

CHAPITRE 8 - *RISQUES, INCERTITUDE ET IRREVERSIBILITE*

L'introduction du risque et de l'incertitude en évaluation économique est une nécessité pour assurer aux résultats obtenus une meilleure crédibilité. Cela pose d'ailleurs les limites des développements souhaitables en la matière. Les méthodes de traitement du risque et de l'incertitude, sont pour la plupart communes aux méthodes de l'évaluation économique et financière. Cependant, le fait que beaucoup des projets relevant de la décision publique soient des projets à "effets de long terme", implique que les questions d'irréversibilité soient dans ce cas plus importantes.

Le développement des connaissances sur les risques d'activité conduit actuellement à l'élaboration de nouveaux outils de mesure et de gestion de ces risques, (KERVEN G.Y. et RUBISE P. (1991). L'analyse du risque et l'incertitude dont il sera question ici, concerne les méthodes permettant de les prendre en compte dans le processus de l'évaluation économique.

1-LES RISQUES DANS L'EVALUATION ECONOMIQUE.

1.1-DEFINITION DU RISQUE.

Selon la célèbre distinction de KNIGHT (1921), le risque caractérise les situations où l'on dispose de distributions de probabilité des principales variables. L'incertitude définit celles où ces distributions ne sont pas connues avec certitude.

Les distributions de probabilités objectives, observations passées ajustées, constituent la matière du calcul du risque. Cependant, dans la plupart des cas, l'évaluateur est conduit à utiliser des informations subjectives, résultant de la consultation de spécialistes. Ces informations sont ensuite utilisées dans le cadre de procédures telle notamment, la méthode de MONTE CARLO.

Au terme de cette démarche, le critère de choix de projet retenu généralement, sera l'avantage actualisé net le plus élevé.

Naturellement, entre deux options risquées, le choix efficace sera celui qui maximisera l'espérance de gains nets réels pour un risque de ruine donné, inférieur en probabilité à une valeur seuil choisie par l'opérateur.

Lorsque deux projets présenteront les mêmes espérances mathématiques d'avantages actualisés nets, on choisira à répartition identique, celui dont les fluctuations possibles des résultats sont les plus faibles. Une telle mesure de ces fluctuations sera effectuée par l'écart type.

1.2-LA METHODE DE MONTE CARLO.

Cette méthode est une méthode de simulation, qui à partir des résultats de l'évaluation de base, permet de réaliser un certain nombre d'itérations au terme desquelles, on obtient une distribution des résultats possibles du projet.

Cette méthode présente le phasage suivant.

- Identification des variables clés, susceptibles d'être celles dont les variations auront le plus d'impact sur le résultat.

- Détermination des lois de probabilité des variables clés. La difficulté de détermination des distributions de probabilité va dépendre des caractéristiques des variables. Dans le cas de variables indépendantes, les lois seront celles observées s'il s'agit d'une variable faisant l'objet d'une distribution expérimentale. S'il s'agit d'une variable à laquelle on ne peut qu'associer une probabilité subjective, on retiendra alors une forme de distribution simplifiée de référence (du type distribution en triangle, uniforme ou en escalier). Dans le cas de variables dépendantes, on est conduit à rechercher la distribution marginale et les distributions conditionnelles.

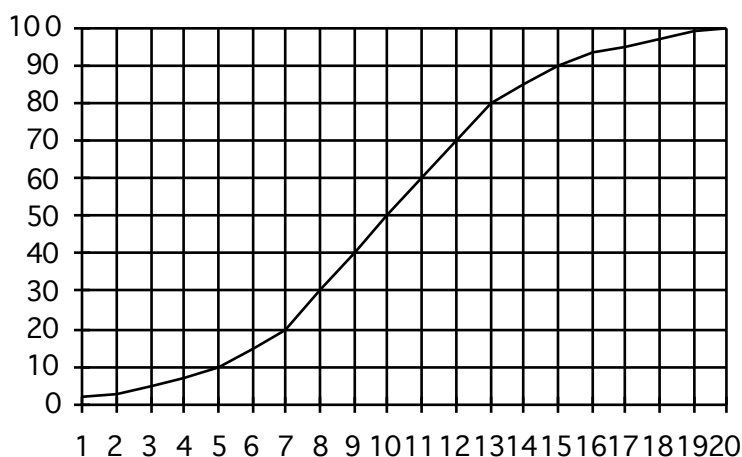
- Simulation de l'évaluation économique du projet, en introduisant des valeurs aléatoires des variables clés. Le tirage de ces valeurs aléatoires doit être fait suivant la loi de probabilité des variables. Pour chacune de ces valeurs, on calcule, un taux de rendement interne économique, dont on recherche ensuite la distribution de probabilité.

A titre d'indication, supposons que l'on obtienne la distribution de probabilités cumulées du taux de rentabilité suivante:

Tableau N°8-1 Distribution du taux de rentabilité.

Taux de rentabilité %	Probabilités cumulées %
5	10
7	20
8	30
9	40
10	50
11	60
12	70
13	80
15	90
20	100

Dans ce cas, on observe qu'il y a 90% de chance que le taux de rentabilité dépasse 5%, 50% qu'il dépasse 10% et 10% de chance qu'il dépasse 15%, 0% qu'il dépasse 20%.



La distribution du taux de rentabilité économique résume l'analyse du risque et permet d'améliorer l'aide à la décision.

2-L'INCERTITUDE DANS L'EVALUATION ECONOMIQUE.

On peut tenir compte de l'incertitude dans l'évaluation économique des projets, en dehors des situations spécifiques d'irréversibilité, de plusieurs façons. En utilisant un certain nombre de critères de choix en avenir incertain, devenus classiques, et en pondérant le taux d'actualisation.

2.1-INCERTITUDE TOTALE ET EVALUATION ECONOMIQUE.

2.1.2-LES CRITERES.

