS	=	46000.	(100.0%)	T
	s	CITRIC ACID	=	5000.	(100.0%)	T
	s	DI-BUTYL PHTHALATE	=	3000.	(100.0%)	T
	s	DI-ETHYLBUTYL ADIPATE	=	5000.	(100.0%)	T
	s	DI-OCTYL PHTHALATE(DOP)	=	40000.	(100.0%)	T
	s	EPOXY ,LIQUID, DGEBA	=	20000.	(100.0%)	T
	s	ETHYL ACETATE	=	7000.	(100.0%)	T
0.	< s	ETHYLENE GLYCOL	<	20000.	(99.5%)	T

1999.	< s	FORMIC ACID (IN 35%)	<	3000.	(33.3%)	T
9.	< s	GLYCERIN	<	1000.	(0.0%)	T
0.	< s	ISOBUTANE	<	50000.	(100.0%)	T
	s	UREA-FORMALDEHYDE RESIN	=	10000.	(100.0%)	T
	s	METHYL ETHYL KETONE	=	1000.	(100.0%)	T
	s	METHYL METHACRYLATE	=	2000.	(100.0%)	T
	s	METHYL TERTIARY-BUTYL ETHER (MTBE)	=	295000.	(100.0%)	T
	s	METHYLENE CHLORIDE	=	2000.	(100.0%)	T
0.	< s	NONYLPHENOL ETHOXYLATE	<	20000.	(100.0%)	T
	s	PENCHELOSORTYLENE	=	5000.	(100.0%)	T
0.	< s	PHENOL	<	1000.	(0.0%)	T
	s	PHENOL-FORMALDEHYDE SYRUP	=	10000.	(100.0%)	T
	s	POLYETHYLENE TEREPHTHALATE MELT	=	40000.	(100.0%)	T
	s	POLYETHYLENE, HI DENSITY (POWDER)	=	60000.	(100.0%)	T
	s	POLYETHYLENE, LINEAR LD	=	190000.	(100.0%)	T
	s	POLYETHYLENETHACRYLATE SHEET	=	5000.	(100.0%)	T
	s	POLYPROPYLENE	=	80000.	(100.0%)	T
	s	POLYSTYRENE HIGH IMPACT	=	40000.	(100.0%)	T
50000.	< s	POLYURETHANE RESINS	<	50000.	(83.8%)	T
	s	POLYVINYL ACRYATE LATEX AS 100%	=	40000.	(100.0%)	T
	s	POLYVINYL CHLORIDE	=	50000.	(100.0%)	T
	s	PRIMARY ALCOHOL ETHOXYLATE	=	20000.	(100.0%)	T
	s	PRIMARY ALCOHOL ETHOXYLSULFATE	=	20000.	(100.0%)	T
	s	PRIMARY ALCOHOL SULFONATE SODIUM SALT	=	20000.	(100.0%)	T
0.	< s	PROPYLENE GLYCOL	<	2000.	(0.0%)	T
0.	< s	SOAP	<	40000.	(100.0%)	T
	s	SODIUM ALKYLBENZYL SULFONATE	=	40000.	(100.0%)	T
	s	STYRENE-BUTADIENE RUBBER	=	30000.	(100.0%)	T
	s	UNSATURATED POLYESTER	=	20000.	(100.0%)	T
	s	UREA-FORMALDEHYDE RESIN SYRUP	=	13000.	(100.0%)	T

Comment :

Experiment C_Bb_0
 Scenario - UNIDO
 Existing production capacity were assumed
 (as for experiment C_Bb_0)

Experiment C_00_1

Fractional Optimization

Maximize:

PDA Yearly Profit mil.L.C.
 ----- = 9.213 -----
 Investment mil.\$

Scenario:

0. < e	ALKYD RESINS	<	20000.	(100.0%)	T
0. < e	BENZOIC ACID	<	2500.	(100.0%)	T
0. < e	CAPROLACTAM	<	20000.	(0.0%)	T
0. < e	EPOXY LIQUID, DGEBA	<	10000.	(0.0%)	T
0. < e	HIGH STYRENE-BUTADIENE RUBBER	<	10000.	(100.0%)	T
0. < e	ISOBUTANE	<	50000.	(75.0%)	T
250000. < e	ETHYL TERTIARY-BUTYL ETHER(ETEE)	<	300000.	(89.3%)	T
0. < e	POLYETHYLENE, LINEAR LD	<	20000.	(89.9%)	T
0. < e	POLYPROPYLENE	<	20000.	(0.0%)	T
0. < e	POLYSTYRENE HIGH IMPACT	<	20000.	(100.0%)	T
0. < e	POLYURETHANE RESINS	<	20000.	(100.0%)	T
0. < e	PRIMARY ALCOHOL ETHOYLATE	<	10000.	(100.0%)	T
0. < e	PRIMARY ALCOHOL ETHOXY SULFATE	<	10000.	(100.0%)	T
10000. < e	STYRENE-BUTADIENE RUBBER	<	20000.	(50.0%)	T
0. < e	UNSATURATED POLYESTER	<	20000.	(100.0%)	T
0. < p	BENZENE	<	90000.	(100.0%)	T
0. < p	BUTANES	<	2200000.	(49.0%)	T
0. < p	CHLORINE	<	20000.	(100.0%)	T
0. < p	ETHANE	<	70000.	(0.0%)	T
0. < p	ETHYLENE	<	50000.	(100.0%)	T
0. < p	METHANOL	<	80000.	(100.0%)	T
0. < p	NAPHTHA HEARTCOY (NAPHTHENIC)	<	1000000.	(21.1%)	T
0. < p	PROPANE	<	2000000.	(13.1%)	T
0. < p	TOLUENE	<	5000.	(0.0%)	T
0. < p	XYLENE MIXED	<	240000.	(99.8%)	T
0. < p	XYLENE-P	<	30000.	(1.0%)	T
0. < s	ACRYIC ACID	<	1000.	(0.0%)	T
0. < s	ACETYSALICILIC ACID	<	500.	(0.0%)	T
15000. < s	ACRYLONITRILE	<	50000.	(36.3%)	T
	s ACRYLONITRILE-BUTADIENE-STYRENE(ABS)	=	10000.	(100.0%)	T
0. < s	ADIPIC ACID	<	100.	(0.0%)	T
	s ALKYD RESINS	=	20000.	(100.0%)	T
1.000+05 < s	AROMATIC SOLVENTS	<	none	(0.0%)	T
	s BENZOIC ACID	=	2000.	(100.0%)	T
	s BUTYL ACETATE(NORMAL)	=	3000.	(100.0%)	T
	s CAPROLACTAM	=	30000.	(100.0%)	T
	s CARBON BLACK (NAP)	=	30000.	(100.0%)	T
0. < s	CELLULOSE ACETATE	<	20000.	(0.0%)	T
	s CELLULOSE FIBERS	=	40000.	(100.0%)	T
	s CITRIC ACID	=	5000.	(100.0%)	T
	s DI-BUTYL PHTHALATE	=	3000.	(100.0%)	T

	s DI-STYRENYLS ADIPATE	=	5000.	(100.0%)	T
	s DI-OCTYL PHTHALATE(DOP)	=	40000.	(100.0%)	T
	s EPOXY LIQUID. DGE5A	=	20000.	(100.0%)	T
	s ETHYL ACETATE	=	7000.	(100.0%)	T
0.	< s ETHYLENE GLYCOL	<	20000.	(70.7%)	T
1000.	< s FORMIC ACID (IN 35%)	<	3000.	(33.3%)	T
0.	< s GLYCERIN	<	1000.	(0.9%)	T
0.	< s ISOBUTANE	<	50000.	(100.0%)	T
	s UREMIUM - FORMALDEHYDE RESIN	=	10000.	(100.0%)	T
	s METHYL ETHYL KETONE	=	1000.	(100.0%)	T
	s METHYL METHACRYLATE	=	2000.	(100.0%)	T
	s METHYL TERPENE-BUTYL STEREBUTENE	=	200000.	(100.0%)	T
	s ETHYLENE CHLORIDE	=	2000.	(100.0%)	T
0.	< s METHYLENE BISHOXYLATE	<	20000.	(0.0%)	T
	s PERCHLOROETHYLENE	=	5000.	(100.0%)	T
0.	< s PHENOL	<	1000.	(0.0%)	T
	s PHENOL-FORMALDEHYDE STYRE	=	10000.	(100.0%)	T
	s POLYETHYLENE TEREPHTHALATE MELT	=	40000.	(100.0%)	T
	s POLYETHYLENE, HI DENSITY (POWDERED)	=	60000.	(100.0%)	T
	s POLYETHYLENE, LENSER LD	=	100000.	(100.0%)	T
	s POLYETHYLENETHACRYLATE SHEET	=	5000.	(100.0%)	T
	s POLYPROPYLENE	=	90000.	(100.0%)	T
	s POLYSTYRENE HIGH IMPACT	=	40000.	(100.0%)	T
50000.	< s POLYURETHANE RESINS	<	60000.	(88.2%)	T
	s POLYVINYL ACETATE LATEX AS 100%	=	40000.	(100.0%)	T
	s POLYVINYL CHLORIDE	=	50000.	(100.0%)	T
	s PRIMARY ALCOHOL ETHOXYLATE	=	20000.	(100.0%)	T
	s PRIMARY ALCOHOL ETHOXYLSULFATE	=	20000.	(100.0%)	T
	s PRIMARY ALCOHOL SULFONATE SODIUM SALT	=	20000.	(100.0%)	T
0.	< s PROPYLENE GLYCOL	<	2000.	(0.0%)	T
0.	< s SOAP	<	40000.	(100.0%)	T
	s SODIUM ALKYLARALKYL SULFONATE	=	40000.	(100.0%)	T
	s STYRENE-BUTADIENE RUBBER	=	30000.	(100.0%)	T
	s UNSATURATED POLYESTER	=	20000.	(100.0%)	T
	s UREA-FORMALDEHYDE RESIN SYRUP	=	10000.	(100.0%)	T

Comment :

Experiment C_UN_1

Scenario - UNIDO

(as for experiment C_UN_0 modified by potential export)

CS. Comparison of C_Db_2, C_UH_0 and C_UH_1 experiments.

	C_Db_2	C_UH_0	C_UH_1
Simple Rate of Return	0.152	0.171	0.213

GLOBAL RESULTS

PDA Yearly Profit	mil.L.C.	722	424	549
PDA Value Added	mil.L.C.	1312	1011	1154
Investment	mil.\$	4756	2430	2574
Energy Consumption	TJ	22679	11245	11759
Yearly Import	mil.\$	269	211	240
Energy Input	TJ	22670	11245	11759
Yearly Export	mil.\$	0	145	359
Yearly Domestic Purchase	mil.L.C.	776	451	491
Yearly Domestic Sale	mil.L.C.	3035	1520	1633

EXPORT

ALKYD RESINS	T	0	0	20000
BENZOIC ACID	T	0	2000	2000
HIGH STYRENE-BUTADIENE RUBBER	T	0	0	10000
ISOBUTANE	T	0	50000	39816
METHYL TERTIARY-BUTYL ETHER(MT)	T	0	300000	250000
POLYETHYLENE, LINEAR LD	T	0	15000	16187
POLYSTYRENE HIGH IMPACT	T	0	0	20000
POLYURETHANE RESINS	T	0	0	20000
PRIMARY ALCOHOL ETHOXYLATE	T	0	0	10000
PRIMARY ALCOHOL ETHOXYSULFATE	T	0	0	10000
STYRENE-BUTADIENE RUBBER	T	0	20000	10000
UNSATURATED POLYESTER	T	0	0	20000

IMPORT

ACETALDEHYDE	T	0	1528	3056
ACETONITRILE	T	51	0	33
ACTIVATED CARBON	T	13	13	13
ALUMINUM PELLETS	T	131	116	116
ALUMINUM TRIETHYL CATALYST	T	42	46	47
ALUMINUM TRIETHYL.	T	14112	8270	10914
ANTHONY TRIOXIDE	T	36	12	12
BENTONITE	T	1491	710	710
BENZOYL PEROXIDE	T	237	25	25
BUTYL STEARATE	T	140	40	60
BUTYL-T CATECHOL	T	12	4	7
CATALYST AND CHEMICALS	\$	31100022	24456988	27236516
CATALYST(ALK)	T	21	7	11
CELLULOSE	T	55200	55200	55200
CHEMICALS	\$	9464034	4715416	5593773
COBALY ACETATE.4H2O	T	89	29	29
COBALY NAPHTHENATE	T	0	2	2
DICHLOROBENZENE-O	T	703	207	301

DIIPC	T	29	14	14
DISODIUM PHOSPHATE	T	317	0	0
EMULSIFIER	T	2499	1600	1600
FATTS	T	54398	52170	52170
GLYCERIN	T	0	11592	16359
EPHC	T	119	57	57
HYDROBONIC ACID	T	1165	384	384
HYDROQUINONE	T	60	4	8
ION-EXCHANGE RESIN	T	0	1	1
ISOPROPANOL	T	473	1182	1132
LINEN OIL	T	52300	12000	24030
MAGNESIUM ACETATE.4H2O	T	4	1	1
MAGNESIUM SILICATE	T	1740	566	821
MELAMINE	T	7900	7000	7000
MEMBRANE	SOCH	36530729	3432745	10620560
METHACRYLIC ACID	T	300	0	0
METHYL ISOBUTYL KETONE	T	268	670	670
METHYL-N 2-PYRROLIDONE	T	0	8	0
MMA-MMA COPOLYMER	T	6	3	3
MOLASSES	T	225	20150	20150
MOLYBDENUM POWDER	T	2	1	1
NAPHTHENIC ACID	T	153	52	80
NONENE(PROPYLENE TRIMER)	T	2289	0	0
NOXYLPHENOL	T	0	7224	0
OCTANE-N	T	77	26	40
OCTANOIC ACID	T	223	255	255
OXALIC ACID	T	20	10	10
OXIDIZED STARCH	T	3600	2400	2400
PB CATALYST , TDA	T	39	10	15
PROSPHONIC ACID CATALYST	T	60	27	27
POLYBUTADIENE	T	11374	3240	4860
POLYVINYL ALCOHOL	T	142	0	0
POTASSIUM HYDROXIDE	T	2403	849	1189
POTASSIUM PERSULFATE	T	644	400	400
SILICA GEL	T	86	72	79
SODIUM	T	20	6	10
SODIUM DIHYDROPHOSPHATE	T	94	236	236
SOYBEAN OIL	T	140	40	60
STABILIZER, SBR	T	818	560	560
STEARIC ACID	T	348	0	0
SULPOLANE	T	24	11	8
SULFUR	T	81577	49932	50037
TERY-HEXADECYL MERCAPTAN	T	35	0	0
TETRA-BUTYL TITANATE	T	36	40	41
THAC	T	26	65	65
TRIPHENYLETHANE	T	28	10	15

DOMESTIC PURCHASE

AIR	T	360313	599423	553886
ANMONIA	T	70823	36910	38331
BENZENE	T	31582	90000	90000
BUTANES	T	1273408	1260808	1078721
CARBON BLACK OIL	T	43431	29618	32529

CAUSTIC SODA	T	0	29348	24546
CELOSINS	T	20000	20000	20000
COOLING WATER	M3	739030248	452392272	453915520
ELECTRICITY	kWh	2190223050	1805396570	1892524740
EPICHLORHYDRIN	T	4444	11110	11110
ETHANOL	T	0	13316	15037
ETHYLENE	T	49295	0	50000
FUEL	T-cal	663073060	254640256	3454125540
HYDROCHLORIC ACID	T	6552	370	351
HYDROGEN (IN OFF-GAS)	M3	37471334	0	11549913
INERT GAS	M3	79251936	33386798	33825534
KEROSENE	T	1765	1034	1385
LEAD	T	28036	2500	2500
METHANE	T	7512	1014	854
METHANOL	T	83090	80000	96000
N-PARAFFINS	T	26222	23300	23300
NAPHTHA NARTCOY (NAPHTHENC)	T	612395	0	216694
NATURAL GAS	T-cal	8933647310	4523697439	4733523269
NITRIC ACID(63%)	T	14226	5222	6857
NYLON 6 WASTE	T	1625	0	0
OLEFIN	T	32232	40800	49060
PHOSPHORIC ACID (INDUSTRIAL GR)	T	142	93	99
POTASSIUM CARBONATE	T	138	107	91
PROCESS WATER	M3	58473972	54131960	54243434
PROPANE	T	1140553	222317	262440
SALT	T	546546	147391	164585
SODIUM BICARBONATE	T	214	120	120
SODIUM BISULFITE	T	44	0	0
SODIUM CARBONATE	T	13689	3114	3360
SODIUM HYDROGEN SULFIDE	T	21	7	7
STEAM	T	6330919	3228037	3390590
SULFUR TRIOXIDE	T	27049	17572	17572
TITANIUM DIOXIDE	T	510	168	168
TOLUENE	T	0	787	0
UREA	T	12430	7345	7345
WATER BOILER FEED	M3	15500	15500	15500
WATER DEIONIZED	M3	389820	267259	267259
XYLENE MIXED	T	246000	205023	245405
XYLENE-P	T	38000	5488	0

