



Le risque en agriculture



Editions de l'ORSTOM
INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION

travers
à
champs

Risque et incertitude dans la gestion de l'exploitation agricole

Quelques principes méthodologiques

Jacques BROSSIER *

« Le risque est comme l'amour. Nous savons bien ce que c'est, mais nous ne pouvons pas le définir avec précision ».

J. STIGLITZ

L'économie étudie les décisions. En fait, les décisions dont il s'agit sont économiques dans la mesure où elles concernent la production et l'échange de biens et services. Pour étudier la décision, une théorie semble s'imposer : la théorie de la firme ou théorie statique de la production, élaborée essentiellement dans un but macroéconomique pour expliquer le fonctionnement du marché et la loi de l'offre et de la demande (théorie des prix) (F. MACHLUP). L'inestimable intérêt de cette théorie est de s'appuyer sur le concept de *coût d'opportunité qui est à la base de toute décision* : qu'est-ce que je perds et qu'est-ce que je gagne en prenant cette décision ? (BROSSIER J., MARSHALL E.).

Il reste que la situation réelle n'est jamais celle des hypothèses de la théorie statique en particulier celles concernant la connaissance pure et parfaite. Si la physique, longtemps le domaine du déterminisme, a dû reconnaître le caractère fondamental de l'incertitude, que dire de l'univers économique où, « à l'aléa des pluies, des températures et des récoltes s'ajoutent les accidents politiques et sociaux, les caprices du goût, l'instabilité de l'esprit humain » (P. MASSÉ). Qu'en est-il alors ? De nombreux économistes se sont penchés sur ce problème. F. KNIGHT est un des premiers à raisonner dans les cas d'incertitude et d'absence d'information complète. Dans son livre « Risk, uncertainty and profit », paru en 1921, KNIGHT pense que le profit est lié à l'incertitude et qu'il y trouve sa justification puisqu'il constitue une « récompense » pour celui qui assume des risques. SCHUMPETER, le grand économiste autrichien, en a fait à la même époque la base de sa théorie sur le profit.

Nous présenterons tout d'abord quelques exemples de décisions en situation de risque, exemples pris en France et en Afrique. Puis après avoir défini les concepts de risque et d'incertitude et leur intérêt pour comprendre comment s'opère la décision, nous présentons les différents critères de décision

que l'on peut proposer en situation de risque et d'incertitude et leur pertinence pour comprendre le comportement des agriculteurs.

On le sait les résultats sont rarement conformes à ce qui était prévu, parce que de nombreux aléas non ou mal anticipés sont intervenus. Ces aléas ou risques n'empêchent pas que des décisions soient prises. Par ailleurs, pour réduire ces risques on a cherché à mettre au point des outils qui affectent des probabilités à l'apparition des aléas. En effet, la plupart des méthodes de gestion s'appuient sur des informations quantitatives, l'intérêt des probabilités étant alors de pouvoir continuer à raisonner sur des chiffres. Nous présentons brièvement ces méthodes et surtout les principes de base car ils montrent bien la façon dont on analyse le problème du risque. Nous montrerons aussi les limites de cette approche et présenterons les recherches actuelles, sur les pratiques de gestion des agriculteurs, qui s'attachent à comprendre la cohérence de ce que font les agriculteurs. À cet égard, le développement des systèmes experts et des Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision (S.I.A.D.) peut être un puissant secours.

Mais tout d'abord, pour illustrer notre propos nous présenterons deux exemples concrets.

1. EXEMPLES CONCRETS MONTRANT LE RÔLE DU RISQUE ET DE L'INCERTITUDE

Dans deux études sur le comportement économique des agriculteurs du Bassin Parisien (France) et de la zone du Kaarta au Mali, les organismes de développement et nous-mêmes étions surpris de voir que les agriculteurs ne semblaient pas prendre les décisions qui *a priori* donnaient les meilleurs résultats, c'est-à-dire n'adoptaient pas les productions et les techniques apparemment les plus rentables.

1.1. Le cas du Bassin Parisien (BROSSIER *et al.*, 1974). Risque financier contre risque d'entreprise

Nous cherchions à étudier à quelles conditions les céréaliers produiraient de la viande. Nos premières analyses sur modèle en 1967 montraient que les agriculteurs devraient avoir intérêt à produire du taurillon. Or, après enquête, cinq ans après, le développement de cette production ne s'était pas amorcé, au contraire, les systèmes de production s'étaient simplifiés.

Les résultats de nos recherches permettent de proposer une explication, ou au moins une interprétation partielle de ces phénomènes.

Tout d'abord, la simplification des systèmes de production, qui correspond à un accroissement des surfaces en blé, betteraves et maïs, au dépens des pommes de terre, du colza, de l'orge et des cultures fourragères s'explique essentiellement en termes de rentabilité. Le renchérissement de la main-d'œuvre, la progression des rendements moyens en maïs, l'extension des contingents de betteraves, la réduction des rendements en colza, la stagnation de ceux de l'orge, ont une influence directe sur la rentabilité relative des diverses productions qui va dans le sens de l'évolution observée. À ces facteurs, il faut probablement ajouter, dans le cas des pommes de terre en particulier, l'influence combinée de la réduction des disponibilités en main-d'œuvre occasionnelle et les réticences à investir dans une mécanisation complète de la récolte d'une culture dont les prix varient beaucoup d'une année à l'autre.

Une telle analyse n'explique pas cependant que la production intensive de viande bovine ne se soit pas développée en remplacement des productions animales traditionnelles en forte régression. L'engraissement de taurillons paraît rentable en effet dans la plupart des conditions de calcul faits sur des modèles de simulation (Programmation linéaire).

L'analyse statique classique ne suffisant pas, nous avons proposé des hypothèses complémentaires tenant compte du risque dans les décisions des agriculteurs. L'engraissement de taurillons est une activité spéculative soumise aux aléas du marché de la viande finie et des animaux maigres à engraisser. Les variations de prix sur ces marchés sont liées entre elles mais, tout engraisseur peut être amené à acheter cher et à vendre mal. Or cette activité d'engraissement requiert de mobiliser des ressources financières importantes. Si sur une moyennes d'années l'engraissement de bovins peut être rentable, le supplément de revenu qu'il procure n'a pas été suffisant pour inciter les agriculteurs à se lancer dans cette production risquée. Ils ont préféré concentrer leur attention sur l'amélioration de leur technicité dans la culture du blé, des betteraves et surtout du maïs. Finalement, ils ont pu ainsi améliorer leur revenu d'un montant au moins égal à celui qu'aurait pu fournir la mise en place d'un atelier d'engraissement.

Par ailleurs nous avons constaté une augmentation de superficies cultivées par exploitation et des surfaces en propriété. Nous complétons nos hypothèses ainsi : l'achat de terres, pour agrandir leur exploitation ou pour en devenir propriétaire, avait sans doute incité les agriculteurs de la Brie à ne pas faire d'animaux et à simplifier leur système de production. Les agriculteurs se sentaient peut être obligés d'acheter des terres pour assurer leur avenir, ou celui de leurs enfants. Ce désir d'assurer la survie de l'exploitation et de la famille — le problème de la succession n'en étant qu'une variante — est d'ailleurs souvent considéré comme l'objectif essentiel des agriculteurs. Cette décision extérieure à l'entreprise en quelque sorte, a sans doute des conséquences importantes sur les décisions de production et de financement. En effet, elle peut expliquer, l'important endettement des agriculteurs. Le financement de ces achats fonciers, fait par emprunt, augmente le risque financier, ce qui peut contraindre les agriculteurs à diminuer le risque d'entreprise, c'est-à-dire celui lié à la production et à la vente des produits. Le schéma serait donc le suivant :

Survie de l'exploitant ou sécurité —→ achats de terre —→ emprunts —→ augmentation du risque financier —→ diminution du risque d'entreprise —→ changement dans la production : choix de cultures hautement et sûrement rentables, disparition complète des animaux, non introduction des taurillons¹.

Pour illustrer cette notion de risque financier, on peut raisonner sur un exemple. Soient deux exploitations agricoles ne différant que par les taux d'endettement.

Pour les deux entreprises ayant 80 ha : le revenu avant paiement des intérêts, des impôts et des fermages égale 90 000 F.

Entreprise A : fermage : 24 000 F (pas d'emprunt).

Entreprise B : rachat des 80 ha avec 800 000 F d'emprunt à 6 % d'intérêt annuel sur 20 ans ; annuité : 70 000 F (30 000 F d'intérêt moyen).

Pour l'entreprise A, le revenu agricole est donc de 66 000 F.