Il existe traditionnellement un certain nombre de critères pour décider en situation d'incertitude .

a-Le critère de LAPLACE qui consiste à retenir la solution, pour laquelle, la moyenne arithmétique des avantages nets réels est maximale.

$$L(a) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i(a)$$

M est la moyenne arithmétique

$C_i(a)$, les conséquences d'un acte A dans les n états de la nature, $i = (1 \dots n)$, $a \in A$.

b-Le critère de BERNOULLI

$$B(a) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U[C_i(a)]$$

Ce critère permet de retenir la solution pour laquelle la moyenne des logarithmes des avantages est la plus forte. La fonction logarithme est utilisée comme fonction d'utilité. La concavité de la fonction logarithme représente bien la fonction d'utilité puisque l'utilité marginale est décroissante avec le revenu.

c-Le critère de l'ESPERANCE MATHEMATIQUE.

$$E(a) = \sum_{i=1}^n p_i [C_i(a)]$$

d-Le critère de l'UTILITE ESPEREE.

Le critère de l'espérance mathématique devient celui de l'utilité espérée lorsque l'on tient compte de l'utilité des conséquences.

$$V(a) = \sum_{i=1}^n p_i U[C_i(a)]$$

e-Le critère de HURWICZ qui conduit à préférer la décision pour laquelle, la somme des valeurs minimale et maximale de chaque décision, est la plus grande.

$$H(a) = \text{Max} [k \max\{C_i(a)\} + (1-k) \min\{C_i(a)\}]$$

Avec $k \in (0,1)$

f-Le critère de WALD qui propose de retenir la valeur la plus grande parmi les avantages minima (décision qui rend maximal l'avantage minimal).

$$W(a) = \text{Max}[\min\{C_i(a)\}]$$

g-Le critère de SAVAGE qui retient comme choix, la décision qui minimise le regret maximum.

Soit $r_i(a)$ le regret :

$$r_i(a) = \max\{C_i(a') / a' \in A\} - C_i(a)$$

$$S(a) = \text{Min}[\max\{r_i(a)\}]$$

Ces critères ne sont pas spécifiques à l'évaluation économique.

2.1.2-EXEMPLE D'APPLICATION

Soit la situation suivante.

a-Sur une zone naturelle, un marécage par exemple, situé à proximité de la mer, cinq projets alternatifs sont proposés par des acteurs différents.

- PROJET 1-Maintien en l'état de la zone humide.
- PROJET2-Création d'une zone de logements.
- PROJET 3-Création d'une zone artisanale.
- PROJET 4-Construction d'un parc de loisir culturel.
- PROJET 5-Création d'un site de loisir équestre.

b-Des états de croissance ou de régression, sont retenus pour:

- l'évolution du tourisme balnéaire (TB),
- l'évolution du tourisme vert (TV),
- l'évolution de la conjoncture économique (CJ).

c- Les hypothèses retenues sont les suivantes:

- l'utilité et les probabilité sont constantes dans le temps,
- Les valeurs proposées constituent les avantages nets réels totaux actualisés de chaque projet.

On construit le tableau suivant:

Tableau N°8-2 Types de projets et utilité en incertitude.

Etats Nature	T.B.(+)	T.B (-)	T.B.(-)	T.B.(-)	T.B.(-)
	T.V.(+)	T.V.(+)	T.V.(-)	T.V.(+)	T.V.(-)
Projets	CJ(+)	CJ (+)	CJ (+)	CJ(-)	CJ(-)
Marécage	100(200)	100(180)	55(175)	75(45)	55(65)
Pavillonnaire	165(135)	145(135)	145(85)	90(30)	90(30)
Z.Artisanal	300(0)	280(0)	230(0)	120(0)	120(0)
Parc culturel	250(50)	220(60)	200(30)	105(15)	105(15)
Loisir Equest	175(125)	110(170)	80(150)	75(45)	50(70)

Figure entre parenthèses, l'écart à la valeur de l'utilité la plus forte pour chacun des états de la nature retenu. L'application des critères définis précédemment conduit aux résultats suivants.

1-Le critère de BERNOUILLI

Tableau N°8-3

Etats Nature	T.B.(+)	T.B (-)	T.B.(-)	T.B.(-)	T.B.(-)
Projets	T.V.(+)	T.V.(+)	T.V.(-)	T.V.(+)	T.V.(-)
	CJ(+)	CJ (+)	CJ (+)	CJ(-)	CJ(-)
Marécage	Ln100	Ln100	Ln55	Ln75	Ln55
Pavillonnaire	Ln16	Ln145	Ln145	Ln90	Ln90
Z.Artisanal	Ln300	Ln280	Ln230	Ln120	Ln120
Parc culturel	Ln250	Ln220	Ln200	Ln105	Ln105
Loisir Equest	Ln175	Ln110	Ln80	Ln75	Ln50

$$B(M) = \frac{1}{5} [\ln 100 + \ln 100 + \ln 55 + \ln 75 + \ln 55] \text{ avec } \ln(a) + \ln(b) = \ln(ab)$$

Tableau 8-4

Etats Nature	Résultats
Projets	
Marécage	$\frac{1}{5} [\ln 226875.10^4] = \frac{1}{5} [\ln 21.54] = 4.31$
Pavillonnaire	$\frac{1}{5} [\ln 21.54] = 4.35$
Z.Artisanal	$\frac{1}{5} [\ln 26.35] = 5.27$
Parc culturel	$\frac{1}{5} [\ln 25.5] = 5.1$
Loisir Equest	$\frac{1}{5} [\ln 22.48] = 4.5$

Ce qui confirme les résultats obtenus avec les autres critères. Le projet de zone artisanale reste le plus intéressant.

2-Critère de l'ESPERANCE MATHEMATIQUE.

