Année 2003

Thèse

pour l'obtention du grade de :

Docteur de l'E.H.E.S.S.

Discipline : *Mathématiques et Informatique*

présentée et soutenue publiquement par

Jean Robert Kala Kamdjoug

à l'ENST Bretagne, le 29 janvier 2003

Équipe d'accueil : Département IASC de l'ENST Bretagne

Aide à la décision pour la gestion des micro-crédits en Afrique Application à la sélection des CVECA au refinancement

---

Composition du Jury :

Président :	M. Jean-Pierre Brans, V.U.B.
Rapporteurs :	M. Denis Bouyssou, Université de Paris Dauphine M. Jean-Pierre Brans, V.U.B.
Examinateurs :	M. Antoine Acquaviva, U.B.O./EURIA M. Bruno Leclerc, E.H.E.S.S. M. Philippe Lenca, ENST Bretagne
Directeur :	M. Jean-Pierre Barthélemy, ENST Bretagne

à
Colette, Nathanaël et Frédéric.

Remerciements

Je remercie M. *Antoine Acquaviva*, professeur à l'UBO, pour avoir accepté d'examiner ce travail de thèse.

Je remercie M. *Jean-Pierre Brans*, professeur émérite de l'ULB, pour m'avoir fait l'honneur accepter de juger ce travail.

Je remercie M. *Denis Bouyssou*, Directeur de recherches au CNRS, pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de juger ce travail.

Je remercie M. *Bruno Leclerc*, maître de conférences à l'E.H.E.S.S., pour avoir accepté d'examiner ce travail de thèse.

Je remercie M. *Philippe Lenca*, maître de conférences à l'ENST-Bretagne pour avoir encadré cette thèse. Je te remercie particulièrement pour ton aide dans le développement de la coopération entre l'ENST-Bretagne et l'UCAC.

Je remercie M. *Jean-Pierre Barthelémy*, professeur à l'ENST-Bretagne pour avoir dirigé cette thèse. Pour moi, tu es le modèle d'enseignant-chercheur. C'est grâce à toi que ce travail de thèse a abouti. Je te remercie particulièrement pour m'avoir créé un cadre de travail agréable. J'ai beaucoup aimé ces journées de travail scientifique qui se terminaient par une soirée autour d'une bonne bouteille.

Je remercie l'équipe du LIASC dont la bonne humeur et l'amitié m'ont fait passer quatre années inoubliables : *Philippe π, Gilles, Philippe τ, Christophe, Alexandre, Sébatien, Ioannis, Big, Babeth*, ... Une attention particulière à l'endroit *Ghislaine* pour sa gentillesse, ton aide m'a été précieuse pour toutes les démarches administratives.

Je remercie toute l'équipe des enseignants de la FSSG de l'UCAC, *Henri, Geert, Guy* et particulièrement les membres du GRIAGES : *Hubert, Carine, Théophile, Celestin, Laetitia, Annick, Sylvain, Georges, ...* pour leurs encouragements tout au long de mes travaux de thèse.

Je remercie le père *Chandon-Moët* et le père *Dubin* pour avoir donné leur accord pour le démarrage de ces travaux et pour avoir apporté les financements nécessaires pour les mener.

Je remercie *Marie-Hélène* pour m'avoir fait aimer le métier d'enseignant et

créer le GRIAGES. Ta volonté, tes conseils et tes encouragements sont des sources d'inspirations inestimables pour ma carrière.

Je remercie toute l'équipe d'experts du MIFED : *Wolf, Simon, Charlotte, Jean-Claude, Clément* et *Philippe* dont les échanges et surtout le temps qu'ils m'ont consacré ont été déterminants pour la réalisation des ces travaux. Une attention particulière à *Clément* et à *Philippe* qui m'ont initié à la microfinance.

Je remercie mes amis d'Arras : *Fred, Keltoum* et la famille *Demolin*. Ceux de Brest : *Pat, Zaza, Celo, Thété, Françoise* et la famille *Quéré*. Enfin, je remercie particulièrement celui de Geneva, *Akema*. Votre présence m'a aidé à supporter ces instants passés loin de ma famille.

Je remercie tous mes parents et frères qui m'ont toujours soutenu.

Merci aussi à ceux que j'ai oublié de citer jusqu'ici...

Et surtout, je remercie enfin *Colette, Nathanaël et Frédéric* qui ont souffert le plus de mes absences répétées de la maison. Logiquement je leur dédie ce travail.

Table des matières

Remerciements **iii**

Introduction **1**

1 Raison d'être du microcrédit en Afrique **5**

1.1 Les populations cibles du microcrédit 6

1.2 Les formes d'institution de microfinance 8

1.2.1 L'approche par les coopératives d'épargne et de crédit . . . 9

1.2.2 L'approche par les caisses villageoises d'épargne et de crédit autogérées 10

1.2.3 L'approche du crédit solidaire 10

1.2.4 L'approche informelle de type tontinier 11

1.3 Le paysage de la microfinance au Cameroun 12

1.3.1 Le réseau de la "Cameroon Cooperative Credit Union League" 13

1.3.2 Le réseau des mutuelles communautaires de croissance . . 13

1.3.3 Les réseaux des CVECA 14

1.4 La nécessité d'outils performants de gestion des IMF 15

1.5 Conclusion 18

2 Problématique du refinancement **21**

2.1 La décision dans le choix des caisses au refinancement : un processus multidécideur 22

2.1.1 L'organisation du PCRD 22

2.1.2 Les décideurs dans le processus de refinancement 24

2.2 Processus et conditions d'accès au refinancement 27
2.2.1 L'Inter-Caisse Villageoise (ICV) 27
2.2.2 Les conditions d'accès au refinancement 28
2.2.3 Le processus de choix des CVECA 30
2.2.4 Les caractéristiques du processus de choix des CVECA au refinancement 31
2.3 Les critères d'évaluation des CVECA pour le refinancement 32
2.3.1 Détermination des critères 33
2.3.2 Définition des critères 34
2.3.3 Description des critères et des échelles d'évaluation 35
2.4 Étude de la cohérence des critères 37
2.4.1 Test d'exhaustivité 37
2.4.2 Test de cohésion 38
2.4.3 Le test de non-redondance 38
2.5 La difficulté à faire l'unanimité dans le choix d'une CVECA . . . 39
2.5.1 Problèmes liés à l'évaluation 39
2.5.2 Divergences entre les experts décideurs-critiques 40
2.5.3 Aspect multi-décideur 42
2.6 Problématique de la décision : classification des CVECA évaluées 43
2.7 Conclusion 44

3 Vers une méthodologie d'aide à la décision 47
3.1 Formalisation de l'espace de décision 48
3.1.1 Définition de l'espace de décision 48
3.1.2 Représentation des données de décision 51
3.2 Extraction des stratégies de décision des experts 53
3.2.1 Les facteurs de classification des processus de décision individuelle 54
3.2.2 Les stratégies de décision 55
3.2.3 L'Heuristique de la Base Mobile 57
3.2.4 Les règles de décision 59
3.2.5 Logiciel APACHE d'extraction des stratégies de décision des experts 60

3.3 Étude du consensus 63
3.3.1 Nécessité d'une règle de consensus dans la procédure du refinancement 63
3.3.2 Généralités sur le consensus 64
3.3.3 L'approche du consensus par la règle des quotas d'adhérence 65
3.3.4 Algorithme de la recherche du consensus par la règle des quotas d'adhérence 68
3.4 Proposition pour une architecture d'un outil 70
3.4.1 Extraction des connaissances expertes 72
3.4.2 Recherche du consensus 74
3.4.3 Procédure d'aide à la décision 74
3.5 Conclusion 75

4 Procédure d'aide à la décision 77
4.1 Problématique du traitement des actions en zone de doute 78
4.2 Procédure de traitement des actions en zone de doute par comparaison des distances 79
4.2.1 Monotonie de la fonction λ 80
4.3 Procédure de traitement des actions en zone de doute par ATREE 82
4.4 Évaluation des paramètres du modèle 85
4.4.1 Évaluation des vraisemblances 85
4.4.2 Évaluation de ϕ_i^c et ϕ_i^r 89
4.4.3 Fonctions d'évaluation des critères 90
4.5 Les algorithmes 93
4.5.1 L'algorithme d'ATREE 94
4.5.2 Algorithme du calcul de la confiance de choix $\Phi^c(a)$ 95
4.5.3 Algorithme du calcul de la vraisemblance $p_{i,+}^c(a)$ 96
4.6 Deux tests 97
4.6.1 Sélection d'hôtels-restaurants 97
4.6.2 Le choix des dossiers des élèves admis sur titre à l'ENST-Bretagne 98
4.7 Conclusion 103

5 Application à la microfinance : Choix des CVECA pour le refi-

nancement **105**
5.1 Contexte de l'expérience 105
5.2 L'extraction des connaissances expertes 106
5.2.1 La consigne 107
5.2.2 Calcul des stratégies de décision des experts 107
5.3 La recherche du consensus 109
5.4 Les prescriptions 112
5.4.1 $\eta = 0$ et $\rho_i = 0$ $(i \in [1, m])$ 112
5.4.2 $\eta \neq 0$ ou $\rho_i \neq 0$ $(i \in [1, m])$ 112
5.5 Conclusion 114

Conclusion **117**

A : Notations **125**

B : Vocabulaire des ensembles ordonnées **129**
B.1 Vocabulaire des ensembles ordonnés 129
B.1.1 Relations binaires 129
B.1.2 Ordres 130
B.1.3 Ensembles ordonnées 130
B.1.4 Treillis 132
B.1.5 Produits directs d'ordres totaux 132

C : Géodésique **137**

D : Glossaire **141**
D.2 Glossaire sur la microfinance 141
D.3 Glossaire de l'aide à la décision 147

Liste des tableaux

1.1 Les caractéristiques des systèmes de microfinance. 19

2.1 Comparaison des catégories de décideurs dans un projet de micro-crédit. 26

2.2 Les conditions d'accès au refinancement dans les réseaux du Sud-Cameroun (en 2000). 28

2.3 **Les conditions d'accès au refinancement dans les réseaux du Nord-Cameroun (en 2000).** 29

2.4 Les critères d'évaluation des CVECA. 37

2.5 Evaluation de quelques caisses du PCRD. 41

2.6 Prise de décision des décideurs-critiques. 42

2.7 Données du consensus des décideurs sur des CVECA potentielles. 42

3.1 Répartition des CVECA potentielles lorsque plus de τ_1 décideurs doivent les choisir (resp. moins de τ_2 doivent choisir) pour qu'elles accèdent (resp. soient refusées) au refinancement. 64

4.1 **L'influence de a_i et de l'importance de G_i dans une prescription concernant a.** 84

4.2 **Les polynômes des règles de décision obtenus avec les 30 acteurs.** 99

4.3 **Les prescriptions obtenues avec 19 hotels fictifs : $\eta = 0$, $\tau_1 = 5$ et $\tau_2 = 25$, vide dénote une action située dans V^c ou dans V^r.** 100

4.4 **Les prescriptions obtenues avec 19 hotels fictifs : $\eta = 0$, $\tau_1 = 10$ et $\tau_2 = 20$.** 101

4.5 **Comparaison entre décisions et recommandations.** 102

5.1 **Les règles de décision des experts de la microfinance.** . . . 108
5.2 **Les informations quantitatives de l'extraction des stratégies de décision.** . . . 109
5.3 **Règles de décision du consensus.** . . . 111
5.4 **Nombre des règles dans R^c et R^r.** . . . 111
5.5 **Valeurs moyennes des critères dans R^c.** . . . 113
5.6 **Valeurs moyennes des critères dans R^r.** . . . 113
5.7 **Application de l'outil pour la sélection de 18 CVECA (avec $\eta = 0$).** . . . 113

Liste des figures

2.1 Modèle d'organisation d'un projet de finance décentralisée. 22
2.2 L'organisation du projet PCRD du Cameroun. 23

3.1 Représentation de A par la table de performance. 51
3.2 HBM dans le cadre d'une tâche de sélection/élimination. 59
3.3 Acquisition des stratégies de décision. 61
3.4 La recherche de l'antichaîne via le rapprochement de deux antichaînes. 62
3.5 Segmentation de l'espace de décision par extraction des stratégies de décision d'un expert. 63
3.6 La procédure d'agrégation des connaissances expertes. 66
3.7 Architecture générale de la méthodologie d'aide à la décision. . . . 71
3.8 Les étapes d'utilisation de l'outil d'aide à la décision. 72
3.9 Transformation de l'espace de décision par la procédure d'aide à la décision. 74

4.1 Segmentation de l'espace V après le consensus. 79
4.2 Les actions susceptibles d'être acceptées (resp. refusées) automatiquement avec a. 86
4.3 Représentation du surclassement entre deux actions a et a' de la zone de doute. 88
4.4 La fonction d'évaluation de l'importance de G_i est linéaire. 90
4.5 La fonction d'évaluation de G_i est en escalier. 91
4.6 La fonction d'évaluation de G_i est concave. 92
4.7 La fonction d'évaluation de G_i est convexe. 93
4.8 Le schéma général de l'algorithme de décision. 94

B.1 Diagrammes de Hasse de l'ensemble des parties de $\{1, 2, 3\}$ ordonné par inclusion. 133

C.2 La hauteur dans un produit direct d'ordres totaux. 138

C.3 Un demi-treillis semi modulaire supérieur et la position des éléments x et z, avec $z \in A$. 139

C.4 Représentation de z, x, y et $z \vee x$. 140

Introduction

Le sujet de ce mémoire porte sur la conception d'une méthode d'aide multicritère à la décision dans un contexte multidécideurs. Elle est motivée par une application dans la microfinance, et particulièrement dans l'évaluation des caisses villageoises pour l'accès au refinancement. En effet, les décisions prises en microfinance comme celles prises de façon générale en finance pour la gestion du risque client, la gestion des investissements, le conseil à la clientèle, etc, sont faites sur la base de plusieurs critères et d'informations incomplètes. En plus des connaissances dans le fonctionnement des institutions de microfinance, le développement d'un outil d'aide à la décision pour leur évaluation doit intégrer d'une part des techniques de modélisation mathématique d'Aide à la Décision Multicritères et d'autre part des techniques d'extraction et de capitalisation de connaissances expertes relevant des Sciences et Techniques Cognitives.

Le PCRD (Projet Crédit Rural Décentralisé) pour le développement des CVECA (Caisse Villageoise d'Épargne et de Crédit Autogérée) au Cameroun nous a servi de terrain pour notre recherche. C'est au MIFED (Microfinance et Développement) qui est chargée de la gestion de ce projet, que nous avons trouvé les experts et les informations du domaine de la microfinance nécessaires à la modélisation de notre outil. Le LIASC (Laboratoire d'Intelligence Artificielle et Sciences Cognitives), au sein duquel ont été menés ces travaux, nous a permis d'apporter des compétences dans les domaines de l'aide multicritère à la décision et des sciences et techniques cognitives.

Les experts en microfinance utilisent des outils classiques d'évaluation d'entreprise (analyse financière, gestion des ressources humaines, marketing, etc.). Ceux-ci n'utilisent cependant que très peu les avancées récentes en aide à la décision.

La création d'un tel outil nécessite d'une part, la découverte et la formalisation des connaissances (nombreuses) des experts. Ces connaissances sont acquises par extraction des nouvelles et/ou par adaptation des anciennes. D'autre part, elle nous conduit à l'adaptation de techniques d'acquisition automatique des connaissances et d'aide multicritère à la décision.

Les traitements faits avec notre méthode s'appuient sur ces connaissances

acquises aux experts et sur une analyse multicritères en prenant soin de considérer les aspects spécifiques au problème traité. En microfinance, ces aspects concernent, bien évidemment, les spécificités des populations cibles qui sont liées à leur environnement socio-culturel, économique, etc.

L'enjeu de ce travail est lié à celui de la microfinance qui est un véritable outil de lutte contre la pauvreté et en faveur du développement. Afin de minimiser les risques d'échecs des projets de microfinance, un outil d'évaluation des structures est nécessaire. Car les décisions en microfinance sont généralement des tâches de jugement dont la pertinence dépend de la qualité des évaluations faites. En plus, ces décisions ont une incidence très importante sur des populations démunies exclues du système bancaire classique, et dont l'un des espoirs de développement reposent sur la réussite de ces projets. C'est pour cela qu'un outil d'aide à la décision, utilisant les sciences et techniques cognitives pour l'évaluation de ses institutions, sera un pas vers la consolidation de cet espoir de développement. L'outil va alors contribuer à :

- sortir de la pauvreté une grande partie de la population des régions défavorisées ;
- collecter les expériences pour une utilisation efficiente et pour les transmettre ;
- assurer un développement harmonieux des pays pauvres ;
- créer un nouveau marché pour les banques commerciales ;
- rendre plus efficace l'action des organismes de financement ;
- rendre plus autonomes les mutuelles et les caisses de solidarité qui sont encore fortement subventionnées.

Dans le choix des CVECA au refinancement, on se situe dans une problématique de tri, où l'on doit affecter des institutions à l'une des deux catégories suivantes : celle des admis au refinancement et celle des refusés. Nous allons développer un outil répondant à cette problématique dans notre travail.

La méthodologie de décision que nous proposons est composée de trois phases : une d'acquisition des stratégies de décision des experts, une du consensus et une de prescription.

Nous supposons que les décideurs impliqués dans le processus de décision sont *coopératifs* au sens où ils ne cherchent pas à satisfaire des intérêts particuliers mais sont soucieux de trouver les "meilleures actions". Ils sont aussi concordants au sens où leurs perceptions des évaluations des actions sur les critères sont compatibles. Cependant les importances relatives des critères peuvent varier d'un décideur à l'autre.

Nous proposons d'utiliser l'HBM (Heuristique de la Base Mobile, voir [9, 33]) qui est un modèle d'acquisition par apprentissage mettant en œuvre un modèle cognitif du décideur. Plusieurs techniques d'acquisition des stratégies de décision des experts basée sur l'HBM existent, nous allons utiliser celle implémentée dans

le logiciel APACHE (Acquisition Par Apprentissage de Connaissances Humaines Expertes).

Disposant de n décideurs, et donc de n stratégies plus ou moins différentes, on cherche à réaliser une "synthèse". Nous proposons d'utiliser une *règle des quotas d'adhérence*, car, connaissant l'ensemble des règles de choix de chaque décideur, on connaît combien d'entre eux accepteraient ou refuseraient une nouvelle action.

Une action se trouve située soit dans une *zone de consensus* (acceptation ou rejet), soit dans une *zone de doute*. Pour traiter ces dernières, nous proposons une technique basée sur une évaluation de la variation de l'importance des critères lorsque des décisions sont prises.

La méthodologie que nous développons peut s'appliquer à d'autres problématiques répondant aux mêmes critères que celle du choix des CVECA au refinancement : des décideurs qui cherchent à coopérer pour faire des jugements sur des actions décrites par plusieurs critères qualitatifs ordinaux.

La première partie du document est consacrée à la description du cadre applicatif de ce travail. Elle comprend deux chapitres. Le premier porte sur une introduction à la microfinance et à ses enjeux dans des pays sous-développés. Le second présente la problématique du refinancement des CVECA dans le PCRD.

La deuxième partie du document est consacrée à la conception d'une méthodologie multicritère d'aide à la décision destinée à aider des décideurs en microfinance dans le choix des CVECA qui sollicitent le refinancement. Elle est composée de deux chapitres. Dans le chapitre trois, on formalise l'espace de décision, on étudie l'acquisition des stratégies de décision des experts ainsi qu'une recherche du consensus. Le quatrième chapitre est consacré au développement d'une technique multicritère qui permet de faire des prescriptions aux décideurs. Cette technique est testée dans une sélection d'étudiants et dans un choix d'hôtels-restaurants.

La troisième partie (chapitre cinq) est consacrée à l'application de notre outil d'aide à la décision dans la sélection des CVECA au refinancement.

L'annexe contient des compléments sur les ensembles ordonnés utilisés dans ce travail, une liste des notations et un glossaire des principaux termes et sigles relatifs à la microfinance utilisés dans ce travail.

Premier Chapitre

Raison d'être du microcrédit en Afrique

Dans les années 1980, une crise économique et sociale secoue profondément les pays en voie de développement, et particulièrement les pays africains au sud du Sahara. Leur économie basée sur les produits agricoles destinés à l'exportation (cacao, café, coton, etc.) n'a pas pu supporter la chute considérable des cours sur le marché mondial. Cette crise a eu un effet dévastateur sur l'économie déjà fragile de ces pays dont la majorité de la population est rurale et peu instruite. Deux des conséquences de cette crise ont été : la menace d'effondrement total du système bancaire, et la mise en place d'un plan d'ajustement structurel de l'économie très contraignant (sous la pression de la Banque Mondiale).

Les banques de développement (publiques ou privées) créées après les indépendances dans les pays de l'Afrique subsaharienne avaient deux missions principales : appuyer le développement économique et social de ces jeunes pays et, surtout, fournir des services financiers adaptés à toutes les couches de la population. Ces banques ont, pour la plupart, fait faillite sous l'effet combiné de la crise socio-économique et de facteurs de mauvaise gestion tels que :

- l'absence de culture d'entreprise permettant de s'adapter aux besoins des paysans en petits crédits ;
- l'absence de structure adéquate pour toucher les petits emprunteurs et les paysans directement et de proximité ;
- l'absence de professionnalisme de la part des employés de ces banques.

Toutes les banques qui ont survécu à cette crise ont fait l'objet de profondes restructurations. Ces dernières ont eu de nombreux effets, parmi ceux-ci on peut noter :

- l'adoption de critères très restrictifs basés sur la garantie matérielle, qui a

accentué l'exclusion (déjà existante) d'une frange importante de la population à l'accès aux services financiers des banques ;
- le développement d'un système financier informel de substitution, dans lequel les plus démunis sont à la merci d'usuriers souvent véreux ;
- la sur-liquidité des banques, les conditions d'accès au crédit sont inadaptées à la grande majorité de la population, qui ne présente plus suffisamment de garantie financière et matérielle.

