

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique

Département génie industriel



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

*Projet de fin d'études*

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état  
en génie industriel

*Thème*

**Analyse de sensibilité et étude du  
risque liés aux investissements.**

Application à un projet pour la production du  
dioxyde de carbone

Proposé par :

M<sup>r</sup> M. Oudia

Dirigé par :

Mme O.H.Belmokhtar

Etudié par :

O. MILIANI  
H. OUARAS

Promotion : septembre 99

E.N.P.10, Avenue Hassen-Badi, EL-HARRACH, ALGER.

# Remerciement

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à tous nos enseignants, sans exclure aucun, pour leurs aides sans réserve et leurs excellents conseils qu'ils nous ont dispensés tout au long de notre cursus.

Un remerciement particulier à Mme Belmokhtar par ce qu'elle a accepté de diriger et de suivre ce travail.

A tous ceux qui ont veillé avec nous à l'élaboration de ce travail, qu'ils trouvent dans l'aboutissement de celui-ci l'expression de notre profonde gratitude.



# Dédicace

*A tous ceux que j'aime...*

*Et à la mémoire de ceux que j'ai perdu*

*Je dédie ce travail....*

*Amar*



## Dédicace

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes grands-parents;*

*A mes très chers parents;*

*A mes frères et sœurs;*

*A toute ma grande famille;*

*A tous mes amis et tous ceux  
que j'aime...*

*A tous ceux qui ont contribué*

*de près ou de loin à*

*la réalisation de ce mémoire,*

*qu'ils trouvent ici toute ma*

*gratitude.*

H. OUARAS.

ملخص:

هذا العمل يتلخص في دراسة عملية و نظرية للأخطار على الاستثمار وطرق دراستها وهذا كما يلي:  
قدمنا معظم المفاهيم النظرية المتعلقة بالاستثمارات و مختلف التقنيات انتقاء المشاريع ، ثم بدأنا بتحليل إربا حية و حساسية المشروع لإظهار  
التغيرات التي يكون المشروع حساس جدا لها ، وأخيرا استخدمنا هذه المتغيرات للتمثيل ، باستعمال تقنية مونتج كارلو معايير إربا حية المشروع

**Abstract:**

*This work is summed to financial analysis of an investment project . which is presented with this manner : before apply to the practical case , we have presented the theoretical investment concepts and the different technical of selection of projects , then we have started with the profitability and sensitivity analysis of the project in order to reveal the variables to which the project is very sensitive. Finally, we have used this variables to simulate a profitability criterion and appreciate the risk of the project, with the Monte Carlo technic.*

**Résumé:**

*Ce présent travail, se résume en une étude théorique et pratique du risque lié au investissement , qui se présente de la manière suivante : nous avons présenté les principaux concepts théoriques liés à l'investissement et les différentes techniques de sélection des projets d'investissement, ensuite, nous avons commencer par l'analyse de la rentabilité et de la sensibilité liée au projet pour révéler les variables auxquelles le projet est très sensible, Finalement nous avons terminé par l'utilisation des variables concernées pour simuler les critères de rentabilité et le risque lié au projet.*

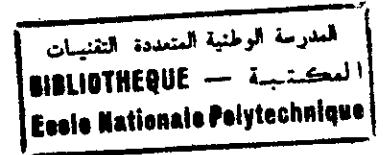
*Mots clés :Investissement, Rentabilité, Analyse financière, Analyse de sensibilité; Simulation Monte Carlo; Etude du risque,.*

## Sommaire

Introduction générale	1
Présentation de l'organisme d'accueil	2
Problématique	4
<b>PARTIE I : ETUDE THÉORIQUE</b>	<b>6</b>
<b>Chapitre I - L'INVESTISSEMENT. DÉFINITIONS, NATURES, IMPORTANCE ET DÉCISION</b>	<b>7</b>
<b>I.1-Définitions</b>	<b>7</b>
<b>I.2-Natures d'investissement</b>	<b>8</b>
I.2.1- Classification selon leurs objets	9
I.2.2- Classification selon la chronologie des flux financiers qu'ils entraînent	11
I.2.3- Classification selon la nature de leurs relations	13
<b>I.3-Importance et complexité de la décision d'investir</b>	<b>13</b>
I.3.1- Importance de l'investissement	13
I.3.2- Complexité de l'investissement	14
<b>I.4- Nécessité d'une démarche</b>	<b>15</b>
<b>Chapitre II : EVALUATION ET COMPARAISON DES PROJETS D'INVESTISSEMENT</b>	<b>16</b>
<b>II.1-Introduction</b>	<b>16</b>
<b>II.2- La détermination des flux et paramètres financiers</b>	<b>18</b>
<b>II.3-Les critères d'évaluation classiques</b>	<b>18</b>
II.3.1- Le taux de rendement comptable	18
II.3.2- Le délai de récupération	19
<b>II.4- Les techniques et méthodes d'évaluation</b>	<b>21</b>
II.4.1- L'actualisation	21
II.4.2- La valeur actuelle nette V.A.N	23
II.4.3- Le taux de rentabilité interne	25
II.4.4- Comparaison entre les méthodes de la VAN et le TRI	26
<b>II.5-Comparaison entre les méthodes</b>	<b>27</b>
<b>II.6 - La coordination des plans d'investissement et de financement</b>	<b>28</b>
<b>Chapitre III : PRISE EN COMPTE DU RISQUE DANS LA DÉCISION D'INVESTISSEMENT</b>	<b>31</b>
<b>III.1-Introduction</b>	<b>31</b>
<b>III.2- La prise en compte de l'incertitude et du risque au niveau des prévisions</b>	<b>31</b>
<b>III.3-Les méthodes de prise en compte du risque dans la décision d'investissement</b>	<b>33</b>
<b>III.3.1- Méthodes indirectes</b>	<b>33</b>
III.3.1.1-Méthode du délai de récupération	34
III.3.1.2. Méthode d'ajustement du taux d'actualisation	34
III.3.1.3-Méthode du taux de rabais	35
III.3.1.4-Méthode du point mort (analyse de variabilité)	36
III.3.1.5-Méthode de l'analyse de la sensibilité	41
<b>III.3.3-Méthodes directes</b>	<b>42</b>
III.3.3.1-Notion de probabilité	43
III.3.3.2-La méthode de l'espérance mathématique	45
III.3.3.3- Prise en compte du risque à partir de la notion de dispersion	47
III.3.3.4- Méthodes utilisant l'espérance mathématique	50
1.Méthode par élaboration d'un nombre restreint de scénarios	51
2.La technique de simulation Monté-Carlo	51
3.La technique des arbres de décision	55

<b>PARTIE II: ETUDE PARATIQUE</b>	58
<b>Chapitre I: ETUDE DE FAISABILITE DU PROJET:</b>	59
<i>I.1-Introduction</i>	59
<i>I.2-Présentation du projet</i>	59
<i>I.2-L'étude du marché</i>	60
<i>I.4-I.'étude technique du projet</i>	64
<i>I.5-L'étude financière</i>	67
<b>Chapitre II: ANALYSE DE SENSIBILITÉ ET SIMULATION</b>	72
<b>II.1- Analyse de variabilité par application de la méthode du point mort</b>	72
<b>II.2- Analyse de sensibilité</b>	79
<i>II.2.1- Sensibilité sur le coût de l'investissement</i>	79
<i>II.2.2- Sensibilité sur le volume des ventes</i>	81
<i>II.2.3- Sensibilité sur le coût de l'investissement avec variation de la capacité de production</i>	83
<i>II.2.4- Sensibilité sur le prix de vente</i>	85
<i>II.2.5- Sensibilité sur le taux d'intérêt</i>	90
<i>II.2.6- Sensibilité sur le taux de change</i>	92
<i>II.2.7- Sensibilité sur la part de l'emprunt</i>	94
<i>II.2.8- Effet de la fiscalité</i>	97
<i>II.2.9- Conclusion</i>	97
<i>II.2.10- Sensibilité sur plusieurs variables</i>	98
<b>II.3- Application de la méthode de MONTE-CARLO</b>	99
<i>II.3.1- Construction du modèle</i>	99
<i>II.3.1- Les hypothèses</i>	99
<i>II.3.3- Application</i>	100
<i>II.3.4- Déroulement</i>	103
<i>II.3.5- Résultats et interprétation</i>	104
<i>II.3.6- Illustration graphique</i>	106
<i>II.3.7- Analyse de sensibilité</i>	107
<b>Conclusion générale</b>	110
<b>Annexe</b>	
<b>Bibliographie</b>	

## Introduction générale



La décision économique est la capacité de discernement d'un décideur entre plusieurs actions possibles, son choix portera sur l'action qui lui laisse espérer l'accroissement le plus important de la richesse de son entreprise. Il s'agit en effet d'une recherche de l'allocation optimale de ressources rares (essentiellement le capital).

La décision d'investir est sans aucun doute, la décision la plus importante que pourrait prendre tout opérateur économique, car elle engage l'avenir de son entreprise, son orientation, sa croissance et son autonomie, elle l'est aussi parce que cet engagement est généralement irréversible, et se fait sur une longue période.

Ainsi, pour éviter toute décision volontariste et non fondée, il importe de se doter de critères de choix et de règles de décision. Sur le plan financier, les méthodes modernes de choix des investissements attachent une grande importance à la prévision de l'échéancier des recettes et des dépenses, c'est la tâche la plus critique dans tout le raisonnement puisqu'il s'agit d'une anticipation du futur sujette – comme toute prévision – à l'incertitude dont les provenances sont multiples (milieu interne et externe), et peu maîtrisables.

De ce fait toute étude de faisabilité rationnelle d'un projet d'investissement doit porter sur deux aspects jugés décisifs : celui de la rentabilité et celui du risque.

L'évaluation du risque consiste à quantifier l'importance de ce dernier et l'ampleur de la variation de la rentabilité en cas de fluctuations probables des paramètres qui lui sont reliés.

Les méthodes de l'évaluation du risque ont considérablement progressé avec les développements actuels de la recherche opérationnelle et de la statistique, cependant peu de méthodes sont jugées efficaces, il importe de sélectionner celles qui répondent au mieux aux choix des décideurs, les plus utilisées sont l'analyse de la sensibilité et la simulation de Monté Carlo.



## **Présentation de l'organisme d'accueil**

L'agence de promotion, de soutien et de suivi des investissements APSI est un établissement public à caractère administratif, créée en 1993, sous la tutelle du chef de gouvernement.

L'APSI a pour but de promouvoir l'investissement et d'assister les investisseurs dans la réalisation de leurs projets, elle est chargée :

- De mettre à la disposition des investisseurs toutes les informations concernant l'environnement économique national et international ;
- De simplifier les démarches administratives en mettant en place un guichet unique représentant l'ensemble des administrations et organisme publics concernant l'investissement. Ainsi se trouvent au sein de cette agence les bureaux des administrations des douanes, des impôts, du registre de commerce, de la banque d'Algérie et de l'aménagement du territoire ;
- D'évaluer les projets d'investissement qui lui sont présentés en vue de décider de l'octroi ou du refus d'avantages.

### **Modalités d'octroi des avantages :**

Pour bénéficier des avantages prévus par le code des investissements, l'investisseur doit :

- Apporter pour le financement de son projet d'investissement un minimum de fonds propres modelés selon les montants comme suit :

Montant de l'investissement	Seuil de fonds propres
Moins de 2 millions de DA.	15 %
Entre 2 et 10 millions de DA.	20 %
Plus de 10 millions de DA.	30%

- Souscrire un formulaire à la déclaration d'investissement(fournie par l'APSI).
- Déposer une demande d'avantages auprès de l'APSI en vue d'obtenir une réponse favorable dans les 60 jours qui suivent ce dépôt.

La décision d'octroi des avantages dépendra notamment du nombre d'emploi à créer et de l'importance des fonds propres dans le financement du projet.

**Recours :**

Dans le cas où l'investisseur n'obtient pas de réponse favorable, il a toujours le droit de faire un recours auprès de l'autorité tutelle.

Il peut avoir recours auprès du chef du gouvernement en cas de :

- Refus des avantages demandés ;
- Attribution d'une période d'exonération inférieure à celle demandée ;
- Octroi d'un régime d'encouragement inférieur à celui demandé ;
- Non réponse dans un délai de 60 jours.

Si la décision du chef du gouvernement confirme le bien fondé du recours, l'APSI octroi immédiatement les avantages demandés. Dans le cas contraire, la décision de l'APSI est considérée comme définitive et ne peut faire l'objet d'un recours en justice. A ce moment l'investisseur soit revoir son projet d'investissement, soit investir sans toutefois bénéficier des avantages auxquels il prétendait.

**Suivi des investissements :**

L'APSI est chargée également de faire le suivi des investissements, pour ce faire, elle doit :

- S'assurer que l'investisseur ne connaît aucune contrainte dans la réalisation de son projet ;
- Assister l'investisseur, en cas de besoin, auprès des administrations et organismes concernés par l'investissement ;
- S'assurer que l'investisseur respecte ses engagements, en contrepartie des avantages accordés.

L'investisseur ayant bénéficié d'avantages est tenue de déposer une fois par an auprès de l'APSI une situation faisant ressortir l'état d'avancement de projet d'investissement.

Dans le cas du non-respect des engagements souscrits, les avantages peuvent être retirés partiellement ou totalement.

## **Problématique**

Lorsque l'on parle de la prospérité ou de la pauvreté d'un pays, c'est au terme du taux de croissance de l'économie qu'on se réfère. Ainsi pour les pays en voie de développement de grosses difficultés empêchent d'enregistrer un niveau satisfaisant de ce taux, malgré toutes les tentatives de relance, où on fait allusion chaque fois à l'investissement comme outil indispensable.

L'investissement qui est une création de la richesse constitue un facteur en même temps intensif et extensif de la croissance, et doit avoir par conséquent une attention particulière car tout projet nouveau pratique un effet d'entraînement pour le secteur d'activité concernée voir sur d'autres secteurs.

L'Algérie, ces dernières années, a enregistré un retard assez important dans les investissements productifs, la situation économique a été caractérisée en particulier par une dégradation de tous les secteurs économiques.

Actuellement, la relance économique est à l'ordre du jour, et le rôle moteur de l'investissement pour une telle transition est devenu une conviction générale de tous les opérateurs économiques. La stimulation de l'investissement et de la compétitivité furent une priorité pour les autorités publiques, traduite par les nouvelles dispositions législatives dans le dernier code des investissements (1993), et la création d'un dispositif d'encouragement des investissements à savoir : L'agence de promotion, de soutien et de suivie des investissements APSI qui a pour vocation l'octroi des avantages douaniers et fiscaux en faveur des nouveaux projets.

Au niveau de cette agence, l'octroi des avantages à un projet nécessite de faire une évaluation. Cependant les règles de choix et les critères de décision ne répondent pas aux objectifs attendus. En effet c'est en se référant à une grille basée sur des critères jugés susceptibles de traduire les objectifs des pouvoirs publics (à savoir : Le montant de l'investissement, l'emploi, la part des fonds propres, le taux d'intégration matérielle et le taux d'intégration d'exploitation) que la demande d'octroi des avantages à un projet est acceptée ou non.

La rentabilité financière est loin d'être décisif dans ce choix, et l'étude du risque quant à elle est absente, que se soit au niveau de l'APSI ou au niveau des promoteurs.

La conjoncture actuelle a fait de l'Algérie un pays risqué pour les investissements (selon le dernier rapport de la COFACE). De ce fait, il importe de donner beaucoup plus d'importance aux études du risque, qui représente l'une des préoccupations actuelles des dirigeants de l'APSI, qui veulent se doter d'un modèle d'études pour aider leur prise de décision.

Le présent travail s'inscrit dans ce cadre et se fixe comme objectif de mettre en place un tel modèle et un outil de quantification du risque, en se basant sur une étude présentée à l'APSI en 1997 par l'entreprise nationale des gaz industriels (ENGI), et faisant l'objet d'un projet d'extension pour la production et la distribution du gaz carbonique, dans trois localités : Alger, Arzew, et Skikda. La méthode d'approche retenue en vue de répondre à l'objet de ce travail est la suivante :

- Au niveau d'une première partie consacrée à l'approche théorique du problème, nous évoquons :
  - Dans un premier chapitre l'essentiel des étapes nécessaires à la formulation d'un projet.
  - L'inventaire des techniques et méthodes de l'évaluation financière d'un projet d'investissement dans un environnement certain est présenté dans un deuxième chapitre.
  - Et un troisième chapitre qui prend compte le risque, ses méthodes et sa justification.
- Au niveau de la deuxième partie nous avons essayé d'appliquer les notions théoriques développées dans la première partie sur le cas pratique, et ceci en faisant :
  - Une évaluation financière du projet par les critères "classiques" c'est à dire dans un environnement certain (sans tenir compte du risque), c'est l'objet d'un premier chapitre.
  - Le deuxième chapitre introduit la notion de l'incertitude liée à l'environnement et à toute activité économique, en faisant une analyse de variabilité par la méthode du point mort ainsi qu'une analyse de sensibilité des différents composants du projet, le choix des scénarios est fait d'une manière subjective et restreinte. Une probabilisation des paramètres du projet est faite en vue de quantifier le risque. Le choix des scénarios devient aléatoire et l'appel à la simulation, par la méthode de monté Carlo, devient indispensable.



***ETUDE  
THEORIQUE***

## **Introduction :**

La décision d'investir est une décision stratégique pour l'entrepreneur, car elle l'engage sur le long terme et nécessite un sacrifice de ressources énormes, c'est pour cela qu'il faut s'assurer que la dépense initiale va générer des recettes plus importantes, c'est en effet l'objet de l'évaluation financière qui constitue un outil indispensable pour étudier la rentabilité d'un projet d'investissement.

Dans cette partie, nous allons introduire les notions théoriques concernant l'évaluation financière d'un projet d'investissement, il s'agit de :

- Présenter l'investissement : Ses définitions, ses types son importance et sa complexité.
- Enumérer les méthodes classiques d'évaluation de projets dans un environnement certain.
- Introduire la notion du risque dans la décision d'investir et citer les outils d'évaluation appropriés à l'environnement incertain.

## **Chapitre I - l'investissement. Définitions, natures, importance et décision**

L'investissement est un concept très vaste, dont les différents aspects et l'importance pour l'entrepreneur, méritent le rappel de quelques définitions.

### **I.1-Définitions** :[BOU 98]

On peut définir l'investissement selon trois optiques :

**I.1.1-Comptable** : " l'investissement est constitué de tout bien meuble ou immeuble, corporel ou incorporel, acquis ou créé par l'entreprise, destiné à rester durablement sous la même forme dans l'entreprise ".

**I.1.2-Economique** : " tout sacrifice des ressources fait aujourd'hui dans l'espoir d'obtenir dans le futur, un résultat certes étalés dans le temps, mais d'un montant total supérieur à la dépense initiale ". [PCN, 89]

**I.1.3-Financière** : c'est la moins restrictive, "c'est un ensemble de dépenses générant sur une longue période des revenus tels que les remboursements de la dépense initiale sont assurés ".

L'investissement présente trois caractéristiques fondamentales : [DOR, 96]

- Il immobilise des ressources pour une longue période de façon quasi irréversible. Il accroît la productivité de l'entreprise mais, aussi l'alourdit (la productivité); plus l'investissement pour une même production est élevé, moins il y a de possibilité d'adaptation rapide en cas de changement de la conjoncture (problème de flexibilité).

- Il implique un arbitrage entre le présent et le futur : l'investissement est une dépense immédiate et des revenus étalés dans le temps, parfois sur de nombreuses années. Il faut renoncer à la satisfaction qu'aurait apporter l'argent investi s'il avait été consommé, pour un espoir de satisfaction plus grande dans le futur.

- Il comporte toujours une part de risque : en effet personne ne connaît l'avenir. Malgré la qualité des études et des prévisions, il n'est pas possible d'être assuré du revenu d'un investissement. Suivant les conditions réelles rencontrées, le résultat pourra être complètement différent de ce qui avait été prévu.

Le choix des investissements est fondamental et le plus grand soin doit être apporté aux études préparatoires qui permettront de réduire l'incertitude.

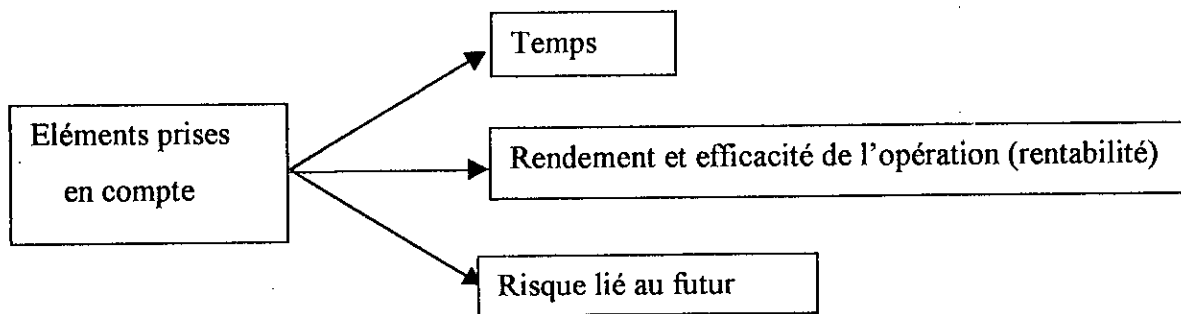


fig.I.1- les éléments à prendre en compte dans un investissement

### ***I.2-Natures d'investissement*** : [HOU,93], [CON,82], [DOR,96], [VED,85]

L'investissement pour l'entreprise correspond à des opérations qui peuvent être de natures très différentes, il est intéressant de les classer par grandes catégories, une distinction peut se faire :

- Selon leurs objets.
- Selon la chronologie des flux financiers qu'ils entraînent.
- Selon la nature de leurs relations dans un programme.

La classification présentée a un contenu opérationnel certain, dans la mesure où :

- L'objet de tout projet d'investissement résulterait des priorités stratégiques de tout opérateur économique.
- La chronologie des flux financiers engendrés par le projet permet de faire sa formalisation mathématique en vue de dépasser les approches en compte réductrices.
- La nature des relations entre projets d'un même programme permettrait de définir les contours du projet en vue de déterminer l'enveloppe financière globale du projet.



### ***1.2.1- Classification selon leurs objets :***

J. Dean est certainement l'auteur qui a le plus approfondi cette question. Pour lui, l'utilisation conjointe des cinq éléments suivants :

- La source des revenus de l'investissement ;
- L'orientation de la concurrence ;
- La forme de l'investissement ;
- Ses rapports avec le progrès technique ;
- L'aspect stratégique de l'investissement ;

permet de caractériser jusqu'à 250 types d'investissements, cependant quatre types sont les plus intéressants, il s'agit des : [GAL 81]

- Investissement d'expansions,
- Investissement de modernisation,
- Investissements sociaux et Investissements réglementaires.

#### ***1.2.1.1- Investissements d'expansions :***

Ce sont les investissements qui permettent d'accroître la production de l'entreprise. Cet accroissement peut se faire avec les produits déjà exploités, on parle alors d'investissement d'accroissement de capacité, ou avec d'autres produits, on parle alors d'investissement en produits nouveaux.

##### ***α- Projets de capacité :***

L'objet de ce type de projet est le changement de la taille de la production à partir d'une modification de la demande, il s'agit donc de déterminer une nouvelle capacité optimale de l'investissement.

Parmi leurs particularités, nous retrouvons comme points sensibles : l'incertitude du nouveau marché, l'intégration du coût du changement technologique. La répartition des charges entre l'ancien et le nouveau produit devient plus aiguë.

*b-* Projet de création de produits nouveaux :

Dans ce type de projet nous cherchons à mesurer la rentabilité d'un produit qui n'existe pas encore.

Il est possible que l'activité nouvelle absorbe un problème de répartition des charges déjà existantes. Les spécifications de ces investissements sont :

- L'existence d'un problème de répartition de charges entre l'activité nouvelle et ancienne.
- Le passage de l'idée du produit au produit lui-même, où il sera nécessaire de définir ses caractéristiques, son processus d'élaboration, puis de son écoulement.
- L'adaptation de la capacité de production et de son évolution aux exigences du marché.

*1.2.1.2- Investissement de modernisation :*

Ils ont pour objectifs d'améliorer le processus de production sans augmenter les quantités produites ; on distingue :

*a -* Les investissements de renouvellement :

Ils consistent à remplacer les matériels ou machines vétustes (ceux qui ne permettent plus d'obtenir les normes requises de production, de qualité ou de productivité de la machine neuve) ou ceux qui sont obsolètes (qui présentent des différences de productivité sensibles avec le matériel le plus récent), une telle opération entraîne des coûts spécifiques, qui peuvent avoir comme origine :

- L'adaptation des techniques.
- Les risques du rejet du milieu.
- Les lenteurs des démarrages.

*b-* Les investissements de productivité :

Dans ce cas l'entreprise cherche à mesurer l'opportunité d'un équipement, et non sa rentabilité.

La rentabilité du produit peut rester bonne et le changement d'équipement s'avère mauvais (et inversement). L'inconvénient de ce type d'investissement est de savoir quand faut-il remplacer l'équipement.

*1.2.1.3- Investissements sociaux et investissements réglementaires :*

Se sont les investissements qui s'imposent à l'entreprise (ou qui lui sont imposés) par l'environnement sans qu'ils apportent directement une augmentation de production ou un accroissement de productivité. Il s'agit essentiellement des investissements d'amélioration des conditions de travail ou de sécurité et des investissements destinés à éviter les nuisances.

L'étude de ces projets ne devrait être analysée que du point de vue de la collectivité par opposition à celui plus étroit du projet lui-même. Seule l'évaluation économique peut rendre compte de l'opportunité (ou du choix) de ces projets. Les coûts sont également un élément sensible en raison de leur caractère novateur. La rentabilité est calculée sur le très long terme.

*1.2.2- Classification selon la chronologie des flux financiers qu'ils entraînent :*

F. et V Lutz distinguent quatre sortes d'investissements à partir du critère de la chronologie des sorties et rentrées nettes de trésorerie, à savoir :

*1.2.2.1-Le Point input – Point output :*

Il correspond à une opération élémentaire avec une seule dépense initiale et une seule recette, il s'agit par exemple d'une opération de spéculation.

*1.2.2.2- Le Continuous input – Point output :*

Il est associé à une seule dépense initiale et à des recettes apparaissant au cours de plusieurs périodes successives.

*1.2.2.3- Le Continuous input – Continuous output :*

Il présente plusieurs dépenses et plusieurs recettes au cours du temps.

*1.2.2.4-Le Point input – Continuous output :*

Il se caractérise par plusieurs dépenses successives et une seule recette à la fin de l'opération.

Le schéma suivant met en relief les quatre cas :

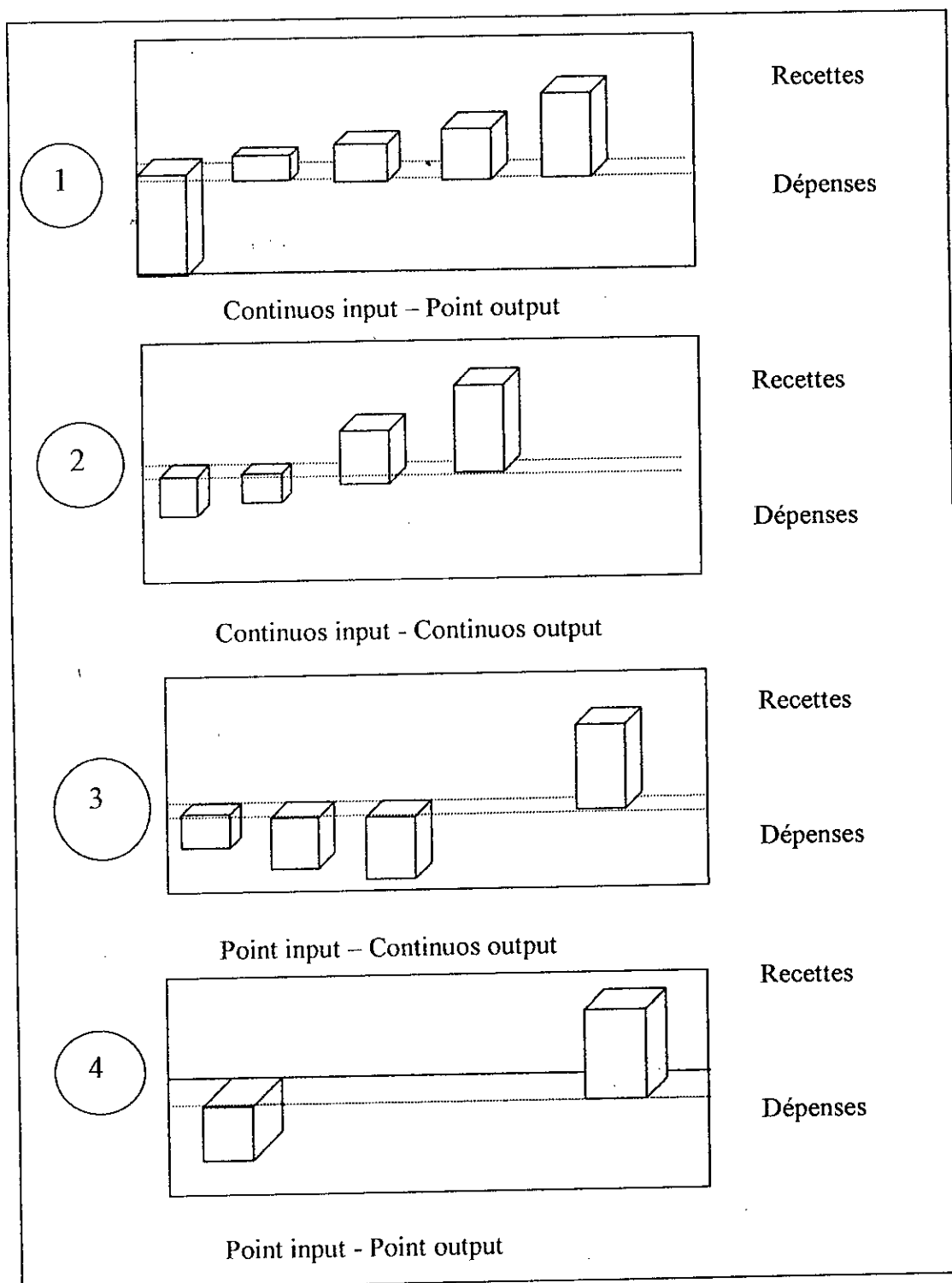


Fig 1.2-Classification selon l'échéancier de trésorerie.

### ***1.2.3- Classification selon la nature de leurs relations :***

C'est H.M.Weingartner qui est à l'origine de cette classification fondée sur le degré de dépendance réciproque entre les projets d'un programme d'investissement, distingue trois grandes catégories :

#### ***1.2.3.1- Projets indépendants :***

Dans ce type de projets, chacun d'entre eux peut être réalisé sans que soient nécessairement réalisées les autres et ainsi la rentabilité de l'un n'est pas modifiée par le fait que le second sera ou non réalisé .

#### ***1.2.3.2- Projets dépendants :***

Ce sont des projets qui utilisent une même ressource dont la quantité est limitée (terrain, matière première, ...), et le choix de l'un entraîne le choix de l'autre.

Lorsque deux projets dépendants sont tels que la réalisation du premier permet d'améliorer les revenus du second, on dit qu'ils sont complémentaires.

La complémentarité peut être dans l'espace et/ou dans le temps, dans ce dernier cas ils seront dits successifs.

***1.2.3.3- Projets exclusifs :*** dans ce cas on est en présence de plusieurs variantes pour réaliser la même opération commerciale ou industrielle où le choix de l'un exclut le choix de l'autre.

Ces distinctions académiques sont nécessaires, car dans la réalité :

- Les opportunités d'investissement sont nombreuses.
- Les ressources sont limitées.

### ***1.3-Importance et complexité de la décision d'investir : [BOUG,98]***

#### ***1.3.1- Importance de l'investissement :***

Il est utile de rappeler que l'investissement est une décision importante pour au moins quatre raisons :

- A long terme, il constitue le moteur unique de croissance et de survie ;
- Il absorbe des ressources importantes ;
- Il s'agit souvent d'un engagement à moyen et long terme irréversible ;

- Il conditionne enfin, l'image de marque de l'entreprise en raison de l'influence de l'environnement économique et financier.

**I.3.2- Complexité de la décision d'investir :**

Les principales difficultés relevées lors de la mise en œuvre de la décision d'investir peuvent se résumer ainsi :

- Informations chiffrées souvent difficiles à réunir.
- Difficulté de coordination dans tous les rouages des opérateurs ;
- Difficultés d'application de certains calculs financiers ;
- Appréciation du risque difficile.