Tableau N°8-5

Etats Nature	T.B.(+)	T.B.(-)	T.B.(-)	T.B.(-)	T.B.(-)	
Projets	T.V.(+)	T.V.(+)	T.V.(-)	T.V.(+)	T.V.(-)	
	CJ(+)	CJ (+)	CJ (+)	CJ(-)	CJ(-)	Total/5
p	0,1	0,3	0,15	0,25	0,2	
Marécage	10	30	8,25	18,75	11	15.6
Pavillonnaire	16,5	43,5	21,75	22,5	18	24.45
Z.Artisan	30	84	34,5	30	24	40.5
Parc culturel	25	66	30	26,25	21	33.65
Loisir Equest	17,5	33	12	18,75	10	18.25

3-Critère de l'UTILITE ESPEREE.

$$\text{Pour } V(M) = 0.1 \ln 100 + 0.3 \ln 100 + 0.15 \ln 55 + 0.25 \ln 75 + 0.2 \ln 55 = \ln 44.70$$

$$V(P)=0.1\ln165+0.3\ln145+0.15\ln145+0.25\ln90+0.2\ln90=\ln119.1$$

$$V(ZA)=0.1\ln300+0.3\ln280+0.15\ln230+0.25\ln120+0.2\ln120=\ln186.8$$

$$V(PC)=0.1\ln250+0.3\ln220+0.15\ln200+0.25\ln105+0.2\ln105=\ln157.5$$

$$V(LE)=0.1\ln175+0.3\ln110+0.15\ln80+0.25\ln75+0.2\ln50=\ln85.26$$

Tableau N°8-6

Etats Nature	T.B.(+)	T.B (-)	T.B.(-)	T.B.(-)	T.B.(-)	
	T.V.(+)	T.V.(+)	T.V.(-)	T.V.(+)	T.V.(-)	
Projets	CJ(+)	CJ (+)	CJ (+)	CJ(-)	CJ(-)	Total
p	0.1	0.3	0.15	0.25	0.2	
Marécage	Ln100	Ln100	Ln55	Ln75	Ln55	3.80
Pavillonnaire	Ln165	Ln145	Ln145	Ln90	Ln90	4.78
Z.Artisanal	Ln300	Ln280	Ln230	Ln120	Ln120	5.23
Parc culturel	Ln250	Ln220	Ln200	Ln105	Ln105	5.06
Loisir Equest	Ln175	Ln110	Ln80	Ln75	Ln50	4.45

Dans ce cas encore le projet zone artisanale est le plus attractif.

4-Le critère de LAPLACE.

Tableau N°8-7

Etats Nature	T.B.(+)	T.B (-)	T.B.(-)	T.B.(-)	T.B.(-)	Résultats
	T.V.(+)	T.V.(+)	T.V.(-)	T.V.(+)	T.V.(-)	
Projets	CJ(+)	CJ (+)	CJ (+)	CJ(-)	CJ(-)	
Marécage	100(200)	100(180)	55(175)	75(45)	55(65)	77
Pavillonnaire	165(135)	145(135)	145(85)	90(30)	90(30)	127
Z.Artisanal	300(0)	280(0)	230(0)	120(0)	120(0)	210
Parc culturel	250(50)	220(60)	200(30)	105(15)	105(15)	176
Loisir Equest	175(125)	110(170)	80(150)	75(45)	50(70)	175

5-Le critère d'HURWITCZ.

Tableau N°8-8

Etats Nature	T.B.(+)	T.B (-)	T.B.(-)	T.B.(-)	T.B.(-)	Résultats
	T.V.(+)	T.V.(+)	T.V.(-)	T.V.(+)	T.V.(-)	
Projets	CJ(+)	CJ (+)	CJ (+)	CJ(-)	CJ(-)	
Marécage	100(200)	100(180)	55(175)	75(45)	55(65)	77,5
Pavillonnaire	165(135)	145(135)	145(85)	90(30)	90(30)	127,5
Z.Artisanal	300(0)	280(0)	230(0)	120(0)	120(0)	210
Parc culturel	250(50)	220(60)	200(30)	105(15)	105(15)	177,5
Loisir Equest	175(125)	110(170)	80(150)	75(45)	50(70)	112,5

6-Le critère de WALD.

Tableau N°8-9

Etats Nature	T.B.(+)	T.B (-)	T.B.(-)	T.B.(-)	T.B.(-)	Résultats
	T.V.(+)	T.V.(+)	T.V.(-)	T.V.(+)	T.V.(-)	
Projets	CJ(+)	CJ (+)	CJ (+)	CJ(-)	CJ(-)	
Marécage	100(200)	100(180)	55(175)	75(45)	55(65)	55
Pavillonnaire	165(135)	145(135)	145(85)	90(30)	90(30)	90
Z.Artisanal	300(0)	280(0)	230(0)	120(0)	120(0)	120
Parc culturel	250(50)	220(60)	200(30)	105(15)	105(15)	105
Loisir Equest	175(125)	110(170)	80(150)	75(45)	50(70)	50

7-Le critère de SAVAGE.

Tableau N°8-10

Etats Nature Projets	T.B.(+)	T.B (-)	T.B.(-)	T.B.(-)	T.B.(-)	Résultats
	T.V.(+)	T.V.(+)	T.V.(-)	T.V.(+)	T.V.(-)	
	CJ(+)	CJ (+)	CJ (+)	CJ(-)	CJ(-)	
Marécage	100(200)	100(180)	55(175)	75(45)	55(65)	200
Pavillonnaire	165(135)	145(135)	145(85)	90(30)	90(30)	135
Z.Artisanal	300(0)	280(0)	230(0)	120(0)	120(0)	0
Parc culturel	250(50)	220(60)	200(30)	105(15)	105(15)	60
Loisir Equest	175(125)	110(170)	80(150)	75(45)	50(70)	170

8-Critères de choix et meilleur choix.

Tableau N°8-11

Projets	Laplace	Hurwicz	Wald	Savage	Bernouilli	Espérance Math	Utilité espérée
Marécage	77	77,5	55	200	4.31	15.6	3.80
Pavillonnaire	127	127,5	90	135	4.35	24.45	4.78
Z.Artisanale	210	210	120	0	5.27	40.5	5.23
Parc culturel	176	177,5	105	60	5.10	33.65	5.06
Loisir Equest	98	112,5	50	170	4.50	18.25	4.45

Dans cette configuration de décision, le projet de création d'une zone artisanale, est le meilleur.

