

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la  
Recherche Scientifique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
Ecole Nationale Polytechnique

**Ecole Nationale Polytechnique**

**Département Génie Industriel**

**Mémoire de Projet de Fin d'Etudes d'Ingénieur**

Thème

Etude préalable de faisabilité de l'usine de déshydrogénation  
du propane et de production du polypropylène  
-SONATRACH- Activité AVAL

Présenté par :

M. CHERFI Taki-Eddine.

M. SI TAYEB Med Abdelber.

Dirigé par :

Mme. NAIT KACI Sabiha (ENP)

M. BOUHENAF.M (SONATRACH)

Promotion : juin 2012

## Dédicaces

*Je dédie ce travail à :*

*A mes parents que DIEU me les garde ;*

*A mes frères et sœurs ;*

*A toute ma famille ;*

*A tous mes amis ;*

*A tous mes collègues de l'ENP ;*

*A tous ceux que j'ai connu durant ma formation;*

*Taki-Eddine*

*A mes parents qui m'ont toujours soutenu, encouragé  
et cru en moi.*

*A mes frères et sœurs et à toute ma famille.*

*A tous mes amis*

*A tous ceux que j'aime,*

*Je dédie ce travail.*

*Abdelber*

## **Remerciements**

Nous remercions Madame NAIT KACI pour son aide, ses précieux conseils et sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi que pour l'intérêt qu'elle a toujours porté à l'égard de notre travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers Messieurs BOUHANAF Maamar, BOUCHWICHA Amine, AGAZOUL Hakim, DAKICH Sofiane et ATABA Mohamed, cadres au Département Planification et Stratégie pour le temps qu'ils ont consacré à répondre à nos questions.

Nous remercions tous les enseignants du Département Génie Industriel pour leur soutien tout au long de notre formation.

Enfin, nos remerciements s'adressent à tous ceux qui nous ont accordé leur soutien, tant par leurs conseils que par leur dévouement, ainsi qu'à toutes les personnes qui, de près ou de loin, nous ont aidés et encouragés.

## ملخص

الهدف من هذا العمل هو تحقيق دراسة مسبقة لإمكانية انجاز مشروع بترو كيمايوي (PDH /PP) لشركة- سونا طراك- Activité AVAL. تشكل هذه الدراسة وسيلة للمساعدة على اتخاذ قرار الاستثمار في هذا المشروع بالنسبة للمسؤولين

من اجل ذلك, قمنا بتحليل الفرص المتاحة لهذا المشروع (دراسة السوق, تحليل الأسعار, المنافسة على, تحليل التكنولوجيا) و تقييم الربحية المالية المستخرجة من هذا الاستثمار عن طريق حساب المؤشرات (VAN, TRI, POT, ERC) في النهاية قمنا باقتراح حلول وإرشادات على أساس النتائج المتحصل عليها.  
**كلمات مفتاحية :** الإمكانية المسبقة, الاستثمار, مؤشرات الربحية, مساعدة على القرار.

## Résumé

L'objectif de ce travail consiste à réaliser une étude préalable de faisabilité d'un projet pétrochimique (PDH /PP)-SONATRACH-Activité AVAL. Cette étude constitue, pour les Responsables, un outil d'aide à la prise de décision d'investissement dans ce projet.

Pour ce faire, nous avons analysé les opportunités offertes pour ce projet (étude du marché, analyse des prix, compétitivité à la livraison et analyse de la technologie) et évalué la rentabilité financière générée par cet investissement, en calculant les indicateurs (VAN, TRI, POT et ERC). Enfin, des recommandations et des solutions sont proposées sur la base des résultats obtenus.

**Mots clés :** préfaisabilité, investissement, indicateurs de rentabilité, aide à la décision.

## Abstract

The objective of this work consists in making a preliminary study of prefeasibility of a petrochemical project (PDH /PP) - SONATRACH-AVAL Activity. This study constitutes, for the managers, a tool of assistance to make the decision of investment in this project.

With this intention, we analyzed the opportunities offered for this project (market study, prices analysis, the delivery competitiveness and technology analysis) and evaluated the financial profitability generated by this investment, by calculating indicators (VAN, SORTING, POT and ERC). Lastly, recommendations and solutions are proposed on the basis of results obtained.

**Key words:** prefeasibility, investment, indicators of profitability, decision-making aid.

## Table des matières

<b>Introduction Générale.....</b>	<b>11</b>
<b>Problématique.....</b>	<b>13</b>
<b>PARTIE I : Présentation du projet et fondements théoriques</b>	<b>14</b>
<b>Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise et du projet.....</b>	<b>15</b>
I. Présentation de l'activité Aval. ....	16
1. Organisation de l'activité Aval.....	16
2. Mission et organisation de la direction PLS.....	16
II. Contexte du projet. ....	18
1. Introduction. ....	18
2. Caractéristiques du projet. ....	19
3. Les utilités requises pour le projet. ....	20
4. Transport des produits. ....	21
<b>Chapitre 2 : Etat de l'art.....</b>	<b>22</b>
I. Notions sur les investissements.....	23
1. Investissement dans l'entreprise.....	23
2. Processus d'investissement.....	23
2.1. Planification des investissements.....	23
2.2. Décision de réalisation.....	23
2.3. Suivi et contrôle de réalisation.....	24
3. Analyse de la décision d'investissement.....	24
4. Les critères d'évaluations des projets.....	24
5. Le coût de revient économique ....	35
6. L'amortissement économique ....	36
7. Calcul de la rentabilité et fiscalité.....	36
8. Fonds de roulement.....	38
9. Besoin en fonds de roulement.....	38
10. Prise en compte de l'inflation.....	39

11.1. Analyse de la sensibilité.....	40
II. L'analyse SWOT .....	42
1. Définition.....	42
2. Méthodologie.....	43
3. Forces et faiblesses .....	43
4. Opportunités et menaces .....	44
<b>PARTIE II : Etude du projet</b> .....	<b>45</b>
<b>Chapitre 3 : Etude des opportunités du projet.....</b>	<b>46</b>
I. Introduction.....	47
II. Etude de marché. ....	47
1. Présentation générale de l'industrie du Polypropylène. ....	47
2. Analyse de l'offre et de la demande.....	49
II. Analyse des prix. ....	55
1. Les prix du propane. ....	56
1.1. Présentation générale.....	56
1.2. Analyse des prévisions des prix. ....	56
2. Les prix de l'éthylène. ....	58
2.1. Présentation générale.....	58
3. Les prix du Polypropylène. ....	59
3.1. Présentation générale. ....	59
3.2. Analyse des prévisions des prix. ....	60
III. la compétitivité des coûts à la livraison. ....	61
1. Terminologie des coûts de la production. ....	61
2. Coûts à la livraison. ....	61
IV. Plan marketing. ....	63
1. Le choix de la filière de vente. ....	65
2. Stratégie de pénétration des marchés. ....	68
V. Conclusion. ....	79
<b>Chapitre 4 : Analyse de la technologie du projet. ....</b>	<b>71</b>
I. Introduction.....	72
II. Présentation de la technologie de déshydrogénation du propane.....	72
1. Présentation générale. ....	72

2. Concédants de licences de la technologie PDH.....	72
3. Description du processus Oleflex UOP.....	73
4. Avantages du processus Oleflex UOP.....	75
5. Description du processus Lummus CATOFIN.....	77
6. Avantages de Lummus CATOFIN.....	79
III. Présentation de la technologie du PP. ....	81
1. Présentation générale.....	81
2. Processus UNIPOL de Dow. ....	82
3. Description du processus UNIPOL.....	82
4. Avantages processus UNIPOL.....	83
5. Processus LyondellBasell SPHERIPOL. ....	83
6. Description du processus SPHERIPOL.....	84
7. Avantage processus SPHERIPOL.....	85
IV. Conclusion. ....	87
<b>Chapitre 5 : Evaluation financière du projet. ....</b>	<b>88</b>
I. Introduction. ....	89
II. Evaluation de la rentabilité financière du projet.....	89
1. Eléments de base du modèle. ....	89
2. Ventes des produits. ....	90
3. Prix. ....	90
4. Utilités.....	90
5. Coûts opératoires (OPEX) ....	90
6. Investissement en capitaux fixes (CAPEX) ....	91
7. Financement. ....	91
8. Taux d'actualisation. ....	91
9. Besoin en fonds de roulement.....	94
10. Interprétation des résultats.....	94
11. Analyse de la sensibilité.....	95
12. Conclusion. ....	99
<b>Analyse SWOT. ....</b>	<b>100</b>
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>101</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>103</b>
<b>Annexes. ....</b>	<b>105</b>

## Liste des figures

- Figure I.1 : Direction Planification et Stratégie
- Figure I.2 : Organigramme de l'activité Aval
- Figure I.3 : Schéma simplifié de l'usine
- Figure I.4 : Schéma explicatif des systèmes d'utilités
- Figure I.5 : Centre de distribution
- Figure II.1 : Détermination du point mort ou du seuil d'équilibre selon le taux d'actualisation
- Figure II.2 : Détermination du taux de rentabilité interne
- Figure II.3 : Variation de L'ERC
- Figure II.4 : Le temps de récupération
- Figure II.5: Matrice SWOT
- Figure III.1 : Les 10 plus importants producteurs de polypropylène
- Figure III.2 : L'utilisation du polypropylène
- Figure III.3 : Types d'utilisation du Polypropylene dans le monde
- Figure III.4 : Consommation de polypropylène par région
- Figure III.5: Demande en polypropylène par région
- Figure III.6 : Types d'utilisation du polypropylène en Amérique du Nord
- Figure III.7 : Types d'utilisation du polypropylène en Amérique du Sud
- Figure III.8 : Types d'utilisation du polypropylène en Europe Occidentale
- Figure III.9 : Types d'utilisation du polypropylène en Europe de l'Est et Centrale
- Figure III.10 : Types d'utilisation du polypropylène au Moyen Orient
- Figure III.11 : Types d'utilisation du polypropylène en Afrique
- Figure III.12 : Types d'utilisation du polypropylène en Asie Pacifique
- Figure III.13 : Offre, demande et commerce international du polypropylène
- Figure III.14 : Prévisions des prix du propane au sein des trois régions
- Figure III.15 : Scénario prix élevé du pétrole
- Figure III.16 : Scénario prix bas du pétrole
- Figure III.17 : Prévisions des prix d'éthylène en Europe Occidentale
- Figure III.18 : Prévisions des prix du polypropylène homopolymère
- Figure III.19 : Matrice de sélection des filières de vente
- Figure III.20 : Répartition des ventes aux marchés cibles
- Figure IV.1 : Capacité de production PDH en fonctionnement par technologie
- Figure IV.2 : Diagramme simplifié du flux de déshydrogénation du propane Oleflex
- Figure IV.3: Diagramme simplifié du Processus CATOFIN de Lummus
- Figure IV.4 : Capacité de production du polypropylène par technologie
- Figure IV.5 : Processus polypropylène en phase gazeuse à lit fluidisé UNIPOL
- Figure IV.6 : Processus polypropylène SPHERIZO
- Figure V.1 : Variation de la VAN en fonction des CAPEX
- Figure V.2 : Variation du TRI en fonction des CAPEX
- Figure V.3 : Variation du POT en fonction des CAPEX
- Figure V.4 : Variation de l'ERC en fonction des CAPEX

## Liste des tableaux

Tableau III.1 : La distribution de la production de LyondellBasell par région  
Tableau III.2 : La distribution de la production de Sinopec par région  
Tableau III.3 : Calcul du prix du propane via la formule  
Tableau III.4 : Frais de douanes applicables  
Tableau III.5 : Résumé des avantages et des inconvénients des approches de vente  
Tableau IV.1 : Résumé des avantages et des inconvénients du processus Oleflex et CATOFIN  
Tableau V.1 : Répartition des ventes  
Tableau V.2 : Les indicateurs de rentabilité du projet  
Tableau V.3 : Sensibilité du projet par rapport aux CAPEX  
Tableau V.4 : Sensibilité du projet par rapport aux OPEX  
Tableau V.5 : Sensibilité du projet par rapport aux recettes  
Tableau V.6 : Sensibilité du projet par rapport aux OPEX et CAPEX  
Tableau V.7 : Sensibilité du projet par rapport aux recettes et CAPEX

## Liste des abréviations

CF : Cash-Flow.  
ERC : Enrichissement Relatif en Capital.  
TRI : Taux de Rentabilité Interne.  
VAN : Valeur Actuelle Nette.  
POT : Pay-Out Time (délai de récupération).  
 $i$  : taux d'actualisation.  
 $I$  : investissement.  
CAPEX: Capital Expenditures (l'investissement en capital).  
OPEX: Operating Expenses (les charges opératoires).  
ISBL : Inside battery limits (les coûts à l'intérieur du périmètre des installations).  
OSBL : Outside battery limits (les coûts à l'extérieur du périmètre des installations).  
PDH/PP : Projet de déshydrogénation du propane et de production du polypropylène.  
 $C_p$  : coût des fonds propres.  
MEDAF : modèle d'équilibre des actifs financiers.  
 $R_{AR}$  : Rendement avec risque.  
 $R_{SR}$  : Rendement sans risque.  
HP : Haute Pression.  
MP : moyenne Pression.  
BP : basse Pression.  
IBS: Impôt sur le bénéfice des sociétés.  
TAP: Taxe sur l'activité professionnelle.  
FOB: Free On Board.  
CIF: Cost Insurance and Freight (coût assurance et fret).  
FD: Free Discharge (Déchargement sans frais).  
USGC: United States Gulf Coast.  
CCR : Continuous Catalyst Regeneration.  
CEP : Confédération Européenne de la Plasturgie  
EIA : Energie Information Administration  
ABS : Acrylonitrile Butadiène Styrène

# INTRODUCTION GENERALE

Le développement d'un pays est en corrélation directe avec le niveau des investissements qui y sont réalisés. L'acte d'investissement est à la base de l'enrichissement de la nation, mais cet acte est risqué et doit être réfléchi.

SONATRACH, en tant que groupe pétrolier et gazier locomotive de l'économie du pays, doit être une source pérenne de création de richesses. Pour ce faire, une stratégie axée sur la valorisation des matières premières disponibles et sur la diversification du portefeuille d'activité a été mise en place. Cette stratégie vise notamment le développement des secteurs d'activités traditionnels mais aussi d'autres secteurs tels que la génération de l'énergie électrique, les énergies nouvelles et renouvelables, le dessalement d'eau de mer ainsi que la pétrochimie et ce, à une échelle mondiale.

L'industrie pétrochimique est l'une des branches qui offre des possibilités énormes de valorisation des hydrocarbures, son développement dans le monde ainsi qu'en Algérie ne cesse d'évoluer. La pétrochimie naît d'abord de l'exploitation de certaines matières premières comme le gaz naturel, les gaz de craquage catalytique, les essences (naphta) ou le gazole. Afin de les exploiter, on pratique diverses techniques d'extraction. Le but de celles-ci est, en général, d'isoler ou de former du méthane, de l'éthane, du butane et du propane qui entrent dans la composition de divers produits. Selon ce que l'on recueille, on crée des carburants qui serviront pour les avions, les automobiles, etc., mais les principaux dérivés du pétrole demeurent toujours les plastiques, les caoutchoucs, les alcools et les acides.

En Algérie, le développement de la pétrochimie a fait l'objet de plusieurs études avec la réalisation de quelques projets comme le complexe de production de méthanol, l'usine de production d'ammoniac et de l'urée, ainsi que ceux qui sont en cours de l'étude tel que la déshydrogénation du propane et la production du polypropylène.

SONATRACH vise, à travers le développement de la pétrochimie, la concrétisation des objectifs à moyen et long terme parmi eux la contribution au développement du tissu industriel pétrochimique et chimique national, la pénétration du marché international de la

pétrochimie, l'acquisition d'une expérience dans l'exploitation des installations pétrochimiques et R&D dans la pétrochimie.

Notre projet se fixe comme objectif de réaliser une étude de préfaisabilité technico-économique d'un projet pétrochimique qui devra permettre de rattraper quelque peu le retard de vingt ans accumulé en matière d'investissements dans ce domaine, dans le but d'apporter une aide rapide et efficace aux Responsables confrontés au problème de choix d'investissement.

L'étude technico-économique représente l'outil par l'intermédiaire duquel il est possible de vérifier la faisabilité des projets ; alors que l'analyse financière déterminera sa rentabilité. Il s'agit de deux aspects indissociables dans l'évaluation de projets

Dans le but de faciliter au lecteur la compréhension de notre étude, nous avons structuré notre Projet de Fin d'Etudes comme suit :

- Le premier chapitre est consacré à la présentation de l'entreprise et plus particulièrement de l'activité aval, où nous avons effectué notre stage
- Nous présenterons dans le deuxième chapitre les différents aspects techniques et économiques dans lesquels se situe ce projet
- Le troisième chapitre est réservé au développement théorique des différentes notions d'investissement utilisées dans l'évaluation financière du projet
- Dans le quatrième chapitre, nous identifions le projet par une étude de marché du propane et du polypropylène, une analyse des prix de plusieurs marchés dans le monde, ainsi qu'une analyse de la compétitivité des coûts à la livraison du polypropylène en comparaison avec des concurrents majeurs
- Le cinquième chapitre est consacré à l'analyse technologique du projet, y sont présentées les technologies les plus utilisées dans le monde pour les deux unités de l'usine
- Le sixième chapitre est dédié à l'analyse financière du projet. Pour ce faire, nous avons conçu un modèle flexible sur Excel qui permet le calcul des indicateurs de rentabilité en se basant sur les données financières du projet. Nous y étudions par la suite la sensibilité des résultats selon des hypothèses optimistes et pessimistes.

Enfin, notre étude est complétée par une conclusion générale qui fait une synthèse des principales conclusions et met en évidence les objectifs réalisés.

# PROBLEMATIQUE

Le propène est le premier composé pétrochimique à avoir été exploité à l'échelle industrielle. Il a été utilisé il y a plus de soixante ans pour la production de l'isopropanol.

Le polypropylène est globalement l'usage le plus fréquent du propène dans le domaine chimique. Son développement exceptionnel au cours des dernières décennies est dû à une amélioration constante des procédés industriels de fabrication, à ses propriétés intéressantes dont sa température de fusion (130 à 170 °C), à la possibilité de faire varier largement ses propriétés en le copolymérisant de différentes manières et en lui ajoutant charges et renforts.

Le polypropylène est utilisé dans presque tous les secteurs et en particulier dans l'emballage, l'industrie automobile, l'électroménager, le sanitaire et le textile.

Le projet (PDH/PP) dont la finalité est la production du polypropylène pour les besoins du marché national et international intervient dans une conjoncture forte et favorable caractérisée par l'adoption de la nouvelle loi des hydrocarbures et qui va garantir un bon positionnement de SONATRACH sur le marché international de la pétrochimie.

Ainsi, se lancer dans un projet est l'une des décisions les plus importantes et les plus difficiles que devra prendre le décideur, surtout dans le contexte actuel où « l'incertain » prend une place prépondérante. Il est donc nécessaire de bien analyser le projet sous ses différents aspects afin d'éviter à priori tout gaspillage futur (gaspillage de temps, d'argent, de compétences...). Comme le faisait remarquer Pierre Massé : « un investissement est un pari sur l'avenir ».

L'évaluation de projets se fait sur la base d'études technico-économiques. Ces études ont pour objectif de vérifier, avant même la réalisation du projet, que tous les facteurs sont réunis pour la réussite future du projet en question, ou du moins, que l'entrepreneur a mis toutes les chances de son côté et qu'il n'y a pas de raisons particulières (sauf imprévu) pour que le projet échoue. Il s'agit de prendre en compte le plus grand nombre de paramètres qui pourraient influencer sur le bon fonctionnement du projet. Il est en effet préférable d'anticiper les problèmes et prévoir leurs solutions, plutôt que d'être pris au dépourvu et être obligé de les résoudre à coups d'investissements supplémentaires.

L'objet de notre étude s'insère dans cette problématique et se propose d'élaborer une étude préalable de ce projet qui permettra aux dirigeants de s'appuyer sur un outil clair et précis leur permettant d'identifier les opportunités et les menaces ; il s'agit de proposer à SONATRACH une analyse de la viabilité qui doit porter sur différents aspects ayant trait au marché, aux considérations techniques ainsi qu'aux données financières.

*Partie I*

***PRESENTATION ET***

***FONDEMENTS***

***THEORIQUES***

**CHAPITRE 1**  
**PRESENTATION DE**  
**L'ENTREPRISE ET DU PROJET**

## I. Présentation de l'activité AVAL

### I.1 Organisation de l'activité AVAL

L'activité AVAL se résume aux opérations de séparation, liquéfaction des gaz, la pétrochimie et le raffinage au niveau des complexes, donc elle est le client de TRC et le fournisseur de la commercialisation. SONATRACH dispose à travers son activité Aval de quatre complexes de GNL, deux complexes de GPL, deux complexes pétrochimiques, une unité de PEHD appartenant à la filiale ENIP, cinq raffineries, deux unités d'extraction d'hélium et deux filiales de maintenance et de gestion des zones industrielles SOMIZ et SOMIK.

Il est à noter que la division LQS (liquéfaction et séparation des gaz), dépend directement du vice président de l'activité aval. Elle est chargée de suivre les complexes GNL et GPL en respectant les normes et les lois nationales et internationales de l'environnement et de sécurité "ISO" de même, elle a pour mission de suivre les études des projets et les travaux de construction et d'investissements.

### I.2 mission et organisation de la Direction Planification et Stratégie "PLS"

Nouvellement créée, elle est composée de quatre (04) départements

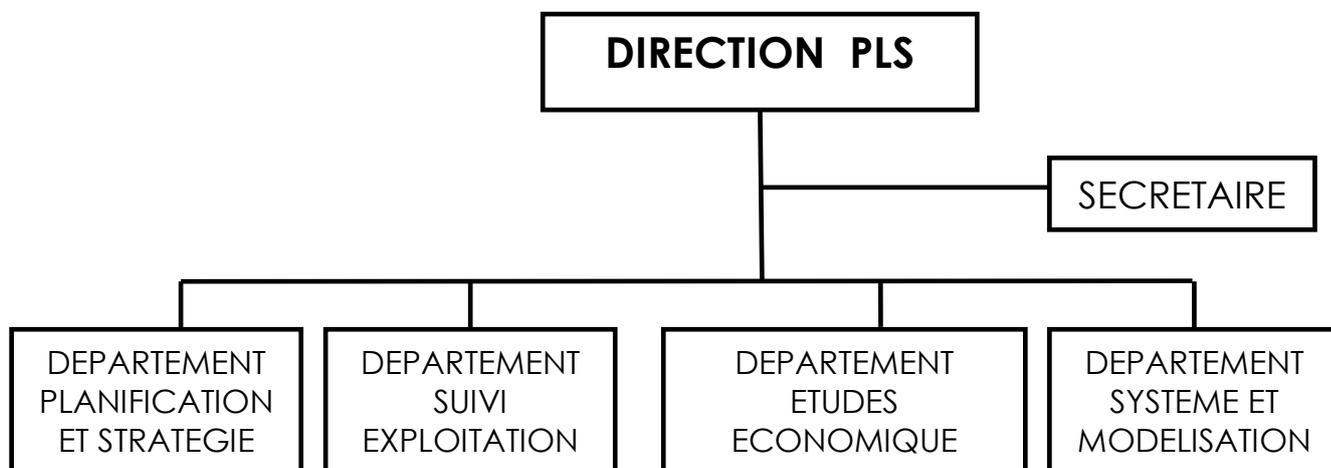
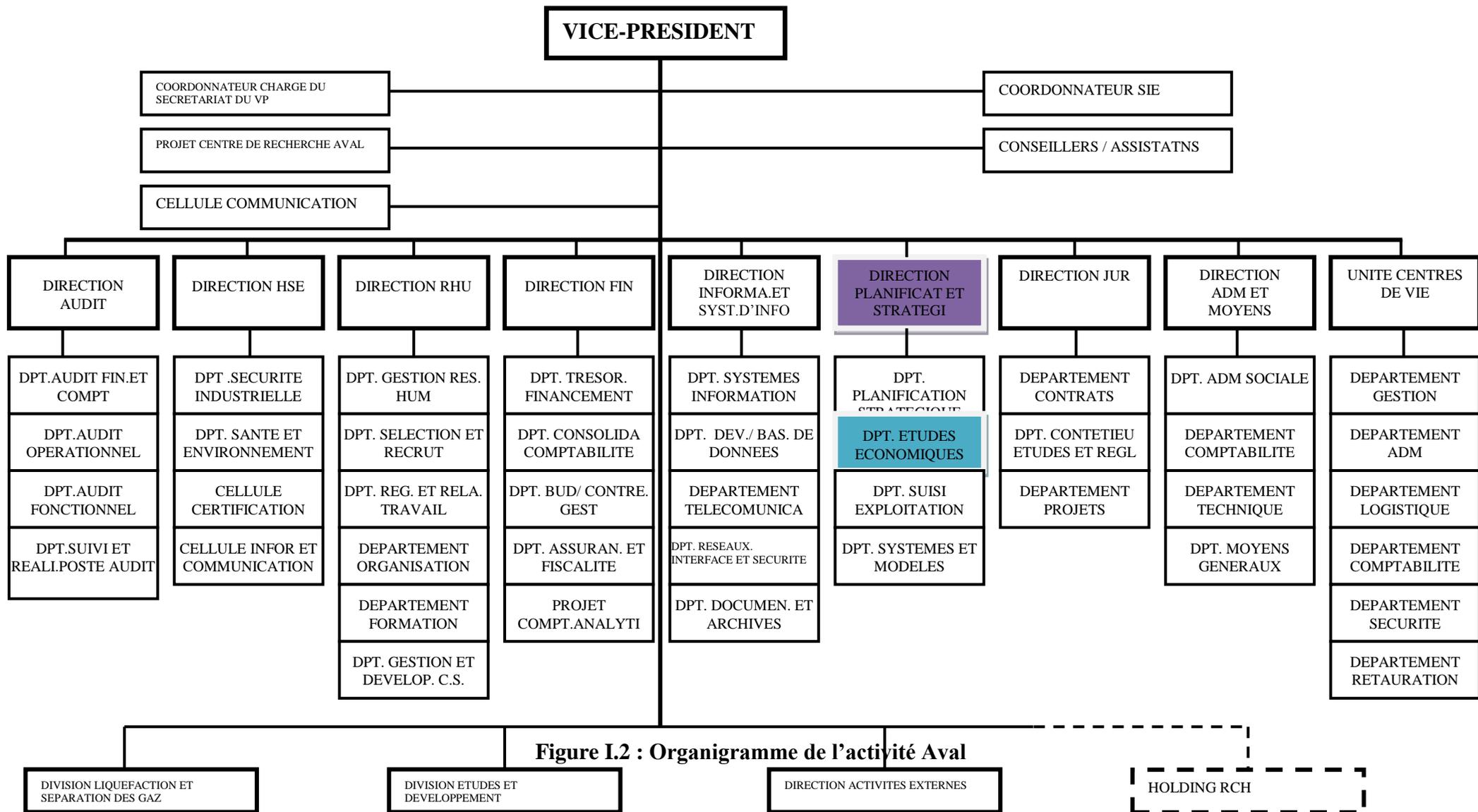


Figure I.1 : Direction planification et stratégie



- **Département Planification et Stratégie "PST"**

Il a pour mission de réaliser des études stratégiques pour la valorisation des ressources de tous les hydrocarbures "liquides et gazeux", faire la saisie et l'analyse des plans annuel, ou pluriannuels PMT, le développement et la conservation de la base des données des projets achevés.

- **Département Suivi Exploitation "EXP"**

Il a pour missions de réaliser des études de benchmarking, la contribution au développement et la constitution de la base des données des coûts d'exploitation avec la collaboration de la division liquéfaction et la séparation des gaz "LQS" et les filiales.

- **Département Etudes Economique "ECO"**

Il a pour de but de faire des études économiques des projets, évaluation des projets achevés en collaboration avec la division études et développement, la participation au montage des projets, aux études d'opportunité et à la maturation des projets.

- **Département Système et Modélisation "SYM"**

Il s'occupe de suivre et de développer les différents modèles d'optimisation, avec la programmation linéaire à l'aide des logiciels développés par des consultants comme « AXENS ».

## **II. Contexte du projet**

### **II.1 Introduction**

Sonatrach veut étudier la rentabilité d'un investissement en partenariat dans un projet propylène/polypropylène, d'une capacité de 500 000 tonnes par an. L'unité de polypropylène pourra produire à la fois du polypropylène homopolymère et copolymère-choc et statique.

Le projet sera situé dans l'Ouest de l'Algérie, dans une zone industrielle à Arzew, à environ 4 kilomètres de la cote.

Le site de production est composé des infrastructures suivantes :

- Une unité de déshydrogénation de propane,
- Une unité polypropylène (PP),
- Une zone des utilités,
- Des bâtiments,
- Des installations générales,
- Des installations Offsites.

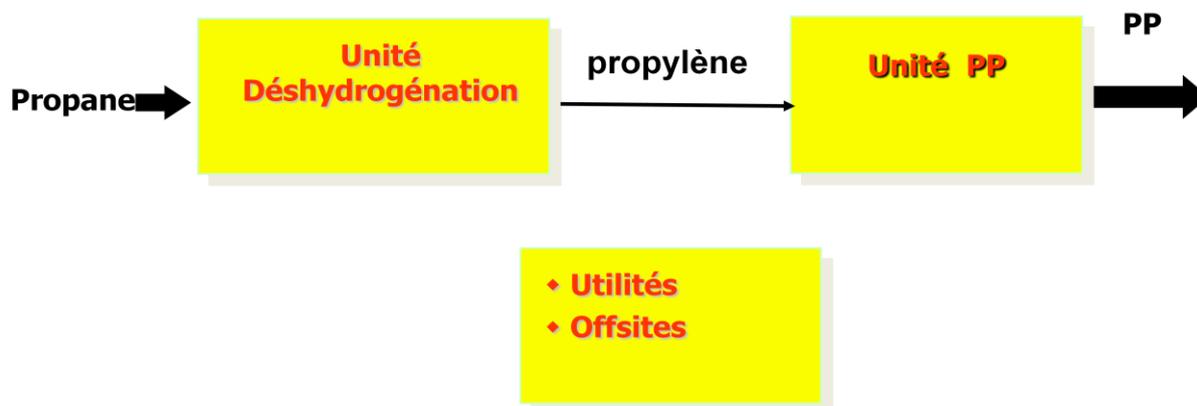


Figure I.3 : Schéma simplifié de l'usine

## II.2 Caractéristiques du projet

Ce projet nécessite environ 50 hectares de terres pour construire l'usine. Les autres investissements prévus en matière de pétrochimie dans ces zones industrielles comprennent le projet ammoniac de Sorfert, le projet de méthanol d'Almet et le projet de craqueur d'éthane et de fabrication de dérivés de polyéthylène et de mono-éthylène glycol. Tous ces projets, à l'exception du projet de Sorfert qui est en cours de construction, en sont à des étapes préliminaires de planification.

Les quantités de PP, qui seront produites par le projet PDH Arzew seront beaucoup plus importantes que la demande du marché national donc la principale vocation du projet serait alors l'exportation.

Afin que l'usine reste en production permanente, le propylène sera exporter quand l'unité de polymérisation est à l'arrêt et importer quand l'unité de déshydrogénation du propane est à l'arrêt.