DOMESTIC S A L E

ACETONE	T	0	3575	3575
ACRYLONITRILE	T	35000	18165	18165
ACRYLONITRILE-BUTADIENE-STYRENE	T	15000	10000	10000
ADIPIC ACID	T	0	100	0
ALKYD RESINS	T	88000	20000	20000
ALUMINA	T	5403	3237	4253
AMMONIUM BISULFATE	T	38138	8050	8050
AMMONIUM SULFATE	T	104290	52500	52500
AROMATIC SOLVENTS	T	310312	168910	233578
BENZOIC ACID	T	2900	2000	2000
BTE PAPPINATE	T	100960	5139	34734
BUTANOL-N	T	2502	472	802

BUTYL ACETATE(NORMAL)		3060	3030	3000
C4 ACRYLATION FEED	T	0	984	984
C4 RAFFINATE FROM MTBE UNIT	T	36937	0	22166
C9 AROMATICS CRUDE	T	19750	0	6735
CAPROLACTAM	T	0	33000	30000
CARBON BLACK (HAF)	T	45000	30000	30000
CARBON DIOXIDE	T	43160	33739	28769
CARBON TETRACHLORIDE	T	654	654	654
CAUSTIC SODA	T	121621	0	0
CELLULOSE PULP	T	46000	46000	46000
CHLOROPHEN	T	1032	1332	1932
CITRIC ACID	T	0	5000	5000
DI-BUTYL PHTHALATE	T	0	3000	3000
DI-ETHYLENYL ADIPATE	T	0	5000	5000
DI-OCTYL PHTHALATE(DOP)	T	40000	40000	40000
DICHLOROPROPYLENES	T	9748	0	0
DIETHYLENE GLYCOL	T	4617	3591	3056
EPOXY LIQUID, DGEBA	T	8000	20000	20000
ETHYL ACETATE	T	7000	7000	7000
ETHYLENE GLYCOL	T	0	19909	14138
FORMIC ACID (IN 85%)	T	1000	1000	1000
FUEL GAS	T-cal	1027922050	999235392	1113333890
GLYCERIN CRUDE	T	7662	7391	7391
HCL ACID (as 19.6%)	T	3600	3600	3600
HEAVY END FUEL	T	32	32	32
HEAVY ENDS CREDIT	T	2890	1322	1322
HIGH STYRENE-BUTADIENE RUBBER	T	10000	0	0
HYDROCHLORIC ACID (DILUTE)	T	81119	16987	23647
HYDROGEN-RICH GAS	T-cal	1117196540	0	384352896
ISOBUTANE	T	100000	50000	50000
ISOBUTANOL	T	293	334	334
MELAMINE - FORMALDEHYDE RESIN	T	10000	10000	10000
METHYL ACETATE	T	2012	0	0
METHYL ETHYL KETONE	T	0	1000	1000
METHYL METHACRYLATE	T	0	2000	2000
METHYL TERTIARY-BUTYL ETHER(MT)	T	550000	200000	200000
METHYLENE CHLORIDE	T	2000	2000	2000
MIXED BUTYLENES(BUTADIENE RAFF)	T	0	46167	0
MIXED DIBASIC ACID	T	0	334	319
NITRIC ACID (DILUTE)	T	1185	0	0
NONYLPHENOL ETHOXYLATE	T	10829	20000	0
NYLON 6 CHIPS	T	25000	0	0
PERCHLOROETHYLENE	T	5000	5000	5000
PHENOL-FORMALDEHYDE SYROP	T	9000	10000	10000
POLYACRYLATE LATEX	T	20000	0	0
POLYACRYLATE PELLETS	T	15825	0	0
POLYCARBONATE	T	10000	0	0
POLYETHYLENE LD	T	140000	0	0
POLYETHYLENE TEREPHTHALATE MEL	T	121501	40000	40000
POLYETHYLENE, HI DENSITY (POWD)	T	180000	60000	60000
POLYETHYLENE, LINEAR LD	T	183000	190000	190000
POLYETHYLENE/METHACRYLATE SHEET	T	12500	5000	5000
POLYPROPYLENE	T	218443	80000	80000
POLYSTYRENE HIGH IMPACT	T	140422	40000	40000

EMULSIFIERS RESINS	T	3900	50209	50245
EMULSIFY AGENTS LATEX AS I	T	60000	40000	40000
EMULSIFY RESORCIN	T	105000	50000	50000
EMULSIFY ALCOHOL ETHOXYLATE	T	30000	20000	20000
EMULSIFY ALCOHOL ETHOXYLSULFATE	T	30000	20000	20000
EMULSIFY ALCOHOL SULFONATE SODI	T	40000	20000	20000
EMULSIFY MIXES IN SOLUTION/IN	T	1400	400	700
EMULSIFY. (DILUTE)	T	000	00	100
EMULSIFY STYRENE	T	4500	200	000
EMULSIFY TAPOLINE	T	00000	0000	00000
GAS	T	000	0	0
GEL	T	40000	40000	40000
GELIN BENZOTRIENYL SULFONATE	T	40000	40000	40000
GELIN FORMATE	T	10000	2000	4000
GELIN-STYRENE RUBBER	T	00000	00000	00000
GELINIC ACID (IN 55%)	T	0044	500	504
TAPE GAS	T-cal	0032509060	300000000	3004400000
GELINIC DIAMINE (CRUDE)	T	5000	1000	2000
GELINIC ETHYLENE GLYCOL	T	1000	000	000
GELINICATED POLYESTER	T	40000	20000	20000
GELINIC-FORMALDEHYDE RESIN SYROP	T	20000	10000	10000
XYLENE-P	T	0	0	1000

C7. Influence of investment recalculation on main results of experiments (comparison of linear and nonlinear method).

Remark :

FCI values in brackets correspond to linear calculations.

Experiment C_Bb_0

PDA : Chemical & Petrochemical PDA - chpi_alg

Fixed Capital Investment - FCI :	4599.931 mln.\$	(4952.712)
Domestic Investment :	1757.123 mln.L.C.	
PDA Net Income - NI :	577.909 mln.L.C.	
NI/FCI :	0.126	(7.9 years)
PDA Import :	259.324 mln.\$	
PDA Domestic Sale :	2336.105 mln.L.C.	
Production Profit :	577.909 mln.L.C.	
Simple Rate of Return :	0.126	(7.9 years)
Production Import :	259.324 mln.\$	
Domestic Sale of Production :	2336.105 mln.L.C.	
Manufact. Value Added - MVA :	1693.856 mln.L.C.	
MVA/FCI :	0.369	
Gross Production Value - GPV :	4590.685 mln.L.C.	
MVA/GPV :	0.369	
Export :	0.000 mln.\$	
Domestic Purchase :	810.792 mln.L.C.	
Energy Consumption :	24135.416 TJ	
Direct Labour :	1267 men	

Experiment C_Bb_2

PDA : Chemical & Petrochemical PDA - chpi_alg

Fixed Capital Investment - FCI :	4518.870 mln.\$	(4755.638)
Domestic Investment :	1739.765 mln.L.C.	
PDA Net Income - NI :	721.748 mln.L.C.	
NI/FCI :	0.160	(6.3 years)
PDA Import :	268.908 mln.\$	
PDA Domestic Sale :	3035.136 mln.L.C.	
Production Profit :	721.748 mln.L.C.	
Simple Rate of Return :	0.160	(6.3 years)
Production Import :	268.909 mln.\$	
Domestic Sale of Production :	3035.136 mln.L.C.	
Manufact. Value Added - MVA :	1820.911 mln.L.C.	

NVA/FCI :	0.433	
Gross Production Value - GPV :	4739.278	mln.L.C.
NVA/GPV :	0.335	
Export :	0.030	mln.\$
Domestic Purchase :	775.929	mln.L.C.
Energy Consumption :	22679.352	TJ
Direct Labour :	1249	men

Experiment C_UH_0

PDA : Chemical & Petrochemical PDA - chpi_alg

Fixed Capital Investment - FCI :	2839.751	mln.\$ (2489.464)
Domestic Investment :	1093.304	mln.L.C.
PDA Net Income - NI :	424.455	mln.L.C.
NI/FCI :	0.149	(6.7 years)
PDA Import :	210.621	mln.\$
PDA Domestic Sale :	1619.717	mln.L.C.
Production Profit :	424.455	mln.L.C.
Simple Rate of Return :	0.149	(6.7 years)
Production Import :	210.621	mln.\$
Domestic Sale of Production :	1619.717	mln.L.C.
Manufact. Value Added - NVA :	397.138	mln.L.C.
NVA/FCI :	0.351	
Gross Production Value - GPV :	2585.810	mln.L.C.
NVA/GPV :	0.386	
Export :	145.445	mln.\$
Domestic Purchase :	450.912	mln.L.C.
Energy Consumption :	11245.034	TJ
Direct Labour :	1001	men

Experiment C_UH_1

PDA : Chemical & Petrochemical PDA - chpi_alg

Fixed Capital Investment - FCI :	2921.707	mln.\$ (2574.469)
Domestic Investment :	1124.857	mln.L.C.
PDA Net Income - NI :	549.032	mln.L.C.
NI/FCI :	0.188	(5.3 years)
PDA Import :	240.096	mln.\$
PDA Domestic Sale :	1632.969	mln.L.C.
Production Profit :	549.032	mln.L.C.
Simple Rate of Return :	0.188	(5.3 years)
Production Import :	240.096	mln.\$
Domestic Sale of Production :	1632.969	mln.L.C.
Manufact. Value Added - NVA :	1150.641	mln.L.C.

NVA/FDI :	0.334
Gross Production Value - GPV :	2921.122 mln.L.C.
NVA/GPV :	0.334
Export :	358.541 mln.\$
Domestic Purchase :	431.259 mln.L.C.
Energy Consumption :	11753.068 TJ
Direct Labour :	1830 men

CO. Plants and complexes assumed for C_UH_1 scenario investment schedule.

1. XYLENES COMPLEX

ALKYD RESINS	49350 T
ETHYLENE GLYCOL AND ETHYLENE GLICOL	29574 T
MIXED XYLENES FROM NAFTHENIC FEED EFF.	59795 T
O-XYLENE AND P-XYLENE	36784 T
PENTARYTHRITOL	9500 T
PHTHALIC ANHYDRIDE AIR OX. OF O-XYLENE	38729 T
POLYETHYLENE TEREPHTHALATE MELT FROM TA	49959 T
TEREPHTHALIC ACID FROM P-XYLENE	34252 T

2. MTBE COMPLEX

FORMALDEHYDE (USING SILVER CATALYST)	19593 T
ISOBUTYLENE FROM ISOBUTANE	269756 T
ISOBUTANE BY BUTANES SEPARATION	404621 T
METHANOL	131595 T
MELANINE - FORMALDEHYDE RESIN	10000 T
METHYL ETHYL KETONE FROM MTBE SAFFINATE	1900 T
MTBE FROM ISOBUTYLENE	420180 T
MTBE FROM MIXED BUTENES (BUTADIENE DAF.)	29419 T
PHENOL-FORMALDEHYDE RESOL SYRUP	10000 T
UREA-FORMALDEHYDE SYRUP	13000 T

3. PYROLYSIS COMPLEX

BUTENE-1 BY DIMERIZATION OF ETHYLENE	20330 T
ETHYLENE FROM N-BUTANE	272310 T
ETHYLENE FROM PROPANE 75 CONVERSION	101686 T
POLYETHYLENE HD (HCC)	60000 T
POLYETHYLENE LLD (HCC)	206187 T
POLYPROPYLENE (ANOCO)	80000 T

4. RUBBERS COMPLEX

BUTADIENE FROM C4 EXTRACTION	32785 T
DI-BUTYL PHTHALATE	3000 T
DI-ETHYLHEXYL ADIPATE	5000 T
DI-OCTYLPHTHALATE FROM PHTHALIC ANHYDRIDE	40000 T
HIGH STYRENE-BUTADIENE RUBBER	10000 T
ETHYLBENZENE BY VAPOR-PHASE BENZENE ALK.	111054 T
2-ETHYLHEXANOL (OXO PROCESS)	31500 T
POLYSTYRENE HIGH IMPACT	60000 T
PROPYLENE OXIDE BY ETHYLBENZENE PROCESS	40694 T
STYRENE-BUTADIENE RUBBER BY EMUL. POLYM.	40000 T
SYNPGAS (2:1) FROM NATURAL GAS	40666500 m3

5. POLYURETHANES COMPLEX

CARBON MONOXIDE FROM SYNPGAS	26217376 m3
DINITROTOLUENE BY NITRATION OF TOLUENE	39712 T
NITRIC ACID CONC. 99	16707 T
PHOSGENE FROM CHLORINE AND CARBON MONOX.	31629 T
POLYOL TRIFUNCTIONAL POLYETHER	54707 T
POLYURETHANE RESINS	72943 T

TOLUENE DIAMINE FROM DINITROTOLUENE	19637 T
TOLUENE DIOXYANATE	24871 T
SYNGAS (3:1) FROM NATURAL GAS	196311456 m3
6. EPOXY AND UNSATURATED POLYESTER RESINS	
BISPHENOL A FROM PHENOL AND ACETONE	13480 T
CEMENT FROM BENZENE AND PROPYLENE	27249 T
EPOXY LIQUID RESIN	20009 T
PHENOL FROM CEMENT	20125 T
UNSATURATED POLYESTER RESIN	49000 T
7. ETHYL ALCOHOLS COMPLEX	
PRIMARY ALCOHOLS C8 - C20	39120 T
PRIMARY ALCOHOL SULFOSULFATE, SODIUM SALT	30900 T
PRIMARY ALCOHOL ETHOXYLATE	30900 T
PRIMARY ALCOHOL SULFONATE SODIUM SALT	20000 T
8. POLYAMIDE COMPLEX	
ADIPIC ACID FROM CYCLOHEXANE	2290 T
BENZENE FROM TOLUENE BY DEALKYLATION	36687 T
CAPROLACTAM FROM CYCLOHEXANE	30900 T
CYCLOHEXANE BY HYDROGENATION OF BENZENE	32277 T
9. CELLULOSE FIBERS	
CARBON DISULFIDE	18630 T
CELLULOSE FIBERS	46000 T
10. ACRYLONITRILE COMPLEX	
ABS BY EMULSION/MASS POLYMERIZATION	16000 T
ACRYLONITRILE BY PROPYLENE AMMOXIDATION	20672 T
METHYL METHACRYLATE CYANOHYDRIN PROCESS	7000 T
POLYMETHYLMETHACRYLATE	5000 T
11. POLYVINYL CHLORIDE	
CHLORINE (MEMBRANE PROCESS)	63634 T
PERCHLOROETHYLENE FROM PROPANE	5000 T
POLYVINYLCHLORIDE BY SUSPENSION POLYMER.	50000 T
VINYL CHLORIDE BY OXYCHLORINATION	50500 T
12. POLYVINYL ACETATE	
ACETIC ACID FROM METHANOL	36978 T
ETHYL ACETATE	7000 T
BUTYL (ISOBUTYL) ACETATE	3000 T
POLYVINYL ACETATE LATEX	40000 T
VINYL ACETATE FROM ETHYLENE	40800 T
13. ALKYL BENZENE SULFONATE COMPLEX	
SODIUM ALKYL BENZYL SULFONATE	40000 T
SULFURIC ACID FROM SULFUR	102867 T
14. SOAP	
SOAP	43475 T
15. HYDROGEN	

	HYDROGEN FROM NATURAL GAS	9993103 m3
16. OXYGEN	OXYGEN BY AIR FRACTIONATION	114777 T
17. CARBON BLACK	CARBON BLACK (NAP)	35996 T
18. BENZOIC ACID	BENZOIC ACID	4999 T
19. FORMIC ACID	FORMIC ACID (IN 85) (SASF)	5999 T
20. MALIC ANHYDRIDE	MALIC ANHYDRIDE FROM BENZENE	6240 T
21. CITRIC ACID	CITRIC ACID FROM MOLASSES	5999 T
22. CHLOROMETHANES	CHLOROMETHANES FROM METHANE	2000 T

C9. Investment schedule for C_00_1 scenario. Normal (Gaussian) distribution of investment constraints.