2.2-INCERTITUDE, TAUX D'ACTUALISATION ET DUREE DU PROJET.

On peut également tenir compte de l'incertitude en utilisant avec certaines réserves, d'autres moyens, utilisés, en cas d'incertitude, dans les calculs financiers.

2.2.1-EN AJOUTANT UNE PRIME AU TAUX D'ACTUALISATION.

Cela permet de relever le seuil de rentabilité des investissements les plus incertains. Le coefficient d'actualisation devient:

$$\frac{1}{(1+a)^t} \rightarrow \frac{1}{(1+a+j)^t}$$

avec j = prime de risque.

Cela suppose:

- que l'incertitude s'accroît d'une année sur l'autre (incertitude composée en quelque sorte):
- que l'incertitude est indépendante du passage du temps (j est le même quelle que soit t),
- que cette technique est uniquement fonction de l'éloignement dans le temps (un investissement bref sera peu affecté, un investissement long pénalisé), or il existe d'autres facteurs que le temps qui explique l'incertitude.
- enfin que cette méthode ne vaut que ce que vaut la mesure de j.

Une des façons les plus pertinentes de mesurer cette prime de risque (j) est d'introduire des probabilités d'échec :

Soit un projet pour lequel chaque année deux probabilités sont retenues.

-Le succès : production = y.

-L'échec : production = 0.

La probabilité d'échec étant $p = j$.

$$E_1(y) = (1 - j)y + j \times 0 = (1 - j)y$$

L'espérance mathématique du bénéfice de l'année 2 sera

Tableau N°8-12 Espérance de Profit.

	année 1	année 2
p1	0	0
p1'	0	y
p2	y	0
p3	y	y

La situation (p1') est absurde car si le projet a échoué la première année, il ne peut réussir la deuxième. Il n'y a donc que trois cas de probabilité conditionnelle.

$$E_2(y) = (1 - j)(1 - j)y = (1 - j)^2 y$$

et donc pour l'année n

$$E_n = (1 - j)^n y$$

si j est relativement petit on peut approximer

$$\sum_t (1 - j)^t \text{ par } \sum_t \frac{1}{(1 + j)^t}$$

et donc on retrouve la formule d'actualisation $\frac{1}{(1 + a + j)}$

Cette méthode consiste à substituer à la somme des revenus incertains, $\sum_t y^t$ une somme de revenus inférieurs de j % par période mais

supposés sans risque $\sum_t (1 - j)^t y^t$.

2.2.2-EN AUGMENTANT OU EN DIMINUANT D'UNE CERTAINE MARGE DE SECURITE LES ELEMENTS DE COUT OU D'AVANTAGE INCERTAINS.

P.MASSE (1959) soulignait déjà cette technique qui consiste à ramener l'incertain au certain en majorant la demande probable d'un montant de sécurité, et en minorant les performances probables d'un équipement, par exemple, d'un abattement de sécurité. Il reste à déterminer avec le plus de précision possible les montants des majorations ou des minorations.

2.2.3-EN RAISONNANT SUR UNE PERIODE D'EXECUTION DES PROJETS INFÉRIEURE A LEUR DUREE REELLE.

Cela conduit à fixer une limite à l'existence comptable de l'investissement inférieure à son existence physique et même à son existence économique. La limite étant d'autant plus proche que l'investissement est incertain.

Il n'est pas exclu que cette technique utilisée pour les calculs financiers puisse l'être pour une évaluation économique. Cependant, pour les projets qui échappent au marché, l'incertitude technique est sans sanction. On pourrait justifier le fait de réduire la durée retenue pour le calcul des effets, par le fait qu'au bout d'une génération, par exemple, les préférences deviennent incertaines. Mais, cette technique conduit à écarter systématiquement les projets à forts effets différés.

3-L'IRREVERSIBILITE.

3.1-EFFETS EXTERNES, RISQUES ET IRREVERSIBILITE.

Ce sont ELLIS H et FELLNER W (1943) qui ont introduit la distinction entre effets externes réversibles et effets externes irréversibles.

Ils distinguèrent les externalités qui sont une fonction directe du niveau de production du producteur (fumée) et celles qui au contraire sont établies à un niveau définitif, pour une activité quelconque de production.

Un effet externe irréversible peut être considéré comme un produit-joint de la fonction de production d'un producteur qui ne disparaît pas lorsque l'output de ce producteur tend vers zéro. On peut parler de persistance de l'effet ou d'effet de persistance.

La véritable origine de l'approche de ces problèmes date des années 1965. Tout un courant pessimiste sur l'utilisation et la gestion des ressources apparaît alors, qui va susciter en 1972 le rapport MEADOWS (MIT :Limits of Growth.)

Ces réflexions vont conduire à la quantification des problèmes liés à l'utilisation intensive de ressources non renouvelables; on peut les séparer en:

- Utilisation et consommation de facteurs primaires épuisables à usage industriel (terres, hydrocarbures...), et pollutions industrielles produites par l'ensemble des fonctions de transformation (D.D.T).
- Utilisation et consommation de "paysages" ou de ressources d'environnement (sites), par destruction ou affectation de long terme à des fins industrielles ou d'urbanisation etc...

Ces deux types d'utilisation soulèvent le problème de l'irréversibilité des choix individuels ou collectifs.

Les formes de consommation de biens épuisables génèrent donc de nouvelles techniques de calcul économique, permettant de mesurer des effets d'INTERTEMPORALITE, D'INCERTITUDE et D'IRREVERSIBILITE (dont les effets intergénérationnels).

Ces préoccupations vont introduire, nous l'avons signalé, un certain nombre de modifications importantes, dans l'analyse coûts-avantages impliquant des effets externes irréversibles.