Cet état de chose a mis en évidence l'inadaptation structurelle des systèmes financiers officiels (les banques commerciales) pour le financement du développement socio-économique des couches de populations les plus démunies [28] et l'échec des plans d'ajustement structurel, dont le but était de répartir équitablement les richesses nationales et ainsi relever le niveau de vie de ces populations. Ce constat d'échec a alarmé les gouvernements, la société civile et les experts en développement [70]. Pour y remédier, de nombreux programmes de promotion de *toutes petites entreprises*[1] ont été mis en place. Ces entreprises (très souvent familiales) sont financées par des structures financières d'épargne et de crédit à petits flux monétaires adaptés aux besoins des plus démunis. Le fonctionnement de ces structures d'épargne et de crédit est basé sur des principes très simples de solidarité, de proximité du client et de connaissance mutuelle entre clients. Parallèlement, elles s'appuient sur des principes financiers de rentabilité, des aspects humanitaires et des aspects socioculturels de l'environnement des plus démunis. Cette approche de la finance est inspirée par les premières institutions de crédit populaire créées en 1850 par H. Schulze, les premières caisses de crédit agricole créées par F. Raiffeisen en 1853, et les institutions de crédit solidaire lancées sous forme de projet pilote en 1976 par le professeur Muhammad Yunus, devenues la banque à charte du nom de Grameen Bank en 1983 (une comparaison entre ces systèmes financiers est faite dans [63]). C'est ce système financier que nous appellerons indifféremment : *secteur du microcrédit, secteur de la microfinance, système financier décentralisé ou système financier de proximité.*

1.1 Les populations cibles du microcrédit

Ainsi le secteur de la microfinance est un système financier adapté aux besoins des plus démunis, devant les aider à améliorer leurs conditions de vie. Dans un système financier décentralisé les populations cibles bénéficient à la fois de services financiers et de services non financiers. Les services financiers sont : le microcrédit, la micro-épargne et les transferts de fonds. Les services non financiers

[1]Une toute petite entreprise peut être formée d'un artisan, d'un commerçant ambulant ou d'un paysan. Même si elle implique un nombre restreint de personnes, elle reste caractérisée par la faiblesse du montant de ses transactions financières et par sa structure de gestion rudimentaire.

sont essentiellement : la formation, l'alphabétisation et l'aide à la commercialisation des biens créés par ces populations cibles. Les programmes de formation confèrent aux bénéficiaires des possibilités leur permettant de prendre eux-mêmes en charge leurs activités socio-économiques : gestion de leur *"toute petite entreprise"* (artisanales, commerciales ou paysannes), payement de la scolarité de leurs enfants, etc.

La *pauvreté* se définit par la carence en produits et en services de première nécessité : nourriture, habitation, accès aux soins, instruction minimale, etc. La rémunération d'une personne pauvre n'est pas compatible avec l'environnement économique de son pays. Une grande partie des personnes, en Afrique, correspondant à cette situation se trouvent en zone subsaharienne, voir [73].

En Afrique subsaharienne les crédits provenant du secteur de la microfinance constituent la principale source de financement du secteur informel [2] de l'économie qui est le premier pourvoyeur d'emploi. Les employés de ce secteur informel constituent la principale cible de la microfinance, et ce sont ces personnes que la Banque mondiale désigne sous le terme *"les plus pauvres"* [72]. Ces personnes (physiques ou morales) sont refusées par les banques commerciales à cause des facteurs suivants :

- leurs transactions financières sont faites de faibles montants ;
- elles sont généralement analphabètes et ne possèdent pas d'expérience en gestion ;
- leurs petites entreprises sont très mobiles (des petits commerçants et des commerçants ambulants)
- elles exercent des activités agricoles sans posséder leurs terres ;
- très souvent les banques ne peuvent obtenir des informations sur leurs activités, et ne sont pas capables de faire des prévisions sur leurs transactions financières.

Les plus pauvres sont des personnes vivant avec moins d'un dollar américain par jour [3]). Parmi eux, nous allons distinguer les modestes et les plus démunis. Les *modestes* sont des personnes pauvres, mais qui ont des modestes revenus leur permettant de faire une petite épargne, contrairement aux *plus démunis* qui ne

[2] Le *secteur informel* ou système *des amis* est l'ensemble des activités et des opérations financières légales qui ne sont ni enregistrées ni réglementées et qui échappent à l'orbite des institutions financières officielles. Ce système intègre les tontines (cf. 1.2.4), le système financier des usuriers, les systèmes financiers développés au sein des familles, les systèmes financiers développés par des groupes d'amis, les systèmes financiers développés entre des commerçants, etc. Leurs circuits sont caractérisés par, outre l'absence d'enregistrement et de réglementation : la prédominance des transactions en espèces, la facilité d'entrée, l'échange d'actifs hors d'un cadre juridique, un fonctionnement qui s'appuie sur des relations personnelles ou sur des solidarités communautaires [28].

[3] Cette définition de *"plus pauvre"* a été faite en 1985, aujourd'hui, avec l'évolution de l'économie mondiale, on considère qu'une personne est plus pauvre lorsqu'elle vit avec moins de 2 dollars US par jour, voir [72] pages 230 à 231.

sont pas capables d'épargner.

Les services financiers destinés à une population présentant ces caractéristiques ne sont *a priori* pas rentables et sont très risqués pour les banques commerciales. Les coûts de ces services financiers ne pourront être couverts ni par les frais d'adhésion des membres ni par les actifs financiers générés (les intérêts sur les crédits). De plus l'activité financée par le crédit leur permet à peine de vivre. En outre, l'absence de garantie matérielle (titre foncier, gage sur l'immobilier) et le manque d'information sur leurs activités économiques font d'eux des personnes à risque pour le crédit.

La microfinance permet souvent d'offrir l'accès à des services financiers rentables et fiables à des personnes présentant les caractéristiques ci-dessus. C'est un système financier étroitement lié à l'activité des travailleurs du secteur informel local.

1.2 Les formes d'institution de microfinance

Les institutions de micro-crédit ont prouvé qu'elles étaient capables d'atteindre non seulement les couches les plus pauvres de la population, mais encore de devenir un support solide de financement de l'économie des pays défavorisés, voir [68].

Les experts de la microfinance constatent qu'on peut donner des services financiers non déficitaires aux personnes ayant de faibles revenus, avec des crédits à des taux pouvant être supérieurs à 30%, mais dont les pourcentages de remboursement sont proches de 100%. Ces taux de crédit proches de l'usure sont nécessaires pour pérenniser les institutions de microfinance et les rendre financièrement autonomes à l'égard des subventions : les aides pour le fonctionnement, les aides pour l'achat des infrastructures et des services, la constitution des fonds de crédit, etc. Les subventions ont un effet très néfaste sur la viabilité à long terme du système et sur le remboursement des prêts (le risque crédit augmente), voir [74].

Les institutions de microfinance se présentent sous plusieurs formes. On peut les distinguer par : le niveau de pauvreté du public visé, l'organisation du système, l'implication des bénéficiaires dans la gestion de la structure, le niveau d'appropriation de la structure par les sociétaires et l'articulation avec le système financier classique. En général, ces institutions sont divisées en quatre grandes catégories : les coopératives d'épargne et de crédit (COOPEC), les caisses villageoises d'épargne et de crédit autogérées, les systèmes de crédit solidaire et les systèmes tontiniers traditionnels ou associations de crédit rotatif.

Par soucis d'exhaustivité nous décrivons les quatre principales approches de la microfinance, la troisième ne s'applique pas à notre terrain d'étude : le Cameroun,

et la quatrième (système des tontines) se place hors de notre champ de recherche.

1.2.1 L'approche par les coopératives d'épargne et de crédit

Une COOPEC est une institution financière démocratique (les décisions sont prises en commun) et à but non lucratif. Elle est organisée et contrôlée par ses membres créateurs qui se sont associés (au départ) pour regrouper leur épargne et se faire mutuellement des prêts à des taux ici raisonnables. C'est progressivement que les autres membres intègrent l'institution. Le système de COOPEC concerne les couches modestes de la population (et non pas "pauvres"). Une épargne préalable est nécessaire à l'accession au crédit. Cette approche s'inspire des caisses de crédit agricole créées par Raiffeisen, voir [26].

L'organisation du système de COOPEC est pyramidale selon trois niveaux : coopératives de base, unions de coopératives de base et fédération d'unions. Les coopératives de base regroupées en union collectent l'épargne des sociétaires. Les fonds collectés transitent par des structures régionales (l'union des COOPEC, à la tête des réseaux), qui à leur tour les transmettent à la fédération nationale des unions de coopératives. Ceci permet à la fédération de faire des placements de fonds en dehors de la sphère financière de la microfinance. A coté il existe aussi des COOPEC indépendantes qui ne sont pas organisées en réseau et qui constituent une part non négligeable du système financier décentralisé en nombre d'IMF et des volumes de transactions financières, voir [64].

Le premier objectif des COOPEC est de développer le sens de l'épargne auprès de ses membres, notamment par un effort permanent d'éducation aux vertus de l'épargne et par l'application de taux d'intérêt attractifs. Un second objectif est de sécuriser cette épargne par une bonne organisation et une gestion prudente des placements et des crédits. Enfin, les COOPEC souhaitent au-delà des personnes à revenus modestes, favoriser l'accès des plus démunis, à certaines formes de crédits et autres services financiers, à un coût raisonnable.

Les COOPEC ont cependant des difficultés pour distribuer les crédits dans les pays en voie de développement. Les conditions d'accès aux crédits, comme la phase d'épargne préalable, sont inadaptées pour certaines populations et réservées aux personnes certes modestes mais ayant des revenus suffisants pour fournir une épargne préalable, voir [47].

Les sommes prêtées par les COOPEC à l'un de ses membres ne proviennent que de l'épargne d'autres membres, elles sont donc relativement modestes et favorisent plutôt le crédit à la consommation que le soutien à des activités productrices.

1.2.2 L'approche par les caisses villageoises d'épargne et de crédit autogérées

Le concept des CVECA a été développé par le Centre international de développement et de recherche (CIDR), une ONG française spécialisée dans les projets à caractère économique ou financier. Les CVECA ont été conçues pour être un instrument financier au service des villages, devant jouer un rôle essentiel dans l'auto-promotion et l'auto-organisation des villageois. En apprenant à terme à compter davantage sur leur capacité d'épargne et leurs propres compétences de gestion, il est prévu que les villageois deviennent moins dépendants par rapport à l'aide extérieure et moins vulnérables par rapport aux aléas climatiques et économiques, voir [22, 15].

C'est une approche du la microfinance qui a été surtout développée en milieu rural où l'octroi d'un crédit peut s'appuyer sur une garantie basée sur le groupe social et la pression qu'il peut exercer sur les bénéficiaires. Elle s'adresse aux personnes qui ont de très petits revenus (les plus démunis dans notre typologie), incapables dans un début de constituer une épargne préalable pour l'accès au crédit. Au début des activités financières des CVECA , les fonds de crédit proviennent des emprunts que les institutions font auprès des banques commerciales. Cette articulation entre la microfinance et le système bancaire classique, permet de résorber en partie le problème de sur-liquidité de ce dernier par des crédits à faible risque.

L'ensemble des membres (sociétaires) de la CVECA vit dans une zone géographique bien limitée qui correspond très souvent à un village. Les gestionnaires de l'institution (caisse villageoise) sont élus par les membres de la CVECA.

Les CVECA sont des entités autonomes qui se regroupent en réseau privilégiant la proximité géographique pour créer une structure appelée *union*. C'est dans l'union que les CVECA associées regroupent les demandes - faites aux banques - de refinancement des fonds de crédit et de leurs besoins en services d'appui technique (les formations, le contrôle de gestion, l'établissement des états comptables, etc.). Ce qui permet aux CVECA de mutualiser les moyens et les risques. Ainsi, le système de CVECA est une organisation très peu hiérarchisée, où les associations entre les structures de base sont libres et répondent à un souci de réduction des coûts et des risques.

1.2.3 L'approche du crédit solidaire

Dans l'approche du crédit solidaire, le crédit est l'élément central du dispositif, l'épargne étant un élément complémentaire [47]. Le crédit solidaire a été mise au point au Bangladesh par Mohammad Yunus (Grameen Bank) avec l'équipe d'économie rurale de l'Université de Chittagong. L'octroi du crédit n'exige ici

aucune garantie matérielle ou financière, la banque s'appuie sur le mécanisme de groupe pour assurer les remboursements, les prêts individuels sont cautionnés par le groupe. Ce mécanisme est renforcé par la pression sociale exercée. En effet, si les prêts sont consentis à des emprunteurs individuels, les sanctions (sous forme de suspension de nouveaux prêts) sont appliquées au groupe en cas de défaut de paiement par un emprunteur individuel, voir [63]. Les structures de ce système ont une organisation très hiérarchisée proche de celle du système de COOPEC.

Les prestations dans le système solidaire ne se limitent pas seulement aux services financiers ; elles intègrent aussi des conseils permettant d'améliorer le cadre de vie des sociétaires. Ces conseils sont des guides de vie et des stimulants à la vie en groupe. Ils portent sur la santé, l'éducation, mais aussi sur l'esprit de solidarité et la réduction du poids de certaines traditions néfastes au développement, tel que le mariage précoce des enfants. Leur respect n'est pas une condition à l'obtention des crédits, mais le postulat est que, si les membres parvenaient à appliquer ces conseils à leur vie quotidienne, celle-ci s'améliorerait considérablement.

Les institutions de crédit solidaire sont des banques qui offrent des services financiers adaptés à la problématique du développement économique et social des populations pauvres. Elles sont organisées comme les banques classiques, sous la forme d'un réseau d'agences.

1.2.4 L'approche informelle de type tontinier

Dans l'environnement économique africain, plusieurs systèmes financiers informels subsistent, on y retrouve : le système des usuriers, les crédits accordés par les commerçants et le système des tontines. Le système des tontines, qui est le plus répandu, concerne toutes les couches de la population, des plus démunis aux plus nantis.

La *tontine* est un système informel d'entraide basé sur l'épargne de groupe en vue d'obtenir des crédits individuels. C'est la plus ancienne pratique d'épargne et de crédit solidaire en Afrique subsaharienne. Le système fonctionne en marge de la législation bancaire, mais est connu et toléré des autorités.

L'épargne collectée est mise à la disposition d'un membre du groupe, suivant des procédures et des règles répondant à un principe rotatif. Ces règles sont variables d'un groupe à l'autre, en fonction des objectifs de développement de l'association qui abrite ce système financier.

L'épargne est constituée d'un versement régulier minimum obligatoire (le montant d'une part), avec la possibilité de versements complémentaires libres, en fonction des moyens et des besoins de chacun des membres. Un même membre peut cotiser plusieurs parts, dans ce cas il bénéficie de la mise autant de fois qu'il a de parts. L'utilisation du crédit est très variable : il sert aussi bien au financement des besoins sociaux (scolarité, santé, funérailles, mariages, etc.) qu'à

des activités économiques productrices de revenus, voir [59, 24]. En général les tontines sont autonomes, et il n'existe presque pas d'organisation en réseau entre elles. Cependant il existe au Bénin et au Togo des tontines qui sont sorties du secteur informel pour créer des IMF organisées en réseau. Les produits de crédit et d'épargne de ces IMF sont semblables à ceux de leurs tontines d'origine.

1.3 Le paysage de la microfinance au Cameroun

Depuis la promulgation de la loi *numéro 92/0006 du 14-08-1992* et de son décret d'application *numéro 94/445/PM du 23-11-1992* portant sur la réglementation des coopératives, ce secteur financier de l'économie camerounaise connaît une très forte expansion. Mais très peu de ces institutions de finance décentralisées sont bâties sur une méthodologie solide et bien définie. En général elles n'ont pas de politique claire de gestion de crédit et, très souvent, elles ne possèdent pas d'indicateurs de gestion. Leurs documents de gestion sont mal tenus et peu accessibles. Ces institutions accordent une grande importance à la fonction d'épargne. Les fonds sont généralement placés sur les marchés financiers - en général dans les pays industrialisés, ou hors des circuits de la finance décentralisée - pour en tirer des intérêts.

Des efforts d'organisation et de concertation entre intervenants de la microfinance ont été faits au niveau national et régional. C'est ainsi qu'il y a eu la création de deux cadres de concertation des SFD (Systèmes Financiers Décentralisés) : l'Association des Coopératives d'Épargne et Crédit du Cameroun et l'Association Camerounaise des Institutions de Microfinance. Ces deux organismes mènent des actions pour permettre aux institutions de microfinance de travailler en synergie afin de mettre en place une politique nationale dans le domaine. Les institutions de tutelle des SFD, à savoir le Ministère de l'Agriculture, le Ministère de l'Économie et des Finances et la Commission Bancaire d'Afrique Centrale travaillent de concert pour établir un cadre juridique adapté à ces institutions.

Les systèmes émergents bâtis en réseau sur une méthodologie claire des fonctions d'épargne/crédit et sur une bonne gestion interne (comptable, financière, etc.) sont peu nombreux. Le paysage actuel de la microfinance au Cameroun, est principalement composé de trois systèmes bien organisés : le réseau CamCCUL (Cameroon Cooperative Credit Union League) ; le réseau MC2 (Mutuelle Communautaire de Croissance) et le réseau des CVECA du projet PCRD.

1.3.1 Le réseau de la "Cameroon Cooperative Credit Union League"

Le réseau CamCCUL (Cameroon Cooperative Credit Union League) est le plus ancien des réseaux. Il est bien structuré et propose des services d'épargne de crédit en zone rurale et urbaine. Ce réseau a été créé par les sociétaires en 1963, et est constitué sous la forme juridique de COOPEC 1.2.1.

Pour atteindre les objectifs d'une COOPEC, le réseau soutient des activités génératrices des revenus liées au secteur agricole ; stimule la participation (au niveau communal) des hommes, des organisations mais aussi (ce qui est particulièrement innovant) des femmes dans les prises de décisions et dans l'exécution à tous les niveaux de la vie de leur COOPEC ; aide à l'amélioration durable de l'auto-gestion des infrastructures liées au secteur agricole (en zone rurale).

En particulier les conditions d'octroi de crédits productifs sont faites dans un souci d'y faciliter l'accès des femmes, qui bénéficient en même temps de formations à la gestion. Cela leur permet de créer des activités économiques rentables. Il s'agit pour le réseau de développer des pratiques productives de microcrédit qui tiennent compte du statut social des femmes camerounaises, voir [1].

Le réseau CamCCUL est de loin le plus important. En 1996 il comptait près de 300 caisses, pour plus de 102 000 sociétaires. Ce système représente par rapport à l'ensemble des SFD près de 80% des sociétaires, des dépôts et du volume de crédits.

Depuis octobre 1999 le réseau CamCCUL a créé sa propre banque, l'Union Bank of Cameroon. Elle a pour mission d'établir un pont entre les caisses du réseau et le système financier classique, et ainsi de permettre à tout le réseau de bénéficier de l'accès à l'escompte de la Banque des États de l'Afrique Centrale et la possibilité de participer au marché financier de l'Afrique Centrale (Cameroun, Tchad, Gabon, Congo, Centre Afrique, Guinée Equatoriale).

1.3.2 Le réseau des mutuelles communautaires de croissance

Assez proche des COOPEC, le réseau MC2 est développé depuis 1992 par la First African Land Bank (l'ex CCEI-Bank) qui est une banque commerciale. Ce réseau permet aux classes modestes du secteur rural d'accéder aux services financiers. C'est un réseau original qui prend appui sur une banque commerciale classique.

Les MC2 sont des cercles de rapprochement et de réflexion entre les citadins et les populations rurales sur les problèmes de développement de leur village. Elles démarrent leurs activités sur fonds propres collectés tant auprès des villageois que

de personnes qui, s'étant éloigné du village, ont une certaine réussite économique et sont conçues de manière à avoir une autonomie financière dès leur création.

Les structures de gestion des MC2 intègrent dans leurs organes un comité de sages constitué essentiellement d'autorités traditionnelles et religieuses. Ce comité permet d'intégrer les valeurs culturelles, les croyances religieuses, et les connaissances ancestrales dans la gestion bancaire moderne. Les liens étroits qui existent entre la First African Land Bank et les MC2 permettent à ces dernières d'effectuer des transactions financières avec le reste du monde. La First African Land Bank fournit son assistance technique, et joue le rôle de banque centrale et d'inspection des MC2. L'ONG dénommée "Appropriate Development for Africa Foundation" centralise la comptabilité de toutes les MC2.

En 2000 ce réseau présente le bilan suivant : 33 caisses opérationnelles dans 7 des 10 provinces du Cameroun ; 20 685 adhérents dont environ 2 300 femmes et 500 groupes ; 665,774 millions de Francs CFA (FCFA) de capital en fonds d'établissement mobilisés ; 2,639 milliard de FCFA d'épargne mobilisée ; 3,895 milliard de FCFA de crédit accordé pour plus de 5 000 emplois directs créés ou préservés ; 96,2% de taux de recouvrement des crédits ; plus de 70 salariés, voir [2].

1.3.3 Les réseaux des CVECA

Les réseaux des CVECA (cf. 1.2.2) sont développés au Cameroun par l'ONG MIFED avec l'appui technique du CIDR (Centre International du Développement et la Recherche) et l'aide des opérateurs du monde rural (Institut Africain pour le Développement Économique et Social (INADES), Maison du Paysan, Centre Rural d'Appui Technique (CRAT), Centre d'Appui et de Recherche pour l'Autopromotion Locale (CARAL) et Association de Solidarité et d'Action pour le Développement (ASAD)). Le but des CVECA est de fournir des services financiers de proximité en zone rurale.

C'est dans le cadre du PCRD que le MIFED œuvre pour la promotion de la microfinance suivant la méthodologie CVECA créée par le CIDR. Les bénéficiaires de ce projet au Cameroun sont les populations rurales des provinces du Nord et du Centre. Le ministère chargé de l'investissement public et celui de l'agriculture sont les maîtres d'ouvrage du projet pour lequel ils bénéficient du financement de l'AFD et l'Union Européenne à hauteur de 3,55 milliards de FCFA. Dans ce projet, le MIFED (maître d'oeuvre) joue le rôle de catalyseur ; il apporte un appui pour la formation, le suivi des caisses, le transfert de compétences, mais ne joue aucun rôle dans l'intermédiation financière. Un partenariat a été signé avec la Banque internationale pour le commerce et le crédit du Cameroun (BICEC) pour l'apport des fonds de refinancement sous forme de crédit aux caisses, voir [39, 41].