Le propane sera fourni par deux sites de production existants, GP1Z et GP2Z, situés à 5,5 et 10 kilomètres du site. Sonatrach a indiqué que les deux sites peuvent fournir les volumes de propane nécessaires. Soit une production potentielle actuelle totale de propane au niveau pôle industriel d'Arzew de 3 750 KTPA.

La qualité du propane produit par les complexes GPL d'Arzew est conforme à la norme NGPA et voici un tableau qui indique sa composition type (%massique) :

Méthane	0
Ethane	<0,6
Propane	99,1
Butane	0,295

Pentane	<0,005
Poids moléculaire	44,0055

Aucun éthylène n'est disponible au niveau local pour la fabrication du polypropylène copolymère. Il existe potentiellement de l'éthylène disponible à partir de l'investissement Total/Sonatrach mentionné ci-dessus mais il ne s'agit pas d'une source sûre. L'éthylène pourrait provenir du craqueur ENIP situé à Skikda (environ 1000 kilomètres du site prévu), ou pourrait être importé.

### II.3 Les utilités requises pour le projet :

Les utilités pouvant être fournies par les infrastructures existantes du pôle industriel d'Arzew.

- Eau dessalée(ED) à partir de l'usine KAHRAMA
- Eau potable (EP ) à partir de l'usine KAHRAMA et réseau de distribution de SONATRACH
- Eau incendie : eau industrielle
- Azote à partir :
  - ➔ COGIZ
  - ➔ Usine de gaz industrielle Arzew (ENGI)
- Gaz naturel à partir des terminaux existants SONATRACH/TRC
- Electricité à partir du réseau public SONELGAZ et/ou production autonome

Voici un schéma explicatif des systèmes d'utilités nécessaires pour le projet :

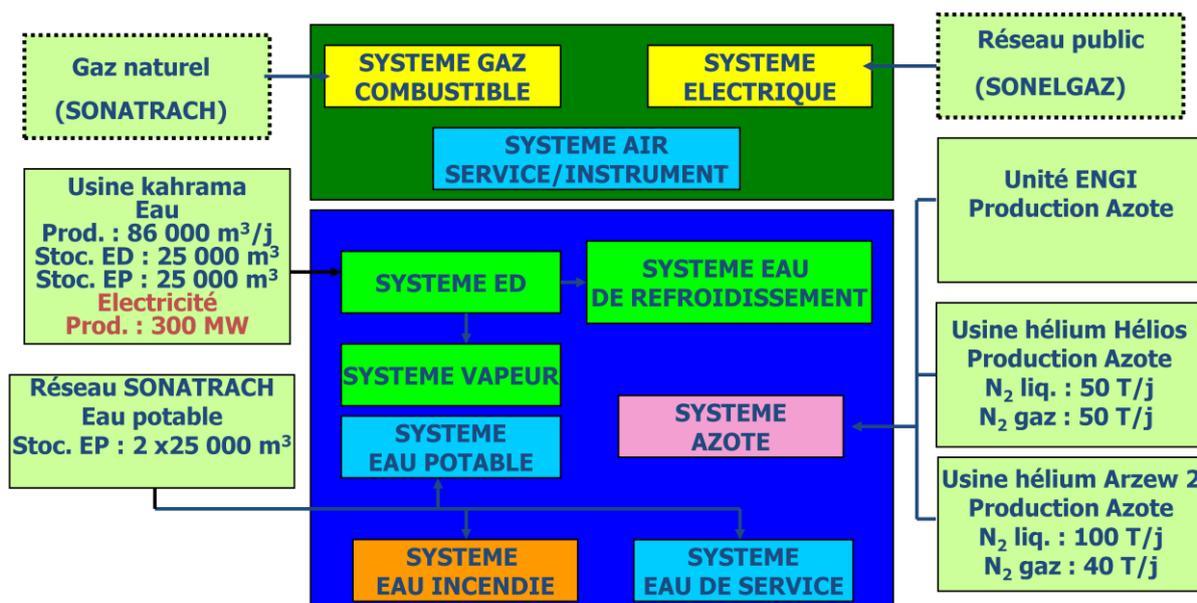


Figure I.4 : Schéma explicatif des systèmes d'utilités

#### II.4 Transport des produits :

##### - Transport des produits solides :

- L'enlèvement des produits solides (polypropylène) par conteneurs.
- L'expédition du polypropylène pour le marché local et maghrébin se fera par chemin de fer et/ou par route.
- L'acheminement des produits depuis le centre de distribution HUB jusqu'au port d'exportation se fera par chemin de fer et/ou par route.
- l'exportation des produits solides peuvent être faites à partir des ports suivants :
  - ❖ le port d'Oran
  - ❖ le port de Mostaganem

##### - Transport des produits liquides :

- ❖ L'export/import des produits liquides peut se faire à partir des ports d'Arzew et/ou de Bethioua.

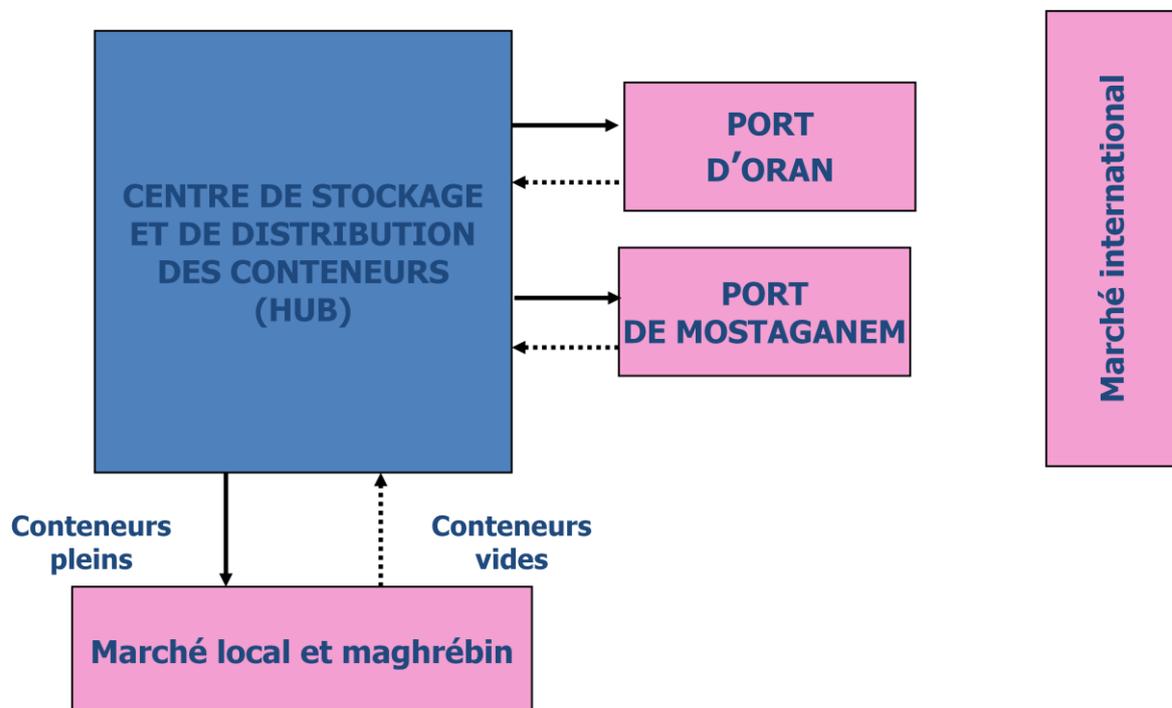


Figure I.5 : Système de distribution du PP

# **CHAPITRE 2**

## **ETAT DE L'ART**

## **I. Notions générales sur les investissements**

### ***Introduction***

La politique de croissance et de développement de l'entreprise repose le plus souvent sur la croissance de son capital fixe de production et de commercialisation. Cette croissance résulte d'un ensemble de décisions d'investissement.

### **I.1 Investissement dans l'entreprise**

#### **I.1.1 Définitions**

L'investissement est un concept assez vaste. Pour bien en faire voir les différents aspects et l'importance pour l'entreprise, nous rappellerons brièvement quelques définitions.

Dans le sens le plus fondamental du terme, l'investissement est un détour de production. Au lieu de produire directement un bien, on commence par fabriquer un bien intermédiaire qui permettra ensuite de produire plus efficacement le bien voulu.

Remarquons que le mot investissement désigne à la fois l'acte d'investir (la fabrication de l'outil) et le résultat de cet acte : le bien investi (l'outil dans notre exemple). [WEB4]

Pour l'entreprise, investir c'est acquérir les biens durables (bâtiments, machines, etc.) lui permettant d'exercer son activité. Ces biens sont les investissements. En comptabilité, ils sont désignés par le terme immobilisations et figurent à l'actif du bilan.

Investir, c'est aussi apporter de l'argent à une société (du capital, au sens comptable du terme) pour lui permettre d'acquérir des immobilisations. Il s'agit dans ce cas d'investissements financiers qui, en comptabilité, figurent aussi à l'actif du bilan de la société qui apporte l'argent, dans la rubrique Autres Valeurs Immobilisées. [CHA 2001]

### **I.2 Processus d'investissement**

#### **I.2.1 Planification des investissements**

Elle consiste à fixer sur une certaine période les investissements qu'il faut mettre en place pour permettre à l'entreprise d'atteindre ses objectifs (en production, qualité, marchés, etc.) tout en respectant ses contraintes financières. [WEB4]

#### **I.2.2 Décision de réalisation**

Les investissements inscrits dans le plan ne peuvent faire l'objet, pour la plupart, d'études approfondies au moment de cette inscription. Ils sont généralement estimés de façon globale par analogie avec ce qui existe. Il est donc nécessaire, avant de passer à la réalisation, de faire, pour chaque investissement, une étude détaillée pour dégager la meilleure solution technique et économique. C'est au vu de cette étude qu'est prise la décision d'investissement proprement dite qui fixe de façon précise les objectifs de l'investissement (délais, qualité et coûts de réalisation, etc.). [WEB4]

### **I.2.3 Suivi et contrôle de réalisation**

Une fois l'investissement lancé, il est indispensable d'en contrôler en permanence la réalisation pour détecter les écarts qui peuvent se produire, les analyser, et être ainsi à même de prendre le plus rapidement possible les mesures de redressement qui s'imposent.

Lorsque l'investissement est réalisé et que l'installation fonctionne, il est intéressant d'effectuer, au moins pour certains projets ou par sondage, un contrôle a posteriori qui permettra, outre l'aspect contrôle proprement dit, de tirer de nombreux enseignements qui pourront ensuite servir à améliorer tout le processus d'investissement.

Par ailleurs, il convient d'effectuer un suivi global de l'exécution de l'ensemble du plan d'investissement pour contrôler la réalisation des objectifs et le respect de l'enveloppe financière. [WEB4]

### **I.3 Analyse de la décision d'investissement**

Les décisions d'investissement correspondent au processus permettant de transformer une opportunité d'investissement, actif intangible, en un actif réel de l'entreprise.

Face à la diversité des opportunités dont elles disposent, les entreprises ont besoin de règles afin de savoir s'il est rentable d'investir dans telle opportunité ou de pouvoir sélectionner les opportunités les plus profitables. Il est donc nécessaire de définir les critères sur lesquels il faut se baser pour prendre la décision d'investir ou non. [WEB4]

### **I.4 Les critères d'évaluations des projets**

Il existe de nombreux critères économiques à même d'être employés comme moyens de mesure de l'intérêt d'un projet. Pour la plupart, ils reposent sur la connaissance des recettes ou des prix de vente et prennent en compte les notions de bénéfices bruts ou réels, c'est-à-dire qu'ils s'appliquent selon le cas avant ou après impôts. Cependant, certains indicateurs tels que le prix de revient ou le coût opératoire, n'ont pas cette double possibilité, puisqu'ils excluent par nature de leur mode de détermination les rentrées résultant des ventes. [BAB 1990]

#### **I.4.1 Les critères empiriques**

Ces critères sont développés dans un but simplificateur, en marge des théories économiques, dont les principes sont totalement ignorés par le personnel de terrain en charge notamment de la fabrication des produits et de leur commercialisation.

Malgré leur absence de rigueur, ils sont très répandus, parce que simples, commodes à déterminer ou à appliquer et surtout susceptibles de fournir très rapidement et avec un minimum d'informations des indications de rentabilité. Parmi les plus connus, nous pouvons citer : le Pay-Out-Time (POT), le Return On Investment (ROI), le Turn Over Ratio, le Breakeven point (point mort ou seuil d'équilibre). [BAB 1990]

### I.4.1.1 La méthode du « Pay Out Time » ou du temps de remboursement simplifié

D'une manière générale, le temps de remboursement ou de récupération d'une somme investie est défini comme étant la durée au bout de laquelle les gains totaux réalisés par le fonctionnement des installations correspondantes, c'est-à-dire le montant des recettes globales diminué de celui des sorties, sont égaux à l'immobilisation initialement consentie.

D'un point de vue strictement économique, ce critère doit normalement s'appuyer sur la notion d'actualisation ; sous cet aspect, il sera étudié plus en détail au paragraphe I.4.2.

Dans le cas présent, il s'agit d'en décrire une version simplifiée

Par définition, le Pay Out Time est donné par l'expression suivante :

$$POT = I / CF$$

$$\text{Avec : } CF = B(1-a) + A$$

En utilisant ces deux relations, il ressort :

$$POT = \frac{I}{B(1-a)+A} = \frac{I}{(V-C)(1-a)+A}$$

I : investissement

CF : *cash flow* ou flux de liquidité annuels

a : taux d'imposition.

B : bénéfices bruts annuels

A : dotation pour provision aux amortissements annuels

V : recettes annuelles

C : coût opératoire

D : dépenses d'exploitation annuelles

F : Fonds propres

$$\text{Tel que : } C=D+A+F$$

C'est donc la durée nécessaire pour que le flux de liquidité soit équivalent à la mise de fonds initiale, en l'occurrence au capital amortissable. [CHA 2001]

### I.4.1.2 La méthode du retour sur investissement (ROI ou Return On Investment)

Dans sa définition d'origine, le ROI s'applique avant taxes. Il est, de ce fait, destiné à l'analyse de projets pour des pays à économie planifiée. Exprimé en %, il répond à la formulation suivante :

$$ROI = \frac{V - D}{I} * 100$$

Il consiste en pratique à rapporter les résultats bruts d'exploitation annuels, c'est-à-dire la différence entre les recettes et les dépenses d'exploitation au capital initialement investi. Le calcul hors impôts conduit à exclure tout paramètre intervenant dans la procédure de détermination du montant de ces taxes.

Plus le ROI est élevé, meilleure est l'économie d'un projet et lors de la comparaison de deux d'entre eux, celui dont le «retour» est le plus important est réputé le plus intéressant. [CHA 2001]

### I.4.1.3 Les autres critères empiriques

Il existe divers autres critères de rentabilité plus ou moins empiriques, visant à corriger certains défauts des méthodes précédentes ou à privilégier certains aspects particuliers. À titre indicatif, nous pouvons citer :

- ***Le taux de rotation du capital***

Il exprime le rapport du chiffre d'affaires annuel ( $V$ ) au capital investi ( $I$ ) et se prête bien au classement de projets de natures complètement différentes, impliquant des schémas de réalisation très éloignés dans leur conception et par suite des mises de fonds initiales nettement distinctes. [CHA 2001]

- ***La méthode du point mort ou du seuil d'équilibre***

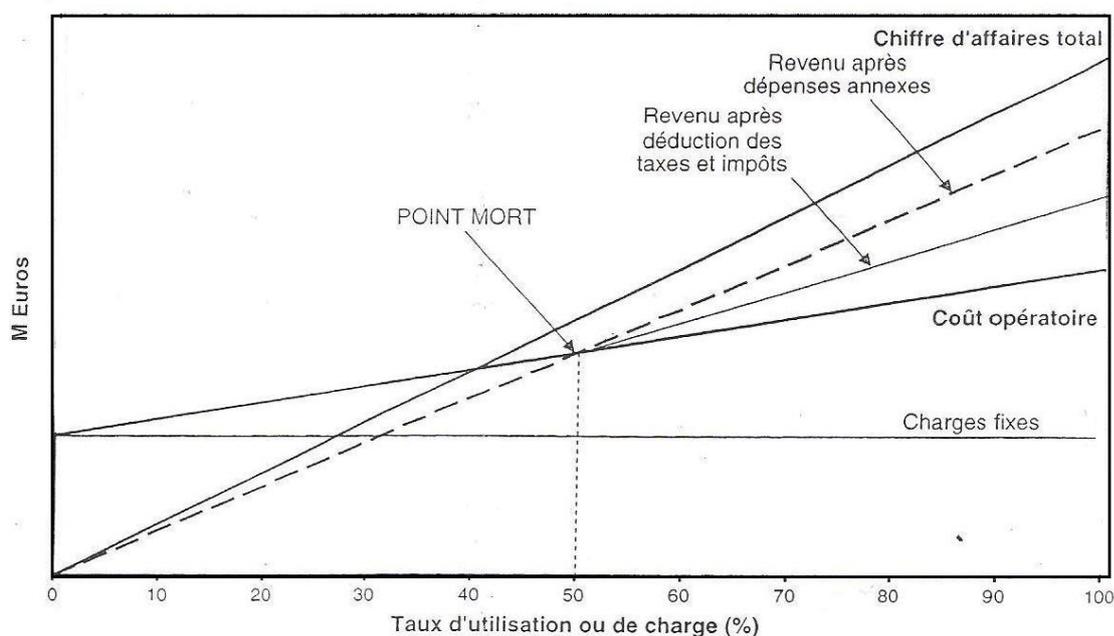
En pratique, cette notion se traduit sous des formes diverses. De ce fait, sa signification et son contenu sont le plus souvent explicités différemment selon les auteurs ou les utilisateurs. Dans sa définition d'origine, le point mort est le seuil de production effective au-dessous duquel il est préférable d'arrêter le fonctionnement d'une installation, calculée pour assurer un niveau de fabrication donné, c'est-à-dire ayant une certaine capacité à produire.

Il s'agit alors, pour déterminer ce taux minimal d'utilisation des équipements (rapport entre les quantités réelles et potentielles issues des unités), de construire le graphique (figure II.1 ) donnant l'évolution simultanée en fonction de ce paramètre, d'une part du

chiffre d'affaire, c'est-à-dire de la totalité des rentrées, déductions faites éventuellement des dépenses annexes (conditionnement, frais de vente et de promotion commerciale, rémunération des sommes engagées pour la recherche et le développement...), d'autre part du coût opératoire. Le point mort correspond à l'intersection des deux courbes (droites en général). Son abscisse représente le taux d'utilisation pour lequel les recettes et les dépenses directement liées aux unités considérées s'équilibrent. L'expérience montre que, pour des installations constituées pour l'essentiel de récipients sous pression, dont les coûts évoluent en première approximation à la puissance 0,6 du rapport des volumes traités dans ces équipements, le seuil d'utilisation économique correspondant au point mort est lui-même voisin de 60 %, pour des produits de grande diffusion.

D'une manière générale, plus la valeur ainsi obtenue est faible, meilleure est l'économie du projet, puisqu'il se trouve moins sensible aux fluctuations de la demande. L'avantage de ce critère est d'introduire une limitation supérieure de la capacité de production susceptible d'être adoptée après analyse du marché, notamment lorsque, dans le but d'améliorer la situation par économie d'échelle, on anticipe sur les développements envisagés. [CHA 2001] [BAB 1990]

**Figure II.1 : Détermination du point mort ou du seuil d'équilibre selon le taux d'actualisation**



- **La méthode de l'EMIP (Equivalent Maximum Investment Period) et son complément la méthode de l'IRP (Interest Recovery Period)**

Cette procédure s'appuie sur celle du Pay Out Time et essaie d'en corriger certains inconvénients, notamment en proposant au-delà de la date de récupération, appelée dans ce cas « *breakeven point* » ou « point mort », une démarche susceptible de rendre compte de l'évolution du projet. Introduit au début des années 1970, ce modèle d'analyse économique n'a pas connu de développements notables. Dans ces conditions, on signalera simplement qu'il consiste à établir le graphique donnant les variations au cours du temps des revenus annuels (éventuellement actualisés), depuis l'instant 0 de prise de décision. L'EMIP est le rapport de l'aire délimitée par l'axe des abscisses et la courbe jusqu'au point mort aux dépenses cumulées maximales. L'IRP est la durée obtenue par délimitation de l'aire équivalente au-delà de ce point. Les deux s'expriment en années. Plus ils sont faibles, meilleure est l'économie du projet. La comparaison entre plusieurs solutions s'effectue en normalisant les courbes.

[CHA 2001] [BAB 1990]

#### I.4.2 Les critères reposant sur la notion d'actualisation

Ce type de critères fait appel aux principes du calcul économique, notamment à la notion d'actualisation, qu'il convient donc d'aborder en premier lieu.

- ***Le concept de l'actualisation :***

Actualiser c'est établir les équivalences entre des sommes monétaires disponibles (entrées ou sorties) à des moments différents.

C'est-à-dire exprimer une somme monétaire à une période **t** en équivalence d'une somme disponible à la période **0** (période de référence).

L'opération d'actualisation s'effectue au moyen d'un taux d'actualisation (**i**).

La technique d'actualisation permet à l'entreprise de prendre ses décisions d'investissements (le choix de l'objectif, de la technique et de la durée optimale de service), elle permet de comparer des échéanciers de valeurs (qu'il s'agisse de recettes ou de dépenses),

Le coefficient d'actualisation d'une année **n** par rapport à l'année **0** s'écrit :

$$C_0^n = C^n = \frac{1}{(1 + i)^n}$$

la formule de l'actualisation s'écrit comme suit :

$$A_0 = \frac{F_n}{(1+i)^n}$$

La valeur actuelle  $A_0$  est la valeur d'échange à l'année 0 de la somme  $F_n$  disponible à l'année  $n$ . [CHA 2001] [BAB 1990]

▪ **Le taux d'actualisation ( $i$ ) :**

Le taux d'actualisation est le taux de renoncement à la liquidité immédiate, il est égal au coût moyen pondéré des capitaux utilisés.

Il fait la liaison entre investissement et financement. Il doit synthétiser l'ensemble des contraintes et des objectifs financiers de l'entreprise pour que, dans les études d'investissement, tous ces aspects soient correctement pris en compte sans qu'il soit besoin de faire à chaque fois des études financières détaillées.

Le coût du capital est la moyenne pondérée des coûts des différentes sources de fonds :

$$i = \alpha * e * (1-t) + (1-\alpha) * C_p$$

Notons :

$i$  : taux d'actualisation ;

$\alpha$  : ratio d'endettement (Dettes /Capital total) ;

$e$  : coût des capitaux empruntés ;

$t$  : taux d'impôt ;

$C_p$  : coût des capitaux propres ; [WEB 4]

***Calcul du coût des capitaux propres***

L'estimation du coût des fonds propres est une question délicate qui peut être abordée de plusieurs façons. Afin d'être clair, nous avons privilégié la méthode du modèle d'équilibre des actifs financiers (MEDAF).

Sur le plan théorique, le MEDAF semble particulièrement solide puisqu'il permet de calculer le prix du risque sur le marché mais ce modèle se heurte à un certain nombre de difficultés.

***Présentation du MEDAF***

Le MEDAF (Modèle d'Equilibre des Actifs Financiers) permet d'évaluer le coût des fonds propres d'une entreprise.

## OBJECTIFS :

- Relier le risque au rendement.
- Calculer la valeur d'un titre.
- Préciser les deux types de risque :  
Risque d'exploitation  
Risque d'endettement

## PRINCIPES :

Le coût des fonds propres est fonction du :

- Rendement des placements sans risque.
- Rendement des valeurs cotées.
- Coefficient Béta de la firme.
- Niveau d'endettement.

**Formule du MEDAF**

Le coût du capital dépend de trois paramètres :

- Le taux sans risque (obligations d'Etat).
- La prime de risque : différence entre les rendements actions et obligations. Elle est en moyenne de 4 à 5 %.
- La volatilité de l'action par rapport aux indices du marché.

Il s'agit du coefficient « Beta » qui se mesure comme suit :

$$\text{Beta} = \frac{\text{Covariance de la rentabilité de l'actif avec celle du marché}}{\text{Variance de la rentabilité du marché}}$$

On obtient donc la formule :

$$\text{Coût du capital} = R_{SR} + \text{Beta} * (R_{AR} - R_{SR})$$

Avec :  $R_{SR}$  = Rendement sans risque = obligations d'état

$R_{AR}$  = Rendement avec risque = rendement moyen du marché boursier

$R_{AR} - R_{SR}$  = la prime du risque.

Beta : coefficient de risque varie de 0.5 à 2

Le Beta d'un secteur doit être modulé selon le niveau d'endettement. [ALB 1991]

[BOU 1998]

### **I.4.2.1 La Valeur Actuelle Nette (VAN) :**

L'actualisation permet de fixer, pour un investisseur, des équivalences entre sommes d'argent reçues à des dates différentes. Il est donc possible avec cette technique, le taux d'actualisation étant connu, de ramener à une même date toutes les dépenses et recettes engendrées par l'investissement et de dire à quel gain (ou à quelle perte) équivaut aujourd'hui l'investissement considéré. Cela nous conduit à un premier critère de choix d'investissements fondé sur l'actualisation : le critère de la valeur actuelle nette.

La VAN mesure à partir d'informations comptables si l'investissement peut réaliser les objectifs attendus des apporteurs de capitaux. Le calcul de la VAN convertit tous les futurs flux monétaires prévus d'un projet en leur « valeur actuelle », c.-à-d leur valeur au tout début du projet. Puis, toutes les valeurs actuelles sont additionnées ensemble pour calculer un seul résultat qui peut caractériser la valeur générale du projet de l'entreprise, autrement dit, la rentabilité du projet.

Si la VAN du projet est supérieure à zéro, on considère le projet comme étant rentable pour cette période de temps. Si la VAN du projet est inférieure à zéro, on considère que le projet n'est pas rentable pour cette période de temps.

#### ***Formule de calcul***

Par définition, la VAN = la somme des valeurs actuelles de tous les flux monétaires d'un projet, aussi bien négatifs (sorties d'argent) que positifs (entrées d'argent). Par souci de simplicité, on évalue les flux monétaires du projet sur une base annuelle. La formule pour calculer la VAN est la suivante :

$$VAN_n = (VA_1 + VA_2 + \dots + VA_n) - \text{Coût de l'investissement initial}$$

Où :

$VAN_n$  = la valeur actuelle nette du projet au cours d'un nombre « n » d'années

$VA_1$  jusqu'à  $VA_n$  = les flux monétaires tirés de chaque année de projet (positifs pour les entrées d'argent et négatifs pour les sorties d'argent).

La formule du calcul de la valeur actuelle pour un flux monétaire (FM) d'une année particulière est la suivante :

$$VAN = VF_n * FVAN_a$$

Où :

$VAN$  = la valeur actuelle des flux monétaires tirés d'un nombre « n » d'années

$VF_n$  = la valeur future connue des flux monétaires du projet pendant « n » années

$FVAN$  = un facteur de valeur actualisée pendant l'année (n) et le taux d'actualisation (i) du projet.

Les valeurs des FVA ont été calculées pour diverses combinaisons de « n » et de « a » et sont réparties sur un « Tableau des valeurs actuelles » où on peut les vérifier à l'aide de la formule suivante :

$$(FVA) = \frac{1}{(1+i)^n}$$

Où :

« i » est le taux d'actualisation

« n » est le nombre d'années

Avant de faire le calcul de la VAN d'un projet, il faut connaître les paramètres suivants :

- 1) Le coût de l'investissement initial
- 2) Les futures rentrées ou sorties d'argent du projet, prévues pour chaque année à venir
- 3) Le taux d'actualisation (i) pour l'entreprise ou le projet. Certaines entreprises utilisent un taux d'actualisation moyen pour l'analyse de tous les projets. D'autres entreprises peuvent préférer des taux d'actualisation légèrement différents pour des projets différents. Le taux d'actualisation qu'on utilise doit être égal au taux de rendement requis pour le projet d'investissement et doit tenir compte de l'inflation des prix, des risques associés au projet et du rendement réel dont on a besoin. Au minimum, ce taux de rendement requis doit couvrir le coût des capitaux d'investissement pour l'entreprise
- 4) Le nombre d'années (n) pendant lesquels la rentabilité du projet est évaluée. [CHA 2001]  
[BAB 1990]

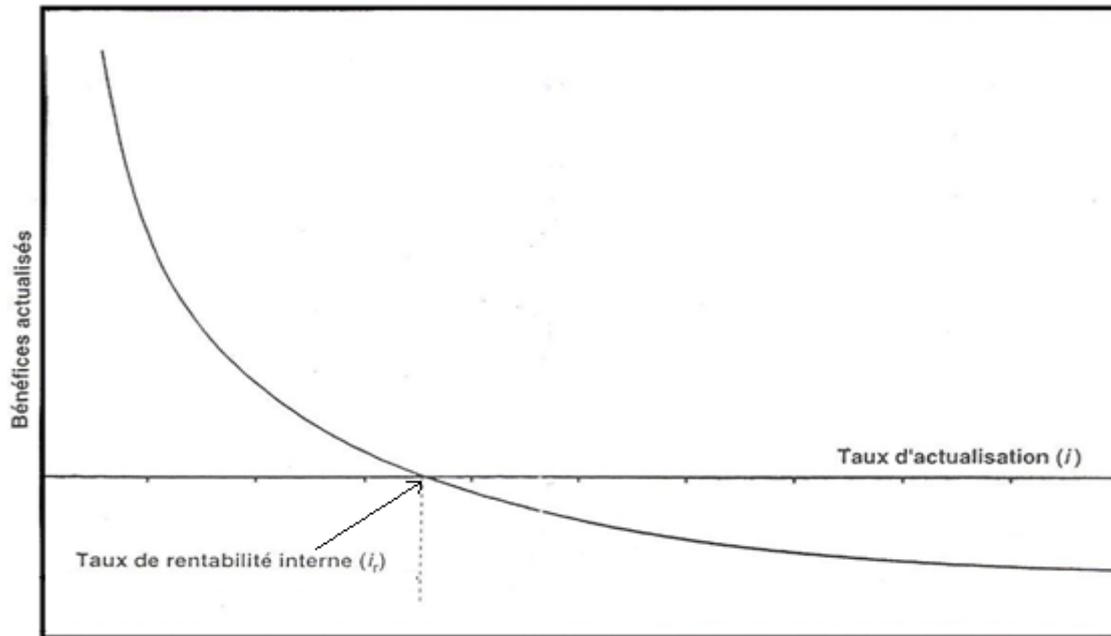
#### **I.4.2.2 Le Taux de Rentabilité Interne (TRI) :**

Cette méthode découle directement de la précédente puisque, par définition, le taux de rentabilité interne  $i_r$  d'un projet est égal à la valeur du taux d'actualisation  $i$ , qui annule le bénéfice actualisé, calculé sur n années.

Il faut donc rechercher  $i_r$  tel que :

$$\sum_{n=0}^{n=N} \frac{(CF)_n}{(1 + TRI)^n} = 0$$

Dans ce but, on est amené à construire la courbe donnant la variation des bénéfices actualisés en fonction du taux d'actualisation (Figure II.2). La valeur de  $i$  recherchée ( $i_r$ ) est celle pour laquelle la courbe coupe l'axe des abscisses. C'est donc le taux d'actualisation maximum auquel peut être rémunéré le capital ayant servi à financer le projet, sans que le résultat ne soit déficitaire.