Pour l'entreprise B, le revenu agricole est de 60 000 F, mais il n'a guère de signification puisque la terre n'est pas « amortissable », l'agriculteur doit en

fait payer chaque année 70 000 F ; il lui reste 20 000 F. Si les revenus des deux exploitations devaient diminuer de 30 % (risque d'entreprise) tombant à 63 000 F. L'entreprise B serait incapable d'assurer les remboursements².

Comme on le verra par la suite, la notion de perte admissible globale ou de niveau de ressources entraînant la faillite permet d'apprécier le comportement de ces agriculteurs. Il s'avère aussi important de bien choisir le critère sur lequel le risque est calculé, ici c'est évidemment la trésorerie et non le revenu.

1.2. Les agriculteurs du Kaarta : engrais et aléas climatiques (BROSSIER, 1981 ; DIANI, 1984)

L'opération de Développement Intégré du Kaarta (ODIK, Mali) a été lancée en 1978 pour améliorer les conditions des populations agricoles de la région, elle reposait en particulier sur des actions pour augmenter la production agricole : modifications des pratiques culturales comme les méthodes de semis (date et semis en ligne), la fertilisation, les produits phytosanitaires. Ces méthodes avaient été testées en milieu contrôlé et en moyenne (cf. ci-après le critère de l'espérance mathématique) permettaient une augmentation sensible des rendements.

Une étude d'évaluation réalisée par l'IER quatre ans après confirmait et quantifiait ce que les encadreurs avaient constaté : les techniques étaient peu acceptées par les paysans, en particulier la fertilisation et les pratiques « améliorées » de semis, et les rendements n'avaient connu aucune amélioration. Par contre, en dépit des efforts de l'ODIK pour limiter l'extension des surfaces, une des causes de la désertification, on constatait une augmentation du parc de charrues qui, bien que non fournies par l'ODIK, étaient achetées à partie de ressources extra-agricoles, facilitant le travail et permettaient une augmentation de la production agricole.

L'analyse que nous avons menée a montré que c'était la perception d'un risque qui pouvait expliquer le comportement de la majorité des paysans.

La couverture des besoins alimentaires familiaux est l'objectif de base de tout agriculteur de la zone sahéenne du Kaarta : il s'agit de produire suffisamment de céréales pour au moins couvrir les besoins de la famille. Les décisions prises pour ce faire dépendent des conditions climatiques, des disponibilités en terre, de la force de travail et du matériel.

Le paysan en cherchant donc à couvrir les besoins de sa famille s'intéresse à la quantité de céréales par personne. Cette quantité dépend de la production de céréales (Pr) et de la population totale (PT). La production de céréales est fonction des superficies cultivées (S) et des rendements (R). Nous avons donc la relation suivante exprimant l'objectif :

$$\frac{Pr}{PT} = \frac{S \times R}{PT}$$

Le nombre d'actifs (PA) étant un élément essentiel de la possibilité de cultiver on peut enrichir l'opération précédente :

$$\frac{Pr}{PT} = R \times \frac{S}{PA} \times \frac{PA}{PT} = R \times \frac{S}{PA} \times \frac{PA}{PT}$$

Pour augmenter la production de céréales par personne, l'agriculteur peut jouer a priori sur trois facteurs : le rendement, le nombre de personnes à

La maîtrise du nombre de personnes à nourrir (PT/PA) est évidemment très difficile pour l'agriculteur, ce rapport ayant tendance à augmenter avec les naissances et l'exode rural.

Les rendements sont considérés comme totalement incertains par les agriculteurs. Les variations climatiques sont trop importantes pour que les techniques proposées par les services de Vulgarisation pour augmenter les rendements, soient fiables. Si la sécheresse est importante une année, la fertilisation, au mieux, ne servira à rien, au pire, si elle est mal appliquée, elle détruira la faible production. D'ailleurs le concept de rendement par unité de surface n'a pas de sens pour les paysans, le mot n'existe pas dans la langue locale. La superficie reste la seule variable sur laquelle ils peuvent jouer le plus librement.

Il s'avère que la plupart des paysans ne sont pas sensibles aux thèmes techniques, ils préfèrent « assurer la production » en semant le maximum de surface (grâce à la charrue³ et à l'étalement des semis), quitte à ne pouvoir entretenir toute la surface et à favoriser, par le recours à « l'extensif », l'appauvrissement des sols et la désertification.

Des expérimentations en vraie grandeur sont en cours pour montrer les possibilités d'améliorer de façon significative, mais sans les bouleverser les systèmes actuels (méthode de date de semis, nombre de sarclages, variétés...) afin que le recours « à l'extensif », puisse s'atténuer.

Cet exemple montre qu'une augmentation en moyenne des rendements, que permettent, par exemple, les engrais, ne suffit pas pour qu'une technique soit diffusée, il faut aussi que la variabilité ne soit pas trop grande, et qu'il n'y ait pas de risque de rendement très faible, inacceptable pour des paysans qui sont à peine autosuffisant en céréales.

Ces deux exemples dans les situations très différentes illustrent bien le rôle du risque et de l'incertitude et révèlent certains critères que les agriculteurs utilisent pour en tenir compte. Nous définirons tout d'abord les concepts pour comprendre comment s'opère la décision en situation de risque, puis nous présenterons différents critères que l'on peut proposer et leur pertinence pour comprendre le comportement des agriculteurs. Ces critères sont surtout utilisés dans des modèles simulant le comportement des agriculteurs. S'ils sont rarement utilisés directement par les agriculteurs, ils peuvent être utiles pour analyser les décisions sur le plan théorique.

2. GESTION, RISQUE ET INCERTITUDE⁴

F. KNIGHT (1921) envisage deux situations qu'il distingue nettement :

— le cas de l'avenir risqué ou aléatoire. Il y a *risque objectif* si le décideur peut calculer objectivement la probabilité de réalisation de tel événement associé à telle décision. Le *risque est subjectif* si le décideur n'a pas de base objective (statistique par exemple) pour calculer les probabilités ;

— si le décideur est incapable de calculer (objectivement ou subjectivement) les probabilités associées, alors il se trouve en situation d'*incertitude*, qui seulement d'après KNIGHT et SCHUMPETER, est cause de profit, puisqu'aucune prévision mathématique n'est possible, le décideur restant « seul ».

Mais avant d'aller plus loin, il nous faut préciser les termes de probabilités subjective et objective. S'il y a accord général sur les propriétés mathématiques

2.1. Les probabilités objectives⁵

Il est difficile de donner une définition qui mette tout le monde d'accord. Nous prendrons celle de SAVAGE (1954) : « *Les tenants de l'approche objective des probabilités pensent que quelques éléments répétitifs, tel que le lancement d'une pièce de monnaie, se rapprochent raisonnablement du concept mathématique d'événements aléatoires répétés et indépendants et ont donc tous les mêmes probabilités. Suivant cette analyse, pour qu'il y ait accord entre le comportement d'un événement répétitif et le concept mathématique, et pour qu'il soit possible de calculer les probabilités, les événements doivent se répéter devant l'observateur* ».

Les traits essentiels de la probabilité objective sont contenus dans cette définition :

a) la probabilité objective s'appuie sur la *répétition des événements*. Il y a donc une grande confiance en la capacité de systèmes empiriques de converger vers une vraie probabilité. En d'autres mots, les « objectivistes » concluent que la probabilité est une propriété objective de ces systèmes physiques qui sont capables de répétition. Les implications pour l'analyse de la décision sont claires : un événement seul ne peut être défini de façon probabilistique.

b) Une autre caractéristique concerne le rôle du décideur. Tout homme raisonnable devrait être d'accord avec la probabilité inhérente à un système physique donné : il n'y a pas de place pour les différences personnelles dans ce cadre objectiviste.

On peut se demander si le concept des probabilités objectives n'est pas en fait subjectif puisqu'il n'est pas sûr qu'elles existent réellement⁶.

Quelques auteurs comme CARNAP et KEYNES ont proposé le concept de probabilité logique (ou nécessaire ou crédible). La probabilité logique est définie comme la relation logique entre une proposition et un corps d'hypothèses. Elle est indépendante des préférences personnelles et il peut seulement y avoir une probabilité vraie logiquement pour une proposition particulière sur la base d'une évidence spécifiée. Par exemple la probabilité logique de tirer une balle rouge d'une urne où il y a 5 balles noires et 2 rouges, sera donc de 2/7. De même, la probabilité qu'il pleuve demain serait de 1/5 si c'est la relation logique entre la prédiction de pluie (proposition) et le rapport météorologique (évidence). Dans les deux cas, l'assurance de probabilité logique impliquent la connaissance de toutes les lois physiques utiles, de toutes les circonstances et de toutes leurs interactions.

