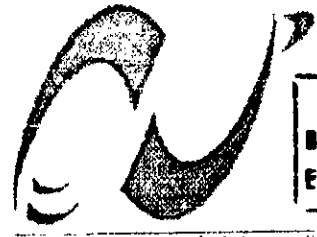


République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de recherche scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
DEPARTEMENT : GENIE INDUSTRIEL



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDE

Pour l'obtention d'un diplôme d'Ingénieur d'Etat

Thème

**Etude de risque d'investissement par
la méthode de simulation « MONTE-CARLO »
Application :
La nouvelle cimenterie d'El Djelfa**

Proposé et dirigé par :

M^{me} O. BELMOKHTAR.

Etudié par :

BOUBELLOUTA Tahar

Promotion 2001

E.N.P. 10 avenue HASSEN BADI -EL HARRACH- ALGER

DEDICACE

Je dédie ce mémoire à :

Mes chers parents ;

Mon oncle A.Krim ;

Mes sœurs ;

Mon frère Nabil ;

Toute ma famille ;

Tous mes amis et en particulier Meftah, Nassim et Salem ;

A toute la promotion de Génie Industriel.

Mitany.

« Ni l'ignorance n'est défaut d'esprit, ni le savoir n'est preuve de génie »

REMERCIEMENT

Je tiens par la présente occasion à remercier :

M^{me} BELMOKHTAR, ma promotrice, et M. Atik mon co-promoteur, pour l'attention soutenue qu'ils m'ont accordé ;

Tous les enseignants du département Génie Industriel ayant contribué à notre formation;

M^{lle} A. BENKHLIL et M. MABROUK qui m'ont aidé à l'aboutissement de ce travail.

من خلال هذا العمل قمنا بدراسة حول إنشاء مشروع مصنع الإسمنت الجديد بالجلفة .
الدراسة التحسيسية تبقى عملية ضرورية لتحديد العناصر المؤثرة أكثر على مردودية المشروع.
إن تطبيق طريقة تخمينات مونت كارلو تترجم أكثر هذه العملية التحسيسية بالإضافة إلى
ذلك تمكننا من تقييم خطر إفلاس هذا المشروع (مع فرضياتنا المقترحة).
الكلمات المفتاحية:

الاستثمار، المشروع، المردودية، الخطر، تخمينات مونت كارلو.

Résumé:

Dans le présent travail nous avons mis l'accent sur l'importance de l'étude de faisabilité du projet de construction d'une nouvelle cimenterie à El Djelfa.

L'analyse de sensibilité reste une tâche décisive pour cibler les éléments qui affectent le plus sur la rentabilité du projet.

L'application de la méthode de simulation par MONTE-CARLO traduit mieux cette sensibilité et nous permet de quantifier le risque de ruine de ce projet (avec nos hypothèses posées).

Les mots clé :

Investissement, projet, rentabilité, risque, simulation de MONTE-CARLO.

Abstract :

In this work we stressed the importance of the feasibility study of the project of construction of a new cement factory with El Djelfa.

The analysis of sensitivity remains a decisive task to target the elements which affect more on the profitability of the project. The application of the method of simulation by MONTE CARLO translates better this sensitivity and allows us to quantify the risk of ruin of this project (with our assumptions posed).

The words key:

Investment, project, profitability, risk, simulation of MONTE CARLO.

Sommaire

	Page
Introduction	1
La première partie :	
Chapitre I : Les investissements, définitions et classifications	
I.1. Définitions	3
I.2 . Les différentes catégories d'investissements	4
I.2.1. Les investissements directement productifs	4
I.2.1.1. Investissements d'expansions	4
I.2.1.2. Investissement de modernisation	4
I.2.1.3. Investissements sociaux et investissements réglementaires	4
I.2.2. Investissements obligatoires	5
I.2.3. investissements stratégiques	5
I.3. Classement des investissements par combinaison du critère objectif et du critère risque	6
I.4. Classification des investissements selon la nature de leurs relations :	7
I.4.1. Projets indépendants :	7
I.4.2. Les projets dépendants :	7
I.4.3. Les projets exclusifs :	7
I.5. Difficultés et intérêt pratiques de la classification des investissements	7
I.5.1. Difficulté tenant compte à l'appréciation du risque :	8
I.5.2. Intérêt pratique d'une classification :	9
I.1.3. Complexité de décision d'investir :	9
I.4. Nécessité d'une démarche pour une décision d'investir:	10
Chapitre II : Les méthodes d'évaluation des projets	
II.1- Introduction :	11
II.2. La technique d'actualisation et de capitalisation :	13
II.2.1- L'actualisation :	13
II.2.2- La capitalisation :	13
II.2.3. Choix du taux d'actualisation	14
II.2.4. Risque et taux d'actualisation	14
II.3. Les critères d'évaluation classiques ignorant l'actualisation :	15
II.3.1. Le délai de récupération :	15
II.3.2. Le taux de rendement comptable :	17
II.4. Les techniques et méthodes d'actualisation	17
II.4.1. La valeur actuelle nette(VAN) :	17
II.4.2. Le taux de rentabilité interne :	18
II.4.3. Le choix entre la méthode de la VAN et la méthode du TRI :	20
II.5. Comparaison des méthodes	21
Chapitre III : Prise en compte des risques et incertitudes dans la décision d'investissement	
III.1. Introduction à la prise de décision en avenir incertain :	22
III.1.1. Risque et incertitude :	22

III.1.2. Les formes de l'incertitude :	23
III.1.2.1. Choix en avenir certain: (déterministe):	23
III.1.2.2. Choix en avenir probabiliste (ou aléatoire).	24
III.1.2.3. Choix en avenir antagoniste:	25
III.1.2.4. Choix en avenir incertain:	27
III.2. Les méthodes d'analyse de risque :	28
III.2.1. Probabilités subjectives:	28
III.2.3. La simulation de MONTE-CARLO	30
III.2.4. Quelque loi de distribution de probabilité	34
III.2.4.1. Lois uniforme:	34
III.2.4.2. la loi triangulaire:	36
III.2.4.3. loi trapézoïdale:	38
III.2.4.4. La loi normale	40

La deuxième partie

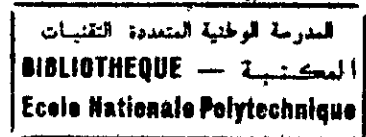
Chapitre IV : Etude de faisabilité du projet

IV.1. Présentation du projet :	41
IV.1.1. Le promoteur :	41
IV.1.2. Le projet :	41
IV.2. L'étude de marché :	42
IV.2.1. Définition du produit :	42
IV.2.2. Types de ciments :	42
IV.2.3. Intervenants :	43
IV.2.3.2. La demande :	43
IV.2.3.3. La demande prévisionnelle :	44
IV.2.3.4. Les prix des ventes :	45
IV.2. L'étude technique du projet :	45
IV.2.1. Description du processus de fabrication du ciment:	46
IV.2.2. Exigences et besoins à satisfaire :	47
IV.3. L'étude financière du projet :	49
IV.2.1. Le coût de l'investissement :	49
IV.2.2. Mode de financement du projet :	49
IV.2.3. Le coût de production :	50
IV.2.4. Calcul des indicateurs économiques :	50

Chapitre V : Etude de sensibilité et simulation par la méthode de Monté-Carlo

V.1. Analyse des charges :	53
V.2. Analyse de sensibilité :	54
V.3. L'application de la simulation par Monté-Carlo :	59
V.3.1. Construction du modèle :	59
V.3.2. Hypothèse :	59
V.3.3. Application :	59

Conclusion	68
-------------------	-----------



Introduction

Parmi les décisions économiques de l'entreprise, mais aussi de la nation ou de l'individu, la décision d'investissement est primordiale. Elle est la seule à permettre la création de richesse, c'est à dire la valorisation du patrimoine.

Les décisions économiques sont souvent entourées de risque et d'aléa. Devant cette situation, les managers ont toujours tenté de trouver les moyens scientifiques leur permettant de se projeter dans le futur, mais la science étant descriptive et non perspective, le décideur se trouve toujours en face de la lourde responsabilité de choisir. Ces outils sont bien loin de garantir les résultats mais permettent néanmoins d'orienter le décideur vers des choix cohérents et conforme à ses objectif et à ses moyens.

On a souvent comparé le choix d'investissement à un jeu de pari, ce qui est loin d'être dénué de sens, car le décideur, comme le parieur, est conscient qu'il risque la totalité de sa mise, mais la différence existant entre ces deux acteurs est que le premier, résolument actif, pèse sa décision alors que le second, plutôt passif, se contente d'espérer.

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 de recettes et de dépenses.

De ce fait toute étude de faisabilité rationnelle d'un projet d'investissement porte sur deux aspects jugés décisifs : L'évaluation du risque qui consiste à quantifier ce dernier et l'ampleur de variation de rentabilité.

Les méthodes d'évaluation du risque ont considérablement progressé avec le développement de la statistique et de la recherche opérationnelle. Cependant peu de méthodes jugées efficaces, il importe de sélectionner celle qui répondent au mieux aux choix des décideurs. Les plus utilisées sont l'analyse de sensibilité et la simulation par MONTE-CARLO.

Le présent travail s'inscrit dans ce cadre et se fixe comme objectif de mettre en place un tel modèle ou un outil de quantification du risque, en se basant sur une étude présentée par l'Entreprise des Ciments et dérivés Centre (ERCC), et faisant l'objet de l'implantation d'une nouvelle cimenterie à El Djelfa. La méthode d'approche en vue de répondre à l'objet de ce travail est la suivante :

- Dans un premier chapitre nous avons défini et classé les investissements selon plusieurs aspects et puis nous avons donné les étapes nécessaires pour une démarche systématique pour une décision d'investissement ;
- Dans un deuxième chapitre nous évoquons l'inventaire des méthodes et techniques d'évaluation du projet dans un univers certain.
- L'étude du risque et de ses méthodes font l'objet du troisième chapitre ;
- Une évaluation financière du projet (construction d'une nouvelle cimenterie) dans un univers certain est présentée dans le quatrième chapitre ;
- Le cinquième chapitre introduit la notion de l'incertitude liée à l'environnement et à toute activité économique, en faisant une analyse de sensibilité des différents composants du projet. 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 MONT-CARLO est indispensable ;

La première partie

CHAPITRE I :

Les investissements. Définitions et classifications

I.1. Définitions: [BOU 98]

Le terme d'investissement est susceptible de recouvrir plusieurs notions selon qu'il correspond à un point de vue comptable, économique ou financière :

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 étalé dans le temps, mais d'un montant total supérieur à la dépense initiale".

I.1.3. Financière:

C'est la moins restrictive, "c'est un ensemble de dépenses générant sur une longue période des revenus (ou économies) tels que les remboursements de la dépense initiale sont assurés".

L'investissement présente trois caractéristiques fondamentales: [DOR 2000]

- *C'est une immobilisation* : des ressources sont engagés pour une longue période de façon quasi irréversible. L'investissement accroît la productivité de l'entreprise, mais aussi l'alourdit. Plus l'investissement pour une même production est élevé, moins il y a de possibilités d'adaptation rapide en cas de changement de conjoncture.
- *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 assuré d'être assuré du revenu d'un investissement. Suivant les conditions réelles rencontrées, le résultat pourra être complètement différent de ce que avait été prévu.

I.2 . Les différentes catégories d'investissements :[VOR 00][HUS 00]

I.2.1. Les investissements directement productifs :

L'investissement pour l'entreprise, correspond à des opérations qui peuvent être de nature très différentes. On peut distinguer les catégories suivantes : investissement d'expansion, de modernisation, investissements sociaux et réglementaires.

I.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'un investissement d'accroissement de capacité, ou avec d'autres produits, on parle alors d'investissement en produits nouveaux.

I.2.1.2. Investissement de modernisation:

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

a- Les investissements de renouvellement: Qui 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 ce qui sont obsolètes (qui présentent des différences de productivité sensibles avec le matériel le plus récent).

b- Les investissements de productivité: Qui permettent de faire des économies dans le processus de production. 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 peut s'avérer mauvais (et inversement).

I.2.1.3. Investissements sociaux et investissements réglementaires:

Ce 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.

I.2.2. Investissements obligatoires :

Ils sont imposés par une réglementation d'ordre public ou par des engagements à l'échelon de la profession ou de l'entreprise.

I.2.3. investissements stratégiques :

Ce sont des investissements destinés à améliorer le climat social et plus généralement, à créer les conditions les plus favorables pour assurer le devenir de l'entreprise, tel qu'il a été voulu.

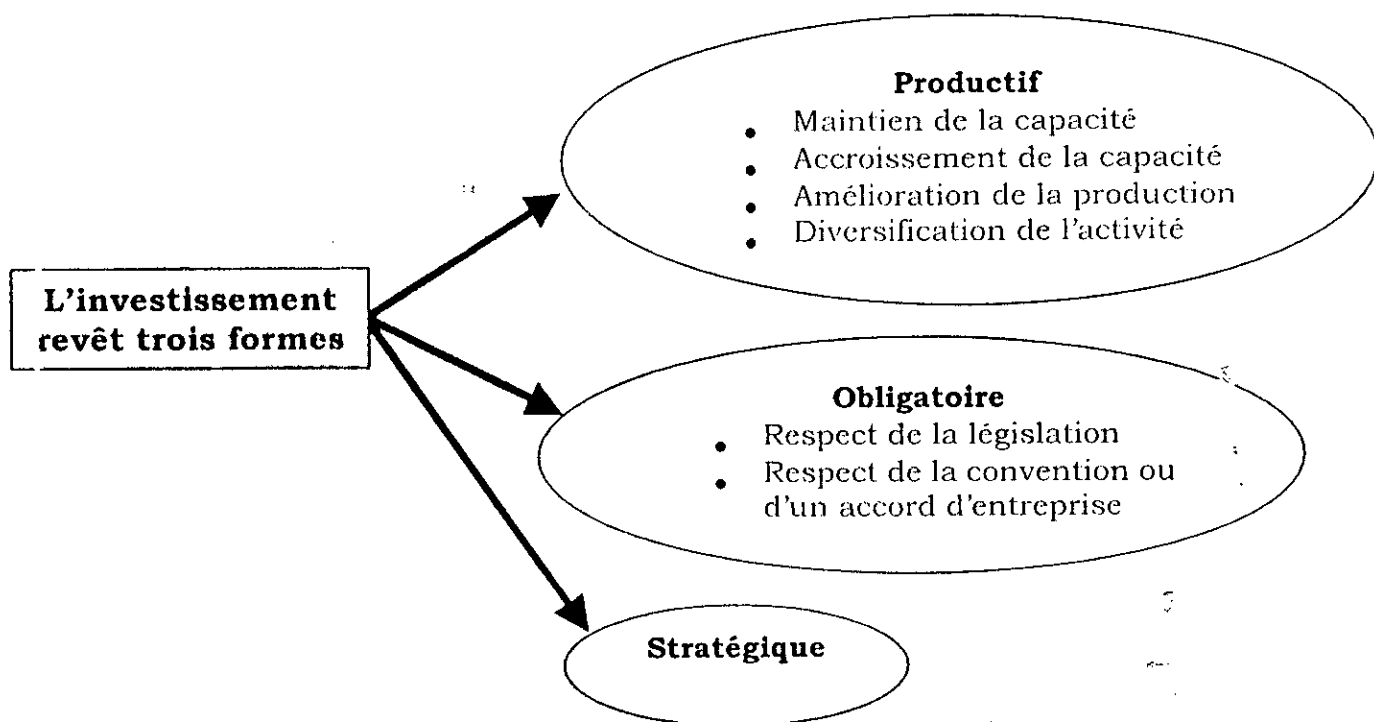


Fig.I.1. Les différentes catégories d'investissements.

I.3. Classement des investissements par combinaison du critère objectif et du critère risque : [AUS 84][VOR 2000]

La notion du risque étant sous-jacente au concept de l'investissement, on peut classer les investissements dans l'ordre de risque croissant comme suit :

- Les investissements de renouvellement ainsi que les investissements de productivité comportent peu de risque.

En effet, les caractéristiques de ces investissements sont connues, ainsi que leurs effets, totalement par les premiers, qui auront pour effet de maintenir l'entreprise dans son état actuelle, en majeure partie pour les seconds, dont l'effet est un progrès de productivité (on produira plus pour un montant de consommation donné ou on consommera moins pour un volume de production donné).

- Plus risqués sont les investissements de capacité, et plus encore les investissements d'innovation.

Destinés, en effet, à modifier l'état actuelle de l'entreprise, ces investissements font passer l'entreprise du connu à l'inconnu, du présent sécurisant au futur incertain.

Certes, les investissements visant à accroître la capacité (construction d'une nouvelle unité de production, par exemple) à traduire par une extension des moyens s'inscrivant dans le cadre des activités existantes. L'étude de ce type d'investissement se fait donc à partir de l'analyse des données du présent, avec, néanmoins un risque, celui de voir le marché ne pas réagir comme il a été prévu.

Quelle que soit la qualité de l'étude de marché sur laquelle se fondera la décision, le risque demeure sollicité, le marché absorbera-t-il la production supplémentaire ? N'a-t-on pas vu trop grand ? Ou trop petit.

I.4. Classification des investissements selon la nature de leurs relations : [HUS 84][HOU 93]

Cette classification est fondée sur le degré de dépendance réciproques entre les projets d'un programme d'investissement, on distingue trois grandes catégories :

I.4.1. Projets indépendants :

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

I.4.2. Les projets dépendants :

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

I.4.3. Les 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.

I.5. Difficultés et intérêt pratiques de la classification des investissements : [MAR 84]

Le classement des investissements par nature ne pose guère de problèmes mais c'est le moins « opérationnel ». En revanche, le classement selon l'objectif poursuivi par l'entreprise et selon le risque encouru du fait de l'investissement pose par fois des problèmes d'ordre pratique.

I.5.1. Difficulté tenant compte à l'appréciation du risque :

Plus sérieuses sont les difficultés tenant à l'appréciation du risque que les projets font encourir à l'entreprise.

C'est ainsi qu'un investissement entraînant une faible augmentation de la capacité ne fait guère courir de risque à l'entreprise et qu'il est, peu distinct d'un investissement de renouvellement avec modernisation.

De même un investissement d'innovation peut n'entraîner qu'une modification relative peu importante de l'état actuelle et comporter, de ce fait, moins de risque

qu'un investissement d'expansion ayant pour effet accroissement important de la capacité.