**Figure II.2 : Détermination du taux de rentabilité interne**

Pour qu'un projet soit jugé rentable, il faut que le taux de rentabilité interne soit supérieur au taux d'actualisation. Dans le cas contraire, le projet est à écarter.

En théorie, un projet est d'autant plus attractif, au plan économique, que son taux de rentabilité interne est élevé et, lorsque la comparaison porte sur plusieurs d'entre eux, celui dont le TRI est le plus grand est considéré comme le plus avantageux. Ce critère offre l'avantage de constituer un mode d'appréciation indépendant de la notion plus psychologique et arbitraire qu'est le taux d'actualisation ; il est par ailleurs tout aussi concret et évocateur, puisqu'il a comme lui les dimensions d'un taux d'intérêt. [CHA 2001] [BAB 1990]

#### **I.4.2.3 L'Enrichissement Relatif en Capital (ERC)**

Ce critère est défini comme étant le rapport du bénéfice actualisé global d'un projet à son coût d'investissement. Si  $n$  est la durée de vie présumée des installations, on obtient avec les notations retenues :

$$ERC = \frac{\sum_{n=0}^{n=N} \frac{(CF)^n}{(1+i)^n}}{I} \times 100$$

La rentabilité d'un investissement est d'autant meilleure que ce taux est élevé. Dans la comparaison de deux d'entre elles, celle dont l'ERC est le plus grand est estimée la plus intéressante au plan économique.

Cette méthode, comme les précédentes, a ses limites. En effet, elle peut s'avérer insuffisante, ou même défailante, lorsque le but recherché est de déterminer les dimensions optimales d'une installation. Tel est le cas, par exemple, d'une situation où la courbe traduisant la variation du bénéfice actualisé en fonction de l'investissement se présente sous une forme sigmoïde.

Graphiquement, l'ERC est matérialisé par la pente de la droite joignant l'origine des axes à un point quelconque de la courbe, lequel est représentatif d'un capital déterminé, c'est-à-dire d'une capacité de production définie. Il est maximal lorsque cette droite coïncide avec la tangente issue de 0. Toutefois, l'investissement et en conséquence la taille de l'unité qui lui est alors associée, sont inférieurs à ceux qui engendreraient le bénéfice actualisé optimal, correspondant au sommet de la courbe. [CHA 2001] [ZER 2005]

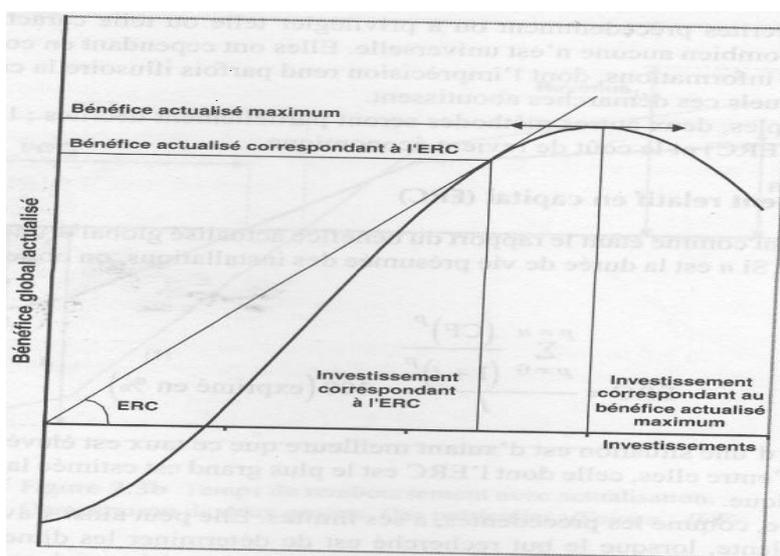


Figure II.3 : variation de L'ERC

#### I.4.2.4 La durée de récupération du capital

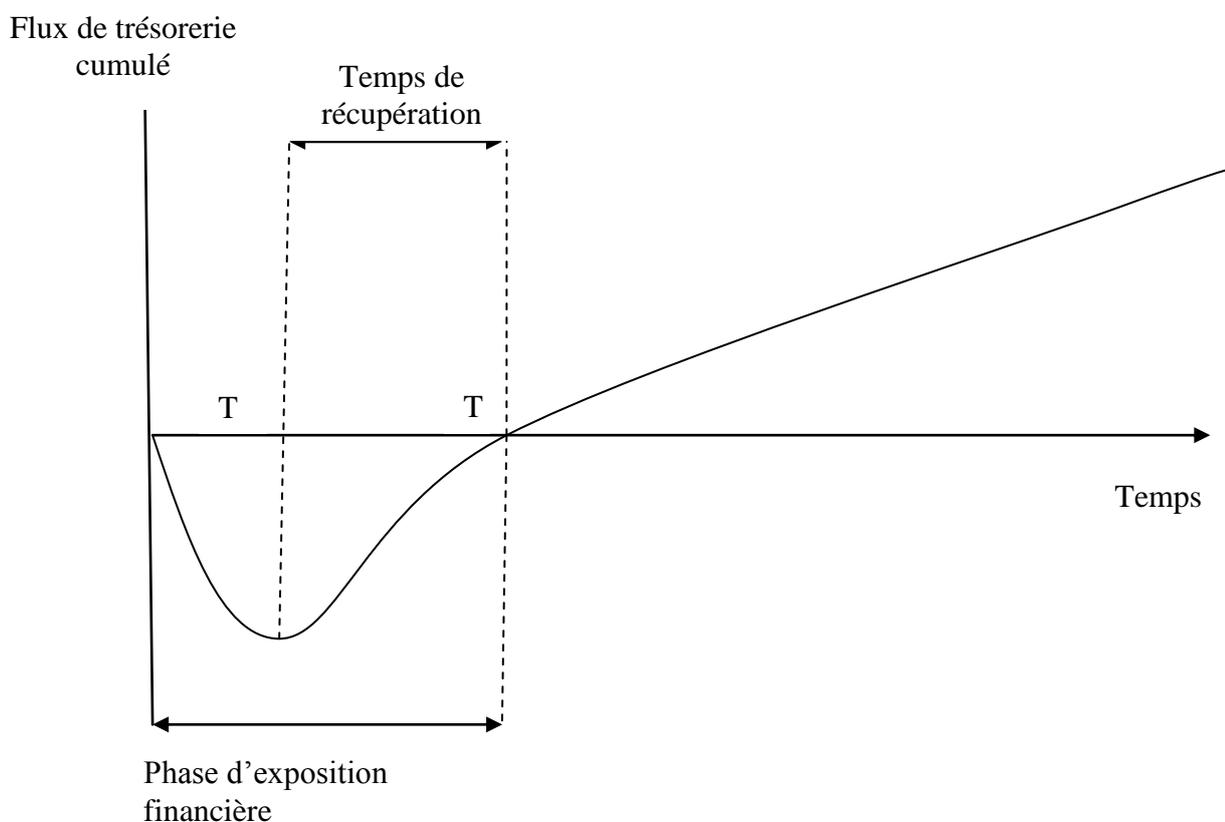
Il s'agit là non pas de déterminer d'emblée une durée, mais de préciser tout d'abord une date. Ainsi, par définition, la date de récupération ou encore de remboursement d'un projet est celle  $k$  à partir de laquelle la somme des cash-flows actualisés devient positive. Autrement dit :

$$\sum_{p=k} \frac{(CF)_p}{(1+i)^p} \geq 0$$

Elle correspond au moment où les revenus générés par la réalisation et le fonctionnement des installations permettent de compenser les immobilisations initiales.

Par extension, le temps de récupération est par définition la durée séparant cette date  $k$  de celle choisie pour le début des calculs économiques, en général l'instant 0 où la production démarre. C'est l'équivalent d'un POT avec actualisation, qui s'exprime aussi en années. Pour un projet donné, plus le temps de récupération actualisé est court, meilleure est sa rentabilité. Dans la comparaison de plusieurs situations concurrentes, celle dont le temps de récupération actualisé est le plus faible est réputée la plus intéressante.

[CHA 2001] [HOU 2008]



**Figure II.4 : le temps de récupération**

### I.5 Le coût de revient économique

Cette notion trouve sa justification dans la volonté de concilier le comportement de la comptabilité qui, sur une base annuelle, considère les dépenses et recettes passées, et celui de l'économie qui se place dans un cadre futuriste, le plus souvent sur une longue période, mais adopte l'année comme référentiel de temps.

Dans le cas le plus fréquent où le financement d'un projet est assuré par la trésorerie générale d'une entreprise, c'est-à-dire lorsque les frais financiers annuels sont nuls, le coût opératoire s'écrit :

$$C_p = D_p + A_p$$

Constitué de deux termes, l'un relatif aux dépenses d'exploitation ( $D_p$ ), l'autre aux charges de capital ( $A_p$ ), ce n'est qu'un coût de revient comptable portant sur l'exercice  $p$  écoulé. [CHA 2001]

### I.6 L'amortissement économique

Certains biens sont immobilisés, c'est à dire inscrits à un compte de situation active, parce qu'ils sont destinés à rester durablement à la disposition de l'entreprise. Leur achat ne se traduit pas par une écriture à un compte de gestion "achat", ni donc par une charge de l'exercice. Mais ces biens sont quand même "consommés" dans la mesure où ils perdent de la valeur au cours du temps, par usure ou par obsolescence, et il est nécessaire de compter cette "consommation" en charge des exercices correspondant à leur utilisation si l'on ne veut pas surestimer les résultats qui y sont liés. C'est l'amortissement des immobilisations, dont nous allons étudier le mécanisme comptable.

L'annuité d'amortissement économique sera plus élevée qu'une annuité d'amortissement comptable calculé sur le même nombre d'années : elle comprend en effet non seulement une partie représentant la dépréciation de l'équipement, mais également une partie représentant la rémunération du capital à un taux égal au taux d'actualisation.

Soient :

$I$  : le montant d'investissement

$i$  : le taux d'actualisation de l'entreprise

$x$  : l'amortissement économique cherché

$$X = \frac{I}{\sum_{n=0}^N \frac{1}{(1+i)^n}}$$

### I.7 Calcul de la rentabilité et fiscalité

La réalisation d'un projet d'investissement entraîne des bénéfices (ou des pertes) et, par conséquent, modifie le montant des impôts payés par l'entreprise.

Lors d'une étude économique, dans la construction d'un échancier de flux de trésorerie, il convient donc de déterminer la contribution du projet considéré aux sorties de fonds correspondant au paiement de l'impôt.

Un tel concept s'exerce au niveau des sociétés sur leurs bénéfices. Il s'applique notamment aux bénéfices dits imposables, que représente la différence, supposée positive, entre les produits ou les recettes et les charges, dont la déduction est autorisée par l'administration fiscale.

D'une manière générale, la fiscalité s'exerce pour les sociétés comme pour les particuliers à différents niveaux. Bien que le sujet abordé ici soit celui de son effet sur les

bénéfices, il ne faut pas oublier les autres formes d'impôts auxquels doivent souscrire les entreprises : impôts locaux, taxes d'apprentissage, taxe sur le chiffre d'affaires, droits de douane, taxe sur la valeur ajoutée (TVA), etc. Lorsque le résultat est négatif (recettes inférieures aux dépenses d'investissements lors des premières années de fonctionnement d'une installation par exemple), la législation fiscale accorde le plus souvent un report d'impôt. [CHA 2001]

### ***Les éléments du calcul de l'impôt***

- ***L'investissement :***

Une dépense d'investissement ne peut pas être déduite du bénéfice imposable l'année où elle est effectuée, la charge correspondante est répartie sur plusieurs années par l'intermédiaire des amortissements.

- ***Recettes et dépenses d'exploitation :***

Aux recettes et dépenses d'exploitation correspondent des produits et des charges figurant au compte de résultats. En règle générale, le calcul du bénéfice imposable d'une année donnée fait donc intervenir les recettes diminuées des frais d'exploitation de l'année.

- ***Valeur résiduelle :***

En dehors de l'hypothèse de revente effective, une valeur résiduelle peut être introduite dans un échancier pour tenir compte de la valeur d'usage d'un matériel dans la période d'étude.

- ***Provisions admises en déduction du bénéfice imposable :***

Certaines provisions spéciales doivent parfois être prises en compte pour l'étude d'un projet comme l'amortissement économique.

Naturellement, des conditions fiscales particulières pour des projets importants devront être étudiées, ceci surtout pour la réalisation d'investissements à l'étranger nécessitant une bonne connaissance des règlements en vigueur dans le pays d'accueil. [HOU 2008]

### ***Paiement d'impôts associés à un projet***

L'analyse de l'enregistrement comptable et de l'incidence fiscale de chaque poste de recettes et de dépenses d'un projet d'investissement permettent de déterminer, pour chaque année de la période d'étude, les comptes de résultats prévisionnels et le montant du bénéfice imposable associés au projet.

Les principales indications peuvent être résumées par les formules suivantes :

<b>Bénéfice imposable = recettes d'exploitation – frais d'exploitation - amortissement</b>
--------------------------------------------------------------------------------------------

**Impôt associé au projet = taux d'imposition \* bénéfice imposable**

### **I.8 Le fonds de roulement**

La situation financière de l'entreprise est définie par son aptitude à maintenir un degré de liquidité suffisant pour assurer en permanence sa solvabilité.

#### ***Définition du fonds de roulement :***

Le fonds de roulement est un indicateur de l'équilibre financier de l'entreprise. Son intérêt est d'avoir une signification non pas à l'égard de la solvabilité au moment de sa mesure, mais surtout à l'égard de la solvabilité future. La rapidité des modifications de structure de l'actif circulant et du crédit « fournisseurs » vient cependant tempérer la garantie d'équilibre qu'offre l'existence d'un fonds de roulement. Le fonds de roulement apparaît aussi comme un indicateur d'équilibre à moyen terme et le point de passage entre les problèmes d'équilibre à long terme et à court terme.

#### ***Calcul du fonds de roulement :***

Longtemps, le fonds de roulement a été assimilé par certains auteurs aux actifs circulant (ou actifs de roulement) et qualifié de « fonds de roulement brut » ou « fonds de roulement économique ». La définition généralement admise est la suivante :

**LE FONDS DE ROULEMENT EST L'EXCEDENT DES CAPITAUX  
PERMANENTS SUR L'ACTIF IMMOBILISE.**

#### ***Détermination du fonds de roulement***

**Fonds de roulement = Capitaux permanents – Actif immobilisé**

Mais du fait de la convention de construction du bilan, on peut le calculer à un moment donné par la différence entre les actifs circulants et les dettes à court terme. Cette différence permet seulement de constater que le montant des actifs circulants est supérieur à celui des dettes à court terme d'un montant égal au fonds de roulement. [CON 1985]

### **I.9 Le besoin en fonds de roulement :**

La notion de besoin en fonds de roulement est liée au problème posé par la couverture du besoin de financement de l'exploitation. La caractéristique de ce besoin est d'être instable, fluctuant et soumis aux aléas de la conjoncture. Des conditions de son financement vont dépendre les conditions du maintien de l'équilibre financier de l'entreprise. La définition du besoin en fonds de roulement serait simple si le seul moyen de couvrir ses besoins était le

recours à des capitaux permanents. On assimilerait ainsi les besoins en fonds de roulement aux besoins de financement de l'exploitation. C'est l'image que l'on a lorsqu'on examine un bilan à une date donnée ; la différence entre les actifs circulants et les dettes à court terme est égale au fonds de roulement. Mais cet équilibre n'est valable qu'à un moment donné. Il va être immédiatement rompu, l'équilibre financier sera maintenu par les variations de la trésorerie. [CON 1985]

### *Détermination du besoin en fonds de roulement*

$$\text{BFR} = \text{STOCKS} + \text{CRÉANCES} - \text{DETTES FOURNISSEURS}$$

### **I.10 Prise en compte de l'inflation**

Toujours négligée dans une première étape, elle peut être ensuite intégrée à l'évaluation, selon des modalités variables. L'introduction de l'inflation complique la lecture des principaux résultats ; c'est la raison pour laquelle il est possible de maintenir l'ensemble des documents (avec et sans inflation) au moins dans les phases de travail. [HOU 2008]

- **Monnaie courante :**

Opérer à monnaie ou à prix courants consiste à analyser et extrapoler en l'état le jeu des observations dont on dispose au cours du temps. Il s'agit donc de considérer à chaque instant les valeurs nominales de ces informations.

- **Monnaie constante :**

Travailler à monnaie ou à prix constants consiste en premier lieu à choisir une date de référence (une année en général), puis à exprimer en valeurs équivalentes de ce référent les données nominales disponibles à d'autres dates. Pour ce faire, il est nécessaire de disposer d'un facteur correctif, ou mieux d'un rapport d'indices, qui prend en compte pour un pays donné une érosion de l'économie nationale. Ce peut être une variation du pouvoir d'achat, du produit national brut, ...

Cet indice dit de déflatage trouve sa justification dans le fait que l'étalon de valeur subit le plus souvent une dégradation qu'il convient de corriger pour effectuer à des dates différentes des comparaisons réalistes.

En première approximation, cette érosion, pour un industriel, correspond à la hausse générale des prix des produits et transparait au travers de son chiffre d'affaires, c'est-à-dire des relations quantités prix. [CHA 2001]

### I. 11 L'analyse de la sensibilité

Une analyse de sensibilité commence par la détermination des éléments ayant une forte incidence sur les flux de trésorerie liés au projet.

Les variables les plus fréquemment retenues pour mener une analyse de sensibilité sont les suivantes :

- La taille du marché : dans certaines activités, la taille du marché est assez facile à apprécier, dans d'autres secteurs, c'est beaucoup plus complexe ;
- La part de marché de l'entreprise : là encore, certaines activités peuvent avoir une connaissance précise de leur part de marché ainsi que celle de leurs concurrents. C'est le cas par exemple des produits de consommation courante vendus dans la grande distribution. D'autres entreprises n'auront qu'une estimation de leur part de marché ;
- le taux de croissance du marché ;
- Le prix de vente des produits ou services : l'objectif d'une étude de marché en amont du projet permet de cibler le niveau de prix raisonnable mais s'il s'agit d'un nouveau produit ou service, l'estimation sera plus difficile ;
- Les coûts variables;
- Les coûts fixes;
- Le montant initial du projet;
- La durée du projet

L'estimation de ces différents éléments rend obligatoire l'implication de plusieurs départements même s'ils ne sont pas directement concernés par l'investissement envisagé. C'est le cas par exemple du département marketing, sollicité pour lancer une étude de marché dans le cadre d'un projet visant à accroître la capacité de production d'une usine.

Les responsables des différents services donnent des hypothèses avec en général trois niveaux :

- Hypothèse haute : Optimiste ;
- Hypothèse basse : Pessimiste ;
- Hypothèse médiane : habituellement la plus réaliste.

L'analyse de sensibilité consiste à recalculer la rentabilité du projet, notamment la VAN, en retenant l'hypothèse haute puis basse d'une des variables et en gardant

l'estimation moyenne pour les autres variables qui impactent le calcul des flux liés au projet. Plusieurs simulations sont ainsi effectuées.

L'objectif de l'analyse de sensibilité est de mettre en évidence les variables critiques et sensibles, pour lesquelles l'hypothèse pessimiste conduit à rejeter le projet. [SIM 2005]

Exemple :

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Recettes d'exploitation	25.000	25.000	30.000
Dépenses d'exploitation			
Matières premières	12.500	15.000	15.000
Salaires	5.000	5.000	5.000
Autres charges décaissées	4.500	4.500	4.500
Cash flow brut	+ 3.000	+ 500	+ 5.500

Une hausse de 20% des charges liées à la consommation des matières entraîne une baisse importante de 600% du cash-flow brut (Scénario 2). Une hausse de 20% des recettes d'exploitation pourrait entraîner une hausse de 83% du cash flow brut (Scénario 3).

Le développement des tableurs couplés à leur puissance actuelle permet de dérouler une infinité de scénarios dans des délais courts.

Synthèse des scénarios	Base	10%	20%	30%	50%	100%
Chiffre d'affaires	500 000	550 000	650 000	650 000	750 000	1000 000
Cash-flow	38 725	47 597	56 470	65 342	83 087	127 450

## II. Analyse SWOT

### II.1 Définition

Le terme **SWOT** employé dans l'expression, **analyse SWOT** ou **matrice SWOT**, est un acronyme dérivé de l'anglais : pour *S-trengths* (forces), *W-eaknesses* (faiblesses), *O-pportunities* (opportunités), *T-hreats* (menaces).

Son équivalent en français est donné par : **analyse FFOM** « F-orces F-aiblesses O-pportunités M-enaces ».

Le terme SWOT désigne un outil très apprécié des analystes (consultants, économistes ou financiers) car il peut répondre simplement à un double usage :

- L'analyse Interne de l'entreprise : son micro environnement
- L'analyse Externe de l'entreprise : son macro environnement

L'outil SWOT (analyse + matrice) est susceptible d'être employé très largement, dans de nombreux domaines, pour analyser, diagnostiquer, décrire :

- Un état de l'existant : une situation, un environnement ;
- Le diagnostic d'une dynamique opérationnelle : un processus, un projet ;
- L'évaluation d'une volonté et de ses effets : une politique, une stratégie.

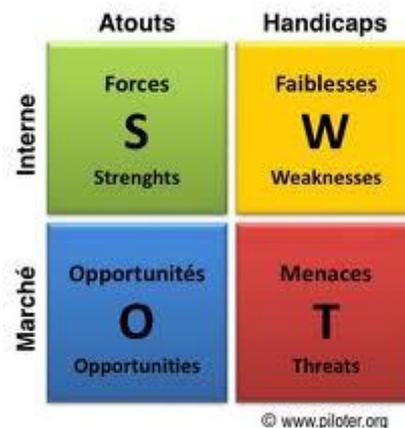
L'outil SWOT est également apprécié car le résultat produit par l'outil (matrice SWOT) est le parfait résumé (global, qualifié et hiérarchisé) des éléments à prendre en compte pour une "bonne" décision. [WEB 7]

### II.2 Méthodologie

Chacun a sa propre vision de l'entreprise, de l'environnement dans lequel elle évolue.

Pour avoir une bonne analyse SWOT, il est utile de demander à chacun de faire cette analyse en fonction de sa propre vision, et ensuite de consolider l'ensemble.

Pour que l'analyse soit la plus objective possible, nous pouvons intégrer les enquêtes de satisfaction client. Chaque client donne les forces "bénéfices client" qu'il reconnaît en tant que client de l'entreprise, et les faiblesses. Nos propres faiblesses peuvent aussi être les forces de nos concurrents. [WEB 8]



**Figure II.5: Matrice SWOT**

### II.3 Forces et Faiblesses

Il s'agit de voir quels avantages compétitifs l'entreprise possède ou devrait acquérir. Ces éléments concernent aussi bien l'environnement interne que l'environnement externe à l'entreprise. Les aspects à analyser sont les 4 éléments du mix :

- Les produits: leur performance, leur positionnement, ...
- La position sur le marché - la présence, la distribution, la force commerciale, la part de marché.
- Le prix - En valeur absolue et en valeur relative
- La notoriété et l'image de marque

A ces 4 éléments nous ajoutons les éléments de service client :

- La logistique
- Le service commercial et l'ADV (Administration Des Ventes)
- La stratégie marketing et communication
- La démarche commerciale

Et enfin, l'entreprise elle-même :

- Sa solidité financière
- Son ancienneté sur ses marchés
- Sa maîtrise de la technologie
- Sa capacité à innover et à développer de nouveaux produits, ses efforts en R&D [WEB 8]

### II.4 Opportunités et menaces

L'analyse des opportunités et des menaces est une analyse de l'environnement de l'entreprise aussi bien interne qu'externe.

- ***Les opportunités***

Les opportunités constituent le domaine d'action dans lequel l'entreprise peut espérer jouir d'un avantage différenciant.

Une entreprise aura un avantage différenciant lorsque ses compétences propres lui permettent d'exploiter une opportunité plus facilement que ses concurrents. C'est-à-dire lorsqu'elle peut exploiter les facteurs clés de succès plus facilement.

- ***Les menaces***

Les menaces correspondent à un problème posé par une tendance défavorable ou une perturbation de l'environnement de l'entreprise. Des mouvements de personnels (menace

interne) peuvent être une menace tout comme l'arrivée de nouveaux concurrents (menace externe). Une menace est d'autant plus grave qu'elle nuit fortement au développement de l'entreprise et qu'elle a de chance de se réaliser.

Un élément peut être à la fois une opportunité et un danger suivant l'angle d'analyse.

*Par exemple :*

Un concurrent en difficulté peut être :

- Une opportunité de développement pour l'entreprise par récupération de parts de marché
- Un danger si une société puissante le rachète [WEB 8]

**PARTIE II**  
**ETUDE**  
**DU PROJET**

# **CHAPITRE 3**

## **ETUDE DES OPPORTUNITES DU PROJET**

## I. Introduction

Ce chapitre est consacré à l'étude de marché, à l'analyse des prix et de la compétitivité à la livraison concernant le projet.

Pour ce faire, nous avons :

- Etabli l'état de l'offre, de la demande et du commerce du polypropylène dans les principales régions du monde
- Analysé les opportunités offertes tant dans le marché local que sur le marché international
- Analysé les prix du PP, du propane et de l'éthylène afin de proposer le prix de vente prévisionnel
- Analysé la compétitivité du projet par rapport à la concurrents.
- Etabli un plan marketing pour la commercialisation du PP

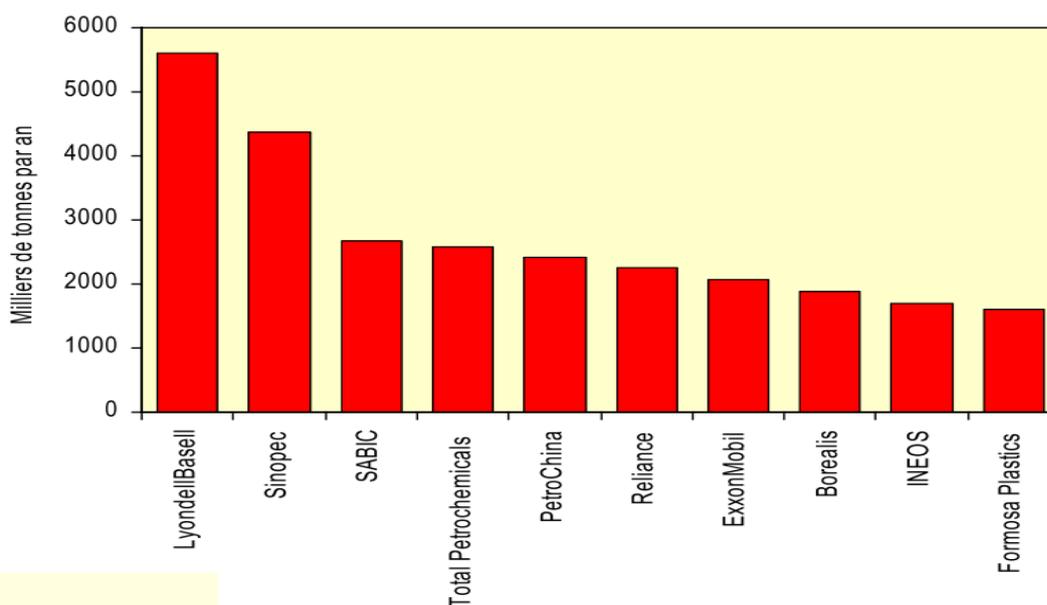
## II. Etude du marché

### II.1. Présentation générale de l'industrie du Polypropylène

Nous présentons dans cette partie l'industrie du polypropylène ainsi que les deux plus importants producteurs de polypropylène dans le monde.

#### a) Présentation des acteurs du marché du polypropylène

Les principaux producteurs du polypropylène sont : LyondellBasell, Sinopec, SABIC et Total Petrochemicals. Cependant, LyondellBasell est le plus important producteur, avec 20 pour cent de la capacité totale.



**Figure III.1 : Les 10 plus importants producteurs de polypropylène**

Source : EIA

Les capacités, plans d'expansion et partenariats en sociétés en participation des deux producteurs majeurs sont présentés ci-dessous.

### **a.1 LyondellBasell**

Le Groupe a connu plusieurs changements au niveau de la distribution de la production du polypropylène dans le monde sur la période étendue entre 2007 et 2010.

En Amérique du Nord, LyondellBasell a fermé les deux seules usines de polypropylène en service au Canada au début de l'année 2008, dans le but de réduire ses coûts. L'offre sera complétée en utilisant la capacité restante des autres usines des États-Unis. Les usines ont réussi un chargement complet pour l'année 2007, ainsi que de nombreuses autres en Amérique du Nord, approvisionnant le marché local et d'exportation.

En Europe de l'Ouest, LyondellBasell a fermé son unité de Pernis, produisant 260 000 tonnes de polypropylène par an à la fin du mois de juin 2007 et a agrandi ses installations à Brindisi pour une augmentation de production de 50 000 tonnes à la fin de l'année 2009.

En Amérique du Sud, LyondellBasell a débloqué son usine à Ensenada, en Argentine, en 2010, grâce à une augmentation de la capacité de propylène par craquage catalytique fluide.

Aux États-Unis, LyondellBasell a inauguré son usine de polypropylène filiale d'Equistar à Morris à la fin de l'année 2007. Indelpro, une autre société en participation de LyondellBasell, a achevé sa production commerciale en mai 2008 à sa nouvelle usine de 350 000 tonnes par an appelée SPHERIZONE, à Altamira au Mexique. Le propylène est fourni par la raffinerie PEMEX. En Thaïlande, HMC Polymers a ouvert une usine Spherizone de 300 000 tonnes par an à Map Ta Phut, à la fin de l'année 2009.

Au Moyen-Orient, LyondellBasell est le seul vendeur du produit de la société Al Waha Petrochemical Company (450 000 tonnes par an) et de 25 pour cent de l'usine de polypropylène produisant 190 000 tonnes et appartenant à la société Saudi Polyolefins Company.

Le tableau suivant montre:

**Tableau III.1: La distribution de la production de LyondellBasell par région**

Compagnie	Location	2008	2009	2010	2011	2012
LyondellBasell <i>(milliers de tonnes par an)</i>	Amérique du Nord	1460	1435	1435	1435	1435
	Europe Occidentale	3190	3228	3240	3240	3240
	Asie Pacifique	510	510	510	510	510

## a.2 Sinopec

Sinopec est le second producteur mondial de polypropylène, toutes ces opérations étant basées en Chine. Une capacité de 990 000 tonnes par an a été lancée entre 2009 et 2010 partagée sur les zones suivantes : Degang (Tianjin), Quanzhou(Fujian), Zhanjiang (Guangdong), pour atteindre une production globale de 4 100 000 tonnes par an, De nouvelles capacités de production seront aussi construites en Chine afin de répondre à la demande grandissante du marché local et elles comprendront une usine d'une capacité de 450 000 tonnes par an à Pengzhou, Sichuan, dont la production débutera en 2013.