GANTT CHART:

PLANT NAME	1234567890123456789012345678901234567890
XYLENES COMPLEX	=====
OXYGEN	====
HYDR COMPLEX	=====
PYROLYSIS COMPLEX	=====
ALYLOBENZENE SULFONATE COMPLEX	====
BUFFERS COMPLEX	=====
ETHOXY ALCOHOLS COMPLEX	=====
POLYURETHANE COMPLEX	=====
EPOXY AND UNSATURATED POLYESTER RESINS	=====
ACRYLONITRILE COMPLEX	=====
POLYAMIDE COMPLEX	=====
HYDROGEN	==
POLYVINYL CHLORIDE	=====
POLYVINYL ACETATE COMPLEX	=====
CELLULOSE FIBERS	====
SOAP	====
CARBON BLACK	=====
BENZOIC ACID	==
HALIC ANHYDRIDE	==
FORMIC ACID	==
CHLOROMETHANES	==
CITRIC ACID	==

INVESTMENT CONSTRUCTION:

time (in half of year)	assigned	used	percent	total
1	100.0	50.0	50.0%	50.0
2	150.0	89.5	59.6%	139.5
3	190.0	130.0	68.4%	237.5
4	190.0	167.0	87.9%	337.5
5	150.0	145.0	96.7%	435.5
6	150.0	159.0	106.0%	535.5
7	150.0	126.0	84.0%	631.5
8	150.0	143.0	95.3%	726.5
9	150.0	139.0	92.7%	819.5
10	150.0	124.0	82.7%	917.5
11	200.0	136.0	68.0%	1057.5
12	200.0	269.0	134.5%	1557.5
13	225.0	225.0	100.0%	1782.5
14	225.0	212.0	94.2%	1994.5
15	225.0	235.0	104.4%	2139.5
16	225.0	166.0	73.8%	2365.5
17	200.0	81.0	40.5%	2446.5
18	200.0	124.0	62.0%	2570.5
19	150.0	190.0	126.7%	2670.5
20	150.0	40.0	26.7%	2710.5
21	150.0	0.0	0.0%	2710.5

C10. Investment schedule for C_U1 scenario. Even distribution of investment constraints.

SAME SECT:

PLANT NAME	1004567890123456789012345678901234567890
KYLOSES COMPLEX	*****
GLUCEN	****
HYER COMPLEX	*****
PIGMENTS COMPLEX	*****
ALKYLOLEFINE SULFONATE COMPLEX	****
EGGERS COMPLEX	*****
STRICT ALCOHOLS COMPLEX	*****
POLYURETHANE COMPLEX	*****
EPOXY AND UNSATURATED POLYESTER RESINS	*****
ACRYLONITRILE COMPLEX	*****
POLYAMIDE COMPLEX	*****
HYDROGEN	==
POLYVINYL CHLORIDE	*****
POLYVINYL ACETATE COMPLEX	*****
CELLULOSE FIBERS	****
SOAP	****
CARBON BLACK	****
BENZOIC ACID	==
HALIC ANHYDRIDE	==
FORTHIC ACID	==
CHLOROBETHANES	==
CITRIC ACID	==

INVESTMENT CONSUMPTION:

time (in half of year)	assumed	used	percent	total
1	150.0	67.0	44.7%	67.0
2	150.0	148.5	99.0%	215.5
3	150.0	150.0	100.0%	365.5
4	150.0	167.0	71.3%	472.5
5	150.0	180.0	33.3%	612.5
6	150.0	140.0	33.3%	752.5
7	150.0	93.0	62.0%	845.5
8	150.0	98.0	65.3%	943.5
9	150.0	90.0	60.0%	1033.5
10	150.0	90.0	60.0%	1123.5
11	150.0	150.0	85.7%	1253.5
12	150.0	145.0	96.7%	1398.5
13	150.0	134.0	89.3%	1532.5
14	150.0	127.0	84.7%	1653.5
15	150.0	140.0	93.3%	1739.5
16	150.0	150.0	100.0%	1849.5
17	150.0	149.0	99.3%	1998.5
18	150.0	125.0	83.3%	2223.5
19	150.0	87.0	58.0%	2319.5
20	150.0	118.0	78.7%	2423.5
21	150.0	104.0	69.3%	2532.5
22	150.0	62.0	41.3%	2594.5
23	150.0	60.0	40.0%	2654.5
24	150.0	45.0	30.0%	2699.5
25	150.0	15.0	10.0%	2714.5
26	150.0	4.0	2.7%	2718.5

PART D

**FERTILIZERS INDUSTRY CASE STUDY
RESULTS OF EXPERIMENTS**

B1. List of technological profiles in fertilizers industry case study.

Process_name	Capacity
AMMONIA REFORMING OF NATURAL GAS	300000 T/Y
AMMONIUM SULFATE (AS) 34% N	170000 T/Y
DIAMMONIUM PHOSPHATE (DAP) 16-16-16	300000 T/Y
DIAMMONIUM PHOSPHATE (DAP) 17-17-17	300000 T/Y
DI-AMMONIUM PHOSPHATE (DAP) 16-46-0	135000 T/Y
DI-AMMONIUM PHOSPHATE (DAP) 18-46-0	185000 T/Y
DI-AMMONIUM PHOSPHATE (DAP) 18-46-0	770000 T/Y
MONO-AMMONIUM PHOSPHATE (MAP) 11-54-0	215000 T/Y
MONO-AMMONIUM PHOSPHATE (MAP) 11-54-0	450000 T/Y
NITRIC ACID	165000 T/Y
NITRIC ACID	534000 T/Y
PHOSPHORIC ACID BY DIHYDRATE WET PROCESS	160000 T/Y
PHOSPHORIC ACID BY DIHYDRATE WET PROCESS	320000 T/Y
PHOSPHORIC ACID BY ELECTRIC FURNACE	200000 T/Y
PHOSPHORIC ACID BY HCL BOOTH	200000 T/Y
SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP) 18% P2O5 GR	165000 T/Y
SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP) 18% P2O5 93	165000 T/Y
SULFURIC ACID FROM GYPSUM	320000 T/Y
SULFURIC ACID FROM METALLURGICAL SO2	320000 T/Y
SULFURIC ACID FROM PIRYTE	320000 T/Y
SULFURIC ACID FROM SULFUR	630000 T/Y
SULFURIC ACID FROM SULFUR	320000 T/Y
TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46 % P2O5	264000 T/Y
UREA (U) 46% N	430000 T/Y

B2. List of chemicals and media in fertilizers industry case study.

Product_name	Unit	Price in US \$
AMMONIA	T	35.00
AMMONIUM NITRATE (AN) 34% N	T	135.00
BAGS	EA	0.50
CALCIUM AMMONIUM NITRATE	T	135.00
CALCIUM CARBONATE	T	25.00
CALCIUM CHLORIDE BRINE	T	0.50
CARBON DIOXIDE	T	0.50
CATALYST AND CHEMICALS	\$	1.00
CEMENT CRUDE	T	12.00
COKE	T	30.00
COMPOUND FERTILIZER (NPK 15-15-15)	T	140.00
COMPOUND FERTILIZER (NPK 17-17-17)	T	155.00
COOLING WATER	m3	0.03
DI-AMMONIUM PHOSPHATE (DAP 18-46-0)	T	170.00
ELECTRICITY	kwh	0.05
ELECTRODES	T	3000.00
FUEL	T-cal	0.01
GYPSUM	T	0.30
HYDROCHLORIC ACID (WASTE)	T	62.30
ISOBUTYL ALCOHOL	T	1400.00
MONO-AMMONIUM PHOSPHATE (MAP 11-54-0 GR)	T	155.00
NATURAL GAS	T-cal	0.02
NITRIC ACID	T	93.00
PHOSPHATE ROCK (29%P2O5)	T	23.00
PHOSPHORIC ACID (agric. calc. 100% P2O5)	T	180.00
PIRYTE	T	50.00
POTASSIUM SULFATE	T	175.00
PROCESS WATER	m3	0.10
SILICA ROCK	T	25.00
SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP 18% P2O5 GR)	T	65.00
SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP 18% P2O5 NG)	T	55.00
STEAM	T	7.32
SULFUR	T	170.00
SULFUR DIOXIDE	T	0.00
SULFURIC ACID	T	46.00
TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46% P2O5	T	160.00
UREA	T	96.00
WATER DEMINERALIZED	T	2.49

03. Main parameters in fertilisers industry case study.

PDA name :	FERTILISERS INDUSTRY - fict. ale
local	1.0000
exchange rate	1.0
blcc depreciation	6.0000
offsites depreciation	5.0
debt/equity ratio	0.0
interest on debt	10.0
working capital	15.0
interest on work. cap.	15.0
insurance	1.0
property tax & rent	2.0
labor wages	16000.
supervision wages	12000.
laboratory wages	11100.
laboratory materials	100.0
operation supply cost	0.75
direct overhead	60.0
maintenance cost	5.0
administration	15.0
sale & marketing	10.0
R & D	3.0

04. Results of experiments for ENP scenario.

Experiments : EN_1, EN_2, EN_3 and EN_4 .

.....

Problem title: FERTILISER INVEST - fert_alg

Single Objective Optimization

Maximize:

PDA Yearly Profit -36.597 mil.L.C.

Scenario:

0. \leq p AMMONIA : 300000. (0.0%) T
 s PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5) = 65000. (100.0%) T
 s TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 45% P2O5 = 435000. (100.0%) T

Comment :

Experiment EN_1
 Scenario - ENP
 P2O5 - 200000 T (TSP - 435000 T)
 Phosphoric acid for existing plants - 65000 T

.....

GLOBAL RESULTS

PDA Yearly Profit	-37.	mil.L.C.
PDA Value Added	10.	mil.L.C.
Investment	215.	mil.\$
Yearly Import	35.	mil.\$
Yearly Domestic Purchase	32.	mil.L.C.
Yearly Domestic Sale	85.	mil.L.C.

S A L E

ELECTRICITY	72373312.	kwh
PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5)	65000.	T
GYPSUM	1225927.	T

TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46% P2O5

435000. T

PURCHASES

COOLING WATER	7595443. m3
PROCESS WATER	8320431. m3
STEAM	259137. T
CATALYST AND CHEMICALS	124744. \$
FUEL	54375000. T-cal
SULFUR	204092. T
PHOSPHATE ROCK (29%P2O5)	365476. T
BAGS	8700000. BA

PROCESSES

SULFURIC ACID FROM SULFUR	623717. T
PHOSPHORIC ACID BY DIHYDRATE WET PROCESS	215075. T
TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46 % P2O5	435000. T

.....

Problem title: FERTILISERS INDUSTRY - fert_alg

Single Objective Optimization

Maximize:

PDA Yearly Profit -7.131 mil.L.C.

Scenario:

Q. : p AMMONIA : 331000. (0.0%) T
s SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP 13% P2O5 NG: 162000. (100.0%) T

Comment :

Experiment 3N_2
Scenario - ENRP (version without phosphoric acid)
P2O5 - 220000 T in SSP and gran.

GLOBAL RESULTS

PDA Yearly Profit	-7. mil.L.C.
PDA Value Added	30. mil.L.C.
Investment	144. mil.\$
Yearly Import	36. mil.\$
Yearly Domestic Purchase	26. mil.L.C.
Yearly Domestic Sale	97. mil.L.C.

S A L E

STEAM	339230. T
ELECTRICITY	102834800. kwh
SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP 13% P2O5 NG)	1622000. T

P B C 9 A 5 3

COOLING WATER	49311000.	M3
PROCESS WATER	3613515.	M3
CATALYST AND CHEMICALS	123750.	\$
SULFUR	212512.	T
PHOSPHATE ROCK (29% P2O5)	1554500.	T

P R O C E S S E S

SULFURIC ACID FROM SULFUR	243300.	T
SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP 13% P2O5)	1522000.	T

.....

Problem title: FERTILIZER INDUSTRY - Fert_alg

Single Objective Optimization

Maximize:

PDA Yearly Profit 3.250 mil.L.C.

Scenario:

0.000 T of ANMONIA (100.0%) T
1011000 T of SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP 18% P2O5 NG) (100.0%) T

Comment :

Experiment EN_3
Scenario - ENSP (version without phosphoric acid)
P2O5 - 292000 T
(where 110000 T in NPK 15-15-15
182000 T in SSP non gran.)

GLOBAL RESULTS

PDA Yearly Profit	3. mil.L.C.
PDA Value Added	76. mil.L.C.
Investment	300. mil.\$
Yearly Import	62. mil.\$
Yearly Export	62. mil.\$
Yearly Domestic Purchase	71. mil.L.C.
Yearly Domestic Sale	159. mil.L.C.

S A L E

STEAM	6530. T
ELECTRICITY	3624301. kWh
CALCIUM AMMONIUM NITRATE	454506. T
SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP 18% P2O5 NG)	1011000. T
COMPOUND FERTILIZER (NPK 15-15-15)	733074. T

PURCHASE

COOLING WATER	145357529.	W3
PROCESS WATER	2252563.	W3
WATER DEMINERAL. ZSD	352949.	T
CATALYST AND CHEMICALS	743312.	S
CARBON DIOXIDE	153419.	T
AMMONIA	391370.	T
SULFUR	132522.	T
CALCIUM CARBONATE	131200.	T
PHOSPHATE ROCK (29%P2O5)	1316356.	T
POTASSIUM SULFATE	224597.	T
BAGS	23453354.	BA

PROCESSES

NITRIC ACID	509436.	T
SULFURIC ACID FROM SULFUR	404409.	T
SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP 18% P2O5)	1011000.	T
COMPOUND FERTILIZER (NPK 15-15-15)	733074.	T

Problem title: FERTILISER INVEST - fert_alg

Single Objective Optimization

Maximize:

PDA Yearly Profit -17.214 mil.L.C.

Scenario:

G. c p AMMONIA = 331000. (100.0%) T
 s PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5) = 65000. (100.0%) T
 s TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46% P2O5 = 135000. (100.0%) T

Comment :

Experiment EM_4
 Scenario - ZNEP
 P2O5 - 230000 T
 where 110000 T in 733000 T NPK 15-15-15
 90000 T in 135000 T TSP
 Phosphoric acid for existing plants - 65000 T

GLOBAL RESULTS

PDA Yearly Profit	-18.	mil.L.C.
PDA Value Added	59.	mil.L.C.
Investment	332.	mil.\$
Yearly Import	61.	mil.\$
Yearly Export	62.	mil.\$
Yearly Domestic Purchase	75.	mil.L.C.
Yearly Domestic Sale	146.	mil.L.C.

S A L E

PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5)	65000.	T
GYPSON	753367.	T
CALCIUM AMMONIUM NITRATE	454556.	T
TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46% P2O5	135000.	T

COMPOUND FERTILIZERS (NPK 15-15-15)

733074. T

PURCHASE

COOLING WATER	162572090.	m3
PROCESS WATER	1233253.	m3
STEAM	333333.	T
ELECTRICITY	6691512.	kwh
WATER DEMINERALIZED	356640.	T
CATALYST AND CHEMICALS	733651.	B
FUEL	24375900.	T-cal
CARBON DIOXIDE	133419.	T
AMMONIA	391900.	T
SULFUR	125705.	T
CALCIUM CARBONATE	191329.	T
PHOSPHATE ROCK (29R2205)	923979.	T
POTASSIUM SULFATE	223507.	T
SALES	27358354.	EA

PROCESSES

NITRIC ACID	509486.	T
SULFURIC ACID FROM SULFUR	383597.	T
PHOSPHORIC ACID BY DIHYDRATE WET PROCESS	132275.	T
TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46 % P2O5	195000.	T
COMPOUND FERTILIZER (NPK 15-15-15)	733074.	T

.....

Comparison of ERP scenario experiments.

		59_1	59_2	59_3	59_4
G E N E R A L R E S U L T S					
PBA Yearly Profit	mil.L.C.	-37	-7	3	-13
PBA Value Added	mil.L.C.	10	30	75	59
Investment	mil.\$	115	144	319	312
Yearly Import	mil.\$	35	35	62	61
Yearly Export	mil.\$	0	0	62	62
Yearly Domestic Purchase	mil.L.C.	32	29	71	75
Yearly Domestic Sale	mil.L.C.	55	37	153	146

P U R C H A S E					
AMMONIA	T	0	0	301000	301000
BAK	BA	8700000	0	23459354	27359354
CALCIUM CARBONATE	T	0	0	131220	131220
CARBON DIOXIDE	T	0	0	133419	133419
CATALYST AND CHEMICALS	\$	124744	129760	743212	739051
COOLING WATER	m3	75335445	43011200	145357520	162572000
ELECTRICITY	kwh	0	0	0	6951513
FUEL	T-cal	54375332	0	0	24375000
PHOSPHATE ROCK (29XP205)	T	365476	1054300	1016356	923978
POTASSIUM SULFATE	T	0	0	223537	223537
PROCESS WATER	m3	2322402	3613816	2252500	1233253
STEAM	T	258187	0	0	333309
SULFUR	T	204392	212612	132522	125705
WATER DEMINERALIZED	T	0	0	356640	356640

S A L E					
CALCIUM AMMONIUM NITRATE	T	0	0	454506	454506
COMPOUND FERTILIZER (NPK 15-15)	T	0	0	733074	733074
ELECTRICITY	kwh	72372312	102034300	9824391	0
GYPSUM	T	1225928	0	0	753968
PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5)	T	65000	0	0	65000
SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP 18%)	T	0	1622000	1011000	0
STEAM	T	0	383280	6590	0
TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46%	T	435000	0	0	135000

P R O C E S S E S					
COMPOUND FERTILIZER (NPK 15-15)	T	0	0	733074	733074
NITRIC ACID	T	0	0	503436	503436
PHOSPHORIC ACID BY DIHYDROGEN W	T	215075	0	0	132275
SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP 18%)	T	0	1622000	1011000	0
SULFURIC ACID FROM SULFUR	T	623719	643800	434400	333538
TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46%	T	435000	0	0	135000

B5. Results of experiments for FAO scenario.