3.2-TYPES DE RISQUES ET TYPES D'IRREVERSIBILITE.

On peut distinguer un certain nombre de types de risques auxquels il est possible d'associer des formes différentes d'irréversibilité (O.FAVEREAU (1982). Cette typologie pourrait être confortée par les distinctions apportées par G.VINEY et P.KOURILSKY¹. Ceux ci distinguent en effet deux catégories de risque.

-Les risques potentiels plausibles dont l'éventualité a été reconnue mais qui n'ont pas encore fait l'objet d'une mise en évidence par des expériences scientifiques.

-Les risques potentiels étayés, dont l'occurrence est soutenue par des retours d'expériences scientifiques qui démontrent clairement qu'un seuil d'alerte a été atteint.

¹ G.VINEY et P.KOURILSKY (2000) : Le principe de précaution. Rapport au premier ministre .La Documentation Française/O.Jacob

3.2.1-LES RISQUES EXOGENES NON RECURRENENTS.

L'on constate que l'investisseur n'a aucune prise sur ce type de risque qui vient de l'extérieur, qui peut être d'origine naturelle ou sociale, mais qui est subi sans possibilité de réaction. C'est le cas de la catastrophe naturelle. Ce risque recouvre aussi le risque de ruine.

3.2.2-LES RISQUES EXOGENES ET RECURRENENTS.

Ce type de risque concerne la plupart des risques économiques qui existent de façon permanente, et avec lesquels les acteurs ont appris à vivre et à composer, ce sont les risques normaux de l'activité d'entreprise..Risques sur les prix, sur les taux de change, sur le niveau de demande future etc...

3.2.3-LES RISQUES ENDOGENES NON RECURRENENTS.

Il s'agit de risques proposés par l'activité ou le secteur qui les supporte ensuite. Un projet opère sur son environnement des transformations qui peuvent être irréversibles et dont il est lui même victime. Le cas de l'introduction de carpes dans certaines lagunes Australiennes pour modifier le milieu , et qui conduisit à son éradication en est un exemple parmi d'autres, nombreux.

3.2.4-LES RISQUES ENDOGENES ET RECURENENTS.

Dans ce cas il s'agit de risques dont le projet est à l'origine et qui modifiant son environnement, ont pour lui des conséquences sur la valeur de sa production. La différence avec la catégorie précédente, est que ces risques sont permanents. Ces risques sont fréquents. Ce sont par exemple les cas de prélèvements sur des ressources non renouvelables, ou l'usage d'une ressource partiellement renouvelable au delà de ses possibilités de renouvellement. Les prélèvements sur des nappes fossiles par des projets d'irrigation relèvent de ce type de risque. La récurrence de ces types de risque ne signifie naturellement pas, que leur gravité reste constante dans le temps.

Une analyse de la pertinence de la typologie et des classes de comportement d'acteurs en réaction aux risques, a été réalisée sur le secteur de l'aquaculture traditionnelle en Méditerranée (CEP 1989).Les types de risque identifié ont été les suivants:

- Risque ENDOGENE-EXOGENE RECURRENENT; les "malaïgue
- Risque EXOGENE NON RECURRENENT: la salmonellose.
- Risque EXOGENE RECURRENENT: le dinophysis.

Pour chaque type de risque on peut envisager un certain nombre de traitements (O.FAVEREAU 1982), pour lesquels il sera possible de mesurer les coûts.

Tableau N°8-13 Types de risque et types de traitement.

origine effet	exogène	endogène
non récurrents	assurance	flexibilité
récurrents	anticipations	changements techniques

3.2.5-TYPES D'IRREVERSIBILITE.

Une décision est considérée comme irréversible si elle réduit significativement, et pour longtemps, la variété des choix possibles dans le futur (HENRY C. 1974).

On pourrait définir une irréversibilité comme un effet externe intertemporel négatif dont la valeur devrait être prise en compte dans le calcul économique.

Comme l'écrit VANAGS(1975), une externalité intertemporelle négative ou irréversibilité "peut être interprétée comme une situation où un investissement présent réduit le rendement de l'investissement futur".

Il est possible de faire correspondre un type d'irréversibilité à chaque type de risque.

FAVEREAU (1982 p70), écrit:

"L'évolution défavorable de la rentabilité d'un investissement ne concrétise pas tant la perte d'un pari, qu'une faute de prévision, c'est à dire, ne nous y trompons pas, une faiblesse de la réflexion, de l'imagination ou de la gestion. Il ne faut pas laisser l'incertitude au hasard".

Tableau N°8-14 Irréversibilité et types d'effet.

Types d'irréversibilité et types de risques	Endogènes	Exogène mixte	Exogène pur
Récurrents	Effet de cliquet (équipement durable sans marché d'occasion)	Effet de cumul (équipements polluants sans biodégradation)	Effet d'hystérésis ² : (dégradation des sols sous l'effet de la sécheresse)
Non récurrents	Effet d'irréversibilité (investissement dans un site naturel qui détruit le site)	Effet de seuil (effet catastrophique d'une pollution)	Effet de ruine (épidémie de cheptel).

4-ACQUISITION D'INFORMATIONS ET DECISION.

L'introduction de la réduction de l'incertitude avec le passage du temps introduit des modifications dans le calcul économique présidant à la décision d'investir. Nous allons constater que la valeur du taux d'actualisation joue ici encore un rôle important (BALNON R., HENRY C., LEROUX P., et RENARD V.1973).

-Soit un projet d'investissement tel que :

$$INV_{t_0} = 100 \text{ KF}$$

TRI = 10% sur la première période (t_0, t_1)

15% ou 5% avec une probabilité de 0,5 sur la deuxième période (t_1, t_2). Le taux d'actualisation retenu est de 8%,

dans un premier temps.

Les possibilités de décision sont théoriquement les suivantes:

A-Ne pas investir

²Rappelons que l'hystérésis se manifeste par un retard de l'effet sur la cause dans le comportement des corps soumis à une action.