**Tableau III.2: La distribution de la production de Sinopec par région**

Compagnie	Location	2008	2009	2010	2011	2012
Sinopec (milliers de tonnes par an)	Asie Pacifique	4100	4100	4100	4100	4100

## II.2 Analyse offre/demande.

### II.2.1 Introduction

#### *L'utilisation du PP homopolymère*

Le polypropylène est le plus polyvalent des polyoléfines et son homopolymère est principalement utilisé dans les industries des fibres, des films et du moulage par injection. Les fibres constituent l'un des secteurs d'application les plus importants et peuvent être sous-divisé en deux parties :

- *Les fibres textiles* : Son utilisation est dominée par la demande de tapis en tant que produits de parement. les applications dans les non-tissés sont aussi importantes, comprenant les couches jetables et autres applications médicales.
- *Les films fibrillés ou raphia (film-fibre)* : Son marché dispose de trois secteurs majeurs
  - ❖ Le film de polypropylène bi-orienté (BOPP)
  - ❖ la feuille coulée
  - ❖ la feuille soufflée tubulaire
- *Le moulage par injection* : représente aussi l'application la plus importante du polypropylène et couvre une large gamme de produits, comprenant les contenants à paroi fine, les caisses, les appareils ménagers, les appareils de loisir et le transport. Les

autres applications du polypropylène sont le moulage par soufflage, l'extrusion pour les tuyaux, les conduites et les feuilles.

### *L'utilisation du PP copolymère*

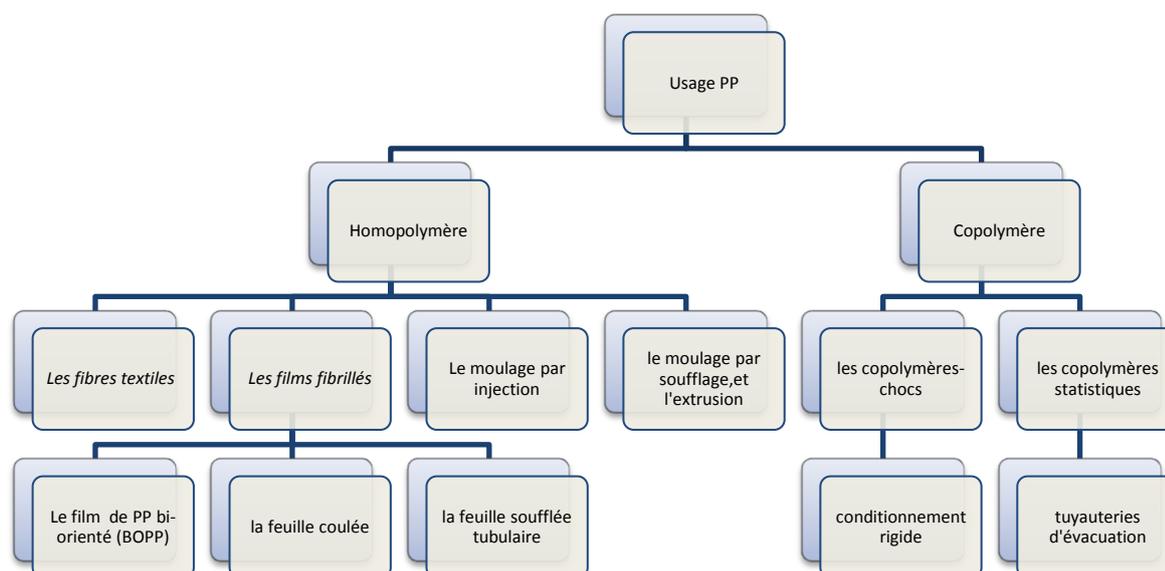
Les copolymères de polypropylène peuvent être divisés en deux sortes : les copolymères-chocs et statistiques. Les copolymères-chocs sont des chaînes de polymères disposant de blocs réguliers d'éthylène et de propylène et représentent le marché le plus important des copolymères polypropylène. Les copolymères statistiques sont appelés ainsi car les blocs d'éthylène sont distribués de façon statistique (au hasard) au sein de la chaîne polymère propylène.

Le secteur d'utilisation le plus important pour les copolymères est le moulage par injection, qui produit des jouets et des articles ménagers, des appareils ménagers et de composants automobiles. Ce dernier secteur est le plus important pour les copolymères-chocs et la plupart du polymère est utilisé pour produire des pare-chocs de voiture et des pièces d'intérieur de voiture.

Les autres marchés importants pour les copolymères-chocs sont les marchés de conditionnement rigide (les seaux et les caisses, par exemple). La bonne rigidité et résistance aux chocs des copolymères-chocs et la rentabilité du moulage par injection font des copolymères un bon choix pour de telles applications. Les copolymères statistiques sont aussi en plein développement dans le secteur des tuyauteries d'évacuation, autrefois dominé par le PVC.

Le schémat ci-dessous résume les utilisations de chaque type de polypropylène.

**Figure III.2 : L'utilisation du polypropylène**



**II.2.2 Analyse de la Demande**

**La Demande Mondiale**

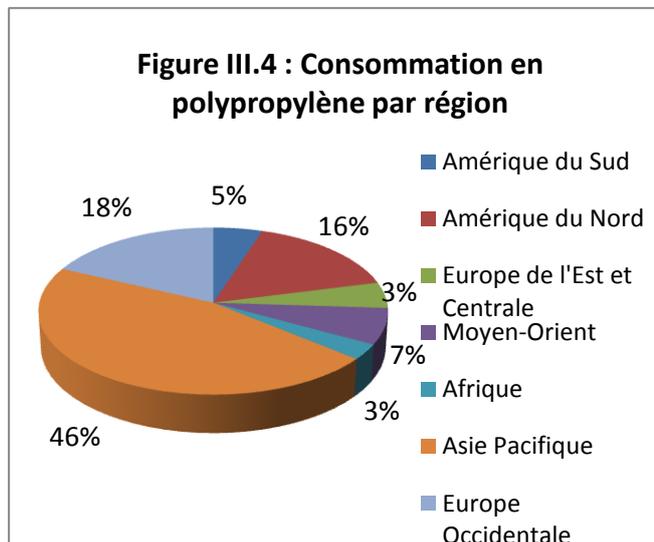
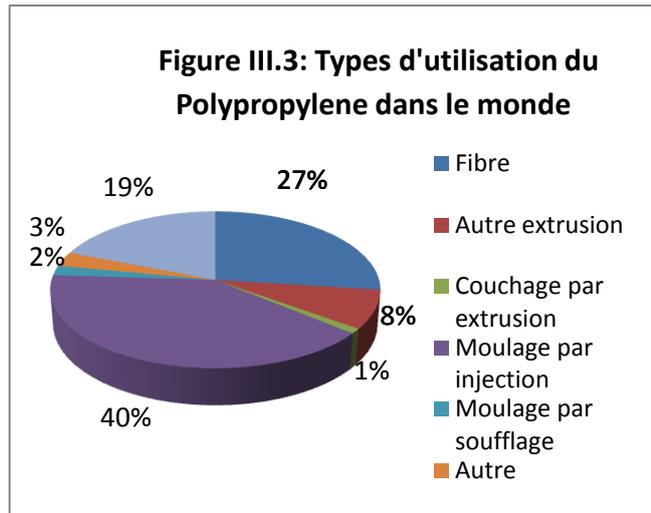
Un fléchissement d'environ un pour cent en 2011 a été constaté, une baisse plutôt importante comparée à la croissance de six pour cent en 2010, cette baisse peut être expliquée par le fait que, tandis que l'année 2011 a vu se mettre en place un important déstockage de la chaîne de valeur, l'inverse fut vrai pour l'année 2010.

L'Europe de l'Ouest et l'Amérique du Nord ont été particulièrement touchées par la réduction des marchés de polypropylène de cinq à sept pour cent en moyenne.

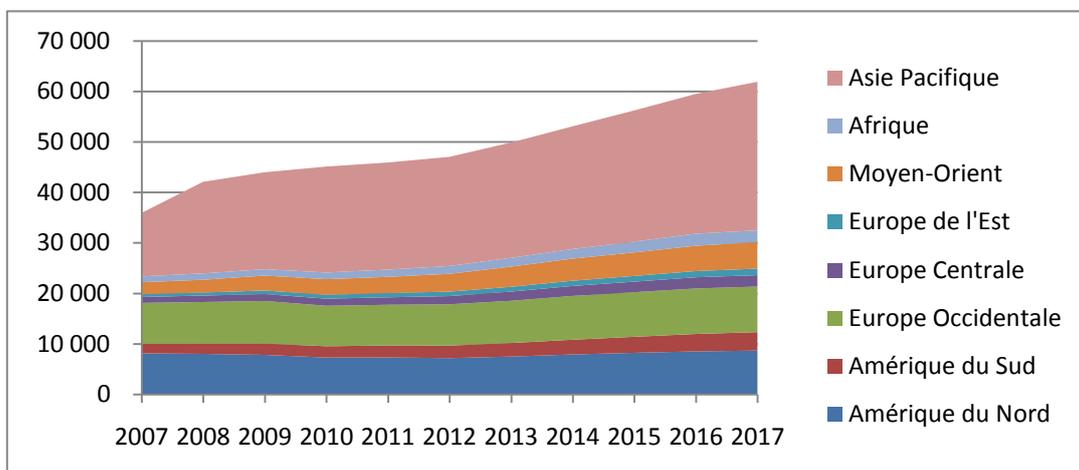
Le marché asiatique, un acteur important de l'augmentation de volume de ces dernières années, a connu une très faible croissance en 2011.

Plus généralement, les taux de croissance

dans les économies en voie de développement de l'Europe de l'Est et Centrale, du Moyen-Orient et de l'Afrique furent supérieurs aux marchés plus anciens comme l'Amérique du Nord, l'Europe Occidentale et le Japon.

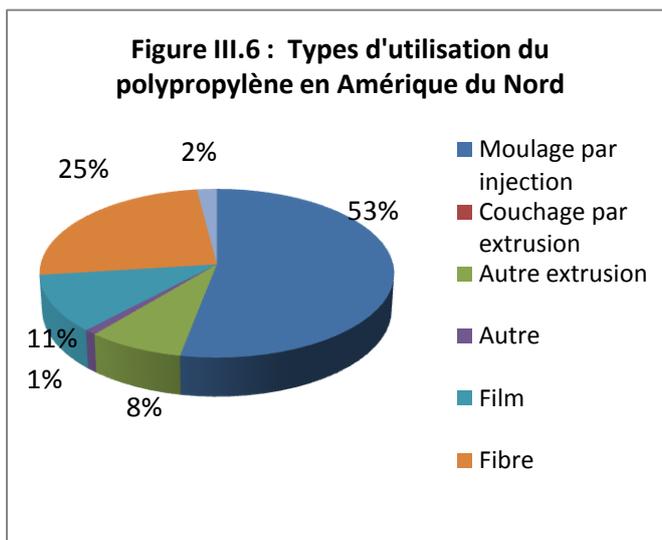


**Figure III.5 : Demande en polypropylène par région (Milliers de tonnes par an)**



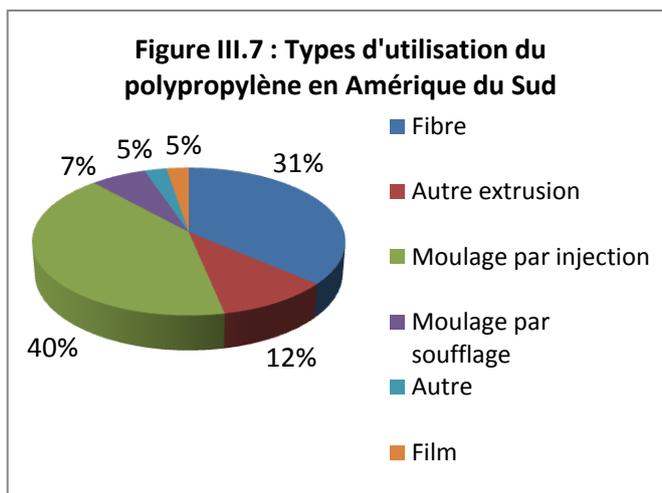
### *Amérique du Nord*

En 2011, la demande en polypropylène fut faible, principalement en raison des prix très élevés du produit pendant presque toute l'année. Certains producteurs de produits plastiques finis sont passés du polypropylène au polystyrène en raison de ces records de prix. Parmi les causes de cette récession, la baisse de la vente d'automobiles a de plus de 15 pour cent. Le graphe présenté ci-dessous indique les types d'utilisation du polypropylène en Amérique du Nord.



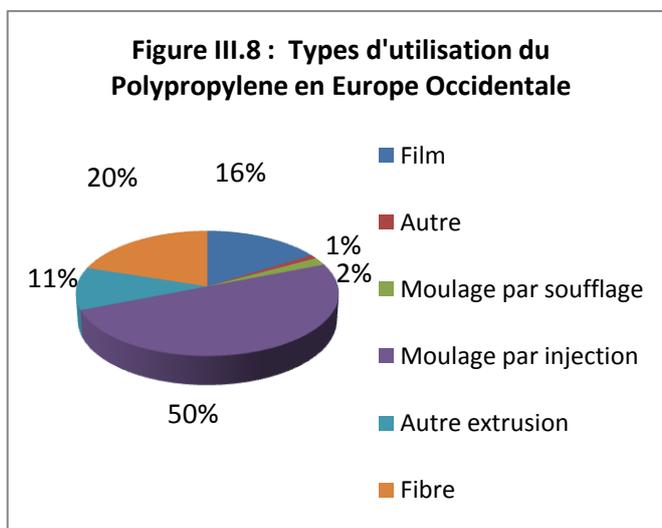
### *Amérique du Sud*

Comme indiqué dans le graphe dans la page suivante, le moulage par injection présente l'utilisation majeure du polypropylène destiné vers l'industrie automobile.



### *Europe Occidentale*

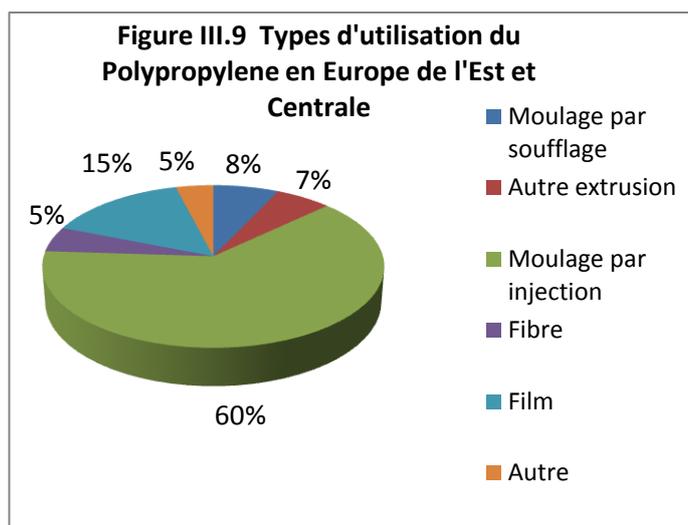
Pour l'Europe Occidentale, le polypropylène constitue la polyoléfine la plus importante en matière d'applications de fibres et ceci représente presque 20 pour cent de la consommation en polypropylène. L'utilisation du polypropylène a connu une croissance dans le secteur des appareils électroménagers, car le composé polypropylène est de plus en plus utilisé pour remplacer à moindre coût l'ABS



### Europe de l'Est et Centrale

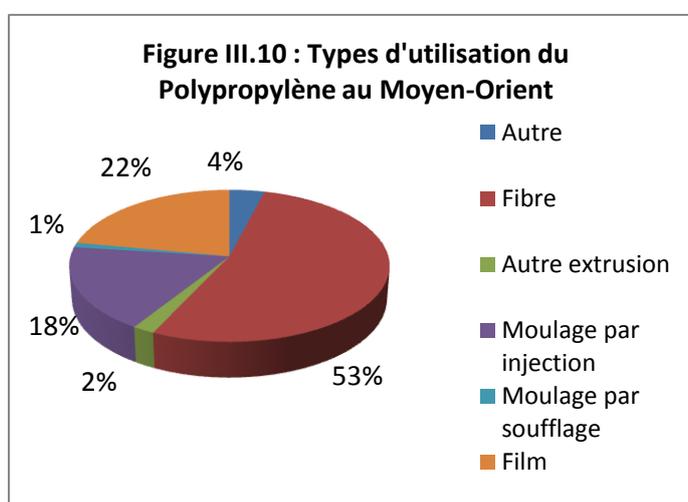
La consommation de polypropylène en Europe Centrale a augmenté d'environ trois pour cent en 2011, à la suite de plusieurs années de croissance continue à un taux beaucoup plus élevé. La demande pour les composants moulés par injection dans les secteurs de l'automobile et de l'électroménager est importante dans des pays comme la

Bulgarie et la République tchèque, ce qui entraîne des taux de croissance importants de la demande en PP dans la région. Pour l'Europe de l'Est, le moulage par injection représente environ les trois quarts de la demande totale en polypropylène, les applications du film représentant presque tout le reste. *Nous précisons que la pénétration du marché en Europe de l'Est reste toujours basse, ce qui laisse des opportunités potentielles pour le projet.*



### Moyen-Orient

Le polypropylène devrait aussi connaître une forte croissance au Moyen-Orient. La production de fibre pour les sacs tissés et les tapis devrait constituer l'application principale. Au cours des années, des applications du polypropylène se sont aussi développées dans le secteur des biens ménagers, dominé par l'utilisation du PEHD. L'une des raisons de cette substitution est la baisse de différence de prix entre le PEHD et le polypropylène.



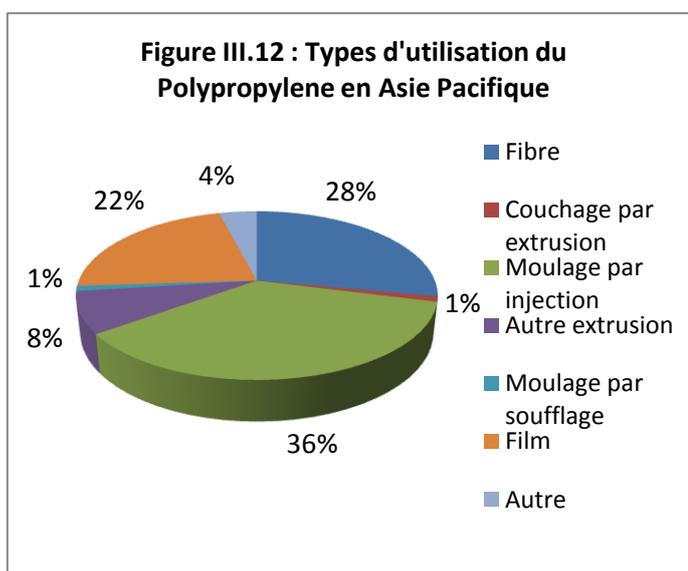
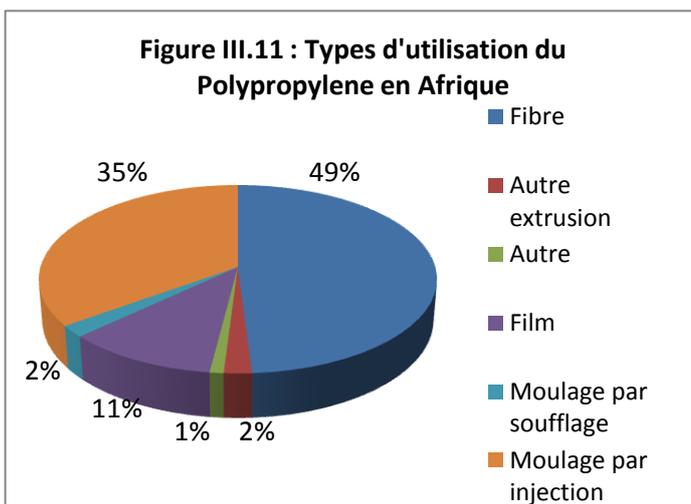
### Afrique

La croissance de la demande en polypropylène en Afrique devrait rester forte, la consommation augmentant le plus rapidement dans les secteurs de moulage par soufflage et par injection pour la production de biens ménagers, en raison de l'amélioration du secteur de traitement des polymères, tout particulièrement en dehors de l'Afrique du

Sud. Malgré ces avancés, la principale utilisation du polypropylène reste la fabrication de fibres (notamment en Égypte), majoritairement pour la production de sacs tissés pour l'agriculture et de tapis synthétiques.

**Asie Pacifique**

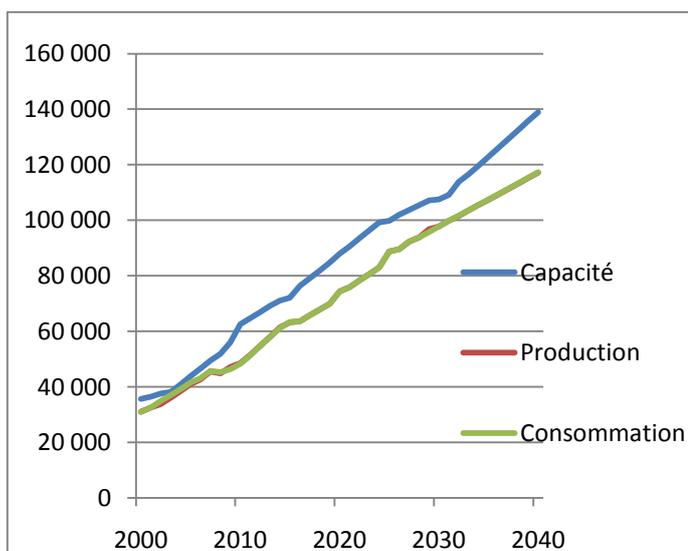
En Asie Pacifique, la consommation de polypropylène est la plus importante de tous les polymères et la région revêt une grande importance à l'échelle mondiale, en raison du développement du secteur industriel en Asie. La consommation du polypropylène en Asie Pacifique représente maintenant approximativement la moitié de la consommation mondiale et celle de la Chine seule représente environ un quart.



**II.2.3 Offre/demande et balance commerciale**

En analysant le graphe de l'offre/demande et commerce international présenté ci-dessous nous avons remarqué que :

- la consommation, la consommation et la capacité ont tendance à augmenter.
- L'augmentation de la capacité s'explique par



**Figure III.13 : Offre, demande et commerce international du polypropylène (Millier de tonne par an)**

- l'achèvement de nombreux nouveaux projets, principalement au Moyen-Orient et en Asie, ils ont augmenté la capacité mondiale de dix pour cent en 2009 et en 2010.
- La capacité supplémentaire a dépassé largement la croissance de la demande, faisant chuter les coûts de fonctionnement de 2010 à 2012 et obligeant de nombreuses usines plus anciennes à fermer.
- L'augmentation de la capacité peut s'expliquer aussi par la diminution des coûts de fonctionnement

**Conclusion :**

En analysant l'offre, la demande et le commerce mondial du polypropylène, nous avons identifié les marchés (Amérique du nord, Europe Occidentale, Afrique) comme des marchés potentiels pour ce projet, contrairement aux marchés (Amérique du sud, Europe Centrale et de l'Est, Moyen Orient et Asie Pacifique) qui restent très difficiles à pénétrer.

**II. Analyse des prix**

Nous avons vu au début du chapitre les opportunités et faiblesses qu'offrent les marchés (local et mondial) pour ce projet. Nous allons à présent analyser les prévisions des prix des matières premières (propane, éthylène) et du produit fini (polypropylène) dans les marchés potentiels.

**Généralités**

Les prévisions comprennent des scénarios de prix élevé, moyen et bas du pétrole brut. (L'annexe 2) comprend un tableau des prix correspondant à ces scénarios. Pour le polypropylène, les prévisions de tendance et de cycle de prix pour les trois régions de référence sont aussi fournies.

Le mécanisme de prix de l'éthylène pour l'Europe Occidentale est aussi présenté. Le projet achètera de l'éthylène localement pour la production de copolymère et les prix devraient refléter ceux de l'Europe Occidentale.

La base de la prévision de prix correspond à celle des prix historiques publiés par ICIS ou Platts. La base de tarification pour les trois régions de référence est identique aux prix de marché publiés au niveau international.

## II.1 Prix du propane

### II.1.1 Présentation générale

Au cours de l'année, le prix du propane a tendance à suivre un profil de demande fortement basé sur les saisons, les prix élevés des marchés du carburant étant atteints en hiver (dans l'hémisphère Nord). Un surplus de propane est disponible pendant les mois de l'été.

L'utilisation du GPL en tant que carburant domestique a fortement augmenté. Les producteurs pétrochimiques se sont rendus compte de l'opportunité que représentait le propane en tant que stock d'alimentation compétitif et ont construit des craqueurs de gaz conçus spécialement pour l'éthane et le propane, principalement au Moyen-Orient.

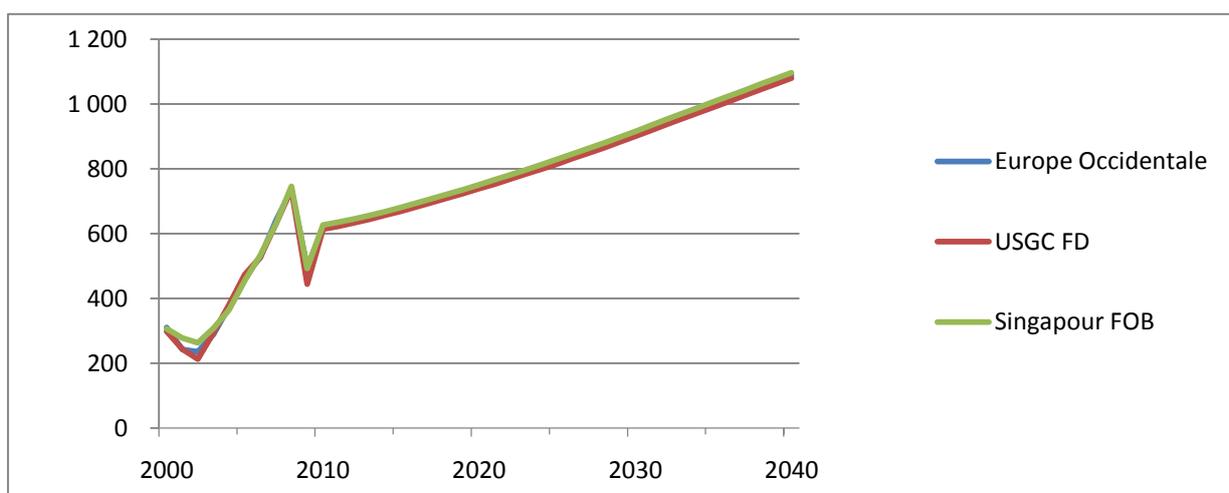
Le développement important du secteur du gaz naturel liquéfié (GNL) a considérablement augmenté la production de propane au cours des dernières années. L'accroissement des marchés du propane a entraîné une baisse régulière de la valeur du propane, comparée aux prix du naphta et des principaux carburants.

Le prix du propane est passé d'un prix supérieur de 15 pour cent à celui du naphta en 2000, à un prix inférieur de 10 pour cent en 2012. La succession d'hivers particulièrement doux ces dernières années a augmenté le stock de propane, baissant le prix du propane par rapport au naphta et à de nombreux carburants à un niveau jamais atteint jusque-là.

### II.1.2 Analyse des Prévisions des prix

#### *Projections des prix*

Les prévisions des prix du propane que nous avons analysées sont basées sur une moyenne annuelle, qui masque d'importantes fluctuations en fonction des saisons.



**Figure III.14 : Prévisions des prix du propane au sein des trois régions**

**Prix Algérien local**

Sonatrach a suggéré d'établir une formule de tarification du propane pour ce projet. Elle a fourni l'historique des prix du propane pour l'Algérie de 2004 à 2011. En moyenne, ces prix sont de 20\$ par tonne inférieurs à ceux de l'Europe Occidentale pour la même période. Cette différence de 20 \$ par tonne est équivalente aux frais de transport estimés pour transporter le propane de l'Algérie à Tarragone.

Cette formule du prix local du propane est liée au prix du polypropylène en Europe Occidentale. Elle devrait permettre au projet de maintenir ses recettes, sans être affecté de façon négative par les fluctuations du prix du polymère, sous l'un des scénarios proposés. De plus, cela réduit l'exposition aux fluctuations du prix du propane.

La constante de la formule se rapporte aux autres coûts variables et fixes pour les unités de déshydrogénation du propane et de polypropylène et subit une inflation de deux pour cent par an.

La formule de prix est la suivante:

$$\text{Prix du propane} = 30 \% \text{ du prix FD du polypropylène} + 100 \$ \text{ par tonne}$$

Le tableau ci-dessous présente les prévisions des prix du propane, calculés en utilisant la formule sous l'hypothèse du prix moyen du pétrole.

**Tableau III.3 : Calcul du prix du propane via la formule**  
(Sous l'hypothèse d'un prix moyen du pétrole / dollars US courants par tonne)

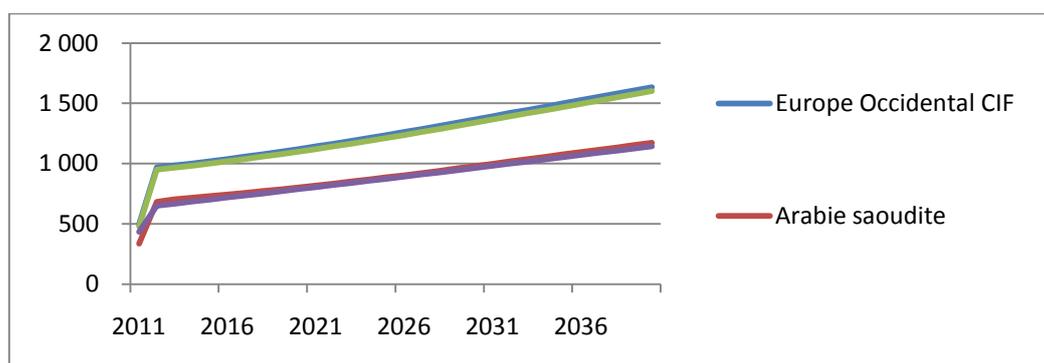
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Prix du pp en Eur.Occ	1105	1343	1382	1421	1460	1499	1538	1577	1616	1654	1693	1732
Facteur	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Constant (avec inflation)	100	102	104	106	108	110	113	115	117	120	122	124
Prix du propane	432	505	519	532	546	560	574	588	602	616	630	644

**Commentaires**

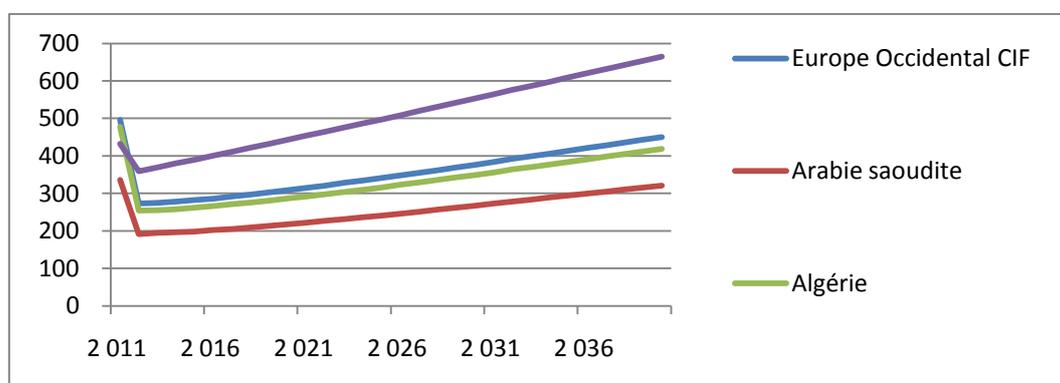
- Le désavantage de cette formule de prix est que le projet ne pourra pas profiter des périodes de prix élevés du polypropylène lorsque le marché est tendu.
- Il apparaît clairement qu'en période de prix élevé du pétrole/ propane sur le marché, la formule donnera un prix du propane plus bas.