Experiments : FA_1, FA_2, FA_3 and FA_4.

Problem title: FERTILIZER INDUSTRY - fert_alg

Single Objective Optimization

Maximize:

FDA Yearly Profit

-34.054 mil.L.C.

Scenario:

- 0. < p AMMONIA < 301000. (100.0%) T
- s PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5) = 65600. (100.0%) T
- s TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46% P2O5 = 543000. (100.0%) T

Content :

Experiment FA_1

Scenario - FAO

P2O5 - 360000 T

where 110000 T in 733000 T NPK 15-15-15

250000 T in 545000 T TSP

N - in NPK 15-15-15 and in CAN

GLOBAL RESULTS

PDA Yearly Profit	-34. mil.L.C.
PDA Value Added	71. mil.L.C.
Investment	467. mil.\$
Yearly Import	31. mil.\$
Yearly Export	52. mil.\$
Yearly Domestic Purchase	95. mil.L.C.
Yearly Domestic Sale	203. mil.L.C.

S A L E

PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5)	29331534.	kuh
STEAM	65309.	T
CALCIUM AMMONIUM NITRATE	1433309.	T
TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46% P2O5	454506.	T
COMPOUND FERTILIZER (NPK 15-15-15)	543000.	T
	733074.	T

PURCHASE

COOLING WATER	294365232.	m3
PROCESS WATER	2730010.	m3
STEAM	533618.	T
WATER DEMINERALIZED	356640.	T
CATALYST AND CHEMICALS	868686.	\$
FUEL	67375000.	T-cal
CARBON DIOXIDE	133419.	T
AMMONIA	301090.	T
SULFUR	239802.	T
CALCIUM CARBONATE	131220.	T
PHOSPHATE ROCK (23%P2O5)	1504339.	T
POTASSIUM SULFATE	223587.	T
BAGS	34318352.	KA

PROCESSES

NITRIC ACID	509466.	T
SULFURIC ACID FROM SULFUR	731771.	T
PHOSPHORIC ACID BY DIHYDRATE WET PROCESS	252335.	T
TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46 % P2O5	543000.	T
COMPOUND FERTILIZER (NPK 15-15-15)	733074.	T

.....

Problem title: FERTILISER INDUSTRY - fert_alg

Single Objective Optimization

Maximize:

PCA Yearly Profit -89.646 mil.L.C.

Scenario:

1. c p AMMONIA	<	301000. (57.4%) T
s PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5)	=	65000. (100.0%) T
s DI-AMMONIUM PHOSPHATE (DAP 16-46-0)	=	732000. (100.0%) T

Comment :

Experiment PA_2
 Scenario - TAO
 P2O5 - 360000 T and N in 732000 T DAP
 Phosphoric acid for existing plants - 65000 T

GLOBAL RESULTS

PCA Yearly Profit	-89. mil.L.C.
PCA Value Added	-2. mil.L.C.
Investment	387. mil.\$
Yearly Import	70. mil.\$
Yearly Domestic Purchase	69. mil.L.C.
Yearly Domestic Sale	151. mil.L.C.

S A L E

ELECTRICITY	124453380. kWh
PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5)	65000. T
STEAM	2452106. T
DI-AMMONIUM PHOSPHATE (DAP 16-46-0)	732000. T

PURCHASES

COOLING WATER	151350016.	m3
PROCESS WATER	2376437.	m3
STEAM	497517.	T
CATALYST AND CHEMICALS	243382.	\$
STEEL	73320380.	T-cal
AMMONIA	170322.	T
SULFUR	473535.	T
PHOSPHATE ROCK (2348255)	1553114.	T
SAFS	15540000.	3A

PROCESSES

SULFURIC ACID FROM SULFUR	1243309.	T
PHOSPHORIC ACID BY DEHYDRATE WBT PROCESS	430194.	T
DI-AMMONIUM PHOSPHATE (DAP 18-46-0)	732600.	T

.....

Problem title: FERTILIZER INDUSTRY - fert_alg

Solve Objective Optimization

Maximize:

PDA Yearly Profit -94.270 mil.L.C.

Scenario:

- 0. < p AMMONIA < 331000. (70.4%) T
- s PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5) = 65000. (100.0%) T
- 0. < s COMPOUND FERTILIZER (NPK 15-15-15) < 330000. (100.0%) T
- s NONO-AMMONIUM PHOSPHATE (NAP 11-54-0 G= 575000. (100.0%) T

Comment :

Experiment: FA_3
 Scenario - FA0
 P2O5 - 360000 T
 where 310000 T in 574000 NAP and
 50000 T in 330000 NPK 15-15-15
 N - in NPK 15-15-15 , CAN and in NAP

GLOBAL RESULTS

PDA Yearly Profit	-94. mil.L.C.
PDA Value Added	5. mil.L.C.
Investment	442. mil.\$
Yearly Import	80. mil.\$
Yearly Export	28. mil.\$
Yearly Domestic Purchase	78. mil.L.C.
Yearly Domestic Sale	152. mil.L.C.

S A L E

ELECTRICITY	37157354. kWh
PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5)	65000. T
GTPGM	2173125. T

CALCIUM AMMONIUM NITRATE	204500.	T
COMPOUND FERTILIZER (NPK 15-15-15)	330000.	T
MONO-AMMONIUM PHOSPHATE (MAP 11-54-0 GR)	575000.	T

PURCHASES

COOLING WATER	136756350.	M3
PROCESS WATER	2575332.	M3
STEAM	575300.	T
WATER DEMINERALIZED	160545.	T
CATALYST AND CHEMICALS	743740.	S
CARBON DIOXIDE	60060.	T
AMMONIA	211973.	T
SULFUR	363367.	T
CALCIUM CARBONATE	59370.	T
PHOSPHATE ROCK (29%P2O5)	1564700.	T
POTASSIUM SULFATE	100650.	T
BAGS	22060000.	EA

PROCESSES

NITRIC ACID	229350.	T
SULFURIC ACID FROM SULFUR	1107925.	T
PHOSPHORIC ACID BY DIHYDRATE WET PROCESS	381250.	T
COMPOUND FERTILIZER (NPK 15-15-15)	330000.	T
MONO-AMMONIUM PHOSPHATE (MAP 11-54-0)	575000.	T

Problem title: FERTILIZER INDUSTRY - fert_alg

Single Objective Optimization

Maximize:

PDA Yearly Profit -76.343 mil.L.C.

Scenario:

O. c p AMMONIA < 361900. (49.9%) T
s PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5) = 65000. (100.0%) T
s TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46% P2O5 = 520000. (100.0%) T
s COMPOUND FERTILIZER (NPK 17-17-17) = 705000. (100.0%) T

Comment :

Experiment FA_4
Scenario - FA0
P2O5 - 360000 T
where 120000 T in 705000 NPK 17-17-17
240000 T in 520000 TSP
Phosphoric acid for existing plants - 65000 T

GLOBAL RESULTS

PDA Yearly Profit -76. mil.L.C.
PDA Value Added 19. mil.L.C.
Investment 407. mil.\$
Yearly Import 102. mil.\$
Yearly Domestic Purchase 73. mil.L.C.
Yearly Domestic Sale 209. mil.L.C.

S A L E

ELECTRICITY 105319336. kwh
PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5) 65000. T
TSP 520000. T
TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46% P2O5 520000. T

COMPOUND FERTILIZER (NPK 17-17-17)

705000. T

PURCHASE

COOLING WATER	42341936.	m3
PROCESS WATER	3433730.	m3
STEAM	675219.	T
WATER DEMINERALIZED	7050.	T
CATALYST AND CHEMICALS	211265.	B
FUEL	229160000.	T-cal
CARBON DIOXIDE	139456.	T
AMMONIA	147585.	T
SULFUR	346158.	T
PHOSPHATE ROCK (29%P2O5)	1548440.	T
POTASSIUM SULFATE	243225.	T
BAGS	24500000.	EA

PROCESSES

SULFURIC ACID FROM SULFUR	1056325.	T
PHOSPHORIC ACID BY DIHYDRATE WET PROCESS	364250.	T
UREA (U) 46% N	184710.	T
TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46% P2O5	520000.	T
COMPOUND FERTILIZER (NPK 17-17-17)	705000.	T

Comparison of FAO scenario experiments.

		FA_1	FA_2	FA_3	FA_4
GLOBAL RESULTS					
PDA Yearly Profit	mil. L.C.	-34	-59	-94	-76
PDA Value Added	mil. L.C.	71	-2	5	19
Investment	mil. \$	467	397	442	407
Yearly Import	mil. \$	51	70	30	192
Yearly Export	mil. \$	62	0	28	0
Yearly Domestic Purchase	mil. L.C.	95	69	78	73
Yearly Domestic Sale	mil. L.C.	293	151	152	209

PURCHASE

AMMONIA	T	301000	172322	211973	147535
BISS	EA	34318352	15640000	22060000	24500000
CALCIUM CARBONATE	T	131220	0	59070	0
CARBON DIOXIDE	T	133419	0	60060	133456
CATALYST AND CHEMICALS	\$	899686	249392	749740	211265
COOLING WATER	m3	204905232	151360016	186786809	142841936
FUEL	T-cal	67875000	73320000	0	220100000
PHOSPHATE ROCK (29%P2O5)	T	1504999	1583114	1564700	1548440
POTASSIUM SULFATE	T	223587	0	100650	243225
PROCESS WATER	m3	2790018	2906437	2575892	3499780
STEAM	T	539618	497617	575880	675210
SULFUR	T	239802	409595	363067	346158
WATER DEMINERALIZED	T	356640	0	160545	7050

SALE

CALCIUM AMMONIUM NITRATE	T	454506	0	204600	0
COMPOUND FERTILIZER (NPK 15-15)	T	733074	0	330000	0
COMPOUND FERTILIZER (NPK 17-17)	T	0	0	0	705000
DI-AMMONIUM PHOSPHATE (DAP 18-)	T	0	782000	0	0
ELECTRICITY	kwh	29331534	124453880	97157008	105319336
GYPSON	T	1438310	2452106	2173125	2076225
MONO-AMMONIUM PHOSPHATE (MAP 1)	T	0	0	575000	0
PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5)	T	65000	65000	65000	65000
TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46	T	543000	0	0	520000

PROCESSES

COMPOUND FERTILIZER (NPK 15-15)	T	733074	0	330000	0
COMPOUND FERTILIZER (NPK 17-17)	T	0	0	0	705000
DI-AMMONIUM PHOSPHATE (DAP 18-)	T	0	782000	0	0
MONO-AMMONIUM PHOSPHATE (MAP 1)	T	0	0	575000	0
NITRIC ACID	T	509486	0	229350	0
PHOSPHORIC ACID BY DIHYDROGEN W	T	252335	430134	381250	361250
SULFURIC ACID FROM SULFUR	T	731772	1243309	1107925	1056325
TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46	T	543000	0	0	520000
UREA (N) 46% N	T	0	0	0	184710

B6. Results of experiments for scenario UNIDO.

Experiments: UN_A_1, UN_A2 and UN_B1.

.....

Problem title: FERTILISER INDUSTRY - fert_alg

Single Objective Optimization

Maximize:

PDA Yearly Profit -39.595 mil.L.C.

Scenario:

0. < p AMMONIA	<	391330. (0.0%) T
s PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5)	=	65000. (100.0%) T
s TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46% P2O5	=	396000. (100.0%) T

Comment :

Experiment UN_A_1
 Scenario - UNIDO A
 P2O5 - 141000 T by TSP
 Phosphoric acid for existing plants - 65000 T

.....

GLOBAL RESULTS

PDA Yearly Profit	-31. mil.L.C.
PDA Value Added	5. mil.L.C.
Investment	165. mil.\$
Yearly Import	28. mil.\$
Yearly Domestic Purchase	24. mil.L.C.
Yearly Domestic Sale	64. mil.L.C.

S A L E

ELECTRICITY	58355320. kWh
PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5)	65000. T

GTPSEM	972249.	T
TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46% P2O5	306000.	T

PURCHASE

COOLING WATER	60142934.	m3
PROCESS WATER	1733859.	m3
STEAM	233361.	T
CATALYST AND CHEMICALS	33931.	\$
FUEL	38250000.	T-cal
SULFUR	162098.	T
PHOSPHATE ROCK (29%P2O5)	750098.	T
BAGS	6120000.	KA

PROCESSES

SULFURIC ACID FROM SULFUR	494653.	T
PHOSPHORIC ACID BY DIHYDRATE WET PROCESS	170570.	T
TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46 % P2O5	306000.	T

.....

Problem title: FERTILIZER INDUSTRY - fert_alg

Single Objective Optimization

Maximize:

PDA Yearly Profit -5.999 mil.L.C.

Scenario:

0. < p ANGNMIA < 531500. (0.0%) T
s SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP 18% P2O5 WG= 1294000. (100.0%) T

Comment :

Experiment UN_A_2
Scenario - UNIDO A (version without phosphoric acid)
P2O5 - 233800 T in SSP acc gran.

GLOBAL RESULTS

PDA Yearly Profit	-6. mil.L.C.
PDA Value Added	24. mil.L.C.
Investment	115. mil.\$
Yearly Import	29. mil.\$
Yearly Domestic Purchase	21. mil.L.C.
Yearly Domestic Sale	77. mil.L.C.

S A L E

STEAM	310560. T
ELECTRICITY	82039600. kWh
SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP 18% P2O5 WG)	1294000. T

P O U R C H A S E

COOLING WATER	33382400.	m3
PROCESS WATER	2883832.	m3
CATALYST AND CHEMICALS	103529.	g
SULFUR	163713.	T
PHOSPHATE ROCK (23% P2O5)	341129.	T

P R O C E S S E S

SULFURIC ACID FROM SULFUR	517600.	T
SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP 13% P2O5)	1234889.	T

.....

Problem title: FERTILIZER INDUSTRY - fert_alg

Single Objective Optimization

Maximize:

FDA Yearly Profit

-24.177 mil.L.C.

Scenario:

Q. c p ANKONIA	c	301600. (0.0%) T
s PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5)	=	65000. (100.0%) T
s TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46% P2O5	=	170000. (100.0%) T

Comment :

Experiment UN_B_1

Scenario - UNIDO B

P2O5 - 70000 T in TSP

and Phosphoric acid for existing plants - 65000 T

GLOBAL RESULTS

PDA Yearly Profit	-24. mil.L.C.
Investment	112. mil.\$
Yearly Import	20. mil.\$
Yearly Domestic Purchase	17. mil.L.C.
Yearly Domestic Sale	41. mil.L.C.

S A L E

ELECTRICITY	44811512. kwh
PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5)	65000. T
GYPSON	704005. T
TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46% P2O5	170000. T

P U R C H A S E

COOLING WATER	43595992.	m3
PROCESS WATER	1175068.	m3
STEAM	146854.	T
CATALYST AND CHEMICALS	71717.	\$
FUEL	21250900.	T-cal
SULFUR	117569.	T
PHOSPHATE ROCK (23%P2O5)	523832.	T
LOSS	3406000.	EA

P R O C E S S E S

SULFURIC ACID FROM SULFUR	358585.	T
PHOSPHORIC ACID BY DIHYDRATE WET PROCESS	123650.	T
TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46 % P2O5	170600.	T

Comparison of UNIDO scenario experiments.

	UN_A_1	UN_A_2	UN_B_1
Simple Rate of Return	-0.185	-0.049	-0.216

GLOBAL RESULTS

PDA Yearly Profit	mil.L.C.	-31	-6	-24
PDA Value Added	mil.L.C.	5	24	9
Investment	mil.\$	165	115	112
Yearly Import	mil.\$	28	29	20
Yearly Domestic Purchase	mil.L.C.	24	21	17
Yearly Domestic Sale	mil.L.C.	64	77	41

PURCHASE

BAGS	EA	6128000	0	3400000
CATALYST AND CHEMICALS	\$	93931	163520	71717
COOLING WATER	m3	69142984	38302400	43596992
FUEL	T-cal	38250000	0	21250000
PHOSPHATE ROCK (29%P2O5)	T	758098	841160	523032
PROCESS WATER	m3	1763859	2383032	1175059
STEAM	T	203981	0	146834
SULFUR	T	162098	169618	117598

SALE

ELECTRICITY	kwh	58955920	82939500	44811512
GYPSUM	T	972249	0	704805
PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5)	T	65000	0	65000
SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP 18% P)	T	0	1294000	0
STEAM	T	0	310560	0
TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46 T	T	305000	0	170000

PROCESSES

PHOSPHORIC ACID BY DIHYDRATE W T		170570	0	123650
SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP) 18% T		0	1294000	0
SULFURIC ACID FROM SULFUR T		494653	517600	358535
TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46 T		306000	0	170000

07. Utilization of existing ammonia production capacity.

Comparison of NPK 15-15-15, ammonium nitrate and urea production.