B-Investir

-sans espérer d'informations supplémentaires en t1,
 -en espérant une information supplémentaire, ce qui conduit à attendre pour investir la fin de la première période t0,t1.

Les modalités de calcul en t0, vont intégrer ces différences.

4.1-ABSENCE D'INVESTISSEMENT.

.Dans ce cas le taux de rendement sera le taux d'actualisation (taux qui mesure l'avantage du renoncement à l'investissement).

$$100 \left[\frac{0,08}{(1+i)} + \frac{0,08}{(1+i)^2} \right] = 14,27$$

4.2-INVESTISSEMENT SANS INFORMATION.

$$100 \left[\frac{0,1}{(1+i)} + \frac{0,15+0,05}{2(1+i)^2} \right] = 17,83$$

4.3-INVESTISSEMENT AVEC INFORMATION en t0 sur la rentabilité de l'investissement au cours de la deuxième période. Le calcul se fait en t0, mais la décision d'investir est prise à la fin de la première période, en t1.

$$100 \left[\frac{0,08}{(1+i)} + \frac{0,15}{2(1+i)^2} + \frac{0,08}{2(1+i)^2} \right] = 17,26$$

Comme on attend la fin de la première période pour décider d'investir, le taux de rendement est le taux d'actualisation. Ensuite on choisit entre le taux le plus élevé (soit 15%), si cette opportunité se présente, et le taux d'actualisation.

REMARQUE

On constate que la situation "investissement sans information" est plus intéressante que la situation avec information en A. En fait une variation d'un point de plus du taux d'actualisation modifierait l'ordre des choix.

Ainsi:

Avec un taux d'actualisation de 9%.

-Investissement sans information:

$$100 \left[\frac{0,1}{(1+i)} + \frac{0,15+0,05}{2(1+i)^2} \right] = 21,05$$

-Information en A.

$$100 \left[\frac{0,09}{(1+i)} + \frac{0,15}{2(1+i)^2} + \frac{0,09}{2(1+i)^2} \right] = 22,14$$

Le meilleur choix dans ce cas est donc d'attendre d'obtenir des informations supplémentaires sur la rentabilité du projet sur la deuxième période.

5-EVALUATION DE L'IRREVERSIBILITE.

5.1-IRREVERSIBILITE ET VALEUR DE L'INFORMATION.

Lorsqu'il faut faire un choix en présence d'opportunités multiples, et de séquences de gain différées, le meilleur choix est celui permettant de préserver le plus longtemps le meilleur gain.

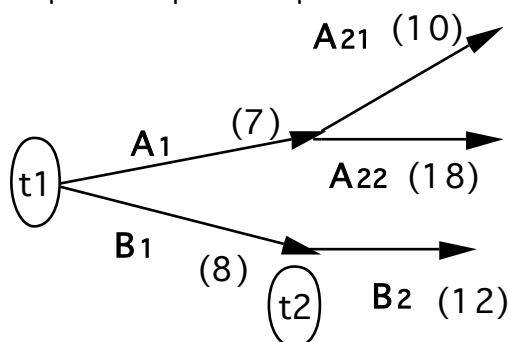
"Tout investissement consomme du temps, mais il en est certains qui en consomment plus que d'autres: ce sont ceux dont les conséquences sont irréversibles"(O;FAVEREAU op cit IIIp 1).

Dans la décision de choix d'un investissement, le caractère d'irréversibilité d'une option devrait la conduire à supporter une pénalisation par rapport aux autres, parce que l'incertitude diminuant avec le temps qui passe, l'introduction d'informations supplémentaires peut réduire les choix en permettant d'écarter les moins attractifs.

En effet comme le constate C.HENRY (1982), les projets réversibles ont la propriété d'être en réalité plus rentables que ne le laissent apparaître leurs comptes prévisionnels, lorsque leur alternative est un projet irréversible.

Une telle rentabilité devrait s'apprécier à partir de la valeur de l'information (mesurée en opportunité de gains espérés) que l'on pourrait acquérir depuis la mise en oeuvre d'un projet réversible jusqu'à son abandon.

Supposons la situation suivante: en t1, deux possibilités de choix A et B, qui deviennent A1 et B1 pour une première période et A2 et B2 pour une seconde.



Les valeurs entre parenthèses représentent l'utilité actualisée nette des choix.

• L'option B1, est meilleure que l'option A1, mais B, propose une valeur d'option inférieure, si l'on suppose que les probabilités d'occurrence de A21 et A22 sont équivalentes.

$$A1 = 7 \text{ et, } B1 = 8$$

$$A = A1 + (A21 + A22) = 7 + (10 + 18) 0,5 = 21$$

$$B = B1 + B2 = 8 + 12 = 20$$

Les choix rendus possibles par l'hypothèse de réversibilité vont introduire des solutions nouvelles.

• Supposons que l'on ignore les probabilités d'occurrence pour l'option A2 en t2. Les valeurs possibles de l'option seront les suivantes:

Tableau N°8-15 Valeurs possibles de l'option.

N°	Valeur de A21=10		Valeur de A22=18		Valeur A2	A1+A2
	Prob= π	Valeurs	Prob= $1-\pi$	Valeurs	(A21+A22)	
1	0	0	1	18	18	7+18=25
2	0,1	1	0,9	16,2	17,2	7+17,4=24,2
3	0,2	2	0,8	14,4	16,4	7+16,4=23,4
4	0,3	3	0,7	12,6	15,6	7+15,6=22,6
5	0,4	4	0,6	10,8	14,8	7+14,8=21,8
6	0,5	5	0,5	9	14	7+14=21
7	0,6	6	0,4	7,2	13,2	7+13,2=20,2
8	0,7	7	0,3	5,4	12,4	7+12,4=19,4
9	0,8	8	0,2	3,6	11,6	7+11,6=18,6
10	0,9	9	0,1	1,8	10,8	7+10,8=17,8
11	1	10	0	0	10	7+10=17

Ce tableau montre que pour 7 valeurs sur 11, l'option (A1+A2) est préférable à l'option (B1+B2) égale à 20, dans le cas d'options exclusives.