Les réseaux de CVECA sont conçus pour être un instrument financier au service des villages. Ces réseaux jouent un rôle essentiel dans l'autopromotion et l'auto-organisation des villageois, en leur apprenant à compter davantage sur leur capacité d'épargne et sur leurs compétences en gestion. Il est prévu que les villageois deviennent à la fois moins dépendants de l'aide extérieure et moins vulnérables aux aléas climatiques et économiques, voir [22, 23].

En 2001, le bilan du PCRD a donné les résultats quantitatifs suivants : création de 7 réseaux régionaux composés de 165 CVECA, avec 39 049 adhérents dont 44% de femmes ; le montant de l'épargne collectée s'élevait à 410 916 109 FCFA ; le montant de crédits distribués s'élevait à 881 000 000 FCFA (dont 479 000 000 FCFA de refinancement) avec un taux moyen de remboursement du crédit de près de 99%. Dans l'état actuel d'avancement du projet, huit réseaux de CVECA sont déjà créés dans huit zones : trois dans le sud et cinq dans le nord du pays, voir [42].

1.4 La nécessité d'outils performants de gestion des IMF

Le financement nécessaire à la création des IMF se présente sous diverses formes : dons, prêts concessionnels (en général inférieurs au taux du marché), fonds de garantie [4], la caution des donateurs internationaux, prêts aux conditions du marché financier, et les apports des membres. Ces prêts, encouragés par les forts taux de remboursement dans le microcrédit, se développent de plus en plus. Ceci donne une nouvelle possibilité aux banques commerciales de résorber (en partie) leur problème de sur-liquidité, conséquence de leur excès de prudence après la crise économique des années 80 en Afrique subsaharienne. Elles ont ainsi l'occasion de faire des crédits à faible risque.

Les fonds provenant des financiers internationaux sont destinés en grande partie au soutien de l'activité des ONG internationales (et nationales) travaillant sur le terrain avec les populations pauvres. Les principaux financiers internationaux sont : les donateurs bilatéraux (accord de gouvernement à gouvernement sans l'intermédiaire de banques), les organismes internationaux[5] et de plus en plus les banques commerciales [13]. Aujourd'hui, ces organismes souhaitent obtenir des résultats meilleurs que ceux réalisés par le passé par les programmes d'aide au développement aux états africains. En effet ces programmes étaient mis en place et mal gérés par les institutions publiques de ces états.

[4] **Un fonds de garantie :** les fonds garanties sont un moyen pour les institutions et les organismes donateurs d'utiliser efficacement le volume limité de leurs ressources en encourageant des flux de crédits des marchés financiers vers les programmes de micro-crédit.

[5] On peut citer, la Banque Mondiale, l'Union Européenne, etc.

De plus en plus les financiers internationaux pensent que la voie du salut pour l'obtention de résultats probants dans le financement du développement des pays pauvres doit passer par la société civile. Cette société civile est composées d'ONG qui travaillent directement avec les couches de la population exclues du système bancaire classique à cause de leur pauvreté. Or cette société civile se trouve confrontée à une difficulté majeure. Celle-ci manque en effet de personnel compétent et des outils performants de gestion, qui prennent en compte à la fois les aspects économiques, sociaux, humains et culturels. Combler ces deux manques est nécessaire pour la réussite d'un tel système financier destiné aux exclus.

Certes les structures de microcrédit ont prouvé qu'elles étaient une arme efficace de lutte contre la pauvreté et un support solide pour le financement de l'économie des pays pauvres, mais il reste encore beaucoup à faire pour les pérenniser dans des conditions réalistes. Il faudrait mettre sur pied des bases solides de gestion et de contrôle des activités de microcrédit, en fournissant des outils adéquats aux institutions concernées. Nous pensons particulièrement à celles qui procèdent par l'assistance à la gestion et la formation. Ces institutions, qui sont pour la plupart des ONG internationales, doivent mettre sur pied des outils de transfert de leur savoir-faire aux acteurs locaux de la microfinance.

La nécessité d'avoir des institutions de microfinance solides (voir le chapitre 2)-bien gérées - est d'autant plus cruciale que les promoteurs du microcrédit espèrent qu'ils vont permettre à une grande partie de la population du monde de bénéficier des services financiers nécessaires pour développer des activités économiques génératrices de revenus qui vont réduire leur pauvreté. La banque mondiale estime que si rien n'est fait, *les "plus pauvres"*, qui sont généralement exclus des services financiers, dépasseront 3 milliards dans le monde entier à l'horizon de l'an 2040, voir [20].

Exemple : l'assainissement en 1999 du portefeuille de crédits dans le réseau de CVECA de la Haute-Sanaga [40]

En 1999 le réseau de CVECA de la Haute-Sanaga du PCRD a connu de nombreux problèmes dans le remboursement des crédits. A cause du danger d'effondrement du réseau que peut provoquer le non-remboursement des crédits, le MIFED a réagi énergiquement en mettant sur pied une mission d'assainissement du portefeuille crédit. Cette mission du MIFED a relevé de nombreux dysfonctionnements dans le réseau. L'analyse de la situation a montré que tous les acteurs du terrain (COGES (comité de gestion), caissiers, animateurs, cellule nationale) étaient responsables de cette dérive. Ce qui a amené le MIFED à mettre sur pied un plan de redressement du réseau en dérive. Mais, le MIFED ne s'est pas contenté de résoudre le problème uniquement dans la Haute-Sanaga. Ses experts

en ont profité pour mettre sur pied un système préventif contre de tels incidents dans tous les réseaux. Le fonctionnement de ce système comprend :

- la mise en place d'un dispositif pour assurer le remboursement du refinancement, qui doit être déclenché dès les premiers octrois ;
- l'appui des équipes d'animation dans le contrôle de l'enregistrement des opérations de crédit que font les gestionnaires des caisses ;
- l'appui des équipes d'animation dans la supervision du contrôle de gestion que font les membres du COGES. Il s'agissait d'insister sur le respect du règlement intérieur des caisses et sur le respect des normes "prudentielles".

Cette intervention a donné de bons résultats ; il y a eu une amélioration du portefeuille de crédit et un renforcement de la capacité d'intervention des équipes.

Mais, nous pouvons constater que le MIFED n'a pas vu le réseau se dégrader. Les experts ne se sont rendus compte du problème que lorsque les signes d'affaiblissement du réseau étaient devenus très perceptibles. La solution apportée par le MIFED a été efficace à court terme, mais le doute persiste pour le long terme. Il est donc nécessaire de renforcer la prévention, pour éviter de tels incidents sur les réseaux dans l'avenir. Nous pensons que la prévention peut être plus efficace avec un bon outil d'évaluation des caisses, car celui-ci pourra donner les signaux d'alarme à temps aux ONG qui appuient les gestionnaires des IMF. Cet outil doit être capable d'aider ces ONG à apprécier les caisses sur tous les aspects : les spécificités culturelles des adhérents, la situation financière/comptable de la caisse et les données socio-économiques de son environnement. Il faudrait aussi que l'outil soit convivial, qu'il corresponde aux habitudes de travail des employés des ONG, et enfin, que ce soit un moyen de capitalisation des connaissances de ces employés.

Un tel outil d'évaluation peut améliorer de façon significative les actions des ONG telles que le MIFED à plusieurs titres :

- il y aura plus d'efficacité dans les tâches d'appui aux réseaux : l'encadrement des équipes d'animation, la mise sur pied de l'institutionnalisation des réseaux, la formation des adhérents pour le contrôle interne des caisses et la prévention de la soudure dans l'environnement de la caisse ;
- il y aura une aide multi-attributs dans le choix des caisses pour l'accès au refinancement ; ce qui aura pour effet de réduire le risque crédit des adhérents et permettra ainsi d'avoir des portefeuilles crédits sains dans les caisses ;
- il y aura une meilleure évaluation des formations dispensées aux gestionnaires des IMF (les animateurs, les caissiers, les contrôleurs internes, les membres des comités de gestion des IMF, etc.) ; cette évaluation leur permettra d'assurer une meilleure planification des formations.

1.5 Conclusion

La microfinance ne se limite pas à la lutte contre la pauvreté, mais elle doit devenir un système financier solide accessible à toutes les couches de la population. Ainsi, il est important de doter ce système financier d'institutions pérennisées et adéquates à l'environnement culturel et socio-économique de leurs lieux d'implantation. Pour cela, il faut apporter des réponses satisfaisantes aux problèmes qu'il pose, notamment :

- l'évaluation des institutions de microcrédit qui est indispensable pour leur financement, leur gestion, etc. ;
- la planification des formations destinées aux "plus pauvres" ;
- l'évaluation de la pauvreté, et de la pénétration des services de la microfinance, qui sert dans la détermination des sites d'installation des structures de microcrédit ;
- la recherche des systèmes d'information idoines aux structures de microfinance ;
- la recherche des services financiers correspondant aux besoins effectifs des "plus pauvres", et l'évaluation de l'impact des services existants.

Nous avons présenté dans ce chapitre la microfinance, qui est un système financier destiné aux populations les plus pauvres. Nous avons souligné l'espoir que la communauté internationale y attache en tant qu'outil de lutte contre la pauvreté dans les pays en développement. Les différents types de systèmes de la microfinance et leurs spécificités ont été décrits et sont résumés dans le tableau 1.1. Enfin, la nécessité de doter le système de microcrédit d'outils de gestion de bonne qualité pour répondre à l'objectif de lutte contre la pauvreté a été posée.

Dans le prochain chapitre, nous présentons la problématique du refinancement dans les réseaux des CVECA. Le processus de sélection des caisses au refinancement sera abordé.

	COOPEC	**CVECA**	**Crédit Solidaire**	**Tontine**
Public visé	Les couches modestes de la population	Les populations rurales	Les couches les plus démunies	Toutes les couches sociales
Organisation	En réseau, avec une structure centrale	En réseau, sans structure centrale	En réseau avec une structure centrale	Institutions indépendantes
Appropriation des sociétaires	Très faible	Très forte	Faible	Très forte
Lien avec les banques	L'épargne est placée dans le circuit bancaire	Les banques apportent les prêts de refinancement	La structure centrale est une banque	La banque reçoit les fonds collectés
Conditions d'accès au crédit	Avoir une épargne préalable	Payement des frais d'adhésion	Faire partie d'un groupe solidaire	Être capable de cotiser au moins une part
Services non financiers ?	Formation dans celles qui sont organisées en réseau	Formation des membres	Conseils pour l'amélioration du cadre de vie	Assistance sociale
Objets du crédit	Surtout pour les investissements	Les besoins sociaux et les investissements	Besoins sociaux et investissements	Besoins sociaux, très peu d'investissement

Tableau 1.1 — Les caractéristiques des systèmes de microfinance.

Deuxième Chapitre

Problématique du refinancement

Le refinancement est un prêt de fonds que fait une banque commerciale partenaire du projet de microcrédit (la BICEC dans le cadre du PCRD) aux CVECA d'un réseau par l'intermédiaire d'un GIC (Groupement d'Intérêt Commun), des présidents des caisses, ou des unions des réseaux de caisses.

Chaque intermédiaire applique un taux de crédit supérieur à celui qu'il a obtenu pour se financer. Les différentiels des taux de crédits permettent de financer le fonctionnement des différents organes composant les réseaux. En cumulant les différentes augmentations on arrive à des crédits dont les taux avoisinent 30%.

Le refinancement n'est sollicité que par les caisses dont les fonds épargnés par les membres sont inférieurs à leurs demandes en crédit. Les crédits permettent aux membres de financer aussi bien des activités productrices de revenus que les besoins sociaux : les activités agricoles, la scolarité des enfants, les frais de santé, les cérémonies funéraires, les cérémonies de mariage, etc.

Le taux de crédit appliqué par une caisse est fixé lors d'une assemblée générale. Ce taux varie suivant la provenance des fonds : refinancement ou épargne des membres. Les crédits sur les fonds issus du refinancement ont un taux plus élevé que les crédits financés à partir de l'épargne des adhérents car dans ce dernier cas, il y a moins d'intermédiaires.

Nous montrons dans ce chapitre que le processus de choix des CVECA au refinancement relève d'*une problématique multicritère et multi-décideurs*. Nous identifions parmi les gestionnaires du PCRD le groupe des décideurs concernés par un modèle multicritère d'aide à la décision. Nous définissons les critères permettant d'évaluer les CVECA pour l'accès au refinancement à partir des conditions qu'utilisent les gestionnaires pour évaluer les demandes. Enfin nous présentons les aspects multi-décideurs de la sélection des caisses au refinancement.

2.1 La décision dans le choix des caisses au refinancement : un processus multidécideur

2.1.1 L'organisation du PCRD

Les mutuelles ou coopératives, les CVECA, les institutions de crédit solidaire présentent de fortes similitudes relativement à leur organisation et au fonctionnement de leurs structures de distribution des services financiers (nous l'avons vu en 1.2 et cf. [28]). C'est pourquoi, dans la suite, nous ne ferons plus de distinction entre ces diverses approches, notre méthodologie devant s'appliquer à chacune d'entre elles.

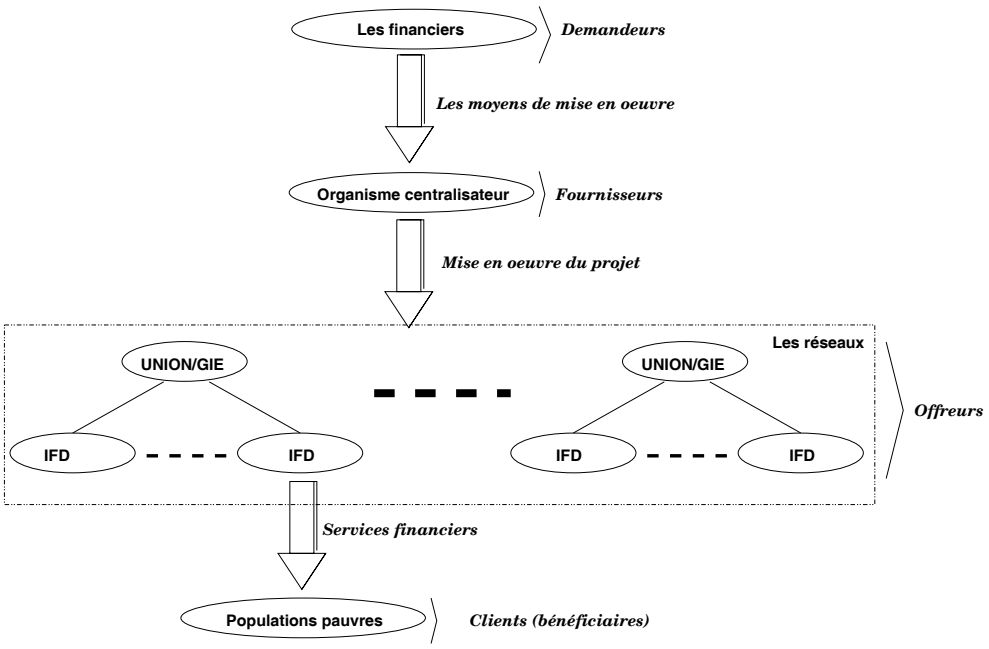


Figure 2.1 — Modèle d'organisation d'un projet de finance décentralisée.

La figure 2.1 présente le schéma organisationnel type des projets de microfinance (réseaux, unions, ..., cf. 1.2.2). Les IMF ont de très faibles ressources financières. Le regroupement de leurs besoins au niveau des unions leur permet d'accéder aux services qu'elles ne peuvent pas payer individuellement et qui sont pourtant indispensables à leur fonctionnement.

Les *demandeurs* sont les organismes qui définissent les grands objectifs de développement à long terme du microcrédit et apportent le financement nécessaire. Divers acteurs sont concernés : les pays développés donateurs bilatéraux d'aide au développement, les institutions internationales (comme la Banque Mondiale, l'Union Européenne), les gouvernements des pays concernés, les banques commer-

ciales, etc. Les *fournisseurs* mettent en application sur le terrain les objectifs de microfinance définis et financés par les *demandeurs*. L'action des organismes fournisseurs prend généralement plusieurs formes : l'appui à la création et à la gestion des institutions de microcrédit par la formation, le suivi et le contrôle de gestion, la recherche et la mise sur pied des moyens de pérennisation des institutions de microcrédit et l'aide à la recherche du financement des fonds de crédit.

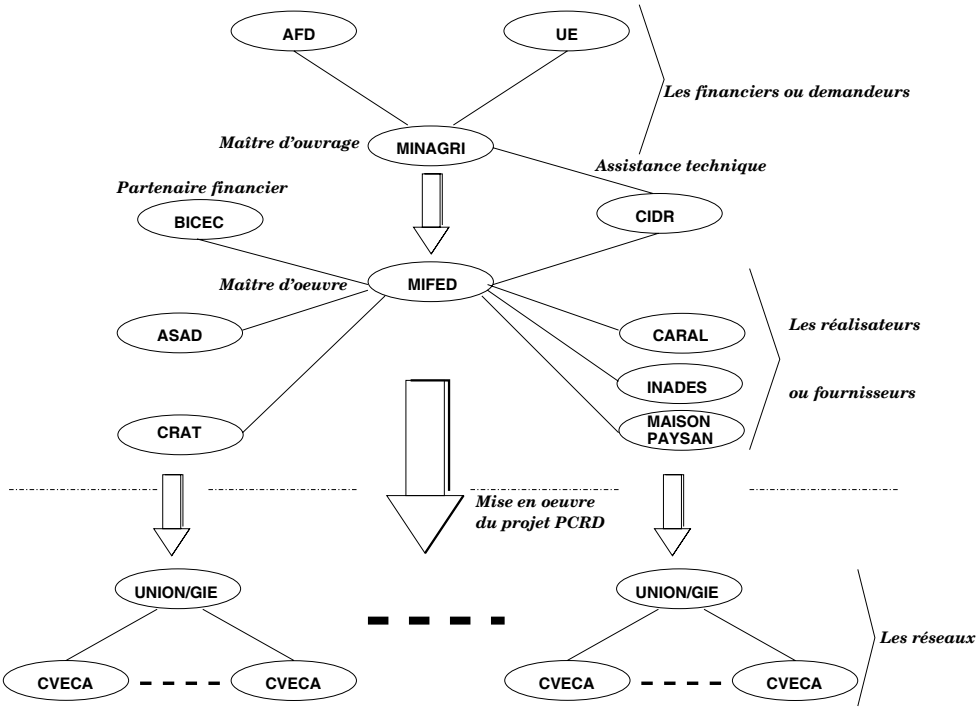


Figure 2.2 — L'organisation du projet PCRD du Cameroun.

En fonction du type d'approche de la microfinance, les *demandeurs* et les *fournisseurs* seront différents par leur origine et par le rôle qu'ils jouent dans l'organisation et le fonctionnement des institutions qui offrent des services financiers (que nous appelons aussi les *offreurs*) aux personnes à faible revenu (les *bénéficiaires*). Dans les réseaux de CVECA du Cameroun, les *demandeurs* sont les maîtres d'ouvrage (les ministères de l'agriculture et des finances) et les organismes financiers (Agence Française de Développement, Union Européenne, etc.). Les *fournisseurs* sont : le MIFED, le service commun et les opérateurs du monde rural partenaires (ASAD, CRAT, CARAL, INADES, Maison du Paysan, voir la figure 2.2 et [71]). Ici, le MIFED et ses partenaires font l'appui technique et la formation aux gestionnaires des caisses. Les tâches d'appui sont réalisées par des experts de la microfinance et des équipes d'animation de réseau.

Dans le cas des COOPEC, les bénéficiaires rassemblent leur épargne pour créer leur structure financière décentralisée. Les *fournisseurs* sont les fédérations

d'unions de COOPEC qui fournissent l'appui technique et la formation. Elle jouent de plus le rôle de caisse centrale pour les fonds épargnés dans toutes les institutions de microfinance du réseau.

Chaque CVECA est gérée en interne par un président, des caissiers, des contrôleurs internes (qui vérifient les opérations faites par les caissiers) et un CoGes (comité de gestion). Le CoGes est composé de personnes influentes dans la communauté d'implantation de la caisse, permettant d'exercer une pression sociale comme première garantie pour les crédits (certains membres sont forcés d'honorer leurs obligations de remboursement du crédit de crainte d'être marginalisés dans leur groupe social). Le CoGes a un rôle important dans la gestion du crédit, c'est lui qui approuve l'octroi du crédit à un sociétaire, et aide la caisse dans le recouvrement des crédits en retard.

2.1.2 Les décideurs dans le processus de refinancement

Dans la problématique du refinancement nous retrouvons les trois catégories d'intervenants définies par Sfez dans [57] :

- *les décideurs* qui expriment leurs préférences et tendent à les faire prévaloir dans l'évolution du processus. Ils feront l'objet de notre attention ;
- *l'homme d'étude* qui est souvent extérieur au problème de décision et qui a pour rôle d'expliciter un modèle de décision, de l'exploiter en vue d'obtenir des recommandations pour les décideurs[1] ;
- *les agis*[2] qui de façon passive subissent les conséquences des décisions (on suppose seulement que leurs préférences sont prises en compte, via les décideurs dans le processus de décision). Leur intervention est donc indirecte.

Pour le refinancement les décideurs forment un groupe composite. Un outil d'aide à la décision ne concernera pas toutes ses composantes (pour l'opportunité de l'utilisation d'un tel outil cf. 1.4). Nous allons donc, dans un premier temps, identifier le sous-groupe de décideurs appelés à en faire un usage efficace.