I.5.2. Intérêt pratique d'une classification :

Les initiatives en matière d'investissements sont prises à des niveaux différents selon le type de l'investissement. De même, les modalités d'étude ainsi que les critères de choix dépendront à la fois du type et de l'importance du projet ainsi que du risque qu'il fait encourir à l'entreprise.

C'est ainsi, en particulier, que :

- Les investissements obligatoires et les investissements stratégiques, dont la rentabilité ne peut être mesurée, seront décidés sur la base d'un critère de coût ;
- Les investissements productifs, au contraire des précédents, feront l'objet d'une étude de rentabilité ;
- Les investissements les plus risqués exigeront la prise en compte de la notion de risque pour éclairer le choix et la prise de décision.

I.1.3. Complexité de décision d'investir :

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

- Informations chiffrées souvent difficile à réunir;
- Difficulté de coordination dans tous les rouages des opérateurs;
- Difficulté d'application de certains calculs financiers;
- Difficulté de rapprocher au projet d'investissement, les termes de la stratégie retenue par l'opérateur économique (entreprise, administration);
- 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

I.4. Nécessité d'une démarche pour une décision d'investir:

[BOU98]

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 objectif de l'opérateur.

L'adoption d'une démarche systématique va permettre de décomposes en plusieurs étapes successives la décision d'investissement, qui sont en principe en nombre de quatre :

- L'étude d'identification correspond à la première maturation de l'idée du projet, on y fait l'analyse des besoins ou du marché, le diagnostic d'une situation qui pose le ou les problèmes dominants ou les facteurs limitants. L'un des objectifs de cette étude est de susciter le financement de l'étude de faisabilité dont elle définit le contenu.
- L'étude de faisabilité vise à prouver que les choix techniques et économique sont viables (faisables) et qu'ils sont les meilleurs (optimisation). Dans le cas contraire l'étude doit proposer des solutions mieux adaptées ou bien recommander l'abandon du projet.

Elle approfondit par conséquent les données de l'étude d'identification et justifie techniquement et économiquement la solution proposée après discussion des autres solutions possibles. C'est donc le stade du choix et de sa justification.

- L'étude d'évaluation est effectuée par l'organisme chargé par le financement du projet. Elle vérifie l'étude de faisabilité afin de préparer la prise de décision.

- L'étude de l'avant-projet d'exécution enfin prévoit la réalisation pratique : évaluation plus précise des coûts. Cette étude comprend la préparation et le lancement de dossiers d'appel d'offre, le dépouillement des appels d'offre ainsi que le choix des entrepreneurs.

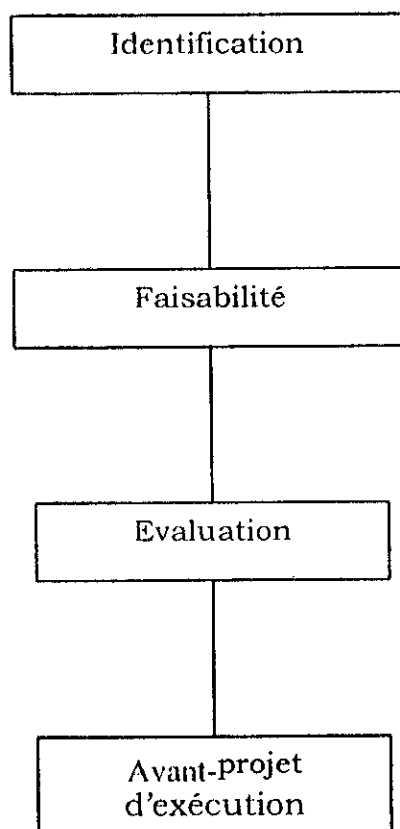


Fig.. Les phases de la préparation d'un projet

CHAPITRE II :

Méthodes d'évaluation de projets d'investissement

II.1- Introduction :

Le choix d'accepter ou de rejeter un projet d'investissement est une décision que les responsables d'entreprise doivent prendre en considération en tenant compte de nombreux paramètres : la rentabilité du projet, les différents types de risque qu'il présente, la disponibilité et le coût des capitaux destinés au financement et la cohérence qualitative du projet avec la stratégie de l'entreprise.

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, à partir des études techniques et commerciales déjà réalisées. Elle consiste à valoriser les flux résultants des études précédentes pour déterminer la rentabilité et le financement du projet.

Cette analyse 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 les paramètres financiers qui doivent être mis ensemble en vue d'effectuer des calculs de rentabilité.

- Il faut ensuite développer et appliquer les méthodes aptes à évaluer concrètement la rentabilité du projet et à élaborer 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 fondée sur double approche rentabilité, risque.

- Il s'agit enfin de rechercher les financements et les opportunités, d'estimer leurs coûts et surtout d'équilibrer globalement les besoins et les ressources de fond. 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.

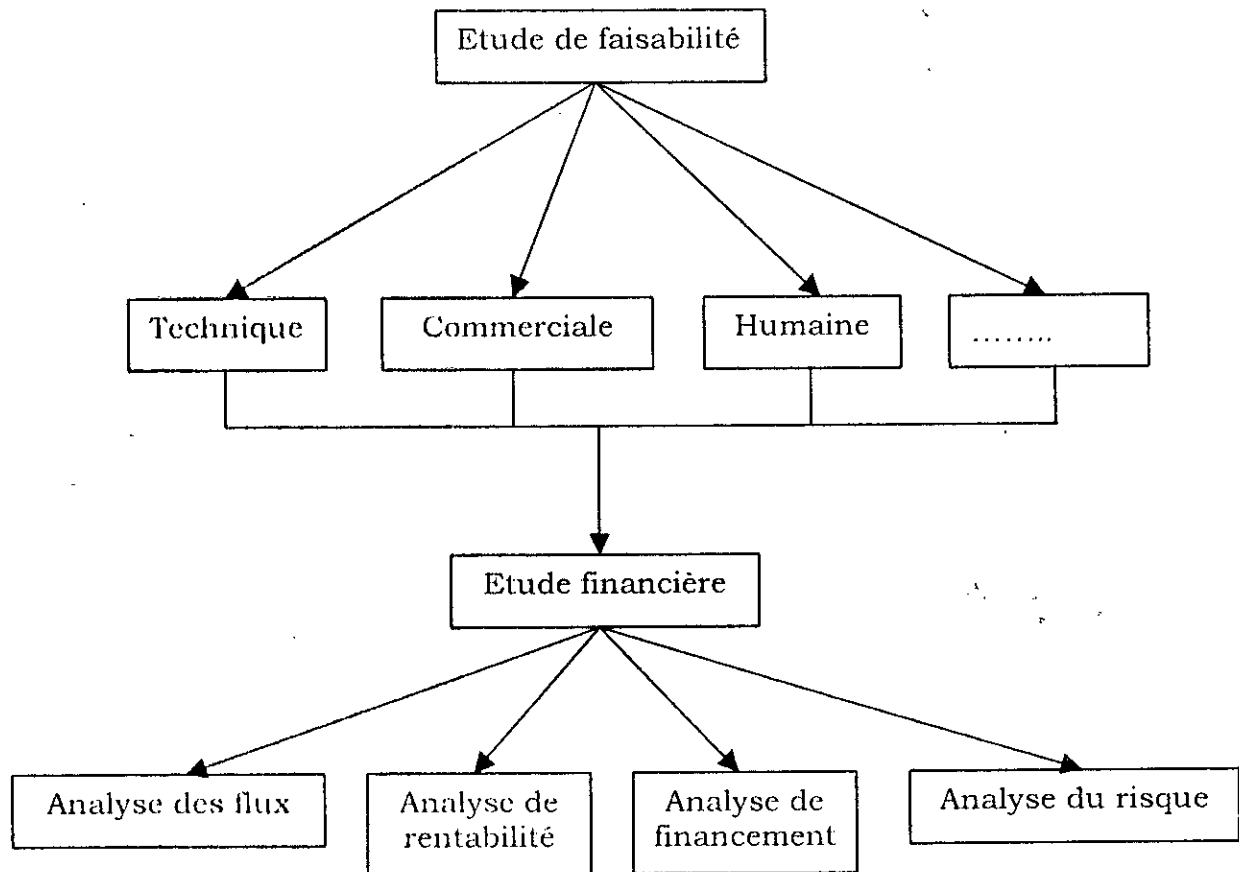


Fig. II.1. place de l'étude financière dans l'étude de faisabilité

Toute 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, mise ensemble, doivent permettre de mesurer la rentabilité du projet. Il s'agit en effet des éléments suivants :

- *Les capitaux investis :*

Cette variable représente l'estimation des fonds consacrés à la réalisation matériel 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 cash flow :*

Ce paramètre désigne les revenus que l'entreprise s'attend à recevoir de l'exploitation de l'investissement. (Les cash flow sont appelés aussi « les flux annuels de revenus » et par fois « mage brut d'autofinancement »).

II.2. La technique d'actualisation et de capitalisation :

II.2.1- L'actualisation : [Mar 84]

Pour qu'une décision d'investissement soit rentable, la somme des surplus monétaires dégagés par l'investissement (cash flow) doit permettre de :

- Récupérer la mise de fonds initial.
- Rémunérer le capital investi : c'est-à-dire couvrir les intérêts de capitaux envisagés, selon la méthode des intérêts composés

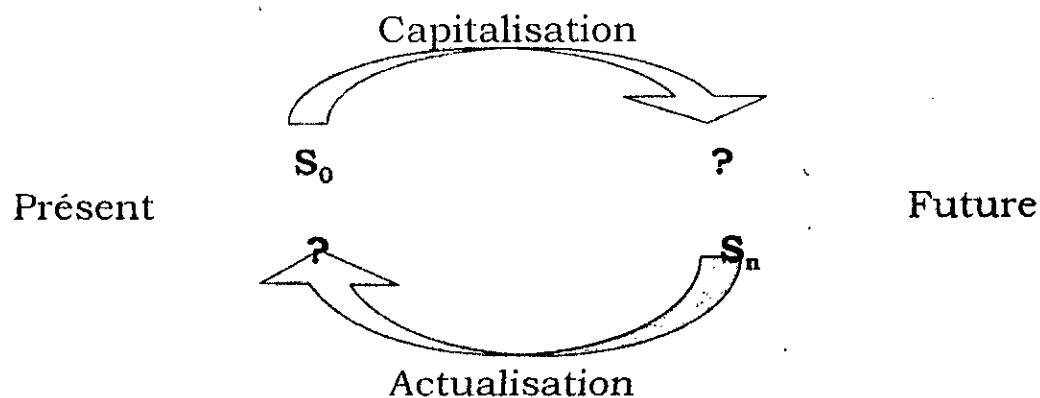
L'actualisation consiste en effet à déterminer la valeur actuelle S_0 d'une valeur future S_n , moyennant un taux d'actualisation i , elle est donnée par :

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

II.2.2- La capitalisation :

La capitalisation est le terme financier pour désigner l'opération qui consiste 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 n années permet d'obtenir le montant :

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



II.2.3. Choix du taux d'actualisation : [HUS]

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

- *Le coût de financement* : Il correspond à la rentabilité minimale à atteindre puisque l'effet de levier défavorable et l'endettement inintéressant ou dangereux.
- *Le rendement attendu de l'argent* : C'est la référence de base comme élément d'opportunité à l'opération d'investissement.
- *La durée de l'étude* : Elle exprime la durée minimale d'engagement du réalisateur dans le projet.
- *L'inflation* : Elle 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.

II.2.4. Risque et taux d'actualisation :

Le facteur risque, c'est également un souci de cohérence qui doit guider le choix du taux d'actualisation.

Exprimons ceci simplement en affirmant que l'on ne doit pas actualiser tous les projets d'investissement d'une même entreprise avec le même taux d'actualisation. En effet tous les projets d'investissement ne présentent pas le même risque ou n'appartiennent pas à la même « classe risque » : Chaque projet doit être comparé à une opportunité de placement présentant un niveau de risque indiqué, par suite, le taux d'actualisation à utiliser diffère selon le risque du projet étudié.

Type de projet	Type de risque	Type de taux d'actualisation
Projet de remplacement d'un matériel existant, en vue d'améliorer la productivité, pour la fabrication d'un produit en pleine maturité.	Risque faible	Taux moins élevé
Projet de lancement industriel et commercial d'un produit entièrement nouveau sur un marché encore inconnu.	Risque élevé	Taux élevé

Tableau II.1: Relation risque, taux d'actualisation.

Pour déterminer le taux d'actualisation, nous pouvons partir en premier lieu, du taux moyen des placements sans risque (les emprunts), rajoutons en second lieu une prime de risque propre au projet et son environnement ; les primes des risques suivants sont généralement admises : [HOU 93]

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

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

II.3. Les critères d'évaluation classiques ignorants l'actualisation : [HUS 88][AUS 84]

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 fond impliquant un coût à couvrir.

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

II.3.1. Le délai de récupération :

II.3.1.1. Définition :

Le délai de récupération du capital investi et le temps nécessaire pour que les flux de trésorerie (ou cash flow) générés par l'investissement remboursent la mise de fonds initial. Il est donnée par la formule :

$$DR = \frac{\text{Dépense initial de l'investissement}}{\text{Cash flow moyen}}$$

II.3.1.2. Critère de décision :

- *Critère de rejet* : Tout projet dont le délai de récupération du capital investi est supérieur à la norme fixée par l'entreprise sera rejet.
- *Critère de sélection* : Entre deux projets concurrents, on retient celui dont le délai de récupération du capital est le plus court.

II.3.1.3- Validation de la méthode :Avantages :

- Le Délai de récupération peut être un critère de choix adéquat pour les entreprises qui possèdent de nombreuses possibilités d'investissement et qui sont limités en moyen de financement.
- Il est extrêmement facile de le calculer.
- C'est un critère qui est également très utilisé pour les investissements à gros risques (risque politique, risque financier, risque d'obsolescence,...)

Inconvénients :

- Cette méthode ignore la répartition dans le temps des revenus, elle donne un poids trop lourd à la rentrée rapide des bénéfices.
- Elle ne tient pas compte de la durée de vie du projet, en effet elle ignore ce qui se passe après le délai de récupération.

Le schéma ci dessous montre que le projet 1 récupère mieux que le projet 2, alors que ces deux projet ont le même délai de récupération du capital investi.

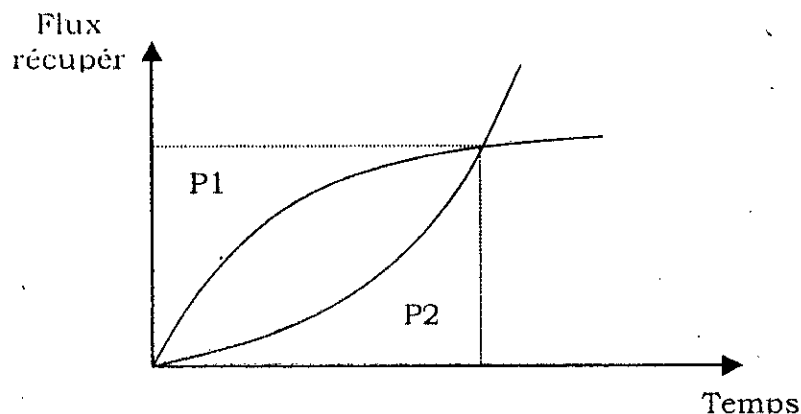


Fig.II.2. Limites de délai de récupération

II.3.2. Le taux de rendement comptable :

II.3.2.1-Définition : Le taux de rendement comptable d'un projet d'investissement est égale au rapport du cash flow moyen au coût initial de l'investissement. Il est donné par la formule :

$$TRC = \frac{\text{Cash flow moyen}}{\text{Investissement initial}}$$

II.3.2.2- Critères de décision :

Critère d'acceptation : Si le taux de rendement comptable du projet dépasse le seuil (Défini par l'entreprise), le projet sera accepté.

Critère de sélection : Si plusieurs projets en concurrence, on préfère le projet dont le taux de rentabilité comptable est le plus élevé.

II.3.2.3-Limites de la méthode :

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

II.4. Les techniques et méthodes d'actualisation : [MAR 84] [VOR 00][HUS 88]

II.4.1. La valeur actuelle nette(VAN) :

II.4.1.1. Définition : On appelle une valeur actuelle nette(VAN) l'excédent du cumul des flux nets de trésorerie d'exploitation actualisés, calculés sur toute la durée de vie de l'investissement, sur le montant du capital investi(I_0). Elle est donnée par la relation suivante :

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

Tel que :

N : la durée de vie de l'investissement.

CF(t) :Cash flow prévu à l'année t.

i : le taux de l'actualisation.

I_0 :le coût de l'investissement.

t : année d'exploitation

II.3.3.2. Critères de décision :

Critère de rejet : Tout projet dont la valeur actuelle nette (VAN) est négative sera rejeté.

Critère de sélection : Entre deux projets concurrents, on retient celui dont la valeur actuelle nette est supérieure.

II.3.3.3. Avantages et inconvénients :Avantages :

- La méthode de la VAN tient compte toute la durée de vie du projet ;
- Elle prend en considération la notion du temps puisqu'elle actualise les cash flow futurs ;
- Elle mesure la valeur du projet à la valeur de l'entreprise ;

Inconvénients :

- 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 :

$$IR = \sum \frac{\text{Revenus actualisés}}{\text{Dépense de l'investissement}}$$

- 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 de récupération (période de récupération exprimée en pourcentage de la durée de vie de l'investissement).

II.3.4. Le taux de rentabilité interne :

La valeur actuelle nette d'un projet diminue au fur et à mesure que le taux d'actualisation s'élève, selon une courbe décroissante, fonction de taux d'actualisation, qui a l'allure suivante :

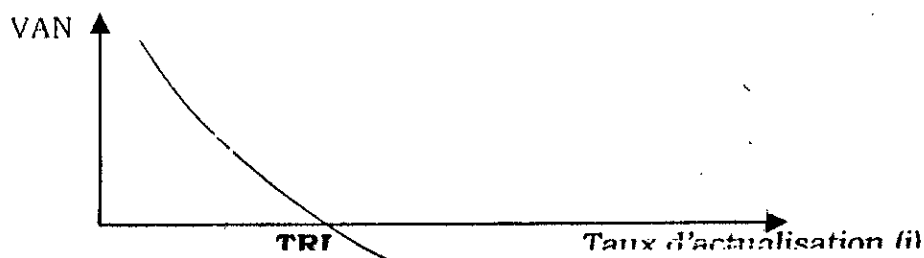


Fig.II.3 :Le taux de rentabilité interne(TRI)

On appelle taux de rentabilité interne (TRI) d'un projet, le taux pour lequel la valeur actuelle nette (VAN) est nulle, il s'exprime par la relation suivante :

$$0 = \sum_{t=1}^N CF_t (1+i)^{-t}$$

II.4.2.1. Critères de décision :

Critère de rejet : Tout projet dont le TRI est inférieur au coût des capitaux ou à la valeur fixée par l'entreprise comme taux de rejet est éliminé.