De toutes façons, il y a peu de situations de l'activité économique répondant aux conditions spécifiées ci-dessus. Un exemple classique d'activité réunissant ces conditions est celui des assurances : grand nombre de polices, probabilités de sinistres connues par les statistiques, risques exceptionnels couverts par la ré-assurance. Mis à part les jeux du hasard, assez peu utiles pour l'entrepreneur, on peut citer l'exemple du calcul des jours disponibles pour certains travaux agricoles à partir des relevés météorologiques sur plusieurs années (cf. CI. REBOUL, 1964).

2.2. Les probabilités subjectives⁷

Ce concept est assez récent. En dépit de quelques indications de probabilités non objectives que l'on peut trouver chez LAPLACE et BAYES par exemple, RAMSEY, DE FINETTI et SAVAGE sont considérés comme ayant conçu

Dans cette acception la probabilité s'interprète comme une mesure du degré de confiance qu'un individu a dans la vérité d'une proposition particulière. À partir des intuitions personnelles, il est donc possible d'obtenir des probabilités d'événements qui ne se reproduisent pas ou peu⁸. En partant de la proposition qu'il y a un classement parmi les actions, SAVAGE démontre le théorème suivant lequel ce classement appliqué à des événements est une probabilité qualitative. De plus, SAVAGE démontre que cette probabilité qualitative a un équivalent numérique qui a les propriétés mathématiques ordinairement appliquées aux probabilités. La définition de la probabilité subjective accepte les différences personnelles entre les individus. La théorie ne demande pas que tous les hommes raisonnables soient d'accord. Le concept de probabilité subjective semble donc être plus approprié pour l'analyse des décisions : d'une part, on peut introduire les jugements, les appréciations et même les intentions du décideur, d'autre part, il est possible d'obtenir une probabilité d'événements qui ne se répètent pas. D'après DE FINETTI, la probabilité dans la conception subjective est un affinement de la notion de vraisemblance innée de chacun de nous.

Il est probable que la conduite des agents économiques doit dépendre dans une certaine mesure du degré de confiance qu'ils accordent à leurs estimations de probabilité, c'est-à-dire de leurs informations et de leur capacité à les interpréter.

Une des difficultés majeures des probabilités subjectives est dans l'obtention des valeurs numériques. Comme il y a des différences importantes entre ce que dit un individu et ce qu'il fait réellement, les probabilités subjectives doivent être obtenues par l'interrogation sur la comportement : on présente à une personne une série de possibilités parmi lesquelles elle doit choisir. La méthode du jeu de SAVAGE ou la méthode de la loterie type de SCHLAIFER sont parmi les plus intéressantes.

LA MÉTHODE DE SAVAGE

Supposons que les deux conséquences d'un programme de publicité puissent être décrites par deux termes : efficace ou non efficace. Pour obtenir les probabilités subjectives du décideur pour ces deux résultants, on procède comme suit : si le programme est efficace, le décideur recevra 100 F, sinon 0. Au même moment, on lui présente un jeu hypothétique : « *il y a dans une boîte 4 balles rouges et 6 balles noires. Si la balle tirée est rouge, vous recevrez 0 F, si elle est noire vous recevrez 100 F. Que choisissez-vous ? Le programme ou le jeu hypothétique ?* » S'il choisit le jeu, on change la proportion de balles : soit 3 rouges et 7 noires. Si le décideur exprime qu'il est indifférent entre le jeu et le programme de publicité, on obtient des probabilités subjectives :

	Probabilités
Le programme est efficace	0,7
Le programme est inefficace	0,3

Cette technique résumée ci-dessus, nous amène à nous poser quelques questions sur les qualités de probabilités subjectives. Un individu peut être plus confiant dans une estimation d'une probabilité subjective que dans une autre. Il est donc suggéré d'utiliser les probabilités du 2^e ordre. En d'autres mots, on peut estimer que les individus ne peuvent éliminer leurs sentiments quand ils sont interrogés sur leur choix.

La suggestion de FELLNER est significative : il pense que les individus adoptent les probabilités en fonction de l'objectif. Ainsi, une personne donnera

une probabilité différente d'un événement suivant que l'utilisateur sera son supérieur immédiat ou son supérieur ultime. Mais, une telle supposition, quelque que soit son intérêt, enlèverait pratiquement tout intérêt aux probabilités subjectives. À partir d'un tel relativisme, il n'est pas possible d'aller plus loin dans la généralisation : nous supposons donc que les probabilités subjectives existent et qu'elles peuvent être différentes suivant les individus.

Mais un des intérêts majeurs des probabilités subjectives est qu'elles permettent d'utiliser la procédure Bayésienne sur la valeur d'une information supplémentaire. En effet, les probabilités subjectives de la réalisation de tel ou tel événement peuvent être « améliorées » par de nouvelles informations. Les premières probabilités sont qualifiées d'a priori, les secondes d'a posteriori. Mais le processus peut être séquentiel, les probabilités a posteriori devenant les probabilités a priori de la phase suivante. Par ailleurs, le théorème de BAYES permet de calculer s'il est intéressant d'acquérir et à quel prix, telle nouvelle information qui permettra le calcul de nouvelles probabilités que l'on pense plus précises⁹. On voit donc l'importance de ce théorème pour l'analyse des décisions : en effet, il semble qu'il corresponde assez bien au processus de décision. Des études psychologiques ont montré que beaucoup de gens utilisaient intuitivement une information supplémentaire pour réviser leurs probabilités initiales¹⁰. Cette attitude s'est retrouvée parmi les éleveurs australiens (DILLON, 1971).

Si les seules probabilités utilisées dans la prise de décision ressortent de la conception subjective, la séparation faite par KNIGHT entre risque et incertitude n'est donc pas très pertinente. Cette distinction est devenue encore plus confuse parce que certains auteurs réservent le terme de risque à des situations pour lesquelles le calcul des probabilités est utilisé alors que d'autres (FARRAR, 1962) pensent que l'utilisation même des probabilités subjectives montre bien que l'on est en situation d'incertitude. Les situations où il est possible d'utiliser la loi des grands nombres étant rares et peu ambiguës, nous nous intéressons ici qu'aux autres situations incertaines. Pour l'analyse de ces situations, il y a deux types de critères qui diffèrent par l'utilisation ou non du calcul des probabilités sans que l'on puisse vraiment lier cette distinction au degré d'incertitude ou d'ignorance. En effet, on verra que certains critères de la théorie des jeux s'appuient sur les probabilités subjectives.

3. LES CRITÈRES DE CHOIX

3.1. Les critères s'appuyant sur les probabilités

3.1.1. LES CRITÈRES DE L'ESPÉRANCE MATHÉMATIQUE

L'idée la plus simple est évidemment de résumer une perspective risquée par un nombre unique qui est l'espérance mathématique du revenu. Soit un projet A, supposons que les n gains possibles de ce projet soient exprimés par une variable aléatoire prenant les valeurs discrètes S_{1A}, \dots, S_{nA}

$$\begin{array}{l} \text{avec les probabilités } P_{1A}, \dots, P_{nA} \\ \text{telles que } \sum_{i=1}^n P_{iA} = 1 \end{array}$$

$$E_A = \sum_{i=1}^n P_{iA} S_{iA}$$

S'il y a plusieurs projets B, C, D... donnant des espérances E_B, E_C, E_D on choisit la décision D correspondant à l'espérance mathématique la plus élevée. La justification de ce critère se trouve dans le calcul des probabilités : si l'on choisit la décision D un grand nombre de fois -n-, le revenu aléatoire total $S_{D1} + \dots + S_{Dn}$ est de l'ordre de grandeur de $n.E_D$.

De façon plus précise, en prenant pour valeur du revenu total n fois l'espérance mathématique, on commet une erreur, qui, sauf dans des cas très peu probables, varie comme \sqrt{n} . Il revient au même de dire que le gain moyen

$$\frac{S_{D1} + \dots + S_{Dn}}{n}$$

est de l'ordre de grandeur de l'espérance mathématique E_D avec une erreur qui varie comme $\frac{1}{\sqrt{n}}$ (P. LEVY).

Il existe un grand nombre d'énoncés plus précis de ce théorème connu sous le nom de loi des grands nombres. Nous nous bornerons à celui-ci qui justifie à première vue le critère de l'espérance mathématique.

Les critiques avancées portent sur deux points principaux :

En restant sur le plan probabiliste, les conditions d'application de ce critère dépendent de celles de la loi des grands nombres. Nous avons déjà fait remarquer que la répétition d'un événement, toute chose égale d'ailleurs, est rare sinon absente. On ne peut guère trouver que les exemples traditionnels d'assurance et de jeux. Rigoureusement, ce critère est inapplicable dans d'autres situations. En fait, ce type de critère est quelquefois utilisé inconsciemment dans la modélisation, puisque la valeur moyenne, souvent aussi la plus probable, des coefficients techniques est retenue.