- Cette formule n'est pas toujours stable, elle est influencée par les scénarios des prix du pétrole.
- Lors d'un scénario de prix élevé du pétrole, le prix du propane du marché sera élevé, alors que le prix de la formule devrait être plus bas que celui du marché. Un prix du propane inférieur au prix du marché entraînera plus de recettes pour le projet.
- Cependant, lors d'un scénario de prix bas du pétrole, le prix du propane du marché devrait être inférieur à celui de la formule, ce qui entraînera moins de recettes.

Tout ceci est clairement illustré dans la figure ci-dessous.



**Figure III.15 : Scénario prix élevé du pétrole**



**Figure III.16 : Scénario prix bas du pétrole**

## II.2 Prix de l'éthylène

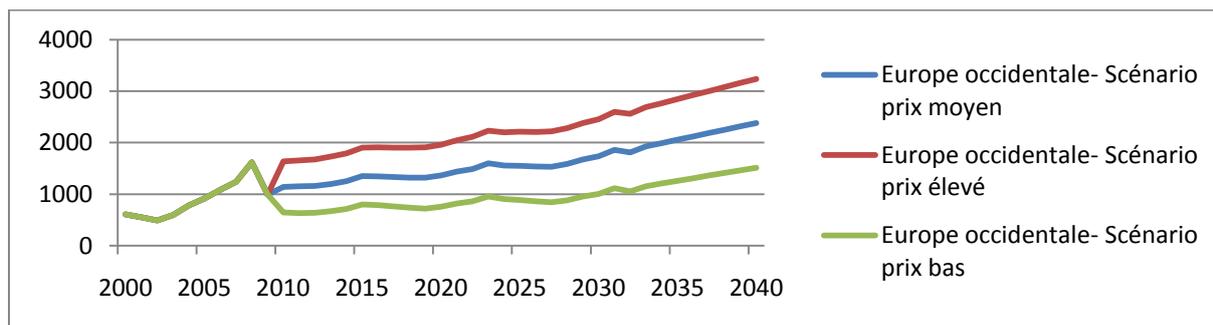
### II.2.1 Présentation générale

L'éthylène est le produit chimique le plus couramment fabriqué, formant la base de toute l'industrie pétrochimique, avec plus de 100 millions de tonnes d'éthylène produites dans le monde chaque année. En tant que stock d'alimentation crucial pour l'industrie pétrochimique, le prix de l'éthylène influence fortement les prix et la rentabilité de toute l'industrie.

Il existe de nombreux mécanismes alternatifs qui peuvent être utilisés par différents acteurs de l'industrie pour déterminer la valeur de l'éthylène et établir un prix.

Les facteurs majeurs des prévisions du prix de l'éthylène sont le coût de production de l'éthylène plus un retour sur investissement, prévu sur la moyenne des frais de fonctionnement de l'industrie.

Dans le scénario à prix moyen du pétrole, les coûts ont été réduits ces dernières années, car les coûts du stock d'alimentation naphta retournent à leur niveau. Les fluctuations de la valeur de l'éthylène seront dominées par les projections de marge cycliques, faisant monter le prix à un nouveau sommet en 2015.



**Figure III.17 : Prévisions des prix d'éthylène en Europe Occidentale**  
(Etude de cycle / Dollar courant par tonne)

## II.3 Prix du polypropylène

### II.3.1 Présentation générale

Les prix du polypropylène dans les régions de référence sont établis via une négociation directe entre les principaux producteurs et transformateurs. Les facteurs fréquemment pris en compte lors des négociations pour l'établissement des prix sont les suivants :

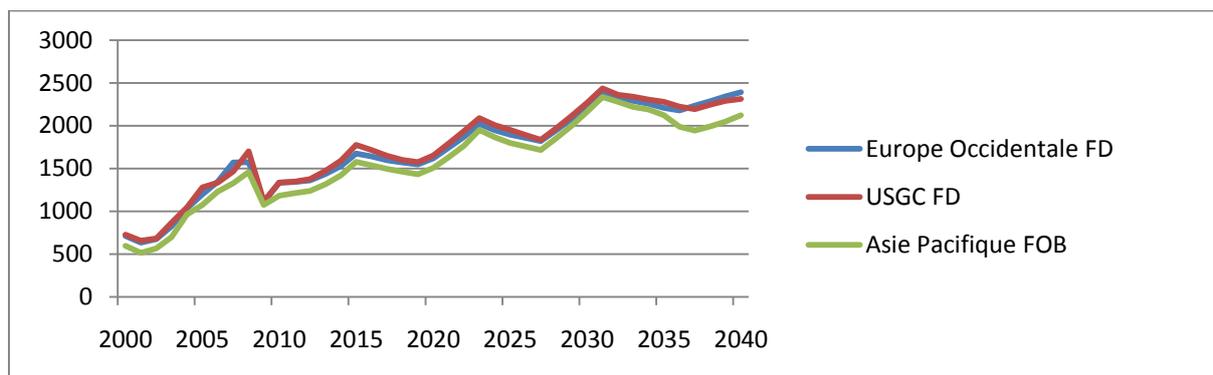
- L'économie de la production du polypropylène (plus précisément les coûts du stock d'alimentation qu'est le propylène).
- Le prix des polymères en concurrence (principalement le PEHD, le PVC et le polystyrène).
- L'offre et la demande en polypropylène.
- Les prix du polypropylène dans d'autres régions et les prévisions sur l'évolution du commerce.
- La rentabilité des transformateurs et des conditionneurs.

### II.3.2. Analyse des prévisions des prix

#### *Bases Projections des prix*

L'influence principale sur les prévisions de prix du polypropylène est le coût de la production ajouté à un retour sur investissements (ROI). La prévision des prix du polypropylène s'effectue en équilibrant les coûts de production projetés (qui dépendent principalement du

coût du stock d'alimentation propylène) et les marges projetées par rapport à la nécessité d'une compétitivité vis-à-vis des autres polymères et des offres disponibles sur le marché.



**Figure III.18 : Prévisions des prix du polypropylène homopolymère**

**(Etude de cycle, scénario prix moyen du pétrole/ Dollar courant par tonne)**

#### *Analyse du graphe des prévisions*

La force relative des prix de l'Europe Occidentale et des États-Unis a fréquemment baissé au cours des deux dernières décennies, les prix s'étant rapprochés de la parité.

Une plus faible rentabilité de l'Europe devrait entraîner un niveau de prix moyen européen d'environ 45 \$ US par tonne en dessous du prix aux États-Unis, tout au long de la période d'étude.

Les prix asiatiques sont généralement plus bas que ceux des États-Unis et de l'Europe, mais, en 2000, cette différence s'est accrue de façon significative. Plus récemment, l'importante croissance de la demande asiatique, soutenue par le développement de la consommation en Chine, a resserré les marchés asiatiques, rétablissant les prix asiatiques à un niveau régulier, en dessous des prix européens d'environ 130 \$ US par tonne depuis 2000.

#### *Les prix en Afrique*

Les prix locaux en Algérie, Afrique du Nord et de l'Ouest sont basées sur une tarification de parité des importations par rapport aux prix CIF des pays méditerranéens (coûts, assurance, transport), car les deux régions et l'Algérie sont des importateurs de polypropylène. Ces prix sont indiqués avec coûts, assurance et fret (prix CIF) et ne comprennent donc pas les droits de douane ou les frais de livraison locale jusqu'à la destination.

Nous précisons que dans la plupart des cas, les prix des copolymères sont légèrement supérieurs à ceux des homopolymères, en raison de l'éthylène supplémentaire ajouté.

### **III. La compétitivité des coûts à la livraison**

#### ***Généralités***

Dans cette section, nous allons analyser la compétitivité des coûts à la livraison du polypropylène homopolymère et de différents dérivés aux marchés cibles que sont l'Europe Occidentale, l'Afrique du Nord, l'Afrique de l'Ouest et les États-Unis.

Ces coûts à la livraison seront alors comparés à ceux des projets des concurrents majeurs en Europe de l'Ouest, aux États-Unis, au Moyen-Orient et en Chine.

La compétitivité en matière de coûts est une problématique majeure pour tout producteur de polypropylène et c'est sans doute le principal facteur de rentabilité dans une industrie de plus en plus axée sur les marchandises.

Les localisations choisies pour de nouveaux investissements se concentrent principalement dans des régions avantagées en matière de stock d'alimentation, comme le Moyen-Orient, et sur les marchés où l'utilisation finale augmente, comme en Chine.

La production dédiée au propylène n'est pas significative au niveau mondial et la majorité des producteurs de polypropylène obtiennent leur propylène à partir d'un craqueur, en tant que coproduit.

Cette section a pour but de définir l'économie de la production de polypropylène dans chaque région majeure de production du produit.

#### **III.1 Terminologie des coûts de production**

Les coûts de la production sont détaillés dans le chapitre 5 (Analyse financière du projet).

#### **III.2. Coûts à la livraison**

##### ***Tarifs douaniers et logistique***

Une analyse des coûts directs de production, avec les éléments indiqués dans les sous-sections précédentes, constitue un indicateur utile de la position concurrentielle, pour mettre en évidence l'impact des coûts à la sortie de l'usine sur un marché donné (le transport, la manutention et les tarifs douaniers lorsque cela est applicable). Les prévisions en matière de frais de douanes pour les différentes régions sont indiquées dans le tableau suivant.

**Tableau III.4 : Frais de douanes applicables**

	<b>Point de départ</b>				
	<b>Algérie</b>	<b>Etats-Unis</b>	<b>Europe occidentale</b>	<b>Chine</b>	<b>Arabie saoudite</b>
<b>Afrique du nord</b>	-	-	-	-	-
<b>Afrique de l'ouest</b>	-	-	-	-	-
<b>Europe Occidentale</b>	0 %	6,5%	0 %	6,5%	0 %
<b>Etats-Unis</b>	0 %	0 %	6,5%	6,5%	6,5%

**Commentaires**

- Il n'existe aucuns frais de douane en cours vers l'Afrique du Nord et l'Afrique de l'Ouest, car les prix sont indiqués en CIF (coûts assurance et fret).
- Comme nous avons indiqué précédemment, une part significative des produits fabriqués dans l'usine de polypropylène sera exportée. Donc l'économie du complexe devra être compétitive à l'exportation, comparée à d'autres régions exportant, aux producteurs locaux et au prix local du marché.

**Coûts directs à la livraison**

Comme nous avons expliqué ci-dessus, il est important de noter que seuls le projet et les unités de propylène d'Arabie Saoudite sont basés sur le propylène à coût direct, intégré en amont avec des unités de déshydrogénation du propane. Les autres productions majeurs sont basées sur du propylène au coût du marché.

Le producteur d'Arabie Saoudite devrait disposer du coût à la livraison le plus faible vers les trois marchés cibles.

Malgré cela, le projet est bien placé pour vendre des produits localement, ainsi qu'en Europe Occidentale, tout particulièrement aux pays méditerranéens, en raison de la géographie et de la capacité à commercialiser et à fournir une bonne assistance technique.

Les graphes ci-dessous montrent les coûts à la livraison pour la production de polypropylène de qualité polymère pour chaque concurrent vers chacun des secteurs cibles.

### *Les types de livraisons*

#### ***F.O.B***

« Free On Board », signifie que le vendeur a rempli son obligation de livraison quand la marchandise passe à l'intérieur du navire au port d'embarquement désigné. A partir de ce point l'acheteur couvre les pertes et les dommages que peut courir la marchandise.

#### ***C.I.F***

« Cost Insurance and Freight » en Français « coût assurance et fret » signifie que le vendeur a les mêmes obligations que dans le cas précédent mais il doit, en plus, fournir une assurance pour l'acheteur contre le risque de perte ou dommage que peut courir la marchandise au cours du transport.

#### **Conclusion**

En analysant les prix des matières premières et du produit fini ainsi que la compétitivité des coûts à la livraison :

- Il apparaît clairement que les coûts de revient des unités de polypropylène basés sur le propylène acheté au prix du marché sont bien plus élevés que ceux basés sur le propylène produit en amont à coût direct.
- La compétitivité de l'usine de l'Arabie Saoudite est principalement due au prix réduit du propane disponible.
- La situation favorable en matière de frais de douanes pour la vente aux États-Unis place le projet dans une bonne position pour atteindre ce marché.
- Le prix du propane disponible pour le projet devrait subir un rabais de plus 30 pour cent pour obtenir des coûts à la livraison identiques à ceux de l'Arabie Saoudite.
- Les prix de revient des marchés locaux que sont l'Algérie, l'Afrique du Nord et l'Afrique de l'Ouest devraient être supérieurs à ceux de l'Europe ou des États-Unis.

### **IV. Plan marketing**

Dans cette partie, nous allons présenter un plan marketing pour la commercialisation du polypropylène en synthétisant les documents fournis par Sonatrach tout en proposant nos solutions et recommandations.

#### ***Présentation générale***

- Il est bien clair que le marché du polypropylène est très fragmenté et dispose de nombreux acheteurs dans toutes les régions.

- Les principaux utilisateurs de polymères sont les conditionneurs, qui transforment le matériau en différents produits d'utilisation finale. Les plus importants conditionneurs achètent directement aux producteurs de polymères, alors que les clients moins importants achètent habituellement à des distributeurs et négociateurs régionaux.
- Le polypropylène est un polymère commercial de fort volume et il est habituellement vendu sous forme de vente en disponible et de contrat à moyen- long terme. Habituellement, environ 90 pour cent des ventes d'un producteur sont effectuées sous contrat et 10 pour cent en vente en disponible.
- Pour les clients, le polymère est relativement facile à stocker. Les acheteurs disposent d'une gamme d'options d'approvisionnement en matière de fournisseurs et souvent, une certaine flexibilité en ce qui concerne le choix du polymère. Ceci provoque un marché relativement fluide, où les accords sur le long terme sont plutôt rares.
- Les contrats sont habituellement de durée assez courte, un an étant la moyenne. Un contrat comprendra généralement des engagements en matière de volume.
- La tarification est relativement transparente, les sociétés comme Platts et ICIS(\*), établissant des prix chaque semaine pour les contrats et pour la vente au comptant de polyéthylène pour toutes les régions principales.

### ***Solutions et recommandations***

- Nous voyons que ca sera très difficile pour Sonatrach (nouveau producteur) d'établir un réseau de distribution avec les marchés principaux. Dès lors, il peut être plus approprié au départ de passer par des négociants et des distributeurs, qui fourniront le lien avec les utilisateurs finaux.
- Pour le vendeur, il est avantageux de disposer de la stabilité d'un certain nombre de contrats établis. Il est aussi souhaitable de placer une partie de sa production sur le marché au comptant, qui est plus dynamique et offre un tampon entre les fluctuations de la production et les engagements contractuels.
- Le mode du transport du PP sera le même que pour des industries similaires c.à.d. Les granulés seront soit mis en sacs de 25 kg, qui seront chargés dans des conteneurs standards ou chargés en tant que conteneurs en vrac, pour des livraisons en vrac, pour être reconditionnés ou pour livraison directe aux clients. Les conteneurs seront alors transportés via camion et bateau jusqu'au client ou au distributeur.

---

(\*) : Platts et ICIS sont des organismes officiels de publication des prix des hydrocarbures

## IV.1 Le choix de la filière de vente

Nous allons présenter dans ce point les différentes approches possibles pour la vente du PP et les critères du choix de l'approche la plus appropriée. Il existe plusieurs approches de vente des produits pétrochimiques dans le monde, parmi les quelles:

- Bureau de vente de l'entreprise
- Approche avec emploi d'une agence
- Distributeur
- Grossiste à long terme.

Nous précisons que l'approche la plus appropriée en matière de filière de vente est déterminée en tenant compte de la structure du client au sein du marché cible et de l'échelle de l'opportunité au sein de ce marché.

Pour bien illustrer le choix des différentes approches de vente du PP, nous allons présenter un tableau qui résume les avantages et les inconvénients de chaque approche de vente.

**Tableau III.5 : Résumé des avantages et des inconvénients des approches de vente**

### Bureau de vente de l'entreprise

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Une meilleure projection de la marque, des valeurs et de l'image de Sonatrach</li> <li>• Un excellent contact client et une possibilité de récupération de données</li> <li>• Un contrôle complet des processus de vente</li> <li>• De bonnes opportunités de vente croisée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coûts élevés</li> <li>• Coûts fixes à une période difficile du marché</li> <li>• Ne convient pas à de nombreux petits clients</li> </ul>

### Approche avec emploi d'une agence

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un certain contrôle des processus de vente</li> <li>• Possible uniquement dans des zones de volumes importants</li> <li>• Rentable</li> <li>• Offre une certaine flexibilité</li> <li>• Opportunité d'achat si la croissance des ventes est forte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perte du contrôle de la relation client – un mauvais agent forge une mauvaise réputation</li> <li>• Moins de données client</li> <li>• Perte de marge</li> </ul>

### Distributeur

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Une gestion moins importante</li> <li>• Bonne flexibilité</li> <li>• La volonté de s'occuper de clients achetant de petits volumes</li> <li>• L'opportunité de réduire les risques de crédit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moins de contrôle sur les ventes et les prix</li> <li>• Pas de données client</li> <li>• Mise en compétition d'autres fournisseurs pour le volume</li> <li>• Moins d'opérations commerciales pour doper les ventes</li> </ul>

### Grossiste à long terme

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Favorable au financement de projet</li> <li>• Investissement minimum en coûts fixes</li> <li>• Expérience dans la vente aux marchés cibles</li> <li>• Plan de vente diversifié, tout particulièrement lors de l'emploi de plusieurs grossistes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abandon du contrôle et de la tarification</li> <li>• Frais marketing – jusqu'à 5 pour cent du prix de vente net ou brut</li> <li>• Une volonté d'écouler du volume plutôt que d'obtenir le meilleur prix</li> </ul>

Il est à noter que le processus de sélection doit aussi prendre en compte les facteurs de risques commerciaux et politiques qui peuvent rendre la création d'un bureau moins désirable.

#### ***Solutions et recommandations***

- Puisque Sonatrach est un nouvel acteur du marché des polymères, les contrats d'enlèvement semblent être les plus appropriés au départ. Ces contrats sont des accords sur le long terme avec une entreprise qui commercialisera le produit, habituellement via un contrat d'achat ferme.
- Un partenaire de société en participation, qui pourrait apporter sa technologie et ses capitaux au projet, peut aussi offrir son expérience en matière de ventes, de marketing et de marchés pour le produit.
- Une fois que Sonatrach sera mieux établie, il faudra peut-être considérer de nouvelles approches en matière de vente, en fonction de la nature du produit et de son marché :
  - Une approche pourrait comprendre un bureau de vente directe situé dans un territoire cible particulier, géré par sa propre équipe de marketing et de vente,

afin d'offrir une approche plus focalisée sur la vente dans des secteurs clés, à des clients importants.

- Les autres approches, moins centrées sur le client, comprennent l'utilisation d'une agence pour un marché moins significatif ou, si le marché est très petit et fragmenté, l'emploi d'un distributeur pour vendre le produit.
- Dans les zones où le risque de crédit est élevé, il peut être sage de faire appel à un distributeur local, qui pourra mieux évaluer et prendre des risques de crédit. Les distributeurs sont généralement la filière préférée pour atteindre les plus petits clients, difficiles d'accès en vente directe

### *Matrice du choix de la filière de vente*

Nous avons établi une matrice de sélection de filières (figure ci-dessous) qui offre des indications sur la filière commerciale, à suivre en fonction du volume et des mesures de concentration. Ceci doit aussi être interprété dans le contexte des facteurs de risques commerciaux présentés ci-dessus.

<b>Possibilités du marché</b>	<b>Importantes</b>			<b>Vente directe</b>
	<b>Moyennes</b>		<b>Agence</b>	
	<b>Faibles</b>	<b>Distributeur</b>		
		<b>Faible</b>	<b>moyenne</b>	<b>élevé</b>
		<b>Concentration de la clientèle</b>		

**Figure III.19 : Matrice de sélection des filières de vente**

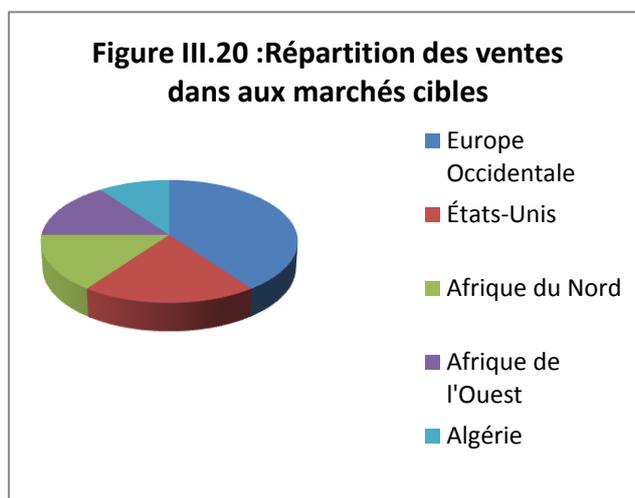
La matrice montre qu'un petit marché fragmenté sera mieux approvisionné via un distributeur, alors qu'un marché concentré et relativement important pourra bénéficier d'une approche de vente directe.

## IV.2. Stratégie de pénétration des marchés

Comme indiqué précédemment, le polypropylène sera vendu via la société en participation sur le marché international, et suivra les mêmes techniques de vente que les polymères sur le marché local.

En se basant sur les résultats de l'analyse du marché, nous avons estimé la répartition des ventes pour les 500 000 tonnes par an du polypropylène comme suit:

- 10 pour cent pour l'Algérie.
- 15 pour cent pour le reste de l'Afrique du Nord.
- 15 pour cent pour l'Afrique de l'Ouest.
- 40 pour cent pour l'Europe Occidentale.
- 20 pour cent pour les États-Unis.



### *La politique de l'Europe envers les importations*

Nous remarquons que tous les pays de l'Europe Occidentale sont engagés envers le libre échange et soutiennent le concept de commerce international. Ceci est visible, par exemple, dans les frais de douanes sur les exportations provenant de l'Algérie vers UE.

À partir de 2012, aucun frais de douane n'est appliqué aux exportations algériennes de polymères.

Sonatrach n'a connu aucun frais anti-dumping imposé sur les exportations de polypropylène, ou sur les autres polymères provenant de l'Afrique du Nord lors des cinq dernières années.

### *La stratégie de pénétration dans le marché algérien*

Sous l'hypothèse que Sonatrach fournira environ 90 pour cent du marché algérien, qu'aucune autre usine de polypropylène ne sera construite dans le pays, et conformément aux prévisions en ce qui concerne la croissance de la demande, nous suggérons d'approvisionner le marché local à un prix équivalent au prix à l'importation moins (3 jusqu'à 7) pour cent, afin d'être compétitif vis-à-vis des importateurs. Ceci représente un rabais raisonnable,

Le pourcentage constitue un équilibre entre les attentes des fabricants en aval et le rendement financier du projet.

Il ne faut pas oublier qu'il existe aussi un potentiel pour le développement de la consommation locale de polypropylène, grâce à une production locale de polypropylène.

### ***La stratégie de pénétration dans les marchés cibles***

D'après les chiffres présentés précédemment, il est clair que la vocation principale du projet est l'exportation, donc il faut être très attentif quant à la stratégie de pénétration des marchés internationaux, En tenant compte des niveaux de pénétration suggérés par Sonatrach.

Les principales remarques que nous avons trouvées intéressantes pour la stratégie de pénétration internationale sont les suivantes :

- Les ventes prévues pour le reste de l'Afrique sont raisonnables, étant donné que Sonatrach fournira entre 10 et 15 pour cent de la demande en polypropylène des marchés.
- Les ventes en Europe Occidentale et aux États-Unis sont aussi raisonnables en termes de demande
- Les ventes aux États-Unis peuvent poser plus de difficultés, étant donné la situation géographique de l'usine et le marché. Ceci risque d'affecter de façon négative la rentabilité possible et rendre difficile le marketing et la vente du produit.
- D'après les prévisions de Sonatrach le marché disponible aux États-Unis devrait devenir comparativement limité en 2025, principalement en raison de la capacité de production supplémentaire, dont la mise en service est prévue ces dernières années.
- Bien que l'Europe Centrale et de l'Est devraient être des importateurs nets sur la période de prévision, des coûts de logistique élevés font de ce marché, selon l'expérience de Sonatrach, un marché peu attrayant pour ce projet.
- De plus, malgré les importants besoins en importation de l'Asie Pacifique, le projet sera désavantagé vis-à-vis des concurrents du Moyen-Orient, qui vendent d'importants volumes dans ce marché.
- Toutes les prévisions seront testées dans le modèle financier afin de déterminer le plan marketing préliminaire le plus approprié en termes de niveaux de pénétration dans les marchés cibles, de rentabilité et de retour sur investissement.

**V. Conclusion:**

L'objet de ce chapitre était d'identifier les possibilités économiques offertes pour ce projet, pour ce faire :

- Nous avons commencé par étudier le marché du polypropylène dans le monde, pour identifier les marchés potentiels, et les marchés difficiles à pénétrer.
- Nous avons par la suite analysé les prévisions des prix du propane, de l'éthylène et du polypropylène qui révèlent une réelle opportunité pour le projet.
- Nous avons comparé la compétitivité des coûts à la livraison du projet par rapport aux principaux concurrents.
- Enfin, en se basant sur les résultats trouvés, nous avons proposé un plan marketing pour pénétrer les marchés potentiels

**CHAPITRE 4**  
**ANALYSE DE LA TECHNOLOGIE**  
**DU PROJET**

## I. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons analyser les deux technologies utilisées dans le projet (la technologie de déshydrogénation du propane et la technologie de production du polypropylène). Nous nous intéresserons dans notre présentation aux deux meilleurs processus pour chaque technologie et les avantages qu'offre chacun d'eux.

## II. Présentation de la technologie de déshydrogénation du propane

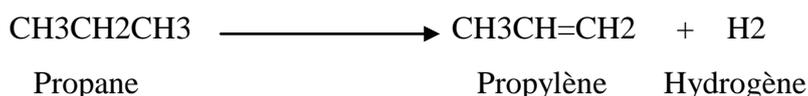
### II.1 Présentation générale :

La technologie de déshydrogénation du propane est dérivée de la déshydrogénation de la paraffine légère, les systèmes de production actuels sont une adaptation des unités de production de butadiène. CATOFIN (la technologie de Lummus) a été développée et commercialisée pour la déshydrogénation de l'isobutane et du propane dans les années 80. Oleflex (la technologie de UOP) a été conçue et commercialisée en tant que technologie de production du propylène.

La déshydrogénation du propane est viable dans certaines situations :

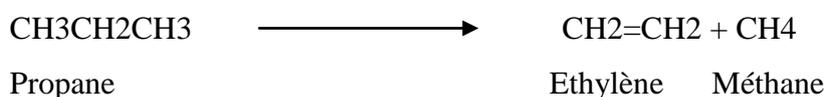
- un propane à faible coût est disponible,
- la quantité suffisante de propylène provenant des vapocraqueurs ou des raffineries n'est pas disponible,
- un marché local pour les produits dérivés du propylène existe.

La réaction de base du processus de déshydrogénation du propane est présentée dans l'équation suivante :

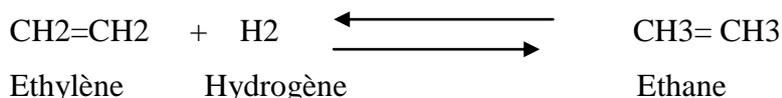


Cette réaction est hautement endothermique.

La réaction non sélective principale est le craquage du propane en éthylène et méthane, comme le montre l'équation suivante :



Cette réaction amène à son tour l'hydrogénation de l'éthylène pour former de l'éthane, comme le montre l'équation suivante :

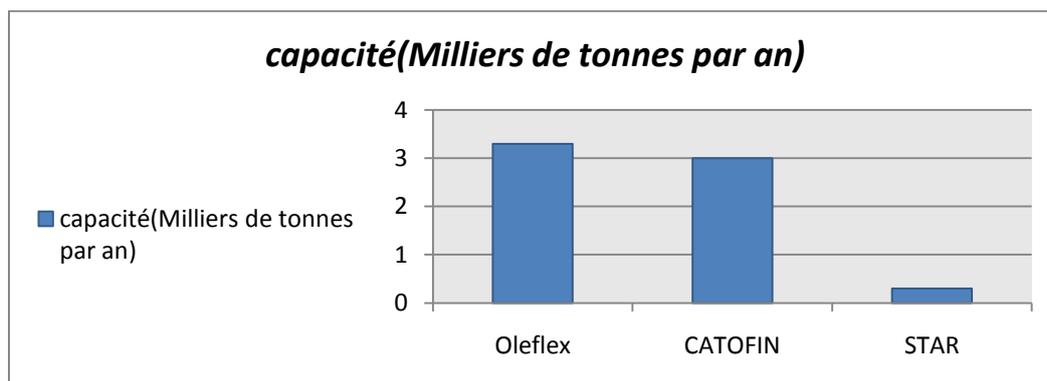


### II.2 Concédants de licences de la technologie PDH

La technologie de déshydrogénation du propane est actuellement proposée par les sociétés suivantes :

- UOP - Processus Oleflex
- Lummus – CATOFIN
- Uhde - Processus STAR

Actuellement, la majorité des usines en fonctionnement utilisent les technologies Oleflex ou CATOFIN. La capacité de production en place par processus est présentée dans la figure IV.1. Les technologies Oleflex et CATOFIN représentent 50% et 45% respectivement de la capacité totale de PDH. Nous avons étudié ces deux technologies pour voir laquelle des deux est la plus appropriée pour le projet.



**Figure IV.1 : Capacité de production PDH en fonctionnement par technologie**

### II.3 Description du processus Oleflex UOP

Le processus UOP Oleflex est un processus de déshydrogénation catalytique continu. Le processus est conçu pour convertir un stock d'alimentation C3 liquéfié riche en propane en un produit propylène de qualité polymère. Le catalyseur employé est platine sur alumine. Le dernier catalyseur (DeH-14), commercialisé en 2001, offre une plus longue vie du catalyseur et une plus faible teneur en platine.