Critère de sélection : Entre deux projets concurrents, on retient celui dont le TRI est supérieur.

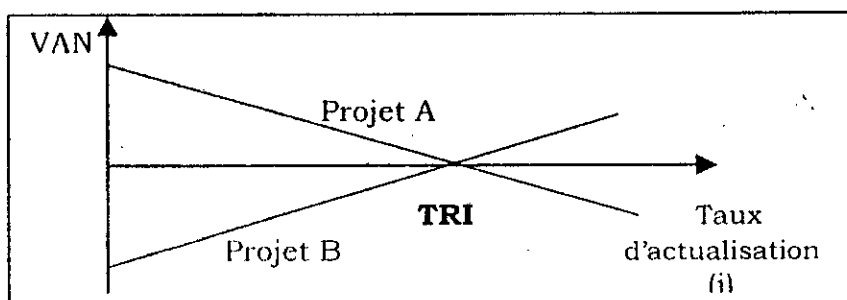
II.4.2.2. Avantages et inconvénients :

Avantages :

- Le TRI 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 :

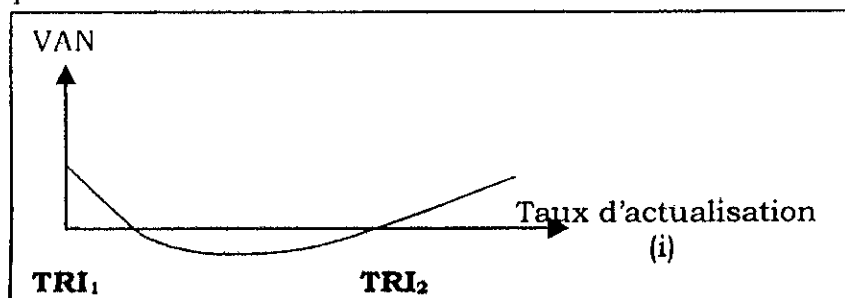
- Le TRI est insensible au signe des flux.



Le TRI du projet A égal au taux du projet B alors que tous des flux sont de signe opposé à ce du projet B, le doute s'installe.

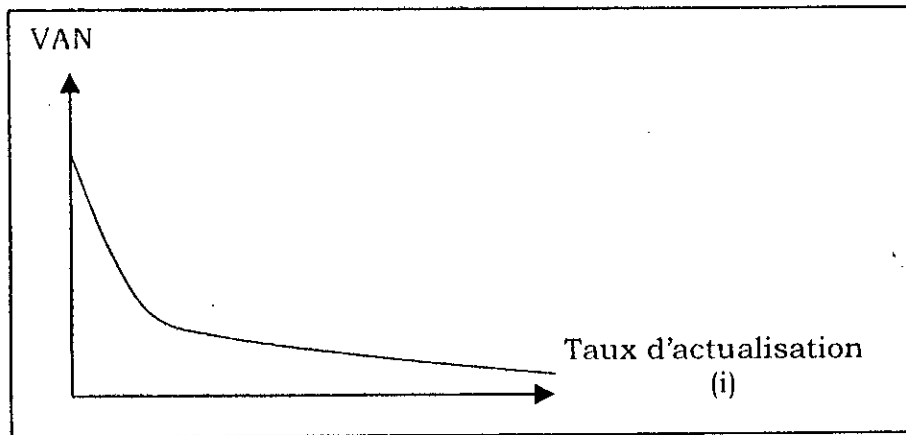
- Un projet peut présenter simultanément plusieurs TRI :

Quel est TRI qui est bon ?



Quel est le TRI qui est bon ?

- Un projet peut ne présenter aucun TRI.



II.4.3. Le choix entre la méthode de la VAN et la méthode du TRI :

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 isolément, les méthodes aboutissent à la même conclusion.

Par contre si l'on présente plusieurs projets qui sont en compétition, l'application des deux méthodes peut conduire à des conclusions différents.

C'est ainsi que, sur le graphique ci-après, les courbes décroissantes (en fonction du taux d'actualisation) représentant la VAN de deux projets concurrents A et B se coupe en un point au taux (p) dit « taux d'indifférence » ou « taux pivot », pour ce taux la VAN des deux projets est identique.

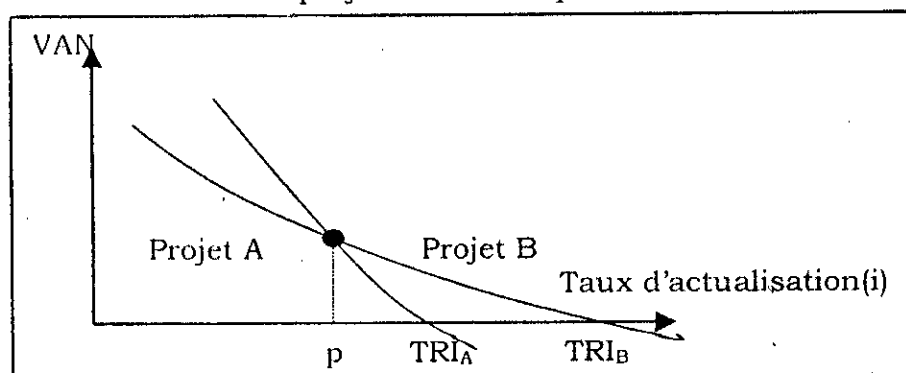


Fig.II.4 : Conflit entre la VAN et le TRI.

ON a :

$$0 < i < p \Rightarrow VAN_B > VAN_A$$

$$i = p \Rightarrow VAN_B = VAN_A$$

$$i \geq p \Rightarrow VAN_B < VAN_A$$

II.5. Comparaison des méthodes : [MIL 99]

Si l'on fait abstraction des facteurs économiques ignorés durant le calcul des recettes et de dépenses, le choix entre deux investissements est le choix entre deux 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.

Certain dirigeants ont préféré 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 excédents d'exploitation permettent de rembourser le capital mis en œuvre pour le réaliser. La notion de délai de récupération bénéficie à son extrême simplicité d'application, cependant ce critère n'est pas seulement simple, il est plutôt simpliste parce qu'il accorde la même valeur des 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 permet, par contre, de comparer les échéanciers de valeur, que le bon sens ne suffit pas à classer les uns par rapport aux autres en raison du rythme différent des échéanciers. La mise en œuvre de ce critère présuppose la connaissance d'un taux d'actualisation, faisant intervenir le taux d'intérêt comme un 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 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.

Le critère de la VAN est par conséquent, le plus acceptable. Mais le TRI devrait être 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 élevé n'étant pas le meilleur choix.

Chapitre III :

**Prise en compte des risques et
incertitudes dans la décision
d'investir.**

III.1. Introduction à la prise de décision en avenir incertain : [HUS 88][MAR 84]

III.1.1. Risque et incertitude :

Au moment de la prise de décision, on n'est pas en mesure de prédire les valeurs spécifiques pour tous les paramètres qui contribuent à évaluer la rentabilité.

Les incertitudes concernant les événements futures impliquent qu'il peut y avoir plus qu'un seul résultat pour n'importe quelle alternative de décision.

La prise de décision en avenir incertain (ou indéterminé) implique toujours au moins deux résultats pour chaque alternative de décision. Chaque résultat a une probabilité de se produire, mais aucun n'est certain de se produire.

Si on connaît les valeurs exactes de tous les paramètres qui affectent la rentabilité totale, on peut alors calculer la valeur exacte de l'indicateur économique qui mesure la rentabilité de notre projet (calcul déterministe), mais si on ne connaît pas les valeurs exactes pour chaque paramètre, le calcul de la rentabilité devient alors "stochastique".

Si les conséquences de toutes les alternatives de décision pouvaient être calculées exactement, le processus de la prise de décision serait relativement simple, c'est l'incertitude qui réside dans l'incapacité de prédire les valeurs des paramètres du profil qui rend le processus de la prise de décision compliqué.

Les faits quantitatifs concernant le risque et l'incertitude sont donnés sous forme de probabilités, ou de vraisemblance de réalisation.

La théorie des probabilités fournit un outil privilégié pour évaluer le risque encouru lors d'une prise de décision, lorsqu'on dispose d'une évaluation "a priori" des paramètres des variables de base.

Il y a plusieurs types de risque comme:

- Risque politique.
- Risque économique
- Risque d'exploration.
- Risque financier ... etc.

Attribuer des probabilités aux différents résultats d'un projet donné et aux analyser est généralement appelé: analyse de risque.

III.1.2. Les formes de l'incertitude :

L'incertitude sur l'issue des choix effectués est la caractéristique dominante des problèmes de décision. Le degré et la nature de cette incertitude peuvent toutefois varier considérablement d'une situation à l'autre. Il est classique de distinguer quatre grandes catégories de décisions:

- Les décisions en avenir pratiquement déterminé dont les conséquences semblent pouvoir être prévues sans grand risque d'erreur.
- les décisions en avenir probabiliste, dont les conséquences ne peuvent plus être connues à l'avance mais auxquelles il est possible d'associer une série de probabilités (objectives ou subjectives).
- Les décisions en avenir indéterminé c'est-à-dire totalement incertain, en ce sens que plusieurs états sont possibles sans que l'on puisse y associer de probabilités objectives ou subjectives.
- Les décisions face à des volontés antagonistes lorsque le monde extérieur n'est plus passif mais renferme des adversaires conscients.

III.1.2.1. Choix en avenir certain: (déterministe):

L'avenir certain s'appuie sur l'hypothèse de l'information parfaite, qui suppose la connaissance exacte des événements économiques futurs.

Une convention fondamentale de l'analyse économique pure est de supposer que le responsable de la décision dispose au départ de tous les éléments d'information qu'il devra faire intervenir dans son choix.

Nous remarquons que cette hypothèse d'information a un caractère irréaliste, particulièrement dans les situations dominées par des considérations de marché. Toutefois, il arrive que pour des raisons de commodité, on assimile à l'univers certain des situations au sujet desquelles on dispose d'informations incomplètes néanmoins suffisantes, étant donné qu'elles présentent un risque d'erreur limité au point de permettre de le négliger.

Ce procédé se justifie par le fait que le coût d'une analyse plus détaillée resterait sans doute supérieur au gain qu'une précision plus grande pourrait apporter. Des assimilations ont surtout lieu lorsqu'il s'agit, de choix techniques qui relèvent de l'organisation, de planning de fabrication, de sélection d'équipement, et d'une manière générale, là où les éléments des décisions à prendre sont sous le

contrôle direct du centre de décision, et dès lors susceptibles d'une évaluation précise.

La certitude n'est pas associée à un intervalle de confiance à 100%, c'est à dire à tout le champ des possibles, mais à une partie seulement.

On distingue:

- la certitude " absolue" qui caractérise un intervalle à 99% environ;
- la certitude "forte" qui caractérise un intervalle à 90% environ;
- la certitude "douce" qui caractérise un intervalle à 70% environ.

D'un individu à un autre, ces chiffres peuvent varier. Néanmoins ils constituent de bons repères.

III.1.2.2. Choix en avenir probabiliste (ou aléatoire).

Dans un univers aléatoire, les conséquences des décisions envisagées dépendent non plus d'un seul état de la nature mais d'une suite d'événements aléatoires qui se réaliseront au hasard suivant une certaine loi de probabilité.

En d'autres termes: une décision va entraîner un éventail de conséquences possibles, à chacune de ces conséquences on fait correspondre une probabilité, on obtient donc pour la décision envisagée une distribution de probabilité.

Lorsque les conséquences d'une décision dépendent d'événements aléatoires dont on connaît la probabilité d'apparition, la source de l'incertitude est le risque dû à la dispersion des valeurs prises par la variables aléatoire, lequel subsiste même si l'on connaît parfaitement la de probabilité qui gouverne le phénomène.

a) le critère de l'espérance mathématique :

L'espérance mathématique d'un événement est la valeur moyenne des conséquences de cet événement, pondérées par leurs probabilités respectives.

L'espérance mathématique d'une décision peut être : positive, nulle ou négative, c'est pour cela qu'on doit toujours mettre en évidence le signe positif ou négatif, car le premier désigne le profit et le second la perte.

L'espérance mathématique est donc un critère numérique unique dont le but est de comparer des choix de décision compétitifs pour les rendre accessibles au décideur.

Calculer l'espérance mathématique d'une décision dont les conséquences dépendent d'événements aléatoires en multipliant chaque valeur de la variable par sa probabilité.

$$\text{FORMULE : } R(A_i) = \sum v(A_i E_j) * P_j$$

Avec : A_i : lignes d'action

E_j : Etats de la nature .

$V(A_i E_j)$: conséquence de la décision prise.

P_j : probabilité de la réalisation de la conséquence

$R(A_i)$: espérance mathématique.

L'espérance mathématique permet de trancher entre des investissements dans la mesure où l'investissement dont l'espérance mathématique de gain est la plus élevée, semble a priori préférable.

b) Arbre décisionnel:

Le problème de choix entre investissements peut également être résolu par un arbre décisionnel qui est une présentation chronologique, au moyen d'un réseau en forme d'arbre dont l'étape principale consistera à dessiner un diagramme de choix. Les symboles utilisés sont les suivants:

- Des nœuds de décision qui signifient qu'à chacune de ces points une décision peut être prise.
- Des nœuds de probabilité qui signifient que le hasard jouera .

Dans un arbre décisionnel les branches et les angles fermés entre les branches n'ont aucune signification précise. Les arbres sont normalement lus allant de la gauche vers la droite.

L'inconvénient principal de cette méthode est qu'elle ne tient pas compte de l'éventail des nombreuses possibilités auxquelles pourrait faire face le décideur dans la réalité.

III.1.2.3. Choix en avenir antagoniste:

Dans l'analyse de décision, les autres critères de choix examinés précédemment ne tiennent pas compte des concurrents et de l'influence de leurs réactions sur les décisions prises par l'entreprise.

Dans le choix en avenir certain et aléatoire, les adversaires sont considérés comme neutres et indifférents aux stratégies adoptées par le centre de décision et qui réagissent individuellement de façon à rendre maximum leur satisfaction personnelle.

En d'autres termes la concurrence est considérée comme une variable exogène sur laquelle la décision n'a aucune incidence, tandis que dans le choix en avenir antagoniste, elle sera considérée comme une variable endogène donnant ainsi lieu à des réactions (contre-attaques) qui modifieront la décision.

C'est cette contrainte dans le centre de décision devra tenir compte sa stratégie, pour la prise de décision.

- Les méthodes d'analyse des réactions des concurrents:

Le fait de tenir compte dans l'évaluation de conséquences, de l'interdépendance entre concurrents, peut donner lieu à des attitudes qui vont différer selon l'intensité de cette interdépendance.

- Une première attitude consiste à négliger l'interdépendance entre concurrents, soit parce que ceux-ci sont suffisamment nombreux pour les effets des changements introduits se répartissent sur un si grand nombre que pratiquement ils sont négligeables pour chacun d'eux, soit parce que les changements décidés sont d'un ordre si mineur qu'ils ne valent pas l'effort d'en tenir compte. Dès qu'il s'agit d'une décision mettant en cause des éléments de grande nouveauté - tel que le lancement d'un produit fondamentalement nouveau - il devient difficile de maintenir cette attitude et de négliger l'interdépendance évoquée, sauf si l'entreprise occupe une position suffisamment dominante sur le marché.
- Une deuxième attitude, plus réaliste, consiste à essayer de prévoir la nature et l'importance des réactions des concurrents et de choisir ensuite la ligne d'action la plus favorable en fonction de la prévision faite. Une entreprise qui se propose, par exemple, de modifier la politique de prix, peut savoir par expérience que son concurrent le plus dangereux réagit habituellement d'une manière précise.

Il lui est dès lors, possible d'envisager les contre-mesures probables de ses concurrents, et de choisir, sur cette base, la décision donnant l'espérance de profit la plus élevée.

La troisième et dernière attitude est celle, adoptée par la théorie des jeux, qui repose sur une hypothèse d'interdépendance totale entre concurrents qui se fonde sur le fait que chaque entreprise sur le marché contrôlant sa propre production est supposée connaître l'intervalle de production possible et les coûts des autres entreprises.

Chaque centre de décision se trouvera confronté à des réactions intelligentes de concurrents bien informés qui ont pour objet de lui infliger la plus lourde perte, dès lors au lieu d'essayer de prévoir les intentions du concurrent dès le départ, on s'attendra au pire et on recherchera la ligne d'action optimum de cette hypothèse pessimiste.

III.1.2.4. Choix en avenir incertain:

Les critères de choix utilisés ci dessus supposaient connaissance historique des événements économiques. Cette connaissance permettant de prévoir et de choisir.

Dans cette hypothèse, la possibilité d'interroger la nature pour obtenir des information n'est pas toujours présente et le centre de décision doit fréquemment fixer son choix alors qu'il ne dispose d'aucune information objective sur les états de la nature et qu'il ne peut recourir à aucune expérience ou observation. Dans ces conditions, il importe de savoir comment prendre une décision de la manière la plus rationnelle possible.

Dans un univers indéterminé, l'incertitude est donc due au fait que les conséquences envisagées dépendent d'événements sur lesquels on ne dispose d'aucune information expérimentale, et qui restent hors du champ d'investigation direct de l'entreprise.

Le centre de décision se trouve confronté avec un tableau des gains semblable à celui de l'univers aléatoire, ou à chaque décision, correspondent autant de conséquences qu'il y a d'états prévisibles. Une différence majeure subsiste cependant entre ces deux univers, puisque le centre de décision non seulement ne dispose pas de fréquences statistiques à partir desquelles, estimer les probabilités des différents états. Les états de la nature qui se réaliseront sont totalement indépendants du choix effectués antagonistes, elle est due simplement à des événements extérieurs inconnus.