Nous répartissons les décideurs en trois catégories : les super-décideurs, les décideurs critiques et les exécutants (ou *opérateurs*). Une métaphore rend compte de cette catégorisation, un *super-décideur* est l'auteur d'une pièce de théâtre, un *décideur critique* est son metteur en scène et un *exécutant* est un acteur (on aurait pu également parler de compositeurs, de chefs d'orchestre et d'instrumentistes). Plus précisément ces catégories sont obtenues à l'aide d'un certain nombre de critères :

- Les *degrés de liberté* des décideurs : cela correspond à la possibilité de choisir

[1] Dans la perspective de Roy et Bouyssou [53, 54], cette exploitation peut conduire à l'utilisation d'un outil d'aide à la décision.

[2] Ici les agis sont les bénéficiaires.

entre plusieurs options et/ou d'élaborer des stratégies propres à atteindre des objectifs donnés.

- Le *type de tâches* réalisées dans le projet : celles d'exécution, celles liées à la définition des objectifs et celles de pilotage/conception.
- Les *informations utilisées et les connaissances requises* : nous distinguons d'une part l'information qui est une synthèse des activités et dont le traitement conduit à des actions ou à des instructions et, d'autre part, celle qui est traitée au fur et à mesure qu'elle est collectée sur le terrain, qu'elle concerne l'ensemble du projet ou qu'elle soit localisée sur une de ses composantes. Dans tous les cas le traitement de l'information mobilise des *connaissances* (qu'il contribue à enrichir). Notons que les informations traitées et les connaissances requises peuvent n'être pas liées à des projets particuliers même si elles les induisent. Par exemple la décision d'aider plus ou moins certaines régions et la répartition des moyens à dégager peuvent traduire des volontés politiques globales fondées sur des informations et connaissances très précises. Les objectifs à atteindre sur le terrain et les projets à réaliser en seront des conséquences fondées sur des informations synthétiques et des connaissances assez générales (à ce niveau les décideurs ne sont pas des experts du terrain). En revanche le pilotage d'un projet mobilise une réelle expertise (connaissances d'un terrain donné et des informations très précises). Dans le premier cas les informations et connaissances impliquées seront dites exogènes. Dans le second elles seront dites endogènes.
- L'*usage de l'informatique* : il convient de distinguer la bureautique de l'assistance. Le premier correspond à l'utilisation d'un environnement informatique (traitement de texte, courrier électronique et accès à Internet, tableur, ...) pour communiquer et représenter de l'information. Le second point correspond à l'utilisation de logiciels d'aide à la planification, à la décision, à la prévision, ... Dans le contexte qui est le nôtre, les outils d'assistance sont peu utilisés. La question est donc d'examiner l'opportunité, plutôt que la réalité, de leur usage. Par exemple les orientations globales qui sont le fruit de concertations complexes entre des états, des ONG et des établissements financiers, où interviennent des paramètres politiques, économiques, humanitaires, etc., ne nécessitent pas l'usage d'outil d'assistance. En revanche, les stratégies de prise de décision pour atteindre des objectifs en fonction de certains critères, et la planification des tâches à réaliser pour accomplir les actions correspondant aux décisions, pourraient sans doute bénéficier d'utilisation d'outils d'assistance. Ceux-ci permettent en effet un usage exhaustif et un traitement rigoureux de l'information utile (ce qui n'est pas le cas dans les prises de décision humaine cf. [60], [61], [45], [58]...).
- *Les acteurs* : demandeurs, fournisseurs, offreurs et gestionnaires des IMF.

Le tableau 2.1 décrit nos trois catégories de décideurs des caractéristiques présentées ci-dessus. Nous y avons identifié la catégorie de décideurs pouvant

utiliser efficacement un outil d'aide à la décision dans le cadre du refinancement.

Décideurs	Super-décideurs	Décideurs critiques	Exécutants ou opérateurs
Degrés de liberté	Fortement contraints par les aspirations des divers partenaires	Élevés	Limités à des aspects pratiques liés à l'exécution des tâches
Tâches exécutées	Fixent les grands objectifs à atteindre. Peuvent également donner des instructions sur la manière de les réaliser	Pilotage, conception des opérations et évaluation (décision)	Exécutent sur le terrain, les tâches nécessaires à la réalisation du projet
Informations utilisées et connaissances requises	Très précises de manières exogènes (expertise) ; connaissances assez générales et informations synthétiques de manière endogène	Forte expertise avec une connaissance entière du projet : endogène, forte expertise et informations précises ; exogène, connaissances très générales et informations partielles sur les impacts, extérieurs au projet, des actions envisageables	Informations et connaissances purement endogènes et limitées à la pratique des tâches à accomplir
Usage de l'informatique	Informatique bureautique	Informatique bureautique (informatique d'assistance souhaitée)	Pas d'informatique
Acteurs	Demandeurs	Fournisseurs	Offreurs et gestionnaires d'IMF

Tableau 2.1 — Comparaison des catégories de décideurs dans un projet de microcrédit.

Cette étude s'inspire de la technique d'analyse systémique PPBS - RCB (Planning Programming and Budgeting System - Rationalisation de Choix Budgétaire), cf. Sfez [57]. L'étude du PCRD dans son ensemble (comme cette technique le préconise) a permis d'identifier les groupes cibles intervenant dans le projet, de faire l'inventaire des moyens et de localiser les centres de décision.

Comme décrit paragraphe 2.1.1, on montre qu'il y a plusieurs degrés de décision dans le PCRD, dont les principaux acteurs sont : les *demandeurs*, les *fournisseurs* et les gestionnaires des CVECA. Les *décideurs critiques* qui font partie des *fournisseurs* (voir le tableau 2.1) forment **la catégorie de décideurs idoines de la typologie à laquelle nous allons destiner nos outils d'aide à la décision**. C'est le groupe qui possède l'information stratégique sur la réalisation du projet et joue le rôle d'interface entre le terrain - où il participe à la réalisation et la définition des programmes d'action - et les *demandeurs* du projet. C'est aussi dans ce groupe que l'on retrouve les experts de la microfinance du projet. Le rôle central (la formation, l'appui aux caisses, la planification du projet, etc.) de ces derniers dans le projet fait qu'ils sont susceptibles d'utiliser de façon efficiente un outil d'aide à la décision, dans un cadre décisionnel ou de capitalisation des connaissances.

Enfin, ce groupe est composé des ONG (internationales ou nationales) qui en général, possèdent le matériel informatique nécessaire pour faire fonctionner un outil logiciel d'aide à la décision. Ainsi, dans le cas du PCRD, l'outil sera destiné aux experts en microfinance du MIFED.

2.2 Processus et conditions d'accès au refinancement

2.2.1 L'Inter-Caisse Villageoise (ICV)

Dans la méthodologie d'approche de la microfinance par les CVECA prônée par le CIDR et appliquée par le MIFED dans le PCRD au Cameroun, les ICV permettent de réunir tous les acteurs d'un réseau pour faire l'analyse de la situation quantitative et qualitative de l'ensemble des caisses. C'est aussi l'occasion de définir les conditions d'accès au refinancement et de choisir les caisses du réseau qui vont en bénéficier.

L'ICV est l'instance principale de gestion des réseaux de CVECA ; elle se tient une ou deux fois par an. Elle permet la rencontre des principaux intervenants dans la gestion des réseaux : la cellule nationale d'appui (MIFED), les animateurs terrain, les membres du Service Commun et les représentants des CVECA.

Les séances de travail d'une ICV permettent aux participants d'évaluer le travail accompli et de fixer les objectifs à atteindre à court ou à moyen terme. Ces objectifs portent sur : les services financiers proposés aux clients des caisses, l'expansion des réseaux par la création des nouvelles caisses, etc. On y aborde les points suivants (voir [22, 39, 40]) :

- la situation des caisses par rapport à quelques indicateurs de performance : le nombre de clients, l'encours de crédit, l'encours de dépôts, le taux de remboursement des crédits, l'appropriation technique et sociale du projet par les membres des caisses, etc.;
- les problèmes rencontrés au courant de l'année dans les réseaux et la recherche de solutions adéquates ;
- la situation des remboursements des refinancements et l'analyse des caisses éligibles au refinancement ;
- le rapport d'activité du Service Commun et l'état des défaillances constatées dans la gestion des caisses ;
- l'analyse des demandes des villages ayant manifesté le désir de créer une caisse et les mesures à prendre pour les aider ;
- l'état des dépenses et des ressources de l'association des présidents des caisses et la comparaison avec le budget.

2.2.2 Les conditions d'accès au refinancement

Dans le PCRD, pour accéder au refinancement, une CVECA doit respecter un certain nombre de conditions, présentées sous forme d'indicateurs qualitatifs et quantitatifs. Ces conditions sont préparées par les cadres du MIFED, puis sont discutées et complétées avec les représentants des caisses lors des inter-caisses. C'est après l'adoption de ces conditions que les deux parties procèdent au choix des bénéficiaires. En général, le projet des conditions préparé et présenté par les experts ne subit pas de modifications durant les séances de travail avec les représentants des caisses. En effet, pendant la phase de création des réseaux de IMF (la phase de projet), les experts du MIFED forment les gestionnaires des IMF aux concepts de la microfinance. Or la gestion du refinancement, et particulièrement la définition des critères pour y accéder, fait partie des points essentiels de cette formation. Ce qui confère la plus grande importance aux propositions des experts du MIFED. Durant les périodes inter-caisses, le but est d'abord de transmettre aux gestionnaires des caisses et aux animateurs des réseaux les techniques qui leur permettront de choisir de façon efficace les bénéficiaires du refinancement. Les experts du MIFED pensent que le processus de transformation des réseaux en un système financier pérennisé est très dépendant de la gestion des crédits dans les caisses.

Indicateurs	**Valeur acceptée**	**Taux d'accroissement annuel**
Nombre de membres :		
- plus de 150 en 1999	$\geq$ 150 exigé	5% au moins
- moins de 150 en 1999	$\leq$ 150 toléré	10% au moins
Encours moyen de crédit :		
- CVECA jamais refinancée	$\geq$ \$ 4 500 exigé	5% au moins
- CVECA déjà refinancée	$\geq$ \$ 5 000 exigé	10% au moins
Effort moyen d'épargne par membre	$\geq$ \$ 28 exigé	5% au moins
Taux moyen de portefeuilles à risque	$\leq$ 3% exigé	0% exigé
Détournements	0 exigé	0% exigé
Nombre de réunions du CoGes et de l'AG par mois	$\geq$ 4 exigé	
Gestion des comptes par les caissiers	Bon	

Tableau 2.2 — Les conditions d'accès au refinancement dans les réseaux du Sud-Cameroun (en 2000).

Nous pouvons noter que ces conditions d'accès - contenues dans les indicateurs à mesurer - au refinancement ne sont pas harmonisées, pour le moment sur l'ensemble des réseaux de CVECA. Depuis le début du projet, il y a eu plusieurs améliorations des conditions d'accès motivées par les difficultés d'application rencontrées sur le terrain. Ceci représente une importante surcharge de travail pour les experts lors de la préparation des inter-caisses villageoises (cf. 2.2.1). En effet, ils doivent souvent évaluer les CVECA avec des indicateurs différents d'un réseau à l'autre en fonction de leur situation géographique, sociale et économique. Le réseau est localisé géographiquement dans une circonscription territoriale appelée *zone*. Il y a deux zones : les réseaux du Nord-Cameroun et ceux du Sud-Cameroun. De plus, le jugement porté sur un même indicateur peut différer d'une zone à l'autre.

Les conditions d'accès au refinancement dans les réseaux du Sud-Cameroun depuis les inter-caisses de l'an 2000 sont résumées dans le tableau 2.2. Dans le tableau 2.3, nous indiquons les conditions d'accès dans les réseaux du Nord-Cameroun en 2000 ; elles correspondent à celles qui étaient appliquées dans le Sud avant 2000. Durant l'inter-caisse, après l'adoption des conditions d'accès, chaque équipe de représentants de CVECA expose la situation financière et socio-économique de sa caisse. L'assemblée décide alors de l'octroi ou du refus du refinancement.

En s'appuyant sur les indicateurs de performances contenus dans l'un des tableaux 2.2 ou 2.3, une analyse qualitative de la caisse évaluée est faite par l'animateur chargé de son suivi. Cette analyse qui aide à l'appréciation des indicateurs permet de compléter les données qui serviront à la prise de décision.

Indicateurs	**Valeurs acceptées**
Nombre de membres	entre 100 et 200
Effort moyen d'épargne	entre \$ 20 et \$ 24
Encours de crédit	entre \$ 2 000 et \$ 4 600
Taux d'utilisation des ressources	$\geq 75\%$
Encours de crédit en souffrance	0
Détournements	0
Nombre de réunions du CoGes par mois	≥ 4
Gestion de la caisse par le CoGes	Bonne
Tenue de documents par les caissiers	Bonne

Tableau 2.3 — **Les conditions d'accès au refinancement dans les réseaux du Nord-Cameroun (en 2000).**

Les experts du MIFED estiment que l'accès au refinancement d'une CVECA

est conditionné par le respect scrupuleux des conditions d'accès. Mais, en pratique, il est difficile d'appliquer toutes ces exigences, pour les raisons suivantes :

- il arrive très souvent que les informations demandées ne soient pas disponibles en totalité,
- certaines défaillances (détournements, retard dans le remboursement des crédits, etc.) de la CVECA peuvent être causées par une très faible proportion de membres et il serait dommage de sanctionner toute la communauté en refusant de refinancer la caisse. Ce refus peut avoir des conséquences fâcheuses pour la caisse qui, dans certains cas, peut aboutir à une fermeture pure et simple,
- il arrive que certains responsables de caisses fraudent, en masquant les comptes pour respecter les critères d'accès au refinancement à l'approche de l'échéance de l'ICV. Très souvent ceux-ci font appel à des tiers ne faisant pas partie de la population cible du PCRD pour l'apport de fonds permettant de couvrir les déficits et/ou de constituer les fonds de garantie pour le crédit de refinancement, en contrepartie de l'octroi d'un crédit important sur les fonds du refinancement. D'autres procèdent à des jeux d'écriture frauduleux qui échappent à la vigilance des contrôleurs, ou qui sont détectés trop tard.

Les membres de la cellule nationale et des équipes de suivi des caisses qui connaissent très bien le fonctionnement des CVECA tout au long de l'année sont en mesure de donner une appréciation plus objective sur les véritables capacités de la caisse à bien gérer un refinancement, au-delà des problèmes que peut momentanément avoir la structure, et qui l'empêche de rentrer dans les conditions.

2.2.3 Le processus de choix des CVECA

Le choix des CVECA bénéficiaires du refinancement est fait en assemblée plénière de l'ICV, après adoption des conditions d'accès (voir le paragraphe 2.2.1). L'assemblée est constituée de représentants des caisses et d'observateurs extérieurs tels que les représentants des villages demandeurs de nouvelles caisses, les membres de la cellule nationale (MIFED), les membres du service commun et les équipes d'animation.

Dans cette assemblée, seuls les représentants des caisses ont le droit de décider de l'octroi ou non du refinancement. Ils fixent également le taux du crédit. Dans le cadre de sa mission de formation durant le projet, la voix de la cellule nationale est prépondérante sur toutes les autres (voir le paragraphe 2.2.4). Elle peut par exemple décider de refuser l'octroi du crédit à une caisse choisie par l'assemblée si elle estime que la caisse est incapable de bien gérer le crédit. Mais c'est une situation qui n'arrive que très rarement.

Après avoir défini ensemble les conditions d'accès au refinancement, les représentants de chacune des CVECA passent devant l'assemblée pour présenter

la situation quantitative de leur caisse. Cette présentation est appuyée par les animateurs du réseau, qui apportent très souvent des précisions qualitatives. A la suite de la présentation, et conformément aux conditions d'accès au refinancement, l'assemblée décide de l'octroi ou du refus du refinancement à la CVECA. A la fin de l'ICV, la liste des CVECA retenues est transmise à la BICEC pour le déblocage du crédit.

2.2.4 Les caractéristiques du processus de choix des CVECA au refinancement

En analysant les conditions de choix des CVECA au refinancement, nous avons dégagé des caractéristiques que doit intégrer un modèle d'aide à la décision destiné à des décideurs de la microfinance.

Pour accéder au refinancement, une caisse doit respecter plusieurs conditions. Chacune de ces conditions renvoie à un aspect que les gestionnaires du PCRD jugent important dans l'évaluation de la caisse. Ces conditions sont utilisées comme repère de base de la décision de l'octroi du refinancement. Le modèle doit par conséquent tenir compte de plusieurs points de vue pour intégrer tous ces aspects de l'évaluation des caisses.

En effet, lorsqu'une caisse remplit les conditions définies dans un des tableaux 2.2 ou 2.3, elle peut bénéficier du refinancement. Tout se passe comme si les décideurs classaient les caisses en 2 catégories : celles qui vont bénéficier du refinancement et celles qui n'en bénéficieront pas. Ce traitement revient à coller une étiquette "choisie" (respectivement "refusée") aux caisses remplissant les conditions (respectivement ne remplissant pas les conditions). Il s'agit des tâches de *jugement*.

Plusieurs experts de la microfinance participent au processus de choix des CVECA pour le refinancement, or ceux-ci sont rares et peu disponibles, ce qui met en évidence la nécessité d'extraire et de capitaliser les stratégies de décision de ces experts.

Cependant les conditions d'accès (certes strictes) au refinancement et les évaluations régulières des caisses ne fournissent aucune garantie absolue. Des caisses choisies (respectivement refusées) peuvent être défaillantes (respectivement pourraient ne pas poser de problèmes). Un second objectif est donc de réduire le risque d'erreur.

Il y a un besoin d'uniformiser et de rendre cohérent le processus de choix des CVECA au refinancement dans l'ensemble du PCRD. Les conditions de refinancement ne sont pas les mêmes pour les caisses du nord et celles du sud. Elles dépendent aussi de valeurs quantitatives. Il faudrait que les décideurs évaluent les caisses à partir de l'appréciation des valeurs qualitatives de ses performances,

en tenant compte de la situation socio-culturelle et économique de la région où se trouve la caisse. Cette uniformisation permettra de rendre plus efficace et cohérent le travail des experts.

En se basant sur ces caractéristiques, nous pensons qu'un modèle sur lequel les décideurs pourraient s'appuyer pour obtenir des recommandations cohérentes pour leur décision dans le processus de choix des CVECA au refinancement doit :

- tenir compte de plusieurs points de vue,
- accepter l'incertitude dans la prise de décision,
- considérer le fait qu'il existera toujours une part d'incertain dans le jugement d'une caisse, lors de la prise de décision,
- permettre l'extraction et la capitalisation des stratégies de décision des experts.

D'après B. Roy et D. Bouyssou (cf. [53, 56]), un tel processus de décision répond aux caractéristiques d'une *problématique d'aide multicritère à la décision.*

2.3 Les critères d'évaluation des CVECA pour le refinancement

D'après B. Roy et D. Bouyssou ([56]), *un critère vise à résumer, à l'aide d'une fonction, les évaluations d'une action (caisse pour nous) sur diverses dimensions pouvant se rattacher à un même "axe de signification", ce dernier étant la traduction opérationnelle d'un "point de vue"*. Les dimensions correspondent (dans notre problème) aux performances de la caisse sur des aspects significatifs pour son évaluation, par exemple : le nombre de membres, l'encours de crédit, etc.

Pour harmoniser l'évaluation des CVECA pour le refinancement sur l'ensemble des réseaux du Cameroun, il conviendrait de définir des critères qui prendraient en compte tous les indicateurs utilisés jusqu'à présent (voir les tableaux 2.2 et 2.3). De plus, il faudrait s'assurer que le mode d'évaluation conduit à une appréciation du critère qui est indépendante de l'environnement d'installation de la CVECA, bien que l'appréciation des valeurs des performances de la caisse soit dépendante de cet environnement, comme nous allons le voir pour *le nombre de membres de la caisse.*

Dans ce but, l'harmonisation de l'évaluation des CVECA est faite en liant une échelle d'évaluation qualitative ordinale à un indicateur purement quantitatif. Par exemple sur l'indicateur *"du nombre de clients de la CVECA"*, une caisse dans le nord du Cameroun est jugée *bonne* lorsque le nombre de ses membres dépasse 100, alors que dans le sud du Cameroun, la caisse doit avoir au moins 150 membres pour avoir la même appréciation (voir les tableaux 2.2 et 2.3). Ce qui laisse l'appréciation de la valeur de l'indicateur à la sensibilité du décideur.

Le décideur pourrait donner la même évaluation qualitative à deux CVECA de réseaux différents sur un indicateur, bien qu'elles n'aient pas les mêmes valeurs quantitatives sur cet indicateur.

Les indicateurs d'évaluation des caisses englobent des aspects très différents : financiers, sociaux, économiques, etc. Au nombre de trente ils s'avèrent trop nombreux pour servir de base de jugement à un décideur. C'est pour cela qu'il est nécessaire de les synthétiser. Mais toutefois en prenant garde au fait qu'une synthèse trop poussée peut faire perdre certains aspects importants de l'évaluation. Cette préoccupation a été prise en compte dans la synthèse des indicateurs lors de la détermination des critères.

2.3.1 Détermination des critères

La détermination des critères a été réalisée à partir d'interviews de 6 experts du MIFED et à partir de documents écrits (les rapports d'activités et le cahier des charges du projet). Les points de vue exprimés par les paysans lors des différentes assemblés générales des caisses et les ICV ont permis de compléter les informations.

Les objectifs et les souhaits exprimés par les experts du MIFED, les financiers du PCRD et les différents partenaires du projet font ressortir les préoccupations suivantes :

- la nécessité de construire un système financier pérennisé qui s'autofinance à terme ;
- l'assurance que le système créé est adapté aux besoins financiers (pour la création des activités génératrices de revenus des paysans) et sociaux des bénéficiaires ;
- le but poursuivi par l'implantation d'un réseau de CVECA en zone rurale est de participer au développement social et humain des populations rurales, particulièrement en formant les femmes pour qu'elles s'impliquent dans la gestion des structures de microfinance ;
- l'assurance que les bénéficiaires ont une réelle volonté de s'approprier le système à la fin du projet (la CVECA est supposée devenir un bien communautaire des membres).