D'où la nécessité d'une approche systématique nécessaire quant à la réussite d'un projet. La déception provient souvent des décisions prises à la hâte et sans fondements

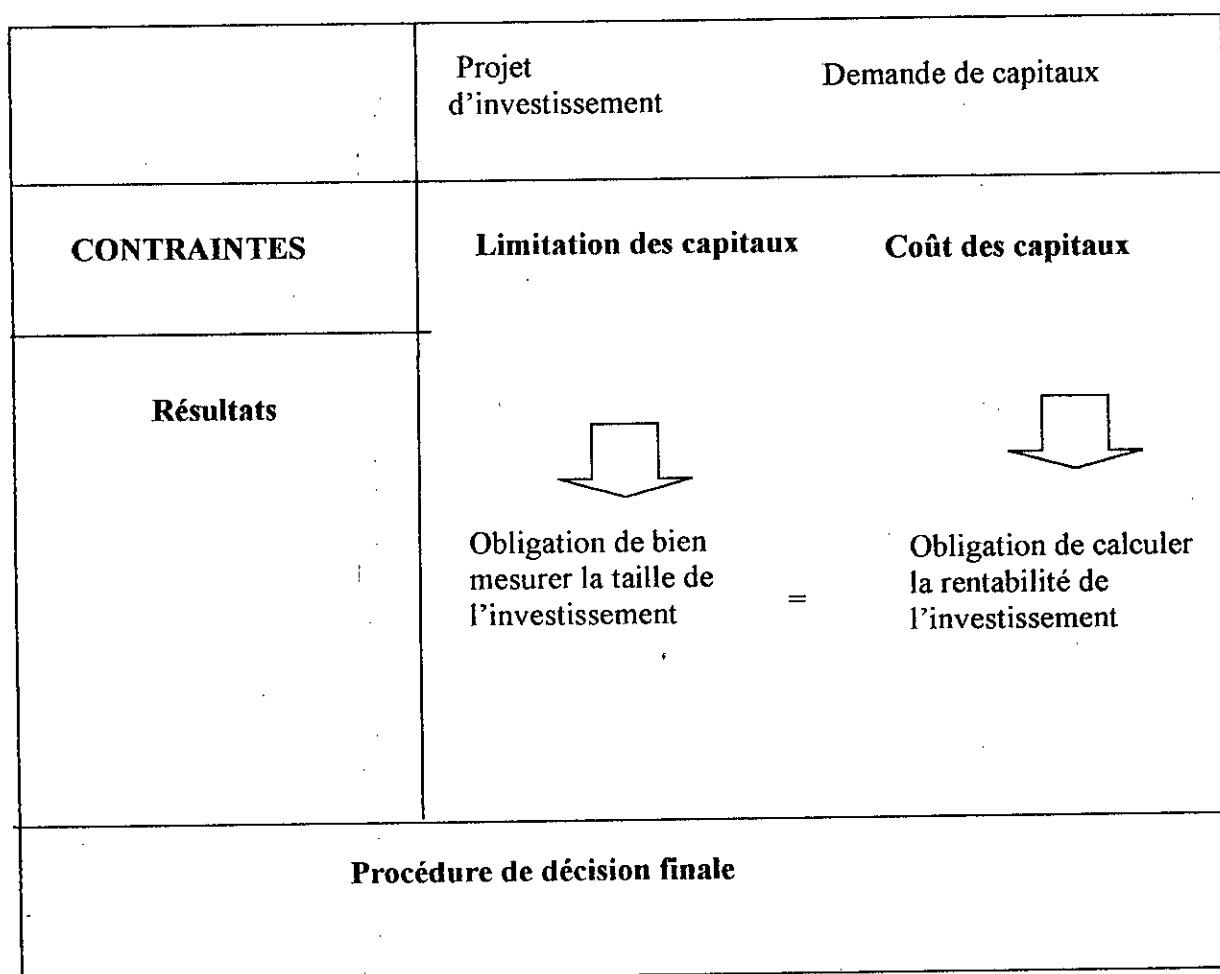


Fig.1.3.Démarche pour une décision d'investir

#### **I.4- Nécessité d'une démarche : [BOUG 98], [LEE 97]**

L'investissement constitue une décision au présent qui engage l'avenir en tenant compte :

- De l'environnement de l'opérateur.
- Des forces et faiblesses de l'opérateur.
- Des perspectives de marché et des réactions de la concurrence
- Du positionnement de l'entreprise sur ses segments d'activité.
- Des objectifs de l'opérateur.

L'adoption d'une démarche systématique va permettre de décomposer en plusieurs étapes successives la décision d'investissement :

- Il convient au préalable de se situer vis-à-vis de l'environnement interne et externe de manière à rechercher des initiatives d'investissement susceptibles d'augmenter les points forts et de gommer, en tout ou en partie les points faibles de l'entreprise. C'est par cette étude que l'on découvrira des projets conformes aux objectifs et aux orientations stratégiques de la firme. C'est la phase de « situation préparation ».

- Il s'agit alors d'entreprendre toute une série d'études (commerciales, techniques, ...) dont l'objet primordial consiste à collecter des données (par nature prévisionnelle). Les informations ainsi recueillies seront notamment résumées dans une évaluation financière centrée sur les flux et sur les opportunités de financement. C'est la phase de « construction élaboration » du projet et du dossier.

- Il importe par la suite de se doter de critères de choix et de règles de décision. Sur le plan financier, l'étude porte sur les aspects de la rentabilité et du risque. Il y a cependant lieu de considérer d'autres éléments et d'autres critères utiles dans la prise de décision. C'est la phase « analyse – décision » dont l'aboutissement est l'approbation ou le rejet du projet.

- Il reste, en cas d'acceptation, à promouvoir l'investissement c'est à dire à le lancer et à l'exécuter. On veillera toutefois à établir auparavant un calendrier budgétaire, c'est la phase de « budgétisation- planification ».

- Enfin, il sera nécessaire de contrôler la bonne marche du projet, et la confrontation des objectifs et des résultats.

## Chapitre II : Evaluation et comparaison des projets d'investissement :

### II.1-Introduction :

L'analyse financière d'un projet permet d'analyser si le projet est viable, et dans quelles conditions le serait-il compte tenu des normes et des contraintes qui lui sont imposées, et à partir des études techniques et commerciales déjà réalisées. Elle consiste à valoriser les flux résultant des études précédentes pour déterminer la rentabilité et le financement du projet.

Au même titre que tout problème financier, l'étude financière d'un projet d'investissement impose une double contrainte :

- Contrainte de liquidité : il s'agit d'une dépense immédiate avec des recettes échelonnées dans le temps ;
- Contrainte de rentabilité : il s'agit d'une immobilisation de fonds impliquant un coût à couvrir.

A l'échelle de l'entreprise, le problème de la liquidité comporte 2 niveaux :

- Le premier niveau est lié à l'équilibre de chaque projet ;
- Le deuxième niveau est lié à l'équilibre même de l'entreprise (collecte des fonds nécessaires sous peine de déséquilibre).

Les questions auxquelles on doit répondre sont les suivantes :

- Parmi les diverses possibilités qui sont offertes, quelle est la *meilleure* en fonction de critères à préciser ?
- La variante la meilleure étant définie, est-elle *suffisamment intéressante* pour justifier la dépense initiale ?

L'analyse financière d'un projet comporte quatre volets essentiels :

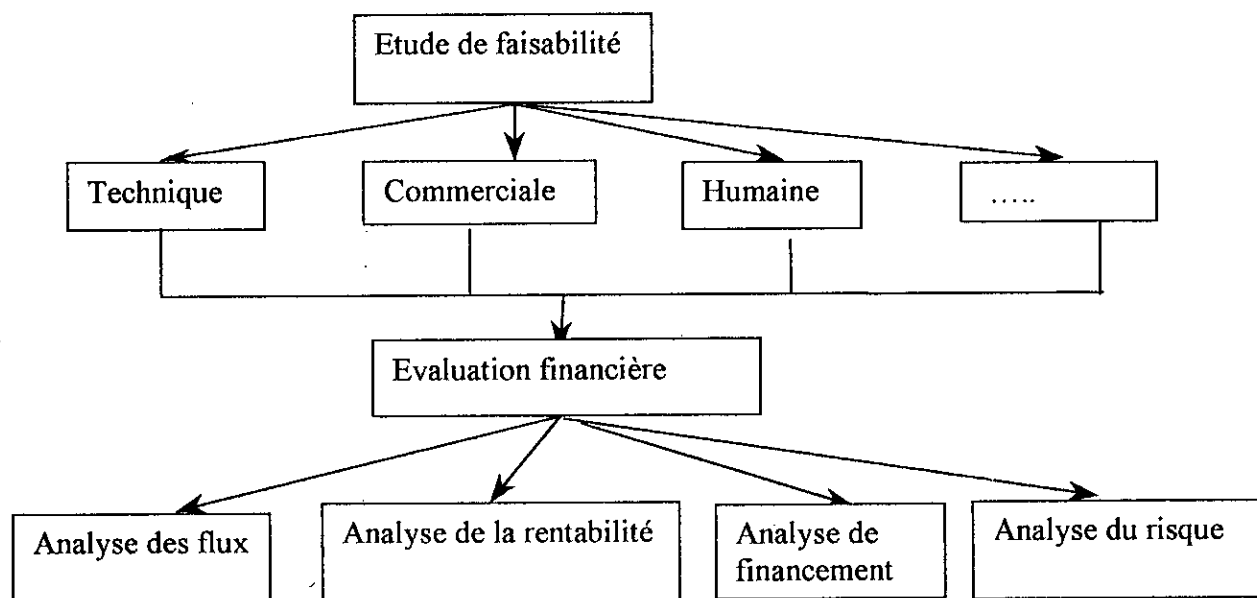
- Il s'agit d'abord d'opérer à la synthèse ou au regroupement de toutes les données recueillies à l'occasion des autres études (commerciale, technique, ...) de faisabilité du projet, cette synthèse permet de déterminer et d'analyser les flux et paramètres financiers qui doivent être mises ensemble en vue d'effectuer des calculs de rentabilité.

- Il faut ensuite développer et appliquer des méthodes aptes à évaluer concrètement la rentabilité du projet et à établir des critères quantitatifs d'acceptation ou de rejet de ce dernier.



- Il importe alors d'apprécier le risque du projet, de mettre en œuvre des techniques capables de décrire et de mesurer ses incidences sur la rentabilité ; cette analyse est appelée à formuler des critères d'acceptation ou de rejet fondé sur la double approche rentabilité –risque.

- Il s'agit enfin de rechercher les financements les plus opportuns, d'estimer leurs coûts et surtout d'équilibrer globalement les besoins et les ressources de fonds. Le schéma ci –dessous situe le contenu et la place de l'évaluation financière dans le cadre de l'étude de faisabilité d'un projet.



*Fig. II.1 – place de l'évaluation financière dans l'étude de faisabilité*

Par conséquent nous cherchons un critère qui nous permet de répondre clairement aux deux questions précédentes et résumer en un seul chiffre tous les renseignements dont la connaissance est nécessaire pour une prise de décision correcte. Ce critère doit être applicable à n'importe quel type de projet d'investissement, et être assez simple et rapide à calculer.

Compte tenu de ces remarques, nous présentons ici les critères de décision répondant aux condition que nous sommes fixées.

## II.2- La détermination des flux et paramètres financiers : [LEE, 87]

L'analyse financière d'un projet exige que toutes les données et informations recueillies lors des études techniques, commerciales, soient regroupées par des variables globales et significatives qui, mises ensemble, doivent permettre de mesurer la rentabilité du projet. Il s'agit en fait des éléments suivants :

- Les capitaux investis : cette variable représente l'estimation des fonds consacrés à la réalisation matérielle de l'investissement.

- La durée de vie : c'est un concept qui paraît simple, mais son évaluation est complexe, car les critères susceptibles de la fixer sont nombreux : durée de vie physique (équipements), durée de vie économique (produit), horizon pour lequel les prévisions raisonnables sont possibles.

- Les flux annuels de revenus : ce paramètre désigne les revenus que l'entreprise s'attend à recevoir de l'exploitation de l'investissement.

- Les flux de revenus sont appelés "cash flow " et parfois "marge brut d'autofinancement ".

Divers critères peuvent être présentés pour apprécier les avantages et les inconvénients d'un projet. Comme il s'agit essentiellement de l'immobilisation de capital sur une longue période, le critère de la rentabilité semble s'imposer, en effet, des critères quantitatifs ont été élaborés pour évaluer la performance financière d'un investissement, et ainsi répondre aux questions :

- Le projet est-il *acceptable* ? , Ou bien, faut – il investir ?

- Quand il faut choisir entre deux projets *mutuellement exclusifs*, lequel faut –il choisir ?

Les principales méthodes d'évaluation de la rentabilité sont réparties en deux grandes catégories selon qu'ils utilisent ou non la technique de l'actualisation.

## II.3-Les critères d'évaluation classiques : [HOU, 93], [GAU, 84], [BAB, 90]

Les critères classiques d'évaluation des projets abordent à la fois les problèmes de rentabilité (méthodes comptables ) et de liquidité (période de remboursement ou de récupération), les plus utilisées sont :

### II.3.1- Le taux de rendement comptable :

*a- Définition* : Le taux de rendement comptable d'un projet d'investissement est égal au rapport du flux de trésorerie moyen (cash flow moyen ) au coût initial de l'investissement.

Il est donné par la formule suivante :

$$TRC = \frac{\text{cash flow moyen}}{\text{investissement initial}}$$

*b- Règles de décision :*

- Si le taux de rendement comptable du projet dépasse le seuil (défini par l'entreprise), le projet est accepté.

- Si plusieurs projets sont en concurrence, on préfère le projet dont le taux de rendement comptable est le plus élevé.

*c- Limites :*

- Ce critère ignore la valeur temporelle de l'argent en raisonnant sur des moyennes et ne pratiquant pas l'actualisation.

- Il ignore le taux d'opportunité des placements disponibles.

- Il requiert la fixation d'un seuil qui est soit inadéquat, soit arbitraire.

**II.3.2- Le délai de récupération :**

*a- Définition :*

Le délai de récupération d'un investissement est le nombre d'années nécessaires pour que les encaissements cumulés compensent le montant de l'investissement initial.

Il est donné par la formule :

$$D.R = \frac{\text{dépense initial } I_0}{\text{cashflow moyen}}$$

*b- Critères de décision :*

L'investissement le plus avantageux est celui dont la période de récupération est la plus courte.

*c- Avantages et inconvénients :**Avantages*

- Il est extrêmement facile de le calculer et par conséquent il peut se servir comme méthode expéditive pour éliminer tout projet dont la perspective est si médiocre que l'emploi des méthodes d'analyse plus raffinées n'est pas justifié.

- Le temps de récupération peut être un critère de choix adéquat pour les entreprises qui possèdent de nombreuses possibilités d'investissement mais qui sont limitées en moyen de financement.

- Ce critère peut être utilisé pour juger de la qualité d'investissements extrêmement risqués (risque d'obsolescence, risque politique, risque financier).

*Inconvénient :*

- Cette méthode ignore la répartition dans le temps des revenus, elle donne un poids trop lourd à la rentrée rapide des bénéfices tendant à dire que celle-ci est le seul but du projet.

- Elle ignore le bénéfice global d'une opération d'investissement.

- Elle ne tient pas compte de la durée de vie du projet, en effet elle ignore ce qui se passe après ce délai.

Le schéma ci-dessous montre que le projet 2 récupère mieux que le projet 1 (car la même somme est disponible plutôt), alors que ces projets ont le même délai de récupération.

Flux récupéré

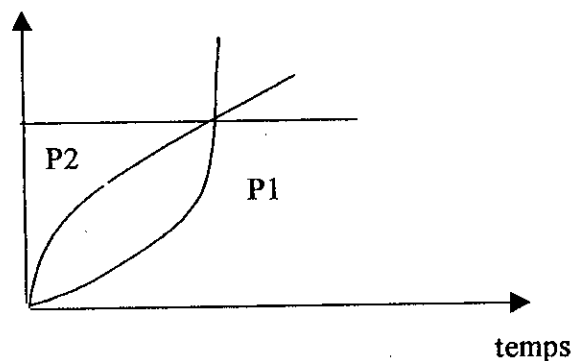


Fig. II.2 – limites du délai de récupération

## II.4- Les techniques et méthode d'actualisation :

### II.4.1-L'actualisation :

#### a- Intérêt : [HOU, 93]

Les techniques d'actualisation ont été développées depuis fort longtemps par les économistes ; Néanmoins leur mise en œuvre au niveau des entreprises est récente. L'intérêt de cette méthode réside dans la prise en compte du temps qui est un paramètre essentiel de la décision d'investir.

Deux idées peuvent nous démontrer l'intérêt de ces méthodes :

- 1<sup>ère</sup> idée : En raison de la perte de valeur de la monnaie, les revenus tirées des différentes périodes n'ont pas la même valeur.

Pour pouvoir les comparer ou les additionner, il faut les ramener à la période initiale. Pour ce faire, un taux de dépréciation monétaire appelé taux d'actualisation est utilisé.

- 2<sup>ème</sup> idée : Même en l'absence de dépréciation monétaire, il existe une dépréciation du futur.

Les individus préfèrent généralement disposer d'un bien immédiatement qu'à terme. Un taux d'actualisation (positif) exprime la préférence pour l'immédiat, des agents économiques.

#### b- Capitalisation et actualisation :

La capitalisation est le terme financier pour désigner l'opération consistant à déterminer le montant obtenu grâce au placement d'une certaine somme d'argent pendant une période donnée : ainsi la capitalisation d'une somme  $S_0$  au taux  $i$  pendant un an permet d'obtenir le montant  $S_1$  défini comme suit :

$$S_1 = S_0 * (1+i).$$

Si la somme  $S_0$  est capitalisé pendant deux ans, on obtient :

$$S_2 = S_0 (1+i)^2.$$

plus généralement, si la somme  $S_0$  est capitalisé pendant  $N$  années on aura :

$$S_n = S_0 (1+i)^n.$$

L'actualisation est l'opération inverse de la capitalisation, elle consiste en fait à déterminer la valeur présente dite valeur actuelle  $S_0$  d'une valeur futur  $S_n$ , moyennant un taux d'actualisation  $i$ , elle est donnée par :

$$S_0 = \frac{S_n}{(1+i)^n}$$

On peut dire en conclusion que :

- L'actualisation et la capitalisation utilisent le même raisonnement et conduisent aux mêmes conclusions
- Cette identité n'est valable que si le taux d'actualisation est égal au taux de placement.
- Les taux dans les deux cas représentent bien le prix du temps, ce qui nous amène à préciser la détermination du taux d'actualisation.

#### c - Choix du taux d'actualisation :

Le taux d'actualisation exprime le prix du temps, comme le taux d'intérêt des emprunts et des installations ; C'est la raison pour laquelle le taux d'intérêt a longtemps servi de référence unique au choix du taux d'actualisation.

Ce qui distingue l'opération d'actualisation de celle du placement est essentiellement le risque pris en les réalisant. Le placement peut être réalisé avec une grande certitude de résultat, alors que les prévisions des revenus de l'investissement sont très aléatoires. C'est cet aspect (le risque) qui, aujourd'hui est généralement intégré au calcul du taux d'actualisation.

Les différents éléments qui influencent le choix du taux d'actualisation sont :

- Le rendement attendu de l'argent : c'est la référence de base comme élément d'opportunité à l'opération d'investissement.
- Le coût de financement : il correspond à la rentabilité minimale à atteindre puisque l'effet de levier devient défavorable et l'endettement inintéressant ou dangereux.
- La durée de l'étude : elle exprime la durée minimale d'engagement du réalisateur dans le projet. Elle correspond normalement à la durée des amortissements et donc aussi à la durée d'indisponibilité ou de privation du financier, comme dans une opération de placement à terme.
- L'inflation : même si l'étude est en monnaie constante, l'inflation augmente la préférence pour l'immédiat et modifie les risques ; en fonction, des capacités du projet à répercuter les hausses de coûts ou même à bénéficier d'avantages supplémentaires.

- Les risques liés au projet : ces risques traduisent les possibilités d'échec du projet, c'est donc le point essentiel à mesurer et à intégrer à la décision ou même à la stratégie de réalisation.

*d- Détermination du taux d'actualisation : [HOU, 93]*

Le taux d'actualisation exprime la rentabilité minimale attendue de l'investissement, pour le déterminer, nous pouvons partir en premier lieu, du taux moyen des placements sans risque (les emprunts d'état par exemple), rajoutons en second lieu une prime de risque propre au projet et son environnement ; les primes suivantes sont généralement admises :

- 2% pour des projets peu risqués
- 5% pour des projets assez risqués
- 10% pour des projets très risqués.

#### **II.4.2- La valeur actuelle nette V.A.N :**

*a- Définition :* La valeur actuelle nette d'un projet est l'excédent cumulé des flux nets de trésorerie (cash flow nets) actualisés calculés sur toute la durée de vie de l'investissement, sur le montant du capital initialement investi  $I_0$ .

elle est donnée par la formule suivante :

$$VAN = \sum_{t=1}^N \frac{CF(t)}{(1+i)^t} - I_0.$$

Tel que :

CF : cash flow prévu à l'année t.

i : taux d'actualisation.

N : durée de vie.

$I_0$  : coût de l'investissement initial.

t : année d'exploitation.

- L'application de la méthode de la VAN suppose qu'il existe un marché parfait du capital où les conditions suivantes seraient réalisées :

- Il existe à chaque instant un taux unifié  $i$  qui, résulte de la confrontation de l'offre et de la demande de capitaux. Ce taux est le même pour le prêteur et l'emprunteur, l'opération de prêt se réalise sans aucun intermédiaire.

- Au taux  $i$  qui s'établit sur le marché, il est possible d'emprunter toutes les sommes désirées ou de placer toutes les sommes disponibles.

l'application de la méthode de la VAN suppose connus :

- Les recettes et les dépenses d'investissement et d'exploitation.
- La période pour laquelle seront effectués les calculs.
- Le taux d'actualisation.

*b- Critères de décision :*

Dans le cas où un seul projet serait envisagé, le critère décision apparaît très simple :

- Si la VAN est positive le projet est accepté.
- Dans le cas contraire il est rejeté.

Dans le cas où plusieurs projets seraient en concurrence, le projet retenu est celui dont la VAN est la plus élevée (à condition bien sûr quelle soit positive ).

*c- Avantages et inconvénients :*

*Avantages ::*

- Elle tient compte de toute la durée de vie du projet.
- Elle prend en considération la notion du temps puisqu'elle actualise les cashs flow nets futurs par un taux d'actualisation.
- Elle mesure la contribution du projet à la valeur de l'entreprise.

*Inconvénients :*

- La VAN est un critère peu parlant, du fait que les dirigeants préfèrent utiliser des ratios plutôt que des valeurs vagues.
- Elle ne permet pas de comparer les projets mutuellement exclusifs ou de classer un ensemble de projets par ordre d'intérêt économique.



Afin de pallier cet inconvénient on peut utiliser un autre critère appelé *l'indice de rentabilité* exprimé ainsi :

$$I.R = \frac{\sum \text{revenus actualisés}}{\text{dépenses d'investissement}}$$

- Tout projet dont l'indice de rentabilité est supérieur à 1 est rentable.

On peut démontrer que l'indice de rentabilité constitue l'inverse de la période relative de récupération (période de récupération exprimé en pourcentage de la durée de vie de l'investissement).

#### II.4.3- Le taux de rentabilité interne :

##### a- Définition :

Cette méthode est issue directement de celle de la valeur actuelle nette, il s'agit de rechercher le taux d'actualisation permettant d'égaliser l'investissement initial  $I_0$  et la valeur actuelle des revenus nets attendus, elle s'exprime par la relation suivante :

$$I_0 = \sum_{t=1}^N CF(1+i)^{-t}$$

Dans laquelle  $i$  est l'inconnu ?

A ce taux  $i$  ou TRI, la valeur actuelle nette du projet est nulle, le projet ne laisse donc aucun excédent disponible.

##### b- Critères de décision :

- Dans le cas où un seul projet est à l'étude, le projet est accepté si son TRI est supérieur à un taux de référence choisi par l'entreprise qui peut être le taux de placement sans risque, le coût du capital ou le coût de financement du projet.

- Dans le cas où plusieurs projets sont en concurrence, le projet à retenir est celui dont le TRI est le plus élevé.

##### c- Avantages et inconvénients :

###### Avantages :

Le taux de rentabilité interne donne des renseignements sur le taux d'intérêt maximum des emprunts que l'on peut contracter pour le projet à réaliser sans qu'il se trouve en difficulté.

**Inconvénients :**

Le TRI ne peut s'appliquer à coup sûr quand il existe pendant la période d'exploitation du projet des cash flow nets négatifs.

Ce critère ne traduit pas directement les préférences du décideur en ce qui concerne la durée de vie du projet.

**II.4.4- Comparaison entre les méthodes de la VAN et le TRI : [BOUG, 98], [CON, 84]**

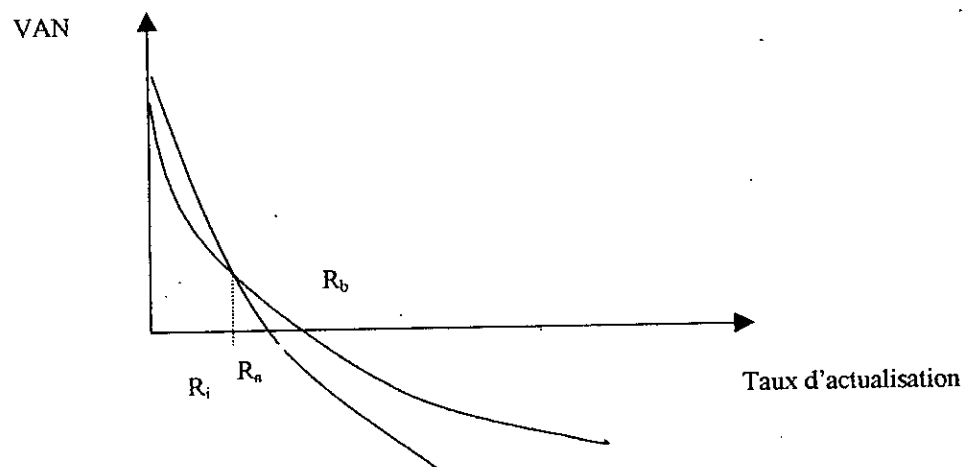
Le TRI est issu directement des développements de la méthode de la VAN d'un projet, les deux méthodes n'ont pas toutefois la même signification et ne donnent pas les mêmes résultats.

Si le problème soulevé porte sur la décision à l'égard d'un projet indépendant voire contingent, les deux méthodes donnent la même indication d'abandon ou d'acceptation pour un taux donné.

Par contre si l'on présente deux projets mutuellement exclusifs A et B, leurs taux de rentabilité sont différents :

Pour le projet A :  $r_a$ , Pour le projet B :  $r_b$ .

Par ailleurs il existe un taux pour lequel les valeurs actuelles nettes sont égales, ce taux  $r_i$  est appelé taux d'indifférence ou taux pivot.



*Fig. II.3 conflit entre VAN et TRI*

on a :

$$0 < i < r_i \Rightarrow VAN A \geq VAN B$$

$$i = r_i \Rightarrow VAN A = VAN B$$

$$i \geq r_i \Rightarrow VAN A \leq VAN B$$

Il y a donc conflit de critère entre VAN et TRI, ce conflit retrace, en premier lieu, l'opposition classique entre un taux et un flux. En second lieu, il est plus intéressant de considérer que les deux projets n'ont pas le même profil de rentabilité.

On peut démontrer que la méthode du TRI est un critère qui tient compte de la liquidité (plus le TRI est élevé, plus la période de remboursement est courte) c'est ce qui explique le fait que l'inverse du délai de récupération est souvent proche du TRI.

### ***II.5-Comparaison entre les méthodes : [BEN, 91]***

Si l'on fait abstraction des facteurs extra-économiques ignorés durant la durant le calcul des recettes et des dépenses, le choix entre deux investissements est le choix entre deux suites de revenus, comportant un ou plusieurs termes dans les périodes de réalisation et des termes positifs dans les périodes d'exploitation. La comparaison de ces deux suites de revenus implique l'existence d'un critère de choix.

Certains auteurs ont suggérer de classer les investissements en fonction du délai de récupération du capital investi, l'utilisation de ce critère à l'idée simple qu'un investissement est d'autant plus intéressant que ses excédants d'exploitation permettent de rembourser le capital mis en œuvre pour le réaliser. La notion du délai de récupération bénéficie de son extrême simplicité d'application, cependant ce critère n'est pas seulement simple, il est plutôt simpliste parce qu'il accorde la même valeur aux excédents de recettes concourant à la récupération du capital quelle que soit la date à laquelle ces excédents apparaissent, de plus, ce critère ignore totalement l'importance des excédents des recettes de chaque projet après la fin du délai de récupération.

Le bénéfice actualisé maximum, que nous considérons comme le meilleur des critères, par contre, permet de comparer des échéanciers de valeurs, que le bon sens ne suffit pas à classer les uns par rapport aux autres en raison du rythme différent des échéances. Ce critère établit non seulement un ordre de préférence, mais une métrique, en permettant de dire, par exemple qu'une suite de revenus une valeur double d'une autre suite. La mise en œuvre de ce critère présuppose la connaissance d'un taux d'actualisation, faisant intervenir le taux d'intérêt comme facteur de choix. Il peut arriver cependant que par suite notamment de l'imperfection ou de l'absence du marché financier, il n'y ait pas accord général sur la valeur à donner au taux d'actualisation.

Le TRI peut être alors de quelques utilités, car il donne au moins une indication qualitative de la valeur d'une opération d'investissement : un taux élevé garanti un bénéfice positif même si le coût du capital devient très élevé. Il y a de ce fait une présomption de concordance du TRI et de la valeur d'une opération. A première vue, le classement des investissements en fonction de leur TRI a l'avantage de n'exiger aucune hypothèse sur les prix présents et futurs du capital.

Le critère de la VAN est par conséquent, le plus acceptable. Mais le TRI devrait être également calculé d'autant puisqu'il représente la mesure du rendement de l'investissement, ce n'est pas valide en général, l'investissement ayant le rendement le plus le plus élevé n'étant pas le meilleur choix.

Les critères calculant un taux de profit en comparant un bénéfice net ou brut au montant total de l'investissement pourront être considérés comme une première approximation au stade d'un avant - projet, mais ne serait une comparaison valable de différentes variantes ou de différents projets.

## **II.6 - La coordination des plans d'investissement et de financement : [LEE, 87], [CON, 84]**

L'analyse de financement d'un projet a pour objectif de rechercher les fonds nécessaires à la réalisation et à l'exploitation de l'investissement, elle aboutit à la construction du plan financier qui consiste à établir la synthèse pluriannuelle des besoins et ressources prévisionnelles de financement et à incorporer des besoins et ressources prévisionnels de financement et à incorporer des propositions de financement susceptibles de faire concorder et d'équilibrer définitivement les éléments des besoins et de ressources de l'entreprise pendant toute la durée de vie estimée de l'investissement.

Les besoins de fonds proviennent pour l'essentiel des capitaux investis dans le projet (immobilisation et besoins de fonds de roulement), ce que l'on appelle souvent le plan d'investissement, il faut ajouter les excédents brut d'exploitation négatifs et le paiement des impôts.

Les ressources sont d'abord issues de l'exploitation de l'investissement sous la forme des excédents bruts d'exploitation qui forment l'autofinancement, elles sont ensuite enrichies par la valeur résiduelle à la fin de la durée de vie de l'investissement. On dit que ces ressources sont internes parce qu'elles sont directement et spécifiquement procurées par l'investissement.

Dans la mesure où les besoins de fonds totaux sont supérieurs au montant des ressources internes ainsi retirés, il y a une différence qui désigne le déficit de solde de financement qu'il faudra couvrir par le recours à des ressources externes : capital, emprunt à long terme, crédit bail, crédit bancaire à court terme, ....

Concrètement il faudra rechercher la combinaison des ressources externe qui en minimise le coût et en répartit les charges correspondantes le plus efficacement possible dans le temps (montant, coût, durée, ...) c'est cette combinaison qui porte le nom du plan de financement.

Il est à noter que le plan de financement génère à son tour des besoins de fonds supplémentaires : remboursement et frais financier, ainsi, la coordination des plans

d'investissement et de financement se réalisera progressivement jusqu'à l'équilibre final entre les besoins totaux et les ressources totales.

Quand les projets d'investissement sont importants, il est recommandé de tester plusieurs scénarios de financement et de réaliser les planifications financières correspondantes : ceci permet d'effectuer une analyse de sensibilité qui peut fournir des indications intéressantes sur le plan du risque. Dans le même ordre d'idées, il peut être utile de faire varier les données du plan d'investissement et, dès lors, de simuler le plan financier.

Il va de soi qu'il est de la plus haute importance de déterminer dans quelle mesure un projet peut être financé par des emprunts ou par des capitaux propres ou encore par la combinaison des deux moyens.

En effet, les fonds propres procurent le droit à la propriété et au pouvoir. Le plus intéressant est qu'il s'agit de capital à risque et non exigible en cas de déconfiture du projet. L'emprunt évite de devoir exposer ses propres capitaux plus que nécessaires, mais il coûte cher.

Ce sont essentiellement les futures conditions de rentabilité, ainsi que la disponibilité des capitaux propres qui dictent la structure la plus souhaitable des capitaux permanents, reste à savoir si la structure la plus souhaitable peut réellement se réaliser.