III.2. Les méthodes d'analyse de risque : [BER 94][HUS 84]

III.2.1. Probabilités subjectives:

Les probabilités subjectives sont un moyen fréquent pour exprimer le degré du risque et d'incertitude relatifs aux paramètres incertains. Cette estimation représente une opinion personnelle quant à la vraisemblance qu'a un résultat donné de se réaliser. L'opinion peut se baser sur une donnée statistique valable (bonne), ou simplement sur l'opinion et les impressions de l'analyste expert.

La probabilité subjective est une expression numérique du degré de vraisemblance attribué à un événement, et comme telle, elle est susceptible d'être utilisée pour guider le choix du centre de décision, car elle exprime les chances de succès attribuées par le centre de décision à une opération définie dans des conditions de circonstances précises, et compte tenu de toutes les informations dont ce dernier dispose.

III.2.1.1. Caractéristiques des probabilités subjectives :

- Les probabilités subjectives sont basées sur un jugement individuel, il n'est pas du tout évident, ni surtout nécessaire que deux personnes attribuent la même probabilité à un même événement: il est normal, et même inévitable dans les applications qui en seront faites, que deux sujets, ayant eu des expériences et des informations distinctes, envisagent différemment l'avenir, et dès lors attribuent des coefficients de vraisemblance distincts à cet événement.
- La probabilité subjective est généralement une estimation établie à la fin des analyses, et est destinée à représenter la probabilité de comment plusieurs paramètres incertains vont en réalité arriver à produire la rentabilité fixée.

Opinions personnelles, émotions et expériences influencent les jugements subjectives.

III.2.1.2. Limites de la méthode :

- Un point reste toutefois à éviter dans la reconnaissance de la probabilité subjective comme un des outils de la prise de décision: il s'agit pour le centre de décision, de ne pas accorder un statut démesuré, du fait d'une confusion l'amenant à considérer que c'est la seule source de son jugement.

Il est bien clair que cette probabilité n'est que l'expression d'une opinion préconçue et non pas d'une fréquence expérimentale, c'est à dire que la probabilité subjective est l'expression du degré de notre ignorance vis-à-vis d'un événement futur et incertain, et que cette expression numérique d'une opinion a priori est davantage un point de départ de la préparation à la prise de décision qu'un point d'aboutissement, elle aide simplement à faire le point de notre degré d'information supplémentaire avant d'agir.

- Une autre objection fréquemment rencontrée est la crainte d'un subjectivisme excessif conduisant à des évaluations qui seraient tellement relatives au sujet que l'on risquerait de ne pouvoir s'accorder d'un individu à un autre.

III.2.2. L'analyse de sensibilité :

Lors de la construction de modèles d'évaluation déterministes, on suppose que tous les paramètres intrants sont connus. Si les valeurs utilisées dans le modèle constituent les meilleur choix pour les paramètres incertains et les décisions correspondantes, elles serviront à définir le cas de base.

Le cas de base est souvent utilisé en pratique. Toutefois, la probabilité est évidemment extrêmement faible pour que ce cas de base représente la réalisation réelle du projet.

Une des possibilités de prise en compte de l'incertitude au niveau des paramètres est l'analyse de sensibilité.

III.2.2.1. Les étapes de l'analyse de sensibilité :

L'analyse de sensibilité est réalisée selon les étapes suivantes:

- **Identification des divers facteurs de risque :**

Il s'agit de déterminer les paramètres qui sont des réalisations d'événements incertains.

- **Estimation de l'étendue des 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 indicateurs 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.

III.2.2.2. Limites de la méthode:

Bien que l'analyse de sensibilité soit très utilisée en pratique à cause de sa facilité d'interprétation et des possibilités de représentations graphiques, et aussi à cause de son aide à déterminer l'étendue probable ou possible des résultats pour les indicateurs économiques d'intérêt. On compte cependant, au nombre de ses désavantages le fait qu'elle ne considère que des variations indépendantes des paramètres et qu'elle ne tient compte ni de leurs probabilités de réalisation, ni des corrélations existant entre leurs différentes valeurs.

III.2.3. La simulation de MONTE-CARLO: [MIL 99][HUS 88][SAP 90]

III.2.3.1. Définition:

Nous appelons simulation une technique qui consiste à reproduire (sur ordinateur) le fonctionnement d'un système complexe de manière à pouvoir effectuer des mesures sur le modèle constitué.

La simulation utilisée dans les analyses du risque dans les décisions d'incertitude est une approche qui a été proposée pour les décisions d'affaires générales en 1964. Aujourd'hui elle est très utilisée et en particulier par presque toutes les industries pétrolières.

Le terme « méthode de MONTE-CARLO » introduit par JOHN VON NEUMANN et ULAM se trouve généralement utilisé concurremment avec celui de simulation. Les simulations de MONTE-CARLO sont des techniques dans lesquelles on fait

intervenir l'aléatoire pour calculer des quantités non aléatoires comme des coûts ou des volumes.

La simulation de MONTE-CARLO est un outil privilégié pour l'évaluation du risque, surtout dans les modèles très complexes comprenant plusieurs aléas, où des relations analytiques entre paramètres et variables aléatoires sont difficiles, voir impossible à construire. En outre, elle fournit une solution aux désavantages de l'analyse de sensibilité en permettant les variations simultanées de tous les paramètres et en utilisant le concept de variable aléatoire et de distribution de probabilité associée.

Le concept de la simulation de MONTE-CARLO conduit l'analyste à décrire le risque et l'incertitude sous formes de distributions des valeurs possibles que les paramètres incertains peuvent avoir.

Ces distributions sont ensuite combinées pour produire une distribution des niveaux possibles de rentabilité que l'on peut attendre d'un projet éventuel.

L'objectif de la simulation est donc de déterminer la distribution de l'indicateur économique qui mesure la rentabilité d'un projet donné.

Ce schéma montre le fonctionnement du modèle déterministe et du modèle probabiliste:

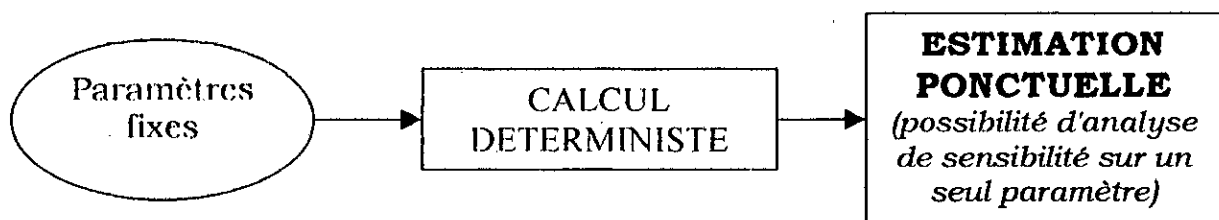


Fig. III.1. Modèle déterministe.

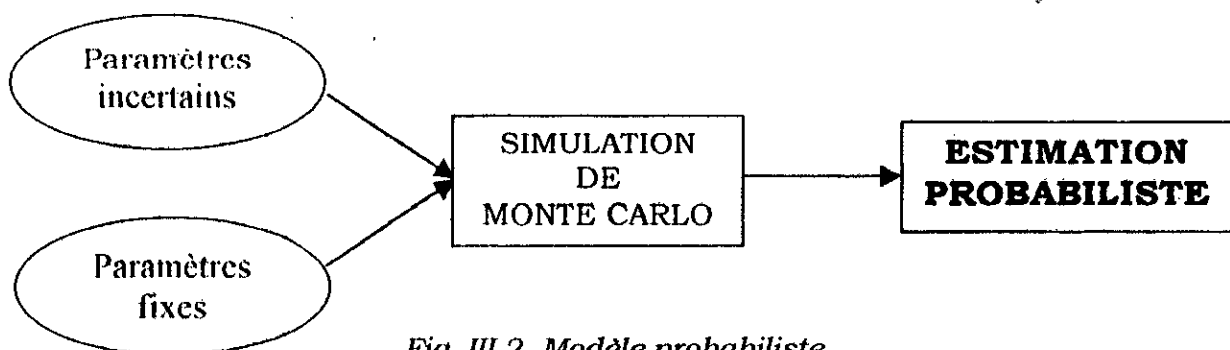


Fig. III.2. Modèle probabiliste.

III.2.3.2. Le mécanisme de la simulation de MONTE-CARLO : [BEN 96]

- **Etape 1** : Définir les variables ;

Nous choisissons les variables dont les variations ont le plus d'impact sur l'objectif (rentabilité), nous devons aussi spécifier l'indicateur économique utilisé qui mesure la rentabilité. Généralement la valeur actuelle nette est l'indicateur le plus utilisé, cela dit nous sommes libres de choisir n'importe quel autre indicateur économique (taux de rentabilité interne, délai de récupération ...).

- **Etape 2** : Définir le modèle d'analyse ;

Il s'agit de définir la relation qui lie toutes les variables entre elles, la relation dont on parle ici est le modèle de calcul du critère de rentabilité ou le système que nous essayons d'analyser.

- **Etape 3** : Séparer les variables ;

Dans cette étape nous devons rassembler les variables qui influent sur notre objectif en deux groupes: Un groupe dont les valeurs sont connues avec certitude (redevance et impôts ...), et un autre groupe dont les valeurs sont inconnues (ou variables aléatoires pour qui les valeurs exactes ne peuvent être spécifiées au moment de la prise de décision).

- **Etape 4**: Définir les distributions des variables aléatoires inconnues ;

C'est une étape où le jugement et l'expertise professionnelle jouent un grand rôle. Pour estimer les distributions de chacun des paramètres incertains, il faut savoir qu'une distribution peut avoir n'importe quelle forme, qu'elle peut être discrète ou continue.

Ces distributions peuvent parfois être estimées à partir de données statistiques ou histogrammes (probabilités objectives) et dans certains cas, la distribution de probabilité pourra même être analytique (probabilités subjectives) en utilisant des estimations d'intervalles probables de variations ou d'autres caractéristiques (moyenne, variance).

- **Etape 5**: Simuler le fonctionnement du projet ;

Et cela, en choisissant au hasard une valeur aux différentes variables, en respectant les lois de probabilité les concernant, nous obtiendrons alors autant de résultats que de simulations réalisées.

Cette phase nécessite l'utilisation d'un ordinateur qui pourra effectuer un millier d'itérations.

Le résultat obtenu sera par exemple des classes de valeur actuelle nette dont nous pourrons associer une probabilité de réalisation, ceci nous permet de calculer un résultat moyen, un écart type et éventuellement une valeur modale (la VAN la plus probable).

Ces résultats permettent d'associer rentabilité et risque par l'intermédiaire de la notion de probabilité associée à chaque niveau de résultat, c'est le profit de risque du projet.

Le schéma ci-dessous montre clairement le fonctionnement de la simulation de MONTE-CARLO:

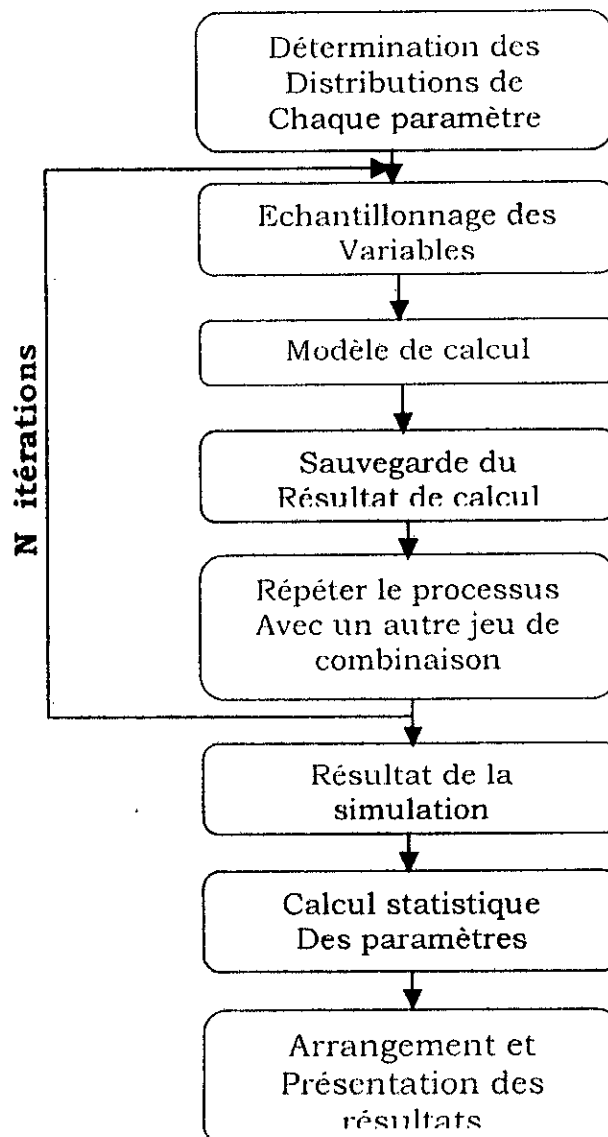


Fig. III.3. Fonctionnement de la simulation de MONTE-CARLO

III.2.3.3. Les avantages de la simulation de MONTE-CARLO:

La simulation de MONTE-CARLO a l'avantage indéniable de donner une réponse à des problèmes dont la solution est inaccessible par d'autres méthodes. Grâce à l'information très complète qu'elle fournit au niveau de la présentation du risque, ainsi au niveau de la prise de décision, elle permet de prendre directement en compte l'attitude face au risque et l'importance des enjeux. C'est donc un excellent outil pédagogique dans le domaine de l'analyse de décision.

De plus, une analyse détaillée des résultats d'une simulation de MONTE-CARLO peut permettre de dégager les variables qui jouent un rôle important et de déceler leur relations mutuelles.

III.2.3.4. Les limites de la simulation de MONTE-CARLO:

Les principales limites de cette méthode concernent essentiellement:

- a) La difficulté à vérifier l'indépendance des variables aléatoires sujettes à la simulation.

En effet, si dans bien des cas pratique cette hypothèse d'indépendance est réaliste, elle pourrait parfois ne pas être vérifiée, remettant en cause les résultats de la simulation.

Sur le plan théorique, une solution serait de construire la distribution conjointe des variables dépendantes, ce qui, en pratique n'est pas toujours aisé.

- b) L'interprétation des résultats qui peut être différente en fonction des lecteurs.

En effet, selon qu'un décideur a une préférence ou une aversion au risque, la décision sur le terrain sera différente pour une même simulation.

En théorie, et dans certains cas pratique, on pourrait compléter la simulation de MONTE-CARLO en lui adjoignant un processus de simulation du décideur, la théorie de l'utilité et notamment la construction et l'utilisation de la fonction de l'utilité (ou fonction de préférence) nous fournit un tel processus.

Cette fonction est souvent difficile à construire, en pratique car cela exige une grande rationalité du décideur, notamment quand il s'agit de décisions de groupe (comité directeur ou conseil d'administration d'une entreprise).

III.2.4. Les principales lois de probabilité utilisées dans la simulation: [LAU 2000]

III.2.4.1. Lois uniforme:

La loi uniforme est une distribution de probabilité continue décrivant une variable aléatoire dont n'importe quelle valeur numérique a des probabilités égales de se produire à l'intérieur d'une limite supérieure et inférieure. Toutes les valeurs de X entre x_{\min} et x_{\max} ont les mêmes probabilités de se produire.

On donne parfois des synonymes à la distribution uniforme comme : distributions rectangulaire ou encore distribution aléatoire.

• Densité de probabilité:

Une variable aléatoire absolument continue X est dite de distribution uniforme sur l'intervalle $[a, b]$, si sa fonction de distribution uniforme sur cet intervalle. On notera cette loi $U(a,b)$.

On a donc $f(x) = k$ (constante si $x \in [a, b]$;

f étant une densité:

- La constante k doit être positive.
- La valeur de k est déterminée par:

$$\int f(x)dx = 1 = \int kdx \text{ soit } k = 1/(b-a)$$

La fonction de densité uniforme s'écrit alors:

$$f(x) = \begin{cases} 1/b - a & \text{Si } X \in [a, b] \\ 0 & \text{Sinon} \end{cases}$$

Le graphe de cette fonction est par la figure suivante :

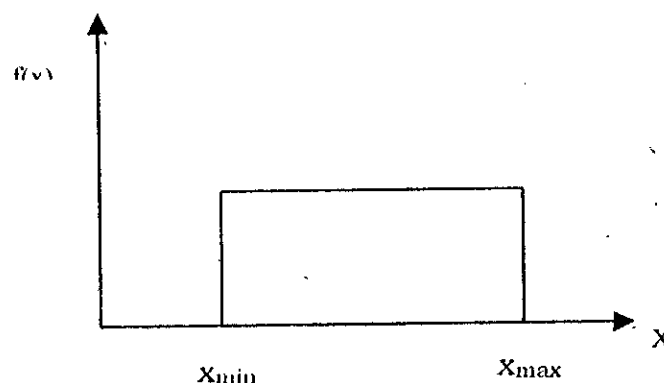


Fig. III.4 : La fonction de la densité de la loi uniforme.

- **la fonction de répartition :**

La fonction de répartition $F(x)$ est donnée par

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq a \\ (x-a)/(b-a) & \text{Si } a \leq x \leq b \\ 1 & \text{Si } x \leq b \end{cases}$$

La fonction de répartition peut être représentée par la figure ci-dessous:

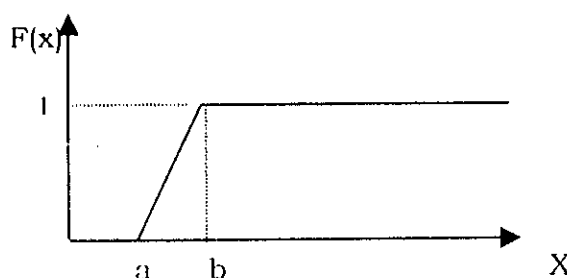


Fig. III.5. La fonction de répartition de la loi uniforme.

- **Paramètres de loi uniforme:**

Moyenne:

$$\mu = \frac{x_{\min} + x_{\max}}{2}$$

Ecart Type:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_{\max} - x_{\min})^2}{12}}$$

III.2.4.2. la loi triangulaire:

La distribution triangulaire est une distribution continue qui a la forme d'un triangle. Le triangle peut être symétrique ou déviant de chaque côté.

La valeur du mode x_2 peut être aussi située au minimum ou au maximum des valeurs de la variable aléatoire.

La loi triangulaire est entièrement définie par la détermination du minimum, mode et maximum valeurs de la variable aléatoire.