A la vue de ces préoccupations, est effectué un regroupement des indicateurs sur lesquels les experts et les autres participants aux ICV se basent pour choisir les caisses éligibles au refinancement. Ces regroupements ont donné lieu à une procédure *"d'essai-correction"* entre l'analyste et les six experts du MIFED. Par exemple, les experts ont proposé de regrouper en un seul critère les indicateurs mesurant l'activité des organes de représentation des membres et ceux mesurant l'impact de cette activité sur les membres (les uns étant les conséquences des autres), ce qui a donné le critère : *administration et sensibilisation*

des membres sur la gestion de la CVECA et efficacité des organes de représentation des membres. En définitive, les deux parties ont jugé pertinent de conserver cinq critères, obtenus par regroupement des axes d'évaluation. Ces critères vont être discutés ci-dessous.

2.3.2 Définition des critères

Les conditions d'accès au refinancement, décrites au paragraphe 2.2.2 sont fondées sur des indicateurs quantitatifs et qualitatifs. Il s'ensuit une définition de critères ordinaux qualitatifs pour uniformiser l'évaluation des CVECA sur l'ensemble des réseaux du Cameroun.

Plusieurs réunions de travail avec les experts du MIFED nous ont conduits à retenir les cinq critères suivants :

La capacité de la caisse à absorber le refinancement : il s'agit de voir si la rentabilité des activités économiques génératrices des revenus des membres peut justifier le montant de crédit demandé, car le remboursement du crédit dépend beaucoup du type d'activité économique dans lequel les membres investissent.

La qualité de la gestion du crédit dans la CVECA : il s'agit de mesurer le risque-crédit de la caisse en se basant sur la façon dont le crédit est géré et le comportement des membres face au remboursement, une mauvaise gestion du crédit mettant très sérieusement en question la pérennité de la caisse.

Le niveau d'engagement et d'appropriation de la CVECA : il s'agit d'estimer la capacité des membres à devenir autonomes à terme dans la gestion de la caisse, car l'objectif du projet est d'amener les membres à gérer la caisse sans appui externe.

L'administration et la sensibilisation des membres sur la gestion de la CVECA et l'efficacité des organes de représentation des membres : il s'agit de juger le travail des représentants des membres au sein de la caisse, et d'apprécier l'écho de ce travail auprès des membres ; il est en effet important que les membres soient au courant du fonctionnement de celle-ci car la caisse appartient aux membres.

La croissance de la caisse et sa pénétration : il s'agit de juger l'accroissement du nombre de membres en le comparant à la population active du village, de voir si la caisse peut avoir à terme le nombre de membres nécessaires pour s'autofinancer, et enfin d'apprécier l'adhésion des membres aux produits financiers de la caisse.

Chacun de ces critères est évalué par les experts selon différents indicateurs de fonctionnement de la caisse. Sur une échelle qualitative ordinale, l'expert donne son appréciation à partir de l'ensemble des indicateurs qui composent le critère.

Chaque critère prend appui sur plusieurs axes d'évaluation. Un axe d'évaluation est un indicateur pertinent et évaluable. Par exemple le critère *"croissance et pénétration de la caisse"* prend appui sur plusieurs indicateurs comme *"taux*

de croissance du nombre de membres", etc. (cf. 2.3.3). L'évaluation globale d'un critère résulte de l'agrégation des notes obtenues sur les différents axes d'évaluation de nature variée. C'est le décideur qui apprécie la caisse de manière globale sur les critères sans toutefois donner un niveau de détail axe par axe.

2.3.3 Description des critères et des échelles d'évaluation

La capacité de la caisse à absorber le refinancement

La capacité de la caisse à absorber le refinancement est appréciée selon différents axes : l'utilisation qu'elle a fait du refinancement de l'année précédente ; le niveau de l'encours moyen de crédit [3] ; le niveau moyen d'utilisation des ressources ; la qualité des raisons qui poussent la CVECA à demander un montant donné de crédit. Cette qualité est appréciée par rapport à l'activité économique de la région environnante de la caisse et aux besoins réels de crédit de la population cliente.

L'échelle d'évaluation utilisée est : *"très mauvaise", "mauvaise", "acceptable", "bonne"*.

La qualité de la gestion du crédit dans la CVECA

L'expert évalue la gestion du crédit dans la CVECA par la qualité des octrois, le respect des ratios qui garantie la bonne gestion des crédits, la qualité du travail de recouvrement, et par l'ampleur des retards du remboursement des crédits. L'honnêteté des gestionnaires de la CVECA ou l'existence de pratiques douteuses (détournement, malversation et non-respect du règlement intérieur de la CVECA) sont également pris en compte. Il estime le risque de non remboursement d'un crédit, en comparant le niveau moyen du taux de portefeuilles à risque sur 6 mois et le niveau du taux de remboursement sur 6 mois. Il s'appuie aussi sur la réputation des emprunteurs que les animateurs du réseau évaluent en proportion du portefeuille de crédit à risque de la façon suivante : *"risque grand", "risque moyen", "pas de risque"*.

L'échelle d'évaluation utilisée est : *"très mauvaise", "mauvaise", "acceptable", "bonne"*.

Le niveau d'engagement d'appropriation de la CVECA

L'expert estime l'engagement et l'appropriation que les paysans ont envers leur caisse à partir des rapports qu'ils entretiennent avec l'équipe de suivi, l'engouement dont ils font preuve envers la caisse (l'entretien du bâtiment, les ap-

[3] Les indices moyens sont en général calculés sur une période d'environ 6 mois.

préciations informelles sur la caisse, la connaissance du règlement intérieur, la participation aux différentes réunions, etc.) et l'implication des femmes. Cet axe est évalué à partir du nombre de femmes clientes participant aux différentes équipes de gestion de la caisse, de l'encours moyen d'épargne par membre, du pourcentage de membres actifs et de la capacité des membres à gérer les conflits nés des activités de la caisse.

L'échelle d'évaluation utilisée est : *"très mauvaise", "mauvaise", "acceptable", "bonne"*.

L'administration et la sensibilisation des membres sur la gestion de la CVECA et l'efficacité des organes de représentation des membres

L'expert estime la sensibilisation et l'implication de la population dans la gestion de la CVECA à travers l'engouement de leurs représentants à informer les membres sur les activités de la caisse. Cet indicateur est estimé en s'appuyant sur le nombre de réunions du CoGes, le nombre d'assemblées générales tenues en un mois et sur la capacité d'organisation des séances d'animation et de sensibilisation des gestionnaires de la caisse.

L'expert, en se référant aux informations données par l'équipe d'appui, évalue les caissiers par rapport à leur assiduité et à leur sérieux dans la tenue des comptes des clients ; il apprécie en même temps la qualité du travail des contrôleurs internes, des membres du CoGes et du comité des sages sur la gestion de la CVECA.

L'échelle d'évaluation utilisée est : *"très mauvaise", "mauvaise", "acceptable", "bonne"*.

La croissance de la caisse et sa pénétration

L'expert estime la pénétration de la caisse dans son milieu économique durant la dernière année. En général, ce milieu est le village dans lequel la caisse est installée. Cette évaluation se base sur : le rapport entre le *nombre de membres* et la *population totale active du village*, le *taux d'accroissement du nombre de membres sur un an* et l'*évolution des encours moyens d'épargne et de crédit*.

Seules les membres de la communauté villageoise où la caisse est installée ont le droit de faire partie des clients. La présence de personnes extérieures contribue négativement à une évaluation de la caisse sur ce critère.

L'échelle d'évaluation utilisée est : *"très mauvaise", "mauvaise", "acceptable", "bonne"*.

Le tableau 2.4 donne la liste des critères avec leurs notations et leurs échelles d'évaluation.

Critères	Notations	Échelles
La capacité de la caisse à absorber le refinancement	**A**	*"très mauvaise", "mauvaise", "acceptable", "bonne"*
La qualité de la gestion du crédit dans la CVECA	**B**	*"très mauvaise", "mauvaise", "acceptable", "bonne"*
Le niveau d'engagement d'appropriation de la CVECA	**C**	*"très mauvaise", "mauvaise", "acceptable", "bonne"*
L'administration et la sensibilisation des membres sur la gestion de la CVECA et l'efficacité des organes de représentation des membres	**D**	*"très mauvaise", "mauvaise", "acceptable", "bonne"*
La croissance de la caisse et sa pénétration	**E**	*"très mauvaise", "mauvaise", "acceptable", "bonne"*

Tableau 2.4 — Les critères d'évaluation des CVECA.

2.4 Étude de la cohérence des critères

Pour juger si une famille de critères répond à ce que l'on en attend dans une perspective d'aide à la décision, B. Roy et D. Bouyssou propose dans [53, 56], trois axiomes minimaux de cohérence : d'*exhaustivité*, de *cohésion* et de *non-redondance*. A chacun de ces axiomes, est associé un test opérationnel susceptible de guider une analyse critique, qui peut mener à une modification des critères.

Nous avons utilisé ces tests pour vérifier la cohérence des critères que nous allons utiliser (et décrits au paragraphe 2.3.2) dans la perspective d'aider les décideurs du PCRD (le groupe des décideurs concernés est présenté au paragraphe 2.1.2) lors du choix des CVECA pour un refinancement.

Cette vérification s'est faite avec l'aide des experts du MIFED et à partir d'une base de test constituée de 18 caisses réelles toutes d'évaluations différentes (cf. tableau 2.5). Elle nous permet d'observer que la famille de critères du paragraphe 2.3.2 vérifie les axiomes minimaux de cohésion.

Dans la logique de travail des experts sur le terrain, toute différence, aussi faible soit elle, entre deux CVECA (même si elle ne porte que sur un seul critère) peut être révélatrice d'une situation de préférence stricte. Étant donné les échelles d'évaluation, la moindre différence entre deux caisses sur un critère marque un écart significatif. C'est ainsi que nous pouvons dire que ces critères sont des *vrais critères* (cf. [53, 54, 67]).

2.4.1 Test d'exhaustivité

Il s'agit de s'assurer que deux actions quelconques de l'espace de décision qui ont les mêmes évaluations sur tous les critères seront jugées indifférentes par les décideurs. De même, si nous considérons une troisième action de l'espace

de décision, pour le décideur, il revient au même de comparer cette dernière à n'importe laquelle des deux actions précédentes.

Ceci signifie que l'on n'a pas oublié de facteur pertinent pour l'aide la décision dans notre famille de critères. C'est sur la vérification de cette conséquence que s'est limité notre test d'exhaustivité.

Pendant le processus de détermination des critères, les experts se sont assurés que tous les critères sont indépendants et couvrent tous les aspects de l'évaluation des caisses. Cette vérification s'est appuyée sur le fait que les axes d'évaluation des caisses sont supposés indépendants. Alors, il a suffit qu'on vérifie qu'aucun d'eux n'était oublié dans la composition des critères.

2.4.2 Test de cohésion

Il s'agit de vérifier que pour deux actions quelconques de notre espace de décision jugées indifférentes par les décideurs, si on améliore les évaluations de certains critères (les autres restant inchangées) de l'une et/ou on dégrade les valeurs de certains critères (les autres restant inchangées) de l'autre, alors l'action améliorée doit être au moins aussi bonne que l'action dégradée pour les décideurs.

Dans ce test nous nous sommes limités à vérifier que pour deux actions quelconques de notre base de tests, en restreignant le jugement des décideurs sur n'importe quel critère d'évaluation, la meilleure des deux actions est celle qui a la plus grande valeur.

2.4.3 Le test de non-redondance

Il s'agit de s'assurer qu'il n'y a pas de critères superflu pour le processus de décision.

Il suffit de vérifier que l'ensemble des critères ne remplit plus les conditions du test d'exhaustivité et/ou l'axiome de cohésion, dès qu'un critère de la famille est supprimé.

Les experts ont approuvé que les critères définis couvrent l'ensemble de leurs préoccupations et de leurs souhaits (cf. le paragraphe 2.3.1). De même, les experts pensent que l'abandon d'un de ces critères mènerait à l'oubli de certains aspects de l'évaluation d'une caisse, ce qui fausserait le jugement de préférence des décideurs dans le processus de décision. Ils ont aussi trouvé que la création des critères, par le regroupement des indicateurs, était cohérent. Chacun de ces critères renvoie clairement à un aspect précis de l'évaluation d'une caisse pour le refinancement.

2.5 La difficulté à faire l'unanimité dans le choix d'une CVECA

2.5.1 Problèmes liés à l'évaluation

Le refinancement des CVECA pose plusieurs problèmes qui proviennent de trois facteurs principaux :

- la différence de perception de la signification du refinancement qu'il y a entre le MIFED et les membres de la CVECA,
- les difficultés pour le MIFED de définir les conditions idoines d'accès au refinancement,
- la difficulté à obtenir l'unanimité des décideurs sur une décision d'octroi du crédit à une CVECA.

Avant l'arrivée de la microfinance, les paysans ne recevaient généralement que de *"l'argent froid"* (crédit sans obligation de remboursement, voir [66]), sous la forme de crédit donné par les banques de développement. Le manque de suivi et de rigueur dans la gestion du crédit, dont les banques de développement ont fait preuve, a laissé croire aux paysans que le gouvernement leur faisait des dons et non des prêts. L'octroi des crédits dans les banques de développement était assez arbitraire, et la banque montrait un grand laxisme dans le recouvrement des fonds. C'est ainsi que les paysans, habitués à la mauvaise gestion des banques de développement, ont tendance à percevoir les crédits obtenus par la microfinance comme une nouvelle forme de don du gouvernement. Pourtant le MIFED utilise le crédit du refinancement comme un outil de formation et d'initiation à la bonne gestion. Cette bonne gestion du crédit est primordiale pour le développement des réseaux de CVECA et la création d'un système financier pérennisé. De même le MIFED pense que ce crédit est l'un des instruments les plus efficaces pour transmettre aux paysans des principes de rigueur dans la gestion. C'est dans ce cadre que l'obligation de rembourser les crédits prend toute son importance.

La définition des conditions d'accès au refinancement a toujours posé des problèmes au MIFED, car elle est le support de l'évaluation de CVECA qui est au centre des missions d'appui et de formation. L'évaluation permet d'orienter l'appui des CVECA et de définir les programmes adéquats de formation. C'est aussi grâce à une évaluation de la CVECA que l'expert peut apprécier le risque d'échec du refinancement. Pour cela, elle doit intégrer autant d'éléments quantitatifs (les ratios financiers) que d'éléments qualitatifs (les données culturelles et sociales).

Ces éléments d'évaluation ne doivent pas être des mesures instantanées des indicateurs, mais des tendances sur une longue période. Le fait de juger une caisse sur des mesures instantanées des indicateurs laisse des possibilités de fraude aux gestionnaires véreux, qui peuvent améliorer "artificiellement" les valeurs de ces indicateurs avant qu'on ne les mesure. En effet, à la veille du refinancement,

les experts du MIFED se sont rendus compte que beaucoup de caisses qu'ils savaient mal gérées dans le courant de l'année remplissaient de façon surprenante les conditions d'accès au refinancement.

L'octroi du refinancement fait intervenir plusieurs groupes de personnes qui ont très souvent des points de vue conflictuels sur les conditions à respecter par les caisses. Il y a les experts du MIFED qui font un travail en amont pour préparer les conditions à remplir, et les représentants des caisses qui contribuent à la définition des critères et à la décision d'octroi du refinancement. Comme nous l'avons dit précédemment, il y a déjà conflit entre les deux groupes sur la perception du refinancement. Très souvent, les conflits commencent entre les experts (qui préparent les ICV) au niveau de la détermination des caisses qui méritent le refinancement, car le choix des caisses potentielles fait partie du travail préalable au refinancement. Ce choix influence beaucoup les décisions finales, car pendant la phase de projet les experts ont une voix prépondérante dans le choix des caisses à refinancer. Ils ont le pouvoir de refuser le refinancement à une caisse qui a été choisie par les représentants des caisses durant l'assemblée de l'ICV.

Ce constat renforce la décision de destiner notre outil d'aide à la décision aux experts du MIFED qui sont les *décideurs critiques* dans le PCRD (voir le paragraphe 2.1.1).

Les données montrent que certaines caisses, qui présentaient un bon dossier n'ont pas géré les crédits de manière satisfaisante, alors que d'autres, qui avaient un dossier assez moyen, l'ont mieux fait. Il y a donc eu échec dans le choix des bénéficiaires du refinancement. Ces échecs peuvent être expliqués de diverses manières :

- les experts jugent difficilement la candidature d'une caisse en se fondant sur l'ensemble des indicateurs, ils sont trop nombreux (ils font en particulier des regroupements préalables). En n'utilisant qu'une partie des indicateurs, certains aspects nécessaires à la prévention contre les risques d'échec ne sont pas pris en compte ;
- les divergences dans les points de vue des acteurs intervenant dans le fonctionnement des CVECA peuvent survenir, tant entre les experts eux-mêmes, qu'entre les animateurs et les adhérents ;
- des phénomènes naturels (sécheresse, pluie) et économiques non contrôlables peuvent rendre toute prévision aléatoire.

2.5.2 Divergences entre les experts décideurs-critiques

Nous présentons dans le tableau 2.5 quelques exemples de CVECA évalués [4] par les opérateurs du projet PCRD. Ces caisses ont été évaluées avec les cinq

[4]Ils évaluent mais ne décident pas.

critères définis au paragraphe 2.3. Ces évaluations représentent les jugements que les opérateurs ont du fonctionnement des caisses.

Critères / CVECA	A	B	C	D	E
NLOBOLE	Bonne	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable
KAMBA	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Acceptable
EBOLAKOUNOU	Acceptable	Acceptable	Bonne	Bonne	Acceptable
FANG-BIKANG	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Mauvais
BIYOKA	Acceptable	Très mauvaise	Acceptable	Mauvais	Mauvais
MEDJEME	Acceptable	Mauvais	Mauvais	Acceptable	Mauvais
NKOLMEWOUT	Acceptable	Bonne	Bonne	Bonne	Acceptable
ATE	Acceptable	Très mauvaise	Mauvaise	Acceptable	Mauvaise
NSAN	Mauvaise	Mauvaise	Acceptable	Mauvaise	Acceptable
ABEM	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Bonne	Acceptable
ZALOM	Bonne	Bonne	Acceptable	Bonne	Acceptable
NTONGA	Acceptable	Très mauvaise	Mauvaise	Acceptable	Mauvaise
NGALLA	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Acceptable
FANG-BILOUN	Acceptable	Mauvaise	Acceptable	Bonne	Acceptable
AKAK	Mauvais	Très mauvaise	Très mauvaise	Acceptable	Mauvaise
KANE	Acceptable	Mauvaise	Acceptable	Mauvaise	Mauvaise
TOMBO	Acceptable	Acceptable	Bonne	Bonne	Bonne
EYEK	Acceptable	Mauvaise	Mauvaise	Mauvaise	Mauvaise

Tableau 2.5 — Evaluation de quelques caisses du PCRD.

Parmi les CVECA étudiées sur le terrain, seule celle de FANG-BILOUN n'a pas obtenue l'unanimité des décideurs. Elle a été refusée par 2 décideurs et choisie par trois décideurs. Les 17 autres ont des situations bien tranchées, elles sont, soit très bonnes (choisies par les tous les décideurs), soit très mauvaises (rejetées par tous les décideurs), cf. le tableau 2.6.

Mais, il peut arriver que plusieurs caisses se retrouvent dans une situation où les décideurs ne sont pas unanimes. Dans le tableau 2.6, nous présentons les données sur les niveaux d'unanimité entre les décideurs, il s'agit du pourcentage d'actions choisies par : cinq décideurs, au moins quatre décideurs, au moins trois décideurs, au moins deux décideurs et au moins un décideur. Ces données portent sur les caisses potentielles qui sont au nombre de 1024, car il y a cinq critères et chacun est décrit sur une échelle de quatre valeurs.

C'est grâce aux règles de décision fournie par le logiciel APACHE (cf. 3.2.5) lors de l'extraction des connaissances des cinq décideurs que nous connaissons leurs décisions sur les actions potentielles. Nous constatons que l'unanimité des décideurs n'est faite que sur 16% d'actions potentielles, seules 39,35% d'actions

potentielles sont choisies au moins par la moitié des décideurs.

Dans cette situation où une bonne partie des actions ne recueillent pas l'unanimité des décideurs, on peut penser que les caisses choisies ont bénéficié du vote d'une majorité de décideurs. C'est comme si, pour chaque caisse, on compte le nombre de décideurs qui sont favorables à son accès au refinancement. Ce nombre est le quota de la caisse. Une fois que le quota dépasse un certain seuil, le refinancement lui est accordé.

Décideurs / CVECA	Philippe	Samuel	Clément	Charlotte	Jean-Claude
NLOBOLE	Choisie	Choisie	Choisie	Choisie	Choisie
KAMBA	Choisie	Choisie	Choisie	Choisie	Choisie
EBOLAKOUNOU	Choisie	Choisie	Choisie	Choisie	Choisie
FANG-BIKANG	Choisie	Choisie	Choisie	Choisie	Choisie
BIYOKA	Refusée	Refusée	Refusée	Refusée	Refusée
MEDJEME	Refusée	Refusée	Refusée	Refusée	Refusée
NKOLMEWOUT	Choisie	Choisie	Choisie	Choisie	Choisie
ATE	Refusée	Refusée	Refusée	Refusée	Refusée
NSAN	Refusée	Refusée	Refusée	Refusée	Refusée
ABEM	Choisie	Choisie	Choisie	Choisie	Choisie
ZALOM	Choisie	Choisie	Choisie	Choisie	Choisie
NTONGA	Refusée	Refusée	Refusée	Refusée	Refusée
NGALLA	Choisie	Choisie	Choisie	Choisie	Choisie
FANG-BILOUN	Refusée	Choisie	Refusée	Choisie	Choisie
AKAK	Refusée	Refusée	Refusée	Refusée	Refusée
KANE	Refusée	Refusée	Refusée	Refusée	Refusée
TOMBO	Choisie	Choisie	Choisie	Choisie	Choisie
EYEK	Refusée	Refusée	Refusée	Refusée	Refusée

Tableau 2.6 — Prise de décision des décideurs-critiques.