	UA_1	UA_2	UA_3
Simple Rate of Return	0.034	-0.018	-0.061

GLOBAL RESULTS

PDA Yearly Profit	mil.L.C.	7	-4	-7
PDA Value Added	mil.L.C.	57	45	16
Investment	mil.\$	210	244	107
Yearly Import	mil.\$	40	2	0
Yearly Export	mil.\$	165	94	51
Yearly Domestic Purchase	mil.L.C.	59	39	31
Yearly Domestic Sale	mil.L.C.	0	1	0

S A L E

STEAM	T	0	134147	0
CALCIUM AMMONIUM NITRATE	T	454506	0	0
AMMONIUM NITRATE (AN) 34% N	T	0	716598	0
UREA	T	0	0	528070
COMPOUND FERTILIZER (NPK 15-15	T	733074	0	0

P U R C H A S E

COOLING WATER	m3	115931912	62163480	41189476
STEAM	T	236650	0	491105
ELECTRICITY	kwh	54273100	37251652	11617544
WATER DEHIGERIALIZED	T	356640	385243	0
CATALYST AND CHEMICALS	\$	662332	1575370	0
CARBON DIOXIDE	T	133419	0	398693
CALCIUM CARBONATE	T	131220	0	0
PHOSPHATE ROCK (29%P2O5)	T	359206	0	0
POTASSIUM SULFATE	T	223587	0	0
BAGS	EA	23458354	14331968	0

P R O C E S S E S

NITRIC ACID	T	509486	550348	0
AMMONIUM NITRATE (AN) 34% N	T	0	716598	0
UREA (U) 46% N	T	0	0	528070
COMPOUND FERTILIZER (NPK 15-15	T	733074	0	0

Comparison of NPK 15-15-15 , NPK 17-17-17 and DAP produc-
tion.

	UA_1	UA_4	UA_5
Simple Rate of Return	0.034	-0.225	-0.212

GLOBAL RESULTS

PDA Yearly Profit	mil.L.C.	7	-73	-126
PDA Value Added	mil.L.C.	57	12	6
Investment	mil.\$	210	325	594
Yearly Import	mil.\$	40	126	193
Yearly Export	mil.\$	165	223	232
Yearly Domestic Purchase	mil.L.C.	59	75	108
Yearly Domestic Sale	mil.L.C.	0	2	8

SALE

ELECTRICITY	kwh	0	49165928	169504960
GYPSEUM	T	0	1393279	3625434
CALCIUM AMMONIUM NITRATE	T	454506	0	0
DI-AMMONIUM PHOSPHATE (DAP 18-	T	0	0	1361991
COMPOUND FERTILIZER (NPK 17-17	T	0	1437852	0
COMPOUND FERTILIZER (NPK 15-15	T	733074	0	0

PURCHASE

COOLING WATER	m3	115931912	115571696	224573520
PROCESS WATER	m3	0	1650669	4297573
STEAM	T	236050	777677	735366
ELECTRICITY	kwh	54273100	0	0
WATER DEMINERALIZED	T	356640	14379	0
CATALYST AND CHEMICALS	\$	662332	141772	369726
FUEL	T-cal	0	316327520	128571944
CARBON DIOXIDE	T	133419	284422	0
SULFUR	T	0	232294	605796
CALCIUM CARBONATE	T	131220	0	0
PHOSPHATE ROCK (29XP205)	T	359206	899520	2340663
POTASSIUM SULFATE	T	223587	496059	0
BAGS	EA	23458354	28757046	27239818

PROCESSES

NITRIC ACID	T	503486	0	0
SULFURIC ACID FROM SULFUR	T	0	708861	1848630
PHOSPHORIC ACID BY DEHYDRATE W	T	0	244435	636050
UREA (0) 46% N	T	0	376717	0
DI-AMMONIUM PHOSPHATE (DAP 18-	T	0	0	1361991
COMPOUND FERTILIZER (NPK 15-15	T	733074	0	0
COMPOUND FERTILIZER (NPK 17-17	T	0	1437852	0

B3. Comparison of phosphoric acid production technologies.

PHOSPHORIC ACID BY DIHYDRATE WET PROCESS

Capacity :	200000 T
Fixed Capital Investment - FCI :	72.446 mln.\$
Investment Domestic :	27.692 mln.L.C.
Product Value - PV :	36.000 mln.L.C.
Total Manufacturing Cost :	71.546 mln.L.C.
Profit :	-35.546 mln.L.C.
Manufacturing Value Added - MVA :	-16.277 mln.L.C.
PV/FCI :	0.497
Energy Consumption :	0.000 TJ

PHOSPHORIC ACID BY ELECTRIC FURNACE

Capacity :	200000 T
Fixed Capital Investment - FCI :	150.150 mln.\$
Investment Domestic :	57.808 mln.L.C.
Product Value - PV :	36.000 mln.L.C.
Total Manufacturing Cost :	170.953 mln.L.C.
Profit :	-134.953 mln.L.C.
Manufacturing Value Added - MVA :	-93.063 mln.L.C.
PV/FCI :	0.240
Energy Consumption :	0.000 TJ

PHOSPHORIC ACID BY HCL ROUTE

Capacity :	200000 T
Fixed Capital Investment - FCI :	55.770 mln.\$
Investment Domestic :	21.471 mln.L.C.
Product Value - PV :	36.000 mln.L.C.
Total Manufacturing Cost :	76.090 mln.L.C.
Profit :	-40.090 mln.L.C.
Manufacturing Value Added - MVA :	-22.899 mln.L.C.
PV/FCI :	0.646
Energy Consumption :	0.000 TJ

D9. Comparison of sulfuric acid production technologies.

SULFURIC ACID FROM SULFUR

Fixed Capital Investment - FCI :	39.653 mln.\$
Investment Domestic :	15.266 mln.L.C.
Capacity :	320000 T
Product Value - PV :	18.883 mln.L.C.
Total Manufacturing Cost :	29.407 mln.L.C.
Profit :	-10.524 mln.L.C.
Simple Rate of Return :	
Back-pay Period :	
Manufacturing Value Added - MVA :	-1.107 mln.L.C.
MVA/FCI :	
MVA/PV :	
PV/FCI :	0.476
Energy Consumption :	0.000 TJ

SULFURIC ACID FROM METALLURGICAL SO₂

Fixed Capital Investment - FCI :	35.815 mln.\$
Investment Domestic :	13.789 mln.L.C.
Capacity :	320000 T
Product Value - PV :	15.141 mln.L.C.
Total Manufacturing Cost :	9.379 mln.L.C.
Profit :	5.762 mln.L.C.
Simple Rate of Return :	0.161
Back-pay Period :	6.21 years
Manufacturing Value Added - MVA :	12.472 mln.L.C.
MVA/FCI :	0.348
MVA/PV :	0.824
PV/FCI :	0.423
Energy Consumption :	0.000 TJ

SULFURIC ACID FROM PIRYTK

Fixed Capital Investment - FCI :	78.000 mln.\$
Investment Domestic :	30.030 mln.L.C.
Capacity :	320000 T
Product Value - PV :	17.644 mln.L.C.
Total Manufacturing Cost :	32.893 mln.L.C.
Profit :	-15.249 mln.L.C.
Simple Rate of Return :	
Back-pay Period :	

Manufacturing Value Added - MVA :	0.556 mln.L.C.
FCI :	0.007
PV :	0.032
PV/FCI :	0.226
Energy Consumption :	0.000 TJ

SULFURIC ACID FROM GYPSUM

Fixed Capital Investment - FCI :	152.100 mln.\$
Investment Domestic :	58.558 mln.L.C.

Capacity :	320000 T
Product Value - PV :	19.028 mln.L.C.
Total Manufacturing Cost :	47.137 mln.L.C.
Profit :	-28.110 mln.L.C.
Simple Date of Return :	
Back-pay Period :	
Manufacturing Value Added - MVA :	0.235 mln.L.C.
MVA/FCI :	0.002
MVA/PV :	0.012
PV/FCI :	0.125
Energy Consumption :	0.000 TJ

D10. Phosphate fertilizers production (P205 - 100000 T).

Comparison of SSP non gran., SSP gran. and TSP.

		FP_2	FP_3	FP_1
G L O B A L R E S U L T S				
PDA Yearly Profit	mil.L.C.	-2	-9	-10
PDA Value Added	mil.L.C.	10	11	8
Investment	mil.\$	49	95	84
Yearly Import	mil.\$	12	14	12
Yearly Domestic Purchase	mil.L.C.	9	10	13
Yearly Domestic Sale	mil.L.C.	33	38	36

S A L E				
STEAM	T	133440	113424	0
ELECTRICITY	kwh	35250400	21928640	22568652
GYPSUM	T	0	0	426730
SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP 18% T		556000	0	0
TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46 T		0	0	217000
SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP 18% T		0	556000	0

P U R C H A S E				
COOLING WATER	m3	16457600	18103360	26397400
PROCESS WATER	m3	1238768	183925	939563
STEAM	T	0	0	91183
CATALYST AND CHEMICALS	\$	44480	48928	43422
FUEL	T-cal	0	38920	27125000
SULFUR	T	72880	80169	71146
PHOSPHATE ROCK (29%P205)	T	361400	394760	362303
BAGS	EA	0	0	4340000

P R O C E S S E S				
SULFURIC ACID FROM SULFUR	T	222400	244640	217109
PHOSPHORIC ACID BY DIHYDRATE W T		0	0	74865
SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP 18% T		0	556000	0
SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP 18% T		556000	0	0
TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46 T		0	0	217000

Comparison of TSP, DAP and MAP.

PP_1 PP_4 PP_5

GLOBAL RESULTS

PDA Yearly Profit	mil.L.C.	-10	-20	-26
PDA Value Added	mil.L.C.	8	1	-5
Investment	mil.\$	84	95	97
Yearly Import	mil.\$	12	16	17
Yearly Domestic Purchase	mil.L.C.	13	17	15
Yearly Domestic Sale	mil.L.C.	36	38	30

S A L E

ELECTRICITY	kwh	22568652	27006476	30390692
GYPSON	T	426730	577632	579975
DI-AMMONIUM PHOSPHATE (DAP 16-	T	3	217000	0
TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46	T	217000	0	0
MONO-AMMONIUM PHOSPHATE (MAP 1	T	0	0	185000

P U R C H A S E

COOLING WATER	m3	26397400	35780308	35931812
PROCESS WATER	m3	939563	684713	687540
STEAM	T	91183	117163	126836
CATALYST AND CHEMICALS	\$	43422	58907	133163
FUEL	T-cal	27125000	20484000	0
AMMONIA	T	0	47957	24605
SULFUR	T	71146	96519	96939
PHOSPHATE ROCK (29%P2O5)	T	362303	372928	374440
BAGS	EA	4340000	4340000	3700000

P R O C E S S E S

SULFURIC ACID FROM SULFUR	T	217109	294534	235815
PHOSPHORIC ACID BY DIHYDRATE W	T	74865	101339	101750
DI-AMMONIUM PHOSPHATE (DAP 18-	T	0	217000	0
TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46	T	217000	0	0
MONO-AMMONIUM PHOSPHATE (MAP 1	T	0	0	185000

**"PLAN DIRECTEUR DE DEVELOPPEMENT
DE L'INDUSTRIE CHIMIQUE EN
ALGERIE"**

(EXTENSION POUR LA PETROCHIMIE)

DP/ALG/86/008/21-04/

Rapport technique: Implantation du système informatique d'Aide à la Décision Interactive Multicritères ADIM-ALG et mise en œuvre de la méthodologie ADIM pour la programmation du développement de l'industrie chimique en Algérie

ANNEXE 3

PROFILS TECHNOLOGIQUES

Laboratoire Interministériel pour les Etudes de Systèmes
près l'Académie des Mines et de la Métallurgie, à
Cracovie, Pologne

Table des matières

Partie A.	1
Liste des profils technologiques additionnels utilisés dans le "DPD global de l'industrie chimique" révisé	
Partie B.	25
Profils technologiques pour le "DPD de l'industrie pétrochimique"	
Partie C.	56
Profils technologiques pour le "DPD de l'industrie des engrais"	

PART A

TECHNOLOGICAL PROFILES ADDED TO CHEMICAL INDUSTRY REVISED CASE STUDY

1. ACETIC ANHYDRIDE FROM ACETIC ACID
2. ACRYLIC ACID FROM PROPYLENE
3. BUTYL ACRYLATE
4. CAPROLACTAM FROM PHENOL
5. CELLULOSE ACETATE
6. ETHANOL FROM ETHYLENE
7. ETHYL ACRYLATE
8. FORMALDEHYDE (USING SILVER CATALYST)
9. HIGH STYRENE-BUTADIENE RUBBER
10. HYDROGEN CYANIDE ANDRUSSOW PROCESS
11. MELAMINE
12. METHANOL
13. METHYL ACRYLATE
14. NITRIC ACID CONC. 99%
15. NYLON 6 CHIPS
16. POLYACRYLATE LATEX
17. POLYACRYLATE PELETS
18. POLYCARBONATE
19. POLYETHYLENE LD
20. POLYVINYL ALCOHOL
21. PROPYLENE OXIDE BY CHLORHYDRIN PROCESS
22. SAN
23. STYRENE FROM ETHYLBENZENE

1. TECHNOLOGICAL PROFILE

ACETIC ANHYDRIDE FROM ACETIC ACID

Capacity: 113000.00 T (yearly)

Battery limits: 11.50 mln \$ offsites: 63.00 %

Manpower: 18

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

ACETIC ANHYDRIDE	o	1.000 T
ACETIC ACID	i	.603 T
CARBON MONOXIDE	i	272.100 m3
CATALYST AND CHEMICALS	i	22.700 \$
METHANOL	i	.352 T
COOLING WATER	i	147.000 m3
STEAM	i	4.199 T
ELECTRICITY	i	168.000 kWh

2. TECHNOLOGICAL PROFILE

ACRYLIC ACID FROM PROPYLENE

Capacity: 45000.00 T (yearly)

Battery limits: 54.20 mln \$ offsites: 34.00 %

Manpower: 15

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

ACRYLIC ACID	o	1.000 T
ACETIC ACID	o	.039 T
CATALYST AND CHEMICALS	i	37.000 \$
ETHYL ACETATE	i	.009 T
HYDROQUINONE	i	.003 T
PROPYLENE	i	.723 T
AIR	i	.456 T
COOLING WATER	i	201.000 m3
STEAM	i	2.799 T
ELECTRICITY	i	556.000 kWh

3. TECHNOLOGICAL PROFILE

BUTYL ACRYLATE

Capacity: 25000.00 T (yearly)

Battery limits: 3.60 mln \$ offsites: 33.00 %

Manpower: 9

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

BUTYL ACRYLATE	o	1.000	T
BUTANOL-N	i	.609	T
ACRYLIC ACID	i	.592	T
CAUSTIC SODA	i	.070	T
HYDROQUINONE	i	.001	T
SULFURIC ACID	i	.059	T
COOLING WATER	i	159.000	m3
PROCESS WATER	i	13.000	m3
STEAM	i	6.500	T
ELECTRICITY	i	22.000	kWh
INERT GAS	i	7.099	m3

4. TECHNOLOGICAL PROFILE

CAPROLACTAM FROM PHENOL

Capacity: 35000.00 T (yearly)

Battery limits: 57.79 mln \$ offsites: 46.00 %

Manpower: 31

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

CAPROLACTAM	o	1.000 T
AMMONIUM SULFATE	o	4.400 T
NITRIC ACID (DILUTE)	o	.050 T
AMMONIA	i	1.480 T
PHENOL	i	.920 T
SULFUR	i	.670 T
CATALYST AND CHEMICALS	i	38.599 \$
HYDROGEN	i	556.000 m3
NATURAL GAS	i	22.200 Tcal
OLEUM	i	1.360 T
COOLING WATER	i	1.000 m3
PROCESS WATER	i	11.000 m3
STEAM	i	9.000 T
ELECTRICITY	i	207.000 kWh
INERT GAS	i	59.000 m3

5. TECHNOLOGICAL PROFILE

CELLULOSE ACETATE

Capacity: 25000.00 T (yearly)

Battery limits: 19.00 mln \$ offsites: 22.00 %

Manpower: 25

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

CELLULOSE ACETATE	o	1.000 T
ACETIC ACID	i	.200 T
ACETIC ANHYDRIDE	i	1.500 T
CELLULOSE	i	.699 T
COOLING WATER	i	500.000 m3
PROCESS WATER	i	2.000 m3
STEAM	i	60.000 T
ELECTRICITY	i	800.000 kWh

6. TECHNOLOGICAL PROFILE

ETHANOL FROM ETHYLENE

Capacity: 125000.00 T (yearly)