• **Densité de probabilité :**

Une variable aléatoire X est dite suivre la loi triangulaire de valeurs minimale, modale et maximale, x_1 , x_2 , et x_3 respectivement, si sa densité de probabilité est de la forme:

$$f(x) = \begin{cases} 2 * (x - x_1) / [(x_3 - x_1) * (x_2 - x_1)] & \text{Si } x_1 \leq x \leq x_2 \\ 2 * (x_3 - x) / [(x_3 - x_1) * (x_3 - x_2)] & \text{Si } x_2 \leq x \leq x_3 \\ 0 & \text{Sinon} \end{cases}$$

Le graphe de cette fonction est donnée par la figure ci dessous :

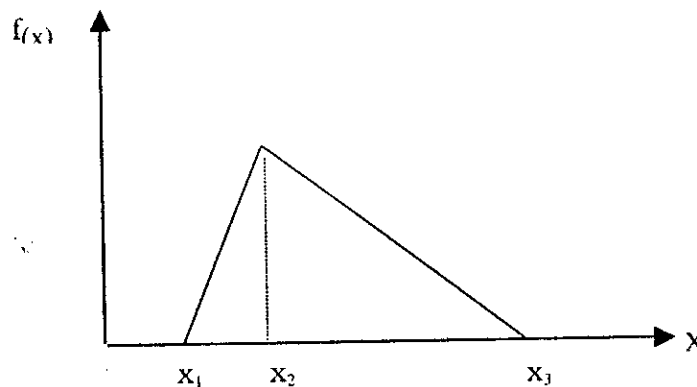


Fig. III.6 : La fonction de densité de la loi triangulaire

x_1 : valeur minimale de X

x_2 : valeur modale de X

x_3 : valeur maximale de X

• **fonction de répartition:**

la fonction de répartition $F(x)$ est:

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq x_1 \\ [(x - x_1) / (x_3 - x_1)]^2 / [(x_2 - x_1) / (x_3 - x_1)] & \text{Si } x_1 \leq x \leq x_2 \\ 1 - \{1 - [(x - x_1) / (x_3 - x_1)]^2\} / [1 - (x_2 - x_1) / (x_3 - x_1)] & \text{Si } x_2 \leq x \leq x_3 \\ 1 & \text{Sinon} \end{cases}$$

La fonction de répartition peut être représentée par la figure suivante:

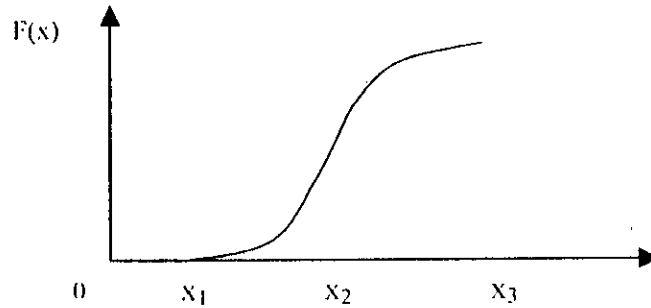


Fig. III.7 : La fonction de répartition de loi triangulaire.

• **Paramètres de la loi triangulaire:**

moyenne:
$$\mu = (x_1+x_2+x_3)/3$$

Ecart type:
$$\sigma = \sqrt{[(x_3 - x_1) * (x_3^2 - x_1x_3 + x_1^2) - x_2x_3(x_3 - x_2) - x_1x_2(x_2 - x_1)]/18(x_3 - x_1)}$$

mode: x_2

III.2.4.3. loi trapézoïdale:

• **Densité de probabilité:**

Une variable aléatoire est dite suivre la loi "trapézoïdale" de paramètre x_1, x_2, x_3, x_4 , avec: $x_1 \leq x_2 \leq x_3 \leq x_4$, si sa densité de probabilité est de la forme:

$$f(x) = \begin{cases} 2[x - x_1] / [(x_2 - x_1)(x_4 + x_3 - x_2 - x_1)] & \text{Si } x_1 \leq x \leq x_2 \\ 2 / (x_4 + x_3 - x_2 - x_1) & \text{Si } x_2 \leq x \leq x_3 \\ 2(x_4 - x) / [(x_4 + x_3 - x_2 - x_1)(x_4 - x_3)] & \text{Si } x_3 \leq x \leq x_4 \\ 0 & \text{Sinon} \end{cases}$$

le graphe de cette fonction est donné par la figure suivante:

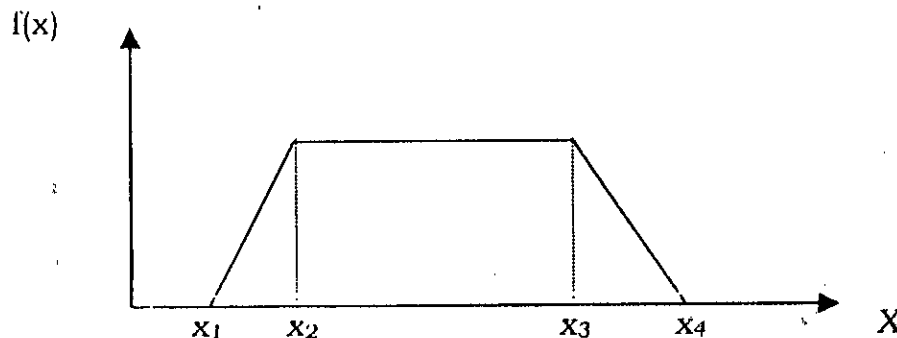


Fig. III.8. La fonction de densité de la loi trapézoïdale

x_1 : valeur minimale de X

$[x_2, x_3]$: intervalle modal

x_4 : valeur maximale de X.

• **Fonction de répartition:**

La fonction de répartition F(x) est donnée par :

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq x_1 \\ (x - x_1)^2 / [(x_4 + x_3 - x_2 - x_1)(x_2 - x_1)] & \text{Si } x_1 \leq x \leq x_2 \\ 2x / (x_4 + x_3 - x_2 - x_1) - (x_1 + x_2) / (x_4 + x_3 - x_2 - x_1) & \text{Si } x_2 \leq x \leq x_3 \\ 1 - (x - x_4)^2 / [(x_4 - x_3)(x_4 + x_3 - x_2 - x_1)] & \text{Si } x_3 \leq x \leq x_4 \\ 1 & \text{Sinon} \end{cases}$$

représentation graphique de la fonction de répartition:

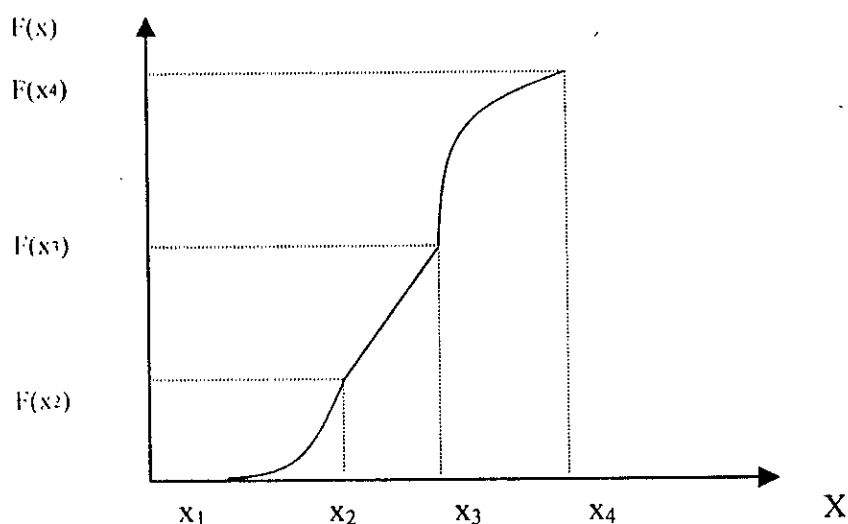


Fig. III.9. La fonction de répartition de la loi trapézoïdale

• **Paramètre de la loi :**

Moyenne: $\mu = 1/3 * [(x_4 + x_3 + x_2 + x_1) + (x_1 x_2 - x_3 x_4) / (x_4 + x_3 - x_2 - x_1)]$

Variance: $\sigma^2 = \text{Var} [X]$

$$\sigma^2 = 1 / [(x_4 + x_3 - x_2 - x_1)^2 [1/6 * (x_4 + x_3 - x_2 - x_1) * (x_4^3 + x_3 x_4^2 + x_4 x_3^2 - x_2^3 - x_1 x_2^2 - x_1 x_2) - 1/9 * (x_4^2 + x_3^2 - x_2^2 - x_1^2 + x_3 x_4 + x_1 + x_1 x_2)^2]$$

Ecart Type : $\sigma = \sqrt{\text{Var}[X]}$.

Intervalle Modul: $[x_2, x_3]$.

III.2.4.4. Loi normale:

La distribution normale est l'une des distributions les plus utilisées en statistiques et en probabilité, c'est une loi continue ayant une forme symétrique semblable à une cloche.

- **Densité de probabilité:**

Une variable aléatoire X est dite suivre une loi normale $N(\mu, \sigma)$ si sa densité est:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2}(X - \mu)^2\right]$$

sa courbe est de la forme suivante:

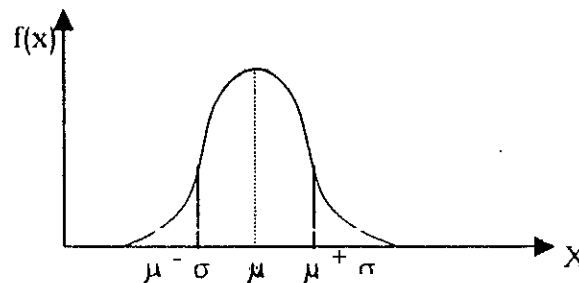


Fig. III.10. La fonction de densité de la loi normale

- **Paramètre de la loi normale:**

Moyenne : μ

Ecart Type : σ

- **Loi normale centrée réduite :**

Une variable aléatoire absolument continue x suit une loi normale centrée réduite si sa fonction de densité f s'écrit:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-x^2/2) \quad x \in \mathbb{R}$$

On la notera $N(0, 1)$.

Les valeurs de $\phi(x)$ fonction de répartition de cette loi sont obtenues par approximation.

Une table nous donne des valeurs de cette fonction $\phi(x)$ en fonction des valeurs de x .

La deuxième partie

CHAPITRE IV :

L'ETUDE FAISABILITE DU PROJET

IV.1. Présentation du projet :

IV.1.1. Le promoteur :

L'Entreprise des Ciments et dérivés Centre est une société par action érigée en EPE (Entreprise Publique et Economique) le 20 février 1989 par transformation de son statut juridique.

Le siège de l'entreprise est situé à Maftah, Daira de l'Arba de la Wilaya de Blida.

L'ERCC a pour activité principale la production, la distribution et le développement du secteur des liants hydraulique et des produits dérivés.

Les principaux produits fabriqués par les unités sont :

- Les ciments (CPA 325 et CM 250).
- Les produits en amiante-ciment.
- Le plâtre.
- Le gypse.

Les principaux produits commercialisés sont:

- Les ciments gris ;
- Le ciment blanc ;
- Les ciments spéciaux (HTS et autres) ;
- Les produits en amiante-ciment et leurs accessoires (tuyaux, plaque, moulage..);
- Le plâtre à bâtir, le plâtre de moulage et plâtre dentaire.

Le potentiel de production est présenté dans le tableaux :

Unités	Capacités Nominales	Année de mise en service	Production réalisée (Tonne)	
			1991	1992
Cimenteries:				
• Rais Hamidou	400 000	Nationalisation (1975)	307 142	341 938
• Meftah	1 000 000	Nationalisation (1975)	542 041	538 472
• Sor El Ghozlane	1 000 000	1984	769 273	953 144
Total	2 400 000		1 618 456	1 833 554
Amiante-ciment:				
• Meftah	50 000	Nationalisation (1975)	39 833	37 960
• C.B. Haddad	38 000	Nationalisation (1975)	33 560	27 142
Plâtre:				
• Ghardaïa	20 000	Nationalisation (1975)	30 397	27 142

Tableau.IV.1 : Présentation du potentiel de production.

IV.1.2. Le projet :

Il s'agit d'un projet d'implantation d'une nouvelle usine pour la production des ciments, avec une capacité de 1 000 000 tonnes/an.

IV.2. L'étude de marché :

IV.2.1. Définition du produit :

Le ciment est fabriqué essentiellement à base de calcaire et d'argile dont le mélange doit respecter une composition chimique, physico-mécanique et minéralogique bien définie par des normes techniques très contraignantes.

Le ciment a pour rôle de lier d'autres matériaux entre eux afin de former des formes techniques très contraignantes.

IV.2.2. Types de ciments :

On peut ranger les ciments dans deux grandes classes:

- *Les ciments PORTLAND artificiels comprennent:*

- Le ciment PORTLAND ordinaire.
- Le ciment à faible chaleur d'hydratation.
- Le ciment à durcissement rapide (pour la préfabrication, la décoffrage rapide).
- Le ciment à très faible chaleur d'hydratation (barrages et régions arides).
- Les ciments spéciaux (ciment blanc, ciment pour puits de pétrole etc..).

- *Les ciments autres que PORTLAND comprennent:*

- Le ciment alumineux ou ciment fondu fabriqué à très haute température à partir de calcaire et de bauxite. Il est à durcissement très rapide et des propriétés réfractaires (construction de fours).
- Le ciment métallurgique ou ciment de laitier cotonnant jusqu'à 80% de laitier de haut fourneau (barrages).

IV.2.3. Intervenants :

Le secteur du ciment comprend quatre grandes entreprises équitablement réparties sur le territoire national : ERC Est, ERC Centre, ERC Ouest et ECDE Chlef.

Onze Unités sont en fonctionnement pour une capacité de fonctionnement installée de 12 200 000 tonnes/an. Cependant la production effective n'était en moyenne de 6 960 000 t/an en 1992.

En plus de ces quatre entreprises, des autres entreprises importent plusieurs types de ciments en particulier le ciment blanc.

IV.2.3. La structure :

IV.2.3.1. L'offre :

Les évolutions de production nationale et des importations de ciments sont données comme suit :

Année	Production nationale (10 ³ t)	Importations (10 ³ t)	offre total (10 ³)
1990	5540	3250	8790
1991	5536	3201	8737
1992	6098	2350	8448
1993	6453	2318	8771
1994	7542	1121	8663
1995	7205	891	8096
1996	6776	2156	8932
1997	6337	2267	8604
1998	6319	1690	8009
1999	6961	1593	8554

Tableau..IV.2 : L'offre de ciments

IV.2.3.2. La demande :

L'évolution de la demande nationale des ciments est représentée comme suit :

Année	Ciments gris (10 ³ t)	Ciments spéciaux (10 ³ t)	Total (10 ³ t)
1990	8138	81	8219
1991	8616	81	8697
1992	8364	82	8446
1993	8850	83	8933
1994	8675	61	8736
1995	7955	97	8052
1996	8841	91	8932
1997	8524	79	8603
1998	8512	76	8588
1999	8713	83	8796

Tableau..IV.3 : Demande de ciments.

Ciments gris : CPA325, CM 250 et CRS.

Ciments spéciaux : Blanc, alumineux, prompt.

IV.2.3.3. La demande prévisionnelle :

La demande prévisionnelle va connaître une évolution dans les années suivantes, celle-ci repose notamment sur les impact requis pour le programme national de construction dont les principaux résultats sont :

- Réduction de taux d'occupation du logement à l'horizon 2005.
- Programme de livraison de 110 000 logements par an sur les 5 années suivantes.
- L'évolution des besoins en équipement d'accompagnement, du renouvellement, de la rénovation et de l'entretien du parc. (le taux de renouvellement retenu est de 2%)
- Evolution des autres besoins : Hydrauliques, Travaux publics, ouvrages industriels.

Après les prévisions, la demande va atteindre dès l'année 1999 les quantité suivantes :

Année	Quantité demandé (10 ³ t)
2000	8225
2001	8600
2002	8900
2003	8950
2004	9100
2005	9500
2006	10550
2007	11150
2008	11200

Tableau IV.4 : La demande prévisionnelle.

Vu l'évolution de la demandes prévisionnelles, il ressort de ce qu'il y a lieu durant la période 1999/2008 de réaliser les capacité suivante :

- Nord : 2 500 000 tonnes/an.
- Sud et Hauts plateaux : 1 500 000 tonnes/an.

Mais avec la prise en considération de retard dans la réalisation des investissements de valorisation et programmes d'habitat, nécessite donc d'installer qu'une capacité de 1 000 000 tonnes/an dans la région des Hauts Plateaux. Cette capacité va combler 75% des déficits prévisionnels des Hauts plateaux et 25% des déficits prévisionnels de la région centre.

IV.2.3.4. Les prix des ventes :1. *Ciment gris :*

- Vrac : 2 600 DA/tonne.
- Sac : 2 800 DA/tonne.

2. *Amiante- ciment :*

- Plaques : 5 700 DA/tonne.
- Tuyaux : 8 870 DA/tonne.
- Moulage : 14 700 DA/tonne.

3. *Plâtre :*

- A bâtir : 1 150 DA/tonne.
- Moulage : 1 060 DA/tonne.

IV.2. L'étude technique du projet :**IV.2.1. Description du processus de fabrication du ciment:**

Le procédé technologique de fabrication du ciment comporte plusieurs phases successives étroitement liées les unes aux autres. Ainsi on peut distinguer six opérations principales:

1. Extraction des matières premières
2. Préparation des matières premières et des ajouts correcteurs
3. Préparation du cru
4. Cuisson du mélange cru pour l'obtention du clinker
5. Broyage du clinker avec ajout de gypse
6. Ensachage et expédition du ciment

Chacune de ces phases joue un rôle important sur les caractéristiques du produit fini tant sur le plan qualitatif que quantitatif

En outre il est à souligner qu'il existe plusieurs types de ciment normalisé, du ciment PORTLAND ordinaire jusqu'aux ciments spéciaux. Ceux-ci dépendent de plusieurs facteurs tels que la qualité des matières premières, la recette utilisée pour le mélange cru et la technologie de fabrication retenue.