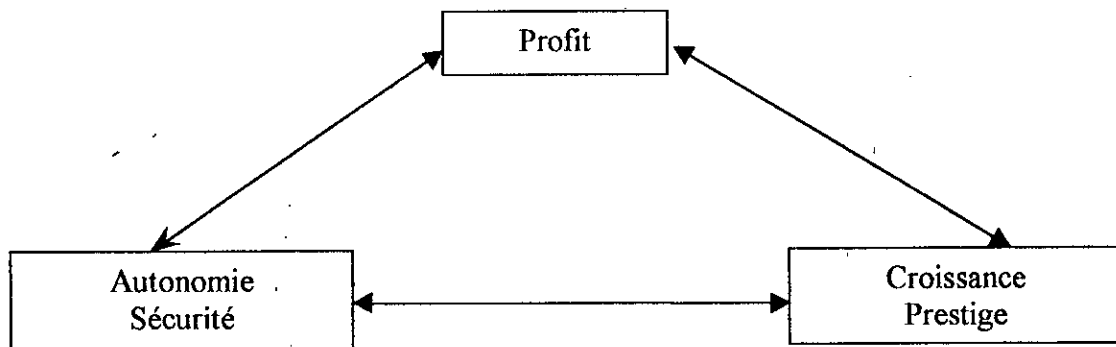
La réponse dépendra de la nature du procédé et du produit manufacturé, du rapport entre investissement initial et dépenses opérationnelles, de la spécificité et de la durée de vie économique des équipements à mettre en œuvre ainsi que de toute une série d'autres conditions.

Des modèles sont élaborés, on donne à titre d'exemple le schéma suivant :

		Procédé	
		Nouveau	Connu
Produit	Connu	80% fonds propres 20% emprunt	50% fonds propres 50% emprunt
	Nouveau	50% fonds propres 50% emprunt	80% fonds propres 20% emprunt

Fig. II.4 – Modèle de financement

Les choix stratégiques peuvent aussi décrire la structure du financement, ainsi s'agit-il pour l'entreprise de privilégier la croissance ou de privilégier son autonomie ? . Dans le cas où l'entreprise veut privilégier son autonomie, on décidera du plan d'investissement pour lequel le ratio autofinancement sur investissement n'est pas dépassé, dans le cas défavorable, on choisira les plans qui répondent aux objectifs de développement et on examinera ensuite les modalités de financement.



*Fig. II.5. -Contraintes de choix d'un plan de financement*

D'autres considérations peuvent intervenir dans la détermination de la politique de financement de l'entreprise, on peut citer par exemple : [LEE, 87].

- La structure juridique du projet.
- La réputation et le crédit dont jouissent les entrepreneurs.
- L'importance des sommes en jeu.
- L'appui des autorités publiques.
- Les taux d'intérêt pratiqués.
- Les garanties possibles.

### **III : Prise en compte du risque dans la décision d'investissement :**

#### **III.1-Introduction :**

Jusqu'ici nous avons ignoré volontairement le problème posé par l'incertitude qui s'attache à toute prévision économique. nous avons supposé implicitement que nous étions dans un cadre de prévision parfaite, c'est à dire en univers certain. Or, toute anticipation est soumise à l'incertitude.

Un des problèmes essentiels liés à la décision d'investir est celui du risque. Au niveau du processus de prise de décision le problème n'est pas simple.

Les méthodes de mesure du risque ont considérablement progressé en liaison avec les développements de la statistique, la recherche opérationnelle et de la théorie financière ainsi que l'analyse stratégique. Nous allons examiner successivement les principales techniques disponibles liées aux développements récents de la statistique et de la recherche opérationnelle.

#### **III.2- La prise en compte de l'incertitude et du risque au niveau des prévisions :**

L'analyse du risque est un complément indispensable et logique de l'appréciation de la rentabilité d'un projet.

En prenant une décision d'investissement, l'entreprise fait un pari fondé sur des anticipations et des espérances de gain. Or celles-ci sont aléatoires car elles dépendent d'un certain nombre d'événements dont la survenance, l'ampleur qu'ils prendront, l'importance de leurs conséquences sur le gain attendu, et la nature même ne sont que des éventualités qui ne peuvent pas être prévus avec exactitude. La réussite espérée du pari peut donc être éliminée par des risques dont les sources sont multiples : [LEE 87]

- Le recueil des données commerciales et techniques du projet comporte des biais, *exemples* : on a évalué évasivement la relation prix de vente –quantités vendues, la recherche d'autres types d'équipement a été approximative, ...

- L'interprétation de ces données et leur transformation en flux financiers est erronée ou abusive, *exemples* : on a surestimé les part de marché, on a sous estimé les coûts d'exploitation du matériel, ...

- La réalisation et l'exploitation d'un projet se déroulent dans des conditions sujettes à variations, *exemples* : comportement et préférences des clients, possibilités d'approvisionnement en matières premières, qualification du personnel, etc.

- L'environnement est susceptible de changements (progrès technologique, conjoncture, inflation) et /ou sensible à des événements d'ordre exceptionnel (risque politique, tracasseries administratives, troubles sociaux, accidents naturels, ...).

En envisageant le risque, on admet en effet que différents facteurs sont susceptibles de modifier la valeur des paramètres qui interviennent dans le calcul de la rentabilité de l'investissement. Le risque désigne donc toute possibilité de changement de valeurs de ces paramètres.

Les conséquences du risque vont se manifester en dernier ressort en ce qui concerne la rentabilité du projet : En effet les fluctuations probables des paramètres vont se refléter dans des écarts de VAN ou de TRI et se sont ces déviations qui indiqueront la volatilité ou la variabilité de la rentabilité attendue d'un investissement. Le degré de volatilité définit ainsi le degré de risque d'un projet.

L'évaluation du risque consiste ainsi à quantifier l'importance de ce dernier et l'ampleur de la variation possible de la rentabilité. il existe aujourd'hui des méthodes de prévisions en avenir incertain fondées sur des outils mathématiques plus ou moins élaborés, nous allons citer les plus utilisées :



### III.3-Les méthodes de prise en compte du risque dans la décision d'investissement :

Il existe plusieurs méthodes de prise en compte du risque, dans ce chapitre, nous citons les plus efficaces, que nous présentons, par le schéma suivant :

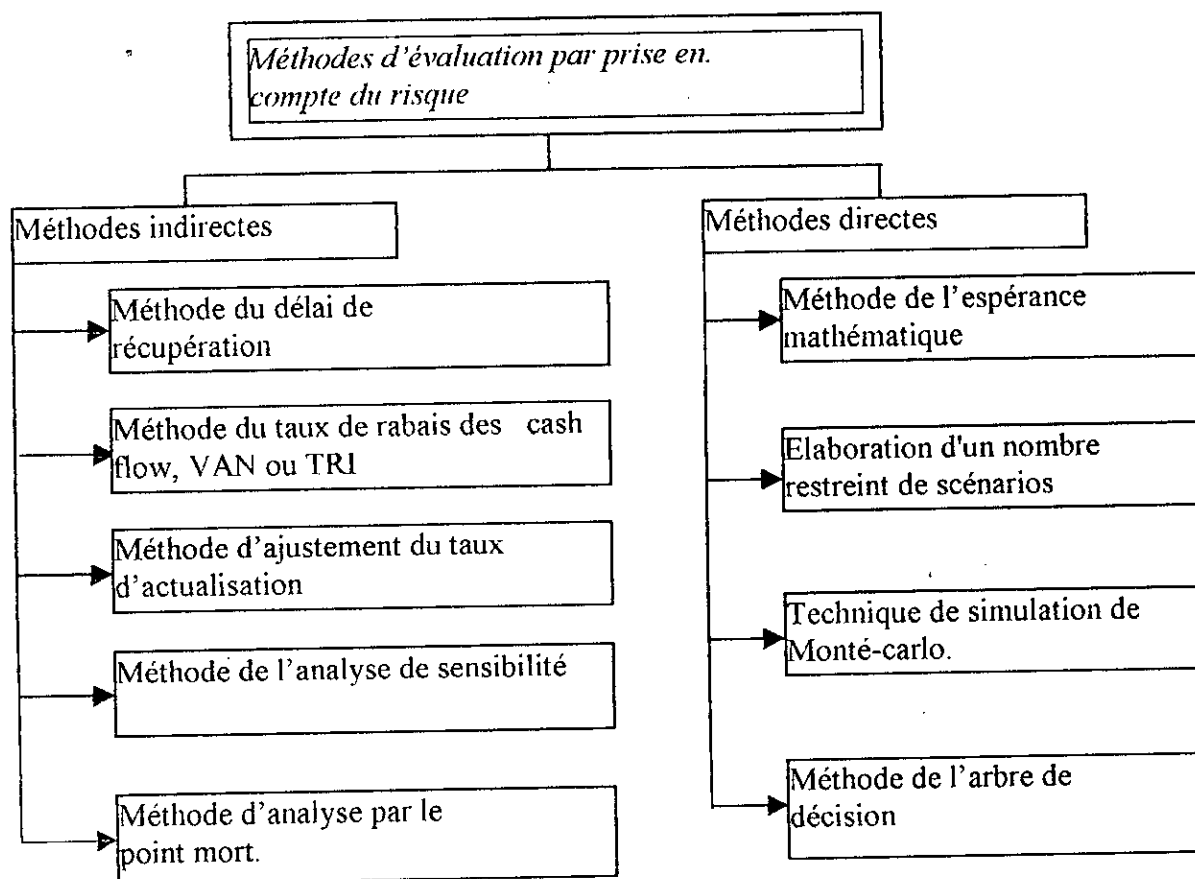


Fig.III.1.Les méthodes d'évaluation avec prise en compte du risque

#### III.3.1- Méthodes indirectes :

(Méthodes issues du calcul des critères d'évaluation )

Dans une situation d'incertitude, le calcul déterministe de la rentabilité est insuffisant et les critères d'évaluation ne sont plus, de ce fait, des critères de décision. En effet, même si l'investisseur peut estimer pour ce calcul les valeurs les plus probables des flux monétaires, il ne peut ignorer la possibilité de s'en écarter. Le problème posé à l'investisseur est de savoir comment intégrer les dimensions essentielles du risque dans la décision économique.

Dans ce paragraphe, nous aborderons une première approche d'analyse du risque qui présente un ensemble de méthodes empiriques, permettant de tenir en compte du risque sans pour autant pouvoir le mesurer.

### **III.3.1.1-Méthode du délai de récupération : : [HUS 88]**

Puisque le risque croit toujours avec le temps, la méthode du délai de récupération du capital investi est considérée comme étant un instrument de mesure du risque. Cette méthode prend en compte au mieux la notion du risque lorsqu'on privilège la sécurité par rapport à la rentabilité. On peut dire que plus l'investissement prend du temps plus il est risqué.

#### *Inconvénients de la méthode :*

La méthode du délai de récupération présente des insuffisances graves, elle ne tient pas compte des cash flow postérieurs au moment où le capital est récupéré et ne tient pas compte non plus du risque d'une manière directe.

### **III.3.1.2. Méthode d'ajustement du taux d'actualisation :**

Il s'agit d'une méthode qui consiste à utiliser pour le calcul des critères d'évaluation, un taux d'actualisation augmenté d'une prime de risque qui constitue une certaine compensation pour le risque encouru.

Le taux d'actualisation est déterminé par la formule suivante :

$$\begin{array}{ccccc} \text{Taux d'actualisation} & = & \text{taux d'actualisation} & - & \text{prime du risque} \\ \text{du projet} & & \text{sans risque} & & \text{du projet} \\ i & & i_0 & & r \end{array}$$

Ainsi, pour le calcul de la VAN, on utilise le taux  $i=i_0+r$ .

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{CF(t)}{1+i_0+r} - I_0$$

*Avantages et inconvénients*

*Avantages :*

Le succès de cette pratique s'explique par le fait que la majoration du taux d'actualisation entraîne une minoration des flow éloignés qui semblent les plus incertains.

*Inconvénients :*

- Le premier inconvénient de la méthode est la difficulté de déterminer la prime du risque qui doit tenir compte de l'attitude du décideur vis à vis du risque.

- D'autre part, l'utilisation d'un taux constant comme prime du risque n'est valable que dans l'hypothèse du risque croissant avec le temps, ce qui pénalise à tort et à un niveau égal, les projets les plus longs au profit des projets les plus courts.

- L'assurance qu'offre cette méthode contre le risque peut être illusoire dans la mesure où il peut arriver que le coût de l'investissement ainsi que les cash flow des premières années sont plus incertains que les flux ultérieurs.

**III.3.1.3-Méthode du taux de rabais : [HUS 88]**

**1.Le taux appliqué aux cash flow :**

Une autre manière de prendre en compte le risque des investissements est d'appliquer des taux de rabais aux cash flow nets (les taux peuvent être les mêmes sur toute la période d'étude ou bien différents).

En particulier, les taux de correction seront d'autant plus petits que les cash flow liés au projet seront éloignés.

Notons que cette méthode est assez voisine de la précédente, elle est même identique si le taux de réduction est constant pour toutes les années, ce qui équivaut, en effet, à l'intégration au taux d'actualisation d'une prime de risque constante. Si au contraire, on les modifie en fonction de l'éloignement des flux, cette pratique peut être assimilée à la méthode qui affecte une prime de risque avec cette différence qu'il s'agit d'une prime qui augmenterait chaque année.

## 2. Le taux appliqué à la VAN ou TRI :

Au lieu d'appliquer le taux de rabais pour réduire les cash flow annuels, on peut l'appliquer directement à la fin des calculs c'est à dire à la VAN ou au TRI selon la méthode utilisée.

Le taux de rabais choisi représente alors le risque implicite du projet.

### III.3.1.4-Méthode du point mort (analyse de variabilité) : [BOUG 91]

La méthode du point mort ou analyse de variabilité ou encore analyse du seuil de rentabilité, permet sous sa forme traditionnelle de tester la variation du résultat d'exploitation en fonction du niveau d'activité. Elle procède en faisant une distinction entre les charges fixes et les charges variables.

#### a- Définitions :

##### 1. Les charges fixes :

Les charges fixes ou de structure sont des charges liées à l'existence de l'entreprise, et correspondent, pour chaque période de calcul, à une capacité de production déterminée. L'évolution de ces charges avec le volume d'activité est discontinue. Tout changement de structure au niveau de l'entreprise entraîne forcément un changement au niveau des charges de structures, d'où la variation par paliers de ces charges.

L'allure de ce type de charges se présente comme suit :

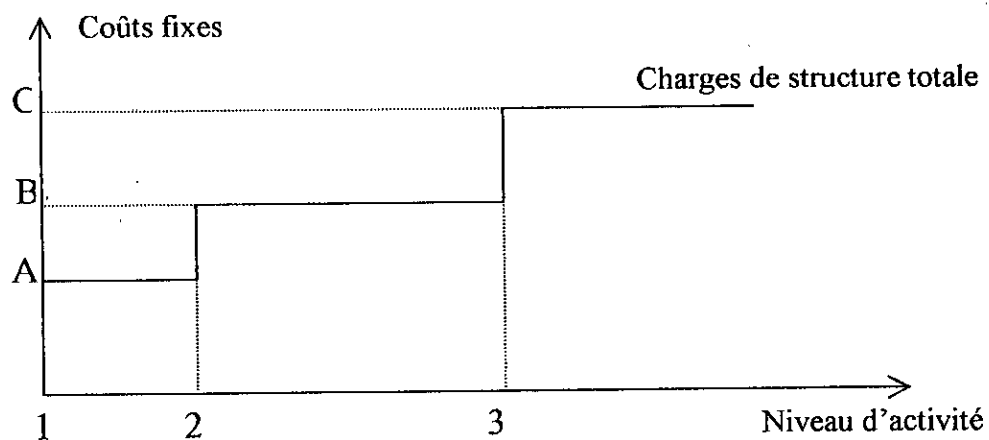


Fig.III.2. Allure des charges fixes.

A la structure 1 correspondent les coûts fixes A.

A la structure 2 correspondent les coûts fixes B.

A la structure 3 correspondent les coûts fixes C.

### 2. Les charges variables :

Les charges variables ou opérationnelles sont les charges qui sont liées au fonctionnement de l'entreprise, leur évolution dépend étroitement du degré d'utilisation, de l'intensité et du rendement dans l'emploi des capacités et moyens disponibles. Elles sont généralement variables avec le volume d'activité sans que cette variation lui soit nécessairement proportionnelle.

L'allure de ces charges est la suivante :

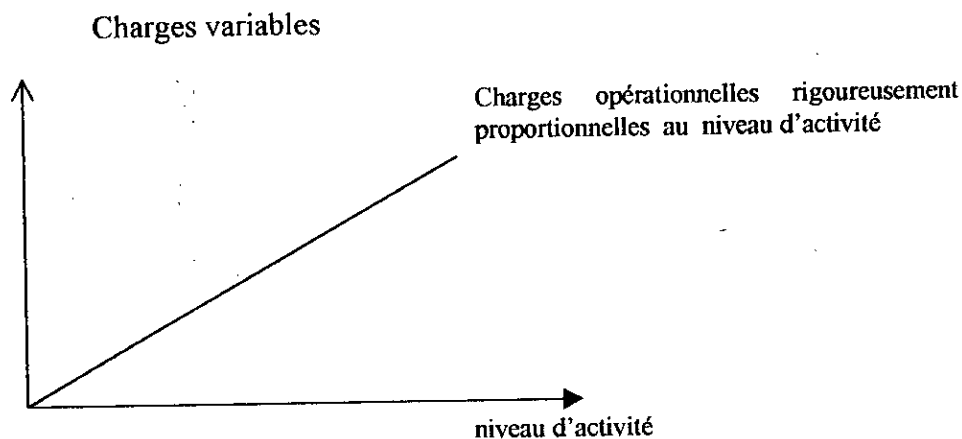


Figure III.3. Allure des charges variables.

### 3. Seuil de la rentabilité :

Le seuil de rentabilité est le niveau d'activité, souvent exprimé en chiffre d'affaires, pour lequel le résultat est nul, le niveau d'activité peut également être exprimé en unités physiques ou en unités monétaires. Autrement dit, le seuil de rentabilité est le point à partir duquel l'entreprise commence à réaliser des bénéfices, il est atteint quand :

Le chiffre d'affaires = charges totales.

Le schéma suivant montre comment déterminer le seuil de rentabilité graphiquement.

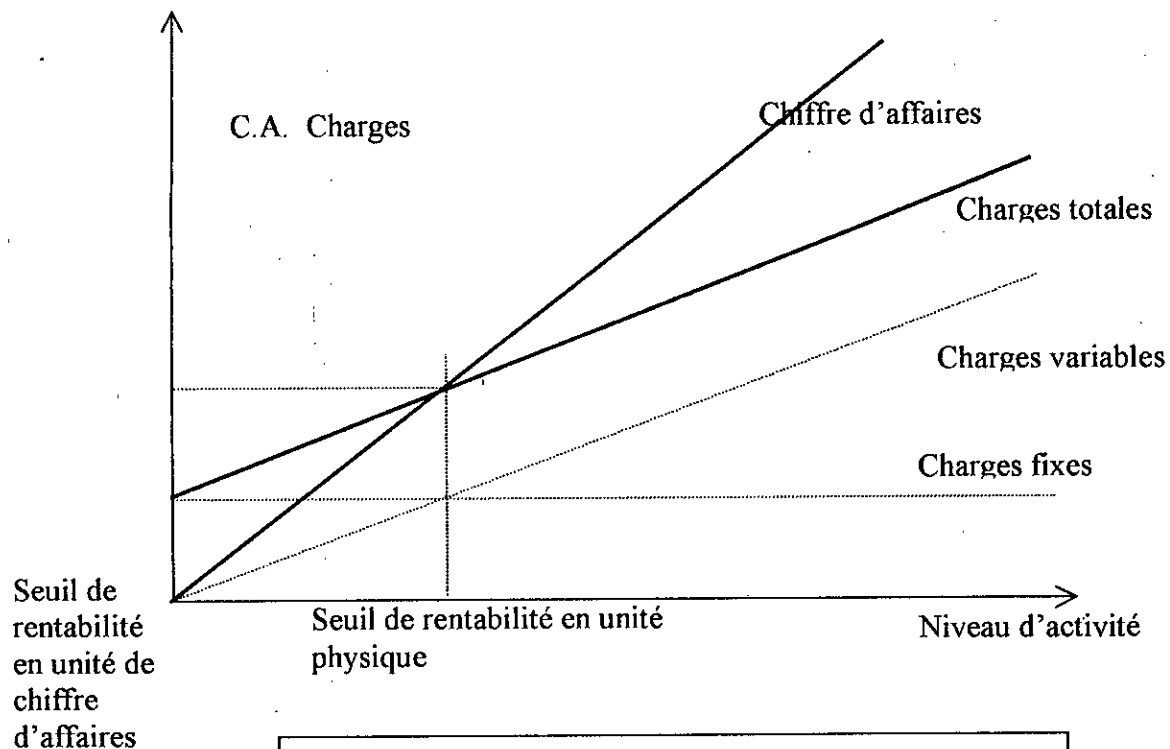


Figure III.4. détermination du seuil de rentabilité.

Soient :

PVu : le prix de vente unitaire.

Cvu : le coût variable unitaire.

CF : les coûts fixes.

N : le nombre d'unités vendues.

Re : résultat d'exploitation.

$N_{PM}$  : seuil de rentabilité.

Nous exprimons le résultat d'exploitation en fonction du nombre d'unités vendues N.

$$Re = PVu * N - (CVu * N + CF)$$

$$Re = (PVu - CVu) * N - CF$$

Il est alors tout à fait possible de déterminer pour quel niveau d'activité l'exploitation est juste équilibrée (résultat nul).

$$Re = 0 = (PV_u - CV_u) * N - CF$$

$$\text{soit } (PV_u - CV_u) * N = CF$$

$$\text{et } N_{PM} = \frac{CF}{PV_u - CV_u}$$

Connaissant le point mort en volume, le seuil de rentabilité en chiffre d'affaires s'obtient aisément en multipliant  $N_{PM}$  par  $PV_u$ .

Le calcul du seuil de rentabilité peut être complété par la détermination d'un indice dit de sécurité qui se calcule par la formule suivante :

$$I_s = \frac{\text{chiffre d'affaires estimé} - \text{chiffre d'affaires point mort}}{\text{chiffre d'affaires estimé}}$$

La valeur de cet indice indique quelle baisse de chiffre d'affaires la société peut envisager avant de se mettre à faire des pertes. Il est évident que plus cet indice est élevé et plus le risque de dégradation de la rentabilité est faible.

#### 4. Degré de levier d'exploitation et le degré de levier de financement :

Ces degrés de levier sont considérés comme des indicateurs du risque, ils sont définis à partir de la structure des coûts.

##### Degré de levier d'exploitation DLE :

Ce paramètre mesure la sensibilité du résultat d'exploitation aux variations du volume de vente. Il est donné par la formule suivante :

$$DLE = \frac{\frac{\Delta R_{expl}}{R_{expl}}}{\frac{\Delta N}{N}} = \frac{\frac{\Delta(PV_u * N - CV_u * N - CF)}{N * (PV_u - CV_u) - CF}}{\frac{\Delta N}{N}}$$

En supposant que  $PV_u$ ,  $CV_u$ ,  $CF$  demeurent inchangés lorsque le volume de vente varie, on obtient finalement :

$$DLE = \frac{N * (PV_u - CV_u)}{N * (PV_u - CV_u) - CF}$$

Il convient de souligner que le degré de levier d'exploitation varie en fonction du volume de vente. Ainsi, il est très élevé au voisinage du point mort (le dénominateur de DLE est nul en ce point) et diminue à mesure que l'on s'éloigne du seuil de rentabilité. Par suite, le

degré de levier d'exploitation ne peut s'apprécier qu'en relation avec un objectif prédéterminé de volume de vente.

*Degré de levier de financement DLF :*

Ce paramètre mesure la sensibilité du résultat net à la variation du résultat d'exploitation. Il se calcule comme suit :

$$DLF = \frac{\frac{\Delta R_{net}}{R_{net}}}{\frac{\Delta R_{expl}}{R_{expl}}} = \frac{\frac{(\Delta R_{exp} - \Delta FF) * (1 - \tau)}{(R_{expl} - FF) * (1 - \tau)}}{\frac{\Delta R_{expl}}{R_{expl}}}$$

Avec :

FF : Frais financiers ;

$\tau$  : Le taux d'imposition des bénéfices

Comme les frais financiers sont invariants alors  $\Delta FF = 0$  ?

et

$$DLF = \frac{R_{expl}}{R_{expl} - FF}$$

*5. Degré de levier total :*

A partir des définitions de DLE et DLF, on établit aisément que la sensibilité du résultat net à la variation du volume de vente mesurée par le degré de levier total DLT qui est égal au produit des deux paramètres, soit :

$$DLT = DLE * DLF$$



### **III.3.1.5-Méthode de l'analyse de la sensibilité : [ONU 81], [HOU 91]**

L'étude de la sensibilité indique comment un critère d'évaluation change avec les variations de valeur d'une ou plusieurs variables qui influent la rentabilité du projet (volume des ventes, prix de vente, coût de l'investissement ou autre). On peut exprimer cette sensibilité comme étant la variation du critère d'évaluation, en chiffre absolu, divisée par une variation d'une variable donnée ou d'un ensemble de variables.

Si un critère d'évaluation est sensible à l'évolution de certaines variables, on dit que, le projet est sensible aux éléments d'incertitude et il convient de s'attacher tout particulièrement à faire des estimations précises en particulier dans le cas des variables dont les valeurs estimatives peuvent être entachées d'erreurs importantes. En revanche, si le projet n'est pas sensible à la variation d'une valeur d'une certaine variable, on dit que le projet est insensible aux éléments d'incertitude, et il n'est alors guère utile d'essayer d'estimer cette variable avec beaucoup de précision.

L'étude de sensibilité peut servir aux premiers stades de préparation d'un projet, à déterminer les variables dont il faut estimer la valeur avec soin tout particulier. Dans la pratique, il n'est pas nécessaire d'estimer et d'analyser les variations de toutes les variables possibles. Il suffit de limiter l'analyse aux variables - clés qui influent le plus sur la rentabilité du projet parce que se sont des paramètres dont la valeur est élevée ou parce qu'elles risquent de fluctuer beaucoup par rapport à leur ordre de grandeur le plus probable.

Il découle de ce qui précède que l'étude de sensibilité tient compte des éléments d'incertitude en permettant de calculer un critère d'évaluation non seulement au moyen des meilleures estimations des variables faites dans des conditions de certitude, mais aussi au moyen d'autres valeurs possibles. Ainsi on peut recalculer tout critère d'évaluation en considérant d'autres variantes pessimistes ou optimistes, des estimations normales ou réalistes appliquées lors de la première série de calculs dans des conditions de certitude.

#### ***a- Les étapes de l'analyse de sensibilité :***

- *Identification des divers facteurs du risque* : il s'agit de déterminer les paramètres qui sont des réalisations d'événements incertains.

- *Estimation de l'étendue des différentes valeurs possibles* : Pour chacun des paramètres incertains, il s'agit d'évaluer une valeur maximale et une valeur minimale possible ou probable, on doit judicieusement choisir ces intervalles qui doivent contenir des valeurs raisonnablement probables.

- *Evaluation des conséquences* : Chacun des paramètres est indépendamment déplacé vers ses valeurs extrêmes et on note la modification des indications économiques d'intérêt que ce déplacement entraîne.

- *Analyse* : L'analyse de sensibilité peut suggérer des moyens de gérer les divers facteurs de risque. Ainsi, on déterminera quels sont les paramètres qui influent le plus sur les résultats et qui doivent par conséquent être suivis avec attention. Il est cependant important de noter que l'analyse de sensibilité s'effectue en faisant varier indépendamment chacun des paramètres.

### ***b- Avantages et inconvénients***

#### *Avantages :*

L'étude de sensibilité permet de mieux déterminer qu'elle est la variable qui est, en fait, essentielle pour l'évaluation du projet. Une étude de ce genre servira aussi à ceux qui auront par la suite la responsabilité de diriger l'exploitation du projet, elle indiquera les domaines critiques auxquelles la direction doit prêter une attention toute particulière pour assurer la réussite du projet.

#### *Inconvénient :*

L'interprétation d'une analyse de sensibilité est difficile à faire dans la mesure où aucune probabilité ou mesure de vraisemblance n'est attribuée aux différentes valeurs que l'on assigne aux facteurs que l'on fait varier. Cette méthode considère que les différentes valeurs des variables sont équiprobables alors que les extrêmes sont très peu probables. Par ailleurs, l'hypothèse de base qui est implicitement la plus probable, n'est pas affectée d'un coefficient de probabilité, non plus d'ailleurs qu'aucune autre, et de ce fait elle ne précise pas les chances qu'ont de se réaliser les différentes hypothèses retenues.

### ***III.3.3-Méthodes directes*** : (les méthodes probabilistes d'analyse)

Ces méthodes directes tentent d'éliminer les inconvénients des méthodes indirectes ; l'incertitude étant liée aux probabilités d'occurrence de chaque état de l'environnement, on propose alors d'introduire les valeurs des probabilités dans le calcul de rentabilité afin de tenir compte explicitement du risque qui pèse sur les facteurs des flux économiques. Mais pour se faire, ces méthodes nécessitent la réalisation d'une tâche ardue : La quantification des prévisions par des probabilités.

Dans le domaine de gestion, il est presque impossible de s'appuyer sur les données historiques ou sur une analyse statistique (puisque chaque projet est un événement unique en

soi), le problème fondamental posé par ces méthodes directes se traduit par la question suivante : Comment évalue-t-on les probabilités d'occurrence des événements lorsqu'on ne dispose pas de données statistiques suffisantes ?

### ***III.3.3.1-Notion de probabilités : : [VED 85]***

La mesure de la vraisemblance des états par une probabilité suppose la possibilité de tester l'ensemble des cas possibles des états de l'environnement ou de disposer d'une série d'observations antérieures d'un phénomène répétitif. Dans les deux cas la probabilité obtenue est dite objective, elle est issue soit d'un calcul analytique ou d'une étude statistique rigoureuse. Lorsque la connaissance des conditions de réalisation d'un événement est imparfaite, la mesure de la vraisemblance des états dans ce cas se fait par les probabilités subjectives.

#### ***1.Définition de la probabilité subjective :***

La probabilité subjective attribuée à un événement E par un individu I disposant d'un ensemble d'informations K est un coefficient rendant quantitative la notion qualitative de vraisemblance de E pour I, K étant donné.

Elle est notée par :  $P(E/K)$ .

Les probabilités subjectives suivent les règles usuelles du calcul de probabilité à savoir :

- $P(E) > 0$ .

- $P(\phi) = 1$   $\phi$  étant l'union des événements.

- $P(E_1 \cup E_2) = P(E_1) + P(E_2)$  si  $E_1$  et  $E_2$  sont incompatibles.

#### ***2.quantification des probabilités subjectives :***

L'utilisation des probabilités subjectives dans les calculs économiques demande qu'elles soient quantifiées de façon cohérente. Cette évaluation se fait en deux étapes :

##### ***a/ La quantification à priori :***

Dans cette étape, l'expert et le décideur, chacun dans son domaine de connaissance, attribueront à un événement une probabilité en se basant sur leurs connaissances, leur expérience et aussi sur les quelques informations mises à leurs dispositions.

La probabilité devient alors l'expression d'un jugement que les experts portent sur la vraisemblance d'un événement se rapportant à leur domaine d'expertise.

Dans cette étape, pour faciliter la quantification, la table de correspondance suivante est établie :

Jugement qualitatif de vraisemblance	Equivalents numériques
Impossible	0
Invraisemblable	0.01 à 0.05
Douteux	0.06 à 0.25
Plausible	0.26 à 0.45
Possible	0.46 à 0.55
Vraisemblable	0.56 à 0.75
Très vraisemblable	0.76 à 0.95
Presque certain	0.96 à 0.99
certain	1

Selon la déclaration du responsable du projet, l'expert peut lui attribuer une probabilité subjective en recourant à la table de correspondance.

*b/ La quantification à posteriori :*

Lorsque le décideur dispose d'un système de probabilités subjectives concernant les états de l'environnement, il peut prendre une décision. Mais il peut aussi acquérir des informations supplémentaires et améliorer son système de probabilité.

Le système d'amélioration des probabilités est basé sur le théorème de Bayes des probabilités conditionnelles. Si l'on obtient une information K concernant l'événement E, le théorème de Bayes dit que :

$$P(E/K) = \frac{P(K/E) * P(E)}{P(K)}$$

Où :

$P(E)$  = probabilité à priori.

$P(E/K)$  = Probabilité à Posteriori de l'événement E calculée après l'obtention d'une information supplémentaire.

$P(K/E)$  = fiabilité de l'information.

Le théorème de Bayes est valable aussi bien pour les probabilités objectives que subjectives, montre comment des probabilités à priori, information intuitive vague sans grand support, évolue grâce à l'ajout d'informations.

*c- Conséquence :*

Ainsi, la probabilité subjective pour un individu non - informé ne traduit qu'un sentiment sans grande justification. Au contraire, pour un individu informé, la probabilité subjective est un concept puissant qui exprime, en quelque sorte, l'information détenue à cet égard. Le concept de probabilité subjective généralise donc la notion de probabilité et la rend particulièrement intéressante pour analyser les problèmes de décision.

La quantification explicite de la probabilité subjective par un expert permet d'exprimer le mieux possible le degré de vraisemblance des futurs éventuels. C'est certes une tâche difficile mais qui a l'avantage d'impliquer directement l'expert dans le processus décisionnel.