Battery limits: 46.40 mln \$ offsites: 57.00 %

Manpower: 12

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

ETHANOL	o	1.000	T
ETHYLENE	i	.628	T
CHEMICALS	i	1.299	\$
HYDROCHLORIC ACID	i	.004	T
CAUSTIC SODA	i	.006	T
NATURAL GAS	i	556.000	Tcal
PHOSPHORIC ACID (INDUSTRIAL GRADE)	i	.001	T
COOLING WATER	i	76.000	m3
PROCESS WATER	i	2.000	m3
STEAM	i	3.700	T
ELECTRICITY	i	57.000	kWh

7. TECHNOLOGICAL PROFILE

ETHYL ACRYLATE

Capacity: 25000.00 T (yearly)

Battery limits: 3.60 mln \$ offsites: 33.00 %

Manpower: 9

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

ETHYL ACRYLATE	o	1.000 T
ACRYLIC ACID	i	.769 T
ETHANOL	i	.483 T
CAUSTIC SODA	i	.068 T
HYDROQUINONE	i	.001 T
SULFURIC ACID	i	.059 T
COOLING WATER	i	151.000 m3
PROCESS WATER	i	14.000 m3
STEAM	i	6.300 T
ELECTRICITY	i	13.000 kWh
INERT GAS	i	7.099 m3

8. TECHNOLOGICAL PROFILE

FORMALDEHYDE (USING SILVER CATALYST)

Capacity: 50000.00 T (yearly)

Battery limits: 9.20 mln \$ offsites: 102.00 %

Manpower: 6

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

FORMALDEHYDE	o	1.000 T
METHANOL	i	1.205 T
CHEMICALS	i	3.293 \$
COOLING WATER	i	84.000 m3
PROCESS WATER	i	1.200 m3
STEAM	o	.860 T
ELECTRICITY	i	126.000 kWh

9. TECHNOLOGICAL PROFILE

HIGH STYRENE-BUTADIENE RUBBER

Capacity: 70000.00 T (yearly)

Battery limits: 43.09 mln \$ offsites: 73.00 %

Manpower: 45

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

HIGH STYRENE-BUTADIENE RUBBER	o	1.000 T
STYRENE	i	.350 T
BUTADIENE	i	.170 T
CATALYST AND CHEMICALS	i	23.000 \$
SALT	i	.201 T
SOAP	i	.069 T
STABILIZER, SBR	i	.011 T
SULFURIC ACID	i	.024 T
WATER DEIONIZED	i	5.340 m3
COOLING WATER	i	69.000 m3
STEAM	i	1.200 T
ELECTRICITY	i	591.000 kWh
INERT GAS	i	3.899 m3

10. TECHNOLOGICAL PROFILE

HYDROGEN CYANIDE ANDRUSSOW PROCESS

Capacity: 30000.00 T (yearly)

Battery limits: 23.70 mln \$ offsites: 59.00 %

Manpower: 12

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

HYDROGEN CYANIDE	o	1.000 T
AMMONIA	i	.750 T
CATALYST AND CHEMICALS	i	27.100 \$
COOLING WATER	i	503.000 m3
PROCESS WATER	i	.389 m3
STEAM	i	.970 T
ELECTRICITY	i	185.000 kWh
METHANE	i	1.003 T

11. TECHNOLOGICAL PROFILE

MELAMINE

Capacity: 20000.00 T (yearly)

Battery limits: 27.40 mln \$ offsites: 24.00 %

Manpower: 12

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

MELAMINE	o	1.000 T
UREA	i	3.039 T
AMMONIA	o	.860 T
ALUMINA CATALYST	i	.006 T
NATURAL GAS	i	3333.000 Tcal
COOLING WATER	i	27.000 m3
STEAM	i	2.000 T
ELECTRICITY	i	1250.000 kWh

12. TECHNOLOGICAL PROFILE

METHANOL

Capacity: 410000.00 T (yearly)

Battery limits: 99.00 mln \$ offsites: 37.00 %

Manpower: 13

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

METHANOL	o	1.000 T
CATALYST AND CHEMICALS	i	2.500 \$
COOLING WATER	i	103.000 m3
PROCESS WATER	i	1.200 m3
ELECTRICITY	i	33.000 kWh
NATURAL GAS	i	8228.000 Tcal

13. TECHNOLOGICAL PROFILE

METEYL ACRYLATE

Capacity: 25000.00 T (yearly)

Battery limits: 8.60 mln \$ offsites: 33.00 %

Manpower: 9

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

METHYL ACRYLATE	o	1.000	T
METHANOL	i	.391	T
ACRYLIC ACID	i	.880	T
SULFURIC ACID	i	.059	T
CAUSTIC SODA	i	.068	T
HYDROQUINONE	i	.001	T
COOLING WATER	i	151.000	m3
PROCESS WATER	i	14.000	m3
STEAM	i	6.300	T
ELECTRICITY	i	13.000	kWh
INERT GAS	i	7.099	m3

14. TECHNOLOGICAL PROFILE

NITRIC ACID CONC. 99%

Capacity: 45000.00 T (yearly)

Battery limits: 21.20 mln \$ offsites: 30.00 %

Manpower: 6

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

NITRIC ACID(99%)	o	1.000 T
AMMONIA	i	.234 T
CATALYST AND CHEMICALS	i	2.599 \$
COOLING WATER	i	36.000 m3
STEAM	i	.180 T
ELECTRICITY	i	434.000 kWh

15. TECHNOLOGICAL PROFILE

NYLON 6 CHIPS

Capacity: 25000.00 T (yearly)

Battery limits: 13.00 mln \$ offsites: 40.00 %

Manpower: 24

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

NYLON 6 CHIPS	o	1.000	T
CAPROLACTAM	i	.948	T
NYLON 6 WASTE	i	.064	T
ACETIC ACID	i	.002	T
CHEMICALS	i	42.000	\$
COOLING WATER	i	189.000	m3
STEAM	i	3.799	T
ELECTRICITY	i	368.000	kWh
INERT GAS	i	7.099	m3
NATURAL GAS	i	222.000	Tcal

16. TECHNOLOGICAL PROFILE

POLYACRYLATE LATEX

Capacity: 20000.00 T (yearly)

Battery limits: 8.00 mln \$ offsites: 71.00 %

Manpower: 9

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

POLYACRYLATE LATEX	o	1.000 T
ETHYL ACRYLATE	i	.660 T
METHACRYLIC ACID	i	.014 T
SODIUM BISULFITE	i	.002 T
HYDROCHLORIC ACID	i	.001 T
METHYL METHACRYLATE	i	.324 T
POTASSIUM PERSULFATE	i	.002 T
SODIUM BICARBONATE	i	.001 T
PRIMARY ALCOHOL SULFONATE SODIUM SALT	i	.072 T
COOLING WATER	i	33.000 m3
PROCESS WATER	i	1.000 m3
STEAM	i	.490 T
ELECTRICITY	i	769.000 kWh
INERT GAS	i	30.000 m3

17. TECHNOLOGICAL PROFILE

POLYACRYLATE PELETS

Capacity: 20000.00 T (yearly)

Battery limits: 11.40 mln \$ offsites: 48.00 %

Manpower: 15

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

POLYACRYLATE PELLETS	o	1.000	T
METHYL METHACRYLATE	i	.894	T
ETHYL ACRYLATE	i	.158	T
DISODIUM PHOSPHATE	i	.019	T
STEARIC ACID	i	.021	T
TERT-HEXADECYL MERCAPTAN	i	.002	T
BENZOYL PEROXIDE	i	.010	T
CAUSTIC SODA	i	.001	T
HYDROCHLORIC ACID	i	.007	T
POLYVINYL ALCOHOL	i	.008	T
COOLING WATER	i	68.000	m3
PROCESS WATER	i	3.799	m3
STEAM	i	1.299	T
ELECTRICITY	i	778.000	kWh
INERT GAS	i	47.000	m3

18. TECHNOLOGICAL PROFILE

POLYCARBONATE

Capacity: 10000.00 T (yearly)

Battery limits: 24.70 mln \$ offsites: 38.00 %

Manpower: 12

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

POLYCARBONATE	o	1.000	T
BISPHENOL A(EPOXY GRADE)	i	.912	T
CAUSTIC SODA	i	.437	T
HYDROCHLORIC ACID	i	.004	T
NATURAL GAS	i	332.000	Tcal
PHENOL	i	.030	T
PHOSGEN	i	.469	T
COOLING WATER	i	99.000	m3
PROCESS WATER	i	3.799	m3
STEAM	i	3.200	T
ELECTRICITY	i	1118.000	kWh
INERT GAS	i	7.199	m3

19. TECHNOLOGICAL PROFILE

POLYETHYLENE LD

Capacity: 200000.00 T (yearly)

Battery limits: 86.59 mln \$ offsites: 31.00 %

Manpower: 24

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

POLYETHYLENE LD	o	1.000 T
PURGE ETHYLENE	o	.029 T
ETHYLENE	i	1.059 T
CATALYST AND CHEMICALS	i	7.000 \$
COOLING WATER	i	134.000 m3
PROCESS WATER	i	1.299 m3
STEAM	i	.019 T
ELECTRICITY	i	963.000 kWh
INERT GAS	i	3.500 m3

20. TECHNOLOGICAL PROFILE

POLYVINYL ALCOHOL

Capacity: 20000.00 T (yearly)

Battery limits: 37.40 mln \$ offsites: 55.00 %

Manpower: 18

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

POLYVINYL ALCOHOL	o	1.000 T
ACETIC ACID CRUDE	o	1.309 T
VINYL ACETATE	i	1.983 T
SULFURIC ACID	i	.070 T
AZOBISISOBUTYRONITRYL	i	.001 T
METHYLHYDROQUINONE ETHER	i	.000 T
CAUSTIC SODA	i	.056 T
ETHYL ACETATE	i	.068 T
ISOPROPANOL	i	.001 T
METHANOL	i	.005 T
COOLING WATER	i	1350.000 m3
PROCESS WATER	i	9.000 m3
STEAM	i	31.000 T
ELECTRICITY	i	223.000 kWh
INERT GAS	i	37.000 m3

21. TECHNOLOGICAL PROFILE

PROPYLENE OXIDE BY CHLORHYDRIN PROCESS

Capacity: 50000.00 T (yearly)

Battery limits: 34.59 mln \$ offsites: 50.00 %

Manpower: 18

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

PROPYLENE OXIDE	o	1.000 T
PROPYLENE, (DILUTE)	o	.003 T
DICHLOROPROPYLENES	o	.096 T
PROPYLENE	i	.828 T
CHEMICALS	i	7.199 \$
CHLORINE	i	1.457 T
HYDROCHLORIC ACID	i	.023 T
LIME	i	1.203 T
COOLING WATER	i	186.000 m3
PROCESS WATER	i	50.000 m3
STEAM	i	7.200 T
ELECTRICITY	i	143.000 kWh
INERT GAS	i	3.500 m3

22. TECHNOLOGICAL PROFILE

SAN

Capacity: 25000.00 T (yearly)

Battery limits: 21.29 mln \$ offsites: 40.00 %

Manpower: 18

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

SAN	o	1.000 T
ACRYLONITRILE	i	.280 T
CHEMICALS	i	15.399 \$
STYRENE	i	.720 T
COOLING WATER	i	30.000 m3
PROCESS WATER	i	.550 m3
STEAM	i	.200 T
ELECTRICITY	i	335.000 kWh
INERT GAS	i	10.000 m3

23. TECHNOLOGICAL PROFILE

STYRENE FROM ETHYLBENZENE

Capacity: 225000.00 T (yearly)

Battery limits: 51.50 mln \$ offsites: 51.00 %

Manpower: 18

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

STYRENE	o	1.000 T
ETHYLBENZENE	i	1.088 T
CHEMICALS	i	4.599 \$
NATURAL GAS	i	763.000 Tcal
COOLING WATER	i	85.000 m3
PROCESS WATER	i	1.899 m3
STEAM	i	2.500 T
ELECTRICITY	i	84.000 kWh
INERT GAS	i	3.200 m3

PART B

TECHNOLOGICAL PROFILES
FOR BASIC PETROCHEMICAL INDUSTRY CASE STUDY

1. BENZENE BY TOLUENE DISPROPORTIONATION
2. BENZENE FROM PYROLYSIS GASOLINE
3. BENZENE FROM TOLUENE BY DEALKYLATION
4. BUTADIENE FROM C4 EXTRACTION
5. BUTADIENE FROM N-BUTENES (PETRO-TEX)
6. BUTADIENE RECOVERY FROM C4 FRACTION
7. BUTENE-1 BY DIMERIZATION OF ETHYLENE
8. BUTENE-1 HIGH PURITY FROM N-BUTENES
9. ETHYLENE FROM CONDENSATE
10. ETHYLENE FROM ETHANE BY STEAM CRACKING
11. ETHYLENE FROM ETHANE-PROPANE MIXTURE
12. ETHYLENE FROM GAS OIL
13. ETHYLENE FROM LIGHT-NAPHTA
14. ETHYLENE FROM N-BUTANE
15. ETHYLENE FROM PROPANE 75% CONVERSION
16. ETHYLENE FROM PROPANE 90% CONVERSION
17. ETHYLENE FROM WIDE RANGE NAPHTA HS
18. ETHYLENE FROM WIDE RANGE NAPHTA MS
19. ISOBUTANE BY BUTANES SEPARATION
20. ISOBUTANE BY IZOMERIZATION OF N-BUTANE
21. ISOBUTYLENE FROM ISOBUTANE
22. MIXED XYLENES FROM NAPHTENIC FEED REF.
23. MIXED XYLENES FROM PARAFFINIC FEED REF.
24. MTBE FROM ISOBUTYLENE
25. MTBE FROM MIXED BUTENES (BUTADIENE RAF.)
26. N-BUTENES FROM N-BUTANE
27. O-XYLENE AND P-XYLENE
28. P-XYLENE PAREX/ISOMER COMBINATION (UOP)
29. P-XYLENE RECOVERY (ADSORPTION)
30. PROPYLENE BY PROPANE DEHYDROGENATION

24. TECHNOLOGICAL PROFILE

BENZENE BY TOLUENE DISPROPORTIONATION

Capacity: 17500.00 T (yearly)

Battery limits: 3.40 mln \$ offsites: 147.05 %

Manpower: 9

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

BENZENE	o	1.000 T
XYLENE MIXED	o	1.136 T
FUEL GAS	o	644.000 Tcal
TOLUENE	i	2.374 T
HYDROGEN	i	62.430 m3
CATALYST AND CHEMICALS	i	.200 \$
COOLING WATER	i	62.000 m3
STEAM	i	.839 T
ELECTRICITY	i	108.000 kWh
NATURAL GAS	i	1604.000 Tcal

25. TECHNOLOGICAL PROFILE

BENZENE FROM PYROLYSIS GASOLINE

Capacity: 69500.00 T (yearly)

Battery limits: 11.20 mln \$ offsites: 91.07 %

Manpower: 12

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

BENZENE	o	1.000 T
TOLUENE	o	.492 T
XYLENE MIXED	o	.319 T
BTX RAFFINATE	o	.180 T
PYROLYSIS GASOLINE	i	2.019 T
SULFOLANE	i	.000 T
COOLING WATER	i	124.000 m3
STEAM	i	3.299 T
ELECTRICITY	i	17.500 kWh

26. TECHNOLOGICAL PROFILE

BENZENE FROM TOLUENE BY DEALKYLATION

Capacity: 40000.00 T (yearly)

Battery limits: 3.50 mln \$ offsites: 42.35 %

Manpower: 6

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

BENZENE	o	1.000 T
FUEL GAS	o	2751.000 Tcal
TOLUENE	i	1.187 T
HYDROGEN (IN OFF-GAS)	i	317.299 m3
CATALYST AND CHEMICALS	i	.699 \$
COOLING WATER	i	19.000 m3
STEAM	i	.059 T
ELECTRICITY	i	83.000 kWh
NATURAL GAS	i	580.000 Tcal

27. TECHNOLOGICAL PROFILE

BUTADIENE FROM C4 EXTRACTION

Capacity: 25000.00 T (yearly)

Battery limits: 6.60 mln \$ offsites: 45.00 %

Manpower: 6

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

BUTADIENE	o	1.000 T
MIXED BUTYLENES(BUTADIENE RAFFINATE)	o	1.297 T
C4 FRACTION	i	2.369 T
ACETONITRILE	i	.001 T
CHEMICALS	i	1.500 \$
COOLING WATER	i	159.000 m3
STEAM	i	3.500 T
PROCESS WATER	i	2.900 m3
ELECTRICITY	i	24.000 kWh

28. TECHNOLOGICAL PROFILE

BUTADIENE FROM N-BUTENES (PETRO-TEX)

Capacity: 25000.00 T (yearly)

Battery limits: 16.70 mln \$ offsites: 48.50 %

Manpower: 12

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

BUTADIENE	o	1.000	T
BUTENES-N	i	1.115	T
CATALYST AND CHEMICALS	i	7.900	\$
COOLING WATER	i	495.000	m3
STEAM	i	6.599	T
PROCESS WATER	i	7.699	m3
ELECTRICITY	i	397.000	kWh
FUEL	i	2222.000	Tcal

29. TECHNOLOGICAL PROFILE

BUTADIENE RECOVERY FROM C4 FRACTION

Capacity: 25000.00 T (yearly)