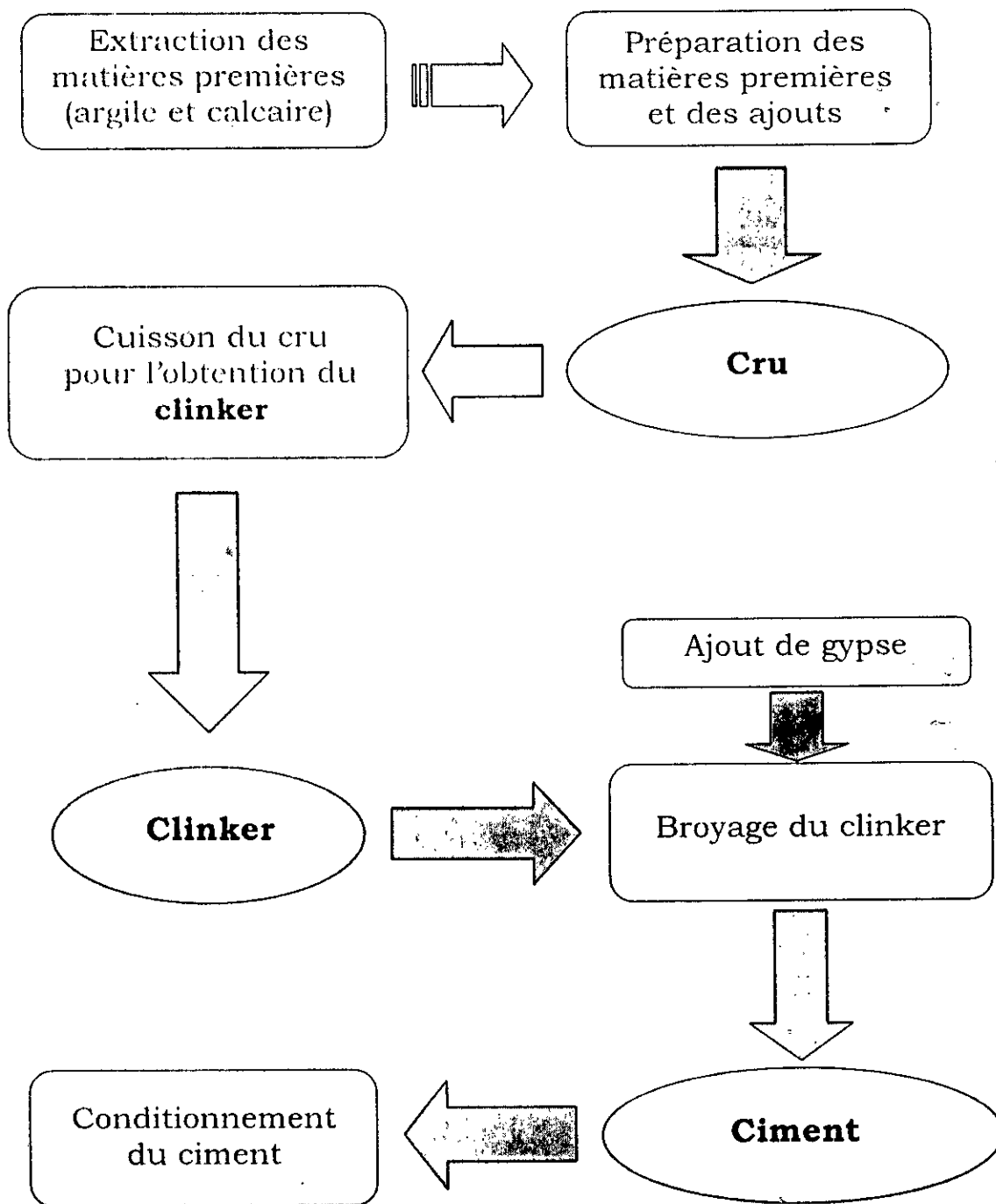


Fig. IV.1 : Schéma de fabrication du ciment.

IV.2.2. Exigences et besoins à satisfaire :

L'implantation d'une cimenterie est étroitement liée à l'existence des matières premières fondamentales que sont le calcaire et l'argile, en plus des infrastructures annexes essentielles que sont l'énergie électrique, le combustible (gaz naturel), l'eau et les voies de communication.

IV.2.2.1. Matières premières:

(Unité: tonne)

Matière première	Consommations (tonne/jour)	Réserve
Calcaire	4500	60 000 000
Argile	500	8 000 000

Tableau. IV.5 Matières premières

A ces matières de base s'additionnent des ajouts tels que le minerai de fer, le gypse, le tuf, la pouzzolane, ...

IV.2.2.2. Autres consommations:

(Unité: DA)

Désignation	Consommation/tonne	Prix unitaire	Montant/t
Electricité	100 kWh	2,76 DA/KWh	276
Gaz naturel	100 m ³	1,2 DA/m ³	120
Eau	0,35 m ³	26 DA/m ³	9,1
Fuel	2 litres	10 DA/litre	20
Total	-----	-----	425,1

Tableau.IV.6: montant des consommations

IV.2.2.3. 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 ce cas, la capacité théorique des équipements que l'entreprise va installer est de 1 000 000 tonnes/ans, soit environ de 115 t/heure.

IV.2.2.4. Volume horaire de fonctionnement:

• *Carrières et stations de concassage:* En général on adopte un poste de 8h/jour et 5 jours/semaine, d'où un nombre total d'heure de 2000 h/an.

• *Ligne de fabrication:* La ligne de fabrication doit fonctionner de manière continue, donc on adopte 3 postes/jour de 8heures chacun et 7 jours/7jours, où un nombre de heure total par an de 8736 heure/an.

• *Expédition:* 1 poste de 8 heure/jour.

Unité	Postes/jour	Heures/poste	Jours/semaine	Total (h/an)
Carrière et station de concassage	1	8	5	2000
Ligne de fabrication	3	8	7	8736
Expédition	1 ou 2	Entre 8 et 16	5	Entre 2000 et 4000

Tableau. IV.7: Volume d'horaire de fonctionnement.

IV.2.2.6. L'effectif de l'usine:

Pour assurer le fonctionnement de l'usine de manière continue et la maintenance des équipements, il est nécessaire d'avoir un personnel hautement qualifié en plus de la main-d'œuvre et autres employés.

Catégorie	Nombre
Cadres et Maîtrises	200
Exécution	350
Effectif auxiliaire	100
Total	650

Tableau.IV.8 : Le personnel.

IV.3. L'étude financière du projet :

IV.2.1. Le coût de l'investissement :

Le coût de l'investissement a été estimé à une valeur de 12 775 million de Dinars. Les principales composantes de l'investissement sont « équipements et matériels » et « Génie civil et Bâtiment » qui représentent environ de 52% du coût total de l'investissement comme le démontre la figure suivante :

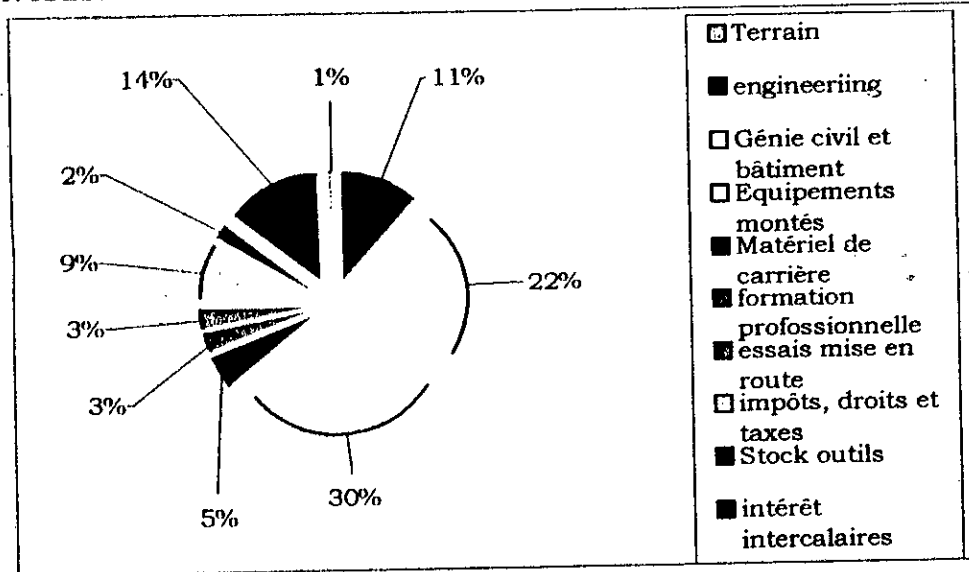


Fig.IV.2 : Coût de l'investissement.

IV.2.2. Mode de financement du projet :

Le projet sera financier à 20% par des subventions et 80% par emprunt dont 59% en devise avec un taux d'intérêt pondéré égal à 9.85%. Les montants sont comme suit :

Désignation	Montant (MDA)
Subventions	2 500
crédit en dinar	2 728,72
crédit en devise	7 546,55
Total	12 775,27

Tableau.IV.9 : Mode de financement.

Illustration graphique :

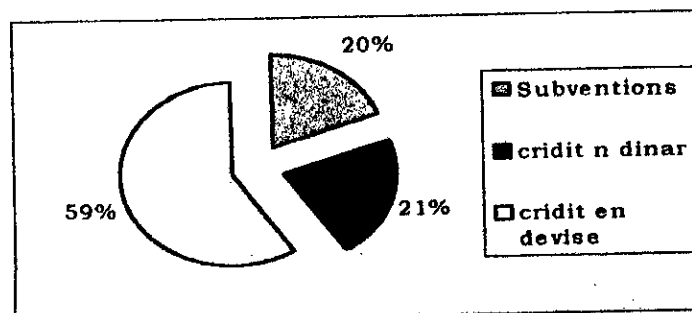


Fig.IV.3 : Mode de financement.

IV.2.3. Le coût de production :

Les coûts de production sont données pour les quinze années d'exploitation comme suit :

Année	Coût de fabrication(MDA)
1999	3108,6
2000	3054,7
2001	3006,7
2002	2895
2003	2869,1
2004	1956,7
2005	1988
2006	1997,7
2007	2061,3
2008	2072,8
2009	2026,2
2010	1975
2011	2088,6
2012	2260,7
2013	2455

Tableau.IV10 : Evaluation du coût de fabrication.

IV.2.4. Calcul des indicateurs économiques :

IV.2.3.1. Hypothèses :

- La cadence de production atteint la capacité théorique.
- Toute la production sera vendue.
- La durée de vie du projet est de 15 ans.

IV.2.3.2. Représentation des résultats :

- Le résultat brut d'exploitation :

$$\text{R.B.E} = \text{Chiffre d'affaires} - \text{Charges de l'entreprise.}$$

- Impôt sur les bénéfices de la société :

$$\text{IBS} = \text{R.B.E} * 38\%$$

- Revenu net :

$$\text{Revenu net} = \text{R.B.E} - \text{IBS}$$

- Cash flow :

$$\text{Cash flow} = \text{Revenu net} + \text{Amortissement}$$

Tous ces éléments sont repris dans l'échéancier du compte d'exploitation prévisionnel.

- Le taux d'actualisation : Le taux d'actualisation est de 14%.

Taux d'actualisation = Taux d'intérêt pondéré + prime de risque d'inflation = 14%

Donc le projet est protégé contre l'inflation.

En appliquant les formules données dans le deuxième chapitre sur les données du compte d'exploitation prévisionnel, nous aboutissons les résultats suivants :

- VAN= 336,09 Millions Dinars ;
- TRI= 14,52% ;
- La durée de récupération (DR) du capital investi : DR=5.3 ans.

D'après les résultats , la VAN est positive, le TRI est supérieur au taux d'intérêt pondéré (9.85%) et la durée de récupération est acceptable donc le projet est rentable.

(Unité : MDA.)

Année	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Ventes totales		2482	2731	3004	3304	3634	3998	4398	4837	5321	5853	6439	7083	7791	8570	9427
Matières premières I		711	728	738	821	928	489	894	1822	1232	1422	2591	1853	2397	2341	2608
Autres mat premières		166	181	198	218	239	262	289	318	350	386	426	470	520	575	637
Services		140	157	176	197	220	247	276	309	347	388	435	487	545	611	684
Main d'œuvre directe		140	142	145	148	136	138	140	142	145	148	151	155	159	164	169
Pièces détachées		100	116	136	158	184	215	251	293	343	401	470	550	645	757	888
Amortissement		1518	1518	1518	1518	1518	595	595	583	573	519	393	246	246	246	246
Frais Financiers		1048	940	832	654	581	483	423	363	303	244	184	124	64	43	21
Résultat brut		-26	251	427	621	833	2530	2493	1981	3024	3376	2869	4342	4444	5209	5720
IBS		0	0	0	0	0	961	947	753	1149	1283	1090	1650	1689	1979	2174
Résultat net		-26	251	427	621	833	1568	1546	1228	1875	2093	1779	2692	2755	3230	3547
Cash flow net	-12775	1492	1768	1945	2138	2351	2163	2140	1811	2449	2612	2172	2938	3001	3475	3792
Cash flow cumulé	-12775	-11284	-9516	-7571	-5432	-3082	-918	1222	3033	5482	8094	10266	13203	16204	19680	23472

Tableau. IV.11 : Compte d'exploitation prévisionnel.

CHAPITRE V :

**Analyse de sensibilité et
simulation par la méthode de
MONTE-CARLO.**

V.1. Analyse des charges :

Les valeurs moyennes des charges sur toute la durée de vie du projet, sont représentées dans le tableau suivant :

Unité : MDA

Désignation	Coût
Matières premières	18,29
Services	12
Main-d'œuvre directe	12
Entretien et réparations	1
Pièces détachées	10
Frais généraux de fabrication	1
Amortissement	151,75
Frais financiers	104,8

Tableau.V.1 : Structures des charges.

• **Illustration graphique :**

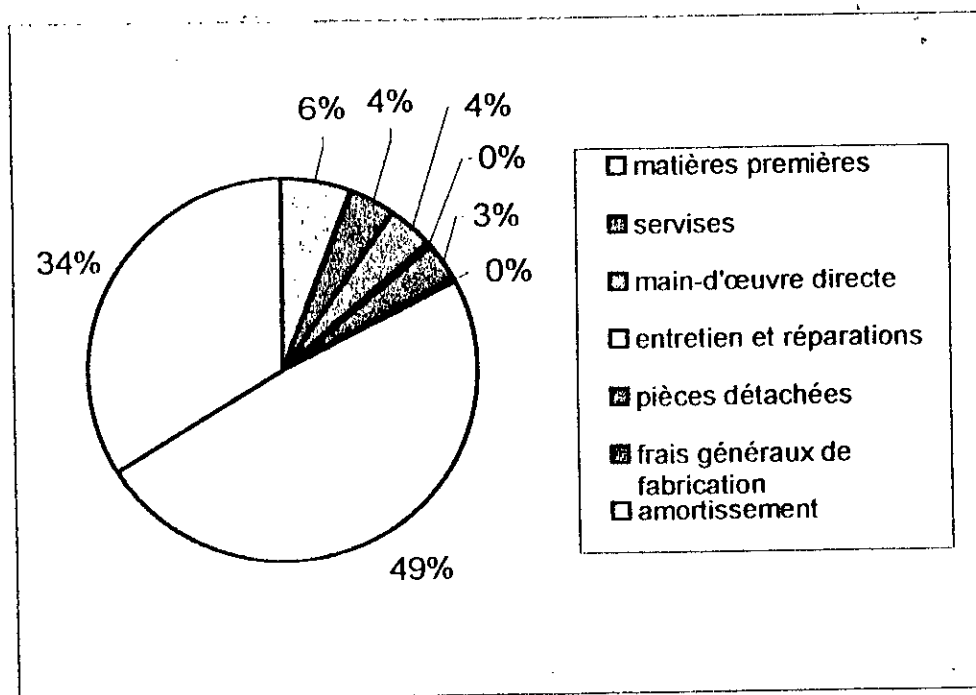


Fig. V.1. Structure des charges.

• **Interprétation des résultats :**

Le graphe montre l'importance des deux éléments : Amortissement et frais financiers par rapport aux autres charges, c'est un projet nécessitant plus d'équipements que de la main d'œuvre. Cependant l'achat de tels équipements est assez coûteux et traduit des frais financiers élevés.

V.2. Analyse de sensibilité :

• Hypothèses :

1. Toute la production supposée vendue.
2. La capacité pratique égale à la capacité théorique.
3. Le taux d'imposition (38%) est supposé certain (l'effet d'impôts est nul).
4. Nous supposons que le projet a une protection contre l'inflation

Taux d'actualisation = taux d'intérêt pondéré + une prime contre l'inflation.

Cette prime contre l'inflation est de 4.15%.

V.2.1. Sensibilité sur les ventes:

La quantité de 1000000 tonne/an adoptée par l'ERCC n'est qu'un résultat d'estimation de la part du marché. Si on prend en considération les retards dans la réalisation des programmes d'habitat et des investissements de valorisation, ils risquent de générer une difficulté de l'écoulement de toute la quantité produite, ce qui suppose que les résultats auxquels on est arrivé ne sont pas fiables, ils sont surestimés (ou sous-estimés).

Pour voir la sensibilité du projet aux variations des ventes, nous avons fait une simulation de ces derniers :

Variation des ventes	DR(an)	VAN(MDA)	Effet sur la VAN(%)	TRI	Effet sur le TRI(%)
-10%	6,76	-1 921,92	-671,85	10,78%	-25%
-5%	5,93	-792,9	-335,92	12,73%	-12%
-2%	5,53	-115,5	-134%	13,82%	-4,8%
-1%	5,4	110,29	-67%	14,17%	-2,4%
0%	5,3	336,09	0%	14,52%	0
1%	5,1	561,89	+67%	14,87%	+2,4%
2%	4,8	787,69	+134%	15,21%	+4,7%
5%	4,2	1 465,10	+335%	16,20%	+11,5%
10%	3,5	2 594,10	+671%,85	17,79%	+22,5%

Tableau. V.2 : La sensibilité sur le volume des ventes.

• Illustration graphique des résultats :

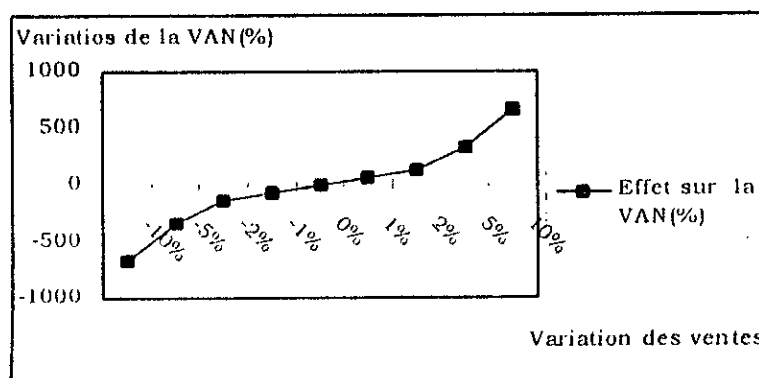


Fig. V.2 Sensibilité sur les ventes.