### ***III.3.3.2-La méthode de l'espérance mathématique : [ZER 92]***

L'espérance mathématique est un concept ancien longuement étudié et développé par les pionniers de la théorie de la décision tels que Bernoulli, Bayes, Laplace ou Gauss. Son utilisation dans le domaine économique est aujourd'hui de plus en plus fréquente, car il répond à la nécessité de palier aux inconvénients du calcul économique déterministe qui se limite à une évaluation unique et figée du critère de rentabilité ne permettant pas de mesurer le risque qui pèse sur la décision qui en découle.

### 1. Définitions:

a/ valeur espérée d'un événement :

C'est le produit obtenu en multipliant la probabilité d'occurrence de l'événement et la valeur anticipée que l'on attribue à cet événement (c'est à dire sa conséquence). Le terme anticipé signifie que la conséquence attribuée à l'événement est subordonnée à la réalisation de cet événement.

b/ valeur espérée d'une action :

C'est la somme algébrique des valeurs espérées de chaque événement susceptible de se produire si l'action considérée est retenue. Cette définition n'est autre que la définition de l'espérance mathématique d'une action, elle est donnée par la formule suivante :

$$E[A(j)] = \sum_{i=1}^n P(i, j) * C(i, j)$$

Où

$E[A(j)]$  : espérance mathématique de l'action j

$C(i, j)$  : conséquence de l'événement susceptible de se produire si l'action j est retenue.

$P(i, j)$  : Probabilité d'occurrence de l'événement susceptible de se produire si l'action j est retenue.

n: le nombre d'événements possibles.

### 2. L'espérance mathématique un critère de décision :

Lorsqu'un échéancier d'un projet est résumé par une mesure d'un critère de rentabilité, dans le cas particulier où le critère exprime un gain sous forme de flux monétaires, le concept d'espérance mathématique propose la règle de décision suivante :

Lorsqu'on a à choisir entre plusieurs actions mutuellement exclusives, on retiendra celle dont l'espérance mathématique positive est la plus élevée.

### **3. Avantages et inconvénients :**

#### *Avantages :*

Le principal avantage de la méthode de l'espérance mathématique d'une action est qu'il permet d'introduire explicitement une dimension essentielle dans l'analyse de la décision : celle du risque et de l'incertitude.

En effet, elle incorpore directement les facteurs du risque (probabilité) dans le calcul du critère d'évaluation. Il munit le décideur d'un outil plus représentatif de la réalité que ne l'est la stricte valeur d'un critère de rentabilité usuel, puisqu'il prend en considération les valeurs de toutes les conséquences possibles subordonnées à cette décision.

#### *Inconvénients :*

L'inconvénient de la méthode d'espérance mathématique d'un critère d'évaluation, qui pose un problème important dans l'analyse de la décision, est que cette méthode ne tient pas compte de l'attitude du décideur face au risque. En effet, pour que ce critère soit efficace il est indispensable de connaître qu'elle est l'attitude du décideur vis-à-vis du risque : un investisseur joueur et un investisseur prudent ne prendront certainement pas la même décision.

Ainsi, en mettant cette dimension essentielle dans l'analyse de la décision, on conclut que la méthode d'espérance mathématique n'est pas un critère décisionnel systématique.

#### **III.3.3.3- Prise en compte du risque à partir de la notion de dispersion : [ZER 92]**

La dispersion des valeurs possibles des conséquences autour de la moyenne est considérée comme une mesure traditionnelle du degré de risque.

##### **1. La variance d'une action :**

Le calcul de la variance d'une action qui constitue une première mesure de la dispersion s'effectue selon la formule suivante

$$\sigma_j^2 = \text{VAR}[A(j)] = \sum_{i=1}^n P(i, j) * [C(i, j) - \text{Esp}[A(j)]]$$

##### **2. Ecart type d'une action :**

L'écart type se définit comme étant la racine carrée de la variance :

$$\sigma_j = \text{écart type } [A(j)] = \{\text{VAR}[A(j)]\}^{1/2}$$

L'écart type présente l'avantage sur la variance de qualifier le risque dans la même unité de mesure que celle du critère d'évaluation étudié. Il représente une mesure explicite du risque absolu d'une action.

### 3. Coefficient de variation : [HOU 93]

Le coefficient de variation suppose que les décideurs tendent à maximiser leur profit et à minimiser le degré de risque traduit par une dispersion des valeurs possibles du critère d'évaluation autour de sa valeur espérée. De ce fait, il est considéré comme un critère de décision, il est donné par la formule suivante :

$$CV_j = \frac{\sigma_j}{Esp[A(j)]}$$

Où ?

$CV_j$  : coefficient de variation de l'action j

La règle de décision pour ce critère suggère de retenir l'action qui minimise le coefficient de variation qui minimise l'écart type et maximise l'espérance mathématique de l'action.

L'analyse précédente est utile pour comparer des variantes d'investissement, dans ce cas, l'écart type est souvent une information plus précieuse que la moyenne mais elle n'est pas toujours suffisante. Considérons les figures (III.4) et (III.5) le graphique de la figure (III.4) montre les distributions de probabilité des VAN de deux projets, A et B, qui ont la même moyenne mais où la distribution de A est plus étendue que celle de B, sur le graphique de la figure (III.5), deux autres projets, C et D, ont des distributions de VAN visiblement différentes mais les moyennes et les écarts type sont identiques.

Confronté à ces cas de figure, la majorité de décideurs, choisiront d'une part le projet B face au projet A ? D'une autre part, le projet C face au projet D (par aversion envers le risque).

Pour une entreprise, le problème le plus crucial dans l'analyse du risque est le «risque de ruine», c'est à dire le degré de vraisemblance d'une VAN négative. Pour étudier cette possibilité, on recourt souvent à des courbes qui établissent des distributions de probabilité cumulées et qui permettent de lire la probabilité que la VAN dépasse un niveau donné.

Ainsi dans la figure (III.6), on voit par exemple qu'il y a 80% de chance que la VAN soit positive et donc que le projet concerné a une probabilité de 20% d'avoir une rentabilité



nulle ou négative, il appartient au décideur de dire qu'il accepte ce risque de ruine, c'est à dire le degré de vraisemblance d'une VAN négative. Pour étudier cette possibilité on recourt souvent à des courbes qui établissent des distributions de probabilité que la VAN dépasse un niveau donné.

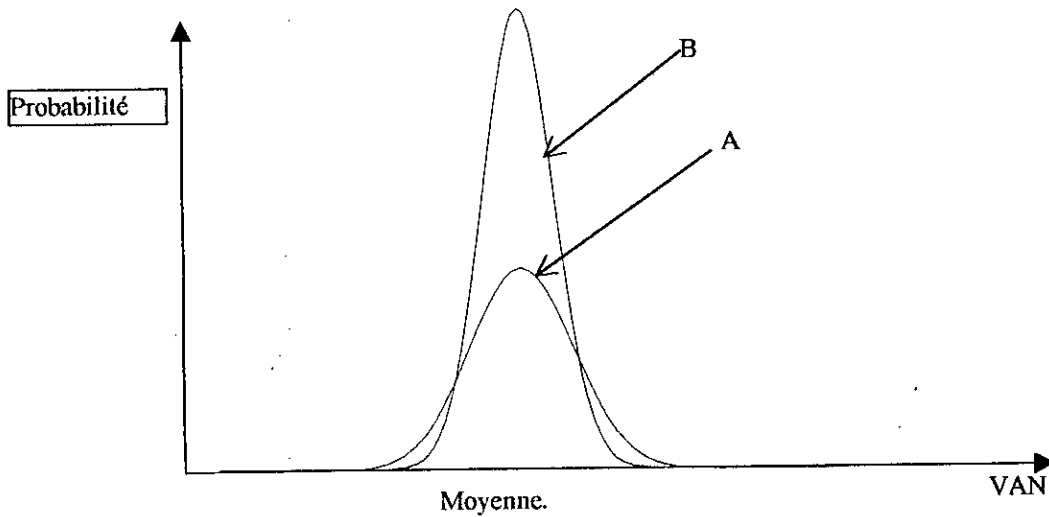


Fig.III.4. Même moyenne, variances différentes

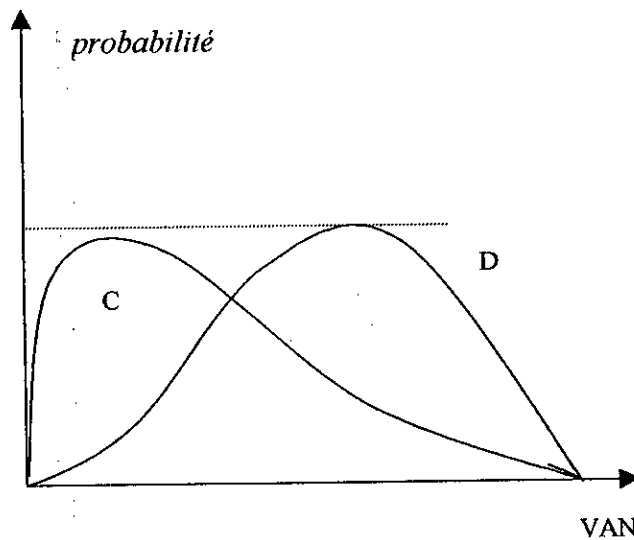


Fig.III.5. Même moyenne, même variance

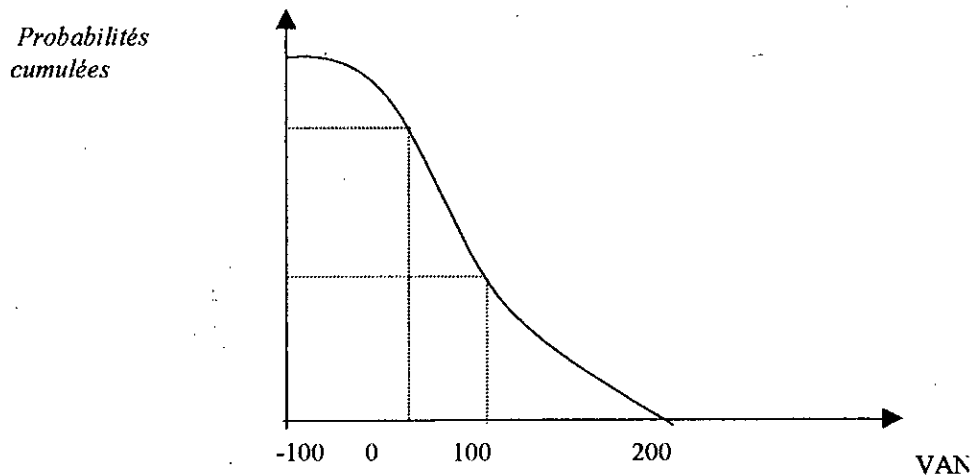


Fig.III.6.fonction de probabilités cumulées.

#### III.3.3.4-Méthodes utilisant l'espérance mathématique :

Nous avons présenté le critère espérance mathématique sans considérer son mode de calcul et son utilisation dans les problèmes de décision. En fait le problème réside dans l'existence en situation d'incertitude d'un ensemble plus ou moins important d'états dus aux différentes combinaisons de modalités des facteurs d'environnement. Le nombre de ces états est fonction du nombre de paramètres incertains qui constituent l'événement et du nombre de modalités possibles de chaque paramètre.

Le calcul de l'espérance mathématique nécessite l'évaluation de la mesure économique de tous les états de l'environnement ainsi que leur probabilité d'occurrence. Or comment considérer toutes les combinaisons possibles et calculer leur conséquence correspondante, surtout lorsque les facteurs incertains sont des variables continues et que l'on se trouve alors en présence d'une infinité d'états ?

En fait, au lieu de considérer toutes les combinaisons possibles ainsi que leurs conséquences sur le calcul de l'espérance mathématique, on peut procéder de deux manières différentes :

1. Soit par l'élaboration d'un nombre restreint de scénarios.
2. Soit par l'utilisation d'une technique d'échantillonnage telle que la simulation de Monté - Carlo.

### **1. Méthode par élaboration d'un nombre restreint de scénarios :**

La méthode la plus simple et par la suite la plus usitée dans les entreprises consiste à déterminer de façon subjective un nombre restreint de valeurs possibles, par exemple trois valeurs distinctes pour chaque variable incertaine correspondant à une hypothèse pessimiste, raisonnable, optimiste.

La décision ultime dépend des probabilités d'occurrence que le décideur attribue subjectivement à chacun des scénarios envisagés, ce qui permet de calculer l'espérance mathématique des critères économiques. Une telle représentation en scénarios offre les avantages suivants :

- Chaque scénario est considéré comme un calcul déterministe.

- Lorsqu'un paramètre est déterminant, il sera clairement visualisé par les trois scénarios. L'information passera donc directement sans manipulation de l'expert au décideur lequel verra immédiatement les hypothèses retenues et leurs effets. Mais dans les situations complexes, lorsqu'il existe plusieurs variables incertaines, la schématisation à trois scénarios devient difficile. De plus, cette méthode ne tient pas compte de l'éventail des possibilités auxquelles devra faire face le décideur dans la réalité.

### **2. La technique de simulation Monté-Carlo : [ZER 92], [HOU 93]**

C'est une combinaison de deux approches (l'analyse de sensibilité et l'analyse probabiliste). Elle tient compte de plusieurs paramètres susceptibles de fluctuer simultanément, elle suppose que les fluctuations possibles de chaque paramètre sont distribuées par une distribution de probabilités et qu'une rentabilité (soit un montant de VAN) est le résultat d'une combinaison des valeurs de chaque paramètre.

Comme chaque paramètre peut prendre de multiples valeurs (selon la distribution de probabilité qui lui est assignée), il convient d'envisager plusieurs combinaisons ce qui donne toute une série de rentabilités. Le nombre de combinaisons possibles peut être rapidement important de sorte que, le plus souvent on se limite à un échantillon constitué aléatoirement.

On procède en fait à une série d'itérations (où une itération est un tirage au hasard dans la distribution de probabilité de chaque variable, au terme duquel on obtient une VAN). On obtient, à la fin de la série une liste de VAN qui peut se présenter par une distribution de probabilités (conforme à la fréquence d'apparition de la VAN) que l'on analyse avec les outils statistiques.

Le processus de simulation est décrit par les étapes suivantes :

**1<sup>ière</sup> Etape :**

Identifier le critère d'évaluation, ainsi que tous les facteurs d'environnement ou variables qui l'affectent.

**2<sup>ième</sup> Etape :**

Identifier les facteurs incertains (variables - clés), et les décrire par distribution de probabilité (subjective) respective.

Evaluer les paramètres certains.

**3<sup>ième</sup> Etape :**

Définir toutes les relations de dépendance déterministes (dépendance stricte) ou stochastique (dépendance partielle) existant entre les différents paramètres de l'environnement, ce qui permet d'aboutir au calcul du critère d'évaluation.

**4<sup>ième</sup> Etape :**

Réalisation d'une passe de simulation (une itération) consistant à tirer au sort une réalisation de chaque variable aléatoire en utilisant la technique des nombres au hasard, et calculer pour le jeu d'ensemble de ces réalisations les critères d'évaluation.

Pour obtenir la correspondance entre un nombre au hasard et une valeur prise par une variable  $x$  donnée, il suffit de passer de la distribution de probabilité simple  $f(x)$  à la fonction de répartition  $F(x)$  c'est à dire  $P(X < x)$ .

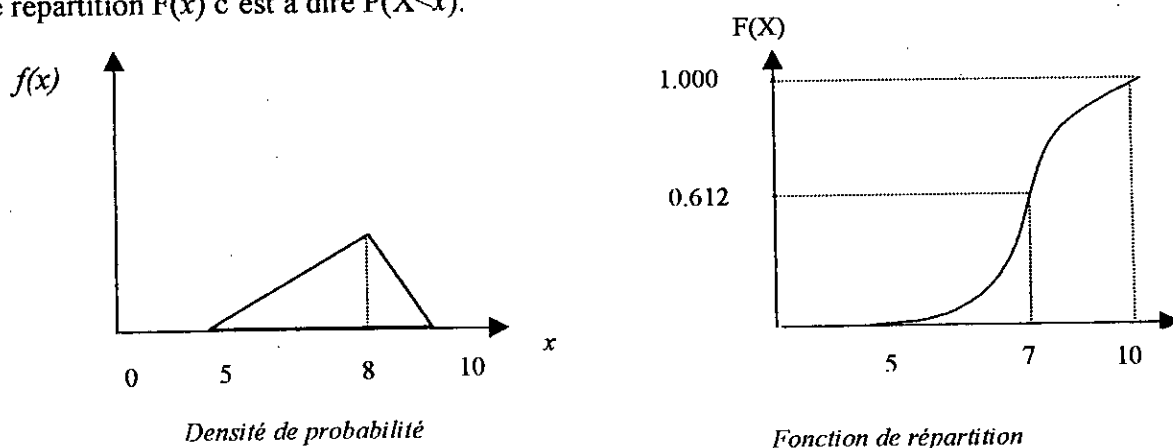


Fig.III.7. tirage au hasard par la fonction de répartition.

Si l'on tire au hasard un nombre de quatre chiffres, donc compris entre 0000 et 9999 (par exemple 6120), il suffit alors pour obtenir la valeur correspondante de  $x$  de mener parallèlement à l'axe des abscisses au niveau de 0.6120 une droite qui coupera la fonction de répartition en un point dont l'abscisse sera la valeur cherchée (ici 7).

**5<sup>ème</sup> Etape :**

Répéter les deux étapes précédentes un grand nombre de fois pour obtenir une représentation sous forme d'histogramme du critère d'évaluation.

Le nombre d'itérations nécessaire est compris entre 500 et 1000.

Ce processus est résumé par le schéma suivant :

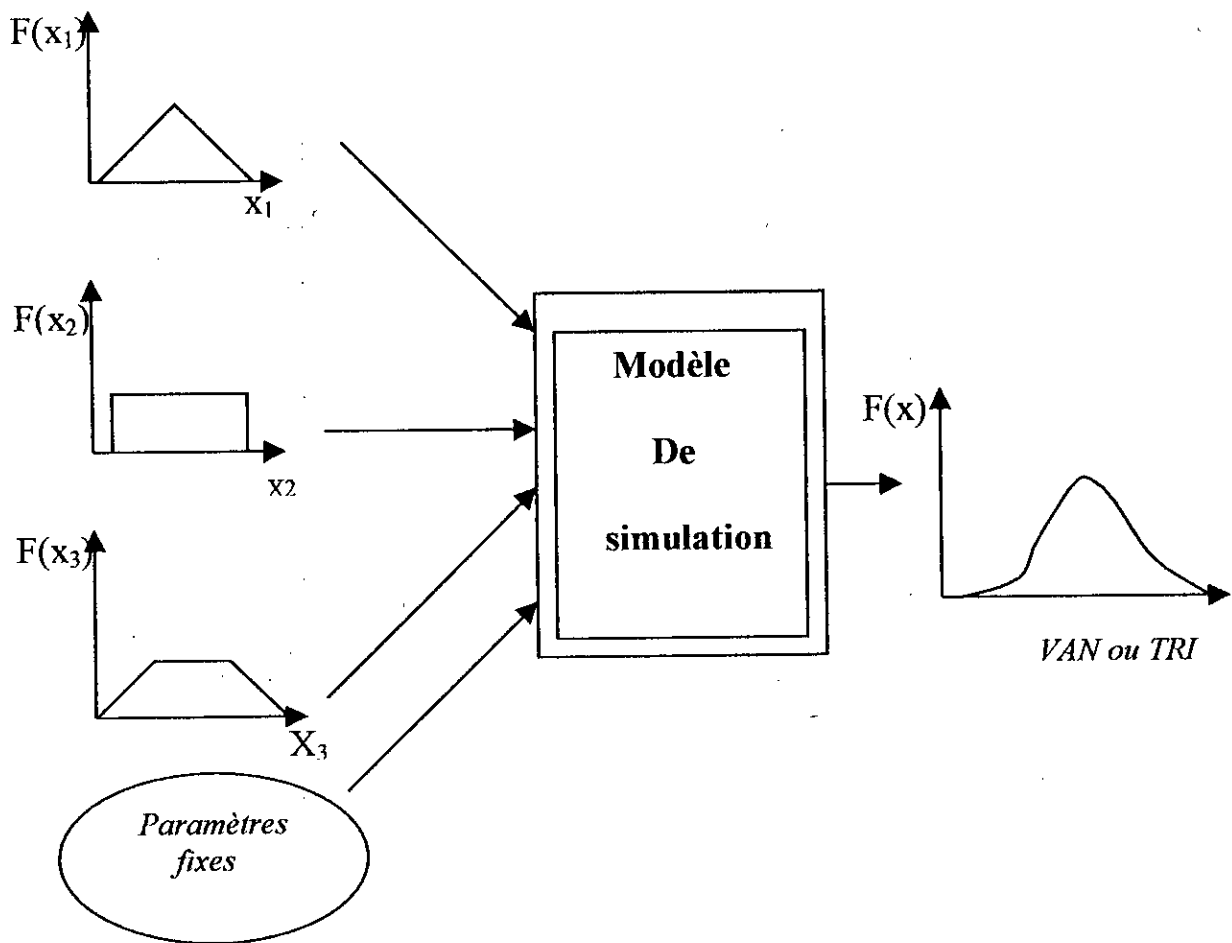


Fig.III.8.Modèle de simulation de Monté-carlo.

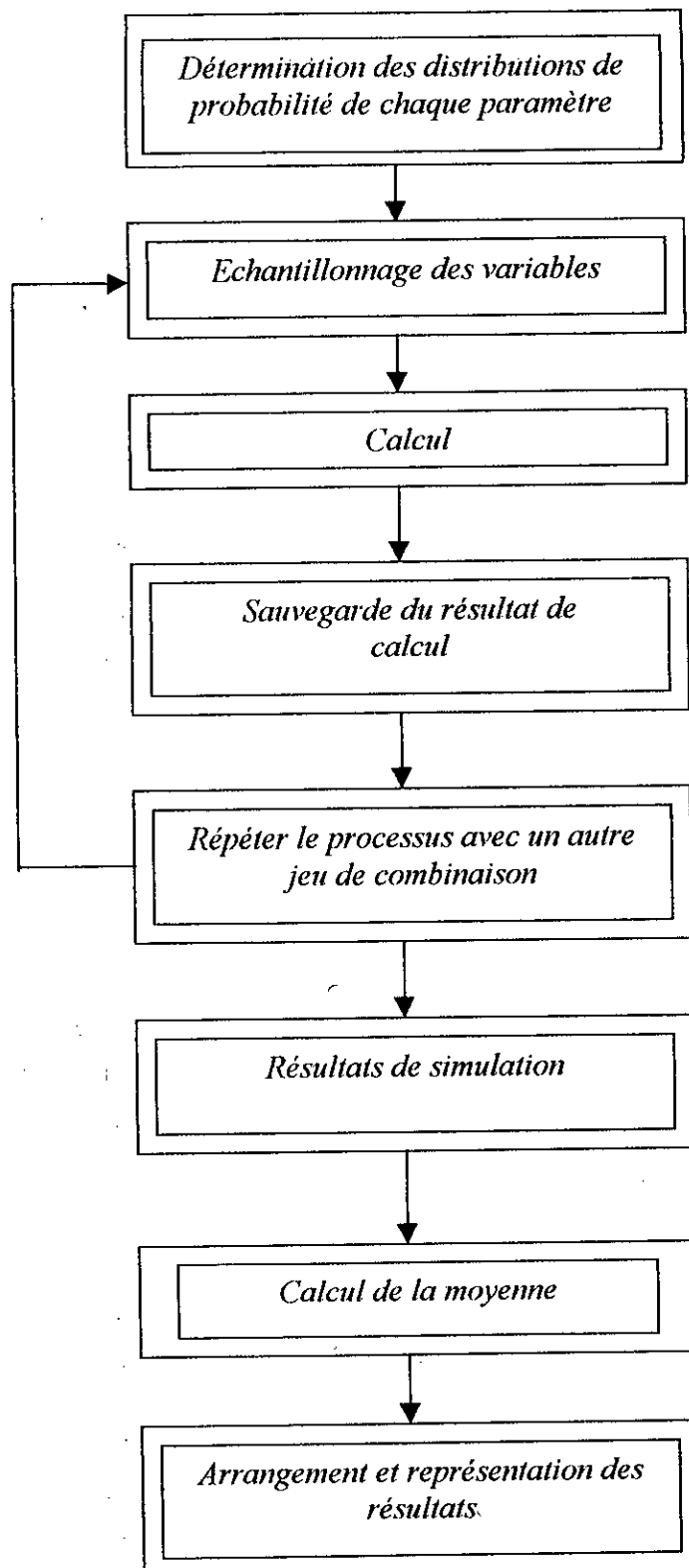


Fig.III.9.Schéma général de fonctionnement de la simulation par la méthode de Monté-carlo.

*\*Avantages et inconvénients :*

*Avantages :*

La technique de simulation offre l'avantage d'une description plus détaillée des futurs possibles.

*Inconvénients :*

- Cette méthode présente des difficultés de prendre en compte de toutes les relations de dépendance.

- Elle ne permet pas d'identifier directement la contribution de tel ou tel paramètre probabilisé puisqu'elle réalise un véritable mixage.

**3.La technique des arbres de décision : [HUS 88]**

**1.Définition :**

L'arbre de décision est une représentation graphique des actions alternatives du décideur ou de la nature (la réalisation de telle action implique la réalisation de l'autre ), selon la séquence où elles apparaissent successivement dans l'ensemble des programmes d'actions susceptibles d'être retenus par le décideur.

Un arbre de décision se lit de la gauche vers la droite : à partir de l'embranchement initial appelé nœud-décision représenté par un rectangle origine et plusieurs branches correspondant à toutes les actions offertes aux décideurs. A l'extrémité de chaque branche - action d'un nœud - événement d'où émane une série d'états, on retrouve autant de branches que d'états possibles. L'arbre peut contenir une séquence de plusieurs décisions à prendre et il se termine à l'extrémité de la dernière branche - état de la décision la plus éloigné de la séquence par la valeur de la séquence.

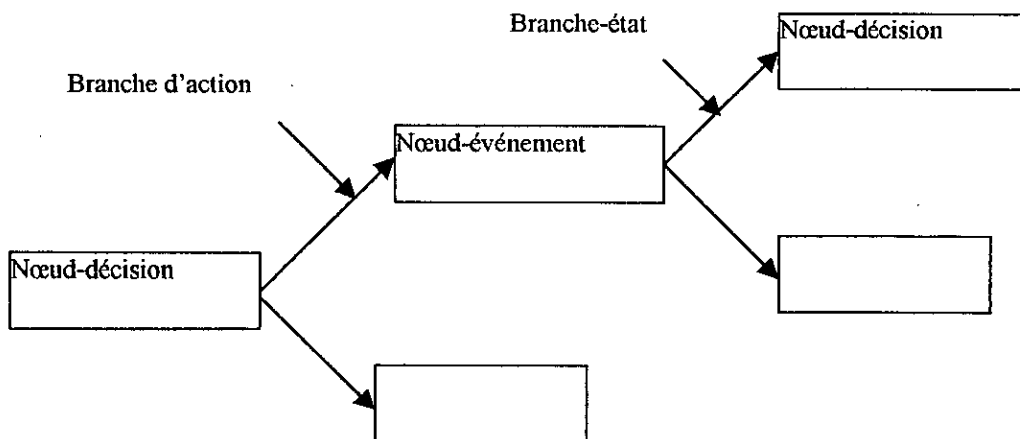


Fig.III.10.Exemple d'un arbre de décision.

## **2. Principe de résolution de l'arbre de décision :**

Dans un arbre de décision, le déroulement des événements se fait de la gauche vers la droite, mais la résolution s'effectue de la droite vers la gauche.

On commence de la gauche :

- Lorsqu'on rencontre un nœud de décision on calcule les conséquences pour le total des branches émanant de ce nœud. Ces événements sont généralement assortis de probabilités subjectives, de telle sorte que le total des probabilités concernant le même nœud - événement soit égal à 1.

- Lorsqu'on rencontre un nœud - décision, on calcule les séquences pour chaque branche de nœud et on choisit la décision correspondant à la branche dont la valeur est la plus forte.

## **3. Avantages et inconvénients :**

*Avantages :*

1. L'arbre de décision a pour premier avantage d'obliger les demandeurs d'investissement à faire une analyse poussée de leurs problèmes et d'envisager les différentes hypothèses qui s'offrent à eux.

2. Il présente un autre avantage, c'est qu'il permet l'introduction des décisions séquentielle, et par conséquent il constitue un moyen sérieux et efficace de diminuer le risque.

*Inconvénients :*

L'inconvénient de l'arbre de décision, c'est qu'on se limite à quelques points de distribution de probabilité de chaque événement.



**Conclusion :**

Dans cette partie nous avons constaté que :

- Les méthodes de la VAN et du TRI sont les plus adéquates dans une évaluation financière en univers déterministe parce qu'elles tiennent compte à la fois de la valeur temporaire de l'argent et de la rentabilité de la dépense initiale.

- L'étude du risque n'est plus une composante complémentaire pour la prise de décision d'investir, son intérêt reste incontournable. L'analyse de sensibilité est une première approche de la notion d'incertitude cependant elle reste insuffisante parce qu'elle ne permet pas de quantifier le risque sauf si on l'introduit avec l'étude probabiliste. C'est cette combinaison qui constitue le principe de la méthode de simulation de Monté carlo, qui peut combler les insuffisances des autres méthodes.



***ETUDE  
PRATIQUE***

## **Introduction**

Cette partie est consacrée à l'étude pratique de l'analyse du risque, dans laquelle nous allons appliquer les méthodes développées dans la partie théorique sur un cas pratique, nous allons pour cela :

-Présenter le projet, et l'évaluer selon les estimations du promoteur faites dans un contexte déterministe.

-Faire une analyse de variabilité, et une analyse de sensibilité des paramètres susceptibles de subir des variations pendant la durée de l'exploitation du projet.

-Essayer de quantifier l'aversion du risque par des outils statistiques, notamment la simulation.

## **CHAPITRE I - L'étude de faisabilité du projet :**

### **I.1-Introduction**

Il s'agit dans ce chapitre, d'étudier la faisabilité du projet, selon les trois volets : commercial, technique et financier, en se basant sur les données figurant dans le document présenté à l'APSI, auxquelles nous avons apporté quelques rectifications des incohérences (financières en particulier) entre les différents tableaux.

### **I.2-Présentation du projet :**

#### **I.2.1-Le promoteur :**

L'entreprise nationale de production et de distribution des gaz industriels (ENGI), est issue de la restructuration organique de la SNS en 1983, et transformée en société par action en 1989.

L'ENGI est présente sur l'ensemble du territoire national par un réseau comportant :

- Neuf unités de production : Alger, Annaba, Oran, Constantine, Sidi-Bel-Abas, Bouira, Ouargla, skikda et arzew.
- Douze dépôts de distribution.
- Un réseau de concessionnaire.

Avec ses neuf unités de production, l'ENGI assure la production des différents gaz industriels et médicaux à l'état comprimé, liquide ou dissous, ainsi que des mélanges de gaz et ceci par différents procédés (distillation, électrolyse, combustion, et décomposition).

Parmi les 14 types de gaz produits par l'entreprise on trouve :

- L'Azote.
- L'Argon.
- L'Acétylène.
- Le protoxyde d'azote ( $N_2O$ ).
- Le dioxyde de carbone ( $CO_2$ ).

La distribution de ces gaz à l'état liquide, est assurée par une flotte de citernes cryogénies et un parc de bouteilles pour différent gaz et différentes capacités.

Les centres de production du  $CO_2$  sont localisés à :

- ARZEW : on utilise le procédé de la récupération des effluents  $CO_2$  en provenance des complexes ammoniac (traitement, lavage, compression, épuration, liquéfaction et stockage).
- REGHAIA : on utilise la combustion du fuel.
- ANNABA : on utilise la combustion du gaz naturel ou du fuel.

- L'atelier d'Arzew, malgré sa faible cadence et ses arrêts imprévus, représente plus de 70% de la capacité de production globale de l'entreprise, créée en 1978, il a une capacité théorique de 15000 tonnes/an.

- L'atelier de Réghaïa mis en œuvre en 1976, a une capacité de 3000 tonnes /an.

- L'atelier d'Annaba mise en route en 1984, a une capacité de 3000 tonnes /an.

### ***1.2.2- Le projet :***

Il s'agit d'un projet d'investissement d'extension pour la production du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) par combustion du gaz naturel avec une capacité de 2 Tonnes/Heure, que l'entreprise a envisagée de réaliser dans trois localités différentes : Arzew, Skikda et Alger.

### ***1.3-L'étude du marché :***

#### ***1.3.1- Définition du produit :***

Le CO<sub>2</sub> est un gaz incolore, inodore et plus lourd que l'air (d=1.52), solidifié à une température de -78.5°C, il constitue la neige carbonique.

#### ***1.3.2- Intervenants :***

Deux intervenants partagent le marché actuel des gaz industriels, en plus de l'ENGI, un autre producteur (Général Gaz Industriels) se situant à oued S'mar, assure la production et la distribution de CO<sub>2</sub>, son secteur d'activité s'étend sur tout le territoire national et couvre une grande part du marché bien qu'il ne possède qu'une seule unité avec deux installations l'une a 1T/h et l'autre a 500 kg/h.

#### ***1.3.3-La structure :***

Les caractéristiques du marché sont signalées ci\_ dessous, nous allons analyser brièvement quelques chiffres concernant l'offre et la demande.