Les installations Oleflex sont divisées en deux sections majeures de l'usine :

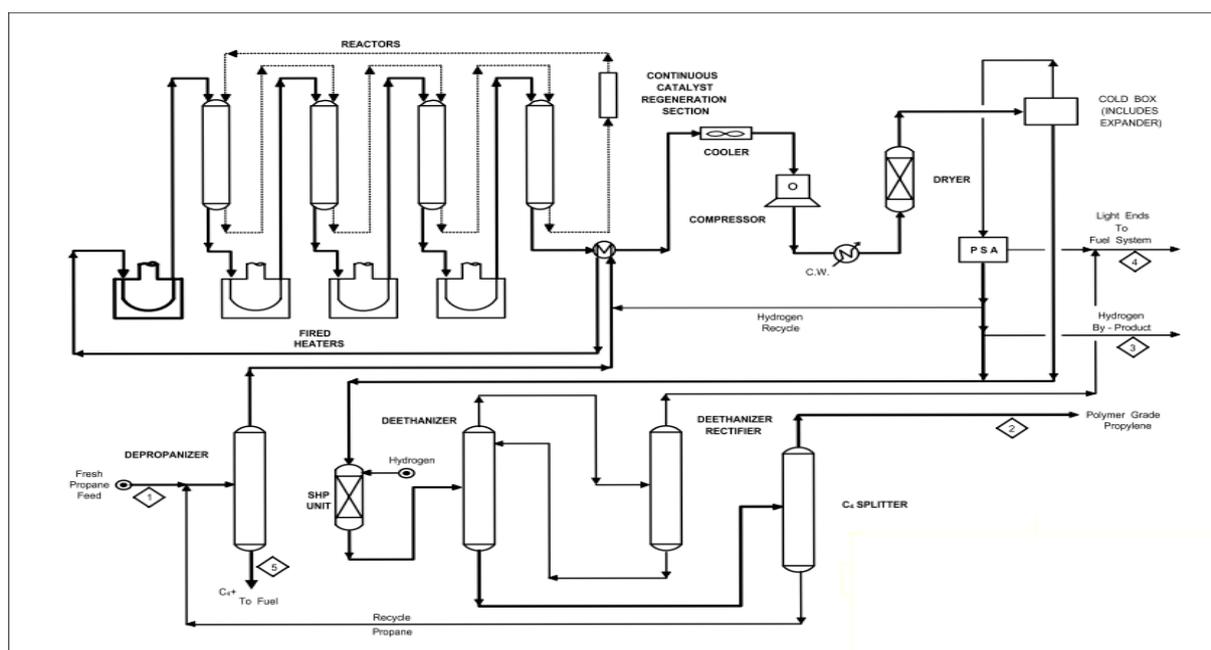
déshydrogénation/récupération de produit et régénération de catalyseur.

Comme le montre la figure IV.2 :

- Le stock d'alimentation de propane frais est mélangé à du propane de recyclage non converti et alimenté à un dépropaniseur pour être prétraité. Le dépropaniseur permet d'utiliser des flux de propane d'alimentation moins purs.
- Le propane purifié est mélangé avec une faible quantité de gaz de recyclage riche en hydrogène et le stock d'alimentation ainsi créé est alors chauffé à la température intérieure du réacteur et converti dans une série de réacteurs.

(La réaction est endothermique et l'activité est maintenue en apportant de la chaleur entraînant la réaction, via des réchauffeurs. La vapeur est générée à partir de la chaleur résiduelle dans les sections de convection des réchauffeurs directs).

- Le réacteur de déshydrogénation d'une installation fonctionnant au propane est composé d'une seule chaîne disposant de quatre étapes séparées de réactions en série, comme le montre la figure ci-dessous. Chaque étape est constituée d'un réacteur catalytique à lit fixe et à flux radial.



**Figure IV.2: Diagramme simplifié de la déshydrogénation du propane Oleflex**

- Le retrait de catalyseur du réacteur du fond est envoyé vers un système de régénération continue de catalyseur (CCR).
- Le catalyseur s'écoule lentement par gravité via une série de réacteurs. La formation de coke est réduite en travaillant au-dessus de la pression atmosphérique et en recyclant l'hydrogène avec le stock d'alimentation. Ceci affecte l'équilibre thermodynamique et limite la conversion par passage.

(La sélectivité d'Oleflex vis-à-vis du polypropylène est notée comme étant supérieure à 85 pour cent massiques (89 pour cent molaires)).

- L'affluent du dernier réacteur échange de la chaleur avec le stock d'alimentation combiné, puis est refroidi, compressé et séché avant d'être envoyé dans un système de séparation à faible température (boîte froide). Le flux de produit riche en propylène en

phase liquide est séparé des gaz de dégagement à fraction légère. Il est principalement composé de propylène et de propane qui n'a pas réagi. Le flux de gaz est composé approximativement de 90 pour cent d'hydrogène, le méthane et l'éthane étant les principales impuretés.

- Le flux liquide est pompé dans une unité d'hydrogénation sélective, ainsi que l'hydrogène nécessaire. L'hydrogénation est effectuée grâce au processus de déshydrogénation sélective (Selective Dehydrogenation Process (SHP)).
- Le produit SHP est alimenté dans un système dé-éthaniseur à deux colonnes où les composants plus légers que le C3 sont supprimés. Le produit du fond de l'épouseur (composé de propylène et de propane non converti) est séparé dans une tour de fractionnement C3 en propylène de qualité polymère et en propane à recycler dans le système de réaction. La conception de la colonne unique de la tour de fractionnement C3 utilisée par UOP comprend des plateaux conçus spécialement. [ULL 2002] [WEB1]

#### **II.4 Avantages du processus Oleflex UOP**

La technologie Oleflex offre des avantages au niveau du capital, du fonctionnement, de la fiabilité et environnementaux par rapport aux technologies basées sur le chrome. Ces avantages sont décrits par UOP et sont discutés point par point ci-dessous.

##### ***Avantages en coûts du capital***

Le catalyseur platine est très actif et les exigences de volume de réacteur en résultant représentent une fraction du système avec catalyseur chrome. Même si le système chrome fonctionne sous vide, les besoins en catalyseur pour le système Oleflex sont habituellement 5 à 6 fois moins importants qu'au sein du système chrome.

##### ***Économies du système de régénération CCR***

L'utilisation du système de régénération du catalyseur CCR élimine les besoins en vannes d'isolation du réacteur résistantes aux hautes températures et de diamètres importants. Le coût de ces vannes d'isolation (et les systèmes d'actuateur hydraulique et de moteur associés) pour une cuve chrome représente habituellement plus de 75 pour cent des coûts de la totalité du système de régénération CCR Oleflex.

##### ***Avantages d'une pression de réaction positive***

Le catalyseur platine est suffisamment actif et stable pour permettre un fonctionnement économiquement viable à des pressions légèrement supérieures à la pression atmosphérique. Le catalyseur Oleflex fonctionnerait bien dans des conditions de pressions inférieures à la pression atmosphérique.

### ***Avantages de la stabilité du catalyseur***

La taille de l'équipement dans toute l'usine est basée sur les performances de rendement par passe les plus faibles du catalyseur en fin de cycle de vie. Les catalyseurs platine régénérés via un système CCR ont un cycle de vie de 4 ans et une baisse de rendement par passe de seulement 5 pour cent sur cette période. L'usine n'a donc besoin que d'une marge de conception hydraulique de 5 pour cent afin d'atteindre la capacité nominale, même dans des conditions de fin de cycle de vie d'un catalyseur.

### ***Coûts de fonctionnement***

- Stabilité du rendement – Moyenne temporelle de la consommation de stock d'alimentation.

Le catalyseur platine est très stable et la moyenne temporelle de consommation du stock d'alimentation de 1,181 tonne de propane par tonne de produit propylène est donc quasi similaire au chiffre de début de cycle de vie du catalyseur qui est de 1,178.

- Coût en énergie par milliers de tonnes de produit propylène

Le total des besoins énergétiques sur une base d'équivalent carburant en gaz combustible et en énergie électrique est plus faible pour la technologie Oleflex que pour le système au chrome au début de l'exploitation.

- Besoins chimiques et en catalyseur

Le catalyseur DeH-14 dispose d'une durée de vie de 4 ans, sur une base de production d'une tonne de produit pour 1 kg de catalyseur. L'importante durée de vie du catalyseur DeH-14 entraîne des coûts de production plus faibles liés au catalyseur que lors d'un système basé sur le chrome.

### ***Fiabilité du processus***

- Remplacement du catalyseur au cours du fonctionnement

Une nouvelle quantité de catalyseur Oleflex peut être intégrée au processus en cours de fonctionnement, sans avoir à arrêter l'usine. La durée de fonctionnement entre les temps de maintenance n'est donc pas dictée par la durée de vie du catalyseur.

- Réacteurs à parois chaudes

La conception à parois chaudes de la technologie Oleflex évite les ruptures d'éléments réfractaires et l'apparition de points chauds externes sur les parois du réacteur.

- Des environnements de réaction et de régénération distincts

La technologie Oleflex conserve des systèmes de réaction et de régénération entièrement indépendants. Les cuves de réacteur sont conçues pour des conditions de réaction et la cuve de régénération est aussi conçue spécifiquement pour cette utilisation.

#### *Avantages environnementaux*

- De faibles émissions de CO<sub>2</sub> et de NO<sub>x</sub> par tonne de produit

La plus faible consommation d'énergie de la technologie Oleflex, décrite ci-dessus, entraîne une plus faible consommation de combustible et donc des émissions de CO<sub>2</sub> par tonne de propylène moins importantes comparé aux systèmes utilisant du chrome. La combustion plus faible de carburant réduit aussi les émissions de NO<sub>x</sub>. [WEB1] [ULL 2002]

## **II.5 Processus Lummus CATOFIN**

### *Description du processus Lummus CATOFIN*

Le processus CATOFIN est un processus de déshydrogénation catalytique cyclique. Il utilise un système à réacteurs multiples, à lit fixe et adiabatique. Le catalyseur de déshydrogénation du propane est composé de granulés d'alumine activée, imprégnés de 18 à 20 pour cent massiques de chrome.

Le catalyseur est robuste et tolère facilement les impuretés que l'on trouve dans les charges de GPL qui pourraient endommager un catalyseur en métal noble. Il peut aussi tolérer des quantités modérées de C<sub>4</sub> dans le stock d'alimentation. Le propane est converti en propylène en passant dans un lit de catalyseur fixe, dans les réacteurs CATOFIN.

Les flux du processus dans les réacteurs individuels sont commandés par des vannes hydrauliques.

Un schéma simplifié de la circulation des fluides au sein du processus CATOFIN est présenté dans la figure IV.3.

- Du stock d'alimentation neuf est supposé avoir une pureté de 98 pour cent. En fonctionnement normal, les stocks d'alimentation de propane frais et recyclés sont préchauffés à la température du réacteur, qui est de 540-600°C grâce à des échangeurs de chaleur stock d'alimentation/effluent et à un réchauffeur.
- Le stock d'alimentation s'écoule dans les réacteurs en service, où il est mis en contact avec le lit de catalyseur. La pression du réacteur est de 0,13 à 0,67 bar(a). Les réacteurs sont composés de sections relativement larges pour réduire la baisse de pression lors de la réaction.



d'être envoyé dans la section de récupération à faible température, afin de séparer les fractions légères.

- Le liquide issu du ballon de détente et la section de récupération à faible température sont alimentés à la section de distillation conçue pour séparer le flux de C3 à la fois des produits plus lourds et plus légers, et pour séparer le propylène du propane n'ayant pas réagi.
- Le mélange de produits bruts est envoyé dans un dé-éthaniser pour séparer les légers en un flux de combustible. Le mélange propane/propylène est alors alimenté à une tour de fractionnement de C3, dans laquelle du propylène de qualité polymère est produit.
- Le propane est mélangé avec un nouveau stock d'alimentation de propane et recyclé vers les réacteurs.

La technologie CATOFIN dispose d'une excellente fiabilité et sécurité. Les vannes du réacteur CATOFIN ont montré une excellente fiabilité pour l'opération cyclique et peuvent être facilement entretenues pendant une pause, lors du remplacement du catalyseur.

## **II.6 Avantages de Lummus CATOFIN**

La technologie de déshydrogénation CATOFIN dispose d'une expérience de plusieurs centaines d'années cumulées dans le monde. Ses usines démontrent la capacité de CATOFIN à dépasser la capacité de production, le rendement global et la vie du catalyseur.

### ***Coûts énergétiques et d'investissement***

La technologie de déshydrogénation CATOFIN offre les avantages économiques suivants par rapport aux autres technologies concurrentes :

- Le plus important rendement global de transformation de propane en propylène de toutes les technologies commerciales de déshydrogénation. Ceci permet d'importantes économies au niveau des coûts de stock d'alimentation comparativement aux autres technologies en concurrence. Seulement 1,16 kg de propane est consommé pour fabriquer 1kg de propylène. 86 pour cent massiques du propane dans le stock d'alimentation est converti en produit propylène.
- Les résultats de conversion du propane plus élevés de CATOFIN entraînent un taux de recyclage plus faible du propane, ce qui permet une réduction de la taille des équipements et de la consommation énergétique dans toute l'usine.

***Fiabilité en fonctionnement***

Selon Lummus, le processus CATOFIN est extrêmement robuste, les usines réussissant à obtenir des durées de fonctionnement de plus de 98 pour cent. Cette fiabilité de fonctionnement permet de réduire la taille de l'usine et les coûts de maintenance par rapport aux technologies concurrentes. La technologie CATOFIN ne connaît pas particulièrement de problème d'encrassement, même lorsque des stocks d'alimentation moins purs contenant du C4 sont utilisés. Le débit de dimensionnement est rapidement atteint suite à un arrêt de production.

***Fort rendement énergétique***

L'intégration de la section de récupération à faible température aux autres systèmes de récupération et de purification permet de diminuer les besoins énergétiques.

***Un catalyseur résistant aux contaminants***

La tolérance en soufre et en impuretés d'eau dans le stock d'alimentation permet l'élimination d'installations de prétraitement du stock en amont.

***Un plus faible investissement externe***

Une baisse des coûts de production de vapeur grâce à la capacité de production de vapeur de CATOFIN. [ULL 2002] [WEB 6]

Nous avons résumé les avantages et les inconvénients des deux technologies dans le tableau IV.1.

<b>Technologie</b>	<b>Type</b>	<b>Points forts</b>	<b>Points faibles</b>
UOP-Oleflex	Régénération de catalyseur (CCR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leader du marché</li> <li>• Faible coût de fonctionnement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Catalyseur onéreux en raison de la présence de platine</li> </ul>
Lummus-CATOFIN	Lit fixe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendement global élevé du propane en propylène</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coûts de fonctionnement élevés</li> <li>• Difficultés à manipuler un catalyseur à base de chrome</li> </ul>

**Tableau IV.1 : Résumé des avantages et des inconvénients des processus Oleflex et CATOFIN**

**Conclusion :**

En analysant les deux processus nous avons obtenu les résultats suivants :

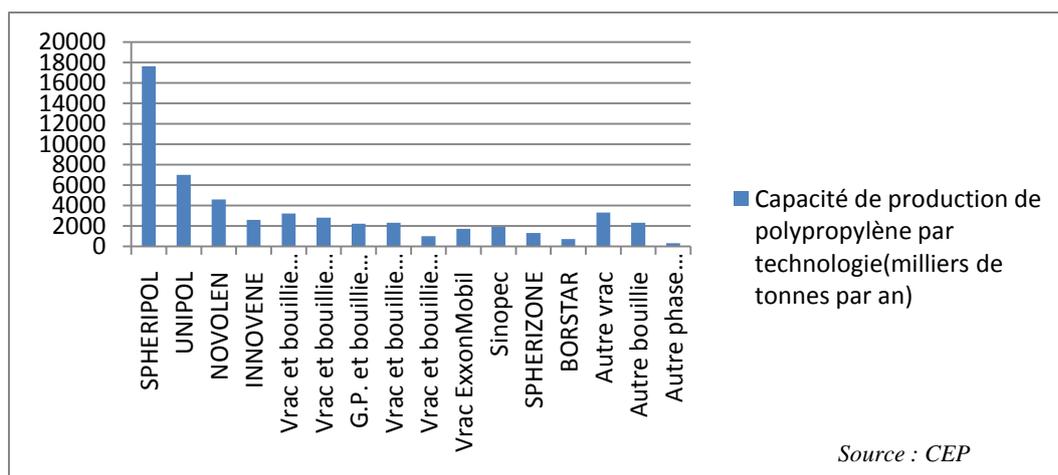
- Les processus Oleflex et CATOFIN sont les meilleures technologies de déshydrogénation du propane disponibles sous licence.
- Le processus UOP Oleflex offre un faible chargement de catalyseur, une régénération continue éprouvée et semble proposer un bon équilibre thermique, car il consomme la plus faible quantité de carburant.
- UOP est une entreprise de catalyseur et de technologie reconnue au niveau international, qui peut fournir une licence, le stock d'alimentation, les catalyseurs, ainsi que certains équipements propriétaires, une assistance technique et des services de supervision.
- Lummus est une entreprise de technologie qui fournit l'ingénierie de base, elle dispose d'une excellente réputation en matière de technologie, les risques de choisir Lummus seront faibles au niveau technique.

**III. PRESENTATION DE LA TECHNOLOGIE DU POLYPROPYLENE****III.1. Présentation générale**

Nous présentons dans cette partie, les processus les plus récents de fabrication de polypropylène, disponibles sous licence auprès de tiers. Ces processus peuvent être regroupés en trois grandes catégories :

- Phase gazeuse
- En vrac
- Bouillie améliorée.

Tous les processus de dernière génération utilisent un système de réacteur en vrac ou en phase gazeuse pour la polymérisation d'homopolymère et de copolymère statistique, suivi d'un système de réacteur en phase gazeuse pour la production séquentielle de copolymère choc. Pour plus de détails, consulter (annexe 8)



**Figure IV.4 : Capacité de production de polypropylène par technologie (millier de tonne par an)**

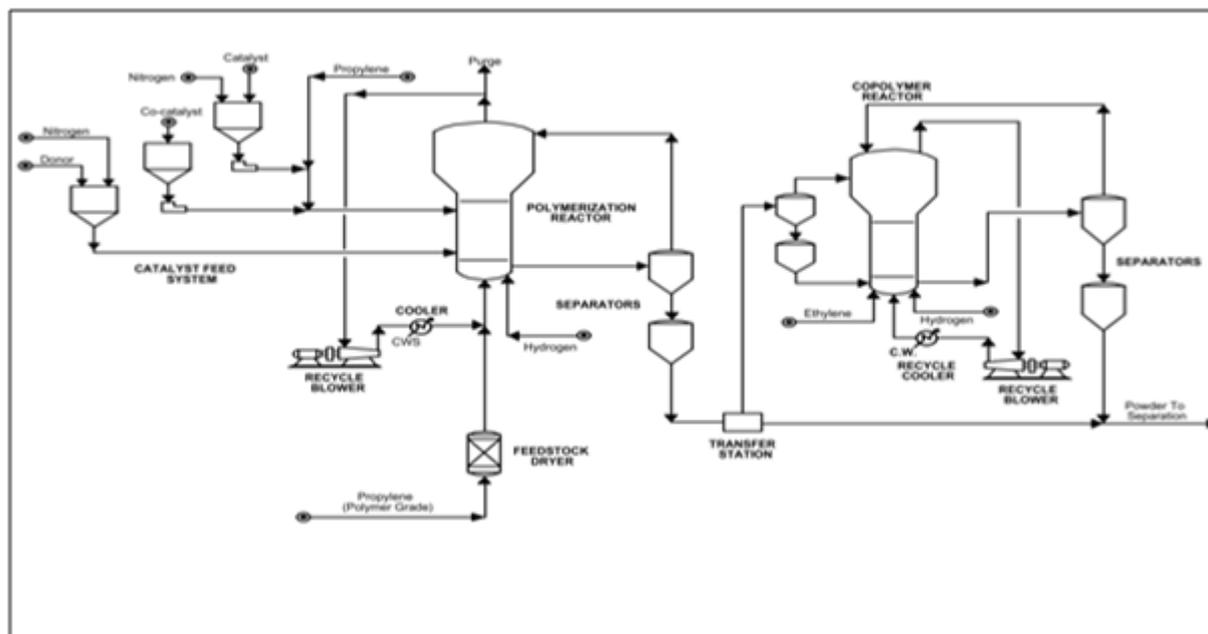
### III.2. Processus UNIPOL de Dow

Dow Chemical a pris possession de la technologie polypropylène en phase gazeuse UNIPOL dans le cadre de son acquisition de Union Carbide Corporation en avril 2001, et est désormais le responsable exclusif du développement du processus, des licences et des catalyseurs associés à la technologie polypropylène UNIPOL, prenant en charge le rôle de concédant de licence précédemment occupé par Univation Technologies.

La société Dow est très active dans l'octroi de licences pour la technologie polypropylène UNIPOL. Il existe 39 lignes de production réparties dans 17 pays qui exploitent cette technologie.

### III.3. Description du processus

Un schéma de circulation des fluides pour la production de polypropylène utilisant la technologie en phase gazeuse polypropylène UNIPOL est présenté dans la figure IV.5. Le processus est très proche de celui de la production de polyéthylène et s'appuie sur le réacteur à lit fluidisé de Dow. Les principales séquences de traitement de l'usine incluent la manipulation du catalyseur, le traitement des matières premières pour éliminer les



**Figure IV.5 : Processus polypropylène en phase gazeuse à lit fluidisé UNIPOL**

traces de poisons du catalyseur, la polymérisation, le nettoyage des résines, le pastillage intégré, le stockage, le conditionnement et le chargement.

Dow affirme également que sa technologie de pastillage intégré a permis de réduire les coûts de pastillage (énergie) par rapport au pastillage conventionnel.

Dow peut produire des copolymères statistiques en ajoutant de l'éthylène au réacteur à homopolymère. [WEB12] [ULL 2002]

#### **III.4. Avantages du processus UNIPOL**

Dow continue de soutenir pleinement l'activité des octrois de licences en général et plus spécifiquement la technologie polypropylène UNIPOL. La stratégie de Dow pour le développement de cette technologie consiste à proposer un processus économique et des catalyseurs avantageux afin d'offrir à des marchés volumineux la possibilité d'utiliser les meilleurs produits possibles pour des applications critiques. Pour ce faire, Dow a assuré :

- le développement d'une technologie de copolymère choc de premier ordre
- le développement de catalyseurs Ziegler-Natta nouvelle génération
- l'application de la technologie de catalyseurs à site unique à la plate-forme de technologie polypropylène UNIPOL. [WEB12]

#### **III.5. Processus LyondellBasell (SPHERIPOL)**

Basell a annoncé en juillet 2007 qu'ils avaient accepté d'acheter Lyondell, et la fusion s'est faite le 20 décembre 2007. La nouvelle société, appelée LyondellBasell Industries (LBI), est la troisième plus importante société chimique indépendante au monde.

Le principal développement récent de la technologie du processus polypropylène a été l'introduction par LyondellBasell de *SPHERIPOL*, un processus en phase gazeuse, non métallocène, comprenant un nouveau réacteur à circulation multizone (MZCR), capable de produire un polypropylène homogène à deux phases dans un seul réacteur. Le processus a été commercialisé en août 2002 et est disponible sous licence depuis 2003. La principale caractéristique du MZCR est un réacteur offrant deux zones de réaction avec différentes conditions de processus, en particulier la température, l'hydrogène et les concentrations en comonomère. Le polymère en développement circule de façon répétée entre les deux zones, ce qui permet d'obtenir une plus grande homogénéité entre les phases du polymère. Cette technologie est censée produire plus de polymères uniformes avec une répartition de poids moléculaire plus large et offrant de meilleures performances. Un seul réacteur suffit à produire des homopolymères et des copolymères statistiques offrant un meilleur équilibre de propriétés que les polypropylènes conventionnels, ainsi que de nouvelles familles de polymères de propylène à phase multiple comprenant des copolymères statistiques jumeaux ou des grades homo/statistiques. D'après LyondellBasell, l'extension des propriétés du polymère comparées à celles obtenues grâce à une technologie conventionnelle est importante. [WEB 9]

### **III.6. Description du processus**

Le processus SPHERIPOL pour le polypropylène homopolymère et copolymère utilise une série de catalyseurs à forte activité et hautement stéréospécifiques appartenant à la dernière génération de catalyseurs Z/N développée à l'origine par Montell [WEB9].



**Points faibles**

- SPHERIPOL représente un investissement relativement important, en particulier pour les copolymères contenant un niveau élevé d'éthylène, pour lesquels un second réacteur copolymère (phase gazeuse) est nécessaire.

**Points forts et points faibles d'UNIPOL****Points forts**

- Le processus Unipol de Dow est la seconde technologie de production du polypropylène la plus utilisée derrière le processus Spheridol de LyondellBasell.
- Le rendement supérieur du processus UNIPOL semble être suffisant pour la capacité de l'usine de polypropylène proposée. La plus grande conception de ligne de réacteur unique sur le marché à l'heure actuelle peut produire 550 000 tonnes par an.

**Points faibles**

- Le processus est plus adapté à une gamme restreinte de produits.
- Les coûts d'investissement sont importants.

**Nos Recommandations pour le choix de la technologie****Technologie PDH**

- En comparant les points forts et faibles des deux technologies, nous recommandons le procédé Oleflex d'UOP pour la technologie de déshydrogénation du propane qui correspond le mieux au projet.

**Technologie PP**

- Si on prenait en considération uniquement la performance de la technologie, le procédé SPHERIPOL est clairement la technologie la plus performante et la plus adaptée au projet, en particulier pour la production de copolymère. Toutefois, des conditions propres au projet (coûts, frais de licence et plan marketing) pourraient modérer ce choix.

**IV. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu général sur les différentes technologies de déshydrogénation du propane (PDH) et du polypropylène (PP) disponibles actuellement.

Ensuite, nous avons développé les deux technologies les plus efficaces et qui ont fait leurs preuves sur le marché pour chaque processus, en tenant compte des caractéristiques suivantes : coût d'investissement, coût opérationnel, reconnaissance et réputation sur le marché.

Finalement, des recommandations du choix de la technologie pour chaque processus ont été proposées.

**CHAPITRE 5**

**ANALYSE FINANCIERE DU**

**PROJET**

## **I. Introduction**

Nous présentons dans ce chapitre le modèle financier que nous avons développé pour évaluer la viabilité économique du projet. Il se base sur les résultats des évaluations commerciales et techniques des sections précédentes, ainsi que sur les données fournies par Sonatrach concernant certains facteurs de coûts. En se basant sur ces contributions, l'application conçue sur Excel possède les fonctionnalités suivantes :

- Etablir l'état des flux de trésorerie
- Analyser la valeur actualisée des flux de trésorerie
- Calculer les indicateurs de rentabilité
- Analyser la sensibilité des résultats.

Les résultats du modèle financier, dérivés des sources précitées, et prenant en compte d'autres éléments (coûts indirects de l'entreprise, taxes et coûts de financement), donnent des estimations des flux de trésorerie du projet, du taux de rendement interne et de la valeur actualisée nette ainsi que d'autres indicateurs de rentabilité (POT, ERC). Les résultats du modèle sont basés sur un taux d'actualisation fixé par Sonatrach et qui correspond au coût moyen des différentes sources de financement possibles.

## **II. Evaluation de la rentabilité financière du projet**

### **II.1. Éléments de base du modèle**

- Une construction prévue entre 2013 et 2017.
- Un début des activités du projet prévu pour le début de 2018.
- La projection des dépenses et recettes de fonctionnement sur une période de 25 ans à partir de la date estimée de mise en service (de 2018 à 2042 inclus)
- Pour permettre au projet de se mettre en place progressivement, un taux d'activité de 80 pour cent est prévu pour la première année, de 90 pour cent pour la deuxième et de 100 pour cent par la suite.
- Tout le capital investi est dévalué en ligne droite de 10 pour cent par an sur les dix premières années d'exploitation.
- L'impôt sur le bénéfice des sociétés (IBS) et la taxe sur l'activité professionnelle (TAP) prélevés sont estimés respectivement à 19 pour cent et à 1,4 pour cent du total des volumes de vente.
- La base de tarification se base sur la prévision du prix moyen du pétrole.

Le projet est évalué en utilisant une analyse de valeur actualisée des flux de trésorerie. L'analyse de valeur actualisée des flux de trésorerie est la méthodologie la plus appropriée et

la plus répandue pour évaluer la valeur d'une compagnie opératrice. Toutes les projections de flux de trésorerie sont basées sur les dollars US courants (nominaux) (c'est-à-dire le dollar du jour). Les taux d'intérêt et l'inflation pris en compte dans le modèle sont applicables au dollar US.

## II.2. Ventes des produits

Le tableau suivant détaille les marchés cibles pris en compte pour les produits du projet au sein du modèle.

	<b>Répartition du marché</b>	<b>Ventes</b>	<b>Homopolymère</b>	<b>Copolymère</b>
	(Pour cent)	(ktpa)	(ktpa)	(ktpa)
Algérie	10 %	50	50	-
Afrique du nord	15 %	75	75	-
Afrique de l'Ouest	15 %	75	75	-
Europe Occidentale	40 %	200	150	50
Etats-Unis	20 %	100	75	25
<b>Total</b>		<b>500</b>	<b>425</b>	<b>75</b>
<b>Répartition des pourcentages</b>			<b>85%</b>	<b>15%</b>

**Tableau V.1 : Répartition des ventes**

## II.3. Prix :

Les prix des matières premières et des produits sont présentés dans (l'annexe 2).

## II.4. Utilités :

Les différentes utilités utilisées dans ce projet sont les suivantes :

Énergie électrique, Vapeur HP, Vapeur MP, Vapeur BP, Eau de refroidissement, Eau de traitement, Eau déminéralisée, Air instrument, Azote, Oxygène, Gaz combustible, Gaz inerte.

Vu la non disponibilité des prix exacts de chaque utilité, nous avons pris 20 \$ par tonne de PP produite comme un coût global de toutes les utilités.

## II.5. Coûts opératoires (OPEX) :

### A- Coûts de fonctionnement variables :

Les coûts variables d'exploitation comportent les coûts d'achats de la matière première (Propane) plus toutes les utilités utilisées pour le fonctionnement de l'usine.

### B- Coûts de fonctionnement fixes :

Un résumé des coûts de fonctionnement fixes est présenté ci-dessous :

- Coûts directs = 85 pour cent du total des coûts de main-d'œuvre.

- Frais généraux de l'usine = 55 pour cent des coûts directs.
- Maintenance = 2 pour cent des coûts dans le périmètre des installations (ISBL) plus les coûts à l'extérieur du périmètre des installations (OSBL).
- Assurance = 0,5 pour cent de l'investissement ISBL plus l'investissement OSBL.
- Frais du siège = 1,5 pour cent des recettes brutes.

Le coût de la main-d'œuvre pour l'année 2018 devra être le suivant:

- Le nombre d'employés prévu pour l'usine est égal à 100.
- Le coût moyen mensuel par ouvrier est fixé à 1500 \$US
- Les trois types d'ouvriers nécessaires sont : contremaître, opérateur, superviseur.

Ce prix a été ajusté pour chaque année, en utilisant un taux d'inflation de trois pour cent.

#### **II.6. Investissement en capitaux fixes (CAPEX) :**

D'après l'estimation de Sonatrach, l'investissement total du projet PDH / PP sera environ de 1 milliard cinq cent millions de dollars, dont 2% est dédié à l'étude et le reste représente le montant de l'EPC (dépenses en ingénierie, approvisionnement et gestion de construction).

La répartition des dépenses pour ce projet devrait être de 5 pour cent en 2013, de 30 pour cent en 2014 et en 2015, de 25 pour cent en 2016 et de 10 pour cent en 2017.

#### **II.7. Financement**

Le projet devrait, dans l'hypothèse de base, être financé à 70 pour cent par des emprunts et à 30 pour cent par des capitaux propres. La part de l'emprunt est basée sur un prêt commercial disposant d'un taux d'intérêt de 5,95 pour cent, l'emprunt devra être remboursé en paiements constants tous les ans, des versements de type prêt hypothécaire, sur une échéance de dix ans à partir de la mise en service commerciale.

#### **II.8. Taux d'actualisation**

Tous les calculs d'actualisation reposent sur la connaissance du taux d'actualisation qu'il est donc nécessaire de déterminer avec le plus grand soin, sa détermination résulte d'une approche pragmatique qui s'appuie sur des études théoriques et sur les résultats obtenus dans le passé par l'entreprise.