- **Interprétation des résultats :**

Le projet est très sensible à la variation du volume de vente, une variation de +5% de ventes entraîne de 335% de la VAN, de 11.5% du TRI et une avance de 13 mois de récupération.

Une diminution de 1.5% du volume des ventes rend le projet non rentable (c'est-à-dire une production inférieure à 985 000 t/an).

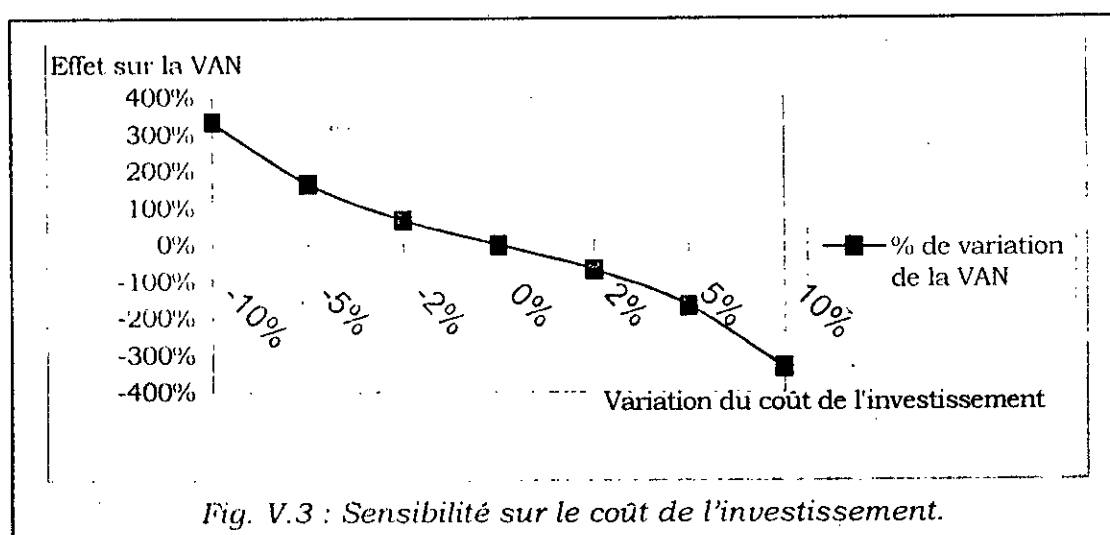
V.2.2. Sensibilité sur le coût de l'investissement:

Le montant de l'investissement peut varier par rapport aux fait que ce n'est qu'une estimation faite (basé sur la méthode des similitudes). Une simulation du coût de l'investissement est faite pour vérifier la rentabilité du projet sur ce dernier:

Variation	Le coût de l'investissement	DR(an)	VAN(MDA)	Effet sur la VAN(%)	TRI	Effet sur TRI(%)
-10%	11497,968	4,76	+1 456,70	+333%	16,45%	+13%
-5%	12136,744	5,02	+896,41	+166%	15,45%	+6%
-2%	12520,0096	5,2	+560,21	+66%	14,88%	+2%
0%	12775,52	5,3	+336,09	0	14,52%	0
+2%	13031,0304	5,39	+111,96	-66%	14,17%	-2%
+5%	13414,296	5,6	-224,22	-166%	13,67%	-6%
+10%	14053,072	5,9	-784,54	-333%	12,87%	-11%

Tableau V.3 : La sensibilité sur le coût de l'investissement.

- **Illustration graphique des résultats :**



• **Interprétation des résultats :**

Si le coût de l'investissement subit une variation de +10%, la VAN va diminuer de 333% et le TRI va passer de 14.5% à 12.8%.

La VAN s'annule pour une augmentation du coût de +4%(511 million de dinar environ).

V.2.4. Sensibilité sur le taux d'intérêts :

Pour réaliser ce projet l'entreprise (ERCC) est subventionnée par un montant représentant 19.5% du capital investi et le reste provient d'un emprunt à 59.07% en devise et 21.5% en Dinar, avec un taux d'intérêt pondéré de 9.85%.

Cependant, le marché financier n'est jamais parfait, vu la période de transaction que connaît le secteur bancaire, des variations peuvent être attendues d'une année à l'autre, comme le démontre le tableau suivant :

Source : Conjoncture

Années	89/90	90/91	91/95	95/99
L'apport des taux	13.5 à 18%	10 à 20%	23%	21%

Tableau.V.4 : Variation du taux d'intérêt.

Une simulation des taux d'intérêt faite, les résultat sont comme suit :

Variation du taux d'intérêt	DR(an)	VAN(MDA)	Effet sur la VAN(%)	TRI	Effet sur le TRI(%)
+30%	5,6	-627,12	-2,87	13,05%	-10%
+20%	5,48	-306,05	-1,91	13,53%	-7%
+10%	5,4	+15,02	-0,96	14,02%	-3%
0%	5,29	+336,09	0,00	14,52%	0%
-10%	5,2	+657,16	+0,96	15,03%	+4%
-20%	5,1	+978,23	+1,91	15,54%	+7%
-30%	5	+1 299,31	+2,87	16,06%	+11%

Tableau.V.5 : Sensibilité sur le taux d'intérêt

- **Illustration graphique des résultats :**

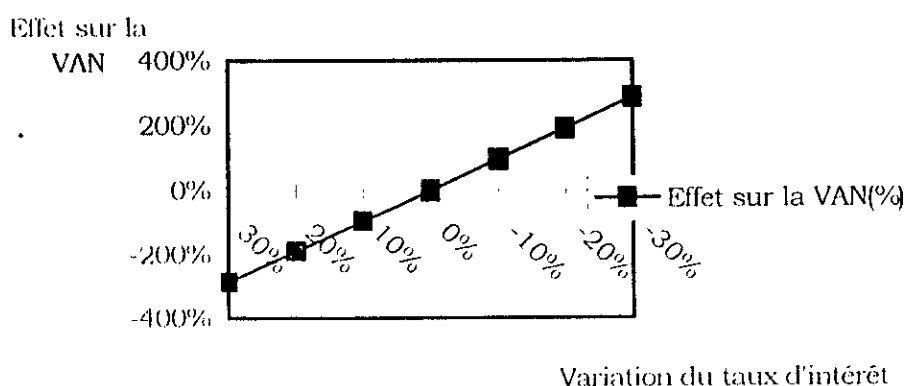


Fig. V.4 : Sensibilité sur le taux d'intérêt.

- **Interprétation des résultats :**

Les différents critères varient inversement avec le taux d'intérêt.

Une diminution de 20% du taux d'intérêt fait que la VAN augmente de presque deux fois ; alors que le TRI est moins sensible pour cette diminution où sa variation est de +7%. Cette augmentation devient plus sensible si une diminution de plus de 30% du taux d'intérêt où la VAN sera triplée.

Une augmentation de 10% du taux d'intérêt garde une VAN positive (15,02 MDA), et de ce fait le projet reste rentable, mais avec une augmentation de plus que 12%, le projet perd sa rentabilité (VAN=-306,7MDA, pour une augmentation de 20%).

V.2.5. Sensibilité sur le taux de change :

La variation du taux de change est très probable dans le contexte économique actuel, surtout une importante partie d'investissement (59.07% du montant total) financée en devise (Dollar Américain). Le taux de change retenu est de 1Dollar=65 DA.

D'autre part 58% du total des charges (en moyenne) est payable en devise, mais pour cette étude qui est relativement longue (15 ans), on peut s'attendre à des fluctuations du taux de change, qui même si elles sont légères peuvent engendrer un risque sur la rentabilité du projet.

Pour voir la sensibilité du projet aux taux de change, nous avons fait une simulation pour ce dernier :

Variation du taux de change	DR(an)	VAN(MDA)	Effet sur la VAN(%)	TRI	Effet sur le TRI(%)
-15%	4,62	+2 002,60	+397%	17,25%	+19%
-10%	4,94	+1 169,34	+247%	15,85%	+09%
-5%	5,15	+669,39	+99%	15,05%	+04%
0%	5,29	+336,09	0,00	14,52%	0
+5%	5,43	+2,79	-99%	14,00%	-04%
+10%	5,66	-497,16	-247%	13,24%	-09%
+15%	5,9	-999,83	-397%	12,48%	-14%

Tableau. V.6 : sensibilité sur le taux de change.

• **Illustration graphique des résultats :**

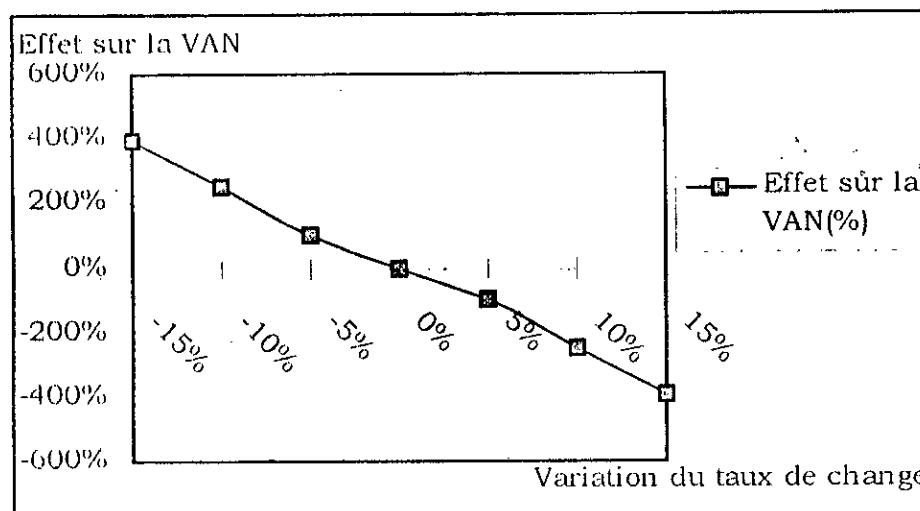


Fig. V.5 : Sensibilité sur le taux de change.

• **Interprétation des résultats :**

Les valeurs des différents critères varient inversement avec le taux de change, le projet est rentable même si ce taux atteint la valeur 69, c'est-à-dire que 1\$ = 69 Dinars. Une diminution de 5% va doubler la VAN.

Au-delà du taux de 69 le projet est à rejeter, vu que la VAN sera négative.

V.3. L'application de la simulation par Monté Carlo :

L'analyse de sensibilité évoqué plus haut, a révélée les éléments pour lesquels le projet est très sensible, notre étude ne peut se limiter à une telle description : Les variables isolées de chaque variable ou les mêmes variables 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 variables simultanées de l'ensemble de variables stratégiques d'une façon aléatoire doivent être envisagées, c'est la vocation de la simulation, et en particulier celle de la méthode de MONTE-CARLO.

V.3.1. Construction du modèle :

Les inputs : Les ventes, le coût de l'investissement, le taux de change et le taux d'intérêt.

Les outputs : La VAN et le TRI.

V.3.2. Hypothèse :

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

V.3.3. Application :

V.3.3.1. Définition des les lois de probabilité des variable d'entrée :

Puisque nous nous disposons pas de données suffisantes pour ajuster les lois des variables aléatoires, la distribution de probabilité que nous allons utiliser est loi triangulaire pour toutes les variables.

Pour utiliser la lois triangulaire, nous sommes amenés à définir trois valeurs possible pour chaque variable. Cette dernière peut être centrée, déclarée à gauche ou déclarée à droite selon la préférence donnée à un intervalle.

Les intervalles retenues pour chaque variable sont les suivants :

1. Les ventes:

Les volume des ventes choisi par l'entreprise a de forte possibilité de ne pas atteindre, et de ce fait, on a choisi pour l'intervalle de variation des valeurs de ce dernier une distribution triangulaire dont les paramètres sont comme suit:

- Une diminution minimale de -10%.
- Une valeur plus probable = 0%.
- Une augmentation maximale de +20%.

Donc pour les variation des ventes on affecte une distribution triangulaire dont la fonction de répartition est :

$$f(x) = \begin{cases} 2 * (x-x_1) / [(x_3-x_1) * (x_2-x_1)] & \text{Si } x_1 \leq x \leq x_2 & x_1 = -0.1 \\ 2 * (x_3-x) / [(x_3-x_1) * (x_3-x_2)] & \text{Si } x_2 \leq x \leq x_3 & x_2 = 0 \\ 0 & \text{Sinon} & x_3 = +.2 \end{cases}$$

La distribution de variation des ventes est donnée par @RISK comme suit :

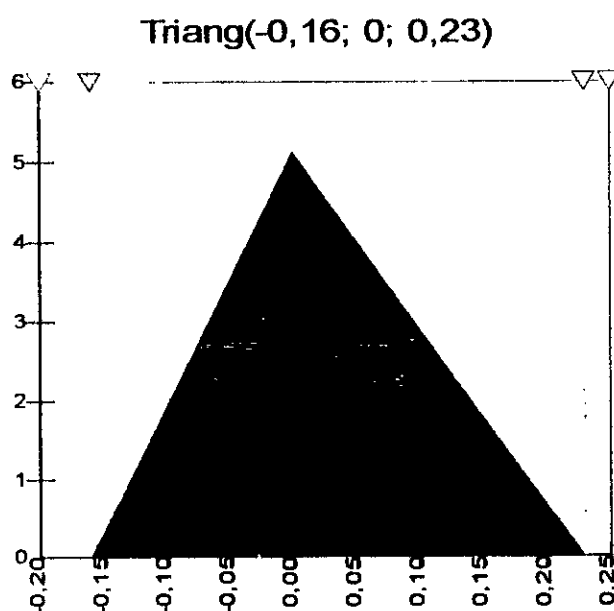


Fig. V.6. Distribution de variation des ventes

2. Le coût de l'in

L'expérience des économiste expert montre que coût d'investissement pourrait varier entre deux valeurs extrêmes :

- Une augmentation maximale de +10%.
- Une diminution maximale = -10%.

Notre investissement initial (12775 millions DA) varie entre 14052,5 millions DA et 11497.5 millions DA.

$Inv_{\min} = 11497.5$ millions de DA.

$Inv_{\max} = 14052.5$ millions de dinar.

La variation de l'investissement est donc une variable aléatoire qui suit une distribution uniforme, sa fonction de densité est :

$$f(x) = \begin{cases} 1/(a+b) & \text{Si } x \in [a,b] \\ 0 & \text{Sinon} \end{cases} \quad \begin{matrix} a = -0,1 \\ b = 0,1 \end{matrix}$$

Cette fonction est représenté comme suit :

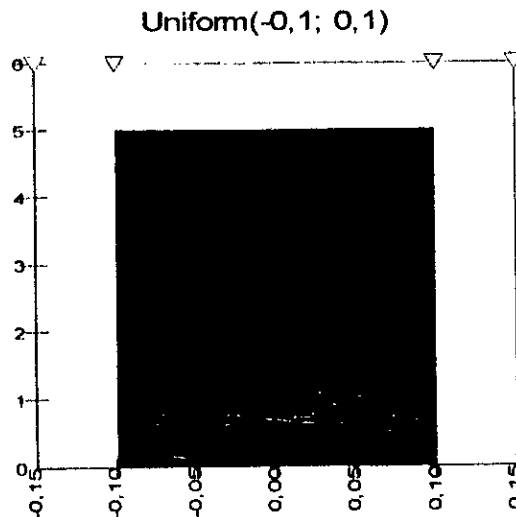


Fig. V.7. Distribution de la variation de l'investissement

3. Le taux de change :

- Un taux de change maximal : 1\$ = 80 DA. (une augmentation maximale de 23%).
- La valeur la plus probable : 1\$ = 65 DA
- Un taux minimal : 1\$ = 55 DA. (une diminution de -16%).

On affecte à la variation du taux de change une distribution triangulaire, la fonction de répartition de cette distribution est :

$$f(x) = \begin{cases} 2 * (x-x_1) / [(x_3-x_1) * (x_2-x_1)] & \text{Si } x_1 \leq x \leq x_2 \\ 2 * (x_3-x) / [(x_3-x_1) * (x_3-x_2)] & \text{Si } x_2 \leq x \leq x_3 \\ 0 & \text{Sinon} \end{cases} \quad \begin{matrix} x_1 = -0.16 \\ x_2 = 0 \\ x_3 = +0.23 \end{matrix}$$

f(x) est représentée par le graphe :

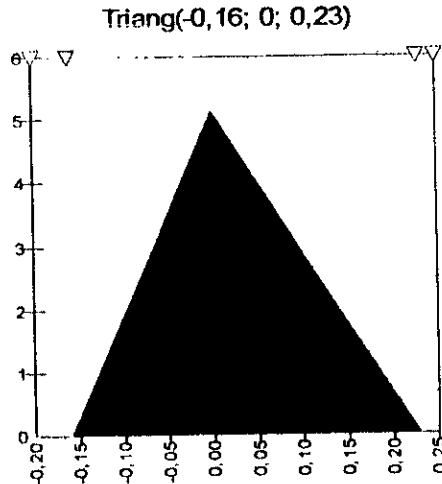


Fig. V.8. La distribution de la variation du taux de change.

4. Le taux d'intérêt :

On affecte au taux d'intérêt ce une distribution triangulaire sachant que:

- Le taux maximal = 13%. (une augmentation de +31%).
- Taux plus probable = 9.85%.
- Le taux minimal = 8%. (une diminution de 18%)

La fonction de densité de ce dernier est la suivante :

$$f(x) = \begin{cases} 2 * (x-x_1) / [(x_3-x_1) * (x_2-x_1)] & \text{Si } x_1 \leq x \leq x_2 \\ 2 * (x_3-x) / [(x_3-x_1) * (x_3-x_2)] & \text{Si } x_2 \leq x \leq x_3 \\ 0 & \text{Sinon} \end{cases} \quad \begin{matrix} x_1 = -0.18 \\ x_2 = 0 \\ x_3 = +.31 \end{matrix}$$

Cette fonction est représentée (@RISK) comme suit :

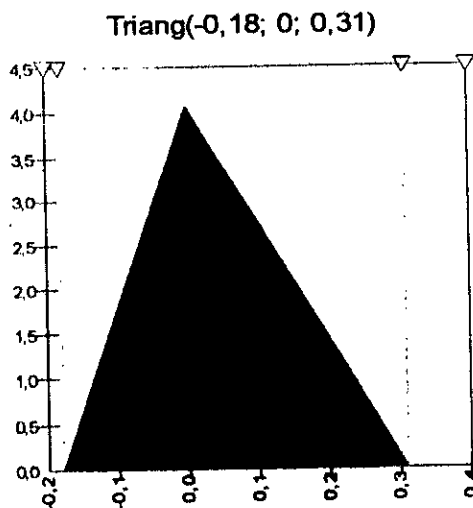


Fig. V.9. Distribution de variation du taux d'intérêt.