##### ***1.3.3.1-L'offre :***

Selon les régions et sur 9 ans, les ventes réalisées par l'ENGI sont données par le tableau suivant :

Unité :Tonne

année	Centre	Est	Ouest	Total
1988	4878	2643	3124	10645
1989	5380	2858	3357	11595
1990	5045	2626	2581	10252
1991	5247	2439	2693	10370
1992	4880	2603	2665	10148
1993	5090	3012	3608	11170
1994	4500	4000	2400	10963
1995	5189	3077	2880	11300
1996	5090	3504	2223	10800

Tableau I.1 Les ventes du CO<sub>2</sub> réalisées par l'ENGI.

La vente du CO<sub>2</sub> n'a pas connu une grande évolution, pendant cette période assez longue et particulière, une évolution légère est enregistrée dans les dernières années, ceci apparaît pour les régions Est et Ouest dès 1996, c'est la conséquence de la politique d'exportation vers les pays limitrophes adoptée par l'entreprise.

Depuis 1994, ces chiffres ne représentent pas vraiment les capacités de production réelles de l'entreprise, en effet suite à une pénurie de production, GI, a procédé par l'achat chez le concurrent des quantités suivantes (Tableau I.2) pour satisfaire sa clientèle :

Unité :Tonne

Année	Quantité
1994	435
1995	1315
1996	1397

Tableau I.2 Quantités du CO<sub>2</sub> achetées par l'ENGI.

Le marché du CO<sub>2</sub> connaît une évolution d'une année à l'autre, cette croissance est vérifiée par les quantités écoulées par le concurrent, en effet cette quantité qui n'était que de 830 tonnes en 1992/1993 est passée à 2644 tonnes en 1994.

1.3.3.2-La demande passée: Le marché actuel a des capacités d'absorption de toute la quantité produite par l'entreprise, il a enregistré un déficit qui a atteint 6000 tonnes pour l'année 1996, dont 5000 tonnes pour la période de la forte demande comme le révèle le tableau suivant :

Unité : Tonne

Mois	Réalisation 1996	Possibilité du marché
* Juin	1395	-500
Juillet	775	-1000
Août	840	-1800
Septembre	448	-1000
Octobre	839	-400
Novembre	693	-300
Total		-5000

Tableau 1.3 Déficit de production enregistré par l'ENGI

Une étude du marché de la boisson gazeuse en Algérie a estimé la demande annuelle entre 80 à 100 millions de caisses gazeuses par an soit de 10000 t à 12000 t de CO<sub>2</sub>, ce qui va être pris en charge par les nouvelles limonaderies et spécialement les deux unités des firmes multinationales Coca Cola et Pepsi Cola nouvellement installées à Reghaïa, qui ont retenu ENGI pour fournisseur exclusif.

En ce qui concerne l'exportation, la part du marché de l'entreprise connaît une évolution d'une année à l'autre, malgré les difficultés rencontrées depuis 1994 suite à la fermeture des frontières avec le Maroc (problème politique), actuellement, une reprise de la croissance de l'exportation est enregistrée. Le tableau suivant trace l'évolution de l'exportation depuis 1991 :

Unité : Tonne

Année	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Exportation	37	499	1419	2031	1185	1803
Rapport (exportation/ production totale)	0,0036	0,05	0,13	0,19	0,11	0,17
Evolution (n/n-1)	-	13,78	2,58	1,45	0,56	1,59

Tableau 1.4 Evolution des exportations.

En 1991, la part de l'exportation ne représentait que 0.36% du total des ventes de l'entreprise, ce chiffre a atteint 19% en 1994, puis suite à la fermeture des frontières, il a baissé jusqu'à 11% pour l'année 1995. Depuis 1996 ce chiffre connaît une évolution, soit une augmentation des ventes de 159 % par rapport à l'année précédente (1995).

#### *1.3.2.3- La demande prévisionnelle :*

La demande prévisionnelle va connaître une évolution dans les années suivantes, elle va atteindre -d'après une étude faite par l'entreprise – dès 1999 les quantités suivantes :

Dans la région centre : une demande de 18000 tonnes.

Dans la région Est, une demande de 12000 tonnes dont 5000 tonnes pour l'exportation.

Dans la région Ouest, une demande de 9000 tonnes dont 3000 tonnes pour l'exportation.

Ce qui va nous donner un total de 39000 tonnes dès 1999. (année prévue pour le démarrage des trois ateliers ).

#### *1.3.2.4- Comparaison entre l'offre et la demande :*

Le marché actuel présente des possibilités d'extension, l'écart entre offre et demande prévisionnelles va s'accroître avec l'installation des deux firmes Coca Cola et Pepsi Cola pouvant consommer près de 1/3 du total de la production de l'entreprise.

Cet écart est évalué actuellement à 6000 tonnes, et il va atteindre 29000 à 30000 tonnes pour l'année 1999.

#### *1.3.2.5- Prix de vente :*

Le prix de vente du CO<sub>2</sub> est fixé par l'entreprise à une valeur de 20 DA/kg.



## ***1.4- L'étude technique du projet :***

### ***1.4.1- Le procédé :***

Le procédé de fabrication du CO<sub>2</sub> est pratiquement commun à toutes les installations. Toutefois de par le monde il existe deux variantes pour la production du CO<sub>2</sub>.

#### *Variante 1 :*

Cette variante consiste à récupérer du CO<sub>2</sub> à partir de sources existantes contenant déjà du CO<sub>2</sub> à une pureté de 90 à 95% minimum (effluents provenant des complexes qui éliminent le CO<sub>2</sub> parce qu'il est gênant à leur processus, exemple les usines d'ammoniac et de GNL).

Cette variante est rentable puisqu'une grosse partie des équipements nécessaires est économisée, elle consiste à traiter le CO<sub>2</sub> par le lavage, la compression, l'épuration, la dissociation, la liquéfaction et le stockage.

#### *Variante 2 : (cf. annexe A)*

La fabrication du CO<sub>2</sub> par cette variante procède par la combustion du fuel, du gaz naturel ou autre source combustible. Le gaz brut ainsi produit est séparée par absorption puis désorption avec amines il est par la suite traité, purifié séché et liquéfié. Cette variante est moins économique, elle est utilisée dans le cas d'absence de sources importantes d'effluent contenant du CO<sub>2</sub> à une pureté de 90 à 95%.

Cependant l'entreprise a opté pour la deuxième variante parce qu'elle assure l'autonomie de l'entreprise vis à vis des fournisseurs de la matière première (effluents), surtout après l'expérience avec ASMIDAL, où cette dernière a actualisé le prix de vente des fumées de 0.35 DA à 3 DA/KG sans préavis, ainsi que les nombreuses perturbations d'approvisionnement en matière d'effluents fournis par l'unité d'Arzew. Des contacts et des négociations avec SONATRACH pour la récupération à partir du GNL ont été faits, mais aucune position officielle n'est signalée.

**I.4.2- Le personnel :**

Les ateliers CO<sub>2</sub> à construire seront rattachés pour leur gestion aux unités déjà existantes. Il n'est prévu que le personnel d'exploitation à savoir :

- Un chef d'atelier (ingénieur).
- Quatre équipes de deux conducteurs (agents de maîtrise).

Soit un total de neuf personnes par projet.

Le montant des salaires est le suivant :

*Unité : DA.*

Catégorie	Nombre	Salaire mensuel individuel	Salaire annuel total par catégorie
Cadres	03	23 000	820 000
Agent de maîtrise	24	18 000	5 100 000
<b>TOTAL</b>			<b>5 920 000</b>

*Tableau I.5. Montant des salaires.*

**I.4.3- Les consommations :**

Comme le procédé adopté par l'entreprise, pour les ateliers à réaliser, est la deuxième variante (production du CO<sub>2</sub> par combustion), nous aurons les consommations suivantes :

Unité: kDA

Désignation	Consommation	Prix	Montant
Electricité	476 kWh/t	2.76 DA/kWh	37000
Eau	44 M <sup>3</sup> /h	26 DA/M <sup>3</sup>	16 000
Gaz naturel	1100 M <sup>3</sup> /h	1.2 DA/M <sup>3</sup>	18 480
Autres matières	–	–	5 600
Total			77 080

Tableau I.6.Montant des consommations

**I.4.4- Capacité de production :**

Les volumes de production ne sont généralement pas constants sur toute la durée de vie d'un projet d'investissement, on suppose que la capacité théorique est atteinte dès la première année. Dans notre cas, La capacité théorique des équipements que l'entreprise va installer est de 2t/h pour chaque atelier, soit une capacité totale de 6 t/h pour les trois ateliers.

**I.4.5- Volume horaire de fonctionnement :**

Le nombre d'heures de fonctionnement de chaque atelier est fixé à 5000 heures par an, soit le nombre total de 15000 heures par an pour les trois ateliers.

**I.4.6- Localisation :** Le choix des sites pour les trois ateliers est le résultat d'une étude technique faite par l'entreprise pour chaque région, les localités sélectionnées sont les suivantes :

*Ouest :*

Il s'agit d'un changement de procédé pour l'unité d'Arzew, qui produit actuellement du CO<sub>2</sub> à partir des effluents provenant des complexes d'ammoniac, et qui présente des difficultés suite à des arrêts prolongés et non programmés des complexes Ammoniacs.

*Est :*

L'entreprise, dans le premier temps, a envisagé de s'installer à Skikda en vue de traiter les effluents dégagés par le GNL et de créer un partenariat avec SONATRACH. Cette dernière n'est pas intéressée, et en plus les effluents de GNL contiennent 5% de méthane, ce qui alourdit le processus et le rend onéreux.

Cependant, cette même localité est choisie pour le procédé de la combustion du gaz naturel.

*Centre, Alger :*

Envisagé à Hussein- dey, cet atelier est un investissement de délocalisation et d'extension de l'atelier CO<sub>2</sub> de Réghaïa qui rencontre des problèmes d'exploitation, notamment le manque d'eau et l'insuffisance de puissance électrique.

## ***1.5-L'étude financière :***

### ***1.5.1-Coût de l'investissement :***

L'estimation du coût de l'investissement consiste à utiliser des informations concernant des équipements déjà mis en place et semblables à ceux qui font l'objet de l'étude.

Le coût de l'investissement a été estimé par l'entreprise à une valeur de 1155 millions de Dinars. (*cf. annexe B*)

La principale composante de l'investissement est "équipements et matériels" qui représente environs de 70% du coût total comme le démontre la figure suivante :

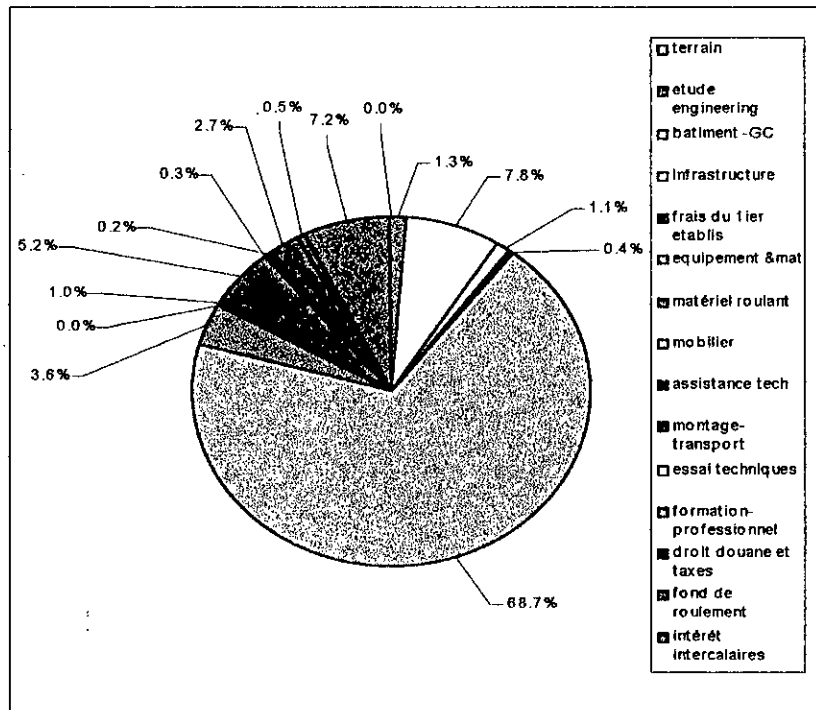


Fig.I.1.coût de l'investissement

### 1.5.2-Mode de financement du projet :

Le projet sera financé à 30% par fonds propres et 70 % d'emprunt dont 54 % est un crédit à moyen terme de la *Banque Intercontinentale Arabe (BIA)* sise à Paris, à un taux d'intérêt de 10.5 %, le reste de l'emprunt (16 %) est un crédit en dinars avec un taux de 25 % remboursable sur cinq ans (cf. annexe C). Les montants de cet emprunt sont les suivants :

Unité=KDA

Désignation	1997	1998	TOTAL
Fonds propres	49 000	297 414.5	346 414.5(30 %)
Crédit Dinars	0	183 847.5	183 847.5 (16 %)
Crédit devise	93 667.5	530 782.5	624 450 (54 %)
Total	142 667.5	1 012 044.5	1 154 712 (100 %)

Tableau I.7. Mode de financement.

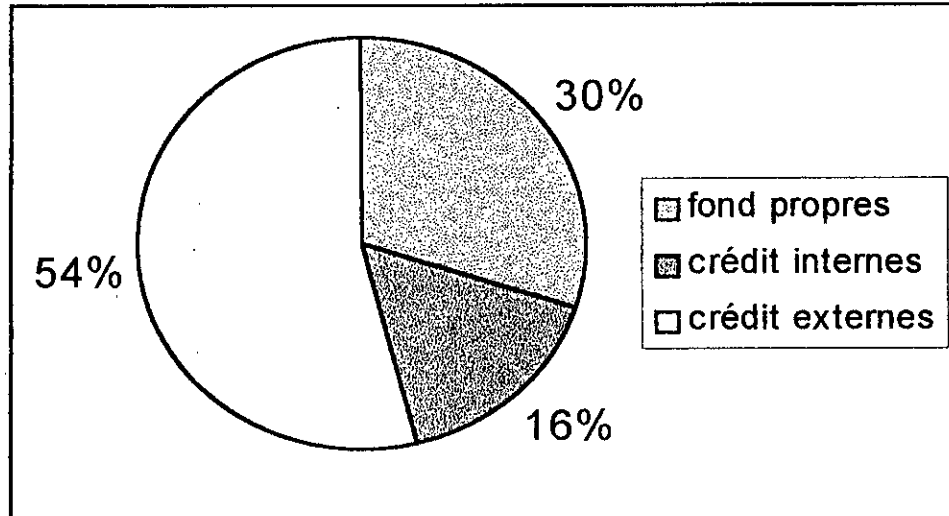


Fig.I.2.mode de financement.

#### 1.5.4-Coûts unitaires :

Les coûts de revient sont calculés par la formule suivante :

$$\text{Coût unitaire} = \text{Total des charges} / \text{quantité produite.}$$

On aura ainsi pour les quinze années d'exploitation les coûts unitaires suivants :

Unité :KDA/t.

Années	coût unitaire
1999	15,25
2000	14,53
2001	14,2
2002	12,44
2003	11,7
2004-2008	10,54
2009-2013	7,57

Tableau I.8.Evolution du prix unitaire.

### 1.5.5-L'évaluation financière :

Dans cette partie, nous apportons une évaluation financière du projet, après avoir corrigé les fautes apparues dans l'évaluation qui a été faite par l'entreprise.

#### 1.5.5.1- Hypothèses :

- La cadence de production atteint la capacité théorique, c'est à dire que les ateliers produisent à une cadence de 2 t/heure.

- Les prix du produit fini et des matières consommées sont considérés constants (nous raisonnons en prix constants).

- Toute la production sera vendue.

- La durée de vie du projet est la durée de vie physique, elle est égale à 15 ans.

- L'amortissement est de type linéaire (cf. annexe D )

- Une exonération d'impôts de trois est retenue.

#### 1.5.5.2-Taux d'actualisation :

Le taux d'actualisation que l'entreprise a utilisé pour l'évaluation de son projet est de 15%, ce taux est un choix propre à l'entreprise, cependant les valeurs les plus utilisées sont 8%, 10 %, et 12 % [BOUG 98].

#### 1.5.5.3- Calcul des éléments de la rentabilité :

En appliquant les formules données dans la première partie (en utilisant les fonctions du logiciel EXCEL<sup>®</sup> ) sur les données du compte d'exploitation prévisionnel(C.E.P) corrigée(cf. annexes L), nous aboutissons aux résultats suivants :

- Le taux de rendement comptable (TRC) est estimé à 21%

- La durée de récupération (DR) du capital investi est de l'ordre de 5 ans.

- La valeur actuelle nette (VAN) est de 297 millions de dinars.

- Le taux de rentabilité interne (TRI) est égal à 20.3%.

- L'indice de rentabilité (IR) est de 1.26.

D'après ces résultats, la VAN étant positive, le TRI est supérieur au taux d'intérêt pondéré (13.8%), l'indice de rentabilité est supérieur à 1, et la durée de récupération paraît assez acceptable (le projet ayant un recours fort aux emprunts, il peut se récupérer dans le premier tiers de la durée d'exploitation), on peut dire alors que *le projet est rentable*.



## CHAPITRE II : Analyse de sensibilité et simulation :

### II.1- Analyse de variabilité par application de la méthode du point mort :

Comme nous l'avons mentionné dans la première partie, l'analyse de variabilité par la méthode du point mort consiste à déterminer le niveau d'activité pour lequel le résultat d'exploitation est nul.

#### II.1.1-Hypothèses :

1. L'année sur laquelle nous allons appliquer l'analyse est l'an 2004, que nous jugeons la plus représentative, car elle présente des charges qui se rapprochent de la moyenne des charges annuelles sur toute la durée de vie du projet.

2. Les charges variables sont rigoureusement proportionnelles au niveau d'activité, avec le coefficient de proportionnalité de 1,145

3. Les charges fixes sont constantes quel que soit le niveau de la production.

4. Toute la production est supposée vendue.

5. la capacité pratique = capacité théorique.

#### II.1.2-Analyse des charges :

Commençons par une étude de la structure du compte d'exploitation prévisionnel, il s'agit en effet de faire la distinction classique entre charges fixes et charges variables, mais en premier stade les valeurs moyennes des charges sur toute la durée de vie du projet- représentées sur le graphique suivant - nécessitent une analyse particulières.

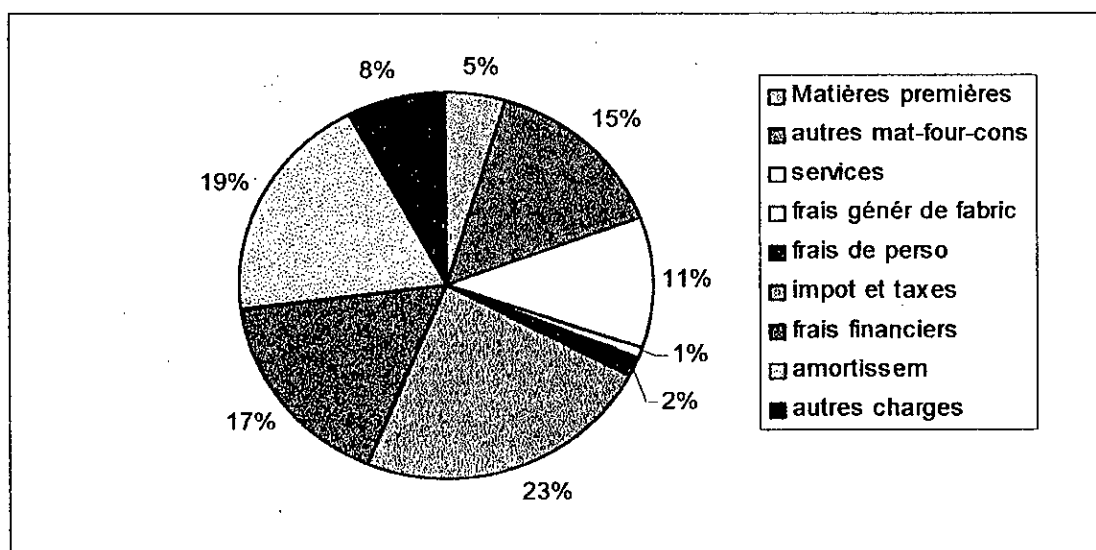


Figure II.1. Structure des charges

Le graphique montre l'importance des deux postes : Amortissement et frais financiers par rapport aux autres charges, ceci paraît logique par rapport à la nature du projet, en effet comme tout autre projet dans l'industrie des procédés, c'est un projet capitalistique, nécessitant plus d'équipements que de la main d'œuvre (plus de dix-neuf fois dans notre cas).

Les frais financiers qui sont élevés, traduisent le choix de la politique de financement adopté par l'entreprise, l'achat de tels équipements assez coûteux et non disponibles sur le marché local ne peut certainement pas être pris en charge par autofinancement, ainsi le recours à la dette paraît indispensable.

Entre les charges fixes et les charges variables, le rapport n'est pas constant, et connaît une évolution d'une année à une autre. Le tableau (II.1.) résume, les résultats d'une comparaison entre les charges pour chaque année d'exploitation :

Unité : KDA.

Année	Charges variables(CV)	Charges fixes(CF)	Total	% CF (1)	%CV(2)	Rapport (CV)/(CF)
1999	111221	286146	397367	0,72	0,28	0,39
2000	111221	263839	375060	0,70	0,30	0,42
2001	124357	241492	365849	0,66	0,34	0,51
2002	124357	187203	311560	0,60	0,40	0,66
2003	124357	164888	289245	0,57	0,43	0,75
2004-2008	124357	131182	255539	0,51	0,49	0,95
2009-2013	124357	41717	166074	0,25	0,75	2,98

Tableau II.1. Rapport entre les charges fixes et les charges variables.

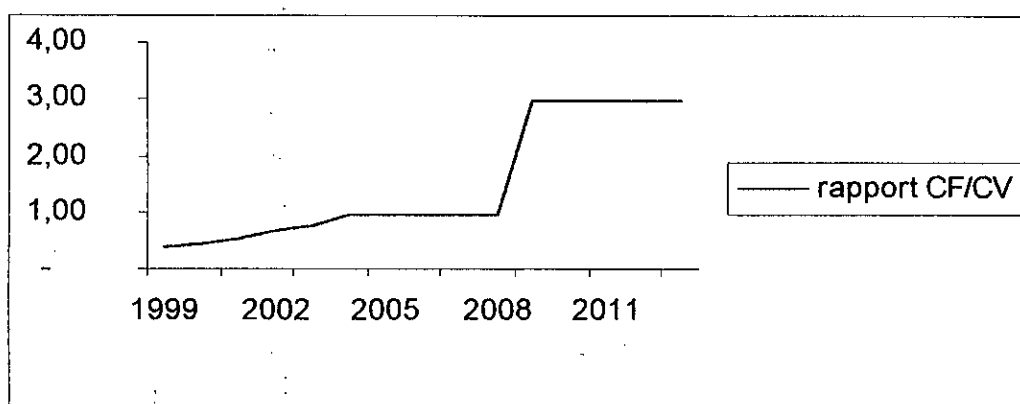


Figure II.2. Rapport des charges fixes sur les charges variables

Les cinq premières années d'exploitation sont marquées par une forte part des charges fixes par rapport aux charges variables, ceci peut s'expliquer par le fait que les amortissements

amortissements et des frais financiers diminuent d'une année à l'autre, et vu leur importance dans la structure des charges, une telle influence est explicable. Ainsi le rapport entre charges variable et charges fixes connaît une augmentation rapide, prenant de faibles valeurs pour les cinq premières années (1999-2003), il est égal à presque 1 (d'où une égalité entre les deux types de charges) pour les quatre années suivantes (2004-2008), et prend la valeur de 3 (les charges variables étant le triple des charges fixes) pour les dernières années, cela s'explique par le fait que les frais financiers vont s'annuler, les amortissements vont devenir assez faibles dès 2009, donc les charges variables seront plus élevées que les charges fixes puisqu'elles n'ont pas connu d'évolution, du fait que le niveau de production est le même pour toute la durée de vie du projet.

### II.1.3-Détermination du seuil de rentabilité :

#### II.1.3.1-Calcul :

Soient :

CV<sub>u</sub> : le coût de revient d'une tonne de CO<sub>2</sub>.

CV<sub>t</sub> : les charges variables totales (sont les matières premières et les services).

N : la quantité à vendre.

PV<sub>u</sub> : le prix de vente d'une tonne (20 DA/Kg soit 20 000 DA/t).

CF : les charges fixes.

$$CF = 223 \text{ MDA}$$

$$CV_u = \frac{CV_t}{N}$$

$$CV_t = 18,5 + 58 + 3,3 = 124 \text{ MDA}$$

$$CV_u = \frac{124 * 10^6}{30000} = 4133 \text{ DA/t}$$

L'équation du point mort :

$$CV_t + CF = CA \Rightarrow CV_u * N + CF = PV_u * N$$

$$\text{d'où : } (PV_u - CV_u) * N = CF \Rightarrow N_{PM} = \frac{CF}{PV_u - CV_u}$$

Donc :

$$N_{PM} = \frac{223 * 10^6}{20\,000 - 4133} = 14054 \text{ t}$$

Le seuil de rentabilité de projet pour l'année 2004 est de 14054 t.

### 1.1.3.2-Illustration graphique :

Schématiquement on trouve le même résultat :

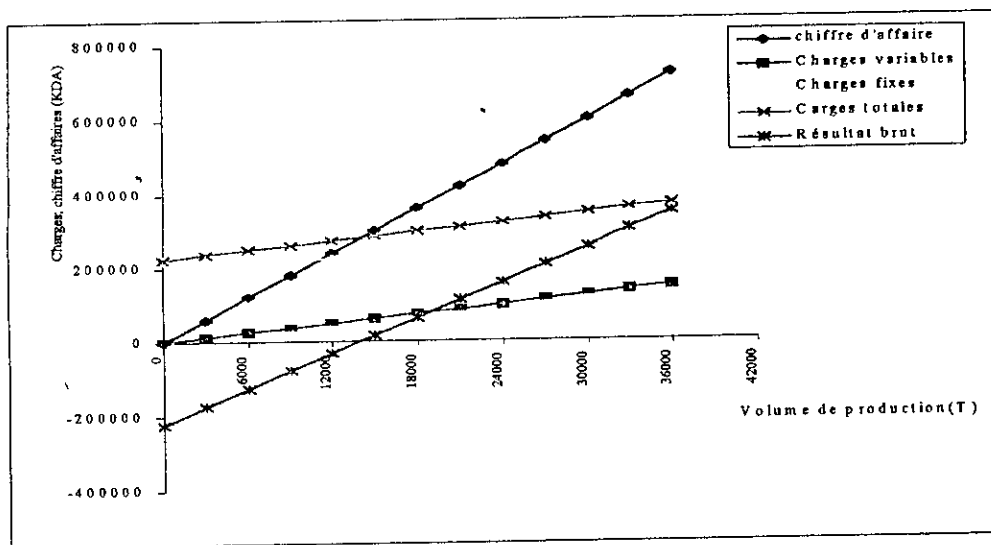


Figure II.3. Analyse par le point mort de la sixième année d'exploitation.

### II.1.3.3-Interprétation :

Le seuil de rentabilité pour l'année 2004 est de 14054 T, cela signifie qu'à partir d'un volume de production égale à ce seuil le projet sera rentable.

Calcul de l'indice de sécurité  $I_s$  :

Soient :

CA<sub>est</sub> : le chiffre d'affaires qui est estimé à 600 MDA

CA<sub>PM</sub> : le chiffre d'affaires pour un niveau de production égale au seuil de rentabilité.

Comme nous l'avons présenté dans la partie théorique, l'indice de sécurité est :

$$I_s = \frac{CA_{est} - CA_{PM}}{CA_{est}}$$

avec :  $CA_{PM} = 14.05 * 20 = 281 \text{ MDA}$

d'où :  $I_s = \frac{600 - 281}{600} = 0.53.$

$I_s = 53\%$  : Cela signifie que même si le chiffre d'affaires baisse de 53 %, l'année 2004 est équilibrée.

**II.1.4-Seuils de rentabilité des années d'exploitation du projet :**

Avec un prix réel de 20 DA/kg pour toute la durée d'exploitation, on estime les coordonnées du point mort pour chaque année comme suit :

Unité :MDA

Année	1999	2000	2001	2002	2003	2004-08	2009-13
Coordonnées du point mort							
volume de production (10 <sup>3</sup> t)	23.15	21.8	21	17.5	16.25	14.05	8.45
Chiffre d'affaires	463	437	420	353	325	281	169
Charges variables	86	81	87	73	67	58	35
Charges fixes	378	356	333	280	258	223	134
Charges totales	463	437	420	353	325	281	169
Résultat brut	0	0	0	0	0	0	0

Tableau II.2.Seuils de rentabilité des années d'exploitation

Le seuil de rentabilité n'est pas constant sur toute la durée de vie du projet, il varie de 23000 Tonnes, en 1999, jusqu'à 8000 Tonnes, en 2013. Cet écart peut s'expliquer par la forte diminution des charges fixes, et en particulier les frais financiers et les amortissements.

**II.1.5- Calcul du seuil de rentabilité avec des différentes valeurs du prix :****II.1.5.1-Tableau des résultats :**

Hypothèses	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Coordonnées du point mort									
Prix de vente (KDA/t)	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30
Seuils de rentabilité (milliers de t)	38	26,6	21	17	14	12	11	9,5	8.6
Chiffre d'affaire (MDA)	380	333	308	292	280	273	267	262	258
Charges variables (MDA) (1)	157	110	85	69	57	50	44	39	35
Charges fixes (MDA) (2)	223	223	223	223	223	223	223	223	223
Charges totales (MDA) (1)+ (2)	380	333	308	292	280	273	267	262	258
Résultat brut (MDA)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau II.3.Seuils de rentabilité à des différents niveaux de prix de vente.

### II.1.5.2-Illustration graphique :

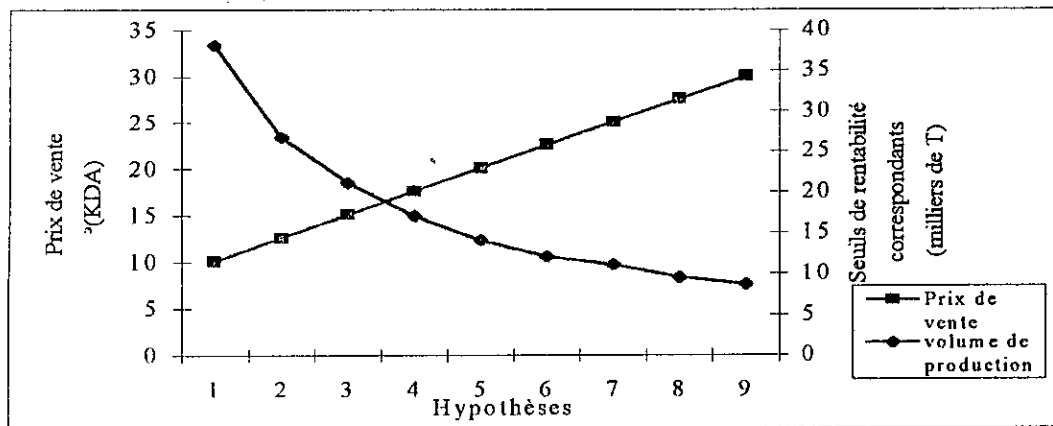


Figure II.4. Evolution du seuil de rentabilité avec différents prix de vente

### II.1.5.3-Interprétation des résultats :

Nous voyons que pour une évolution linéaire du prix de vente, le seuil de rentabilité présente une évolution presque exponentielle négative, cela s'explique par le fait que le seuil de rentabilité est très sensible au prix de vente lorsqu'il est bas qu'au prix élevé, c'est un comportement normal, puisque toute diminution du prix de vente sera compensée par une augmentation de la production.

Les valeurs les plus remarquables sont la valeur du prix 10KDA/t à laquelle correspond un seuil de rentabilité très élevé, de 38000t. Un prix de 30KDA/t, exige un niveau de production de 9000t pour que le projet soit rentable ; c'est à dire que pour un prix qui diminue de 3 fois, la production doit augmenter de plus de 4 fois pour réaliser l'équilibre du projet.

### II.1.6- Seuil de rentabilité avec variation des charges :

#### II.1.6.1-Variation des charges fixes :

Hypothèses	-20%	Base	+20%
Prix de vente	20	20	20
Seuil de rentabilité	11243	14054	16865
Chiffre d'affaires	224869	281087	337304
Charges fixes	46469	58087	69704
Charges variables	178400	223000	267600
Charges totales	224869	281087	337304
Résultat brut	0	0	0

Tableau II. 4. Seuil de rentabilité avec variation des charges fixes.