Une autre critique tient au caractère subjectif de la décision. Même dans le cas d'une répétition d'événements, on peut refuser l'emploi de ce critère, lorsque le revenu en jeu est beaucoup trop grand. Il serait raisonnable, par exemple, de souscrire au contrat d'assurance concernant un risque de coût élevé et de probabilité faible, bien que l'espérance mathématique de revenu soit négative. Cet exemple, ci-dessus, nous conduit à un autre argument militant contre l'emploi exclusif de l'espérance mathématique : même si le gain total d'un grand nombre d'opérations est presque certainement positif, une accumulation de cas défavorables peut fort bien entraîner la ruine du joueur et donc l'arrêt du jeu. Au modèle de la loi des grands nombres, nous devons substituer la ruine des joueurs que nous présenterons par la suite.

Mais la critique la plus fondamentale a été avancée par D. BERNOULLI. Pour cet auteur, d'une part, la symétrie des gains et des pertes monétaires ne signifie nullement la symétrie des utilités et des utilités économiques : « une bourse pleine n'est pas aussi bonne qu'une bourse vide n'est mauvaise ». D'autre part, les valeurs extrêmes ne doivent pas être traitées de la même façon que les valeurs médianes.

L'exemple classique est la discussion sur le jeu de Saint-Petersbourg. Soit un jeu de pile ou face. Le jeu s'arrête lorsque la pièce tombe, la première fois, sur face. On paie au joueur 2^{n-1} francs si face tombe au nième jet. On demande combien un individu accepterait de payer pour participer à un tel jeu.

Or, l'espérance mathématique du jeu est infiniment grande :

$$E = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2^n} 2^{n-1} = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} 1^{n-1} = \infty$$

En fait, toute personne raisonnable préférerait céder sa place au jeu pour une assez grande somme d'argent.

Plusieurs explications ont été avancées :

Une série infinie avant l'apparition de face « casserait la banque ». Si les ressources de la banque sont de 1 million, au 20^e jet, « elle est cassée » (2²⁰), alors que l'espérance de gain n'est seulement :

$$E = \frac{1}{2} \times 19 = 9,50$$

D'ALEMBERT pense que les trop longues séries ne sont pas seulement improbables mais impossibles. De toutes façons, les individus considèrent les très petites probabilités équivalentes à 0. La valeur de jeu serait finie.

BERNOULLI (1738) a proposé un substitut à l'espérance mathématique de gain. Ce substitut, appelé espérance d'utilité, s'appuie sur la proposition que « toute augmentation de richesse, quelle qu'elle soit, donnera une augmentation d'utilité qui est inversement proportionnelle à la quantité de biens déjà possédés »¹¹. BERNOULLI présente aussi la solution de CRAMER : la valeur « morale » des biens est directement proportionnelle à la racine carrée de leurs quantités mathématiques. Dans les deux cas, la valeur du jeu de Saint-Petersbourg est réduite à une somme d'argent assez petite. Mais, ni BERNOULLI, ni CRAMER ne proposent réellement de mesures d'utilité. Si l'identification et la mesure des fonctions d'utilité alimentent les débats des économistes depuis la fin du XIX^e siècle, comme on le verra ci-après le concept demeure central pour l'analyse économique.

Le critère de l'espérance mathématique est implicitement utilisé par les organismes de recherche et de développement agricoles pour proposer des actions techniques. En effet, celles-ci sont souvent justifiées par des calculs de moyenne (équi-probabilité des événements : « en moyenne telle technique augmente les rendements de tant »). Ce raisonnement néglige totalement la variabilité des résultats obtenus. En milieu difficile cette variation peut être très importante et entraîner des résultats, certaines années, inacceptables pour les paysans. On retrouve concrètement la critique qui est faite de l'espérance mathématique.

BINSWANGER (1979) a proposé une règle empirique qui tient compte de la variabilité : si les résultats expérimentaux d'une innovation montrent que l'augmentation de l'écart-type est deux fois plus importante que l'augmentation de la moyenne, l'innovation ne se diffusera pas car on pense que le paysan la refusera. On peut discuter de la norme proposée, l'idée demeure intéressante. K. VERBEEK (communication personnelle) a obtenu, à partir d'essais chez les paysans en vraie grandeur, les résultats suivant concernant des doses d'engrais pour la culture du maïs (cf. Tableau).

	rendement économique moyen (marge brute)	écart-type
1 - Dose recommandée par les services de la Recherche	146 000 FCFA	73 000
2 - Moitié de la dose recom-	122 000 FCFA	73 000

La formule « dose complète d'engrais » semble peu intéressante pour les paysans, car l'augmentation de l'écart-type (45 000 FCFA) est beaucoup plus importante que celle de rendement moyen (10 000 FCFA).

C'est, me semble-t-il, une des raisons essentielles de la non diffusion des techniques dites améliorées en Afrique. Mais cela ne se retrouve pas seulement en Afrique puisque c'est l'hypothèse que nous avons avancée pour expliquer la non diffusion des taurillons dans le Bassin Parisien. Dans ce cas les critères de risque de ruine ou de foyer de perte semblent plus pertinents (cf. ci-après).

3.1.2. L'ÉQUIVALENT CERTAIN

L'aversion pour le risque est un postulat du comportement généralement utilisé par les économistes : les agriculteurs, comme tous les investisseurs, toute réflexion faite, n'aiment pas le risque. L'aversion pour le risque peut se définir ainsi : un agent fait preuve d'aversion pour le risque dans une situation donnée, quand à valeur égale, il choisit le revenu auquel il associe le moindre risque ; le risque est défini ici comme une fonction de la distribution des probabilités subjectives, associées aux revenus futurs.

« L'aversion pour le risque a un fondement introspectif puissant, écrivent ROBICHEK et MYERS. A peu près tous les citoyens sont titulaires d'une police d'assurance ; le fait que les Compagnies d'Assurances soient bénéficiaires montre que l'espérance du gain sur une assurance est négative. Réciproquement peu de gens joueraient les années qui leur restent à vivre au poker, même avec une très belle main ».

On trouvera chez LUTZ et LUTZ (1951) un raisonnement et une méthode pour calculer l'équivalent certain. Ils supposent que l'entrepreneur désire un équilibre entre l'espérance de revenu net et quelques mesures de la dispersion. La méthode repose sur le calcul d'un coefficient dit d'aversion pour le risque. Ce critère paraît intermédiaire entre l'espérance mathématique et l'utilité.

3.1.3. LA THÉORIE ET LES FONCTIONS D'UTILITÉ

Dans notre discussion à propos du paradoxe de Saint-Petersbourg, nous notions que BERNOULLI et CRAMER avaient résolu le problème en utilisant la notion d'utilité. La fonction proposée par BERNOULLI ($U = \log(r/a)$) tient compte de la décroissance de l'utilité marginale de la monnaie. À partir de ce point de départ, les économistes ont longtemps disserté pour savoir si l'utilité pouvait se mesurer. Deux courants de pensée se sont longtemps opposés : d'une part, les tenants de l'utilité cardinale veulent mesurer l'utilité marginale en termes monétaires, d'autre part, les ordinalistes estiment que la mesure de l'utilité, forcément subjective, n'est ni possible, ni nécessaire. Ces théoriciens cherchent seulement à classer les utilités. Des débats importants ont eu lieu entre les tenants de ces deux courants. Les travaux de HICKS et ALLEN (1934) qui développèrent la théorie de l'utilité ordinale, clôturèrent apparemment la controverse. Malheureusement, l'utilité ordinale est peu efficace quand la décision à prendre est complexe car la solution peut dépendre de l'unité de mesure, qui normalement ne devrait pas avoir d'influence. Aussi VON NEUMANN et MORGENSTERN (1940) ont proposé un dépassement de la théorie ordinaliste avec le calcul d'un indice.

Prenons un exemple. Considérons qu'un décideur se trouve devant cette situation ; il peut recevoir 0 F avec probabilité 1/2 ou 20 F avec probabilité 1/2, cela dépend donc des résultats du jeu de pile ou face. Nous donnons une

alors de 1/2. Supposons que le décideur soit indifférent entre recevoir 3 F de façon certaine et jouer. Alors l'utilité de 3 F est 1/2. Nous avons donc obtenu trois niveaux d'une échelle d'utilité. De toutes façons, cette échelle n'est valable que pour un seul individu, elle n'est pas susceptible de généralisation.

L'intérêt de ce type d'utilité repose sur le principe de BERNOULLI. BERNOULLI s'appuie sur trois axiomes qu'il est important de préciser.

Ordre préférentiel transitif

Si $G_1 \geq G_2$ et $G_2 \geq G_3$, alors $G_1 \geq G_3$.

Cet axiome est important car s'il n'y a pas transitivité, la fonction n'est pas unique jusqu'à une transformation linéaire, et la recherche d'un maximum ne se justifie plus.