• Si l'option B est réversible et l'option A irréversible (de toute façon l'option A1+B2 est strictement dominée), nous obtenons:

Tableau N°8-16 Résultats.

N°	Option NR1	Valeur	Option NR2	Valeur	Option R	Valeur	Ecart
1	A1+A2	25	B1+B2	20	B1+A2	26	1
2	A1+A2	24,2	B1+B2	20	B1+A2	25,2	1
3	A1+A2	23,4	B1+B2	20	B1+A2	24,4	1
4	A1+A2	22,6	B1+B2	20	B1+A2	23,6	1
5	A1+A2	21,8	B1+B2	20	B1+A2	22,8	1
6	A1+A2	21	B1+B2	20	B1+A2	22	1
7	A1+A2	20,2	B1+B2	20	B1+A2	21,2	1
8	A1+A2	19,4	B1+B2	20	B1+A2	20,4	0,4
9	A1+A2	18,6	B1+B2	20	B1+B2	20	0
10	A1+A2	17,8	B1+B2	20	B1+B2	20	0
11	A1+A2	17	B1+B2	20	B1+B2	20	0

L'option réversible (B1+A2), représente bien un avantage relatif de 7,4 sur la meilleure des options alternatives A1+A2, pour des états de la nature de 1 à 7, B1+B2 de 8 à 11.

On observe que seule une information sur l'occurrence des états de la nature en t2, pourrait permettre de choisir entre les options B1+A2 et B1+B2. La valeur de l'écart entre ces options mesurerait dans ce cas la valeur de l'information.

5.2-EVALUATION DE L'IRREVERSIBILITE: PRINCIPES GENERAUX.

Selon les hypothèses retenues précédemment, un choix inter temporel avec irréversibilité, présente trois caractéristiques (HENRY C. 1982):

- Une décision initiale est prise en T1, dont les conséquences, plus ou moins irréversibles, seront perçues en T2.
- Il y a incertitude quand aux effets des choix en T2
- L'incertitude diminue avec l'acquisition d'informations.

Naturellement il est possible de retenir plus de 2 périodes. Soit deux décisions possibles $D=\{d,d^*\}$

d =décision réversible,
 d^* =décision irréversible.

Soit deux "états du monde" en T2, $E=\{a,b\}$, avec $\Pr(a)=p$, et $\Pr(b)=1-p$. Considérons les valeurs de l'utilité actualisées:

Tableau N°8-17 Utilités actualisées

décision: choix d'option	Période 1	Période 2	
		a	b
		Pr (a) = p	Pr (b)=1-p
d^*	$U1(d^*)$	$U2a(d^*)$	$U2b(d^*)$
d	$U1(d)$	$U2a(d)$	$U2b(d)$

Les utilités respectives de chacune des situations sont les suivantes:

a-Pour la situation irréversible.

$$U(d^*) = U1(d^*) + pU2a(d^*) + (1-p)U2b(d^*)$$

b-et pour la situation réversible:

$$U(d) = U1(d) + p\text{Max}\{U2a(d), U2a(d^*)\} + (1-p)\text{Max}\{U2b(d), U2b(d^*)\}$$

Le choix de la solution la plus flexible, (d), conduit ainsi à une utilité, $U(d)$, supérieure à celle de la solution traditionnelle:

$$U(d) > U(d^*)$$

La connaissance de "l'état du monde" qui prévaut en début de deuxième période permet de choisir la solution optimale pour cette deuxième période lorsque la décision est réversible.

La différence entre ces deux valeurs, caractérise alors l'importance de l'effet irréversibilité .

Naturellement l'introduction de la valeur de quasi option dans l'évaluation de projet ne signifie pas que le projet réversible sera systématiquement retenu. Cela signifie seulement que l'avantage net du projet réversible (ou le coût du projet irréversible), sera accru, par rapport à un projet non réversible, de la différence des gains nets espérés possibles, résultant des deux situations.

L'introduction de l'effet irréversibilité signifie donc, que l'avantage proposé par un projet irréversible est supérieur lorsqu'on en tient compte à celui obtenu lorsqu'on n'en tient pas compte.

5.3-APPLICATION: MESURE DE LA VALEUR DE QUASI OPTION D'UN PROJET REVERSIBLE.

Si l'on revient au cas du choix entre une zone humide et un espace artisanal nous pouvons de façon simplifiée considérer le tableau des avantages nets non actualisés suivants, nous retiendrons un taux de 5%.

Tableau N°8-18 Choix avec probabilités.

période	1° Période	2° Période	
		état 1	état 2
		p=0,8	1-p=0,2
Construction (d*)	U1(d*)=10 G1	U21(d*)=10 G21	U22(d*)=10 G22
Zone humide (d)	U1(d)=2,5 P1	U21(d)=20 P21	U22(d)=2,5 P22

Le projet (construction), procure une utilité homogène en 1 et 2. L'état 1, correspondant au développement de l'aquaculture, ce qui explique le fort coût d'opportunité P21.