### II.1.6.2-Illustration graphique :

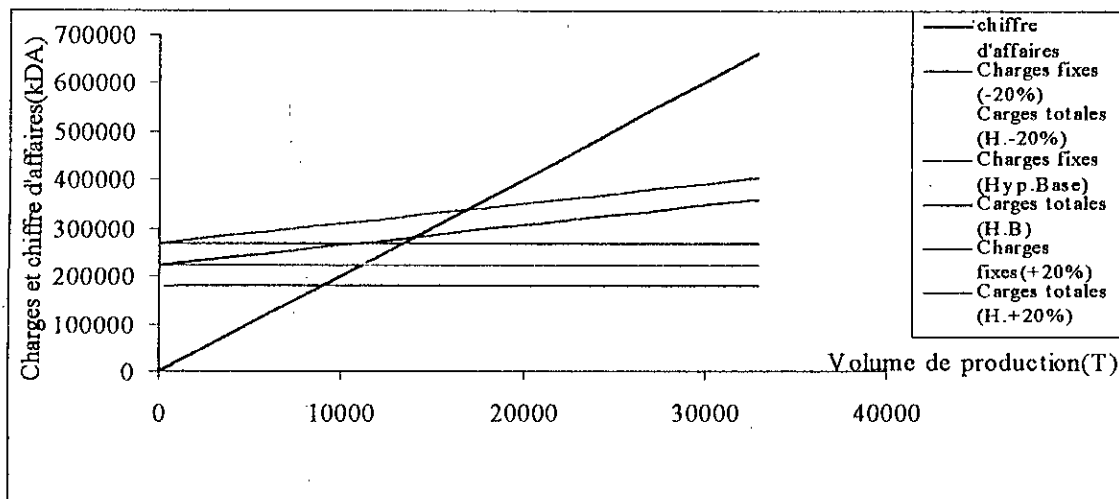


Figure 2.5. Effet de la variation des charges fixes sur le seuil de rentabilité

### II.1.6.3-Interprétation des résultats :

Dans les graphes ci-dessus, on remarque qu'une diminution de 20% des charges fixes, par rapport à l'hypothèse de base, entraîne une réduction du seuil de rentabilité de 21%, ce dernier passe de 14 mille tonnes à 11 mille tonnes. Une augmentation de 20% entraîne une hausse de 21% du seuil de rentabilité, il passe de 14 mille tonnes à 17 mille tonnes.

Si nous traduisons ces variations en terme de rentabilité, la diminution de 20% des charges fixes nous donne une VAN de 555 Millions de Dinars (+86%)\* et un TRI de 25% (+23%)\*, par contre une augmentation de 20% nous donne une VAN de 37MDA (-87%)\* et un TRI de 16%(-21%)\*

(\*)la comparaison des valeurs de la VAN et du TRI est faite par rapport à l'hypothèse de base où la VAN est évaluée à 297 MDA et le TRI à 20.3 %.

Calcul des degrés de levier :

$$DLE = \frac{N * (PV_u - CV_u)}{N * (PV_u - CV_u) - CF} = 1,96$$

$$DLF = \frac{R_{expl}}{R_{expl} - FF} = 2,33$$

$$DLT = 1,96 * 2,33 = 4,57.$$

Ainsi, ces chiffres signifient qu'une diminution de (5 %) du volume de la production escompté entraîne une réduction du résultat net de 22,85 %, (4,57\*5%).

Plus précisément, une réduction de 5 % envisagée en volume de production provoque une diminution du résultat d'exploitation de 9,8% (1,96\*5%) (effet de levier d'exploitation), laquelle entraîne à son tour une diminution du résultat net de 22.85%.

## **II.2- Analyse de sensibilité :**

Cette première phase de l'étude, considérée comme la plus *importante*, consiste à déterminer les *variables clés* qui ont une influence significative sur la finalité du projet, il s'agira en effet de préciser à quoi le projet est et sera le plus sensible.

### **II.2.1- Sensibilité sur le coût de l'investissement :**

#### **II.2.1.1-Hypothèses:**

1-Lorsque le coût de l'investissement varie, on ne fait varier que les éléments, qui sont directement dépendants, tels que l'amortissement, la part de l'emprunt et les frais financiers.

2-Nous prenons un intervalle de variation du coût de l'investissement assez grand pour pouvoir palier tous les cas possibles, cela peut se justifier par le fait que le coût de l'investissement dépend de plusieurs facteurs susceptibles de subir des variations aléatoires, tels que le taux de change et le taux d'intérêt.

#### **II.2.1.2-Justification:**

Le montant de l'investissement peut varier par conséquent aux faits suivants :

- ce n'est qu'une estimation faite sur la base de quelques hypothèses, et se basant sur des méthodes qui peuvent donner des résultats différents (méthode du taux de rotation, méthode de similitude, et méthode modulaire).

- Un temps assez court consacré à l'estimation (ayant un rôle décisif) peut fausser les résultats de l'estimation.

- L'omission de quelques postes (comme le terrain dans notre cas), le non-respect des délais de réalisation (c'est en effet le cas, un seul atelier, celui de Skikda, vient de démarrer tandis que les autres connaissent un retard), une sous-estimation (ou une surestimation moins probable) peuvent, en l'absence d'un poste appelé provision et imprévus, nous obliger à réviser le montant initial de l'investissement.

Que sera l'effet sur la rentabilité si ces montants changent ?



## II.2.1.3-Tableau des résultats :

Pourcentage de variation	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%
valeur du coût (MDA)	693	809	924	1040	1155	1271	1386	1502	1617
TRC	36%	30%	26%	23%	21%	19%	17%	16%	14%
DR	3	3	4	4	5	5	6	6	7
VAN	851	713	574	435	297	158	20	-119	-258
variation de la VAN	187%	140%	93%	47%	0%	-47%	-93%	-140%	-187%
TRI	40%	33%	28%	24%	20%	18%	15%	13%	12%

Tableau II.7. Résultats de la sensibilité sur le coût de l'investissement.

## II.2.1.4- Illustration graphique :

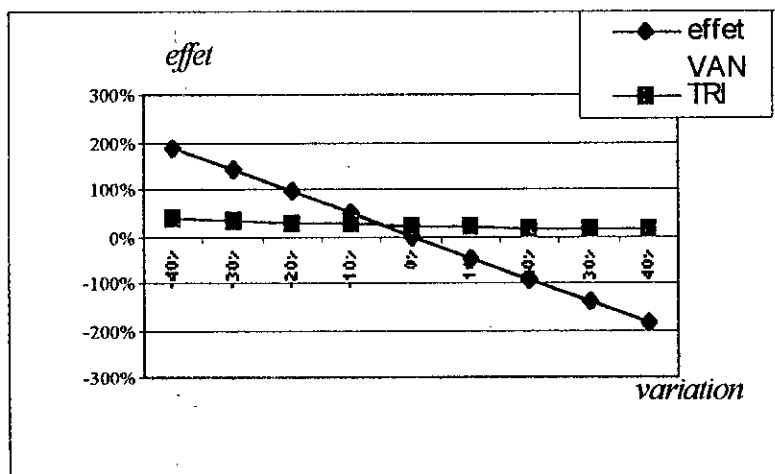


Figure II.6. Variation du TRI en fonction du coût de l'investissement.

## II.2.1. 5- Interprétation :

1. La variation 0% correspond à l'hypothèse de base que l'entreprise a envisagé de réaliser.
2. Lorsqu'on fait varier le coût de l'investissement, la VAN présente la même allure à l'augmentation ou à la diminution, c'est à dire que, pour une augmentation du coût de 10%, elle diminue de 47% et pour une diminution de 10%, elle augmente de la même valeur, 47%.
3. La VAN s'annule pour une augmentation du coût de 22% (avec une valeur absolue de 1409 Millions de Dinars ), donc à partir d'un coût de 1410 MDA, le projet n'arrivera pas à rembourser le coût de l'investissement.
4. Contrairement à la VAN, le TRI présente des variations différentes si on augmente ou on diminue le coût de l'investissement, il augmente de 18% si on diminue le coût de 10%, et ne diminue que de 12% si on augmente le coût de 10%.

5-Le coût de l'investissement qui est lié aux frais financiers et aux dotations aux amortissements, dont l'impact sur la rentabilité a été déjà évoqué plus haut, altère facilement le résultat.

## **II.2.2- Sensibilité sur le volume des ventes :**

### **II.2.2.1- Hypothèses :**

1. Les charges variables, constituées par les différentes consommations, sont rigoureusement proportionnelles au volume de production.

2. Toutes les autres variables (frais de personnel, impôts et taxes ) sont considérées invariantes par rapport au volume de production.

### **II.2.2.2- Justification :**

Le volume de production de 30000t adopté par l'entreprise, n'est qu'un résultats de l'estimation de la part du marché et d'un certain nombre d'hypothèses concernant l'environnement de l'entreprise et la nature du produit lui-même, en effet, la spécificité du produit CO<sub>2</sub> (nécessité de conditions spéciales pour le stockage et le transport sous risque d'évaporation), et la saisonnalité de la demande fait que l'entreprise adopte une politique de vente sur la commande, elle doit veiller à ce que sa production soit vendue en sa totalité. Cependant l'étude du marché faite n'est pas vraiment explicite (manque d'une étude internationale du marché de CO<sub>2</sub> nécessaire pour estimer la part du marché de l'exportation) ce qui laisse à supposer que les résultats auxquels on est arrivé ne sont pas fiables, ils sont surestimés (ou sous estimés ), ce qui risque de générer une difficulté de l'écoulement de toute la quantité produite.

- L'entreprise bénéficie d'une grande part du marché, aussi bien sur le marché local que sur celui de l'exportation, mais cette situation ne peut pas durer longtemps vue le contexte actuel stimulant l'implantation de nouvelles entreprises dans tous les secteurs, et par conséquent la part du marché diminuera certainement.

- Les chiffres donnés pour l'année 1996 (année de l'étude ), révèlent que la capacité de production de l'entreprise dépasse les 30000 t , mais elle n'a réussi à produire que le 1/3, ce qui nous oblige à réviser l'hypothèse d'une production maximale, et de supposer qu'une telle capacité ne peut pas être atteinte.

- Le volume horaire adopté (5000 heures ) paraît insuffisant pour un processus supposé continue, ce qui donne l'idée de réviser ce chiffre à la hausse, et supposer par la suite un accroissement de la production.

La combinaison de ces facteurs et de ces éventualités affirme l'incertitude sur la valeur de la quantité produite, une simulation donnant les différents volumes de production peut traduire toutes ces possibilités, les résultats sont les suivants :

### II.2.2.3- Tableau des résultats :

Pourcentage de variation	-40%	-30%	-20%	-13%	-10%	0%	10%	20%	30%
Niveau de vente(t)	18000	21000	24000	26000	27000	30000	33000	36000	39000
TRC (%)	8	11	15	17	18	21	24	27	30
DR(années)	12	9	7	6	6	5	4	4	3
VAN (MDA)	- 643	- 408	-173	- 8	62	297	532	767	1002
variation de la VAN(%)	-316	-237	-158	-103	-79	0	79	158	238
TRI(%)	3	7	12	14,9	16	20	24	29	33
variation du TRI(%)	-87	-63	-42	-27	-21	0	21	41	62
IR	0,44	0,65	0,85	0,99	1,05	1,26	1,46	1,66	1,87

Tableau II.8. Résultats de la sensibilité sur volume des ventes.

### II.2.2.4-Illustration graphique :

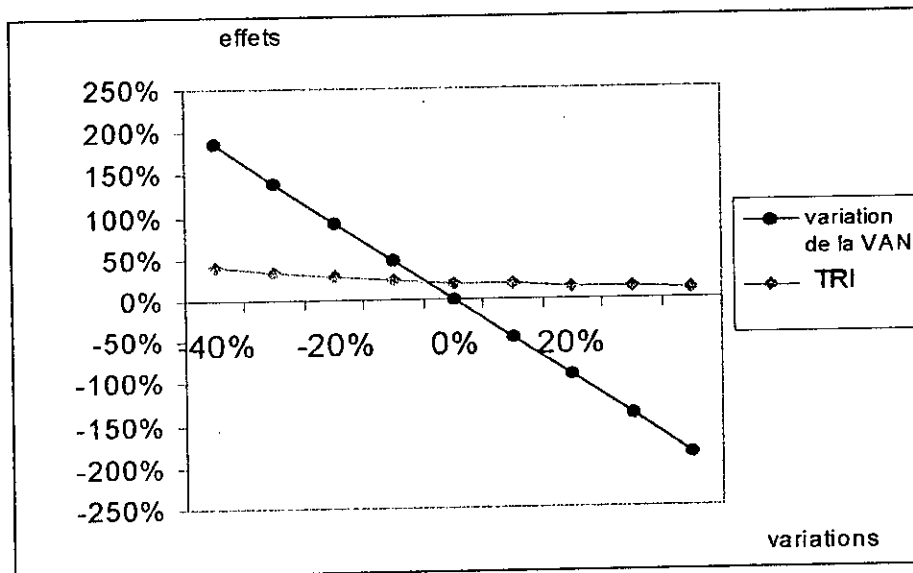


Figure II.7. Variation de la VAN en fonction du volume des ventes.

### II.2.2.5-Interprétation des résultats :

Le projet est très sensible à la variation du volume de production, c'est ainsi qu'une variation de 10 % volume de vente entraîne une variation de 79 % de la VAN et de 21 % du TRI.

En tenant compte des hypothèses posées sur le volume de production, la valeur actuelle nette du projet s'annule à une diminution du volume de vente de 13% par rapport au volume prévu par l'entreprise (soit une valeur absolue du volume de production de 26000 t).

Donc, tout volume de production inférieur à 26000t rend le projet déficitaire.

### ***II.2.3- Sensibilité sur le coût de l'investissement avec variation de la capacité de production :***

Le niveau de production d'un investissement est généralement lié au coût de réalisation de cet investissement, pour effectuer des corrections permettant de passer d'un investissement à un autre, à capacités différentes, on utilise des formules qui sont généralement de la forme :

$$\frac{I_1}{I_0} = \left( \frac{C_1}{C_0} \right)^K$$

Avec :

$I_0, I_1$  : Coûts des investissements comparés.

$C_0, C_1$  : Capacité de production des investissements.

Le facteur K est une constante généralement inférieure à 1 (ce qui traduit alors une économie d'échelle, c'est à dire, une baisse du coût par unité de capacité en fonction de la taille de l'investissement).

Une valeur théorique, souvent citée :  $K = \frac{2}{3}$ .

En fin, il faut remarquer que cette valeur est valable seulement lorsque les capacités considérées peuvent être construites de façon courante par l'industrie et donc ne dépassent pas certaines limites (au-delà des quelles le passage à une taille supérieure peut être conditionné par la réalisation d'un progrès technique).

#### ***II.2.3.1-Hypothèses :***

1.Nous reprendrons les même hypothèses que celle relatives l'analyse de sensibilité sur le coût de l'investissement et le volume des ventes.

2.La capacité des équipements dépend du coût de l'investissement.

3.La valeur du coefficient k est 2/3.

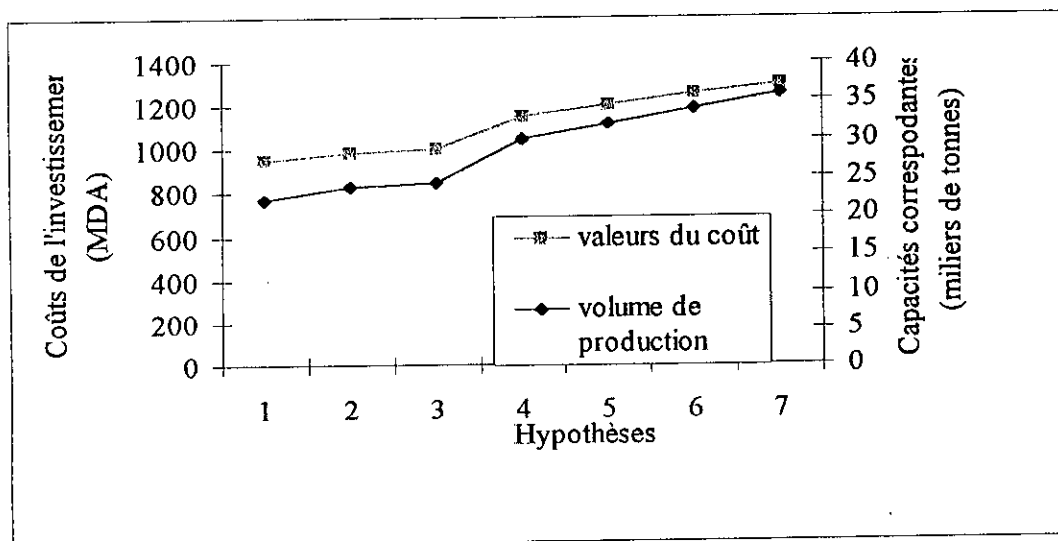
Si nous rattachons le volume de production au coût de l'investissement, nous aboutissons aux résultats suivants :

### II.2.3.2-Tableau des résultats :

Hypothèses	1	2	3	4	5	6	7
Valeur du coût (MDA)	950	984	1000	1150	1200	1250	1300
Capacité correspondante(t')	22000	23600	24200	30000	31800	33800	36000
VAN (MDA)	-54	0	26	297	382	479	579
TRI (%)	14	15	16	20	22	23	24
IR	0,943	1	1,03	1,26	1,32	1,38	1,45

Tableau II.9. Résultats de la sensibilité sur le coût et le volume des ventes simultanément.

### II.2.3.3-Illustration graphique :



FigII.8. Variation du coût de l'investissement avec la variation du volume de production.

### II.2.3.4- Interprétation des résultats :

Dans ce cas de figure, nous avons pris des valeurs arbitraires du coût de l'investissement pour lesquelles nous avons évalué (financièrement) le projet, nous tirons les conclusions suivantes :

1- D'après la *figure II.12*. Nous remarquons que : si on augmente le coût de l'investissement, le volume de production (ou capacité correspondante) augmente plus rapidement que le coût, alors toute augmentation du coût de l'investissement, entraîne une chute de la rentabilité, mais cette dernière se rétablit par l'augmentation du volume de production qui lui donne une certaine hausse. Donc quelle que soit l'augmentation du coût de l'investissement par rapport au coût de l'hypothèse de base, le projet sera rentable si l'hypothèse de l'augmentation simultanée du volume de la production est respectée.

2- De même, si on diminue le coût de l'investissement, le volume de production diminue d'un niveau plus élevé que celui du coût, ce qui entraîne une baisse de la rentabilité. Dans ce cas le projet devient déficitaire si on opte pour un coût d'investissement moins de 984 Millions de Dinars (correspondant à une capacité de production de 23600t/an) ce qui donne une valeur actuelle nette nulle.

## **II.2.4-Sensibilité sur le prix de vente :**

### **II.2.4.1- l'analyse des prix :**

Une relation classique de la comptabilité analytique nous dit que :

$$\text{Le Prix de vente} = \text{prix de revient} + \text{La marge bénéficiaire}$$

Ainsi, faut-il avant de parler du prix de vente, s'attarder sur le prix de revient du projet ?

Le tableau suivant nous donne l'évolution du prix de revient durant toute la durée d'exploitation.

*Unité : DA/Kg.*

<i>Années</i>	<i>coût unitaire</i>
<i>1999</i>	<i>15,25</i>
<i>2000</i>	<i>14,53</i>
<i>2001</i>	<i>14,2</i>
<i>2002</i>	<i>12,44</i>
<i>2003</i>	<i>11,7</i>
<i>2004-2008</i>	<i>10,54</i>
<i>2009-2013</i>	<i>7,57</i>

*Tableau II.10.Evolution du prix de revient unitaire.*

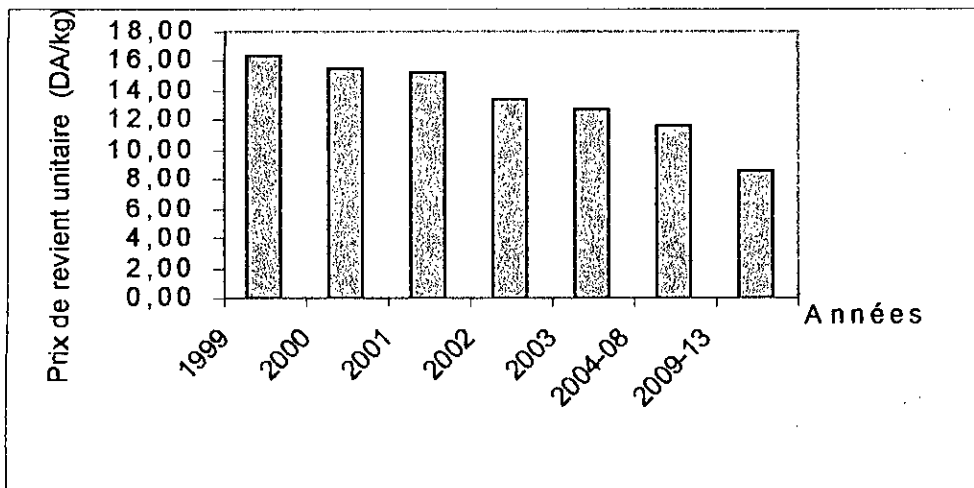


Figure II.9. Evolution du coût unitaire

Le coût unitaire comme le démontre le graphique connaît une diminution progressive. Il suit en effet le sens de variation des charges, les charges fixes en particulier, où une diminution de ces dernières de plus de trois fois correspond à la même diminution dans les coûts unitaires, l'importance des charges fixes étant signalée, ce sont ceux qui pèsent le plus sur le coût de revient, en effet dès que les amortissements diminuent et les frais financiers s'annulent (pour les cinq dernières années "2009-2013"), le coût de revient diminue de la moitié.

#### II.2.4.2- Variation de la marge :

La politique du prix adoptée par l'entreprise est la fixation du prix de vente à 20DA/KG pour toute la durée de vie du projet. Cependant, d'après l'analyse des prix de revient, ces derniers ne sont pas constants et de ce fait on peut s'interroger sur leur impact sur la rentabilité, si une autre politique de prix est envisagée ?

Vérifions maintenant l'hypothèse d'une marge bénéficiaire constante. Le tableau suivant nous donne l'effet de la variation de la marge sur les critères d'évaluation :

Marge	60%	58%	57,5%	57%	55%	50%	40%	30%
VAN (MDA)	41,33	9,81	1,93	- 5,95	- 37,47	- 116,27	- 273,87	- 382,50
IR	1,04	1,01	1,00	0,99	0,97	0,90	0,76	0,67
TRI	16%	15,2%	15%	14,8%	13,9%	11,8%	7,1%	3,1%

Tableau II.11. Variation de la marge.

Ce n'est qu'avec une marge de plus de 57% que le projet devient équilibré (VAN = 0), au deçà de cette valeur, la VAN devient négative, le TRI est inférieur au taux d'intérêt, et l'indice de rentabilité n'atteint pas un, donc le projet ne sera plus rentable, même avec une marge de 30%, qui paraît raisonnable une très faible VAN est enregistrée (-229 % par rapport à l'état standard où les prix sont constants).

Ainsi, opter pour une politique des prix basée sur une marge constante sur toute la durée de vie du projet nous oblige à dépasser la marge de 58 % au minimum pour que le projet soit équilibré, ceci ne peut être envisagé actuellement vu le contexte concurrentiel actuel.

L'impact des différentes charges sur les coûts de revient et par conséquent sur les prix, révèle aussi l'importance de l'influence sur la rentabilité, de quelques charges par rapport à d'autres, ce sont en effet les mêmes charges pour lesquelles on a soulevé l'importance dans l'analyse des coûts (amortissement et frais financiers), le tableau suivant éclaire cet aspect, avec une augmentation de 10 % pour quelques charges on peut comparer leurs impacts sur le prix de revient moyen unitaire :

Charges	prix de revient (DA/kg)	Effet (%)
Matières premières	14,27	0,6
Energie	14,32	0,9
Frais financiers	14,59	2,8
Amortissement	15,08	6,3
Main d'œuvre	14,21	0,15
Services	14,25	0,40

Tableau II.12.

Ainsi, les prix de vente sont plus sensibles aux frais financiers (vu l'importance de l'emprunt), et aux amortissements (vu la nature du projet nécessitant des matériaux très coûteux) ; les matières premières (malgré qu'ils sont les inputs du procédé) n'ont pas une grande influence sur les prix, et l'influence de la main d'œuvre reste faible par rapport aux autres charges car le nombre d'employé est limité.



### II.2.4.3- Variation du prix de vente :

#### 1. Justification :

L'étude du marché faite par l'entreprise n'est qu'une estimation, qui peut subir des variations au cours du temps, le prix de vente, fixé à 20 DA/KG, n'est qu'un résultat de cette étude, il est nécessaire de tester l'effet d'éventuelles variations du prix sur la rentabilité du projet.

Les statistiques suivantes donnent l'évolution des prix des produits industriels en général et des prix des produits manufacturés en particulier pour les années précédentes :

Source : Conjoncture.

Période	1 <sup>er</sup> trimestre 96	3 <sup>ème</sup> trimestre 97	4 <sup>ème</sup> trimestre 97
Prix (base 100 en 1989)	691.6	715	716

Tableau II.13. Indice des prix.

Une évolution des prix est marquée d'année en année, bien qu'une stabilisation pour l'année 97 est enregistrée, cette stabilité risque de ne pas persister surtout si on regarde l'évolution des prix des produits manufacturés pendant les quatre dernières années :

Source : conjoncture

Années	96/95	97/96	98/97	2 <sup>ème</sup> trim 99/2 <sup>ème</sup> trim 98
Valeurs ( rapport des prix)	12	5.2	3	6.2

Tableau II.14. Rapport entre les prix annuels des produits manufacturés.

Ainsi les prix connaissent une évolution qui n'est pas uniforme.

Les prix de vente qu'a pratiqué l'entreprise depuis une dizaine d'année sont donnés ci dessous :

Source : ENGI.

Année catégorie	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Normal	4.64	4.64	4.64	7.12	8.95	13	20	27	31	31
Soudure	5.52	5.52	5.52	7.12	8.95	13	20	27	31	31
Glace	6.16	11.2	11.2	13.16	14.55	14.55	26	42	50	50
Vrac	3.12	3.12	3.12	5.21	5.95	10	15	20	20	20

Tableau II.15. Evolution du Prix du CO<sub>2</sub> (DA/kg) par catégorie.

Ainsi, les prix de vente ont connu une évolution, qui s'est accentuée depuis 1995, et le prix moyen pondéré actuel est de l'ordre de 20 DA/ KG Une évolution future peut être envisagée car la conjoncture actuelle favorise la possibilité d'une telle augmentation, mais la compétitivité pratiquée par le seul concurrent (Général Gaz Industriel), fait que la politique de la diminution des prix ne doit pas être exclue pour maintenir la part du marché de l'entreprise.

Une simulation des prix étant faite, les résultats de cette simulation sont donnés ci-dessous :

### 2. Résultats :

Hypothèses	30%	20%	10%	0%	-10%	-15%	-20%	-30%
VAN(MDA)	1 105	836	566	297	27	28,28	-242	-512
Effet VAN(%)	273	182	91	0	-91	-109,5	-182	-273
IR	1,96	1,72	1,49	1,26	1,02	0,98	0,79	0,56
Effet IR(%)	56	37	19	0	-19	-22	-37	-56
TIR(%)	34,8	29,9	25,1	20,3	15,5	14,53	10,6	5,3
Effet TRI(%)	71	47	24	0	-24	-22,4	-48	-74
DR(années)	3,16	3,57	4,09	4,81	5,82	5,51	7,37	10,04

Tableau II.16. Effet de la variation du prix de vente.

### 3. Illustration graphique :

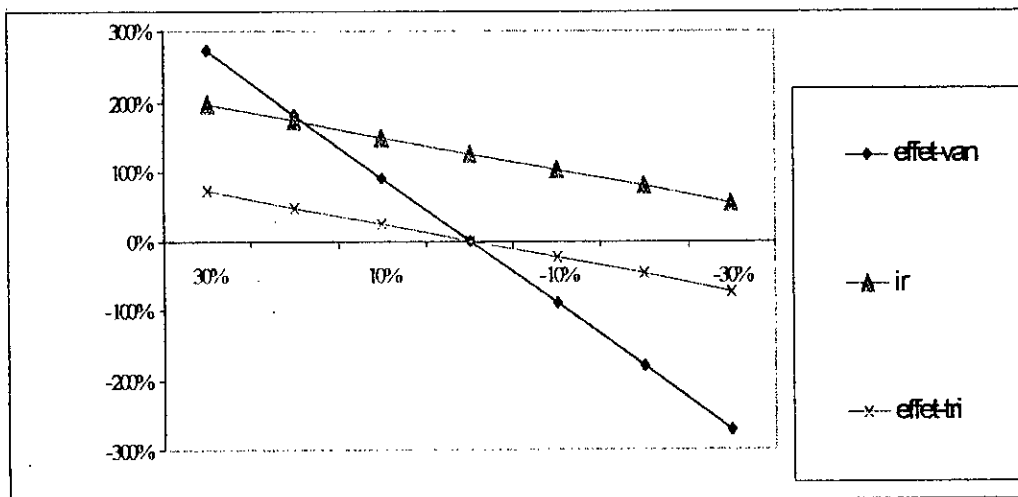


Figure II.10. variation du prix de vente

#### 4. Interprétation :

Le projet est très sensible à la variation du prix de vente, c'est ainsi qu'une variation de 10% du prix de vente correspond à une variation de 90 % de la VAN, 24 % du TRI, et presque un retard d'une année pour la récupération.

Avec une diminution de 15% du prix le projet perd sa rentabilité, et enregistre simultanément une VAN négative, et un TRI inférieur au taux d'intérêt pondéré.

Les critères comptables dits "simple" ne permettent pas de dire si le projet est à rejeter puisque les conditions de rejet ne sont pas trop dépassées, mais comme cela a été détaillé lors de l'étude théorique, on fait plus confiance aux critères basés sur l'actualisation.

En faisant baisser les prix en deçà de 15 %, les difficultés deviennent plus graves, et ainsi, une baisse de 30% des prix de vente met le projet dans une situation alarmante.

Par contre, s'il s'agit d'une augmentation du prix, le projet devient moins risqué, on peut espérer augmenter la VAN de presque trois fois si cette augmentation atteint 30 % soit un prix de vente de 26 DA/KG, cependant la politique de pénétration et de compétitivité adoptée par l'entreprise met en cause cette possibilité.

On peut s'attendre, par contre, à une augmentation de 10 % du prix, et de ce fait le projet sera plus rentable (le double de la VAN, le délai de remboursement se raitraissait de 9 mois, et on peut de plus supporter une augmentation de 5 % du taux d'intérêt ).

### II.2.5- Sensibilité sur le taux d'intérêt :

#### II.2.5.1-Justification :

L'entreprise ayant choisie une politique financière basée sur l'emprunt où les capitaux propres ne représentent que 30 % du coût total, le reste provient d'un emprunt à 54 % de devises et 16 % de Dinars, avec un taux d'intérêt pondéré de 13.8 %, les frais financiers atteignent 17 % du total des charges.

Cependant, le marché financier n'est jamais parfait, le serait-il moins en Algérie, vu la période de transaction que connaît le secteur bancaire, des variations peuvent être attendues d'une année à l'autre, voire d'un mois à l'autre dans la même année, comme le démontre le tableau suivant :

Source : Conjoncture.

Années	86/89	89/90	90/91	91/95	95/97
Rapport des taux	5.5 à 9 %	13.5 à 18 %	18 à 20 %	23 %	21 %

Tableau II.17. Taux d'intérêt moyen.

Pour la seule année 1998 et le début de l'année 1999 on a les chiffres suivants :

Source : Conjoncture.

période	Janvier –juillet 98	Août – décembre 98	Dés janvier 99
Taux	14 – 18 %	13.5 –17 %	9 – 13.5 %

Tableau II.18.Evolution du taux d'intérêt.

La variation n'étant plus uniforme, on peut s'attendre qu'une fourchette allant de 5% à 35 % va pallier toutes les possibilités. Le tableau II.22 suivant donne les résultats d'une telle simulation :

### II.2.5.2-Résultats :

Taux d'intérêt pondéré	VAN	Impact sur la VAN	I.R	TRI	Effet
5%	440	48,1%	1,38	23,35%	14,92%
10%	358	20,8%	1,31	21,58%	6,24%
13,80%	297	0,0%	1,25	20,32%	0,00%
15%	277	-6,6%	1,24	19,93%	-1,91%
20%	196	-33,9%	1,17	18,37%	-9,57%
25%	115	-61,3%	1,09	16,91%	-16,75%
30%	33	-88,6%	1,03	15,54%	-23,49%
35%	-47	-116,0%	0,96	14,26%	-29,81%

Tableau II.19.Effet de la variation du taux d'intérêt

### II.2.5.3-Illustration graphique :

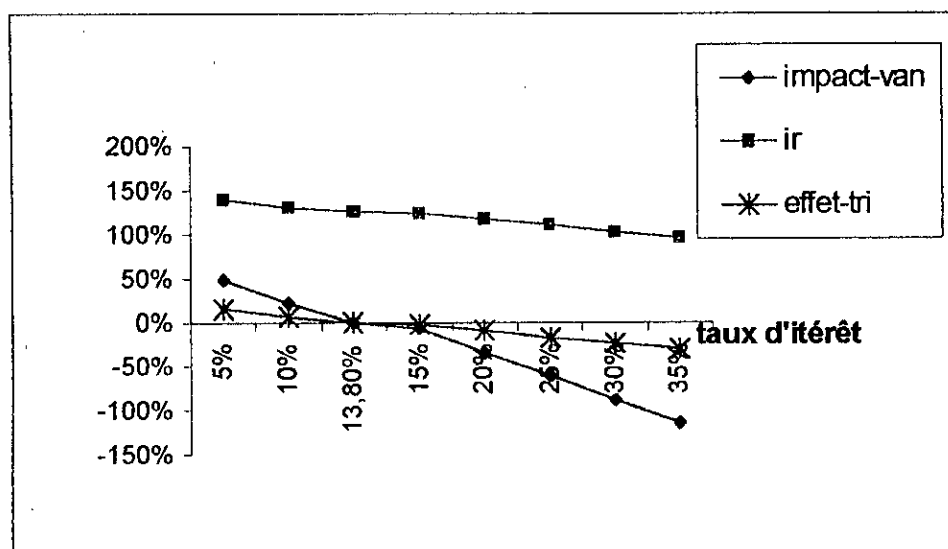


Figure II.11. Variation de la VAN, TRI et IR en fonction du taux d'intérêt

### **II.2.5.4-Interprétation :**

Une augmentation envisagée du taux d'intérêt, même assez élevée, garde une VAN positive, et de ce fait le projet reste rentable, ceci reste vrai jusqu'à ce qu'on applique un taux de 35 %, et en conséquence la VAN sera négative et sa valeur diminue de 1.16 fois par rapport à l'hypothèse de base ce qui confronte le projet au rejet. Le TRI garde une valeur supérieure au taux d'intérêt pour toutes les variations, mais connaît une diminution de presque 30 % par rapport à l'hypothèse de base, ce qui paraît assez élevé.