M. ALLAIS (1953) a fortement contesté cet axiome. Dans un exemple théorique, il montre qu'il peut y avoir intransitivité. En fait, il est toujours possible pour un individu de respecter cette règle en montrant où est l'intransitivité et en décomposant les choix.

Continuité

Si une personne préfère G_1 à G_2 et G_2 à G_3 , alors il existe une probabilité unique p , telle que la personne est indifférente entre G_2 et un jeu avec la probabilité p de gagner G_1 et une probabilité $1 - p$ de gagner G_3 .

Indépendance

Si G_1 est préféré à G_2 , et si G_3 est une autre possibilité, alors un jeu avec G_1 et G_3 , comme possibilités sera préféré à un jeu avec G_2 et G_3 , comme possibilités si les probabilités que G_1 et G_2 se réalisent sont les mêmes.

Avec ces axiomes, on peut démontrer (BAUMOL, 1963) le principe de BERNOULLI, appelé aussi théorème de l'espérance d'utilité : « *Étant donné un décideur dont les préférences ne violent pas les axiomes, il existe une fonction d'utilité U , qui associe un nombre ou un index d'utilité à toute possibilité de choix ou d'action du décideur* ».

Si les décideurs étaient toujours rationnels, c'est-à-dire s'ils faisaient toujours des choix cohérents, la règle du maximum de l'utilité espérée serait valable pour décrire et prédire.

En fait, on peut présenter un grand nombre de cas où cette analyse est réfutée. De toutes façons, il reste le problème de la détermination et la construction des courbes d'utilité. On trouvera en annexe une présentation des méthodes proposées par FRIEDMAN, SAVAGE et MARKOWITZ.

Une équipe d'économistes ruraux américains (JOHNSON *et al.*, 1971), a essayé d'établir des courbes d'utilité à partir d'une enquête auprès de plus de 1 000 agriculteurs américains du Middle West.

Les auteurs ont conclu que le concept d'utilité pouvait être utilisé dans un sens positif comme un moyen pour interpréter et prédire le comportement des managers.

Concrètement, plusieurs spécifications algébriques ont été proposées pour mesurer cette fonction d'utilité. FREUND a construit des modèles de programmation qui tiennent compte de la fonction d'utilité, avec l'introduction d'un coefficient d'aversion pour le risque. Ces modèles semblent satisfaisants pour décrire les choix de production des agriculteurs. Il reste que le calcul de la fonction des coefficients est toujours assez « risquée », le plus souvent il est

de Bayes (probabilités a posteriori). Cette approche permet de tenir compte des informations supplémentaires. Elles est théoriquement séduisante mais semble assez peu praticable.

En conclusion on peut dire que la théorie bernoullienne de la décision est une approche normative du choix risqué basé sur des hypothèses personnelles (probabilités subjectives) plus ou moins fortes du décideur, sur la réalisation d'événements incertains et sur l'évaluation personnelle (utilité) des conséquences possibles. L'intérêt de cette théorie est bien d'insister sur le caractère subjectif de la décision qui doit être reliée à l'aversion ou la préférence pour le risque du décideur.

3.1.4. INCONVÉNIENTS DES PROBABILITÉS SUBJECTIVES

Dans un article récent d'une revue pour un grand public (L. SAMUEL, 1986), l'auteur montrait que si le calcul des probabilités aide à faire des choix raisonnés, notre esprit y est allergique. Il citait cet exemple de deux décisions :

« 1 — Choisissez entre ces deux probabilités : 85 % de chance de gagner 10 000 F et 15 % de chance de ne rien gagner ou un gain sûr de gagner 2 400 F.

2 — Choisissez entre ces deux autres possibilités : une perte inévitable de 7 500 F ou 75 % de chances de perdre 10 000 F et 25 % de chances de ne rien perdre du tout.

Face au premier choix la plupart des gens préfèrent empocher 2 400 F. Ils optent pour la sécurité. Face à la seconde décision, plus de 90 % prennent en revanche le risque de perdre 10 000 F dans l'espoir de ne rien perdre du tout ».

On sait par ailleurs que la plupart des gens ont plus peur de prendre l'avion que leur voiture alors qu'il y a bien plus de risques sur la route. L'auteur montre que pour prendre la meilleure décision il faut « slalomer entre les différents pièges logiques ». Il cite deux auteurs KAHNEMAN et TVERSKY pour illustrer ce « biais de représentativité » : un chauffeur de taxi a renversé un passant et s'est enfui. 85 % des taxis de la ville sont verts et 15 % sont bleus. Un témoin affirme que la voiture coupable est bleue. La police vérifie que le témoin placé dans des conditions similaires à celles de l'accident identifie huit fois sur dix la couleur du taxi. On arrête un taxi bleu qui se trouvait à proximité de l'accident. Son chauffeur est-il coupable ? La plupart des gens répondent que oui puisqu'il y a 80 % de chances, pensent-ils, que le taxi coupable soit bleu. Ce qui est faux. S'il avait vu 100 accidents, il y en aurait 85 provoqués par un taxi vert et 15 par un taxi bleu. Sur les 85 verts, le témoin en verrait faussement 17 bleus (20 % des 85) et sur les 15 bleus, il en verrait correctement 12 bleus (80 % des 15). Ainsi sur les 29 cas (17 + 12) où il déclare avoir vu un taxi bleu le témoin se sera trompé 17 fois, soit 60 % d'erreur : il y a donc plus de chances que le témoin ait mal identifié un taxi vert plutôt que bien identifié un taxi bleu.

Les probabilités sont certes dangereuses, faut-il les éviter et prendre les critères qui ne s'appuient pas sur elles ?

3.2. Les autres critères de décision en avenir incertain

3.2.1. LA SURPRISE POTENTIELLE DE SCHACKLE, LE FOYER DE PERTE (BOUSSARD, PETIT)

G. SHACKLE pense que la notion de probabilité n'est pas un outil

Il a développé, dans un petit ouvrage paru en 1949 des vues originales sur le traitement de l'incertitude. Henri GUITTON écrivait en 1959 : « on ne connaît malheureusement pas assez, en France, les idées très profondes de GLS SHACKLE sur la « surprise potentielle ». Elles renouvellent toute la théorie de l'avenir et des décisions économiques. Elles méritent une très grande attention ». Le modèle de SHACKLE est généralement considéré comme un exposé des facteurs psychologiques de la décision et donc peu applicable concrètement. En particulier cette analyse présente le grave inconvénient de ne pas indiquer le moyen de passer des anticipations concernant une décision à celle qui regarde l'ensemble des décisions. BOUSSARD & PETIT (1966) ont proposé un moyen de l'éviter : « On suppose d'abord que des foyers de gains et des foyers de pertes sur chaque spéculation (représentée par une activité ou un groupe d'activités dans un programme linéaire) dépendent linéairement du niveau de cette activité et qu'on peut, par conséquent, définir des foyers de perte et de gain unitaires, correspondant à l'unité dans laquelle est exprimé le niveau de l'activité considérée.

On suppose ensuite que le foyer de gain global est la somme des foyers de gain sur chaque spéculation et on définit une « perte admissible globale » sur l'ensemble des spéculations comme la différence entre le foyer de gain global et le revenu minimum. De la même façon pour chaque spéculation, on définit une « perte possible » comme la différence entre le revenu correspondant au foyer de gain pour cette spéculation, et le revenu correspondant au foyer de perte.

On admet enfin que la contrainte qui impose au foyer de perte globale de ne pas entraîner un revenu inférieur au revenu minimum est satisfaite si, pour aucune spéculation, la perte possible n'excède une certaine fraction $1/k$ de la perte admissible ».

Les points les plus faibles de cette méthode sont évidemment l'estimation des paramètres et en particulier celle du paramètre k .

« Nous l'avons fixé à 3, assez arbitrairement, conviennent BOUSSARD et PETIT, mais en nous fondant sur les calculs approchés, qui montrent que la probabilité d'obtenir un revenu inférieur ou égal au revenu minimum était faible pour les assolements obtenus par l'intermédiaire de la programmation ainsi conçue ». D'après les utilisateurs, cette méthode a donné de bons résultats pour l'étude des problèmes d'accès à l'irrigation. Il est certain qu'elle traduit le vieil adage : « Ne pas mettre tous les œufs dans le même panier ». Cette recherche de la diversification est une constante assez commune des différents modèles depuis celui de MARKOWITZ jusqu'à celui inspiré de SHACKLE.

BOUSSARD et PETIT ont construit un modèle de programmation linéaire avec contraintes de sécurité de ce type. Ce modèle a aussi été utilisé par BOUSSARD et ses collaborateurs pour étudier le comportement des agriculteurs de plusieurs pays africains (Sénégal, Madagascar...).