Battery limits: 8.60 mln \$ offsites: 34.88 %

Manpower: 9

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

BUTADIENE	o	1.000 T
MIXED BUTYLENES(BUTADIENE RAFFINATE)	o	1.286 T
C4 FRACTION	i	2.339 T
METHYL-N 2-PYRROLIDONE	i	.000 T
CHEMICALS	i	2.000 \$
COOLING WATER	i	83.000 m3
STEAM	i	1.600 T
ELECTRICITY	i	123.000 kWh

30. TECHNOLOGICAL PROFILE

BUTENE-1 BY DIMERIZATION OF ETHYLENE

Capacity: 20000.00 T (yearly)

Battery limits: 6.20 mln \$ offsites: 50.00 %

Manpower: 12

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

BUTENE-1	o	1.000 T
FUEL	o	774.000 Tcal
ETHYLENE	i	1.095 T
TETRABUTYL TITANATE	i	.002 T
ALUMINUM TRIETHYL	i	.002 T
COOLING WATER	i	93.000 m3
STEAM	i	.529 T
ELECTRICITY	i	60.000 kWh

31. TECHNOLOGICAL PROFILE

BUTENE-1 HIGH PURITY FROM N-BUTENES

Capacity: 20000.00 T (yearly)

Battery limits: 7.20 mln \$ offsites: 100.00 %

Manpower: 6

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

BUTENE-1	o	1.000 T
ISOMERIZED B-B	o	.054 T
BUTENES-N	i	1.062 T
MOLECULAR SIEVES	i	.001 T
HEXENE-HEXANE(DESOROBENT)	i	.000 T
CATALYST AND CHEMICALS	i	2.200 \$
COOLING WATER	i	82.000 m3
STEAM	i	2.500 T
ELECTRICITY	i	57.000 kWh
FUEL	i	1667.000 Tcal
INERT GAS	i	5.199 m3
NATURAL GAS	i	1111.000 Tcal

32. TECHNOLOGICAL PROFILE

ETHYLENE FROM CONDENSATE

Capacity: 450000.00 T (yearly)

Battery limits: 290.00 mln \$ offsites: 49.00 %

Manpower: 30

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

ETHYLENE	o	1.000 T
PROPYLENE	o	.400 T
C4 FRACTION	o	.254 T
PYROLYSIS GASOLINE	o	.384 T
TAIL GAS	o	3102.000 Tcal
FUEL OIL	o	.079 T
CONDENSATE	i	2.694 T
CATALYST AND CHEMICALS	i	2.000 \$
INERT GAS	i	16.000 m3
ELECTRICITY	i	53.000 kWh
PROCESS WATER	i	1.899 m3
COOLING WATER	i	330.000 m3

33. TECHNOLOGICAL PROFILE

ETHYLENE FROM ETHANE BY STEAM CRACKING

Capacity: 225000.00 T (yearly)

Battery limits: 128.60 mln \$ offsites: 37.63 %

Manpower: 21

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

ETHYLENE	o	1.000 T
TAIL GAS	o	4052.000 Tcal
PYROLYSIS LIQUID	o	.078 T
COOLING WATER	i	229.000 m3
PROCESS WATER	i	1.899 m3
ELECTRICITY	i	18.000 kWh
INERT GAS	i	5.930 m3
NATURAL GAS	i	4850.000 Tcal
CATALYST AND CHEMICALS	i	1.500 \$
ETHANE	i	1.243 T

34. TECHNOLOGICAL PROFILE

ETHYLENE FROM ETHANE-PROPANE MIXTURE

Capacity: 225000.00 T (yearly)

Battery limits: 142.10 mln \$ offsites: 37.71 %

Manpower: 24

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

ETHYLENE	o	1.000 T
PROPYLENE	o	.289 T
C4 FRACTION	o	.078 T
PYROLYSIS GASOLINE	o	.070 T
FUEL OIL	o	.005 T
TAIL GAS	o	5766.000 Tcal
ETHANE	i	.370 T
PROPANE	i	1.707 T
CATALYST AND CHEMICALS	i	1.500 \$
COOLING WATER	i	232.000 m3
PROCESS WATER	i	2.000 m3
ELECTRICITY	i	26.000 kWh
INERT GAS	i	5.900 m3
NATURAL GAS	i	4913.000 Tcal

35. TECHNOLOGICAL PROFILE

ETHYLENE FROM GAS OIL

Capacity: 225000.00 T (yearly)

Battery limits: 196.69 mln \$ ofisites: 94.90 %

Manpower: 30

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

ETHYLENE	o	1.000 T
PROPYLENE	o	.534 T
C4 FRACTION	o	.342 T
PYROLYSIS GASOLINE	o	.611 T
FUEL OIL	o	.638 T
TAIL GAS	o	6968.000 Tcal
GAS OIL	i	3.638 T
NATURAL GAS	i	6429.000 Tcal
PROCESS WATER	i	2.000 m3
ELECTRICITY	i	62.000 kWh
INERT GAS	i	17.000 m3
CATALYST AND CHEMICALS	i	2.400 \$
COOLING WATER	i	401.000 m3

36. TECHNOLOGICAL PROFILE

ETHYLENE FROM LIGHT-NAPHTA

Capacity: 225000.00 T (yearly)

Battery limits: 171.30 mln \$ offsites: 50.26 %

Manpower: 30

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

ETHYLENE	o	1.000	T
PROPYLENE	o	.400	T
C4 FRACTION	o	.255	T
PYROLYSIS GASOLINE	o	.395	T
FUEL OIL	o	.081	T
TAIL GAS	o	8448.000	Tcal
NAPHTHA ,LIGHT	i	2.703	T
CATALYST AND CHEMICALS	i	2.000	\$
COOLING WATER	i	330.000	m3
PROCESS WATER	i	1.899	m3
ELECTRICITY	i	53.000	kWh
INERT GAS	i	16.000	m3
NATURAL GAS	i	5731.000	Tcal

37. TECHNOLOGICAL PROFILE

ETHYLENE FROM N-BUTANE

Capacity: 450000.00 T (yearly)

Battery limits: 255.39 mln \$ offsites: 41.00 %

Manpower: 27

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

ETHYLENE	o	1.000	T
PROPYLENE	o	.409	T
C4 FRACTION	o	.252	T
PYROLYSIS GASOLINE	o	.160	T
FUEL OIL	o	.042	T
TAIL GAS	o	9275.000	Tcal
BUTANE-N	i	2.473	T
CATALYST AND CHEMICALS	i	2.000	\$
COOLING WATER	i	249.000	m3
PROCESS WATER	i	2.000	m3
ELECTRICITY	i	51.000	kWh
INERT GAS	i	5.900	m3
NATURAL GAS	i	5202.000	Tcal

38. TECHNOLOGICAL PROFILE

ETHYLENE FROM PROPANE 75% CONVERSION

Capacity: 225000.00 T (yearly)

Battery limits: 155.30 mln \$ offsites: 42.43 %

Manpower: 24

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

ETHYLENE	o	1.000 T
PROPYLENE	o	.646 T
C4 FRACTION	o	.086 T
PYROLYSIS GASOLINE	o	.095 T
FUEL OIL	o	.010 T
TAIL GAS	o	11396.000 Tcal
PROPANE	i	2.571 T
CATALYST AND CHEMICALS	i	2.000 \$
COOLING WATER	i	250.000 m3
PROCESS WATER	i	2.000 m3
ELECTRICITY	i	51.000 kWh
INERT GAS	i	5.900 m3
NATURAL GAS	i	5263.000 Tcal

39. TECHNOLOGICAL PROFILE

ETHYLENE FROM PROPANE 90% CONVERSION

Capacity: 225000.00 T (yearly)

Battery limits: 150.80 mln \$ offsites: 42.37 %

Manpower: 27

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

ETHYLENE	o	1.000 T
PROPYLENE	o	.366 T
C4 FRACTION	o	.099 T
PYROLYSIS GASOLINE	o	.143 T
FUEL OIL	o	.022 T
TAIL GAS	o	11082.000 Tcal
PROPANE	i	2.355 T
CATALYST AND CHEMICALS	i	2.000 \$
PROCESS WATER	i	2.000 m3
ELECTRICITY	i	51.000 kWh
INERT GAS	i	5.900 m3
NATURAL GAS	i	5109.000 Tcal
COOLING WATER	i	243.000 m3

40. TECHNOLOGICAL PROFILE

ETHYLENE FROM WIDE RANGE NAPHTA HS

Capacity: 225000.00 T (yearly)

Battery limits: 178.60 mln \$ offsites: 48.48 %

Manpower: 30

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

ETHYLENE	o	1.000	T
PROPYLENE	o	.422	T
C4 FRACTION	o	.277	T
PYROLYSIS GASOLINE	o	.567	T
FUEL OIL	o	.111	T
TAIL GAS	o	7832.000	Tcal
NAPHTHA ,WIDE RANGE	i	2.938	T
CATALYST AND CHEMICALS	i	2.000	\$
COOLING WATER	i	338.000	m3
PROCESS WATER	i	2.000	m3
ELECTRICITY	i	55.000	kWh
INERT GAS	i	17.000	m3
NATURAL GAS	i	5908.000	Tcal

41. TECHNOLOGICAL PROFILE

ETHYLENE FROM WIDE RANGE NAPHTA MS

Capacity: 225000.00 T (yearly)

Battery limits: 181.89 mln \$ offsites: 50.19 %

Manpower: 30

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

ETHYLENE	o	1.000 T
PROPYLENE	o	.573 T
C4 FRACTION	o	.451 T
PYROLYSIS GASOLINE	o	.929 T
FUEL OIL	o	.064 T
TAIL GAS	o	7832.000 Tcal
NAPHTHA ,WIDE RANGE	i	3.588 T
CATALYST AND CHEMICALS	i	2.200 \$
COOLING WATER	i	348.000 m3
PROCESS WATER	i	2.000 m3
ELECTRICITY	i	57.000 kWh
INERT GAS	i	17.000 m3
NATURAL GAS	i	6085.000 Tcal

42. TECHNOLOGICAL PROFILE

ISOBUTANE BY BUTANES SEPARATION

Capacity: 250000.00 T (yearly)

Battery limits: 4.50 mln \$ offsites: 61.00 %

Manpower: 9

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

BUTANE-N	o	1.664 T
ISOBUTANE	o	1.000 T
BUTANES	i	2.665 T
ELECTRICITY	i	6.400 kWh
STEAM	i	.850 T
COOLING WATER	i	25.000 m3
CATALYST AND CHEMICALS	i	3.000 \$

43. TECHNOLOGICAL PROFILE

ISOBUTANE BY IZOMERIZATION OF N-BUTANE

Capacity: 320000.00 T (yearly)

Battery limits: 22.20 mln \$ offsites: 54.00 %

Manpower: 6

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

ISOBUTANE	o	1.000 T
C5 FRACTION	o	.007 T
FUEL GAS	o	913.000 Tcal
BUTANE-N	i	1.105 T
HYDROGEN	i	107.199 m3
SILICA GEL	i	.001 T
CATALYST AND CHEMICALS	i	.200 \$
COOLING WATER	i	62.000 m3
STEAM	i	1.600 T
ELECTRICITY	i	18.000 kWh
NATURAL GAS	i	147.000 Tcal

44. TECHNOLOGICAL PROFILE

ISOBUTYLENE FROM ISOBUTANE

Capacity: 270000.00 T (yearly)

Battery limits: 46.50 mln \$ offsites: 100.00 %

Manpower: 12

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

ISOBUTYLENE	o	1.000	T
FUEL GAS	o	2314.000	Tcal
ISOBUTANE	i	1.167	T
CATALYST AND CHEMICALS	i	8.199	\$
COOLING WATER	i	120.000	m3
STEAM	i	.469	T
ELECTRICITY	i	241.000	kWh
NATURAL GAS	i	1989.000	Tcal

45. TECHNOLOGICAL PROFILE

MIXED XYLENES FROM NAPHTHENIC FEED REF.

Capacity: 92000.00 T (yearly)

Battery limits: 30.50 mln \$ offsites: 61.63 %

Manpower: 15

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

XYLENE MIXED	o	1.000 T
BENZENE	o	.474 T
TOLUENE	o	1.251 T
BTX RAFFINATE	o	.685 T
C9 AKOMAT:CS CRUDE	o	.134 T
HYDROGEN-RICH GAS	o	7580.000 Tcal
FUEL GAS	o	2400.000 Tcal
NAPHTHA HEARTCUT (NAPHTHENIC)	i	4.155 T
CATALYST AND CHEMICALS	i	.400 \$
SULFOLANE	i	.000 T
COOLING WATER	i	26.000 m3
STEAM	i	2.339 T
ELECTRICITY	i	84.500 kWh
NATURAL GAS	i	3027.000 Tcal

46. TECHNOLOGICAL PROFILE

MIXED XYLENES FROM PARAFFINIC FEED REF.

Capacity: 86400.00 T (yearly)

Battery limits: 29.79 mln \$ offsites: 58.05 %

Manpower: 15

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

XYLENE MIXED	o	1.000 T
BENZENE	o	.254 T
TOLUENE	o	.828 T
BTX RAFFINATE	o	.939 T
C9 AROMATICS CRUDE	o	.109 T
HYDROGEN-RICH GAS	o	7331.000 Tcal
FUEL GAS	o	5975.000 Tcal
NAPHTHA HEARTCUT (PARAFFINIC)	i	4.267 T
CATALYST AND CHEMICALS	i	.400 \$
SULFOLANE	i	.000 T
COOLING WATER	i	40.000 m3
STEAM	i	2.099 T
ELECTRICITY	i	83.000 kWh
NATURAL GAS	i	3473.000 Tcal

47. TECHNOLOGICAL PROFILE

MTBE FROM ISOBUTYLENE

Capacity: 500000.00 T (yearly)

Battery limits: 30.00 mln \$ offsites: 130.00 %

Manpower: 12

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

METHYL TERTIARY-BUTYL ETHER(MTBE)	o	1.000 T
ISOBUTYLENE	i	.642 T
METHANOL	i	.367 T
ELECTRICITY	i	18.000 kWh
STEAM	i	.759 T
PROCESS WATER	i	.079 m3
COOLING WATER	i	40.000 m3
CATALYST AND CHEMICALS	i	2.599 \$

48. TECHNOLOGICAL PROFILE

MTBE FROM MIXED BUTENES (BUTADIENE RAF.)

Capacity: 47500.00 T (yearly)

Battery limits: 4.50 mln \$ offsites: 111.11 %

Manpower: 9

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

METHYL TERTIARY-BUTYL ETHER(MTBE)	o	1.000 T
C4 RAFFINATE FROM MTBE UNIT	o	.804 T
MIXED BUTYLENES(BUTADIENE RAFFINATE)	i	1.425 T
METHANOL	i	.367 T
CATALYST AND CHEMICALS	i	2.599 \$
COOLING WATER	i	40.000 m3
STEAM	i	.759 T
PROCESS WATER	i	.079 m3
ELECTRICITY	i	18.000 kWh

49. TECHNOLOGICAL PROFILE

N-BUTENES FROM N-BUTANE

Capacity: 135000.00 T (yearly)

Battery limits: 27.79 mln \$ offsites: 90.00 %

Manpower: 12

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

BUTENES-N	o	1.000 T
BUTADIENE	o	.209 T
BUTANE-N	i	1.628 T
NATURAL GAS	i	1989.000 Tcal
ELECTRICITY	i	241.000 kWh
STEAM	i	.469 T
COOLING WATER	i	120.000 m3
CATALYST AND CHEMICALS	i	8.000 \$

50. TECHNOLOGICAL PROFILE

O-XYLENE AND P-XYLENE

Capacity: 50000.00 T (yearly)

Battery limits: 22.00 mln \$ offsites: 50.00 %

Manpower: 9

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

XYLENE-O	o	1.000 T
XYLENE-P	o	.667 T
AROMATIC SOLVENTS	o	6.349 T
XYLENE MIXED	i	8.050 T
COOLING WATER	i	67.300 m3
ELECTRICITY	i	219.000 kWh
FUEL	i	5040.000 Tcal

51. TECHNOLOGICAL PROFILE

P-XYLENE PAREX/ISOMER COMBINATION (UOP)

Capacity: 67500.00 T (yearly)

Battery limits: 16.60 mln \$ offsites: 72.28 %

Manpower: 9

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

XYLENE-P	o	1.000 T
XYLENE-O	o	.312 T
TOLUENE	o	.027 T
LIGHT ENDS	o	.078 T
HEAVY GASOLINE	o	.087 T
XYLENE MIXED	i	1.501 T
HYDROGEN	i	70.370 m3
CATALYST AND CHEMICALS	i	4.199 \$
COOLING WATER	i	33.000 m3
STEAM	i	6.199 T
ELECTRICITY	i	201.000 kWh
FUEL	i	2662.000 Tcal

52. TECHNOLOGICAL PROFILE

P-XYLENE RECOVERY (ADSORPTION)

Capacity: 40000.00 T (yearly)