Le processus est résumé par le schéma suivant :

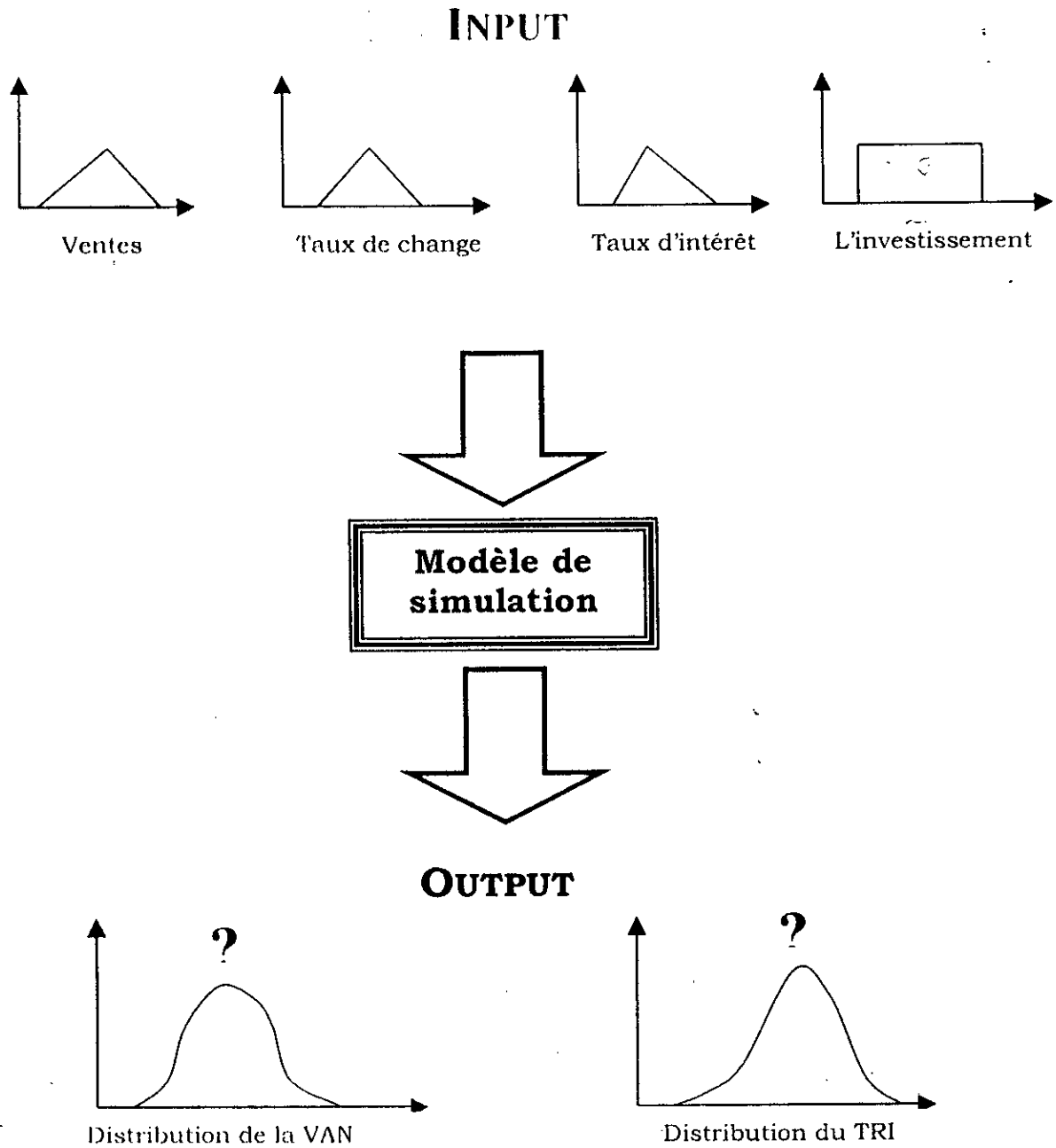


Fig. V.10. Les input et les output

V.3.3.2. La simulation :

Les variables d'entrée sont donc le coût de l'investissement, les ventes, le taux de change et le taux d'intérêt et les variables de sortie que sont la VAN et le TRI. C'est-à-dire que l'on fait varier toutes les variables de sorties en même temps pour obtenir à chaque fois une nouvelle valeur de la VAN et du TRI, comme l'indique ce schéma :

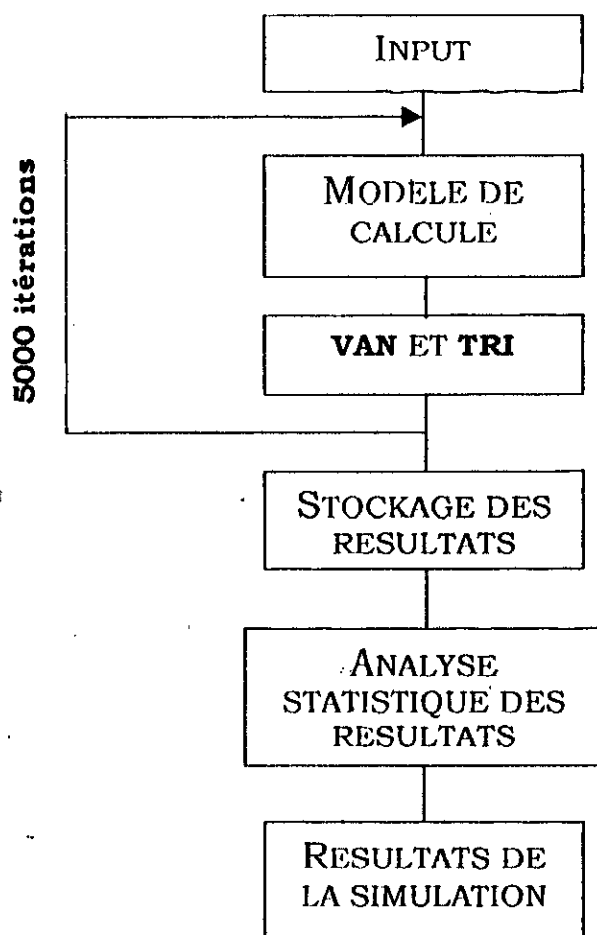


Fig. V.11 : Processus de simulation.

V.3.3.3. Résultats de simulation :

On obtient à chaque itération de la simulation une nouvelle valeur de la VAN et le TRI, ces résultats sont stockés pour être ensuite sujets à une analyse statistique grâce au logiciel @RISK.

Le résultat de cette simulation de MONTE-CARLO est une distribution de la VAN et du TRI, ainsi que :

Name	VAN(MDA)	TRI
Minimum	-2750	10,33%
Maximum	4182,64	21,04%
Moyenne	566,19	14,92%
Ecart type	956,08	1,489727 E-02
Variance	914098,3	2,219288 E-04
Mode	919,71	14,16%

Tableau. V.7 : Résultat de simulation.

On peut voir l'allure des variables de sortie (la VAN et le TRI), les valeurs de 5000 itération sont représentées par 14 classes où on peut distinguer une dispersion qui apparaît sur les deux graphiques ci-après, ce qui explique les grandes valeurs de variances.

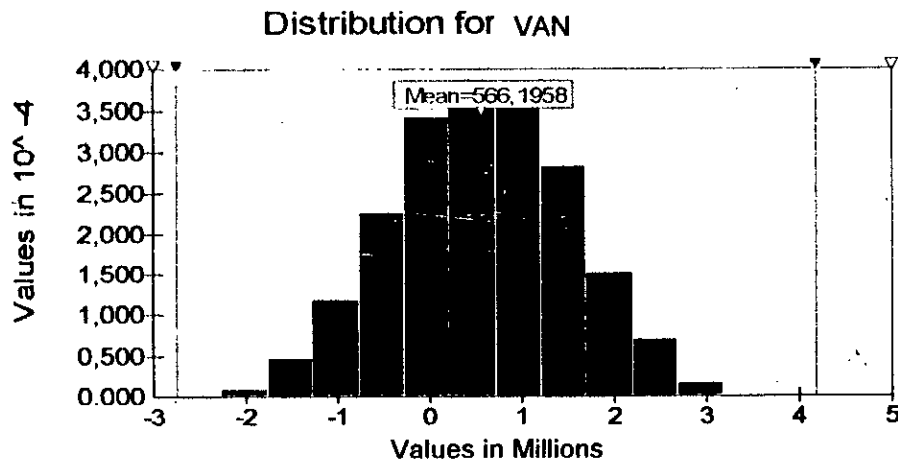
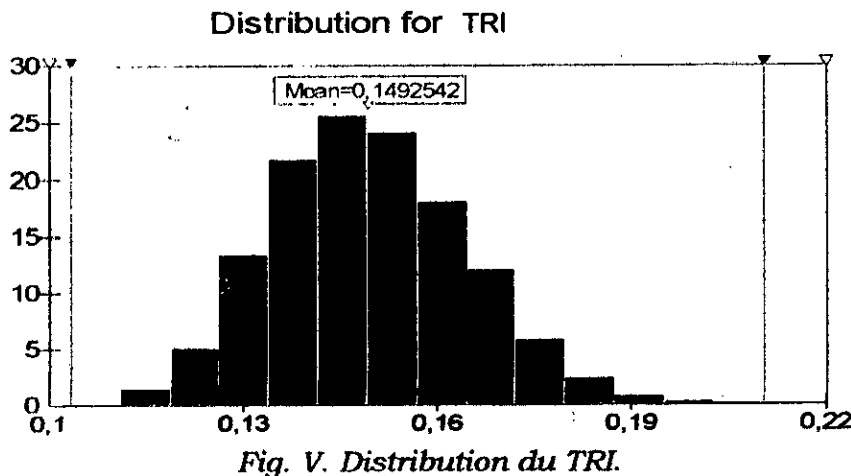


Fig. V. Distribution de la VAN.



L'opération finale consiste à calculer la probabilité pour que la VAN soit négative et la probabilité que soit le TRI inférieur au taux d'intérêt pondéré. Ceci en intégrant la densité de probabilité de la VAN sur les valeurs négatives et du TRI sur les valeurs inférieures au taux d'intérêt pondéré de ses domaines de définition :

Ces probabilités s'obtiennent en calculant la somme de toutes les probabilités des VAN négatives et de toutes les probabilités des TRI inférieures au taux d'intérêt pondéré.

Les probabilités cumulées de la VAN et du TRI de cette simulation sont présentées comme suit :

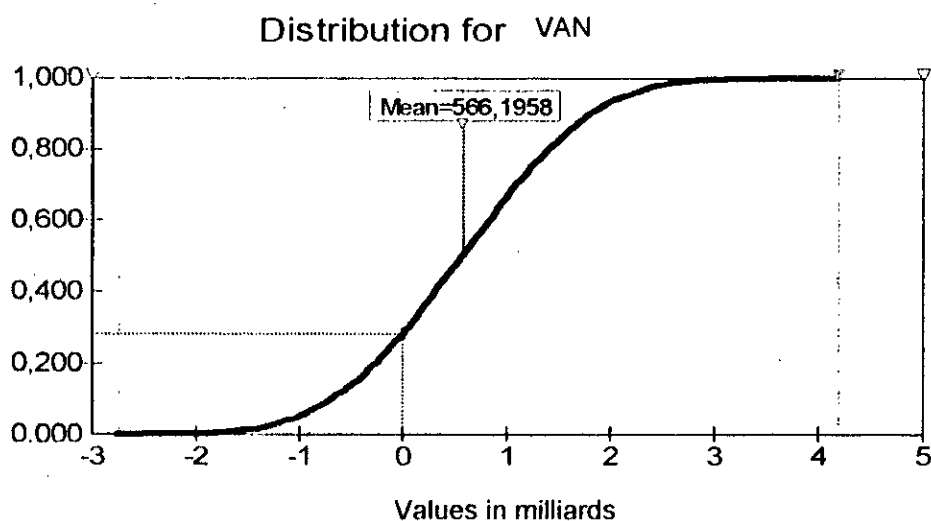


Fig. V. La distribution cumulative de la VAN.

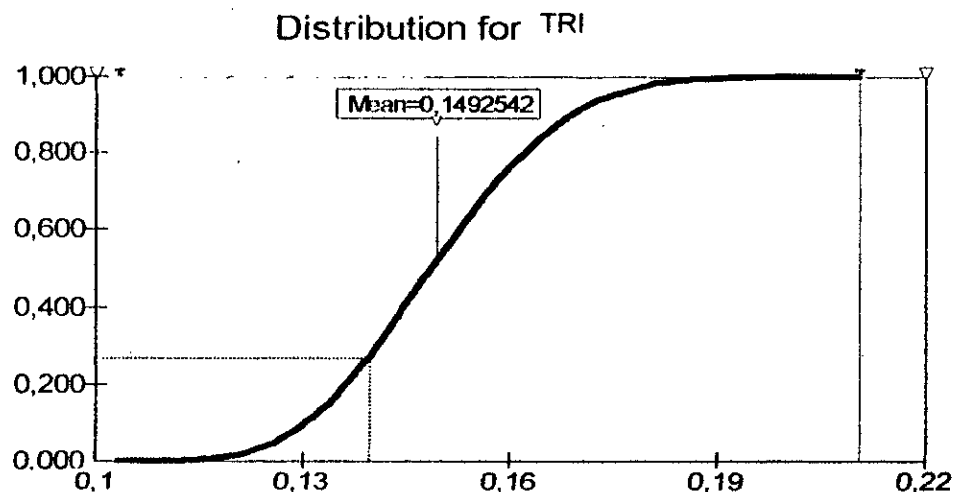


Fig. V. La distribution cumulative du TRI.

Donc : pour la VAN :

$$P(VAN \leq 0) = 0,27$$

$$\text{Et } P(VAN > 0) = 1 - P(VAN \leq 0)$$

$$P(VAN > 0) = 1 - 0,27$$

$$P(VAN > 0) = 0,77 \text{ soit } 73\%.$$

Et pour le TRI : la probabilité d'avoir un taux de rentabilité interne (avec nos hypothèses) inférieure au taux d'intérêt pondéré est proche de zéro.

$$P(TRI \leq 9.85\%) \approx 0.$$

La probabilité d'avoir un TRI inférieur au taux d'actualisation est 27% :

$$P(TRI \leq 14\%) = P(VAN \leq 0) = 27\%.$$

C'est-à-dire que notre projet de construction d'une usine de fabrication de ciments serait rentable à 73% et comporte un risque de 27%.

Généralement, dans l'évaluation de la rentabilité des projets: ceux qui comportent moins de 30% de risque sont acceptés alors que notre projet comporte un risque presque égale à 30%, donc il est acceptable mais aussi risqué.

Conclusion

Le but de notre étude est de vérifier en terme économique, la fiabilité (la rentabilité) du projet de construction d'une nouvelle cimenterie à El Djelfa.

Les résultats avancés par l'évaluation classique (en univers certain), sont largement dépassés lors de l'analyse de sensibilité. L'application de la simulation par la méthode de MONTE-CARLO confirme les résultats de cette analyse de sensibilité.

La simulation par la méthode de MONTE-CARLO a dégagé une probabilité de 73% pour que les dépenses de construction de cette nouvelle cimenterie soient remboursées par les recettes des ventes et un risque de 27% pour qu'elles ne soient pas.

D'après ces résultats nous pouvons conclure que le projet est très risqué, selon les paramètres économique retenus (les ventes, le coût de l'investissement, le taux de change et le taux d'intérêt) et les hypothèses posées .

Vu le manque de données nécessaire pour la formulation complète du problème, nous nous sommes limités à nombre restreint de scénarios, en raisonnant que sur des points jugés stratégiques pour le projet cités supra.

D'autres considérations, en particulier celle de l'autocorrection 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 alternant la rentabilité du projet, il paraît intéressant de les faire intervenir si de telles données seront disponibles.

Bibliographie

Mémoires :

- [AUS 84] **G. AUSSIN & J.MARGERIN**, « *choix des investissements, sélection, choix et contrôle* », les édition d'organisation, paris 1984.
- [BAB 90] **D. BABUSIAUX**, « *Décision d'investissement et calcul économique dans l'entreprise* », Economica, Paris 1990.
- [BER 94] **BERTON ET ZACCOM**, « *Outils d'aide à la décision et études de cas* », Ecomnomica, 1994.
- [BOU 98] **A.BOUGHABA**, « *Analyse et évaluation des projets* », Berti 1998.
- [HOU 93] **R. HOUDAYER**, « *Evaluation financière des projet* », 1993.
- [HUS 88] **B. HUSSON & H. JORDAN**, « *Choix des investissements* », Masson, Paris 1988.
- [ONU 81] **ONUDI**, « *Manuelle pour l'évaluation des projets industriels* », Edition des Nations Unis, New York 1981.
- [SAP 90] **G. SAPORTA**, « *Probabilité, analyse des données et statistique* », Edition Technip, 1990.
- [VED 85] **J.P. VEDRINE**, « *Techniques quantitative de gestion* »Vuibert, Paris, 1985.
- [BEN 96] **A. BENKHLIL**, « *Méthodes d'analyse de risque dans l'industrie pétrolière, simulation par Monte-Carlo* », PFE, INPS, 1996.
- [MIL 99] **O.MILIANI & H. OUARAS**, « *Analyse de sensibilité et étude du risque lié aux investissements* » PFE, ENP, 1999.
- [ZER 92] **L. ZERROUKI**, « *Analyse du risque dans l'étude économique* », PFE, ENP, 1992.

Articles :

- [CON] **CONJONCTURE**, Revue d'information et d'analyse de l'économie algérienne, Ecotechics, 1998.
- [LAU 00] **E. LAURE**, « *Introduction aux méthodes de Monté-Carlo* », 2000.

Cours :

Notes de cours : Evaluation des projets, M. BOUZIANE. M.