Dans les deux exemples donnés précédemment il me semble que cette idée de « perte admissible globale » traduit bien le comportement de certains agriculteurs et une forme concrète de leur aversion pour le risque. En situation difficile, les agriculteurs doivent développer des stratégies qui limitent au maximum les pertes. La perte admissible est souvent proche de zéro. Ils ne peuvent accepter les techniques qui donnent de bons résultats en moyenne, mais qui ont des variabilités telles que certaines années, le résultat est inférieur à ce qui est produit par la technique traditionnelle. La priorité est donc donnée à la sécurité alimentaire. Dès que la sécurité alimentaire n'est plus cherchée en priorité, il semble que la « perte admissible globale » devient plus importante.

(ceux des Terres Neuves du Sénégal par exemple) qui en viennent à accepter de ne pas produire toutes les céréales nécessaires pour leur autoconsommation. Les revenus obtenus sur l'arachide doivent leur permettre d'acheter les céréales dont ils ont besoin.

3.2.2. AUTRES CRITÈRES

La théorie des jeux de VON NEUMANN et MORGENSTERN a eu son heure de gloire, il est vrai qu'elle est très opérationnelle. Dans la théorie des décisions, le second joueur n'est pas, à strictement parler, un adversaire. Bien souvent, le second joueur est considéré comme étant la « nature » et les problèmes de décisions correspondant sont appelés « jeux contre la nature ». Les défenseurs de la distinction entre risque et incertitude, réservent la théorie des jeux pour la prise de décisions en complète ignorance, c'est-à-dire en situation d'incertitude. Nous ne pensons pas que la complète ignorance soit plus réaliste que la connaissance parfaite.

Quoiqu'il en soit dans ce jeu contre nature, plusieurs critères sont proposés du plus optimiste au plus pessimiste en passant par les intermédiaires. Le critère du minimax ou du maximin est le critère pessimiste puisque le décideur se met dans la plus mauvaise situation. « Mais lorsque notre adversaire est la nature qui ne peut être considérée comme un adversaire systématique et calculateur, la méthode du maximin est assez clairement une manifestation de pure lâcheté » (BAUMOL, 1963). Le critère du maximax est « à l'opposé de la règle du maximin sur l'échelle de l'aventure ». L'emploi de ce critère suppose un tempérament résolument optimiste voire inconscient ou naïf. Entre ces deux critères extrêmes, il y a le critère d'HURWICZ, qui repose sur un coefficient d'optimisme : indice de la psychologie du joueur.

Pour être complet, il faudrait présenter les différents modèles de programmation linéaire stochastique. Mais dans l'état actuel des choses, il n'existe pas de modèle de programmation stochastique qui soit systématiquement utilisé. Les raisons en sont multiples : l'information technico-économique est bien souvent insuffisante en qualité et en quantité. Cette information n'est pas toujours présentée de façon satisfaisante ; les algorithmes de résolution sont trop coûteux s'ils ne font pas défaut. Il en est de même de l'utilisation des processus stochastiques comme les files d'attente ou les chaînes de MARKOV. Ces processus sont intéressants dans la mesure où ils peuvent s'intégrer dans des ensembles plus vastes (CORDONNIER *et al.*, 1970).

Certains auteurs utilisent le taux de pénalisation (risk-discounting) pour tenir compte du risque. Le taux d'intérêt est augmenté de ce taux de risque pour faire les calculs de bénéfice actualisé. Apparemment cette méthode est simple mais ce n'est pas une méthode générale pour rendre compte des cas dans lesquels une grande incertitude pèse sur les premières années, et une plus faible incertitude sur les périodes les plus éloignées : construction d'un immeuble ou, d'une étable. Les coûts de construction sont en fait moins bien connus que les recettes liées à la production laitière, le taux de pénalisation n'a alors aucun effet sur les dépenses immédiates.

4. LES PAYSANS ONT-ILS UNE AVERSION VIS-À-VIS DU RISQUE ?

RECHERCHES SUR LE COMPORTEMENT DES AGRICULTEURS

De nombreux travaux de recherches sur le comportement des agriculteurs

recherches sur les systèmes de production (ou farming systems) dans une perspective de développement. Dans ce cadre, une théorie générale du comportement adaptatif a été proposée par l'INRA-SAD (Groupe de recherches INRA-ENSSAA, 1977, BROSSIER, 1981, PETIT 1981), elle s'appuie sur le postulat de cohérence : « toute action peut toujours être expliquée comme résultant d'objectifs explicites ou implicites et d'une situation telle qu'elle est perçue consciemment ou non par l'agriculteur ». Autrement dit les agriculteurs, compte tenu de leur situation et de leurs objectifs, ont des raisons de faire ce qu'ils font. Le rôle de la recherche est de découvrir ces raisons et donc la cohérence de leur comportement.

De nombreux travaux ont été menés dans ce cadre : ils portent sur l'observation des pratiques concrètes de gestion des agriculteurs. Ainsi, dans sa thèse récente, A. HUIJSMAN (1986) a étudié le processus de décision dans un village des Philippines. Il a observé pendant plusieurs années les décisions des paysans. Ses résultats remettent en cause un certain nombre d'idées reçues. Des conclusions peuvent être tirées tant sur le comportement réel des paysans que sur les orientations de recherche.

4.1. Comment les agriculteurs prennent leurs décisions ?

Les stratégies et les pratiques de beaucoup de paysans, à tort interprétées comme résultant de leur aversion vis-à-vis du risque, cherchent à atteindre un double objectif : réduction des risques et obtention des meilleurs résultats économiques. Pour atteindre ces objectifs, les agriculteurs adoptent une attitude prudente vis-à-vis de l'optimum. Ils cherchent à améliorer graduellement la productivité et à augmenter le revenu en limitant les risques d'entreprise (production) et financiers à un niveau acceptable et maîtrisable. D'après lui, les agriculteurs décomposent le risque global sur la production en risque partiel sur les facteurs de production. Ils cherchent à savoir jusqu'à quel degré tel risque sur tel facteur peut être contrôlé et jusqu'à quel degré les nouvelles technologies sont plus risquées que les technologies existantes.

Globalement les paysans ne souhaiteraient pas se contenter de résultats stables si cela doit impliquer des niveaux de revenu faibles.

Concrètement, la façon dont les fermiers répondent aux propositions d'innovation dépend des facteurs liés à l'exploitation et au ménage qui lui est lié (situation financière, cycle familial, force de travail) et de facteurs exogènes.

HUIJSMAN montre que les paysans ont une attitude active vis-à-vis du risque. Leur principal objectif ne serait pas de limiter la variabilité de la production mais de pouvoir agir sur les contraintes pour utiliser positivement les ressources. Pour cela ils choisissent des systèmes de cultures flexibles et ayant des options diversifiées de culture. Ils recherchent les facteurs de production qui s'adaptent le mieux aux modifications de l'environnement pendant le cycle de culture et qui sont les plus souples quant aux dates d'utilisation.

L'auteur conclut que les paysans savent jouer avec le risque mais ils craignent la spirale de l'endettement. C'est pour cette raison que le risque perçu peut constituer une cause sérieuse de sous-investissement en agriculture et d'élargissement des disparités entre les ménages pauvres et les ménages riches.

4.2. Conséquences pour la recherche

Les travaux d'HUIJSMAN se situent dans la lignée des travaux sur les

CIRAD, ORSTOM) qu'anglo-saxonnes (Centres Internationaux de Recherche Agronomique, D. NORMAN). HUIJSMAN fait un plaidoyer qui serait volontiers repris par les chercheurs de ces différentes équipes : « Il est temps que les économistes et les agronomes commencent à comprendre que la question centrale n'est pas : comment et jusqu'à quel degré les paysans ont une aversion vis-à-vis du risque, mais plutôt : comment gèrent-ils et intègrent-ils les modifications et les aléas de l'environnement ? Qu'est-ce que l'on peut apprendre de l'étude de leurs stratégies en situation de risque ». C'est ainsi que l'on pourra d'une part valoriser les capacités d'innovation des paysans et d'autre part leur proposer des outils d'aide à la décision plus pertinents car plus adaptés.

L'intérêt des modèles et de leur raffinement demeure dans l'effort fait pour comprendre le comportement économique des décideurs. Les hypothèses qui sont faites alors permettent d'explicitier les critères de ce choix, de proposer de nouvelles pistes pour enrichir la décision. S'il est vrai que les décideurs ne recherchent pas la meilleure solution, mais se contentent souvent d'une solution satisfaisante (H. SIMON), il reste que les recherches en matière de gestion doivent aider à trouver de meilleures solutions et pour cela les approfondissements théoriques que permettent les modèles paraissent utiles.