Nombre Minimum de décideurs	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**
Nombre de Choisies	168	253	331	403	557
Pourcentage de Choisies	16%	24,7%	32,32%	39,35%	54,39%

Tableau 2.7 — Données du consensus des décideurs sur des CVECA potentielles.

2.5.3 Aspect multi-décideur

Les entretiens avec les décideurs du MIFED nous ont permis de définir cinq critères qui sont évalués sur une échelle de quatre valeurs, cf. 2.3. Ainsi, les dé-

cideurs utilisent le même ensemble de critères pour évaluer les caisses, ce qui est conforme aux pratiques sur le terrain. Car durant les inter-caisses, les décideurs se fondent sur les mêmes indicateurs pour juger les caisses.

Un unique profil d'évaluation sur les critères est défini par caisse, et tous les décideurs s'y appuient pour donner leur jugement. Les différences de jugement sur une caisse s'expliquent par le fait que les critères ont une importance relative qui varie d'un décideur à l'autre.

Nous supposons que ces décideurs n'ont pas de préférences personnelles sur certaines caisses, leur seul but est celui de promouvoir les meilleures caisses au refinancement. Ce principe de bonne volonté est difficile à contrôler sur le terrain lorsque des caisses sont évaluées. Par contre, lorsqu'ils travaillent sur des objets conceptuels, ce principe s'applique facilement. C'est le cas lors de l'extraction de leurs stratégie de décision à l'aide d'un outil logiciel cf. 3.2.5.

2.6 Problématique de la décision : classification des CVECA évaluées

Dans le paragraphe 2.2.4, nous avons établi que la décision dans le processus de choix des CVECA pour le refinancement est d'abord multicritère et peut impliquer plusieurs décideurs. Dans notre processus, plusieurs experts expriment leurs préférences sur des demandes de refinancement. Cette situation de décision soulève deux problèmes :

- celui d'intégrer les préférences des décideurs, lorsqu'une décision est prise sur une demande,
- celui de comparer des caisses sachant qu'elles sont décrites par plusieurs critères, dont les importances peuvent varier d'un décideur à l'autre.

Nous pourrons nous inspirer des méthodes de travail des experts pour résoudre ces problèmes. En effet pendant une ICV, un vote est fait entre les décideurs après la présentation de la situation de chaque caisse. Ces votes permettent de classer les caisses en trois catégories :

- les caisses qui sont choisies pour le refinancement ;
- les caisses qui sont refusées pour le refinancement ;
- les caisses dans le doute pour lesquelles les points de vue des décideurs ne convergent pas suffisamment pour leur choix ou leur refus.

Les caisses de la zone de doute nécessitent un traitement complémentaire. Les décideurs s'appuient sur leurs connaissances du fonctionnement de la caisse et sur les informations fournies par les animateurs du réseau pour prendre une décision.

2.7 Conclusion

Les critères d'évaluation des caisses ont été définis (cf. 2.3.2). A la suite des tests de cohérence, nous pouvons déduire raisonnablement que les critères retenus forment une famille cohérente de critères.

Les critères présentés sont évalués sur des échelles ordinales. Ils vont servir de base pour déterminer les stratégies de décision des experts qui travaillent dans les organismes de développement du microcrédit. Les décisions prises par les décideurs portent sur de grands volumes d'informations qu'ils ont compilés pendant leur activité dans la microfinance. Grâce à ces critères, ils ne se focalisent pas sur les chiffres, qui peuvent avoir une signification différente dans des régions présentant des aspects socio-économiques et culturels différents. Par conséquent les décideurs auront entre les mains un outil utilisable sur l'ensemble des réseaux de CVECA du Cameroun. Il suffira de faire la phase d'extraction des connaissances expertes dans le refinancement de l'un des réseaux, pour ensuite l'appliquer dans les autres.

Nous avons présenté la problématique du refinancement des CVECA. Cette étude a permis de voir que le processus de choix des caisses éligibles au refinancement est multi-acteurs et multicritère. Nous pourrons nous inspirer du processus de traitement des demandes de refinancement des experts pour concevoir un modèle d'aide à la décision pour le refinancement. Ce processus de choix aboutit à la classification des caisses en trois catégories : les caisses refusées ; les caisses choisies et les caisses non classées, qui doivent faire l'objet d'un traitement supplémentaire.

Pour aider les experts de la microfinance, il apparaît opportun de les doter d'un outil qui va leur apporter des *recommandations* relatives au choix ou au refus de chacune des caisses. Ce problème sera abordé en essayant de dégager une recommandation faisant le consensus auprès des décideurs.

Un outil pour l'évaluation des caisses avec cette approche, peut servir à l'exploration et l'analyse des CVECA pendant la phase de préparation du refinancement à la cellule nationale. Mais cette utilisation n'exclut pas un autre usage durant l'ICV pour le choix définitif des caisses bénéficiaires du refinancement.

Les critères d'accès définis peuvent être définitifs, et il ne sera pas nécessaire de les changer d'une année (ou d'une inter-caisse) à l'autre. Ceci permet de faciliter le travail des experts, contribue fortement à la capitalisation des connaissances et, par voie de conséquence, facilite un transfert d'expertise vers les décideurs novices locaux.

Cet outil pourrait, moyennant quelques aménagements, être utilisé par d'autres réseaux plus importants (CamCCUL, MC2, etc.) pour les choix des caisses de base à refinancer. De même, les banques et les bailleurs pourraient s'appuyer sur les recommandations de l'outil pour choisir les IMF qui sollicitent

le refinancement.

Troisième Chapitre

Vers une méthodologie d'aide à la décision

Nous nous intéressons aux processus de décision mis en œuvre par des experts de la microfinance dans la résolution du problème de refinancement des caisses villageoises. Nos décideurs sont dans un environnement incertain : ils doivent entreprendre des actions sans que les conséquences de celles-ci soient entièrement connues d'avance. Ainsi toute optimisation dans la prise de décision est impossible. Dans ce cas, le modèle psychologique indiqué de représentation du décideur est celui de la *rationalité limitée* (voir, [11, 37, 60]). Ce modèle suppose que, dans son processus de prise de décision, le décideur ne cherche pas seulement à optimiser un coût, mais à trouver une solution satisfaisante qui tient compte d'autres critères liés aux aspects humanitaires, culturels, sociaux, ... cf. 3.2.

Les conditions de travail des décideurs dans le type de processus de décision considéré dans notre méthodologie sont les suivantes :

C1 : les décideurs décrivent les actions par m critères qui induisent des préférences de leur part. Ces critères sont essentiellement ordinaux et indépendants. Les actions du processus de décision sont ainsi plongées dans un produit direct de m ordres totaux, cf. 3.1.

C2 : pour chaque action traitée, le décideur la *choisit* ou la *refuse*. En fait, il procède à une tâche de *jugement*, qui consiste à coller sur chaque action étudiée une étiquette exprimant son opinion.

C3 : le décideur est supposé rationnel, c'est-à-dire que, s'il choisit l'action a, alors il choisit toutes les actions a' meilleures que a et s'il refuse l'action a, alors il refuse toutes les actions a'' moins bonnes que a.

C4 : les décisions doivent être prises en groupe et les décideurs sont disposés à coopérer dans une certaine mesure, même s'ils ont souvent des avis conflic-

tuels. Ainsi, la méthode que nous proposons n'est pas seulement un support de décision individuelle, mais aussi, un support de décision de groupe.

Ce chapitre comprend quatre parties : la formalisation de l'espace de décision, l'acquisition des stratégies de décisions individuelles des décideurs, la recherche d'un consensus et une proposition d'une architecture d'un outil d'aide à la décision.

3.1 Formalisation de l'espace de décision

Nous allons nous appuyer sur les études des concepts de l'aide multicritère à la décision élaborées par divers auteurs (B. Roy [53, 56, 55], Ph. Vincke [67] et J.-C. Pomerol [49]) pour formaliser notre espace de décision.

Une description de l'espace de décision est faite en insistant sur les notions liées aux *actions*, qui sont primordiales dans un processus d'aide multicritère à la décision. On y fait une distinction entre des éléments purement conceptuels que nous appelons *pseudo-actions* et des éléments qui conceptualisent des choses concrètes que nous appelons *actions*. Enfin, des formalismes de représentation des actions et des règles de décision sont présentés.

3.1.1 Définition de l'espace de décision

Des attributs aux critères

Les actions sont décrites par des attributs qui deviennent des critères une fois que les décideurs ont exprimé des préférences sur leurs valeurs. Les valeurs possibles d'un critère forment un ensemble totalement ordonné.

Par exemple un attribut d'un moyen de transport est la vitesse. L'appréciation du moyen de transport sur cet attribut dépend du contexte d'utilisation. La préférence du décideur peut changer entre son utilisation comme moyen de déplacement pour faire du tourisme et son utilisation comme moyen de déplacement pour se rendre au lieu de travail. Dans le premier cas, il est préférable que le moyen de transport ne soit pas rapide pour qu'il prenne du temps pour sa visite, dans le deuxième cas, il va préférer qu'il soit rapide pour se rendre à l'heure au travail. L'ordre de préférence sur les valeurs de l'attribut vitesse du moyen de transport est différent dans ces deux cas.

Dans le cadre du choix des CVECA au refinancement, tous les décideurs du PCRD doivent avoir le même système de préférence sur les valeurs des attributs utilisés pour décrire les caisses. Ce qui leur permet d'avoir les mêmes critères pour évaluer les caisses. C'est une condition nécessaire à remplir par le processus

de refinancement des CVECA pour que la procédure du consensus décrite au paragraphe 3.3.3 soit possible.

Définition de l'espace de décision

Dans les procédures d'aide multicritère à la décision considérées dans ce travail, nous avons un ensemble A d'actions décrites par une famille $\{G_1, \ldots, G_m\}$ de m critères, dont l'ensemble des fonctions d'évaluation est $G = \{g_1, \ldots, g_m\}$.

Chacun des critères G_i ($i \in [1, m]$) est codé par un sous-ensemble fini V_i de $\mathbb{N}$ (où $\mathbb{N}$ est l'ensemble des entiers naturels). Nous choisissons de définir V_i ainsi : $V_i = \{0, 1, \ldots, c_i - 1\}$ (une suite de nombres entiers commençant par 0 et se terminant par $c_i - 1$), où c_i est le nombre de valeurs qu'une action peut prendre sur le critère G_i. Ce choix est arbitraire, cependant tout codage numérique dans $\mathbb{N}$ peut être ramené sous cette forme par une transformation monotone. L'ensemble des actions A est alors codé dans le produit direct

$$V = \prod_{1 \leq i \leq m} V_i \text{ avec } m \geq 2$$

que nous appelons *espace de décision*. Une action a dans A est donc entièrement décrite par le m-uplet $(a_1, a_2, \ldots, a_m)$, où $a_i = g_i(a) \in V_i$ correspond à la valeur prise par a sur le critère G_i.

Nous ne ferons pas de distinction entre un élément de A et son code. Ainsi A est considéré comme un sous-ensemble de V. Les m ordres totaux $\leq_i$, $i \in [1, m]$ où $\leq_i$ est l'ordre naturel sur V_i induisent un ordre partiel

$$\leq_V = \prod_{1 \leq i \leq m} \leq_i \text{ avec } m \geq 2$$

qui est le produit direct des $\leq_i$. L'ordre partiel $\leq_V$ est appelé *dominance* dans l'ensemble V. Il est défini par :

$$\forall x, y \in V \; x \leq_V y \iff \forall i \in [1, m] \;\; g_i(x) \leq_i g_i(y)$$

Dans la suite nous utiliserons simplement $\leq$ à la place de $\leq_V$, lorsqu'il n'y a pas d'ambiguïté. Les éléments de A sont des actions réelles qui sont manipulées dans le processus de décision. L'ensemble des éléments de $V - A$ sont des actions conceptuelles appelées *pseudo-actions*. Parmi elles on distingue celles qui sont réalistes de celles qui ne le sont pas, voir [53, 56]. Les *pseudo-actions réalistes* correspondent à des combinaisons *a priori* observables de critères, même si elles n'ont pas encore été rencontrées. Une pseudo-action qui dominerait (respectivement serait dominée par) toutes les autres est, le plus souvent, un exemple de pseudo-action non réaliste. Les pseudo-actions réalistes peuvent s'avérer très

utiles dans un processus d'aide à la décision, car, sans faire partie des actions à examiner, elles peuvent être utilisées comme support ou comme référence dans des discussions et des prescriptions.

Objets manipulés dans notre méthodologie

La notion d'action est cruciale dans le domaine de l'aide multicritère à la décision. Cette notion a été abordée par plusieurs auteurs, B. Roy, D. Bouyssou ([53, 55, 56]) et Ph. Vincke ([67]). En particulier, B. Roy fait la distinction entre :

- une *action réelle* qui correspond à un projet complètement élaboré et qui peut être exécuté ;
- une *action imaginaire réaliste* qui correspond à un projet qui n'existe pas encore, mais dont on peut concevoir que l'exécution est raisonnable ;
- une *action imaginaire non réaliste* qui correspond à un projet dont l'existence n'est pas envisageable. Les actions imaginaires réalistes et imaginaires non réalistes correspondent aux *pseudo-actions* (voir le paragraphe 3.1.1).

L'ensemble des actions et des pseudo-actions forme l'espace de décision, que nous représentons par le produit direct

$$V = \prod_{1 \leq i \leq m} V_i$$

de codage des critères de la procédure d'aide à la décision (voir le paragraphe 3.1.1). Chaque élément du produit direct peut être une action, une pseudo-action réaliste ou une pseudo-action non réaliste.

Parmi les pseudo-actions réalistes, nous allons distinguer celles qui sont utilisées comme paramètre de la procédure d'aide à la décision des autres. Ces pseudo-actions sont des repères de prescription pour des actions traitées (actions *choisies, refusées* ou en *zone de doute*) dans notre méthodologie d'aide à la décision (voir les paragraphes 3.3.3 et 3.4.1), nous les appelons *pseudo-actions de référence*. Les pseudo-actions de référence sont : les règles R_j ($j \in [1, d]$) obtenues après une extraction des stratégies de décision des experts (voir le paragraphe 3.4.1) ; les règles R^c et R^r obtenues après l'application de la procédure du consensus (voir le paragraphe 3.3.3). Ces règles contiennent des pseudo-actions que nous utilisons comme des profils de références pour des tâches de jugement de notre processus d'aide à la décision. Il est possible qu'un élément de V soit à la fois une action et une pseudo-action de référence.

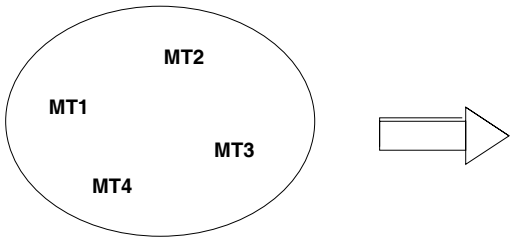
Notre procédure d'aide multicritère (cf. 3.4.3) à la décision fait des prescriptions à partir des pseudo-actions de référence (les règles R^c et R^r). En cela, elle est proche du tri trichomique qui utilise plutôt des actions de référence (voir [46]. En effet notre procédure d'aide à la décision fait une tâche de jugement. On n'a pas besoin de faire des comparaisons entre actions comme dans les problématiques

de choix ou de classement (voir [53, 56]). Nous avons juste besoin d'une action et des paramètres de notre méthode pour prescrire (cf. chapitre 4). Comme la prescription n'implique qu'une action, il est facile pour le décideur de détecter des pseudo-actions non réalistes (par exemple un élément qui a des valeurs maximales (resp. minimales) sur tous les critères). Ainsi le décideur peut ignorer une prescription de la procédure d'aide à la décision lorsqu'elle concerne une action non réaliste.

3.1.2 Représentation des données de décision

Table des performances

La table des performances permet de coder l'ensemble A des actions représentant les objets monde manipulés dans le processus de décision. Nous ne ferons pas de distinction entre les objets manipulés dans la procédure de décision et les éléments de A. Soit T un tableau dans lequel, les lignes correspondent aux actions et les colonnes aux critères. L'élément de ligne i et de colonne j, noté t_{ij} est la valeur prise par la i-ème action de A au j-ème critère. On parle de description *actions*×*critères*. T est appelée *table des performances* (voir [53, 56]).



Actions du processus de décision

CRITERES / ACTIONS	g_1	g_2	g_3	g_4
MT1	1	0	1	2
MT2	1	0	0	0
MT3	0	1	2	2
MT4	1	1	1	1

Table des performances T

Figure 3.1 — Représentation de A par la table de performance.

L'exemple de la figure 3.1 illustre cette représentation des actions par une matrice *actions*×*critères*. Le contexte de notre exemple est celui du choix d'un moyen de transport par un employé qui doit l'utiliser pour se rendre à son lieu de travail tous les jours. Il souhaite partir de chez lui le plus tard possible, mais il ne veut pas pour autant arriver en retard au travail. Les moyens de transports sont décrits avec quatre critères :

- *le coût du transport* (G_1) dont l'ensemble de valeurs possibles est dans $V_1 = \{0,\ 1,\ 2\}$, où 0 correspond à *hors de prix*, 1 à *accessible* et 2 à *très accessible* ;
- *La vitesse* (G_2) dont l'ensemble de valeurs possibles est dans $V_2 = \{0,\ 1,\ 2\}$, où 0 correspond à *lent*, 1 à *rapide* et 2 à *très rapide* ;
- *Le confort* (G_3) dont l'ensemble de valeurs possibles est dans $V_3 = \{0,\ 1,\ 2\}$,

où 0 correspond à *très peu confortable*, 1 à *confortable* et 2 à *très confortable* ;
- *Le risque* (G_4) dont l'ensemble de valeurs possibles est dans $V_3 = \{0,\ 1,\ 2,\ 3\}$, où 0 correspond à *très risqué*, 1 à *risqué*, 2 à *très peu risqué* et 3 à *sûr*.

Ainsi, l'action *MT1* dont les caractéristiques sont *accessible, lent, confortable, très peu risqué*, est représentée dans notre codage par (1, 0, 1, 2).

Représentation polynômiale des règles de décision

Ce formalisme s'inspire des travaux de Barthélemy et Mullet dans [10, 12]. Soit l'espace de décision

$$V = \prod_{1 \leq i \leq m} V_i \text{ avec } m \geq 2$$

décrit par m critères $G_1, \ldots, G_m$, qui prennent leurs valeurs dans les échelles ordinaux $V_1, \ldots, V_m$ (voir le paragraphe 3.1.1).

L'expression formelle du *polynôme des règles de décision* est :

$$R = M_1 + \ldots + M_q$$

où les M_k sont des *monômes de décision* ou des *règles de choix*. Le nombre de monômes correspond au nombre de règles qui expriment la stratégie de décision d'un acteur. L'expression de M_k, $(k \in [1, q])$ est :

$$M_k = G_{i_1}^{m_1} \ldots G_{i_h}^{m_h}$$

Dans cette expression, les G_{i_k} sont des critères, les m_k sont les valeurs des critères G_{i_k} sur les échelles V_{i_k}.

Ce formalisme peut permettre de représenter aussi les actions, en prenant l'exemple du paragraphe 3.1.2 sur les moyens de transport, l'action $MT1$ de codage (1, 0, 1, 2) sera représentée par le monôme $G_1 G_3 G_4^2$.

A chaque élément $v \in V$ on peut associer un monôme $M = G_1^{m_1} \ldots G_p^{m_p}$. Par convention $G_i^{m_i}$ est omis lorsque m_i est la plus petite valeur sur l'échelle d'évaluation de G_i.

Une relation appelée *divisibilité relative* (notée /) se définit dans l'ensemble des règles de décision. Cette relation de *divisibilité relative* entre monômes, se définit par : M/M' (M est un diviseur relatif de M') si et seulement si le monôme obtenu en supprimant dans M tous les attributs qui n'apparaissent pas dans M' divise M'. Par exemple $G_1 G_2^2 G_3 G_4 / G_2^3 G_4$.

La divisibilité relative est non antisymétrique (G_1G_2/G_1 et G_2/G_1G_2) et non transitive ($G_1G_2^2/G_1^2$ et $G_1^2/G_1^2G_2$, mais on n'a pas $G_1G_2^2/G_1^2G_2$).

A partir de la relation de divisibilité relative, on peut définir une relation de *divisibilité* (notée $\leq_M$) sur l'ensemble des monômes. Cette relation correspond à la divisibilité prise dans son sens habituel. Elle implique la divisibilité relative et les règles transitives restrictives suivantes :

$M \leq_M M'$ et M'/M'' implique M/M'' ; M/M' et $M' \leq_M M''$ implique M/M''

La divisibilité $\leq_M$ entre monômes permet de définir un préordre $\leq_P$ entre polynômes des règles de décision. On a :

$$(M_1 + \ldots + M_q) \leq_P (M'_1 + \ldots + M'_t),$$

si et seulement si, pour tout k $(1 \leq k \leq q)$, il existe h avec $1 \leq h \leq t$, tel que M_k divise M'_h. Un polynôme de règles de décision est sous forme réduite, s'il n'y a pas de relation de divisibilité entre ses monômes.

Dans un processus décisionnel de choix/refus, la taille des monômes du polynôme de règles de décision nous donne le nombre de critères utilisés par les décideurs pour la prise des décisions. En examinant un polynôme des règles de décision, on comprend les mécanismes de compensation utilisés et le niveau d'exigence de l'acteur de la décision.

Nous allons utiliser les concepts décrits ci-dessus dans l'extraction des stratégies de décision des experts.

3.2 Extraction des stratégies de décision des experts

Nous faisons l'hypothèse que les connaissances nécessaires à la détermination des règles leur permettant de prendre des décisions induisent, pour chaque décideur une *échelle de préférences latentes* l'espace de décision V. Toutefois, un décideur est capable de s'abstraire d'une situation particulière où on envisagerait qu'un nombre limité d'éléments de V (les actions en l'occurrence). Par *"latente"*, nous entendons une *"échelle de préférences"* qu'il ne peut pas expliciter spontanément.