Une diminution du taux d'intérêt jusqu'à 10 %, fait que la VAN augmente de 20.8%, alors que le TRI est moins sensible pour une telle variation. Cette augmentation devient plus sensible (la VAN atteint le double de sa valeur initiale, et le TRI augmente de 14% ) si un taux de 5 % (moins probable) est appliqué.

Il est intéressant de mettre en œuvre la relation entre taux d'intérêt et taux d'inflation, les modèles qui ont été conçus révèlent qu'en général l'augmentation de 1% du taux d'inflation engendre la même augmentation au taux d'intérêt.

L'inflation connaissait un excès dans les six dernières années, elle atteignait la valeur de 40% (en 1993), elle a subit depuis, une diminution et enfin une stabilité dans les deux dernières années (elle vaut maintenant la valeur de 5%), mais ceci risque de ne pas persister, et par conséquent, les taux d'intérêt de 5 % et de 35 % qui paraissent moins réaliste dans le contexte actuel caractérisé par une forte tendance vers l'équilibre financier, peuvent être prévus.

### **II.2.6- Sensibilité sur le taux de change :**

**II.2.6.1-Justification :** La variation du taux de change est très probable dans le contexte économique actuel, il importe de rappeler les éléments suivants qui lui sont reliés :

- Une partie importante de l'investissement (54 % du montant total ) est financée en devises (Francs français), le taux de change adopté est de (1 FF = 11 DA. ), mais pour la période de l'étude qui est relativement élevé, on peut s'attendre que ce taux subisse des fluctuations, qui même si elles sont légères peuvent avoir des incidences fatales sur la rentabilité du projet.

- La politique de l'exportation étant envisagée, près de 1/5 de la production sera destinée vers les pays limitrophes, cette quantité est importante et peut altérer les prix de vente et de ce fait les recettes de l'entreprise, si la parité vis à vis des monnaies de ces pays connaît des perturbations.

- Les données suivantes nous donnent l'historique du taux de change pour les trois dernières années (par rapport au Franc français) :

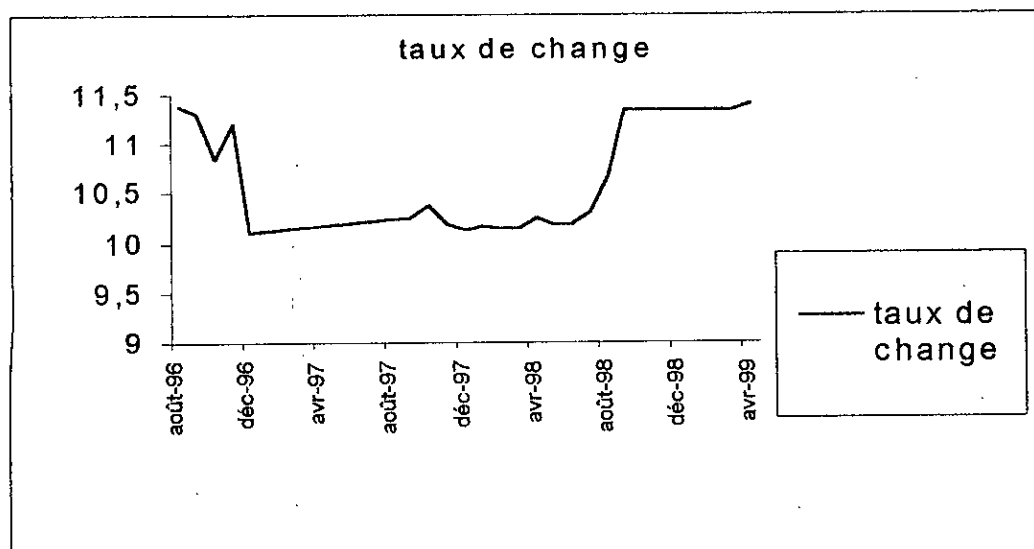


Fig. II.12. Evolution du taux de change (FF).

Le graphique reflète une faible fluctuation du taux de change (fourchette entre 10 et 11,5), mais ceci n'étant que durant une courte période, il est possible que l'écart soit plus important pendant plusieurs années.

**II.2.6.2-Résultats :** Pour différents taux de change les critères de rentabilité prennent les valeurs suivantes :

Montant du prêt en franc	56 768 FF				
taux de change FF vis à vis du DA.	10	11	12	15	18
Valeur du prêt en Dinar	567 682	624 450	681 218	851 523	1 021 827
VAN	366,26	297,14	228,01	20,65	-186,71
Effet - VAN	23,3%	0,0%	-23,3%	-93,1%	-162,8%
IR	1,33	1,26	1,19	1,01	0,88
TRI	21,88%	20,32%	18,90%	15,31%	12,47%
Effet sur le TRI	8%	0%	-7%	-25%	-39%

Tableau II.20. Effet de la variation du taux de change sur la rentabilité.

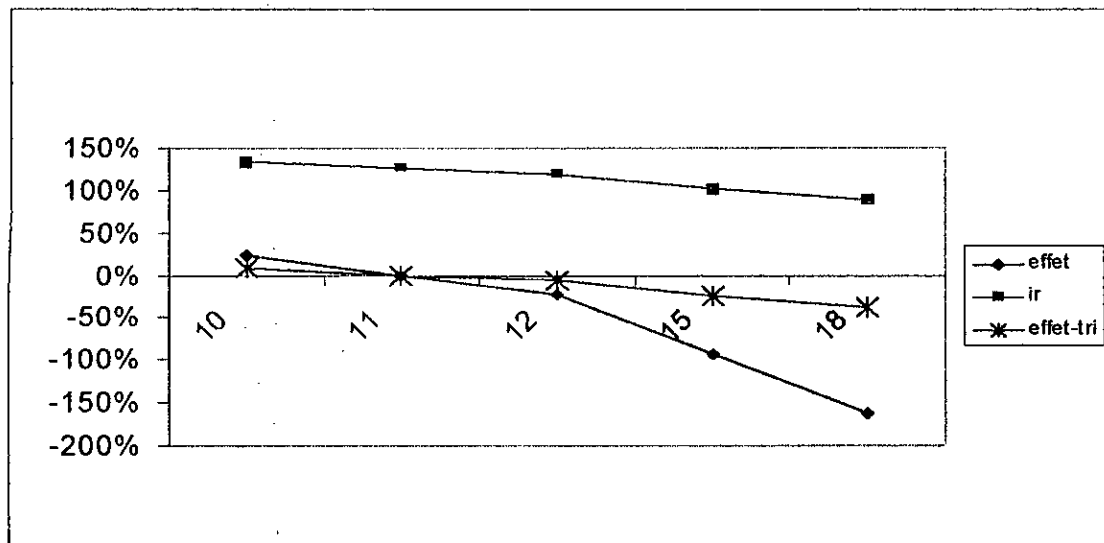
**II.2.6.3-Illustration graphique :**

Figure II.13. variation de la VAN, TRI et IR en fonction du taux de change

Les valeurs des différents critères varient inversement avec le taux de change, le projet reste rentable même si ce taux atteint la valeur 15, c'est à dire que  $1FF=15$  DA, (la VAN reste positive), une diminution du taux de change à 10 augmente la VAN de 23.3 % ce qui révèle l'impact important de cet élément.

Au-delà du taux de 15.5 le projet est à rejeter vue que la VAN sera négative, et avec un taux de 18 la VAN diminue de 1.6 fois ce qui est vraiment risqué pour le projet.

**II.2.7-Sensibilité sur la part de l'emprunt :**

Le choix de base du projet était tel que la part de l'emprunt est de 70 % et les capitaux propres représentaient 30%, mais est – ce vraiment la combinaison la plus adéquate aux choix stratégiques de l'entreprise? Vérifions d'autres possibilités et calculons en même temps la rentabilité des capitaux propres. les résultats sont donnés dans le tableau ci dessous :

**II.2.7.1-Tableau des résultats :**

Part de l'emprunt (%)	Capitaux propres (%)	VAN	Impact-VAN	IR	TRI(%)	Effet - TRI (%)	Rentabilité des capitaux propres
0	100	528	0,777	1,457	25	25	0,457
10	90	495	0,66	1,42	24	21	0,47
20	80	462	0,55	1,40	23	17	0,50
30	70	429	0,44	1,37	23	14	0,53
40	60	396	0,33	1,34	22	10	0,57
50	50	363	0,22	1,31	21	7	0,62
60	40	330	0,11	1,28	20	3	0,71
70	30	297	0	1,25	20	0	0,85
80	20	264	-0,11	1,22	19	-3	1,14
90	10	231	-0,22	1,20	19	-6	2,00
100	0	198	-0,33	1,17	18	-9	$\infty$

Tableau II.21.Effet de la variation de la part d'emprunt

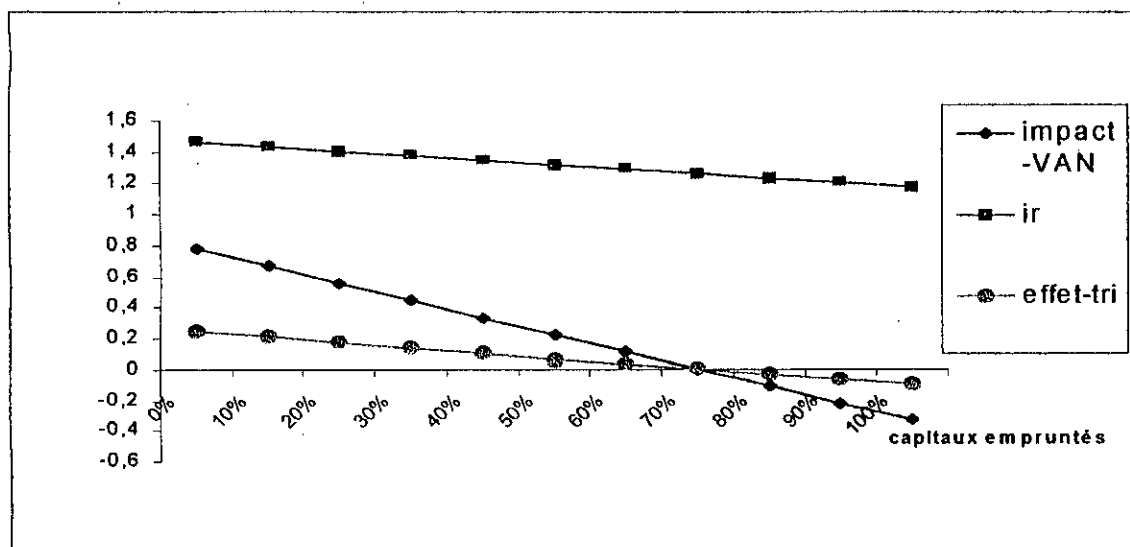
**II.2.7.2-Illustration graphique :**

Figure II.14.Variation de la VAN, TRI et IR en fonction de la part de l'emprunt.

**II.2.7.1-Interprétation :**

Tant que l'emprunt diminue, les différents critères connaissent une évolution, et le projet reste rentable pour toute politique d'emprunt considérée, la VAN reste positive, le TRI est supérieur au taux d'intérêt, et l'indice de rentabilité est supérieur à 1.

Cette augmentation peut s'expliquer par le fait que, si les emprunts augmentent, les frais financiers augmentent avec, et de ce fait, les charges financières – pour lesquelles le projet est



très sensible - seront plus lourdes, et auront, par conséquent, une grande influence sur la rentabilité.

Un financement total par les capitaux propres, n'est plus conseillé, malgré qu'il nous donne – théoriquement – une grande rentabilité, et il restaurera l'indépendance de l'entreprise, cependant les ressources étant limitées, il vaut mieux garder une part pour tout imprévu lié pouvant se présenter.

Il est de même pour l'hypothèse d'un financement à 100 % par des capitaux empruntés, l'investissement étant un pari aucun bailleur de fonds ne prend le risque tout seul, et si cela est possible ceci mettra l'autonomie de l'entreprise en jeu. C'est pourquoi l'APSI en exige un taux inférieur à 70 % (pour un investissement dépassant les 10 millions de DA).

Par contre, si on raisonne en terme de rentabilité des capitaux propres (la VAN/capitaux propres) on voit que cette dernière augmente corrélativement avec l'emprunt et atteint l'infinie (par définition) lorsque le projet n'est financé que par des emprunts, c'est ce qu'on appelle l'effet de levier.

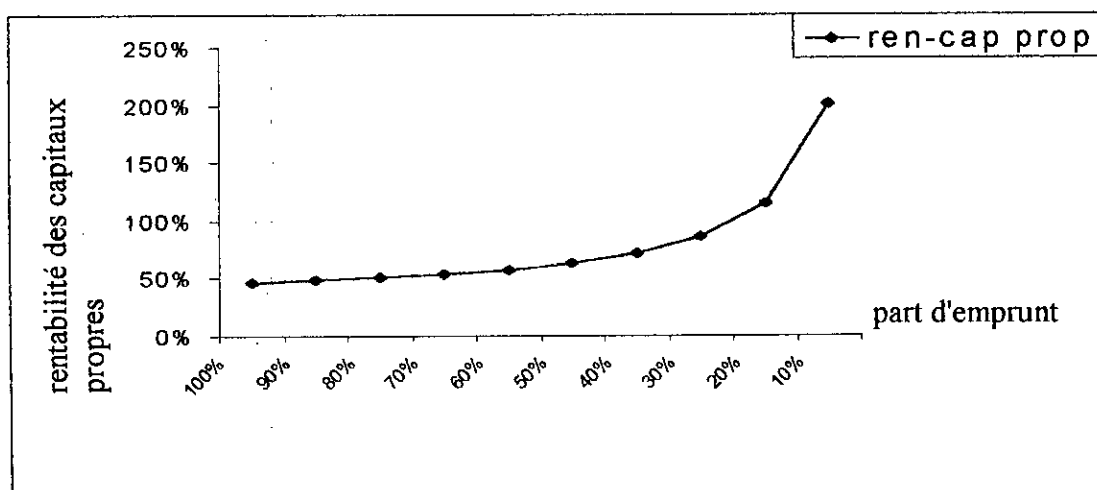


Figure II.15. Variation de la rentabilité des capitaux propres

Partons de l'hypothèse d'avoir un effet de levier favorable, la structure optimale de l'endettement (avec un objectif de maximisation de la rentabilité des capitaux propres) correspond à un endettement maximum. Ce schéma connaît plusieurs limites :

- Le coût de l'endettement peut être croissant en fonction de l'élévation du montant des capitaux empruntés.

- En s'endettant, l'entreprise court un risque nouveau, qui est le risque financier ou risque d'insolvabilité et de cessation de paiement. En cas de difficulté quelconque, l'effet de levier, qui était vu sous son aspect favorable, devient défavorable. La difficulté est donc, comment apprécier ce risque et de l'intégrer à la décision de financement (financement optimal). Plusieurs réponses sont données :

1) Introduire des limites ou des seuils à certains ratios, les plus utilisées sont :

$$\text{Capitaux empruntés} / \text{capitaux propres} \leq 1.$$

Ou  $\text{charges financières} / \text{l'excédent brut d'exploitation} \leq 20 \%$ .

Ceci nous oblige à limiter l'endettement en fonction des normes requises.

2) Augmenter la prime de risque avec l'endettement, ce qui modifie les seuils d'acceptation du projet en travaillant avec le TRI.

### II.2.8-Effet de la fiscalité :

Avec un taux d'imposition de 38 % (l'hypothèse de base), le projet est rentable, ce taux étant fixé par l'état, peut subir des changements selon la politique fiscale adoptée, c'est en effet ce qui s'est passé pour l'année en cours (1999), où ce taux est allégé à 30 % (*journal officiel n° 48 1999, Article 14*). En appliquant ce nouveau taux au projet on aura les résultats suivants :

critères	IBS à 30%	IBS à 38%	Effet de la diminution du taux
VAN	370,82	296,75	24,96%
I.R	1,32	1,25	5,10%
TRI	21,39%	20,31%	5,31%

Tableau II.22.Effet du changement de l'IBS sur le projet.

L'effet de la fiscalité apparaît surtout sur la valeur de la VAN, en effet, une diminution de la fiscalité de 8 %, engendre une augmentation de 25 % de la VAN et de 5% pour le TRI, ce qui révèle l'impact de la fiscalité sur la rentabilité du projet.

### II.2.9-Conclusion :

Après l'analyse des différentes situations pouvant se présenter on a soulevé les constatations suivantes :

- Le projet est très sensible à la variation du prix de vente, on peut dire alors que c'est une variable stratégique dont il faut traiter l'impact soigneusement, avec les hypothèses simplificatrices prises en compte, notamment celle fixant le prix de vente pour toute la durée de vie du projet on a constaté qu'une diminution de 12 % du prix met le projet en perte.

- De même pour le volume des ventes, le projet en est très sensible puisqu'une diminution de 13% annule la VAN c'est à dire rend le projet déficitaire. Cette variable est la plus difficile à contrôler puisqu'elle dépend directement du marché que l'entreprise ne peut pas maîtriser. L'intérêt pour l'entreprise est d'arracher une part du marché qui lui assurera un niveau minimum de ses ventes de 26 milles tonnes par an la rentabilité du projet.

- L'effet de variation du coût de l'investissement n'est pas négligeable, puisqu'une augmentation de 10% du coût engendre une perte, presque de la moitié, la rentabilité du projet. Comme ce coût n'est qu'une estimation de la valeur du projet (il est généralement sous estimé), alors il faut suivre de près le déroulement des événements et faire très attention à la réalisation du projet pour éviter toute réévaluation ou tout décalage ou prolongement de la durée de réalisation, car tout fait qui causera une augmentation de 30% du coût de l'investissement met le projet en perte voir l'entreprise.

- Le taux de change constitue aussi une variable sensible aux différentes fluctuations, bien que son impact paraît moins élevé par rapport au prix, mais vu que le projet est financé par la moitié en devises, toute augmentation de la parité va coûter à l'entreprise de grosses pertes, un taux de parité de 15 (vis à vis du franc) fait que le projet ne génère aucun surplus monétaire et de ce fait il ne se justifie pas financièrement.

- Le taux d'intérêt, et la part de l'emprunt, caractérisant la situation du marché des capitaux, influent moins sur la rentabilité du projet, il est possible de ne pas leurs affecter une très grande importance, mais cela ne signifie aucunement qu'on doit les omettre s'il s'agissait d'une étude détaillée.

- Le taux de la fiscalité constitue, lui aussi, un élément décisif pour la rentabilité du projet, cependant on ne peut pas envisager de fortes variations sur lui et de ce fait le nombre de scénarios possibles reste limité, et il faut se référer à la législation en vigueur pour toute analyse.

### II.2.10-Sensibilité sur plusieurs variables :

Après que nous avons identifié les variables pour lesquelles le projet est très sensible à savoir le prix de vente, le volume des ventes et le coût de l'investissement, nous allons appliquer la méthode de sensibilité sur les trois variables simultanément. En s'appuyant sur les mêmes hypothèses que dans le cas des variables séparées nous aboutissons aux résultats suivants pour la VAN :

Unité : MDA.

Coût	-5%			0%			+5%		
	-5%	0%	+5%	-5%	0%	+5%	-5%	0%	+5%
Prix									
Production									
-5%	130	258	386	61	189	316	-8	120	248
0%	231	366	501	162	<b>297</b>	431	93	227	362
+5%	332	474	<b>616</b>	263	405	546	194	335	477

Tableau II.23. Sensibilité sur plusieurs variables.

Avec une variation de 5% de chaque variable dans le sens défavorable (diminution pour le prix de vente et le volume de la production, et une augmentation pour le coût de l'investissement), nous aboutissons à une valeur actuelle nette négative de -8 MDA.

S'il s'agit de la même variation (5%) mais dans le sens favorable (augmentations pour le prix de vente et le volume de la production et diminution du coût de l'investissement) on aura une VAN égale à 616 MDA, soit une augmentation de 107 % par rapport à l'état de référence (aucun changement).

Ce résultat est très intéressant du fait que les variations prises sont très faibles et fortement probables dans la conjoncture actuelle caractérisée par la non-stabilité de l'environnement économique.

Comme l'entreprise dispose d'un quasi-monopole, et si elle décide de fixer le prix de base à (20 DA/Kg), le projet sera déficitaire à une variation du coût et du volume des ventes dans le sens défavorable de 10% de chaque variable (soit un coût de 1270 MDA et un volume des ventes de 27 milles tonnes).

### ***II.3-Application de la méthode de MONTE-CARLO :***

L'analyse de sensibilité évoquée plus haut, a révélé les éléments pour lesquelles le projet est très sensible, notre étude ne peut se limiter à une telle description : Les variations isolées de chaque variable ou même les variations simultanées de plusieurs variables avec un nombre restreint de scénarios telle qu'il a été fait jusqu'à maintenant ne peuvent refléter la complexité de l'environnement de l'entreprise. Des variations simultanées de l'ensemble des variables stratégiques d'une façon aléatoire doivent être envisagées, c'est la vocation de la simulation, et en particulier celle de la méthode de Monté Carlo. C'est ce que tente d'apporter la présente partie.

#### ***II.3.1-Construction du modèle :***

*Les inputs :* On s'est limité aux trois premières variables "clés" dont le projet est plus sensible à savoir : Le prix de vente, le volume de la production, et le coût de l'investissement.

*Les outputs :* On s'intéresse particulièrement aux variations de la VAN et du TRI.

#### ***II.3.2-Les hypothèses :***

- La corrélation entre les variables d'entrée est supposée nulle. C'est à dire que la variation de l'une est indépendante de la variation de l'autre.

- Les charges directement liées aux inputs du modèle subissent les mêmes variations que ces derniers, par exemple quand le coût de l'investissement change de 10 %, la même variation est enregistrée sur les frais financiers et les amortissements.

- Les valeurs de base avancées dans la première partie sont maintenues pour les variables supposées constantes.

### **II.3.3-L'application :**

#### **II.3.3.1-Détermination des lois de probabilité :**

La distribution de probabilité associée à chaque variable aléatoire dépend de la quantité de données statistiques que l'on a pu collecter ; la disponibilité des données permet de faire des analyses statistiques minutieuses : estimation, test d'hypothèse et ajustement ; dans le cas contraire, si l'on ne dispose pas d'informations suffisantes, il existe certaines techniques permettant la description de chaque variable aléatoire par une loi de probabilité usuelle moyennant quelques données caractéristiques, deux cas peuvent se présenter :

1°- La variable aléatoire est connue pour être distribuée selon une loi de probabilité usuelle bien déterminée telle que la loi normale ou la log-normale, il suffit pour cela :

- D'évaluer les valeurs minimales, modes et maximales de la variable pour une distribution log-normale.

- D'évaluer les valeurs minimales et maximales pour une distribution normale.

2°-Lorsque la distribution de probabilité de la variable est inconnue on lui associe :

- La loi triangulaire lorsque l'expert réussit à identifier les trois valeurs caractéristiques minimum, mode et maximum.

- La loi uniforme lorsque l'expert n'identifie que deux valeurs minimales et maximales de la variable.

Dans notre cas, puisque nous ne disposons pas de données suffisantes pour ajuster les lois des variables aléatoires, la distribution de probabilité que nous allons utiliser est la loi triangulaire pour les trois variables. La loi triangulaire est totalement identifiée par les trois valeurs caractéristiques qui sont la valeur minimale, le mode et la valeur maximale de la variable aléatoire.

Pour utiliser cette loi, nous sommes amenés à définir trois valeurs possibles pour chaque variable, que nous allons déterminer en se basant sur l'étude de sensibilité.

La loi triangulaire peut être centrée, décalée à gauche ou décalée à droite selon la préférence donnée à un intervalle. Le schéma suivant représente la différence entre les trois types :

Le schéma de la *fig.I.16* représente des fonctions de densité de lois triangulaires, ayant le même mode (a), cependant leurs valeurs maximales et minimales ne sont plus les mêmes.

Pour celle centrée (C) (symétrique par rapport à " a" ), on donne les mêmes préférences aux intervalles ( $x < a$  et  $x > a$ ), cependant, pour celle décalée à droite (A), on donne plus de poids à l'intervalle ( $x > a$ ), et pour celle décalée à gauche (B) plus de poids pour l'intervalle ( $x < a$ ).

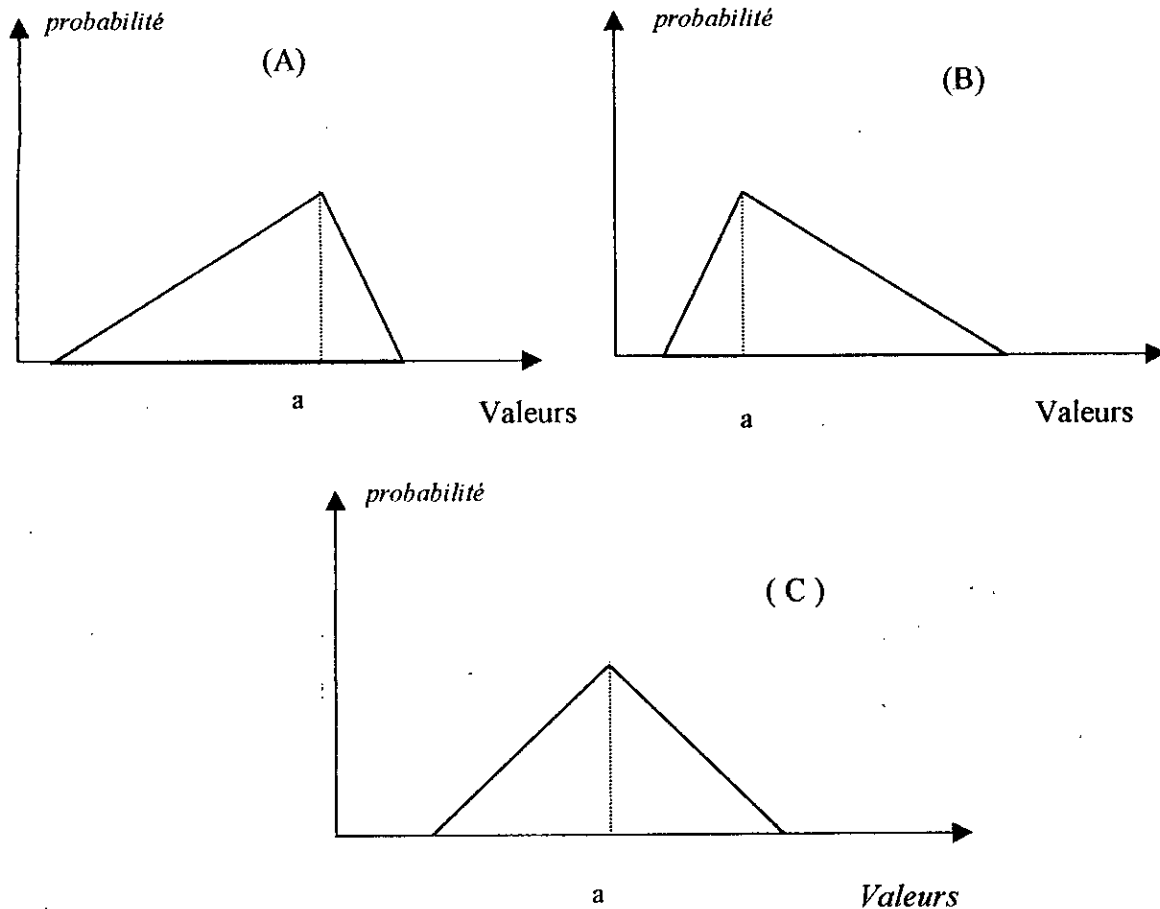


Fig.II.16. différentes formes de la loi triangulaire

La préférence d'un intervalle donnée indique que les valeurs les plus probables se trouvent là dedans.

C'est en s'inspirant de ce raisonnement qu'on a fait le choix des paramètres de la loi triangulaire pour chacune des trois variables d'entrée. On a considéré pour toutes les variables que les valeurs les plus probables sont celles présentées dans le projet initial.

Ainsi les valeurs retenues sont les suivantes :

▪ Pour le prix : on a choisi une loi décalée à gauche, pour interpréter le fait que le prix de vente a de fortes possibilités d'être dans l'intervalle [20 DA, 30DA] que dans l'intervalle [15DA,20DA], c'est l'interprétation du fait que le prix de vente du projet est sous estimé et qu'il est plus probable que le prix soit plus élevé que celui choisi par l'entreprise (20 DA/Kg).

- La valeur minimale =15,
- La valeur la plus probable =20,
- La valeur maximale =30.

▪ Pour la production : On a choisi une loi triangulaire décalée à droite avec les paramètres suivants :

- la valeur minimale =20000 t/an,
- la valeur la plus probable =30000 t/an,
- La valeur maximale =35000 t/an.

C'est l'interprétation du fait que le volume de la production choisie par l'entreprise a de fortes possibilités d'être surestimé, et de ce fait on donne plus de poids à l'intervalle [20000T,30000T] pour dire que ces valeurs sont les plus probables.

▪ Pour le coût de l'investissement : On a choisi une loi triangulaire décalée à droite, dont les paramètres sont :

- La valeur minimale =1000 MDA,
- la valeur la plus probable =1155 MDA,
- La valeur maximale =1500 MDA.

Et ceci pour mentionner que le coût de l'investissement dépasse probablement la valeur initialement prévue qui est la valeur la plus probable dans ce cas (1155 MDA).

Une sous estimation est possible mais elle ne peut être au-dessous de 1000 MDA.

**II.3.3.2- logiciel :** On a utilisé le logiciel @RISK pour l'application de la méthode, c'est un logiciel constitué de macro-commandes complémentaires pour EXCEL<sup>®</sup>, spécialement conçu pour l'application de la méthode de Monté Carlo. On l'utilise généralement dans le domaine de l'exploration pétrolière où le recours à la simulation est indispensable [MUR 98], il donne, en plus des valeurs de la VAN et du TRI, leurs graphes, et leurs distributions, et fait une analyse de sensibilité sur la base des itérations faites.

**II.3.3.3- Utilisation :** L'application du logiciel n'est pas directe, elle passe par plusieurs étapes, il s'agit de :

- Définir en premier lieu les inputs et les outputs du modèle ;
- Définir les lois de probabilité des inputs ;
- Définir les paramètres de la simulation (nombre d'itérations, test d'arrêt, ... ) ;

- Lancer la simulation qui ne durera que quelques minutes ;
- Sélectionner les options qui nous intéressent (graphes, tableaux des résultats, données statistiques et analyse de sensibilité).

**II.3.4- Déroulement** : L'ordinateur commence par sélectionner de façon aléatoire autant de nombres que de variables clés considérées.

Une valeur est ensuite attribuée à chaque variable sur la base du nombre aléatoire qui lui a été associé et de sa distribution de probabilités.

L'ensemble des valeurs sélectionnées permet alors de déterminer la VAN et TRI du projet. Puis, la même procédure est répétée autant de fois qu'il est nécessaire pour établir la distribution de probabilité de la VAN et du TRI.

On peut voir le déroulement de l'algorithme, en analysant les résultats des 20 premières itérations, c'est ce qui peut se voir sur le graphique (fig.II.17.) :

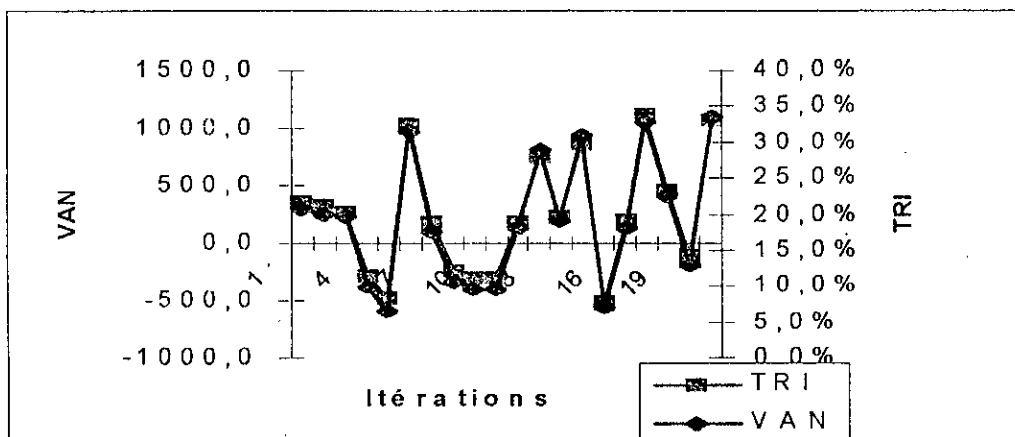


Fig.II.17. Variation de la VAN et du TRI pour les 20 premières itérations

Nous pouvons constater facilement que la VAN et le TRI prennent des valeurs vraiment aléatoires d'une itération à une autre, ceci nous assure la bonne marche de l'opération de la simulation.