À cet égard le développement des systèmes experts (Intelligence Artificielle) et des Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision (S.I.A.D.) apparaît très prometteur pour mieux comprendre le comportement des agriculteurs en situation de risque et pour améliorer leurs décisions (TEULIER, 1986). En matière de gestion, on ne sait pas encore parfaitement pourquoi certains agriculteurs « réussissent » mieux que d'autres. En matière d'analyse de la gestion, les informations non quantifiées ont été le plus souvent ignorées parce que l'on ne savait pas les traiter — certaines des solutions présentées ici apparaissent comme un essai de quantifier le risque — or, il semble bien que les bons agriculteurs sont ceux qui intègrent le mieux certains éléments de l'environnement pédo-climatique et socio-économique pour pouvoir réagir aux aléas. Les systèmes experts peuvent être utilisés pour aider à découvrir les critères, indicateurs et informations que les agriculteurs retiennent en situation d'incertitude.

ANNEXE

L'élaboration des fonctions d'utilité

FRIEDMAN et SAVAGE ont proposé une courbe d'utilité fonction du revenu qui est représentée sur la figure 1.

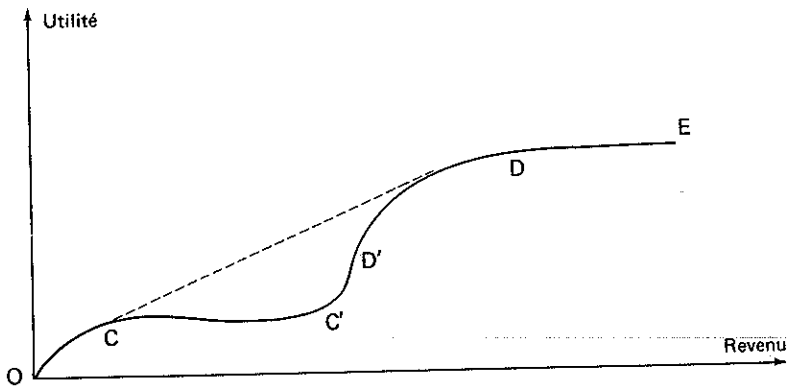


FIG. 1

Les caractéristiques sont les suivantes :

1 — Les personnes à bas revenu ont une aversion pour le risque, et par exemple, s'assurent. Ceci correspond à la partie OC' de la courbe (fig. 2). Globalement le coût de l'assurance est supérieur au gain. S'étant assurée, la personne est certaine qu'elle aura un pouvoir d'achat I* inférieur à son pouvoir d'achat actuel (I₁). L'utilité de ce nouveau revenu plus bas de l'individu s'assurant doit être supérieur à la moyenne des utilités des deux situations possibles dans assurance.

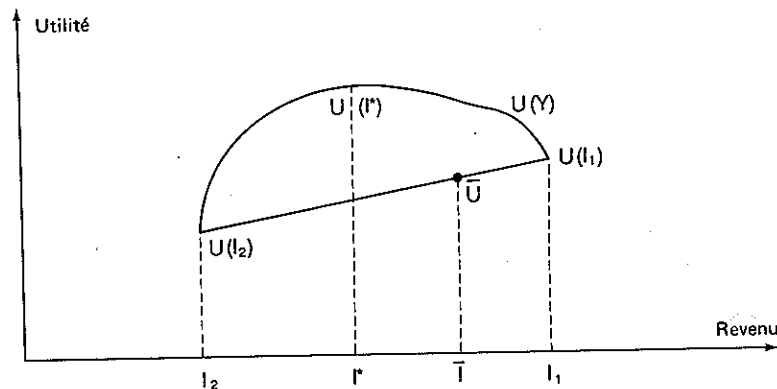


FIG. 2

I₁ = position de l'individu non assuré si aucune perte ne survient.
 I₂ = position de l'individu non assuré si la perte survient.
 I = moyenne, pondérée par la probabilité de perte I₁ et I₂.
 U (Y) = utilité.
 $\bar{U} = P [U (I_2)] + (1 - p) [U (I_1)]$.

Pour que l'individu s'assure il faut donc que U (I*) soit supérieur à U. En d'autres mots, la désutilité marginale croissante des gains est nécessaire pour qu'il y ait assurance. Poussée à l'extrême, cette aversion peut empêcher toute action quelque peu risquée et donc la prise de responsabilité.

2 — Les personnes à revenu plus important peuvent avoir une préférence pour le risque : ceci correspond à la partie C' et D' de la courbe (fig. 1).

Sur la figure 3, on s'aperçoit que l'utilité marginale est croissante.

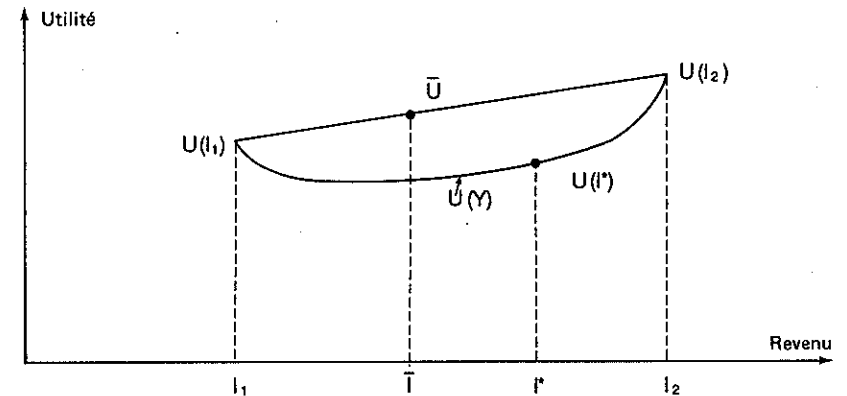


FIG. 3

I₁ = Revenu après le risque mais avec perte.
 I₂ = Revenu après le risque mais avec gain.
 I = Moyenne, pondérée par la probabilité de perte, des situations I₁ et I₂.
 $\bar{U} = P [U (I_1)] + (1 - p) [U (I_2)]$.
 $U (I^*) \leq \bar{U}$

3 — Les situations C C' et D D', (fig. 1) légère préférence ou aversion pour le risque, se rencontrent chez les personnes dont le revenu est modérément important ou faible. Ces individus sont à la fois joueur et assuré.

Plusieurs critiques ont été faites à cette analyse. Signalons celles de MARKOWITZ qui conteste que les personnes ayant de revenus moyens acceptent des paris entraînant gain ou perte important.

MARKOWITZ propose la courbe et la figure 4.

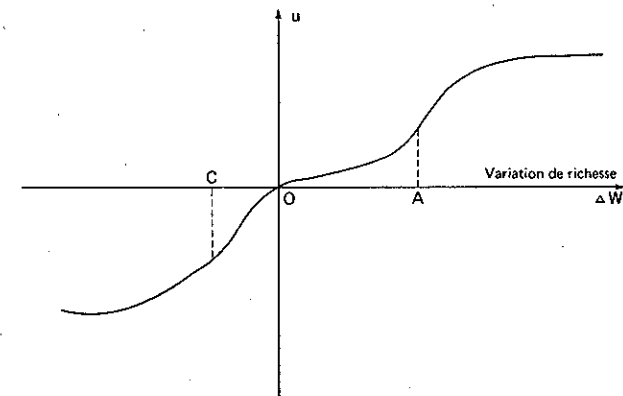


FIG. 4

Le point 0 représente la richesse initiale.
 À droite du point 0, il y a les accroissements de richesse et à gauche, les diminutions de