Battery limits: 24.20 mln \$ offsites: 34.29 %

Manpower: 12

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

XYLENE-P	o	1.000	T
XYLENE-O	o	.500	T
LIGHT ENDS	o	.114	T
HEAVY GASOLINE	o	.014	T
STEAM	o	.360	T
XYLENE MIXED	i	1.610	T
HYDROGEN	i	133.300	m3
CATALYST AND CHEMICALS	i	4.400	\$
COOLING WATER	i	120.000	m3
ELECTRICITY	i	200.000	kWh
NATURAL GAS	i	3700.000	Tcal

53. TECHNOLOGICAL PROFILE

PROPYLENE BY PROPANE DEHYDROGENATION

Capacity: 225000.00 T (yearly)

Battery limits: 69.69 mln \$ offsites: 53.00 %

Manpower: 15

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

PROPYLENE	o	1.000 T
NATURAL GAS	o	149.000 Tcal
PROPANE	i	1.399 T
CATALYST AND CHEMICALS	i	9.500 \$
COOLING WATER	i	228.000 m3
PROCESS WATER	i	.930 m3
ELECTRICITY	i	24.000 kWh

PART C

TECHNOLOGICAL PROFILES
FOR FERTILIZERS INDUSTRY CASE STUDY

1. AMMONIA (REFORMING OF NATURAL GAS)	330000 T/Y
2. AMMONIUM NITRATE (AN) 34% N	170000 T/Y
3. COMPOUND FERTILIZER (NPK 15-15-15)	330000 T/Y
4. COMPOUND FERTILIZER (NPK 17-17-17)	330000 T/Y
5. DI-AMMONIUM PHOSPHATE (DAP 18-46-0)	193000 T/Y
6. DI-AMMONIUM PHOSPHATE (DAP 18-46-0)	385000 T/Y
7. DI-AMMONIUM PHOSPHATE (DAP 18-46-0)	770000 T/Y
8. MONO-AMMONIUM PHOSPHATE (MAP 11-54-0)	215000 T/Y
9. MONO-AMMONIUM PHOSPHATE (MAP 11-54-0)	430000 T/Y
10. NITRIC ACID	165000 T/Y
11. NITRIC ACID	594000 T/Y
12. PHOSPHORIC ACID BY DIHYDRATE WET PROCESS	160000 T/Y
13. PHOSPHORIC ACID BY DIHYDRATE WET PROCESS	320000 T/Y
14. PHOSPHORIC ACID BY ELECTRIC FURNANCE	200000 T/Y
15. PHOSPHORIC ACID BY HCL ROUTE	200000 T/Y
16. SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP 13% P2O5 GR)	165000 T/Y
17. SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP 18% P2O5 NG)	165000 T/Y
18. SULFURIC ACID FROM GYPSUM	320000 T/Y
19. SULFURIC ACID FROM METALLURGICAL SO2	320000 T/Y
20. SULFURIC ACID FROM PIRYTE	320000 T/Y
21. SULFURIC ACID FROM SULFUR	630000 T/Y
22. SULPHURIC ACID FROM SULFUR	320000 T/Y
23. TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46 % P2O5	264000 T/Y
24. UREA (U) 46% N	430000 T/Y

54. TECHNOLOGICAL PROFILE

AMMONIA (REFORMING OF NATURAL GAS)

Capacity: 330000.00 T (yearly)

Battery limits: 103.50 mln \$ offsites: 40.90 %

Manpower: 32

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

AMMONIA	o	1.000 T
CARBON DIOXIDE	o	1.299 T
NATURAL GAS	i	7200.000 Tcal
CATALYST AND CHEMICALS	i	2.000 \$
ELECTRICITY	i	72.000 kwh
COOLING WATER	i	120.000 m3
WATER DEMINERALIZED	i	1.200 T

55. TECHNOLOGICAL PROFILE

AMMONIUM NITRATE (AN) 34% N

Capacity: 170000.00 T (yearly)

Battery limits: 12.30 mln \$ offsites: 100.00 %

Manpower: 28

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

AMMONIUM NITRATE (AN) 34% N	o	1.000 T
AMMONIA	i	.204 T
NITRIC ACID	i	.768 T
CATALYST AND CHEMICALS	i	1.200 \$
ELECTRICITY	i	42.000 kwh
STEAM	i	.119 T
COOLING WATER	i	1.500 m3
BAGS	i	20.000 EA

56. TECHNOLOGICAL PROFILE

COMPOUND FERTILIZER (NPK 15-15-15)

Capacity: 330000.00 T (yearly)

Battery limits: 25.20 mln \$ offsites: 50.00 %

Manpower: 24

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

COMPOUND FERTILIZER (NPK 15-15-15)	o	1.000 T
CALCIUM AMMONIUM NITRATE	o	.620 T
POTASSIUM SULFATE	i	.305 T
COOLING WATER	i	31.000 m3
STEAM	i	.600 T
ELECTRICITY	i	65.000 kwh
CALCIUM CARBONATE	i	.179 T
CARBON DIOXIDE	i	.181 T
PHOSPHATE ROCK (29%P2O5)	i	.490 T
AMMONIA	i	.216 T
NITRIC ACID	i	.694 T
BAGS	i	32.000 EA

57. TECHNOLOGICAL PROFILE

COMPOUND FERTILIZER (NPK 17-17-17)

Capacity: 330000.00 T (yearly)

Battery limits: 9.20 mln \$ offsites: 45.65 %

Manpower: 30

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

COMPOUND FERTILIZER (NPK 17-17-17)	o	1.000 T
PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5)	i	.170 T
AMMONIA	i	.059 T
POTASSIUM SULFATE	i	.344 T
ELECTRICITY	i	31.000 kwh
STEAM	i	.100 T
FUEL	i	220.000 Tcal
WATER DEMINERALIZED	i	.009 T
UREA	i	.261 T
BAGS	i	20.000 EA

58. TECHNOLOGICAL PROFILE

DI-AMMONIUM PHOSPHATE (DAP 13-46-0)

Capacity: 193000.00 T (yearly)

Battery limits: 9.40 mln \$ offsites: 108.00 %

Manpower: 20

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

DI-AMMONIUM PHOSPHATE (DAP 13-46-0)	o	1.000 T
NATURAL GAS	i	94.400 Tcal
ELECTRICITY	i	71.000 kwh
SULFURIC ACID	i	.003 T
PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5)	i	.467 T
AMMONIA	i	.221 T
BAGS	i	20.000 EA

59. TECHNOLOGICAL PROFILE

DI-AMMONIUM PHOSPHATE (DAP 18-46-0)

Capacity: 385000.00 T (yearly)

Battery limits: 14.70 mln \$ offsites: 112.00 %

Manpower: 20

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

DI-AMMONIUM PHOSPHATE (DAP 18-46-0)	o	1.000 T
NATURAL GAS	i	94.400 Tcal
ELECTRICITY	i	71.000 kwh
SULFURIC ACID	i	.003 T
AMMONIA	i	.221 T
PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5)	i	.467 T
BAGS	i	20.000 EA

60. TECHNOLOGICAL PROFILE

DI-AMMONIUM PHOSPHATE (DAP 18-46-0)

Capacity: 770000.00 T (yearly)

Battery limits: 23.40 mln \$ offsites: 130.00 %

Manpower: 20

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

DI-AMMONIUM PHOSPHATE (DAP 18-46-0)	o	1.000 T
AMMONIA	i	.223 T
PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5)	i	.469 T
SULFURIC ACID	i	.003 T
ELECTRICITY	i	71.000 kwh
NATURAL GAS	i	94.400 Tcal
BAGS	i	20.000 EA

61. TECHNOLOGICAL PROFILE

MONO-AMMONIUM PHOSPHATE (MAP 11-54-0)

Capacity: 215000.00 T (yearly)

Battery limits: 11.10 mln \$ offsites: 100.00 %

Manpower: 20

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

MONO-AMMONIUM PHOSPHATE (MAP 11-54-0 GR, o		1.000 T
PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5)	i	.550 T
AMMONIA	i	.133 T
SULFURIC ACID	i	.904 T
CATALYST AND CHEMICALS	i	.400 \$
BAGS	i	20.000 EA
STEAM	i	.050 T
ELECTRICITY	i	66.000 kwh

62. TECHNOLOGICAL PROFILE

MONO-AMMONIUM PHOSPHATE (MAP 11-54-0)

Capacity: 430000.00 T (yearly)

Battery limits: 17.20 mln \$ offsites: 100.00 %

Manpower: 20

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

MONO-AMMONIUM PHOSPHATE (MAP 11-54-0 GR)	o	1.000 T
PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5)	i	.550 T
AMMONIA	i	.133 T
SULFURIC ACID	i	.004 T
CATALYST AND CHEMICALS	i	.039 \$
BAGS	i	20.000 EA
STEAM	i	.050 T
ELECTRICITY	i	66.000 kwh

63. TECHNOLOGICAL PROFILE

NITRIC ACID

Capacity: 165000.00 T (yearly)

Battery limits: 17.40 mln \$ offsites: 44.82 %

Manpower: 12

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

NITRIC ACID	o	1.000 T
STEAM	o	.400 T
AMMONIA	i	.280 T
CATALYST AND CHEMICALS	i	1.299 \$
ELECTRICITY	i	13.000 kwh
COOLING WATER	i	111.000 m3
WATER DEMINERALIZED	i	.699 T

64. TECHNOLOGICAL PROFILE

NITRIC ACID

Capacity: 594000.00 T (yearly)

Battery limits: 48.50 mln \$ offsites: 44.74 %

Manpower: 12

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

NITRIC ACID	o	1.000 T
STEAM	o	.400 T
AMMONIA	i	.280 T
CATALYST AND CHEMICALS	i	1.299 \$
ELECTRICITY	i	13.000 kwh
COOLING WATER	i	111.000 m3
WATER DEMINERALIZED	i	.699 T

65. TECHNOLOGICAL PROFILE

PHOSPHORIC ACID BY DIHYDRATE WET PROCESS

Capacity: 160000.00 T (yearly)

Battery limits: 34.59 mln \$ offsites: 44.00 %

Manpower: 28

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5)	o	1.000 T
GYPSUM	o	5.699 T
PHOSPHATE ROCK (29%P2O5)	i	3.680 T
SULFURIC ACID	i	2.900 T
ELECTRICITY	i	93.000 kwh
STEAM	i	2.900 T
PROCESS WATER	i	5.099 m3
COOLING WATER	i	138.000 m3

66. TECHNOLOGICAL PROFILE

PHOSPHORIC ACID BY DIHYDRATE WET PROCESS

Capacity: 320000.00 T (yearly)

Battery limits: 48.59 mln \$ offsites: 44.00 %

Manpower: 28

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5)	o	1.000 T
GYPSUM	o	5.699 T
PHOSPHATE ROCK (29%P2O5)	i	3.680 T
SULFURIC ACID	i	2.900 T
ELECTRICITY	i	93.000 kwh
STEAM	i	2.900 T
PROCESS WATER	i	5.099 m3
COOLING WATER	i	138.000 m3

67. TECHNOLOGICAL PROFILE

PHOSPHORIC ACID BY ELECTRIC FURNANCE

Capacity: 200000.00 T (yearly)

Battery limits: 77.00 mln \$ offsites: 50.00 %

Manpower: 24

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5)	o	1.000 T
ELECTRODES	i	.025 T
COOLING WATER	i	120.000 m3
PROCESS WATER	i	3.000 m3
STEAM	i	1.100 T
ELECTRICITY	i	7200.000 kwh
COKE	i	.699 T
SILICA ROCK	i	1.200 T
PHOSPHATE ROCK (29%P2O5)	i	4.000 T

68. TECHNOLOGICAL PROFILE

PHOSPHORIC ACID BY HCL ROUTE

Capacity: 200000.00 T (yearly)

Battery limits: 28.60 mln \$ offsites: 50.00 %

Manpower: 20

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5)	o	1.000 T
CALCIUM CHLORIDE BRINE	o	4.400 T
COOLING WATER	i	175.000 m3
PROCESS WATER	i	3.000 m3
ELECTRICITY	i	120.000 kwh
STEAM	i	5.000 T
ISOAMYL ALCOHOL	i	.004 T
HYDROCHLORIC ACID (WASTE)	i	2.400 T
PHOSPHATE ROCK (29%P2O5)	i	3.500 T

69. TECHNOLOGICAL PROFILE

SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP 18% P2O5 GR)

Capacity: 165000.00 T (yearly)

Battery limits: 10.50 mln \$ offsites: 50.00 %

Manpower: 20

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP 18% P2O5 GR)	o	1.000 T
ELECTRICITY	i	38.000 kwh
PHOSPHATE ROCK (29%P2O5)	i	.709 T
SULFURIC ACID	i	.439 T
PROCESS WATER	i	.079 m3
FUEL	i	.070 Tcal
STEAM	i	.959 T

70. TECHNOLOGICAL PROFILE

SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP 13% P2O5 NG)

Capacity: 165000.00 T (yearly)

Buttery limits: 4.00 mln \$ offsites: 50.00 %

Manpower: 20

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

SINGLE SUPERPHOSPHATE (SSP 18% P2O5 NG)	o	1.000 T
ELECTRICITY	i	7.000 kwh
PROCESS WATER	i	2.000 m3
PHOSPHATE ROCK (29%P2O5)	i	.649 T
SULFURIC ACID	i	.400 T

71. TECHNOLOGICAL PROFILE

SULFURIC ACID FROM GYPSUM

Capacity: 320000.00 T (yearly)

Battery limits: 78.00 mln \$ offsites: 50.00 %

Manpower: 48

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

SULFURIC ACID	o	1.000 T
CEMENT CRUDE	o	1.000 T
STEAM	o	.200 T
GYPSUM	i	1.500 T
COKE	i	.100 T
ELECTRICITY	i	280.000 kwh
COOLING WATER	i	45.000 m3
FUEL	i	2500.000 Tcal
PROCESS WATER	i	.239 m3

72. TECHNOLOGICAL PROFILE

SULFURIC ACID FROM METALLURGICAL SO₂

Capacity: 320000.00 T (yearly)

Battery limits: 19.00 mln \$ offsites: 45.00 %

Manpower: 24

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

SULFURIC ACID	o	1.000 T
STEAM	o	.180 T
SULFUR DIOXIDE	i	.654 T
COOLING WATER	i	62.000 m ³
ELECTRICITY	i	51.000 kwh
PROCESS WATER	i	.379 m ³

73. TECHNOLOGICAL PROFILES

SULFURIC ACID FROM PIRYTE

Capacity: 320000.00 T (yearly)

Battery limits: 40.00 mln \$ offsites: 50.00 %

Manpower: 40

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

SULFURIC ACID	o	1.000 T
STEAM	o	1.250 T
PIRYTE	i	.740 T
ELECTRICITY	i	102.000 kwh
COOLING WATER	i	80.000 m3
PROCESS WATER	i	1.500 m3

74. TECHNOLOGICAL PROFILE

SULFURIC ACID FROM SULFUR

Capacity: 630000.00 T (yearly)

Battery limits: 33.50 mln \$ offsites: 51.00 %

Manpower: 20

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

SULFURIC ACID	o	1.000 T
ELECTRICITY	o	176.000 kwh
STEAM	o	.600 T
SULFUR	i	.327 T
PROCESS WATER	i	.569 m3
COOLING WATER	i	74.000 m3
CATALYST AND CHEMICALS	i	.200 \$

75. TECHNOLOGICAL PROFILE

SULFURIC ACID FROM SULFUR

Capacity: 320000.00 T (yearly)

Battery limits: 20.20 mln \$ offsites: 51.00 %

Manpower: 16

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

SULFURIC ACID	o	1.000 T
STEAM	o	.600 T
ELECTRICITY	o	176.000 kwh
SULFUR	i	.327 T
PROCESS WATER	i	.569 m3
COOLING WATER	i	74.000 m3
CATALYST AND CHEMICALS	i	.200 \$

76. TECHNOLOGICAL PROFILE

TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46 % P2O5

Capacity: 264000.00 T (yearly)

Battery limits: 19.40 mln \$ offsites: 50.00 %

Manpower: 16

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

TRIPLE SUPERPHOSPHATE (TSP) 46% P2O5	o	1.000 T
PHOSPHATE ROCK (29%P2O5)	i	.400 T
PHOSPHORIC ACID (as 100% P2O5)	i	.344 T
ELECTRICITY	i	40.000 kwh
STEAM	i	.019 T
PROCESS WATER	i	2.000 m3
FUEL	i	125.000 Tcal
BAGS	i	20.000 EA

77. TECHNOLOGICAL PROFILE

UREA (U) 46% N

Capacity: 430000.00 T (yearly)

Battery limits: 37.59 mln \$ offsites: 79.00 %

Manpower: 20

Unit outputs (o) and inputs (i) of the process:

UREA	o	1.000 T
AMMONIA	i	.569 T
CARBON DIOXIDE	i	.754 T
ELECTRICITY	i	22.000 kwh
STEAM	i	.930 T
COOLING WATER	i	78.000 m3