Nous faisons également l'hypothèse que les décideurs sont rationnels au sens où :

– pour $x,\ y \in V$, si $y \geq x$, alors x n'est pas préféré à y ;

– pour $x,\ y \in V$, si y est préféré à x par un décideur j, alors il ne choisira pas x contre y. Ceci traduit aussi un principe de non manipulation et d'*indépendance préférentielle* (voir [69]) : un décideur n'effectuera pas de choix qui contrarient ses préférences, aussi une insertion de nouvelles actions dans l'ensemble de décision ne doit pas influencer les préférences établies auparavant.

Nous allons ici présenter succinctement des concepts sur les processus de décision individuelle et sur les stratégies de décision. Nous voyons ensuite un modèle cognitif de représentation d'un décideur prenant appui sur ces concepts. Puis nous présentons un formalisme polynomial de représentation des règles de décision découlant du modèle. Enfin, nous présentons un logiciel d'extraction des stratégies de décision des experts.

3.2.1 Les facteurs de classification des processus de décision individuelle

Une classification des processus de décision individuels peut se faire à l'aide de quatre facteurs (voir [11]) : la nature du décideur, la présence ou l'absence de l'incertain dans la prise de décision, le type de tâche de décision et le type de modèle utilisé.

On distingue trois types de décideurs : le naïf, le professionnel, et l'expert. Le *décideur naïf* a un comportement simple et instable dans sa prise de décision. Ses choix sont souvent mal adaptés au problème et, en général, il se fie essentiellement à son bon sens. Le *décideur professionnel* possède des outils lui permettant de traiter des problèmes de décision. Dans la microfinance, ce sont les décideurs possédant des outils de gestion pour évaluer les caisses qui sollicitent le refinancement. L'*expert* est celui qui, en plus des connaissances théoriques, possède d'importantes connaissances pratiques suite à une longue expérience dans son métier. C'est le cas dans la médecine, dans la microfinance, etc. La longue expérience d'un expert lui permet de posséder des connaissances compilées ; ainsi pour traiter des problèmes de son domaine d'expertise, il va utiliser très souvent des heuristiques. Nous considérons que les décideurs dans la problématique du refinancement sont à la fois des experts et des décideurs professionnels de la microfinance.

Le problème à résoudre peut-être dans un *environnement certain* ou dans un *environnement incertain*. Dans un environnement certain le décideur possède toute l'information lui permettant de prendre les décisions ; les actions sont décrites par un ensemble de critères (dans le cas des décisions multicritères) et les valeurs prises par une action sur les échelles d'évaluation de ces critères permettent de justifier complètement la prise de décision. Alors que dans un *environnement incertain* le décideur ne possède pas toute l'information sur la structure des ac-

tions ; en se basant sur les caractéristiques qu'elles possèdent, il est incapable de mesurer, de juger, de choisir ou d'ordonner celles-ci.

La décision peut se prendre par une tâche de *jugement* ou de *choix*. On peut distinguer le *jugement de catégorie* du *jugement de similarité*. Dans le jugement de catégorie, en fonction des caractéristiques de chaque action, le décideur lui associe une étiquette qui définit sa catégorie d'affectation. Dans le jugement de similarité, la tâche du décideur consiste à juger de la similarité ou de la différence entre des actions prises par paire. Dans la tâche de *choix*, le but du décideur est de déterminer un sous-ensemble d'actions considérées comme meilleures, voir [67]. On peut distinguer le *choix binaire*, qui consiste à choisir la meilleure des deux actions classées, en cas d'indifférence n'importe laquelle des deux est choisie.

Le modèle utilisé pour la prise de décision peut-être probabiliste ou déterministe. Les *modèles probabilistes de décision* sont utilisés lorsque des décideurs travaillent en environnement incertain, où ils ne connaissent pas d'avance les conséquences de leur décision. Alors que les *modèles déterministes de décision* sont utilisés en environnement certain, c'est le cas lorsque les issues possibles de chaque acte sont connues d'avance par le décideur.

Dans la conception de notre outil, on suppose que le problème à traiter est dans un environnement incertain. Toutefois, les décideurs possèdent suffisamment d'informations sur les caisses pour pouvoir présumer d'une bonne gestion ou d'une mauvaise gestion du refinancement par celles-ci. Dans le processus de sélection des caisses au refinancement, les décideurs effectuent des tâches de jugement de catégorie sur des actions décrites par plusieurs critères ; ainsi, notre modèle d'aide à la décision est multicritère.

3.2.2 Les stratégies de décision

Dans le cadre de la décision multicritère, nous allons présenter quelques stratégies utilisées par des décideurs. Ces stratégies sont *intra-dimensionnelles* ou *inter-dimensionnelles*. En effet, dans la résolution des problèmes, les décideurs font très souvent usage de ces deux types de stratégie de décision pour parvenir à la solution, voir [14] : ils procèdent par des courtes séquences de recherche d'information intra-critères et/ou inter-critères pour parvenir à une solution. Les règles de décision sont utilisées pour représenter ces stratégies.

Les stratégies inter-dimensionnelles

Les stratégies inter-dimensionnelles (ou de recherche en largeur) sont utilisées lorsque les informations sur les diverses actions du processus de décision ne sont pas disponibles au même moment. A chaque étape, le décideur se focalise sur une seule action. Avant de donner une prescription, il évalue cette dernière sur

l'ensemble des critères. C'est à l'issue de ce traitement qu'il envisage alors d'autres actions.

La *règle maximin*, la *règle maximax*, la *règle de dominance*, la *règle conjonctive* et la *règle disjonctive* font partie des stratégies inter-dimensionnelles.

La règle maximin et la règle maximax ont été développées par Dashstrand et Montgomery, voir [17, 44]. D'après la règle *maximin*, l'action choisie est celle qui a la meilleure évaluation sur le plus défavorable de ses critères. Pour chaque action on définit la plus petite valeur sur les critères, et l'action choisie est celle qui a la meilleure des ces petites valeurs. C'est la règle du décideur pessimiste.

D'après la règle *maximax*, l'action choisie est celle dont l'évaluation sur au moins un critère est supérieure aux évaluations de toutes les autres actions sur tous les critères. Pour chaque action on définit la plus grande valeur sur les critères, et l'action choisie est celle qui a la meilleure de ces valeurs. C'est la règle du décideur optimiste.

La *règle de dominance* a été développée par Lee, voir [35]. Elle stipule que, pour un ensemble d'actions, l'action choisie est celle qui est la meilleure sur au moins un critère et au moins aussi bonne que n'importe quelle autre action sur les autres critères.

Les règles conjonctive et disjonctive ont été développées par Coombs et Dawes, voir [16, 18]. La *règle conjonctive* introduit des seuils sur les critères afin de représenter un niveau d'exigence minimal et une action est choisie si toutes les valeurs prises par chacun de ses critères dépassent la valeur seuil correspondante. La *règle disjonctive* recommande de choisir une action lorsque, sur au moins un de ses critères elle a une valeur qui dépasse le seuil exigé.

Les stratégies intra-dimensionnelles

Les stratégies intra-dimensionnelles (ou de recherche en profondeur) sont utilisées lorsque les informations sur les actions sont complètement définies. Dans ce type de stratégie, le décideur se focalise sur une sélection de critères qu'il traite en se basant sur un ensemble de règles. Les stratégies intradimensionnelles sont privilégiées dans des situations de décision complexe (un grand nombre de critères permettent de caractériser les actions), et elles mènent à une réduction du nombre de critères pris en compte.

L'*élimination par aspects*, la *règle lexicographique* et ses variantes font partie des stratégies intra-dimensionnelles.

La règle heuristique de *l'élimination par aspects* a été proposée par Tversky, voir [65]. Elle combine la règle lexicographique et la règle conjonctive. Dans le processus de décision, les critères sont d'abord classés selon un ordre d'importance. Ensuite, les actions sont traitées du critère le plus important au critère le

moins important. Pour chaque critère, le décideur élimine les actions, ne respectant pas un seuil minimal fixé. Une action éliminée n'est plus examinée. A la fin de la procédure, les actions restantes sont choisies.

Dans les différentes variantes de la *règle lexicographique*, on fixe un ordre d'importance entre les critères. Dans sa forme de base, l'action choisie est celle qui a la plus grande valeur sur le critère le plus important. En cas d'indécision sur ce critère, la décision est basée sur le critère en seconde position (seul les actions ayant la meilleure valeur sur le critère le plus important sont concernées), ainsi de suite (voir [21]). Une autre variante propose par Montgomery et Svenson ([45]) appelée *le modèle lexicographique à seuil*, stipule qu'une action est meilleure qu'une autre, lorsque la différence de valeurs sur le critère de plus grande importance est supérieure à un seuil.

3.2.3 L'Heuristique de la Base Mobile

Les structure de dominance

Chaque décideur impliqué dans le processus de choix des caisses villageoises pour le refinancement est confronté à des tâches de jugement. Pour chacune des CVECA traitée, il doit donner un jugement en terme de : *"la caisse mérite le refinancement"* ou alors *"la caisse ne mérite pas le refinancement"*. Ce jugement est donné sur la base des valeurs que prend la caisse sur les critères définis au chapitre 2. Lors des différentes séances de travail, nous avons constaté que tout se passait comme si chaque décideur (expert de microfinance) s'était défini des valeurs seuils pour les critères. En fonction des valeurs prises par une action sur les critères (ou un sous-ensemble de critères), il collait l'étiquette *choisie* ou *refusée* à l'action. D'une action à l'autre, notre décideur pouvait changer de sous-ensemble de critères utilisés pour son jugement. En général il n'utilisait pas tous les critères pour décider sur une action.

Cette stratégie de décision montre que le décideur fait preuve de rationalité dans la sélection des caisses au refinancement. Comme nous l'avons dit plus haut, cette rationalité s'apparente à la rationalité limitée décrite par Simon. En effet on est bien dans une situation où les décideurs ont des facultés cognitives limitées, ils n'utilisent qu'une quantité réduite d'informations qu'ils traitent mentalement pour prendre des décisions. Toutefois, ces informations sont suffisantes pour que des décisions prises soient pertinentes. Comme les décideurs décrits par Montgomery (voir, [44]), ils cherchent chaque fois une structure de dominance pour la prise de décision en n'utilisant qu'un sous-ensemble des critères.

Ainsi, la rationalité des décideurs de la microfinance est différente de celles des théories économiques et utilitaristes, où le décideur ne prend en compte que les considérations monétaires des issues. Le travail sur un critère unique ou de

synthèse dans un environnement certain donne un sens à l'optimisation des choix. Ceci n'est plus vrai lorsque l'on travaille sur plusieurs critères non synthétisés en environnement incertain, comme dans des situations de décision en microfinance.

Dans le choix des CVECA au refinancement, les décideurs utilisent plusieurs critères pour évaluer les caisses. Lorsqu'ils accordent le refinancement à une caisse, ils ne peuvent pas *a priori* avoir la certitude d'une bonne utilisation des fonds. Il est quasiment impossible qu'ils soient certains qu'une caisse qui a bénéficié du refinancement va le rembourser sans incident. Cette incertitude reste, malgré l'expertise des décideurs dans la gestion des structures de microfinance. L'Heuristique de la Base Mobile présentée ci-dessous peut servir de modèle cognitif de nos décideurs.

Les concepts de l'HBM

Les concepts de la stratégie de décision évoquée ci-dessus sont contenus dans le modèle de l'HBM , développé par J.P. Barthélémy et E. Mullet, voir [10, 11]. D'après l'HBM, le décideur ne considère successivement que des sous-ensembles de critères jusqu'à l'obtention d'une structure de dominance correspondant à ses préférences, voir figure 3.2.

L'HBM incorpore trois principes de fonctionnement cognitif de l'expert :

- Le principe de *parcimonie/économie cognitive*, suppose que le décideur n'est capable de traiter qu'une quantité limitée de données. Il va donc extraire des sous-ensembles dont la taille est compatible avec ses capacités de stockage et de traitement en mémoire à court terme. C'est sur ces sous-ensembles qu'il fondera sa décision. Le décideur semble faire l'économie de ses efforts cognitifs (voir Aschenbrenner et Kasubek [5] ; Johnson et Payne [29]).
- Le principe de *justificabilité/fiabilité de la décision*, rend compte de la qualité des décisions. Un décideur va se servir d'une quantité significative d'informations donc la composition est pertinente, compte tenu du problème traité (voir Adelbratt et Montgomery [3] ; Huber [27] ; Mc Allister et al [38] ; Montgomery [44] ; Ranyard et Crozier [50]).
- Le principe de *décidabilité/flexibilité*, suppose que le décideur doit toujours arriver à une décision assez rapidement. Ainsi, il va s'adapter à la situation en changeant au fur à mesure les structures de dominance jusqu'à ce qu'il arrive à décider. Les décisions prises sont les moins conflictuelles pour le décideur (voir Huber [27] ; Klayman [31] ; Montgomery [44] ; Svenson [62]).

L'HBM (figure 3.2) suppose une utilisation coordonnée des quatre types de règles de décision, correspondant aux trois principes de décision ci-dessus : la lexicographie (la parcimonie), les seuils (la justificabilité), la conjonction (la justificabilité) et la disjonction (la décidabilité). D'après Groner et al. [25], c'est un processus heuristique de décision. Ici, la règle de base est celle de la *dominance*, les

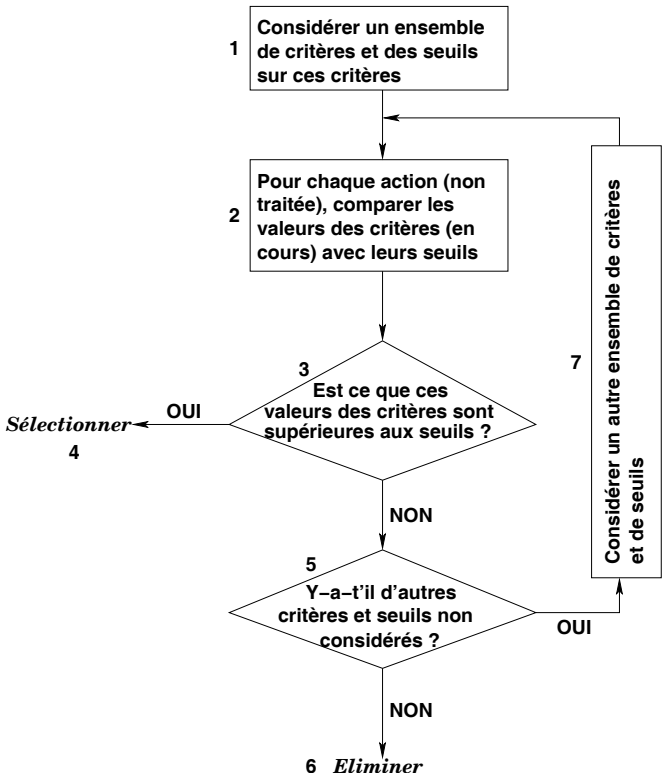


Figure 3.2 — HBM dans le cadre d'une tâche de sélection/élimination.

autres servent à atteindre le plus rapidement possible la structure de dominance qui permet de décider, voir [44].

Dans la figure 3.2, la boîte 1 représente le processus de choix à un instant donné (du processus) d'un ou plusieurs critères et leurs seuils. Cet ensemble de critères (et leurs seuils) vont être utilisés pour réaliser les tâches de jugement. Les boîtes 2 et 3 montrent le processus de test de la dominance sur les critères (et leurs seuils) retenus à l'étape 1. Dans le cas d'une tâche de choix/refus, par exemple, la vérification d'une structure de dominance permet de décider du choix d'une action (la boîte 4). Le non respect d'une valeur attendue sur une structure de dominance particulière, ne permet pas de refuser l'action considérée. Le refus suppose que toutes les structures de dominance (prise en compte de nouveaux critères, boîtes 5 et 7) aient été comparées aux valeurs prises par une action sur les critères (boîte 6) sans obtenir de vérification.

3.2.4 Les règles de décision

Pour illustrer notre représentation, nous partirons d'un exemple de problème de décision sur le choix d'un emploi, extrait de [11]. On considère qu'un ensemble

d'emplois est décrit par plusieurs critères : le salaire mensuel (H), le plan de carrière (B), l'atmosphère au travail (C) et la mobilité dans le travail (D). Nous supposons qu'une personne veut choisir un des ces emplois. D'après l'HBM, le sujet examinera d'abord chacun des emplois proposés et il se pourrait qu'il fasse le choix (ou l'élimination) sur la base des aspects qu'il considère comme plus importants (ou moins importants).

Par exemple, il se pourrait que cette personne décide de choisir un emploi si le salaire mensuel est "élevé" ou alors parce que l'atmosphère sur le lieu de travail est "très bonne" et le plan de carrière est "satisfaisant".

Notre heuristique peut s'exprimer à l'aide du polynôme suivant :

$$P = H^6 + B^4D^6 + B^4H^4 + C^6D^4 + C^4H^5$$

Ce polynôme représente la règle de décision de notre décideur (chercheur d'emploi), que nous interprétons ainsi : tout emploi ayant une valeur d'au moins 6 sur H est choisi, de même que pour les emplois dont la valeur en B est supérieure à 4 et supérieur à 6 en D, etc. Dans cette représentation polynômiale, des monômes comme B^4D^6 sont interprétés comme *"une règle de décision"* (la conjonction) et l'addition (entre les monômes), comme une articulation des règles de décision (la disjonction). Les règles de décision produites par le l'HBM sont considérées comme des règles logiques mises sous la forme normale conjonctive. Par ailleurs, dans la formulation polynômiale de l'HBM, chaque monôme représente ce que l'on considère généralement comme *"une règle de production"* et l'ensemble du polynôme comme *"un système de production"*, voir [27].

Les stratégies de décision représentées par l'HBM correspondent à des règles du genre *"si ... alors"*. L'ensemble de ces règles définissent une frontière dans l'ensemble V, qui scinde l'ensemble A en deux sous-ensembles : le sous-ensemble des actions choisies et le sous-ensemble des actions refusées.

Nous allons présenter ci-dessous le logiciel APACHE qui est une implémentation des concepts de l'HBM (cf. 3.2.3).

3.2.5 Logiciel APACHE d'extraction des stratégies de décision des experts

Il existe parmi les techniques d'acquisition des stratégies de décision, celle du logiciel APACHE, que nous allons utiliser dans notre méthodologie.

Les principes

Le logiciel APACHE permet une acquisition interactive par apprentissage des stratégies de décision des décideurs (voir [36]). Partant d'une description multi-

critère $(G_1, \ldots, G_m)$ des actions, APACHE permet, avec un décideur en situation d'expertise, d'acquérir des stratégies de décision du domaine étudié.

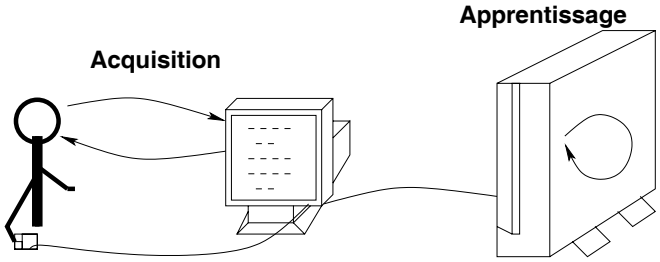


Figure 3.3 — Acquisition des stratégies de décision.

A l'insu du décideur, sans verbalisation tout en le gardant en situation de décision, APACHE permet d'acquérir automatiquement et en temps réel les règles de décision permettant de choisir ou de refuser une action. L'algorithme utilisé dans ce processus est de type *"glouton"*. Il s'agit d'un processus de question/réponse, le logiciel propose une pseudo-action x à l'expert et lit sa réponse. En fonction de cette réponse, x ainsi que d'autres pseudo-actions sont classées :

- si la réponse est *choisie*, alors toutes les pseudo-actions qui dominent a sont aussi choisies,
- si la réponse est *refusée*, alors toutes les pseudo-actions que x dominent sont aussi refusées.

A chaque étape du processus d'acquisition, le couple *(pseudo-action proposée, réponse du décideur)* lui permet de calculer une règle et il progresse vers la solution (cf. 3.3). A l'issue du processus, on obtient un ensemble de règles qui scinde l'espace de décision V (qui est un produit direct d'ordres totaux, cf. 3.1.1) en deux parties : les éléments choisis et les éléments refusés. Cet ensemble est une échelle de préférence latente d'un décideur sur les éléments de l'espace de décision. Les règles de décision sont représentées par une antichaîne dans V.

Le fonctionnement

Dans la procédure d'acquisition des stratégies de décision, à chaque étape, le logiciel APACHE propose une pseudo-action au décideur. Ce dernier réalise sa tâche normalement en choisissant ou en refusant la pseudo-action proposée. Cette réponse permet d'engendrer une règle, et l'algorithme de cette façon progresse vers la solution. Le fonctionnement de l'algorithme respecte le *principe de monotonie* suivant : *toute action moins bonne (resp. meilleure) qu'une action refusée (resp. choisie) est aussi refusée (resp. choisie)*. La figure 3.1.1 montre l'évolution de l'algorithme : un cercle (resp. un carré) représente une pseudo-action proposée qui a été choisie (resp. refusée).

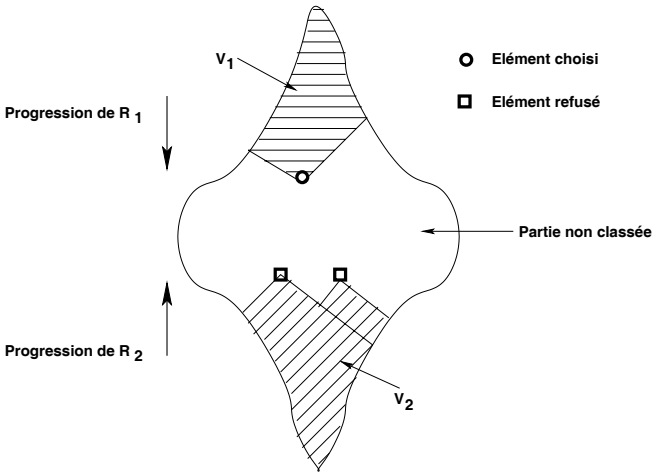


Figure 3.4 — La recherche de l'antichaîne via le rapprochement de deux antichaînes.