La fonction d'utilité a trois points d'inflexion (A, O, C) avec le point d'origine. La fonction est monotone croissante, mais limitée (pour éviter le paradoxe de Saint-Petersbourg). La situation des points A et C varie suivant les cas. Pour les jeunes considérés plus joueurs, A tendra vers l'infini, si on considère les vieux plus « prudents », le point C tendra vers l'infini. La courbe est asymétrique : la fonction d'utilité décroît plus vite à gauche du point O qu'elle ne croît à droite. Généralement, le raffinement de MARKOWITZ est accepté. Mais, le problème de la construction de la courbe d'utilité reste entier.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLAIS (M.), 1953. — Le comportement de l'homme rationnel devant le risque : critique des postulats et axiomes de l'École Américaine — *Econometrica*.
- BAUMOL (W.), 1963. — Théorie économique et analyse opérationnelle — Dunod.
- BERNOULLI. — "Specimen theoriae novae de mensura sortis" — Commentaires de l'Académie Impériale des Sciences de St Pétersbourg, Tome V, 1738 ; 175-192 — Trad. française dans *Revue et Statistiques Appliquées*, 1971, vol. XIX, n° 3.
- BINSWANGER (H. P.), 1979. — Risk and uncertainty in Agricultural Development in Roumasset, Boussard, Singh, 1979.
- BOUSSARD et PETIT, 1966. — Problème de l'accession à l'irrigation, INRA-SCP.
- BOUSSARD, 1971. — L'application des modèles « type Provence » à l'étude des exploitations agricoles de l'Ouest Malgache — *Economie Rurale* n° 88, avril-juin, 1971 : 45-57.
- BOUSSARD (J. M.), 1979. — Risk and uncertainty in Programming models : a review in Roumasset, Boussard, Singh, 1979.
- BROSSIER (J.) et al., 1974. — Systèmes de Production en régions de grande culture — Série Économie et Sociologies Rurales — INRA-Dijon-THEIX, ed. SEI Versailles, 1 vol., 292 p.
- BROSSIER (J.), MARSHALL (E.), 1976. — Les coûts de production, instruments de quelle décision ? Du coût de production au juste prix. *Revue de l'INRAP*, n° 25.
- BROSSIER (J.), 1981. — Recherche Développement sur les systèmes de production au Mali — Session de la SFER, automne 1981, 9 p.
- BROSSIER (J.), CHAUMONNOT (G.), MARSHALL (E.), 1978. — Analyse technico-économique des exploitations agricoles et formation des agriculteurs. Une expérience menée avec un groupe d'agricultrices et d'agriculteurs de la région de Beaune, 260 p. INRAP-Dijon.
- CORDONNIER, CARLES, MARSAL, 1970. — Économie de l'entreprise agricole — Cujas, p. 510.
- DE FINETTI. — La prévision, ses lois logiques, ses sources subjectives — *Annales Institut Henri Poincaré*, T. III. Paris.
- DIANI (S.), 1984. — Actions de développement agricole et diversité des situations des paysans. Le cas d'une opération de développement rural dans la zone sahélienne du Mali (Kaarta) — Faculté de Science Économique et de gestion de Dijon, thèse de 3^e cycle, 258 p. + annexes — (Directeur : J. BROSSIER).
- DILLON, 1971. — An expository Review of Bernoullian Decision theory in Agriculture Review of Marketing and Agricultural Economics — vol. 39, n° 1, march 1971.
- DONIO (J.), 1969. — Le problème Bayésien — METRA, vol. III, n° 2A.
- FARQUHAR (A.), 1961. — Rational decision marking and risk in farm planning. *Journal of Agricultural economics*, Vol. XIV, n° 4, décembre 1961.
- FARRAR (D.), 1962. — The investment decision under uncertainty — Prentice hall.
- Groupe de Recherches INRA-ENSSAA, 1977. — Pays, paysans, Paysages dans les Vosges du sud — INRA — service des publications. Paris.
- GUITTON (H.), 1959. — La théorie du temps et de l'incertitude de SHACKLE-REP, janvier-février 1959.
- HICKS (J.), and ALLEN (R.), 1934. — A reconsideration of the theory of value — *Econometrica* (Ecl. May, 1934 — 52-76 and 196-219).
- HUIJSMAN, 1986. — Choice and uncertainty in semi-subsistence economy. A study of decision making in Philippine Village. Agricultural Economic. PhD Thesis Wageningen (Royal Tropical Institute) — Amsterdam.
- JOHNSON (G.) et al., 1961. — Managerial Processus of Midwestern Farmers — Iowa — State University Press.
- KNIGHT (F.), 1921. — Risk uncertainty and profit — Boston : Houghton, Mifflin.

- LUTZ (F.), and LUTZ (V.), 1951. — Theory of investment of the firm — Princeton University Press.
- MASSE (P.), 1968. — Le choix des investissements — Dunod.
- MUNIER (B.), ed., 1987. — Decision, risk and uncertainty. Reidel publishing company, Dardrecht. Actes du colloque FUR III, Aix-en-Provence, 1986.
- OFFICIER (R.), 1967. — Thèse de maîtrise (non publiée) — Décision making under risk : a brief examination of the Bayesian approach and an empirical study of utility analysis in Agriculture — University of New England.
- PETERSON, 1965. — "Journal of Experiment psychology", vol. 70, n° 1 et 5 (plusieurs articles).
- PETIT (M.), 1975. — Adoption des innovations techniques par les agriculteurs — Plaidoyer pour un renouvellement de la théorie économique de la décision — Pour — n° 40.
- PETIT (M.), 1981. — Théorie de la décision et comportement adaptatif des agriculteurs in Formation des agriculteurs et apprentissage de la décision. Journée INRA-ENSSAA-INPSA-INRAP, 21 janvier 1981.
- REBOUL (C.), 1964. — Temps de travaux et jours disponibles en agriculture — *Économie Rurale*, juillet-septembre 1964, n° 61 : 56-79.
- RIVELINE (C.), 1973. — L'évaluation des Coûts — *Annales des Mines*, juin 1973.
- ROBICHEK (A.), MYERS (S.), 1970. — La préparation des décisions financières. Trad. Dunod, 1970.
- ROUMASSET (J. A.), BOUSSARD (J. M.) and SINGH (I.), ed. 1979. — Risk uncertainty in Agricultural Development New-York, Agr. Dev. Centre.
- SAMUEL (L.), 1986. — La prise de décision : une science, Ça m'intéresse, janvier 1986, n° 59 : 80-84.
- SAVAGE (L.), 1954. — The foundation of statistics. New-York, J. Wiley and sons.
- SFEZ (L.), 1973. — Critique de la décision, Cahiers de la FNSP, Paris. Une version réduite et actualisée du même auteur et parue en 1984 : Que sais-je ? n° 1981, PUF.
- SIMON (H.), 1969. — The Sciences of the Artificial. The MIT Press — Cambridge-Mass. Trad. française « La Science des Systèmes, Science de l'Artificiel » — Paris, l'EPI, 1974.
- SUMMERS (R.), 1967. — A peck at the trade off relationship between return and risk. *The quarterly Journal of economics*, n° 3, août 1967 : 437-456.
- TEULIER (R.), 1986. — Intérêt d'utiliser l'Intelligence artificielle dans les systèmes interactifs d'aide de la décision sur l'exploitation agricole. Mémoire de DEA, UER Sc. Econ. Toulouse, 90 p. + annexes.
- VON NEUMANN (J.), MORGENSTERN (O.), 1940. — Theory of games and Economic Behavior — Princeton.

NOTES

1. Il semblerait donc que ceux qui deviennent propriétaires acceptent un risque financier élevé pour des motifs de sécurité ou de survie et sans doute parce qu'ils peuvent réduire les risques d'entreprise.
2. On peut facilement constater sur cet exemple les limites d'une analyse qui ne porterait l'attention que sur le revenu agricole qui, dans ce dernier cas, serait toujours largement positif (63 000 — 30 000 = 33 000 F).
3. L'exode rural, par l'envoi des fonds, permet l'achat de charrues, il est un élément de la stratégie des paysans.
4. Pour des développements théoriques récents, on pourra se reporter à l'excellente introduction de Bernard MUNIER « A guide to decision-marking under uncertainty » de l'ouvrage collectif B. MUNIER, 1987.
5. On parle de probabilité physique, empirique ou de fréquence.
6. DE FINETTI écrit : « Si dans un coup de pile ou face, j'attribue la probabilité 1/2 à pile, c'est là un jugement subjectif que des considérations de symétrie... peuvent expliquer dans des raisons psychologiques, mais qu'elles ne peuvent nullement transformer en quelque chose d'objectif ».
7. On parle aussi de probabilités personnelles et psychologiques.
8. On peut reprendre un exemple emprunté à MASSE (1968), p. 219. « Une personne énonce qu'un tel événement, la victoire du cheval Phil Drake au grand prix de 1955, a une probabilité 1/2. L'expérience peut-elle confirmer ou infirmer cette affirmation ? Certes pas. Phil Drake peut gagner le Grand Prix ou le perdre. En fait, il l'a gagné. Tout ce que prouve l'expérience, c'est que la probabilité en question n'était pas nulle. Pour aller plus loin, il faudrait recommencer l'épreuve un grand nombre de fois dans des conditions identiques. Mais le Grand Prix de 1955 ne se court qu'une fois.

Dans la conception subjective au contraire, l'affirmation a un sens très précis. C'est que l'individu acceptera de miser 100 francs pour recevoir 200 francs en cas de victoire de Phil Drake. Ou qu'il sera indifférent entre deux billets de loterie lui assurant la même somme, l'un en cas de victoire de Phil Drake dans le Grand Prix, l'autre en cas de sortie de Face en un seul coup de Pile ou Face ».

9. On trouvera dans la revue Metra un article de J. DONIO (1969) présentant un modèle séquentiel Bayésien.

10. Voir en particulier les articles de PETERSON (1965) dans le « Journal of Experiment psychology ».

11. L'accroissement d'utilité $du = \frac{dr}{r}$ est inversement proportionnel à la fortune initiale (r)

d'où $u = \log \frac{r}{a}$