Le taux d'actualisation fait la liaison entre investissement et financement. Il doit synthétiser l'ensemble des contraintes et des objectifs financiers de l'entreprise pour que, dans les études d'investissement, tous ces aspects soient correctement pris en compte sans qu'il soit besoin de faire à chaque fois des études financières détaillées.

En se basant sur la formule du coût moyen pondéré définie préalablement dans le chapitre 2, le calcul du taux d'actualisation à utiliser pour ce projet est donné par

$$i = (1-\alpha) C_p + \alpha (1-t)e$$

Le coût des capitaux empruntés (e) représente le taux d'intérêt bancaire qui est égal à 5,95 pour cent, il reste à déterminer le coût des capitaux propres(Cp).

Le projet sera financé à 70 pour cent par des emprunts et à 30 pour cent par des capitaux propres, donc le ratio d'endettement  $\alpha = 0,7$ .

### ***Détermination des paramètres***

$R_{SR}$  : le rendement sans risque représente le taux d'intérêt bancaire qui est égal dans notre cas à 5,95 pour cent

La détermination du Beta et la prime du risque ( $R_{AR} - R_{SR}$ ) dépend du marché boursier et d'autres facteurs subjectifs. Puisque Sonatrach n'est pas coté sur le marché boursier, nous avons pris, par comparaison avec d'autres entreprises dans le même secteur d'activité, les valeurs suivantes :

Beta = 1,5.

$(R_{AR} - R_{SR}) = 5\%$ .

Donc le coût des fonds propres sera selon MEDAF : **13,45%**

D'où un taux d'actualisation égal à : **7,4 %**

### ***Remarque***

La fixation du taux d'actualisation détermine la politique d'investissement de la société. De plus, il peut servir à orienter la politique d'investissement de la société :

- si le taux est faible : permet d'accepter plus de projet et surtout des projets plus capitalistiques
- si le taux est élevé : sélectionne les projets les plus performants.

Puisque les projets pétrochimiques génèrent une rentabilité considérable, Sonatrach a opté pour une valeur du taux d'actualisation à 10 pour cent.

## **II.9. Besoin en fonds de roulement :**

Ce tableau résume les éléments nécessaires pour le calcul du besoin en fonds de roulement (Source : Sonatrach).

<b>Fonds de roulement</b>	
<i>Dettes à court terme</i>	<i>15 jrs du chiffre d'affaires</i>
<i>Stocks</i>	<i>30 jrs du total OPEX</i>
<i>Créances</i>	<i>15 jrs du chiffre d'affaire</i>

$$\text{BFR} = \text{STOCK} + \text{CREANCES} - \text{DETTES A COURT TERME}$$

En appliquant cette formule, nous avons pu calculer les BFR prévisionnels sur toute la durée d'exploitation du projet.

### II.10. Interprétation des résultats

Le tableau suivant récapitule les indicateurs de rentabilité calculés par le modèle financier.

Taux d'actualisation (10 %)	
<b>VAN</b>	<b>882,981263 million \$</b>
<b>TRI</b>	<b>21%</b>
<b>POT</b>	<b>10,6323198 ans</b>
<b>ERC</b>	<b>58,87%</b>

**Tableau V.2 : Les indicateurs de rentabilité du projet**

En se basant sur les résultats de l'identification et l'analyse de la technologie du projet, et en tenant compte de la durée d'exploitation qui est de 25 ans, et de tous les éléments de base, nous obtenons une valeur actuelle nette générée par ce projet de 882,981263 Million \$US, avec un taux d'actualisation de 10%.

Ceci permet de se prononcer sur la rentabilité du projet étant donné que la valeur actuelle nette (qui représente le surplus monétaire dégagé par le projet après avoir remboursé les capitaux propres investis, rémunérés à un taux égal au taux d'actualisation) est positive.

Notre étude fait ressortir un taux de rentabilité interne (TRI) de 21%, ce qui revient à dire que le projet permet largement la rémunération des capitaux investis, et un délai de récupération de 10 ans et 7 mois. L'enrichissement relatif en capital ou l'indice de profitabilité est égal à 58,87%, ce qui indique que la création de valeur tirée de l'investissement d'une unité de capital est très importante.

### II.11. Analyse de la sensibilité :

Le calcul économique a le plus souvent pour objet de définir les objectifs fixés réalisant une rentabilité suffisante, et une analyse de sensibilité est toujours indispensable pour une bonne évaluation économique d'un projet. Nous avons effectué une analyse de sensibilité afin de montrer la variation de la rentabilité du projet lorsque l'on fait varier les hypothèses relatives à chacune des composantes de l'échéancier des flux de trésorerie, notamment les CAPEX, les OPEX et les recettes.

#### 1). Analyse de sensibilité par la variation d'une seule variable :

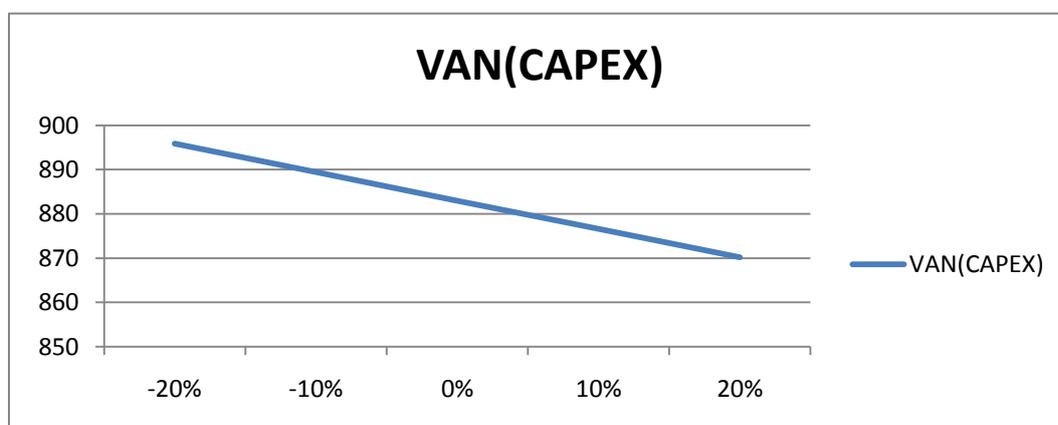
##### A) Sensibilité sur les CAPEX :

Une analyse de sensibilité sur les CAPEX est indispensable pour voir l'impact de la variation de ces derniers sur la rentabilité du projet, vue son importance sur la décision d'investir.

CAPEX	0%	-20%	-10%	0%	10%	20%
	882,98126	895,86431	889,40959	882,98126	876,57930	
<b>VAN(CAPEX)</b>	3	1	9	3	3	870,20372
<b>TRI(CAPEX)</b>	21%	21,40%	21,25%	21,10%	20,96%	20,81%
	10,632319	10,527069	10,579510	10,632319		10,739051
<b>POT(CAPEX)</b>	8	6	8	8	10,685499	1
<b>ERC(CAPEX)</b>	58,87%	59,72%	59,29%	58,87%	58,44%	58,01%

**Tableau V.3 : Sensibilité du projet par rapport aux CAPEX**

(VAN en \$US, POT en années)



**Figure V.1 : Variation de la VAN en fonction des CAPEX**

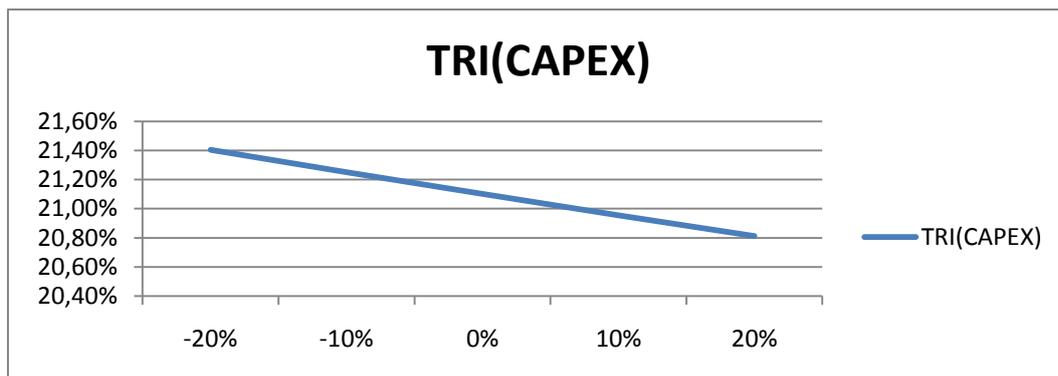


Figure V.2 : Variation du TRI en fonction des CAPEX

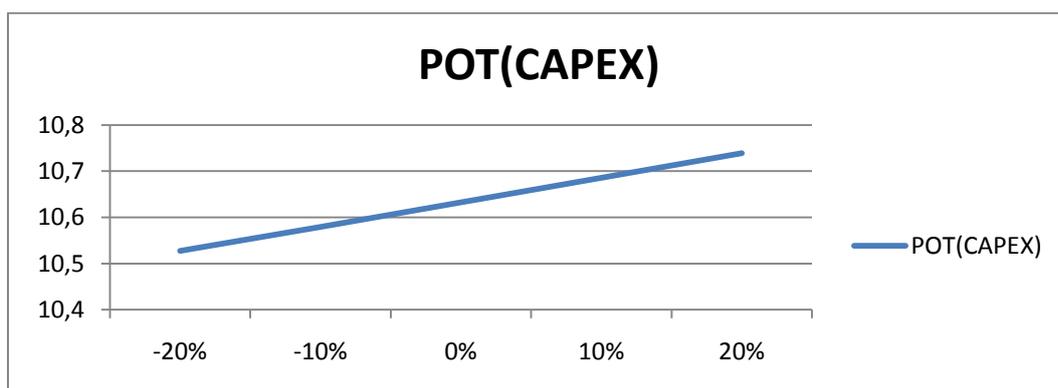


Figure V.3 : Variation de POT en fonction des CAPEX

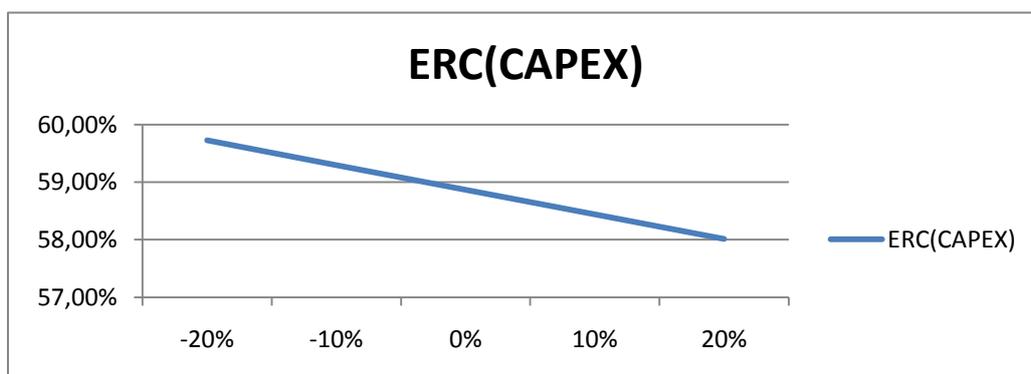


Figure V.4 : Variation de l'ERC en fonction des CAPEX

Comme le montre le tableau et les graphes de la sensibilité sur la rentabilité du projet, la VAN, l'ERC et le TRI de ce projet ont une relation inversement proportionnelle avec la variation des CAPEX, alors que le POT présente une relation proportionnelle.

**B)- Sensibilité sur les OPEX :**

Une analyse de sensibilité sur les OPEX est également indispensable car elle permet de voir l'impact de la variation des charges opératoires sur la rentabilité du projet.

OPEX	0%	-20%	-10%	0%	10%	20%
	882,98126	1344,0144	1114,2824	882,98126	649,32996	415,67866
<b>VAN(OPEX)</b>	3	1	7	3	2	2
<b>TRI(OPEX)</b>	21%	26,27%	23,75%	21,10%	18,31%	15,42%

	10,632319	8,9247555		10,632319	12,094456	14,188851
<b>POT(OPEX)</b>	8	3	9,6303004	8	6	9
<b>ERC(OPEX)</b>	58,87%	89,60%	74,29%	58,87%	43,29%	27,71%

(VAN en \$US, POT en années)

**Tableau V.4 : Sensibilité du projet par rapport aux OPEX**

Comme le montre le tableau et les graphes (voir annexe 7) de la sensibilité sur la rentabilité du projet, la VAN, l'ERC et le TRI de ce projet ont une relation inversement proportionnelle avec la variation des OPEX, alors que le POT présente une relation proportionnelle.

**C)- Sensibilité sur les Recettes :**

Une analyse de sensibilité sur les recettes du projet est en général indispensable du fait que les prix de vente constituent une donnée exogène très difficile à estimer.

<b>Recettes</b>	<b>0%</b>	<b>-20%</b>	<b>-10%</b>	<b>0%</b>	<b>10%</b>	<b>20%</b>
<b>VAN(Recettes)</b>	882,981263	68,1276558	477,599095	882,981263	1284,64214	1684,73375
<b>TRI(Recettes)</b>	21%	10,95%	16,29%	21,10%	25,45%	29,42%
<b>POT(Recettes)</b>	10,6323198	17,3370763	13,4572849	10,6323198	9,16858242	8,32270318
<b>ERC(Recettes)</b>	58,87%	4,54%	31,84%	58,87%	85,64%	112,32%

(VAN en \$US, POT en années)

**Tableau V.5 : Sensibilité du projet par rapport aux recettes**

Contrairement à la sensibilité des CAPEX et OPEX et comme le montre le tableau et les graphes de la sensibilité sur la rentabilité du projet (voir annexe 8), la VAN, l'ERC et le TRI de ce projet ont une relation proportionnelle avec la variation des OPEX, alors que le POT présente une relation inversement proportionnelle.

**2)-Analyse de sensibilité par la variation de deux variables :**

**A)- variation sur les OPEX et CAPEX :**

Pour analyser la sensibilité de deux variables, nous devons construire une matrice pour chaque indicateur dont les lignes représentent la variation du premier indicateur et les colonnes la variation du second.

<b>TRI</b>	<b>21%</b>	<b>-20%</b>	<b>-10%</b>	<b>0%</b>	<b>10%</b>	<b>20%</b>
<b>-20%</b>		26,63%	26,45%	26,27%	26,09%	25,91%
<b>-10%</b>		24,09%	23,92%	23,75%	23,59%	23,43%
<b>0%</b>		21,40%	21,25%	21,10%	20,96%	20,81%
<b>10%</b>		18,57%	18,44%	18,31%	18,18%	18,05%
<b>20%</b>		15,65%	15,53%	15,42%	15,30%	15,19%

<b>VAN</b>	<b>883</b>	<b>-20%</b>	<b>-10%</b>	<b>0%</b>	<b>10%</b>	<b>20%</b>
<b>-20%</b>	1356,67401	1350,33141	1344,01441	1337,72303	1331,45725	
<b>-10%</b>	1127,04205	1120,64928	1114,28247	1107,94161	1101,6267	
<b>0%</b>	895,864311	889,409599	882,981263	876,579303	870,20372	
<b>10%</b>	662,315338	655,809287	649,329962	642,877365	636,451494	
<b>20%</b>	428,766366	422,208975	415,678662	409,175426	402,699267	

<b>POT</b>	<b>11</b>	<b>-20%</b>	<b>-10%</b>	<b>0%</b>	<b>10%</b>	<b>20%</b>
<b>-20%</b>	8,85963528	8,89210561	8,92475553	8,9575857	8,99059679	
<b>-10%</b>	9,54921691	9,58963416	9,6303004	9,67121687	9,71238482	
<b>0%</b>	10,5270696	10,5795108	10,6323198	10,685499	10,7390511	
<b>10%</b>	11,9580825	12,0274465	12,0944566	12,1619121	12,2298155	
<b>20%</b>	14,013441	14,1008649	14,1888519	14,277405	14,3665272	

<b>ERC</b>	<b>59%</b>	<b>-20%</b>	<b>-10%</b>	<b>0%</b>	<b>10%</b>	<b>20%</b>
<b>-20%</b>	90,44%	90,02%	89,60%	89,18%	88,76%	
<b>-10%</b>	75,14%	74,71%	74,29%	73,86%	73,44%	
<b>0%</b>	59,72%	59,29%	58,87%	58,44%	58,01%	
<b>10%</b>	44,15%	43,72%	43,29%	42,86%	42,43%	
<b>20%</b>	28,58%	28,15%	27,71%	27,28%	26,85%	

**Tableau V.6 : Sensibilité du projet par rapport aux OPEX et CAPEX**

**B)- variation sur les Recettes et CAPEX**

<b>TRI</b>	<b>21%</b>	<b>-20%</b>	<b>-10%</b>	<b>0%</b>	<b>10%</b>	<b>20%</b>
<b>-20%</b>	11,14%	11,04%	10,95%	10,85%	10,76%	
<b>-10%</b>	16,53%	16,41%	16,29%	16,17%	16,05%	
<b>0%</b>	21,40%	21,25%	21,10%	20,96%	20,81%	
<b>10%</b>	25,81%	25,63%	25,45%	25,28%	25,11%	
<b>20%</b>	29,82%	29,62%	29,42%	29,22%	29,03%	

<b>VAN</b>	<b>883</b>	<b>-20%</b>	<b>-10%</b>	<b>0%</b>	<b>10%</b>	<b>20%</b>
<b>-20%</b>	81,0320563	74,5666313	68,1276558	61,7151298	55,3290535	
<b>-10%</b>	490,482143	484,02743	477,599095	471,197135	464,821552	
<b>0%</b>	895,864311	889,409599	882,981263	876,579303	870,20372	
<b>10%</b>	1297,5017	1291,05877	1284,64214	1278,2518	1271,88776	
<b>20%</b>	1697,59331	1691,15038	1684,73375	1678,34341	1671,97937	

<b>POT</b>	<b>11</b>	<b>-20%</b>	<b>-10%</b>	<b>0%</b>	<b>10%</b>	<b>20%</b>
<b>-20%</b>	17,1842041	17,2607673	17,3370763	17,4131303	17,4889282	
<b>-10%</b>	13,2900026	13,3733433	13,4572849	13,5418316	13,6269877	
<b>0%</b>	10,5270696	10,5795108	10,6323198	10,685499	10,7390511	
<b>10%</b>	9,10141731	9,13491719	9,16858242	9,20241336	9,23641033	
<b>20%</b>	8,27483799	8,29872646	8,32270318	8,34676803	8,37092087	

<b>ERC</b>	<b>59%</b>	<b>-20%</b>	<b>-10%</b>	<b>0%</b>	<b>10%</b>	<b>20%</b>
<b>-20%</b>	5,40%	4,97%	4,54%	4,11%	3,69%	
<b>-10%</b>	32,70%	32,27%	31,84%	31,41%	30,99%	
<b>0%</b>	59,72%	59,29%	58,87%	58,44%	58,01%	
<b>10%</b>	86,50%	86,07%	85,64%	85,22%	84,79%	
<b>20%</b>	113,17%	112,74%	112,32%	111,89%	111,47%	

**Tableau V.7 : Sensibilité du projet par rapport aux recettes et CAPEX**

## II.12. Conclusion :

L'objectif de cette partie est de présenter le modèle financier conçu sur Excel pour évaluer la rentabilité financière du projet.

Dans un premier temps, nous avons calculé les différents coûts et charges fiscales et financières du projet (CAPEX, OPEX, IBS, Annuités, etc.) pour trouver les valeurs prévisionnelles des cash-flows en utilisant un taux d'actualisation égal à 10%.

Par la suite, nous avons procédé au calcul des indicateurs de rentabilité (VAN, TRI, POT, ERC) qui ont confirmé l'intérêt de ce projet.

Enfin, une analyse de sensibilité nous a permis de cerner les risques liés au projet, en faisant varier l'une des variables utilisées pour le calcul des cash-flows et en quantifiant la variation de la rentabilité du projet.

Les résultats de cette analyse font ressortir clairement les éléments suivants :

- les charges opératoires (OPEX) ont un effet significatif sur le rendement du projet,
- les recettes du projet présentent l'effet le plus significatif sur le rendement du projet. En effet, si le prix du polypropylène est supérieur au prix moyen, le rendement économique sera très important et inversement.

## Analyse SWOT du projet

Nous ne pouvons conclure ce travail sans présenter au préalable l'analyse SWOT de ce grand projet. En effet, cette analyse représente un outil d'aide à la décision pour les Managers en leur révélant les forces et faiblesses ainsi que les opportunités et menaces qui entourent ce projet. Elle permet donc une lecture synthétisée de toute l'étude menée dans le cadre de ce travail.

La matrice SWOT du Projet se présente comme suit :

FORCES	FAIBLESSES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Idéalement situé pour approvisionner les marchés africains.</li> <li>• Un accès à d'importantes régions importatrices de polymères.</li> <li>• Accès facile à la technologie.</li> <li>• Stimulation de l'économie locale.</li> <li>• Une nouvelle usine disposerait d'une capacité à l'échelle mondiale, entraînant des économies d'échelle.</li> <li>• Du propylène disponible au coût de production.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manque d'éthylène disponible pour les copolymères, malgré les projets prévus pour résoudre ce problème.</li> <li>• Aucune expérience dans la commercialisation du produit : Sonatrach devra utiliser les services de grossistes pour commercialiser et vendre le produit, tout particulièrement pour les marchés extérieurs à l'Afrique.</li> </ul>
POSSIBILITES	MENACES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La production de niveaux de qualité élevée n'est actuellement pas disponible dans la région.</li> <li>• Opportunités potentielles d'investissement en aval, dans l'industrie de traitements plastique, par exemple.</li> <li>• Les rendements économiques du projet peuvent être améliorés avec un prix du propane plus favorable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Une concurrence dans les marchés cibles avec les polymères à faible coût provenant du Moyen-Orient.</li> <li>• Creux saisonniers dans le cycle Pétrochimique.</li> </ul>

**Matrice SWOT du projet PDH/PP**

## **CONCLUSION GENERALE**

Notre projet, tel qu'il nous a été soumis par le département des études économiques de l'activité aval Sonatrach était de réaliser l'étude de pré faisabilité de l'usine de déshydrogénation du propane et de production du polypropylène PDH/PP dont la localisation est à Arzew (Oran).

Pour ce faire, notre travail a nécessité des études spécifiques pour bien identifier les opportunités du projet (étude de marché, analyse des prix, compétitivité à la livraison, etc.) au terme desquelles nous avons construit et comparé plusieurs variantes possibles du projet.

Pour mener à bien cette tâche, nous avons abordé cette étude en commençant par la description du contexte du projet et toutes les ressources nécessaires pour sa mise en œuvre et les sources d'approvisionnement disponibles. Nous avons par la suite présenté toutes les notions d'investissement nécessaires pour développer notre étude.

Le corps de l'étude a été réalisé en tenant compte des données historiques fournies par Sonatrach grâce auxquelles nous avons élaboré une étude approfondie de marché du propane et du polypropylène, analysé l'offre et la demande mondiale et proposé un plan marketing pour commercialiser le produit sur des marchés cibles, localement et en international.

L'étude de marché a été suivie par une analyse des prix d'achat et de vente, en se basant sur les prévisions de Sonatrach pour les prix du propane, de l'éthylène et du polypropylène.

Nous avons ensuite procédé à l'étude de la compétitivité à la livraison dans les différents marchés cibles tout en comparant le projet avec les projets concurrents. En effet, le projet présente un avantage très compétitif, celui de la disponibilité du propylène au coût de production au niveau de l'unité de déshydrogénation du propane.

Concernant l'analyse de la technologie, nous avons présenté les deux technologies utilisées dans le projet (la technologie de déshydratation du propane et la technologie de production du polypropylène). Pour la première, nous avons étudié les deux processus les plus utilisés dans le monde, à savoir le processus Oleflex d'OUP et le processus CATOFIN de Lummus.

Quant à la deuxième technologie, nous avons étudié le processus UNIPOL et le processus SPHERIPOL de LyondellBasell. Pour chacun de ces processus, nous avons fait ressortir les points forts et faibles.

Afin de mener à bien l'analyse financière de ce projet, nous avons construit un modèle financier sur Excel qui se base sur les résultats des études économiques précédentes ainsi que sur les données fournies par Sonatrach concernant les facteurs de coût. Ce modèle nous a permis d'évaluer la rentabilité du projet en calculant les indicateurs de l'analyse financière

développés dans la section notions sur l'investissement (VAN, TRI, POT, ERC) qui ont un effet très significatif pour la prise de décision. Les résultats obtenus ont confirmé la viabilité économique du projet.

Nous avons étudié le risque financier du projet en élaborant une analyse de sensibilité des résultats, en recalculant les indicateurs de rentabilité en tenant compte d'hypothèses optimistes et pessimistes d'une variable, tout en gardant l'estimation moyenne pour les autres variables qui impactent le calcul des cash-flows du projet.

Enfin, nous avons établi la matrice SWOT du projet dans la quelle nous avons résumé les forces, faiblesses, opportunités et menaces liées à ce dernier.

Cette étude va constituer la base qui permettra aux décideurs de poursuivre l'évaluation de ce projet en réalisant une étude de faisabilité, si les résultats s'avèrent favorables, ou bien d'arrêter les études à ce niveau et de réaliser ainsi l'économie d'une étude de faisabilité dont le coût est généralement élevé.

### **BIBLIOGRAPHIE**

[HOU 2008] : ROBERT HOUDAYER, 2008, Evaluation financière de projets, Ingénierie de projets et décision d'investissement 3<sup>ème</sup> édition Economica Paris.

[ALB 1991] : MICHEL ALBOUY, 1991, Financement et coût du capital des entreprises, EYROLLES FINANCE. Paris.

[SIM 2005] : F.-X. SIMON. , M.TRABELSI, 2005, Préparer et défendre un projet d'investissement DUNOD. Paris.

[CHA 2001] : A. CHAUVEL, G. FOURNIER, C. RAIMBAULT, 2001, Manuel d'évaluation économique des procédés, Edition TECHNIP. Paris.

[BOU 1998] : ABDELLAH BOUGHABA, 1998, Analyse et Evaluation de projets, BERTI édition, Paris.

[ZER 2005] : ZERHOUNI MOHAMED HICHEM, 2005, Méthodologie d'évaluation technico-économique de projets. Mémoire fin d'études département génie industriel Ecole nationale polytechnique.

[CON 1985] : PIERRE CONSO, 1985, La gestion financière de l'entreprise, les techniques de l'analyse financière, 7<sup>e</sup> édition Dunod, Paris.

[BAB 1990] : DENIS BABUSIAUX, 1990. Décision d'investissement et calcul économique dans l'entreprise, Economica,Paris

[ULL 2002] FRITZ ULLMMAN's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Sixth Edition, 2002

### **WEBOGRAPHIE**

[WEB1]: [http:// www.uop.com](http://www.uop.com)

[WEB2]: [http:// www.chemicals-technology.com](http://www.chemicals-technology.com)

[WEB3]: [http:// www.hydrocarbonprocessing.com](http://www.hydrocarbonprocessing.com)

[WEB4]: [http:// www.techniques-ingenieur.fr](http://www.techniques-ingenieur.fr)

[WEB5]: [http:// www.memoireonline.com](http://www.memoireonline.com)

[WEB6]: [http:// www.cbi.com/images/uploads/tech\\_sheets/Dehydrogenation.pdf](http://www.cbi.com/images/uploads/tech_sheets/Dehydrogenation.pdf)

[WEB7]: <http://fr.wikipedia.org/wiki/SWOT>

[WEB8]: <http://www.b2b-marketing.fr/1-analyse-swot.php>

[WEB9]:<http://www.lyondellbasell.com/Technology/LicensedTechnologies/Spherizone/Index.htm>

[WEB10]: <http://plastiques-caoutchoucs.com>

[WEB11]: <http://www.e-plasturgy.com/>

[WEB12]: [http://www.dow.com/unipol/process\\_description/index.htm](http://www.dow.com/unipol/process_description/index.htm)

### **Autres ouvrages consultés**

[LEG 2000] CATHERINE LEGER-JARNIOR, 2000, Réaliser l'étude de marché de son projet d'entreprise, Dunod, Paris.

[LAU 2001] FRANCOIS LAURENT, 2001, les études de marché (comprendre le client), Editions d'organisations Paris.

[VAN 2007] MARTINE GAUTHY-SINECHAL, MARC VANDERCAMMEN, 2007, Etudes de marchés (Perspectives Marketing), BERTI, Paris.

[REC 2002] JEAN-JACQUES RECHENMANN, 2002, Places de marchés (Mode d'emploi), Editions d'organisations, Paris.

[HAN 1997] ALBERTO RUIBAT HANTABAKA, Distribution physique internationale, 1997, Edition CELSE, Paris.

[LYO 1996] BERNARD LYONNET, 1996, Pratique du marketing international, Edition ESKA, Paris.