### II.3.5-Resultats et interpretations :

Avec 900 itérations les résultats obtenus sont les suivants :

Variables Types					
Nom	VAN	TRI(%)	prix de vente	Production (10 <sup>3</sup> t)	Coût de l'investissement (DA)
Minimum =	-900	0,38	15	20	1 004 847
Maximum =	2036	54	30	34	1 483 262
Moyenne =	293	20,14	22	28,4	1 219 988
Ecart type	516	9,07	03	3,1	106 100
Variance =	267170	82	01	9,61	11 257 160 000
Mode =	200	14,6	21	30	1 160 332
5% =	-501	6,52	17	22,8	1 065 456
10% =	-333	9,38	18	24,0	1 091 123
15% =	-243	10,75	18	24,8	1 109 697
20% =	-169	12,18	19	25,6	1 124 511
25% =	-90	13,50	19	26,3	1 138 010
30% =	-21,8	14,64	20	26,9	1 151 557
35% =	44,7	15,76	20	27,4	1 162 364
40% =	120	17,06	21	27,9	1 174 195
45% =	182	18,11	21	28,4	1 187 243
50% =	252	19,34	21	28,7	1 200 383
55% =	321	20,39	22	29,2	1 220 448
60% =	395	21,85	22	29,6	1 240 441
65% =	464	22,93	23	30,0	1 254 407
70% =	553	24,64	23	30,2	1 275 333
75% =	640	25,92	24	30,6	1 297 849
80% =	746	27,89	25	31,1	1 324 706
85% =	861	30,03	26	31,5	1 346 730
90% =	1020	32,67	26	32,2	1 378 025
95% =	1171	35,73	27	33,1	1 410 913

Tableau.II.24 Résultats de la simulation.

#### II.3.5.1- Calcul de l'intervalle de confiance :

L'interprétation des résultats est menée à deux niveaux :

Il convient tout d'abord d'en apprécier la validité par le calcul de l'intervalle de confiance, puis une fois leur validité est démontrée, il faut utiliser ces résultats dans le cadre de l'analyse.

Dans la mesure où une opération de simulation est assimilable à la sélection d'un échantillon aléatoire de n éléments il est concevable d'appliquer aux résultats obtenus les mêmes techniques qu'aux résultats des sondages. En particulier il est possible de définir une marge erreur du résultat en fonction de la taille de l'échantillon, c'est à dire le nombre de simulations réalisées.

Si nous appelons  $\sigma_{\bar{x}}$  l'écart-type des moyennes des résultats de n simulations, une proportion  $\alpha$  de ces résultats se situe dans l'intervalle,

Où X désigne le résultat vrai et  $Z_{\alpha}$  la variable normale réduite. Dans ces conditions, lorsqu'une opération de n simulations donne le résultat moyen  $\bar{X}$  nous pouvons écrire :

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}$$

$$\left[ \bar{x} - Z_{\alpha/2} * \sigma_{\bar{x}} \leq X \leq \bar{X} + Z_{\alpha/2} * \sigma_{\bar{x}} \right]$$

L'écart type des moyennes des résultats est estimé à partir de la formule classique :

Où  $\sigma_x$  est l'écart-type des résultats observés au cours de la simulation ?

Dans notre cas nous avons,  $\bar{X} = 293$  MDA et  $\sigma_x = 516$ , donc :

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{516}{\sqrt{900}} = 17,2$$

Avec un seuil de confiance de  $\alpha = 95\%$ , ce qui correspond à, la valeur moyenne de la VAN se situe dans l'intervalle :

$$\left[ 293 - (1.96 * 17.2) = 259,28 ; 293 + (1.96 * 17.2) = 326,7 \right]$$

### II.3.5.2-- Interprétation des résultats :

- L'intervalle de confiance, calculé ci-dessus, montre que l'évaluation de la VAN moyenne est peu précise, puisqu'il est assez large, il convient cependant de noter que, le manque de précision est dû essentiellement aux choix des lois des variables d'entrée qui est fait d'une manière subjective.

- Malgré ceci, les valeurs moyennes des variables de sortie, VAN et TRI, que nous avons trouvées par simulation, sont proches de celles trouvées dans l'évaluation en univers certain (297 MDA pour la VAN et 20.3 % pour le TRI), cependant de larges dispersions des valeurs simulées autour de leurs moyennes, qui se traduisent par les valeurs des écarts-types (516 et 9.07 respectivement), sont enregistrées, ce qui confirme un niveau de risque assez élevé.

- Les modes (valeurs les plus probables) des variables de sortie et du prix de vente sont loin de ceux déjà trouvés dans l'évaluation classique.

Si nous disposons de normes auxquelles nous pouvons se référer, le coefficient de variations qui se calcule par le rapport entre la moyenne d'une variable de sortie et son écart-type est le meilleur critère de sélection surtout dans le cas où nous serions amenées à faire un choix entre plusieurs projets. Il opte en effet, pour le projet qui donne une moyenne du critère retenu la plus élevée et l'écart-type le plus faible. Pour la VAN, le coefficient de variations est de 1,76 ce qui affirme qu'on est en présence d'un degré de dispersion assez élevée (et d'un grand risque par conséquent).

**II.3.6-Illustration graphique :**

**Les variables d'entrée**

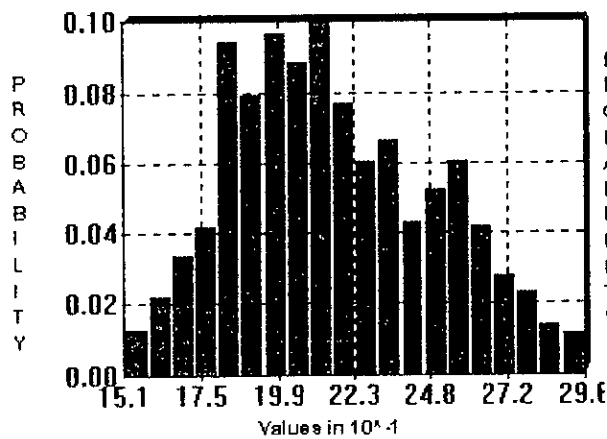


Fig.II.18.Distribution du prix de vente

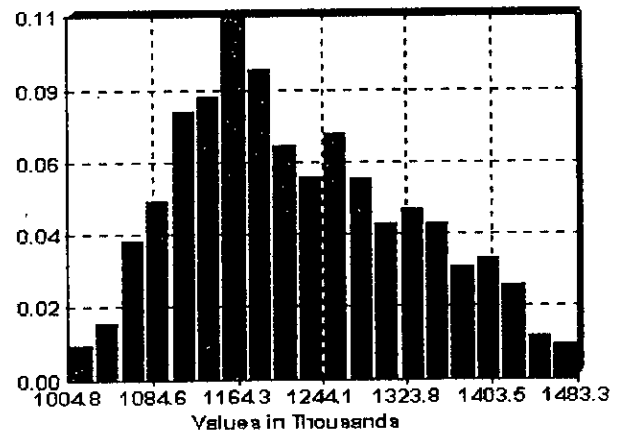


Fig.II.19.Distribution du coût de l'investissement.

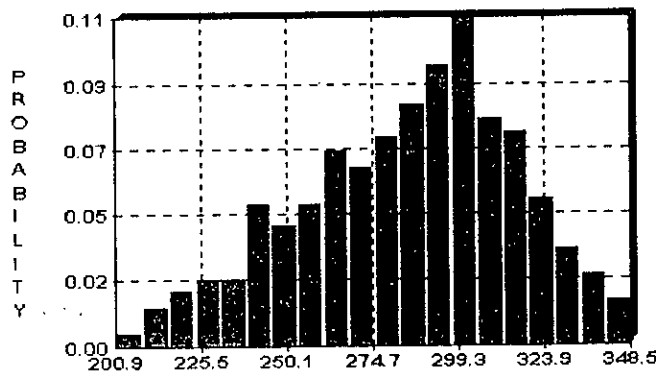


Fig.II.20.Distribution du volume de la production

On peut voir l'allure des distributions des variables d'entrée, et ainsi on peut vérifier qu'on a vraiment des lois décalées à gauche pour le prix de vente et le coût de l'investissement et une loi décalée à droite pour le volume de la production.

Les valeurs maximales, modes et minimales déjà définies apparaissent clairement sur les trois graphiques.

*Les variables de sortie :*

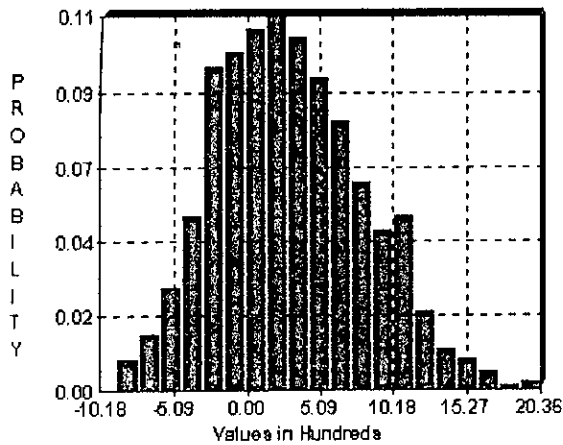


Fig.II.21.Distribution de la VAN

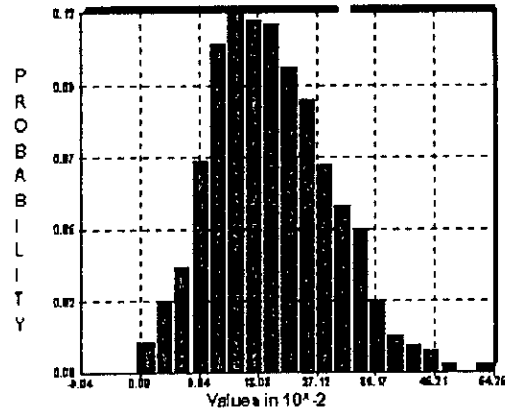


Fig.II.22.Distribution du TRI

Les valeurs des 900 itérations par 20 classes, on peut voir l'allure des variables de sortie.

La dispersion apparaît clairement sur les deux graphiques, ce qui explique les grandes valeurs qu'on a trouvé pour les variances.

### II.3.7 - L'analyse de sensibilité :

Sur la base des itérations faites, le logiciel fait une analyse de sensibilité, et donne les coefficients de corrélation entre les variables d'entrée et les variables de sortie, ainsi qu'une régression linéaire dont il nous donne le coefficient également. Les résultats obtenus sont les suivants :

effet	Nom	Sensibilité (-1 à 1)	
		Coefficient de régression	Coefficient de Corrélation
Variable1	prix de vente	0,780	0,755
Variable 2	production	0,590	0,554
Variable 3	Coût total	-0,246	-0,251

Tableau II.25. Simulation de la Sensibilité pour la VAN

effet	Nom	Sensibilité (-1 à 1)	
		Coefficient de régression	Coefficient de Corrélation
Variable 1	prix de vente	0,767	0,748
Variable 2	production	0,582	0,547
Variable 3	Coût total	-0,288	-0,286

Tableau II.26. Simulation de la Sensibilité pour le TRI

Ces résultats affirment ce qui a été trouvé dans la partie de l'analyse de sensibilité, en effet le projet reste très sensible au prix de vente en premier lieu, au volume de production en second lieu et enfin au coût de l'investissement (le signe "moins" traduit une contre corrélation).

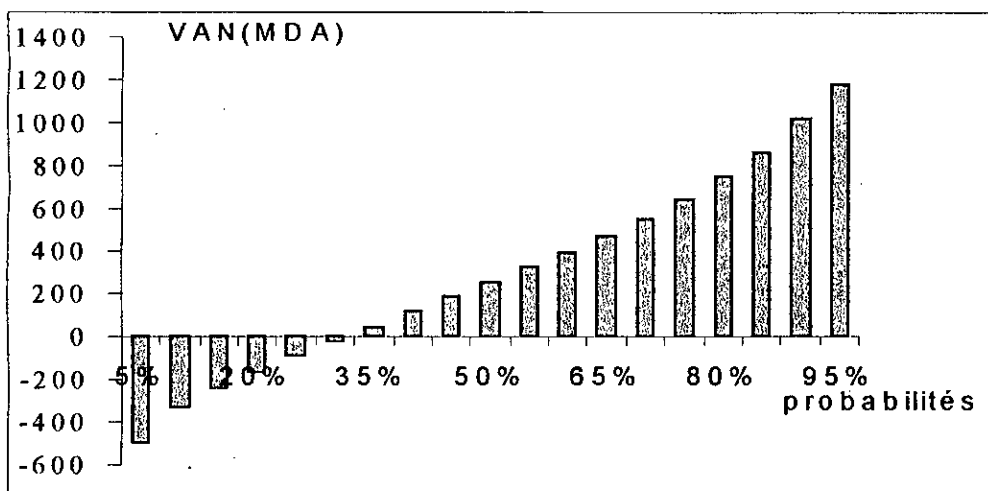


Fig.II.23.Probabilités cumulées des valeurs de la VAN.

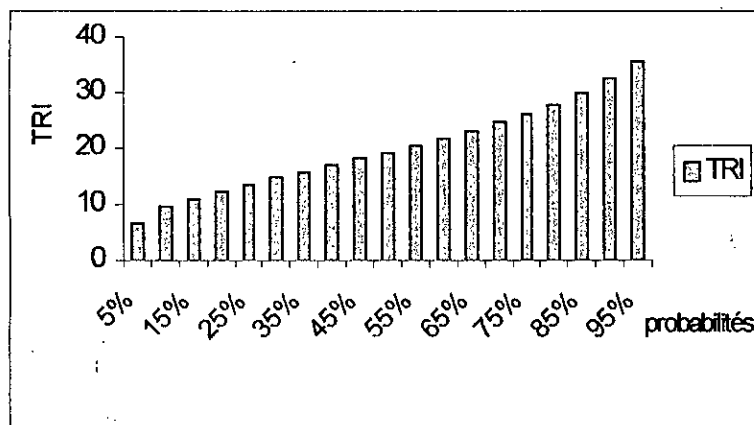


Fig.II.23.Probabilités cumulées des valeurs du TRI.

Les graphes de probabilités cumulées, permettent de voir si la VAN et le TRI dépasse un certain niveau donné, ainsi, nous pouvons voir, pour notre cas que nous avons une probabilité de 30% d'avoir une VAN négative et 25 % d'avoir un TRI inférieur au taux d'intérêt, ces taux qui représentent les probabilités de ruine du projet apparaissent élevés et le décideur doit être très attentif pour accepter un tel niveau du risque.

### conclusion

Dans cette partie nous avons confirmé que l'étude en univers incertain est insuffisante pour la décision d'investir, en effet, les méthodes déterministes affirme que le projet est rentable, cependant l'analyse de variabilité a montré que le projet ne peut pas supporter une augmentation de 20 % des charges fixes, et l'analyse de sensibilité a détecté une forte sensibilité de la rentabilité du projet vis à vis des différents paramètres susceptibles de varier surtout sur le prix de vente, le volume de la production et le coût de l'investissement séparément. Si les variations seront simultanées le projet ne peut supporter plus de 5 % de changement défavorables pour ces mêmes variables.

L'application de la méthode de Monté carlo traduit au mieux cette sensibilité, en biais des outils statistiques (moyenne, variance, coefficient de variation) qui révèlent un degré de dispersion assez élevé. Malgré les hypothèses simplificatrices adoptées le projet est en risque de ruine à 30 %, ceci mis en cause les résultats de l'analyse déterministe

## **Conclusion générale**

Dans ce présent travail nous avons mis l'accent sur l'importance de l'étude de faisabilité d'un projet d'investissement. L'analyse de sensibilité reste une tâche décisive pour cibler les éléments qui affectent le plus la rentabilité du projet. Mais une étude complète ne peut se limiter à la révélation des impacts de chacune des variables séparément aux autres variables, ceci ne reflète pas la complexité de l'environnement qui est une combinaison d'un ensemble de variations ayant une probabilité d'apparition, le recours à la simulation paraît –à ce stade – indispensable.

Le cas pratique étudiée a révélé que les résultats avancés par l'évaluation classique (en univers certain ), sont largement dépassées lors de l'analyse de sensibilité, en effet, le projet est très sensible aux variations des critères retenus (coût de l'investissement, prix de vente, volume de la production, taux d'intérêt, taux de change, part de l'emprunt, et fiscalité) particulièrement aux trois premières, où une variation de 10 % de chacune d'elles – les autres étant fixes – aura une incidence dangereuse sur la rentabilité du projet, puisque aucun surplus monétaire n'est réalisé. Avec des variations simultanées le projet ne pourra plus supporter une diminution de 5 % pour les trois variables en même temps. L'application de la méthode de Monté Carlo pour la simulation confirme les résultats de l'étude de sensibilité, bien que les valeurs moyennes des outputs du modèle (VAN et TRI ) soient voisines des valeurs données par l'étude en univers certain, mais une grande variance (et de ce fait une grande dispersion ) est enregistrée, ce qui révèle un degré assez important du risque, le projet est de ce fait très risqué.

Vu le manque de données nécessaire pour une formulation complète du problème, et les erreurs importantes de cohérence sur le document présenté par l'entreprise mère à l'APSI, nous nous sommes limités à un nombre restreint de scénarios, en résonnant que sur les points jugés stratégiques pour le projet citées supra.

D'autres considérations, en particulier celle de l'autocorrélation entre les variables, ne sont pas évoquées, le contexte actuel ne permet pas une mise en œuvre d'une quantification fiable de tous les facteurs altérant la rentabilité du projet, il paraît intéressant de les faire intervenir si de telles données seront disponibles.

L'importance du risque étant reconnue, il appartient aux décideurs de l'APSI d'instaurer des normes le quantifiant, l'avis des experts – notamment ceux financiers – est très recommandé.

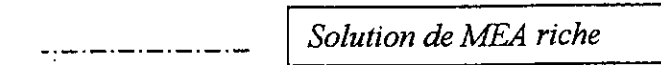
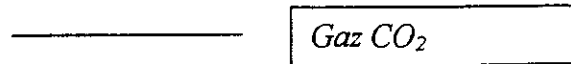
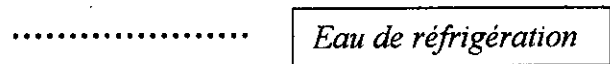
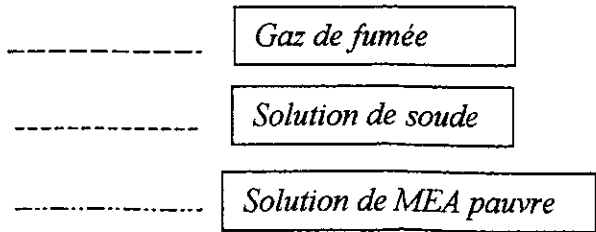
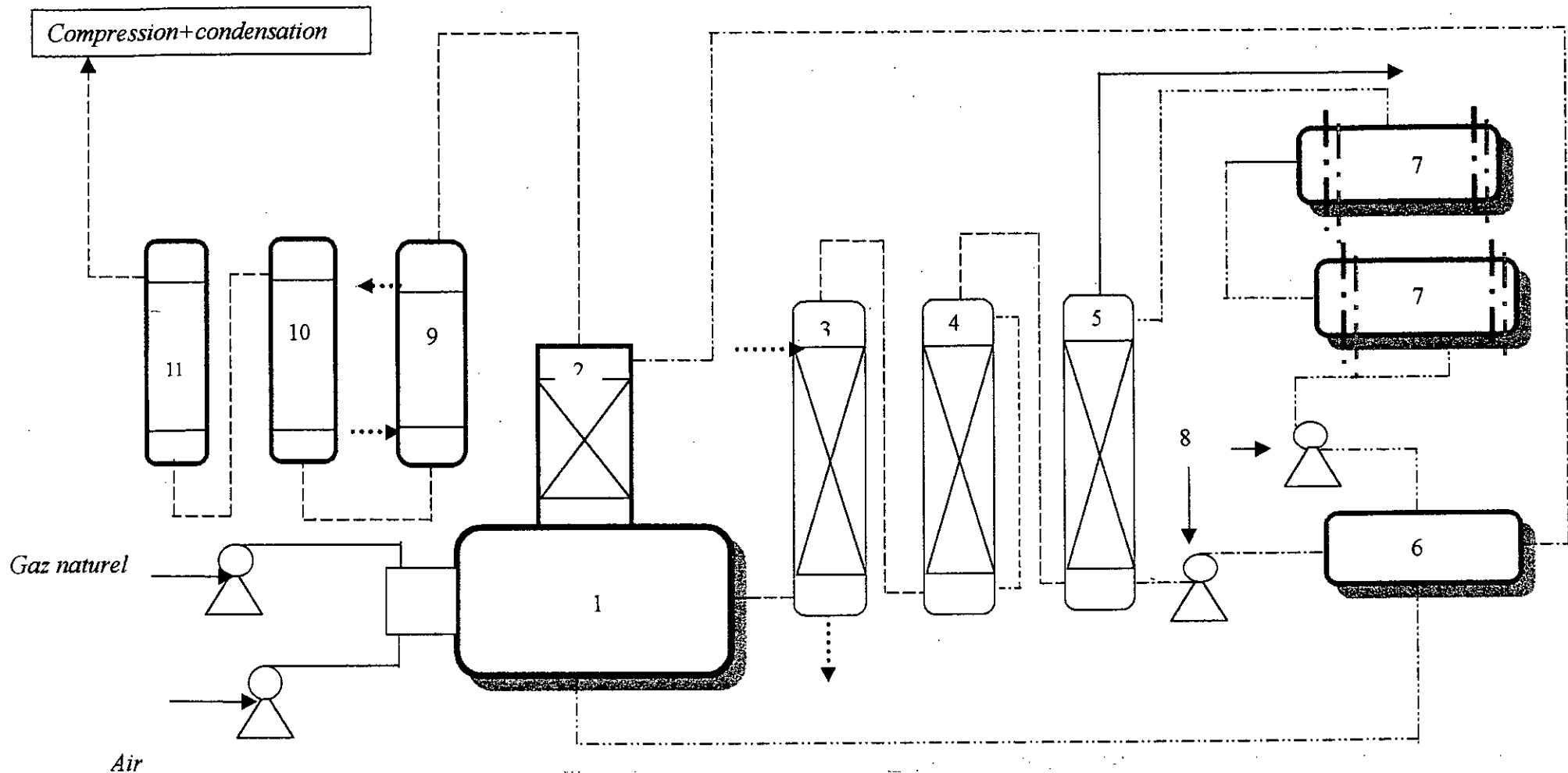
Il appartient également à ce niveau de concevoir des systèmes experts et des systèmes d'informations pour donner plus de rigueur à l'étude, la constitution d'une banque de données doit être une étape nécessaire.





***ANNEXE***

*Annexe A : le procédé*



1. rebouilleur
2. dégazeur
3. scrubber à eau
4. scrubber au soude
5. absorbeur de co<sub>2</sub>
6. échangeur de chaleur
7. refroideur
8. pompes
9. condenseur
10. scrubber de CO<sub>2</sub> au permanganate de potassium
11. scrubber à eau

*Le procédé de la production de Co<sub>2</sub>*

**Annexe B : Estimation du coût de l'investissement :**

<b>Rubrique</b>	<b>Dinars</b>	<b>Devises</b>	<b>Total</b>
<i>Terrain</i>	<i>Acquis.</i>	-	
<i>Etude engineering</i>	<i>15000</i>	-	<i>15000</i>
<i>Bâtiment et G.C</i>	<i>90000</i>	-	<i>90000</i>
<i>Infrastructure</i>	<i>13000</i>	-	<i>13000</i>
<i>Frais de 1<sup>ier</sup> établissement</i>	<i>4500</i>	-	<i>4500</i>
<i>Equipements et matériels</i>	<i>178800</i>	<i>614150</i>	<i>792950</i>
<i>Matériels roulants</i>	<i>42000</i>	-	<i>42000</i>
<i>Mobilier</i>	<i>400</i>	-	<i>400</i>
<i>Assistance technique</i>	<i>3000</i>	<i>8800</i>	<i>11800</i>
<i>Montage, transport, et divers</i>	<i>60000</i>	-	<i>60000</i>
	<i>1500</i>	<i>1500</i>	<i>3000</i>
<i>Essais techniques</i>	<i>2400</i>	-	<i>2400</i>
<i>Formation professionnelle</i>	<i>31000</i>	-	<i>31000</i>
<i>Droit douanes et taxes</i>	<i>6000</i>	-	<i>6000</i>
<i>Fonds de roulement</i>	<i>82662</i>	-	<i>82662</i>
<i>Intérêts intercalaires</i>			
<b>Total</b>	<b>530262</b>	<b>624450</b>	<b>1154712</b>

Annexe C: Echéanciers des crédits financiers

<i>Années</i>	<i>Crédit interne, durée 5 ans taux 25%,</i>		<i>Crédit externe, durée : 5ans taux :10.5%,</i>		<i>Consolidé crédit interne + externe</i>	
	<i>Principale</i>	<i>Intérêt annuel</i>	<i>principal</i>	<i>Intérêt annuel</i>	<i>principal</i>	<i>Intérêt annuel</i>
<i>1999</i>	<i>36769.5</i>	<i>45961.87</i>	<i>124890</i>	<i>65567.25</i>	<i>161659.5</i>	<i>111529.12</i>
<i>2000</i>	<i>36769.5</i>	<i>36769.50</i>	<i>124890</i>	<i>52453.8</i>	<i>161659.5</i>	<i>89223.30</i>
<i>2001</i>	<i>36769.5</i>	<i>27577.12</i>	<i>124890</i>	<i>39340.35</i>	<i>161659.5</i>	<i>66917.47</i>
<i>2002</i>	<i>36769.5</i>	<i>18384.75</i>	<i>124890</i>	<i>26226.90</i>	<i>161659.5</i>	<i>44611.65</i>
<i>2003</i>	<i>36769.5</i>	<i>9192.37</i>	<i>124890</i>	<i>13113.45</i>	<i>161659.5</i>	<i>22305.82</i>
<i>Total</i>	<i>183847.5</i>	<i>137885.61</i>	<i>624450</i>	<i>196701.75</i>	<i>808297.5</i>	<i>334587.36</i>

**Annexe D : Table des amortissements :**

<i>Rubrique</i>	<i>Montant</i>	<i>Durée</i>	<i>1999</i>	<i>2000</i>	<i>2001</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
<i>Terrain</i>																
<i>Etude engineering</i>	15000	5	3000	3000	3000	3000	3000		-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bâtiment et G.C</i>	90000	20	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
<i>Infrastructure</i>	13000	15	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
<i>Frais de 1<sup>er</sup> établissement</i>	4500	3	1500	1500	1500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Equipements et matériels</i>	792950	10	79200	79200	79200	79200	79200	79200	79200	79200	79200	79200	79200	-	-	-
<i>Matériels roulants</i>	42000	5	8400	8400	8400	8400	8400	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mobilier</i>	400	10	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	-	-	-
<i>Assistance technique</i>	11800	10	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	-	-	-	-
<i>Montage, transport, et divers</i>	60000	10	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	-	-	-	-
<i>Essais techniques</i>	3000	3	1000	1000	1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Formation professionnelle</i>	2400	3	800	800	800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Droit douanes et taxes</i>	31000	10	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	-	-	-	-
<i>Fonds de roulement</i>	6000	10	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	-	-	-	-
<i>Intérêts intercalaires</i>	82662	3	27540	27540	27540	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>1154712</b>		<b>137580</b>	<b>137580</b>	<b>137580</b>	<b>106740</b>	<b>106740</b>	<b>94340</b>	<b>94340</b>	<b>94340</b>	<b>94340</b>	<b>94340</b>	<b>5366</b>	<b>5366</b>	<b>5366</b>	

***Annexe E : compte d'exploitation prévisionnel.***

<i>Rubrique</i>	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<i>chiffre d'affaire</i>	638	638	638	638	638	638	638	638	638	638	638	638	638	638
<i>Mat -four- consommées</i>	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
<i>services</i>	48	48	61	60	60	58	58	58	58	58	58	58	58	58
<i>valeur ajoutée</i>	510	510	497	498	498	500	500	500	500	500	500	500	500	500
<i>frais de personnel</i>	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
<i>impôts et taxes</i>	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
<i>frais financiers</i>	90	90	67	45	23									
<i>amortissements</i>	137	137	137	106	106	94	94	94	94	94	5	5	5	5
<i>Résultat brut</i>	185	185	195	249	271	308	308	308	308	308	397	397	397	397
<i>I.B.S</i>	0	0	0	95	103	117	117	117	117	117	151	151	151	151
<i>Résultat net</i>	185	185	195	154	168	191	191	191	191	191	246	246	246	246
<i>cash flow net</i>	322	322	332	260	274	285	285	285	285	285	251	251	251	251
<i>Cash flow net cumul</i>	322	644	976	1237	1511	1796	2081	2366	2651	2936	3187	3438	3690	3941

## *Annexe F*

### *Utilisation de CO<sub>2</sub> :*

Les applications classiques de CO<sub>2</sub> sont :

#### *1. Dans l'industrie :*

- Le soudage automatique et semi-automatique.
- Le soufflage de noyau de fonderie.
- Gaz caloporteur (refroidissement de machines).
- Carburant d'acier.
- Cryo-usinage.

#### *2. Agro-alimentaire :*

- Boisson gazeuse.
- Conservateur des produits alimentaires (carboglace).

#### *3. Chimie :*

- Fabrication de carbonate de sodium (utilisée dans l'industrie de verre, des lessives et savons).
- Inertage.
- Gaz vecteur pour laboratoire d'analyse.
- Gaz de propulsion pour aérosol.

#### *4. Sécurité :*

- Installation anti incendie (extincteurs CO<sub>2</sub>)

Il existe d'autres applications récentes du CO<sub>2</sub> :

Culture intensive sous serre (augmentation de 30 % de la production)

- Le traitement chimique des eaux.
- Le transport frigorifique.
- La réactivation des puits d'hydrocarbures
- L'amélioration de la production du méthanol.

## **Bibliographie**

### **Livres :**

- [BAB 90] **D. BABUSIAUX**, " *Décision d'investissement et calcul économique dans l'entreprise* ", Economica, Paris 1990.
- [HOU 93] **R. HOUDAYER**, " *Evaluation financière des projets* ", Economica, Paris, 1993.
- [AUS 84] **G.AUSSET & J.MARGERIN**, " *Choix des investissements, sélection, choix et contrôle* ", les éditions d'organisation, Paris, 1984.
- [CON 82] **P.CONSO**, " *gestion financière de l'entreprise* ", tome 1 et 2, dunod, Paris 1982.
- [LEE 87] **R.LEENAERTS**, " *Faisabilité des projets industrielle dans l'industrie des procédés* "- Louvain-la- neuve, Paris, 1987.
- [ONU 73] **ONUDI**, " *Directives pour l'évaluation de projets* ", Edition des Nations Unies", New York 1973.
- [VED 85] **J.P.VEDRINE**, " *Techniques quantitatives de gestion* ", Vuibert Gestion, Paris, 1985.
- [PCN 89] **Plan comptable National**, ENAG 1989.
- [HUS 88] **B. HUSSON & H.JORDAN**, " *Choix des investissements* ", Edition Masson, -PARIS, 1988.
- [ONU 81] **ONUDI**, " *Manuel pour l'évaluation des projets industriels* ", Edition des Nations Unies, New York 1981.
- [BOU 91] **A.BOUGHABA**, " *Comptabilité analytique d'exploitation* ", Tome 2, Berti Editions -1991.

### **Mémoires :**

- [ZER 92] **L.ZERROUKI**, " *Analyse du risque dans les études économiques*," PFE, ENP, 1992.
- [BEN 91] **BENNIKOUS**, " *Application du COMFAR au projet de trituration des graines oléagineuses*", PFE, ENP, 1991.



[BOU 98] BOUGHABA, " *Les méthodes d'analyse et d'évaluation des projets – analyse critique*", Thèse de magistère, INPS, 1998.

*Articles :*

[MUR 98] J.A.MURTHA, " *Monté Carlo simulation : its status and futures*," Journal of Petroleum TECHNOLOGIE. Volume 49, N° 4, pp. 361-373,1998.

[DOR 96] C.DORVAL, " *Choix des investissements*", Techniques de l'ingénieur, A 4450, 1996.

[CON] *CONJONCTURE*, Revue d'informations et d'analyse de l'économie algérienne, ECOtechnics, année 1997,1998.

*Internet :*

SAM L. SAVAGE : " *Monté carlo simulation with SIM.xla* ".

*Cours :*

*Rapport de visite à l'ENGI Reghaïa ;Décembre 1998, 5<sup>ième</sup> année génie industriel.*

*Notes de cours :Évaluation de projets, Mr.Bouziane.*

*Exposé "code des investissements" Naït abdellah.R & Soussi M.A.*