5.3.1-AVANTAGES NETS DE L'OPTION IRREVERSIBLE: CONSTRUCTION.

$$U(d^*) = U1(d^*) + \frac{pU21(d^*) + (1-p)U22(d^*)}{1+i}$$

$$U(d^*) = 10 + \left[\frac{(0,8) \times 10 + (0,2) \times 10}{1,05} \right] = 19,5$$

5.3.2-AVANTAGES NETS DE L'OPTION REVERSIBLE: ZONE HUMIDE.

a-Connaissance des possibilité de choix ,mais absence d'informations sur l'avenir.Recherche de l'espérance mathématique de l'utilité maximale sur la 2° période.

$$U(d) = U1(d) + \frac{1}{1+i} \text{Max}[[pU21(d^*) + (1-p)U22(d^*)]; [pU21(d) + (1-p)U22(d)]]$$

$$U(d) = 2,5 + \frac{1}{1,05} \text{Max}[[(0,8) \times 10 + (0,2) \times 10]; [(0,8) \times 20 + (0,2) \times 2,5]]$$

$$U(d) = 2,5 + \frac{16 + 0,5}{1,05} = 18,3$$

Dans ces conditions $U(d^*) > U(d)$, (soit $19,5 > 18,3$).

b-Disposition d'informations parfaites à la fin de la 1°période .Recherche du maximum de l'espérance mathématique de l'utilité du choix.

$$U(d') = U1(d) + \frac{1}{1+i} p \text{Max} \{U21(d); U21(d^*)\} + \frac{1}{1+i} (1-p) \text{Max} \{U22(d); U22(d^*)\}$$

$$U(d') = 2,5 + \frac{1}{1,05} 0,8 \text{Max} \{10; 20\} + \frac{1}{1,05} 0,2 \text{Max} \{10; 2,5\}$$

$$U(d') = 2,5 + \frac{(0,8 \times 20) + (0,2 \times 10)}{1,05} = 19,64$$

Dans ces conditions $U(d^*) < U(d')$, (soit $19,64 > 19,5$).

La valeur de quasi option est la différence entre le maximum de l'espérance mathématique de l'utilité et l'espérance mathématique de l'utilité maximale, **soit $19,64-18,3=1,3$**

Cette valeur représente la valeur de l'information, c'est à dire la disposition à payer (prime), pour prendre une décision réversible en 1^{ère} période et attendre la 2^{ème} pour décider.

Le coût supplémentaire de la décision irréversible est mesurée par cette DAP.

REMARQUE:

Le choix du taux d'actualisation est très important, car avec un taux plus important, si la valeur de quasi option reste positive, par contre la décision est inversée. En effet avec un taux par exemple de 8%, la valeur d'option devient : $19-17,8 = 1,2$, et $U(d^*) > U(d)$ soit $19,3 > 19$.

5.4-PROJET ET CHOIX INTERGENERATIONNELS.

Reprenons l'exemple relatif à l'aménagement d'une zone humide. Deux possibilités sont en présence, conserver en l'état l'espace naturel, ou y construire une zone artisanale. Les effets réels nets de deux générations, seront représentés par les lettres P (pertes) et G (gains), en supposant que l'on puisse les mesurer.

Tableau N°8-19 Gains et pertes des projets.

Projet	Génération 1	Génération 2
Construction	G1	G2
Zone Humide	P1	P2

5.4.1-ABSENCE D'INFORMATION SUR T2.

Si l'on ne dispose pas d'autres informations que les valeurs de P et de G, alors neuf situations sont possibles, qui proposent soit de réaliser le projet, soit au contraire de ne pas le faire.

Si:

- 1- $G1 = P1$; $G2 = P2$ -> indifférence
- 2- $G1 = P1$; $G2 > P2$ -> construction
- 3- $G1 = P1$; $G2 < P2$ -> zone humide
- 4- $G1 > P1$; $G2 = P2$ -> construction
- 5- $G1 > P1$; $G2 > P2$ -> construction
- 6- $G1 > P1$; $G2 < P2$ -> construction conditionnée
- 7- $G1 < P1$; $G2 = P2$ -> zone humide
- 8- $G1 < P1$; $G2 > P2$ -> construction conditionnée
- 9- $G1 < P1$; $G2 < P2$ -> zone humide

Dans les cas (6) et (8), le projet sera réalisé si:

$$G1 - P1 + \frac{1}{1+i}(G2 - P2) > 0$$

ne sera pas réalisé dans le cas contraire.

5.4.2-PROBABILITE D'EVENEMENTS EN T2.

Si l'on connaît la probabilité d'occurrence d'un événement en T2, par exemple le développement de l'aquaculture semi intensive, nous aurons :

Tableau N°8-20 Avec probabilité en période 2

Projet	Période 1	Période 2	
		p	1-p
Construction	G1	G21	G22
Zone Humide	P1	P21	P22

En fonction de cette information, on peut affirmer que le projet sera réalisé si:

$$\left[G1 + \frac{1}{1+i} \cdot (p)G21 + (1-p)G22 \right] - \left[P1 + \frac{1}{1+i} [(p)P21 + (1-p)P22] \right] > 0$$

Il ne sera pas réalisé si l'expression est < 0.

5.4.3-HYPOTHESE DE REDUCTION DE L'INCERTITUDE EN T2.

Supposons que le projet ne soit pas réalisé en T1, ce qui permettrait à la 2ième génération, d'en décider, ou non, la réalisation en T2. Elle disposerait alors de plus d'informations que n'en disposait en T1, la première génération. La disposition d'informations supplémentaires, permettra de retenir l'avantage net maximal, ce qui constitue évidemment une meilleure situation de choix.

Dans ce cas le projet ne sera réalisé que si:

$$\left[G1 + \frac{1}{1+i} [(p)G21 + (1-p)G22] \right] - \left[P1 + \frac{1}{1+i} [(p)\text{Max}(G21;P21) + (1-p)\text{Max}(G22;P22)] \right] > 0$$

Pour savoir si le projet doit être réalisé, il faut comparer U(d*) et U (d'). En retenant un taux d'actualisation de 5%, nous obtenons.

soit:

$$\left[10 + \frac{[(0,8) \cdot 10] + [(0,2) \cdot 10]}{1,05} \right] - \left[2,5 \frac{[(0,8) \cdot 20] + [(0,2) \cdot 10]}{1,05} \right] = -0,12$$

En conséquence le projet ne devrait pas être retenu, le choix efficace est ne rien faire.

On remarque, cependant que l'on est très proche de l'indifférence. Un taux d'actualisation de 6% et plus, condamne irrévérablement la zone humide et autorise le projet.