### **Autres documents consultés**

Documents de PlasticsEuropeFrance, Le Diamant A, 92909 Paris La Défense Cedex

Documents de la Fédération de la Plasturgie, 65 rue de Prony, 75854 Paris Cedex 17

Documents de la Confédération Européenne de la Plasturgie, 66 Av de Cortenbergh, B 1040, Bruxelles, Belgique

Azis Triano, Yazid Bindar, Noezran department of Chemical engineering Institut teknologi bandung Indonesia. propane dehydrogenation in a modified porous membrane reactor for producing propylene with chemical and polymer grades

## **Listes des annexes**

Annexe 1 : Evolution de l'offre et de la demande des GPL

Annexe 2 : Historique et prévisions des prix

Annexe 3 : Les pays principaux inclus dans chacune des régions étudiées

Annexe 4 : Bases de tarification des prix du propane

Annexe 5 : les producteurs majeurs du polypropylène

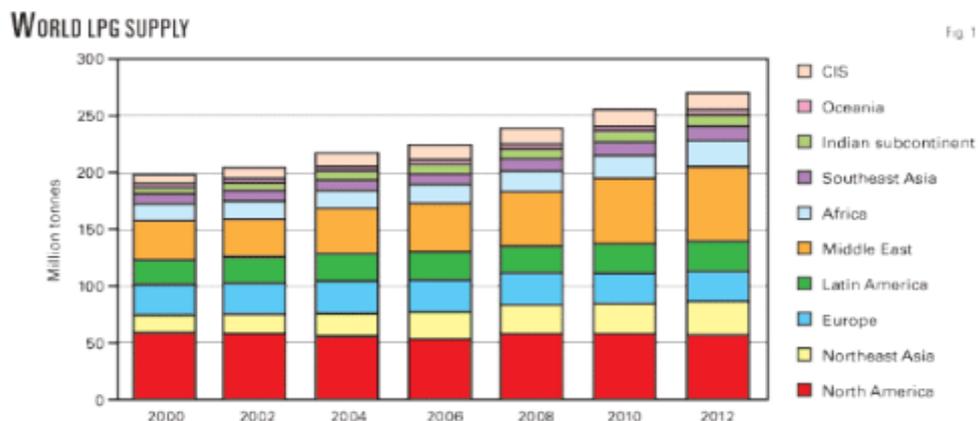
Annexe 6 : consommation du polypropylène en Algérie

Annexe 7 : Les catégories des processus PP

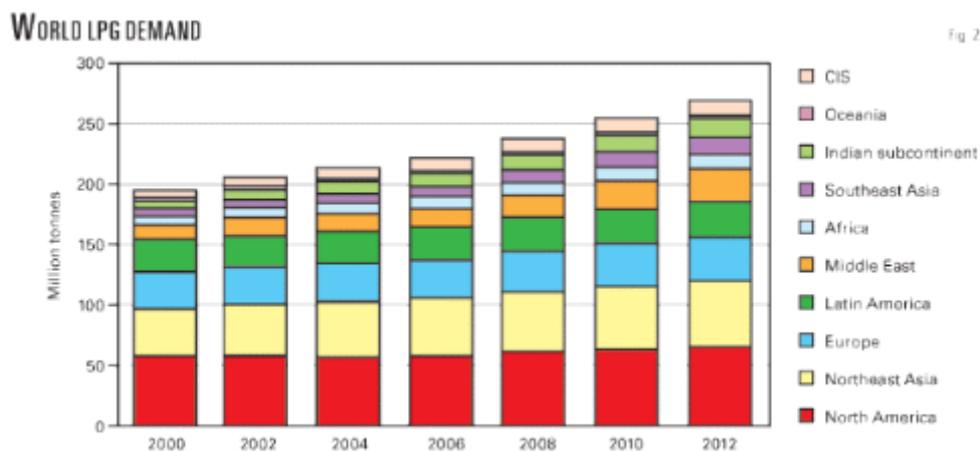
Annexe 8 : Considérations opérationnelles clés pour la technologie PP

Annexe 9 : l'analyse de la sensibilité – Graphes-

**Annexe 1 : Evolution de l'offre et de la demande des GPL**



*Source* : EIA **Evolution de l'offre mondiale des GPL par région (2000 - 2012)**



*Source* : EIA **Evolution de la demande mondiale des GPL (2000 - 2012)**

**Annexe 2 : prévisions des prix.**

**Propane :**

**Prévision des prix  
Scénario de prix moyen de pétrole brut  
En dollars US constants par tonne (2012)**

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
NWE CIF Spot	602	601	600	600	600	599	599	599	599	599	599	599	599	599	599	599	599	599	599	599	599
USGC FD Contract	596	595	594	594	594	594	594	593	593	593	593	593	593	593	593	593	593	593	593	593	593
F0B Singapore	607	605	604	604	604	603	603	603	603	603	603	603	603	603	603	603	603	603	603	603	603
KSA Local Contract	429	428	427	427	427	427	427	427	427	428	428	428	428	428	428	428	428	429	429	429	429
Algeria	583	582	582	581	581	581	581	581	581	581	581	581	581	581	581	581	581	581	581	581	581
Algeria - formula price	501	504	507	509	511	513	515	516	518	519	519	520	521	521	521	521	521	520	520	519	518
Deflator	1.062	1.083	1.105	1.127	1.150	1.173	1.196	1.220	1.245	1.269	1.295	1.321	1.347	1.374	1.402	1.430	1.458	1.487	1.517	1.547	1.578

**Prévision des prix  
Scénario de prix moyen de pétrole brut  
Dollars US courants par tonne**

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
NWE CIF Spot	639	651	663	676	689	703	717	731	746	761	776	791	807	823	840	857	874	891	909	927	946
USGC FD Contract	633	644	657	669	683	696	710	724	739	753	768	784	799	815	832	848	865	883	900	918	937
FOB Singapore	645	656	668	681	694	708	722	736	751	766	781	797	813	829	846	863	880	897	915	934	952
KSA Local Contract	456	464	472	482	491	501	511	521	532	543	554	565	577	588	600	612	625	637	650	664	677
Algeria	620	631	643	655	668	681	695	709	723	737	752	767	782	798	814	830	847	864	881	899	917
Algeria - formula price	532	546	560	574	588	602	616	630	644	658	673	687	701	716	730	745	759	774	788	803	818

**Prévision des prix  
Scénario prix élevé du pétrole brut  
En dollars US constants par tonne (2012)**

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
NWE CIF Spot	942	940	939	938	937	937	936	936	936	936	936	936	936	936	936	936	936	936	936	936	936
USGC FD Contract	936	935	934	933	932	931	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930
FOB Singapore	947	945	945	943	942	942	941	941	940	940	940	940	940	940	940	940	940	940	940	940	940
KSA Local Contract	674	673	672	672	671	671	670	670	670	670	670	670	670	670	671	671	671	671	671	671	671
Algeria	923	922	921	920	919	918	918	918	918	917	917	918	918	918	918	918	918	918	918	918	918
Algeria - formula price	644	647	650	652	654	656	658	659	660	661	662	662	662	662	661	661	660	659	658	657	655
Deflator	1.062	1.083	1.105	1.127	1.150	1.173	1.196	1.220	1.245	1.269	1.295	1.321	1.347	1.374	1.402	1.430	1.458	1.487	1.517	1.547	1.578

**Prévision des prix  
Scénario prix élevé du pétrole brut  
Dollars US courants par tonne**

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
NWE CIF Spot	001	1 019	1 038	1 058	1 078	1 099	1 120	1 142	1 165	1 188	1 212	1 236	1 261	1 286	1 312	1 338	1 365	1 392	1 420	1 449	1 478
USGC FD Contract	994	1 013	1 032	1 051	1 071	1 092	1 113	1 135	1 158	1 181	1 204	1 229	1 253	1 278	1 304	1 330	1 357	1 384	1 411	1 440	1 468
FOB Singapore	006	1 024	1 044	1 063	1 084	1 104	1 126	1 148	1 170	1 193	1 217	1 241	1 266	1 292	1 317	1 344	1 371	1 398	1 426	1 454	1 484
KSA Local Contract	716	729	743	757	772	786	802	818	834	851	868	885	903	921	940	959	978	998	1 018	1 039	1 060
Algeria	981	999	1 018	1 037	1 057	1 077	1 098	1 120	1 142	1 165	1 188	1 212	1 236	1 261	1 286	1 312	1 338	1 365	1 392	1 420	1 448
Algeria - formula price	684	701	718	735	752	770	787	804	822	839	857	874	892	909	927	945	963	981	999	1 016	1 035

**Prévision des prix  
Scénario prix bas du pétrole brut  
En dollars US constants par tonne (2012)**

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
NWE CIF Spot	261	260	259	259	259	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258	258
USGC FD Contract	256	254	253	253	253	253	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252
FOB Singapore	268	265	264	264	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263
KSA Local Contract	185	183	182	182	182	182	182	182	182	182	182	183	183	183	183	183	183	183	184	184	184
Algeria	243	241	241	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Algeria - formula price	357	360	362	365	367	369	370	372	373	375	376	377	377	378	379	379	379	379	379	379	379
Deflator	1.062	1.083	1.105	1.127	1.150	1.173	1.196	1.220	1.245	1.269	1.295	1.321	1.347	1.374	1.402	1.430	1.458	1.487	1.517	1.547	1.578

**Prévision des prix  
Scénario prix bas du pétrole brut  
Dollars US courants par tonne**

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
NWE CIF Spot	278	282	286	292	297	303	309	315	321	328	334	341	348	355	362	369	376	384	392	399	407
USGC FD Contract	272	275	280	285	291	296	302	308	314	320	327	333	340	347	354	361	368	375	383	390	398
FOB Singapore	285	288	292	297	303	308	314	321	327	333	340	347	354	361	368	376	383	391	399	407	415
KSA Local Contract	196	198	202	205	209	213	218	222	227	231	236	241	246	251	257	262	267	273	278	284	290
Algeria	258	262	266	271	276	281	287	292	298	304	310	316	323	329	336	343	349	356	364	371	378
Algeria - formula price	380	390	401	411	422	432	443	454	465	476	487	497	508	520	531	542	553	564	576	587	599

**Ethylène :**

**Prévision des prix  
(Cycle, en dollars US constants par tonne (2012))**

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
NWE FD Contract - Med	091	1 107	1 135	1 158	1 173	1 138	1 107	1 081	1 095	1 135	1 152	1 211	1 156	1 130	1 099	1 073	1 087	1 126	1 144	1 202	1 148
NWE FD Contract - High	578	1 595	1 623	1 686	1 658	1 622	1 590	1 563	1 576	1 614	1 632	1 691	1 636	1 609	1 577	1 550	1 563	1 601	1 618	1 677	1 622
NWE FD Contract - Low	601	617	645	708	685	650	619	593	608	648	665	724	671	647	616	590	605	645	662	721	668
Deflator	1.062	1.083	1.105	1.127	1.150	1.173	1.196	1.220	1.245	1.269	1.295	1.321	1.347	1.374	1.402	1.430	1.458	1.487	1.517	1.547	1.578

**Prévision des prix  
(Cycle, en dollars US courants par tonne)**

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
NWE FD Contract - Med	158	1 200	1 254	1 351	1 349	1 335	1 324	1 319	1 363	1 440	1 491	1 599	1 558	1 553	1 540	1 534	1 585	1 675	1 735	1 860	1 812
NWE FD Contract - High	676	1 728	1 794	1 901	1 907	1 903	1 902	1 907	1 961	2 049	2 113	2 233	2 204	2 211	2 210	2 217	2 279	2 381	2 455	2 595	2 561
NWE FD Contract - Low	638	669	713	799	788	762	740	723	757	822	861	957	904	889	863	843	883	969	1 004	1 116	1 064

**Prévision des prix**

(Tendance, en dollars US constants par tonne (2012))

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
NWE FD Contract - Med	112	1 117	1 121	1 124	1 127	1 130	1 132	1 133	1 134	1 135	1 135	1 134	1 133	1 132	1 130	1 128	1 126	1 123	1 120	1 117	1 113
NWE FD Contract - High	582	1 588	1 594	1 599	1 604	1 607	1 610	1 612	1 613	1 614	1 614	1 613	1 612	1 610	1 608	1 605	1 602	1 598	1 593	1 589	1 584
NWE FD Contract - Low	635	638	640	642	644	645	646	647	648	648	648	648	647	646	645	644	643	641	640	638	636
Deflator	1.062	1.083	1.105	1.127	1.150	1.173	1.196	1.220	1.245	1.269	1.295	1.321	1.347	1.374	1.402	1.430	1.458	1.487	1.517	1.547	1.578

**Prévision des prix**

(Tendance, en dollars US courants par tonne)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
NWE FD Contract - Med	181	1 210	1 239	1 267	1 296	1 325	1 354	1 383	1 411	1 440	1 469	1 498	1 527	1 556	1 584	1 613	1 642	1 671	1 700	1 728	1 757
NWE FD Contract - High	680	1 721	1 762	1 803	1 844	1 885	1 926	1 967	2 008	2 049	2 090	2 131	2 172	2 213	2 254	2 295	2 336	2 377	2 418	2 459	2 499
NWE FD Contract - Low	674	691	707	724	740	757	773	790	806	822	839	855	872	888	905	921	938	954	970	987	1 003

**Polypropylène homopolymère :****Prévision des prix**

Scénario de prix moyen de pétrole brut (cycle)

En dollars US constants par tonne (2012)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
NWE FD Spot	1 283	1 323	1 383	1 483	1 427	1 361	1 311	1 268	1 300	1 372	1 442	1 529	1 445	1 377	1 324	1 273	1 334	1 398	1 465	1 536	1 477
USGC FD Contract	1 293	1 358	1 440	1 575	1 492	1 405	1 336	1 289	1 328	1 411	1 494	1 580	1 489	1 418	1 349	1 283	1 350	1 420	1 496	1 573	1 496
SEA FOB Spot	1 167	1 216	1 285	1 399	1 335	1 273	1 222	1 174	1 208	1 282	1 363	1 476	1 383	1 308	1 252	1 199	1 270	1 345	1 424	1 508	1 444
North Africa CIF	1 287	1 328	1 388	1 488	1 432	1 365	1 315	1 272	1 304	1 376	1 448	1 533	1 449	1 380	1 327	1 276	1 337	1 401	1 469	1 539	1 480
West Africa CIF	1 311	1 351	1 411	1 510	1 453	1 387	1 336	1 292	1 324	1 396	1 465	1 552	1 468	1 398	1 345	1 294	1 354	1 418	1 485	1 555	1 496
Algeria CIF	1 287	1 328	1 388	1 488	1 432	1 365	1 315	1 272	1 304	1 376	1 448	1 533	1 449	1 380	1 327	1 276	1 337	1 401	1 469	1 539	1 480
Deflator	1.062	1.083	1.105	1.127	1.150	1.173	1.196	1.220	1.245	1.269	1.295	1.321	1.347	1.374	1.402	1.430	1.458	1.487	1.517	1.547	1.578

**Prévision des prix**

Scénario de prix moyen de pétrole brut (cycle)

Dollars US courants par tonne

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
NWE FD Spot	1 362	1 434	1 529	1 672	1 641	1 596	1 568	1 547	1 618	1 742	1 867	2 020	1 947	1 892	1 855	1 819	1 945	2 080	2 223	2 377	2 331
USGC FD Contract	1 374	1 471	1 591	1 775	1 715	1 648	1 598	1 573	1 652	1 791	1 934	2 086	2 006	1 948	1 890	1 834	1 968	2 113	2 268	2 434	2 361
SEA FOB Spot	1 239	1 317	1 421	1 577	1 535	1 493	1 461	1 432	1 504	1 628	1 764	1 950	1 863	1 798	1 755	1 714	1 851	2 000	2 161	2 334	2 279
North Africa CIF	1 367	1 439	1 534	1 677	1 646	1 601	1 573	1 552	1 623	1 747	1 872	2 025	1 952	1 897	1 860	1 824	1 950	2 085	2 228	2 382	2 336
West Africa CIF	1 392	1 464	1 569	1 702	1 671	1 626	1 598	1 577	1 648	1 772	1 897	2 050	1 977	1 922	1 885	1 849	1 975	2 110	2 253	2 407	2 361
Algeria CIF	1 367	1 439	1 534	1 677	1 646	1 601	1 573	1 552	1 623	1 747	1 872	2 025	1 952	1 897	1 860	1 824	1 950	2 085	2 228	2 382	2 336

**Prévision des prix**

Scénario de prix moyen de pétrole brut (tendance)

En dollars US constants par tonne (2012)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
NWE FD Spot	1 337	1 347	1 356	1 364	1 371	1 377	1 383	1 388	1 392	1 395	1 398	1 400	1 402	1 403	1 403	1 403	1 402	1 401	1 399	1 397	1 394
USGC FD Contract	1 400	1 408	1 411	1 416	1 420	1 423	1 425	1 427	1 428	1 429	1 429	1 428	1 427	1 425	1 423	1 421	1 418	1 414	1 411	1 408	1 402
SEA FOB Spot	1 234	1 247	1 259	1 270	1 280	1 289	1 297	1 305	1 312	1 318	1 323	1 327	1 331	1 334	1 337	1 338	1 340	1 340	1 341	1 340	1 339
North Africa CIF	1 342	1 352	1 361	1 368	1 375	1 382	1 387	1 392	1 396	1 399	1 402	1 404	1 405	1 406	1 406	1 406	1 405	1 404	1 402	1 400	1 397
West Africa CIF	1 368	1 375	1 383	1 391	1 397	1 403	1 408	1 412	1 416	1 419	1 421	1 423	1 424	1 424	1 424	1 424	1 422	1 421	1 419	1 416	1 413
Algeria CIF	1 342	1 352	1 361	1 368	1 375	1 382	1 387	1 392	1 396	1 399	1 402	1 404	1 405	1 406	1 406	1 406	1 405	1 404	1 402	1 400	1 397
Deflator	1.062	1.083	1.105	1.127	1.150	1.173	1.196	1.220	1.245	1.269	1.295	1.321	1.347	1.374	1.402	1.430	1.458	1.487	1.517	1.547	1.578

**Prévision des prix**

Scénario de prix moyen de pétrole brut (tendance)

Dollars US courants par tonne

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
NWE FD Spot	1 421	1 460	1 499	1 538	1 577	1 616	1 654	1 693	1 732	1 771	1 810	1 849	1 888	1 927	1 966	2 005	2 044	2 083	2 122	2 161	2 200
USGC FD Contract	1 487	1 523	1 560	1 596	1 632	1 668	1 705	1 741	1 777	1 814	1 850	1 886	1 922	1 959	1 995	2 031	2 067	2 104	2 140	2 176	2 213
SEA FOB Spot	1 311	1 351	1 392	1 432	1 472	1 512	1 552	1 592	1 632	1 673	1 713	1 753	1 793	1 833	1 873	1 913	1 954	1 994	2 034	2 074	2 114
North Africa CIF	1 426	1 465	1 504	1 543	1 582	1 621	1 659	1 698	1 737	1 776	1 815	1 854	1 893	1 932	1 971	2 010	2 049	2 088	2 127	2 166	2 205
West Africa CIF	1 451	1 490	1 529	1 568	1 607	1 646	1 684	1 723	1 762	1 801	1 840	1 879	1 918	1 957	1 996	2 035	2 074	2 113	2 152	2 191	2 230
Algeria CIF	1 428	1 465	1 504	1 543	1 582	1 621	1 659	1 698	1 737	1 776	1 815	1 854	1 893	1 932	1 971	2 010	2 049	2 088	2 127	2 166	2 205

*Source* : Sonatrach

#### **Annexe 4 : Les pays principaux inclus dans chacune des régions :**

Les pays principaux inclus dans chacune des régions sont définis ci-dessous :

- Amérique du Nord : Etats-Unis, Canada, Mexique
- Amérique du Sud : Pérou, Brésil, Chili, Argentine, Nicaragua, Colombie, Trinidad, Vénézuéla, Amérique Centrale et Caraïbe
- Europe Occidentale : Portugal, Danemark, Norvège, Espagne, Belgique, France, Pays-Bas, Royaume-Uni, Italie, Suisse, Grèce, Suède, Allemagne, Islande, Finlande, Autriche, Irlande
- Europe Centrale : Roumanie, Slovaquie, Macédoine, Bosnie, Pologne, Croatie, Albanie, République Tchèque, Serbie & Monténégro, Slovaquie, Bulgarie, Hongrie
- Europe de l'Est : Ukraine, Tadjikistan, Russie, Turkménistan, Géorgie, Ouzbékistan, Azerbaïdjan, Estonie, Arménie, Biélorussie, Lituanie, Kazakhstan, Lettonie
- Moyen-Orient : Bahrein, Turquie. Afghanistan. Jordanie, Koweït, Israël, Arabie Saoudite. Emirats arabes unis. Sultanat d'Oman, Iran. Syrie. Qatar. Irak.
- Afrique : Maroc, Kenya. Nigeria, Mozambique, Libye. Gabon, ile Maurice, Afrique du Sud, Egypte, Botswana, Algérie. Zimbabwe, Guinée équatoriale, Tunisie, Zambie, Soudan
- Asie Pacifique : Australie. Nouvelle-Zélande, Chine, Taiwan, Japon, Corée du Nord, Corée du Sud, Hong Kong, Bangladesh, Sri Lanka, Inde, Pakistan, Birmanie, Singapour, Indonésie, Malaisie, Vietnam, Thaïlande, Philippines, Brunei.

#### **Annexe 5 : Bases de tarification des prix du propane**

##### **Bases de tarification aux États-Unis :**

Historiquement, le prix du propane suit de très près celui du naphta, oscillant au sein d'une marge de dix pour cent autour du prix de ce dernier. Les prix de carburants en

concurrence sont habituellement plus volatils, car ils sont soumis aux fluctuations de la demande, dépendant d'influences incontrôlables telles que les conditions climatiques.

#### **Bases de tarification en Europe Occidentale :**

La disponibilité en propane continuera à dépasser la demande en ce qui concerne les marchés majeurs de carburant, car des usines supplémentaires de récupération de gaz et de GNL sont prévues à l'échelle mondiale. L'industrie pétrochimique devrait continuer à définir un prix plancher pour le propane. Le surplus de production maintiendra la valeur du propane à son niveau le plus bas. Cependant, la baisse de la pression sur les prix du naphta et des carburants, due à l'amélioration des prix du pétrole brut, permettra une faible augmentation du prix du propane par rapport aux prix les plus bas, connus en 2008.

#### **Bases de tarification en Asie Pacifique :**

Le prix du propane est passé d'un prix supérieur de sept pour cent à celui du naphta en 2001, à un prix inférieur de 37 pour cent en 2011. La succession d'hivers particulièrement doux ces dernières années a augmenté le stock de propane, baissant le prix du propane par rapport au naphta et à de nombreux carburants à un niveau jamais atteint jusque-là.

#### **Bases de tarification Moyen-Orient :**

La région comprenant l'Arabie Saoudite et le Golfe Persique est la plus grande région exportatrice de GPL au monde. Cependant, malgré ce volume d'approvisionnement, le prix n'est pas simplement déterminé par le marché. La tarification est basée sur le prix forfaitaire du GPL de Saudi Aramco, souvent appelé « Saudi CP » ou simplement CP. Il s'agit de la dernière manifestation d'un mécanisme ancien, qui a subi de nombreux changements ces dernières années.

Dans la fin des années 80, la formule de tarification était liée au prix du naphta, qui était alors de 90 pour cent de l'équivalence btu du pétrole brut Arab Light, mais cette méthode de calcul sous-évaluait de plus en plus le prix du GPL et/ou ne prenait pas en compte son aspect saisonnier.

Ceci fut revu et, au cours de la moitié des années 90, le prix fut fixé mensuellement, en fonction de facteurs du marché, mais incluait un ajustement rétrospectif lié au prix au comptant. Plus récemment, un processus d'appel d'offres mensuel en trois étapes fut mis en place, donnant lieu à des négociations entre les principaux exploitants et Aramco, afin d'établir un prix forfaitaire (Contract Price (« CP »)) et de refléter les conditions de marché prédominantes.

La domination de Saudi Aramco sur le commerce du GPL s'étend au-delà de ses propres exportations. Avec plus de dix millions de tonnes, ces exportations représentent plus de 25

pour cent du commerce international. De plus, les autres exportateurs principaux du Golf ont, depuis plusieurs années, calqué leurs propres prix sur celui du CP. Saudi Aramco établit donc le prix indicatif pour au moins dix millions de tonnes d'exportations du Qatar, du Koweït et des Émirats Arabes Unis, portant la couverture du marché par le CP à plus de 50 pour cent du commerce mondial.

Cependant, en pratique, un marché limité au comptant existe dans le Golfe Persique depuis de nombreuses années, permettant au marché de s'équilibrer. Bien qu'aucune information dans le domaine public ne soit disponible, il est estimé que moins de 20 pour cent des ventes de GPL au long cours provenant du Moyen-Orient s'effectuent via le marché au comptant.

#### **Présentation de Saudi Aramco :**

Saudi Aramco est la compagnie nationale saoudienne d'hydrocarbures (son nom est la contraction d'Arabian American Oil Company). Elle possède la quasi intégralité des ressources en hydrocarbures du royaume et, du point de vue de ses réserves comme de celui de sa production, c'est de loin la première compagnie pétrolière mondiale. Son siège se trouve à Dhahran, dans l'est du pays. Son principal gisement pétrolier est Ghawar, plus grand gisement mondial.

#### **Annexe 6 : les producteurs majeurs du polypropylène.**

##### **SABIC**

Plus de 60% de la production en polypropylène de SABIC sort des deux usines de Geleen (Pays-Bas) et de Gelsenkirchen (Allemagne).

Cependant, une nouvelle usine de polypropylène d'une capacité de 500 000 tonnes par an est entrée en service au début de l'année 2009 à Al Jubail, afin de compléter la capacité en polypropylène d'Ibn Zahr. De plus, YanSab, la société en participation de SABIC a mis en service son usine d'une capacité de 500 000 tonnes par an à Yanbu en septembre 2009. SABIC vend aussi 50 pour cent du polypropylène produit à Yanbu par la société NatPet, qui a commencé à la fin de l'année 2008.

Compagnie	Location	2008	2009	2010	2011	2012
	Europe Occidentale	1150	1150	1150	1150	1150
	Moyen-Orient	860	1120	1120	1120	1120

##### **Total Petrochemicals :**

D'après la brochure téléchargeable sur le site du groupe, TOTAL a mis en œuvre des déblocages à Feluy (Belgique) pour une commande de 50 000 tonnes en 2008, avec une production total qui se rapproche de 2 600 000 tonnes par an à travers d'autres unités de

production en Amérique du Nord, Europe Occidentale, Europe Occidentale et en Asie Pacifique, mais aucune expansion ou augmentation de capacité n'est prévue à court terme selon le rapport annuel des investissements du groupe.

Compagnie	Location	2008	2009	2010	2011	2012
Total Petrochemicals <i>(milliers de tonnes par an)</i>	Amérique du Nord	1180	1180	1180	1180	1180
	Europe Occidentale	1273	1273	1273	1273	1273
	Asie Pacifique	122	122	122	122	122

### Petro China

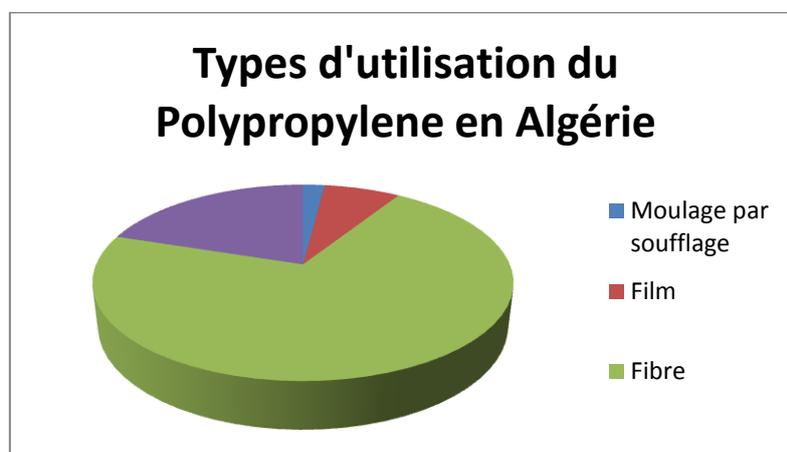
Comme indique le centre national des informations des produits énergétiques des états unis, toutes les opérations de PetroChina se trouvent en Chine. Avec une capacité actuelle de 3 803 000 tonnes par an. Le tableau ci-dessous indique la production annuelle par région :

Compagnie	Location	2008	2009	2010	2011	2012
	Asie Pacifique	2 414	3 104	3 104	3 353	3803

### Annexe 6 : consommation du polypropylène en Algérie

Algérie :

Sur le marché national, le polypropylène est principalement utilisé pour produire des fibres, soit pour fabriquer du raphia pour les sacs de haute tenue, destinés principalement au secteur de l'agriculture, ou pour la production de tapis synthétiques. Une quantité moins importante est utilisée pour la fabrication de film ou en moulage par injection pour des articles ménagers ou des produits de consommation, où il est en concurrence avec le PEHD produit localement. La demande en polypropylène pour 2011 a atteint 45000 tonnes. Le fait que la totalité du polypropylène est importée, avec des prix élevés, rendre son marché non opportun pour les industriels, ce qui explique la baisse de la demande en cette matière.



## **Annexe 8 : Les catégories des processus PP**

Le polypropylène a été produit à des fins commerciales, pour la première fois, dans les années 1950 via un processus à base de bouillie utilisant des catalyseurs Ziegler-Natta et un diluant inerte (méthanol puis par la suite hexane ou heptane) dans les réacteurs. De nombreuses usines utilisant cette technologie sont toujours en activité. Elles produisent des résines de haute qualité en particulier pour des copolymères chocs. Cependant, cette technologie n'est désormais plus compétitive pour la fabrication de polypropylène de grande consommation.

Ces processus peuvent être regroupés en trois grandes catégories :

### ***Processus en phase gazeuse***

La polymérisation en phase gazeuse a lieu soit dans un réacteur à lit fluidisé, soit dans un lit agité de polymère utilisant le gaz de fluidisation comme agent d'évacuation de chaleur, ou en procédant à la vaporisation instantanée du propylène liquide.

Les technologies INNOVENE d'INEOS, UNIPOL de Dow et NOVOLEN de CB&I Lummus/Equistar sont les meilleurs processus sous licence qui utilisent la technologie en phase gazeuse. CHISSO et SUMITOMO sont également actifs dans ce domaine mais à une échelle nettement inférieure.

### ***Processus en vrac***

Le processus en vrac représente actuellement près de la moitié de la capacité mondiale et se caractérise par une polymérisation qui a lieu dans le propylène liquide. La technologie peut être subdivisée en deux types principaux, les processus en vrac (CSTR) et à boucle de vrac.

Les principaux concédants de licence qui proposent des processus utilisant la technologie en vrac sont SPHERIDOL de LyondellBasell et, à une plus petite échelle, HYPOL II de Mitsui.

### ***Processus hybride***

Le processus BORSTAR récemment lancé par Borealis, semblable au processus polyéthylène, utilise un double système de réacteurs composé d'un réacteur en boucle de vrac suivi d'un réacteur en phase gazeuse pour la production d'homopolymère. Des réacteurs supplémentaires peuvent être inclus en aval pour la production de copolymères chocs. Le processus a récemment fait l'objet d'une commercialisation intégrale avec l'achèvement de l'usine Borealis à Schwechat en Autriche. Borealis ne concède désormais plus de licences à des tiers. Cependant, la société peut envisager la création d'une société en participation comme elle l'a fait à Abu Dhabi où deux usines de polypropylène d'envergure internationale ont été construites.

## **Annexe 9 : Considérations opérationnelles clés pour la technologie PP**

### ***Facteurs de coût***

La concurrence entre les principaux concédants de licences sur le marché du polypropylène a entraîné des coûts de fonctionnement et d'investissement concurrentiels entre les principales technologies en vrac et en phase gazeuse, avec cependant des coûts légèrement inférieurs pour les processus basés sur le gaz. Les coûts ont tendance à augmenter lorsque la charte du produit devient plus différenciée en raison des besoins en traitement supplémentaire.

### ***Problèmes de niveau de qualité***

Le polypropylène possède de bonnes propriétés mécaniques, une bonne résistance chimique, tolère parfaitement les charges et autres additifs sélectionnés, et est facile à fabriquer grâce à de nombreuses méthodes.

En plus, il est relativement simple d'incorporer de petites quantités d'autres copolymères, comme l'éthylène, pour obtenir des copolymères polypropylènes ayant des propriétés différentes et idéales pour le commerce.

Dans l'ensemble, la combinaison faible coût, simplicité de fabrication, capacité à concevoir sur mesure la résine avec des comonomères, et sa tolérance aux niveaux élevés de charges et autres additifs font du polypropylène le matériau idéal dans de nombreuses applications sensibles à l'évolution des coûts.

### ***Catalyseurs***

Le développement de catalyseurs métallocènes de polypropylène a historiquement été restreint par les coûts de production nettement plus élevés par rapport à leurs homologues au polyéthylène. Cependant, le polypropylène obtenu par catalyse métallocène est désormais mieux accepté sur le marché et disponible auprès de plusieurs producteurs, ce qui offre une meilleure sécurité d'approvisionnement aux consommateurs. Le coût plus élevé du métallocène par rapport aux systèmes de catalyseurs traditionnels Ziegler-Natta a fait que la technologie métallocène a davantage servi à offrir des avantages de performance supplémentaires aux qualités de polypropylène existantes.

Nous allons dans ce qui suit citer les deux technologies de polypropylène les plus dominantes dans le marché.

**Annexe 7 : les graphes de l'analyse de la sensibilité.**