La recherche des règles de décision se fait par les rapprochements successifs de deux antichaînes R_1 et R_2, comme cela est montré dans la figure 3.4.

R_1 est constituée des éléments minimaux classés dans V_1, tandis que R_2 est constituée des éléments maximaux classés dans V_2. Progressivement les ensembles V_1 et V_2 croissent pour devenir les seules composantes d'une partition de V. L'algorithme se termine lorsque, tout élément de V est, soit classé dans V_1 soit dans V_2, donc V_1 couvre entièrement V_2.

Le logiciel APACHE possède : un éditeur de description du monde des possibles (nombre des critères, nombre de valeurs par critère, noms des critères, valeurs des critères, etc.), un écran réalisant l'acquisition proprement dite, un éditeur des règles apprises et quelques outils d'analyse de ces règles.

Une séance d'acquisition via APACHE se fait selon les trois grandes phases ci-dessous :

- *La description du monde* sur lequel s'exerce l'expertise et la tâche de classification à réaliser. Cette phase se réalise par des entretiens avec les experts et/ou par une étude du domaine à partir des documents. Il s'agit de définir des critères pertinents, leurs échelles d'attractivité et la tâche à réaliser.
- *L'acquisition par apprentissage*, c'est la phase d'acquisition proprement dite, elle se déroule sans verbalisation. Le décideur en situation d'expertise procède par classification des objets qui lui sont présentés par le logiciel.
- *La vérification des stratégies apprises*, il s'agit de vérifier la qualité des règles apprises afin de les valider. Le décideur participe à cette phase, où il commente chacune des règles apprises. On peut également réaliser des tests en généralisation.

Disposant pour chaque décideur de son ensemble de règles permettant de

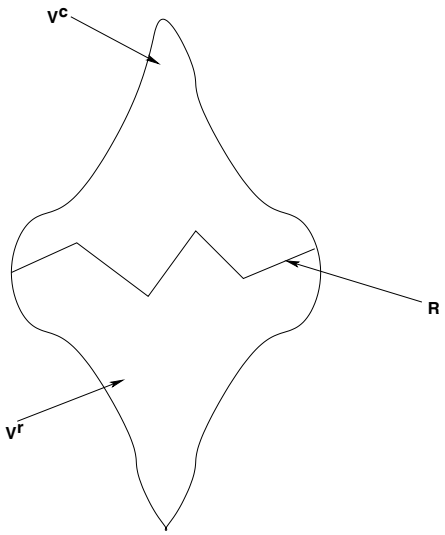


Figure 3.5 — Segmentation de l'espace de décision par extraction des stratégies de décision d'un expert.

choisir ou refuser les caisses (cf. figure 3.5), il s'agit désormais de trouver un ensemble de règles représentant au mieux les aspirations de la totalité des décideurs impliqués.

3.3 Étude du consensus

Nous avons vu au paragraphe 2.5.2 que les décideurs ne sont pas systématiquement d'accord sur les décisions prises par rapport aux demandes de refinancement des caisses. Les divergences de points de vue proviennent des différences d'importance relative qu'ils accordent aux critères.

Dans ce paragraphe, nous commençons d'abord par présenter des éléments sur des divergences entre les cinq décideurs du MIFED. Ensuite, nous présentons des généralités en matière de recherche du consensus. Enfin, nous proposons une technique de recherche du consensus adaptée au processus de refinancement.

3.3.1 Nécessité d'une règle de consensus dans la procédure du refinancement

Dans le tableau 3.1 nous présentons des éléments d'information sur la divergence de point de vue des cinq décideurs du MIFED pour une sélection des caisses au refinancement.

Les décideurs étant au nombre de cinq dans notre étude, le tableau 3.1 nous

donne les résultats obtenus avec toutes les règles de vote possibles, lorsque toutes les voix ont le même poids. Observons ce qui se passe pour deux modes classiques de vote : l'unanimité et la majorité.

Dans le cadre d'un vote à l'unanimité, une action est choisie (resp. refusée) si tous les décideurs l'ont choisie (resp. refusée). Avec cette règle de vote, 399 caisses potentielles restent dans la zone de doute. C'est 39% d'éléments de V, donc plus du tiers des caisses potentielles qui ne sont pas classées.

Dans le cadre du vote majoritaire, une action est choisie (resp. refusée) si plus de la moitié des décideurs l'ont choisie (resp. refusée). Il n'y a pas de caisse dans le doute avec cette règle de vote.

τ_1	τ_2	**Nombre de Choisies**	**Nombre de refusées**	**Nombre dans le doute**
5	0	168	457	399
5	1	168	621	235
5	2	168	693	163
4	0	253	457	314
4	1	253	621	150
4	2	253	693	78
3	0	331	457	236
3	1	331	621	72
3	2	331	693	0

Tableau 3.1 — Répartition des CVECA potentielles lorsque plus de τ_1 décideurs doivent les choisir (resp. moins de τ_2 doivent choisir) pour qu'elles accèdent (resp. soient refusées) au refinancement.

La divergence des points de vue des décideurs (cas du vote à l'unanimité) fait ressortir la nécessité de concevoir une procédure du consensus. Elle va permettre de faire des prescriptions qui se rapprochent au mieux des préférences des décideurs.

3.3.2 Généralités sur le consensus

La notion du consensus entre les opinions souvent divergentes des décideurs a été abordée par de nombreux auteurs. Leurs études portent sur la recherche des procédures d'agrégation des relations d'ordres ou des règles de choix sur un ensemble d'actions. J.P. Barthélemy dans [8] fait une synthèse sur les résultats obtenus dans trois démarches présentées par :

– J.G. Kemeny (voir [30]), propose de résumer une famille de pré-ordres totaux sur un ensemble fini, par le pré-ordre total qui minimise la somme des

distances de la différence symétrique prise entre un pré-ordre total quelconque de cette famille et les autres pré-ordres totaux.

- M. Barbut (voir [6]), montre que la médiane d'un treillis distributif composé d'un nombre impair de m-uplets, est l'unique solution de la somme des *distances valuées* entre un m-uplet donné du treillis et les autres m-uplets.
- S. Regnier (voir [51]), pour classer un ensemble d'actions décrit par plusieurs critères, propose de considérer les partitions induites de ces critères : deux actions sont dans la même classe d'une partition s'ils ont la même évaluation sur le critère. Ainsi, à chaque critère va correspondre une relation d'équivalence, telle que deux actions sont en relation si elles appartiennent à la même classe de la partition induite par le critère. Ensuite, il propose de résumer la famille de relations d'équivalence ainsi obtenue par la relation d'équivalence qui minimise la somme des carrés de la *distance métrique euclidienne* entre une relation d'équivalence donnée de la famille et les autres relations d'équivalence.

Mais, dans le problème que nous traitons, connaissant l'ensemble des règles de choix de chaque décideur, on connaît combien d'entre eux accepteraient ou refuseraient une nouvelle action. C'est donc une technique de quotas qui s'impose pour la recherche du consensus dans ce cas. Ainsi, pour faire le consensus des décisions dans le choix des CVECA au refinancement, nous allons utiliser une technique proche de la règle majoritaire que nous appelons la *règle des quotas d'adhérence*.

3.3.3 L'approche du consensus par la règle des quotas d'adhérence

L'extraction des connaissances de chaque expert $j \in [1, d]$ (où d est le nombre total d'experts participant au processus de décision) a permis de segmenter l'espace V en deux parties (par expert) : l'ensemble des *actions choisies* et celui des *actions refusées*. Cette segmentation est matérialisée par un ensemble de règles de décision $R_j,\ j \in [1, d]$. C'est une frontière propre à l'expert à partir de laquelle il décide de choisir ou de refuser une action.

Le principe de la recherche du consensus

Les frontières individuelles R_j ($j \in [1, d]$) sont agrégées en une ou plusieurs frontières collectives dans une procédure du consensus. On obtient une seule frontière dans le cas d'un *tri dichotomique* (R) et deux frontières dans le cas d'un *tri trichotomique* (R^c et R^r). La figure 3.6 présente un consensus par segmentation trichotomique : chaque décideur ayant fait une dichotomie de V, la procédure du consensus agrège le tout en une "trichotomie".

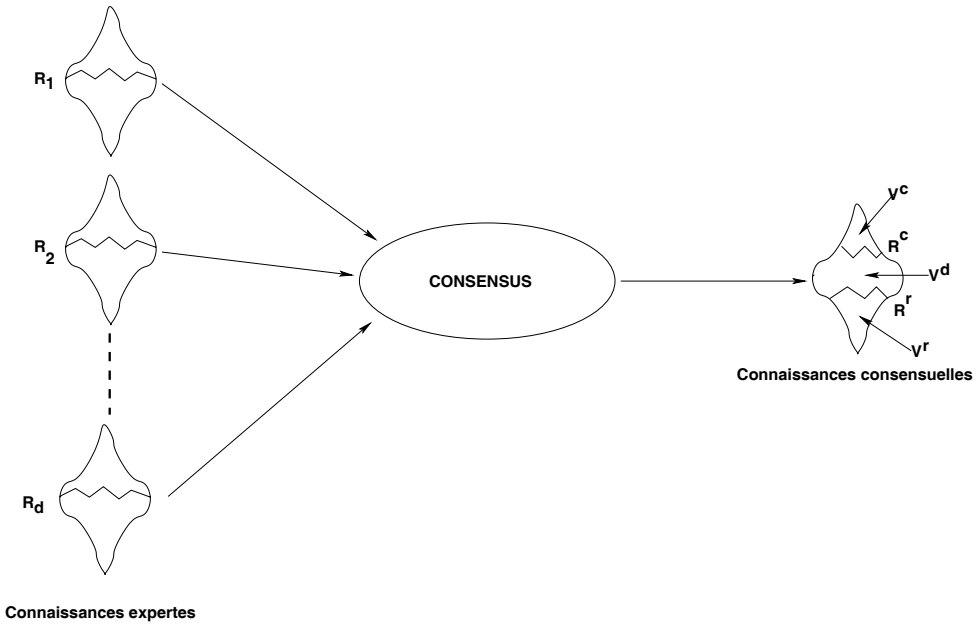


Figure 3.6 — La procédure d'agrégation des connaissances expertes.

La procédure de recherche du consensus par la *règle des quotas d'adhérence*, permet de faire l'agrégation des stratégies de décisions. Elle a pour but de réduire les divergences des points de vue des différents décideurs. Il s'agit de déterminer un décideur (conceptuel) de consensus qui se rapproche le mieux possible des aspirations de tous les décideurs. Dans le problème du refinancement des CVECA, c'est ce décideur du consensus qui va juger si une caisse a le potentiel nécessaire pour bénéficier et gérer le refinancement.

Pour arriver au consensus on calcule l'adhérence des décideurs aux éléments de l'espace de décision V. L'adhésion de chaque élément de V est calculée en s'appuyant sur les règles de décision R_j ($j \in [1, d]$).

Un décideur adhère à une action lorsqu'il la juge suffisamment bonne pour la classer parmi les *actions choisies*. Ce qui revient à dire qu'un décideur j adhère à un élément $v \in V$, lorsque v respecte une des règles de R_j. Nous comptons pour chaque $v \in V$ le nombre de décideurs qui la classe comme suffisamment bonne pour être *choisie*. La valeur obtenue sera appelée le*quota d'adhésion à* v. Le principe de cohérence suivant doit être respecté : *"pour deux éléments distincts de* V*, l'élément qui a la plus grande adhésion des décideurs domine celui qui a la plus petite adhésion, ou alors, ils sont incomparables"*. C'est ce principe qui va garantir la cohérence des résultats de la procédure du consensus. Pour faire le consensus nous allons fixer deux seuils d'adhésion :

– le premier seuil τ_1, le plus grand, permettra de définir, par consensus des décideurs, la condition pour le classement d'une action dans l'ensemble des

actions choisies, ceci est fait dès que l'adhésion de l'action est au moins égale à ce seuil ;
- le deuxième seuil τ_2, le plus petit, permettra de définir, par consensus des décideurs, la condition pour le classement d'une action dans l'ensemble des actions refusées. Ceci est fait dès que l'adhésion de l'action est en dessous de ce seuil.

Avec ces deux seuils, la règle de *quota d'adhésion* permet de faire la segmentation par consensus de l'espace de décision V en trois parties à l'aide de deux ensembles de règles de décision R^c et R^r, cf. figure 3.6. Les ensembles suivants sont alors considérés :

- L'ensemble V^c dans lequel on plonge les actions choisies par le consensus des décideurs. Cet ensemble est défini par ses règles minimales R^c. Les éléments de V^c ont une adhésion supérieure ou égale à τ_1.
- L'ensemble V^r dans lequel on plonge les actions refusées par le consensus des décideurs. Cet ensemble est défini par ses règles maximales R^r. Les éléments de V^r ont une adhésion inférieure ou égale à τ_2.
- L'ensemble V^d dans lequel on plonge les actions dans le doute, c'est-à-dire celles qui n'ont pas obtenu le consensus des décideurs. Il est alors nécessaire de faire un traitement complémentaire pour recommander aux décideurs de les choisir ou de les refuser. Cet ensemble a pour borne supérieure les règles R^c et pour borne inférieure les règles R^r.

Grâce au principe de cohésion énoncé ci-dessus, il est démontré que les règles de décision obtenues avec la règle de quota d'adhésion constituent aussi des antichaînes dans l'ensemble V.

En plongeant les éléments de A dans V, A est segmenté en trois sous-ensembles :

$$\begin{cases} A^c = V^c \cap A \\ A^r = V^r \cap A \\ A^d = (V - V^c \cup V^r) \cap A \end{cases}$$

Nous allons présenter ci-dessous la procédure du consensus telle que nous l'avons implémentée en partant des règles de décision des experts.

La procédure du consensus

La procédure du consensus se fait en deux étapes. Dans une première étape, pour chaque $v \in V$, nous calculons son quota (le nombre de décideurs qui adhèrent à v) à partir des R_j $(j \in [1, m])$.

Dans une seconde étape, on fixe deux seuils τ_1 et τ_2 $(0 \leq \tau_2 \leq \tau_1 \leq d)$ sur les quotas d'adhésion des v. L'ensemble V est segmenté en trois sous-ensembles V^c,

V^d et V^r à partir des quotas de ses éléments et des valeurs seuils τ_1 et τ_2. Les frontières entre ces sous-ensembles sont matérialisées par les règles de décision R^c (entre V^c et V^d) et R^r (entre V^d et V^r), voir la figure 4.1.

3.3.4 Algorithme de la recherche du consensus par la règle des quotas d'adhérence

Entrée

- les règles (ou antichaînes) des d décideurs : $R_1, \ldots, R_d$,
- la valeur τ_1, définissant le quota minimal des règles R^c,
- la valeur τ_2, définissant le quota maximal des règles R^r.

Sortie

- les règles R^c minimales pour l'ensemble des actions *choisies*,
- les règles R^r maximales pour l'ensemble des actions *refusées*.

Principe

Cet algorithme est composé de deux parties. Dans un premier temps, nous déterminons les règles maximales R^r définissant V^r en partant de l'élément minimal $(0, \ldots, 0)$ de V. Nous parcourons l'ensemble V, chaque fois qu'un élément a un quota inférieur ou égal à τ_2, nous l'affectons à R^r. Dans un deuxième temps nous déterminons les règles minimales R^c définissant V^c en partant de l'élément maximum $(c_1 - 1, \ldots, c_m - 1)$ de V. Nous parcourrons l'ensemble V, chaque fois qu'un élément a un quota supérieur ou égal à τ_1, nous l'affectons à R^c.

Pour terminer la procédure, nous supprimons toutes les redondances : si une règle n'est pas maximale dans R^r, alors elle est supprimée ; et si une règle n'est pas minimale dans R^c, alors elle est supprimée.

Énoncé de l'algorithme

Détermination de R^r

"Recherche des règles maximales de V^r, zone des actions refusées"
$R^r := \{(0, \ldots, 0)\}$
"NonMarque(R^r) est l'ensemble des éléments non marqués de R^r"
Tant que (NonMarque(R^r) $\neq \emptyset$) Faire

Choisir $x \in \text{NonMarque}(R^r)$
marquer(x)
succ(x)=$\{y \in V$ *telle que* y *recouvre* $x\}$
Pour $y \in \text{succ}(x)$ Faire
quota(y) := 0
Pour $R \in \{R_1, \ldots, R_d\}$ Faire
Si (y domine R) Alors
quota(y) := quota(y)+1
Fin Si
Fin Pour
Si quota(y) $\leq \tau_2$ Alors
$R^r = R^r \cup \{y\}$
Fin Si
Fin Pour
Fin Tant que
"Éliminer les doublons et les éléments dominés dans R^r*"*
Pour $x \in R^r$ Faire
Si ($\exists x' \in R^r$ telle que x domine x' et $x \neq x'$) alors
$R^r = R^r - \{x\}$
Fin si
Fin Pour

Détermination de R^c

"Recherche des règles minimales de V^c*, zone des actions choisies"*
$R^c := \{(c_1 - 1, \ldots, c_m - 1)\}$
"NonMarque(R^c*) est l'ensemble des éléments non marqués de* R^c*"*
Tant que (NomMarque(R^c) $\neq \emptyset$) Faire
Choisir $x \in \text{NonMarque}(R^c)$
marquer(x)
pred(x)=$\{y \in V$ *telle que* x *couvre* $y\}$
Pour $y \in \text{pred}(x)$ Faire
quota(y) := 0
Pour $R \in \{R_1, \ldots, R_d\}$ Faire
Si (y domine R) Alors
quota(y) := quota(y)+1
Fin Si
Fin Pour
Si quota(y) $\geq \tau_1$ Alors
$R^c = R^c \cup \{y\}$
Fin Si
Fin Pour

Fin Tant que
"Éliminer les doublons et les éléments dominés dans R^c"
Pour $x \in R^c$ Faire
  Si ($\exists x' \in R^c$ telle que x' domine x et $x \neq x'$) Alors
    $R^c = R^c - \{x\}$
  Fin Si
Fin Pour

3.4 Proposition pour une architecture d'un outil

Les objectifs qui ont conduit la conception de notre outil d'aide à la décision sont les suivants :

- limiter le temps de participation des décideurs dans les traitements : l'expertise des décideurs étant très importante dans le processus de prise de décision, il sera très difficile en pratique d'atteindre cet objectif ;
- créer un décideur du consensus tout en gardant la possibilité de justifier ses prescriptions : il faudrait qu'on soit en mesure de connaître les décideurs qui ont choisi (respectivement refusé) une action lorsqu'une prescription est faite ;
- faire une prescription en terme de *"choisie"* ou de *"refusée"* pour toute action qui se présente (elle ne doit pas rester dans le doute) ;
- concevoir un outil adapté à plusieurs contextes d'utilisation (au choix de l'analyste) : mono-décideur ; multi-décideurs ; sensibilités aux aspects sociologiques, culturels et économiques des régions dans lesquelles l'outil est utilisé, etc.

L'architecture de notre outil est composée de trois modules complémentaires, comme indiqué figure 3.7. Les interfaces entre les modules sont explicites et il n'y a pas beaucoup d'informations échangées entre eux. Dans la figure 3.8 nous voyons que le module 1 transmet les règles de décision des décideurs au module 2. Le module 2 à son tour transmet les règles de décision du consensus des décideurs au module 3. A chaque module correspond une étape d'utilisation.

De l'extraction de l'expertise aux recommandations, la chaîne des traitements suit plusieurs étapes. Ces étapes sont :

Étape 1. *L'extraction des connaissances expertes* : ce traitement inclut la détermination des critères et leurs échelles d'évaluation afin de construire notre espace de décision ; l'extraction interactive des stratégies individuelles de décision sur cet espace et la détermination avec l'aide des décideurs des

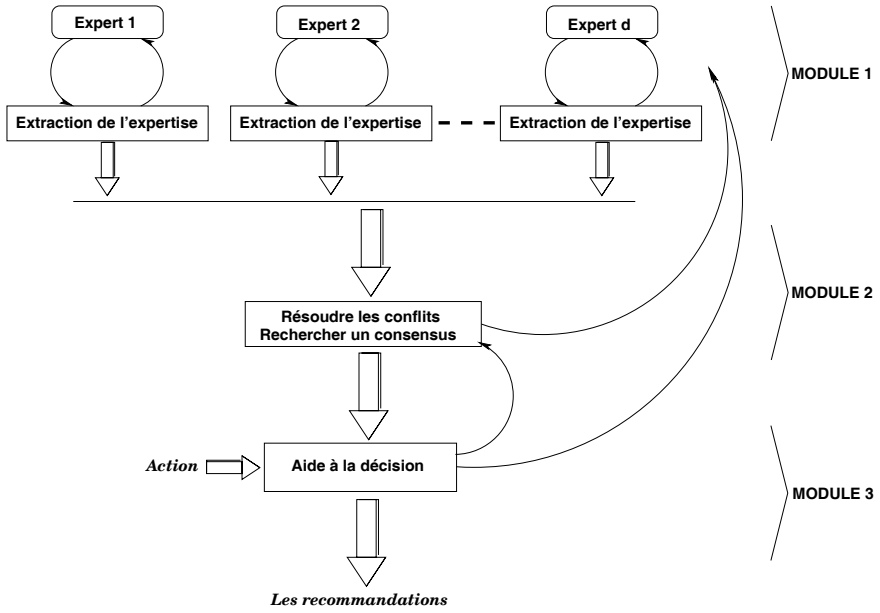


Figure 3.7 — Architecture générale de la méthodologie d'aide à la décision.

autres paramètres de l'outil.

Étape 2. *La recherche du consensus* : nous cherchons à établir une stratégie de décision de compromis pour l'ensemble des décideurs en partant des stratégies de décision individuelles.

Étape 3. *La procédure d'aide à la décision* : la recherche du consensus aboutit sur deux zones de compromis (les actions choisies et les actions refusées) et une zone de doute ; il s'agit ici de faire des recommandations lorsqu'une nouvelle action qui se présente appartient à la zone de doute.

Dans la figure 3.8 c'est surtout l'étape 1 qui nécessite la participation des décideurs. Si une incohérence apparaît lors du traitement de l'étape 2, on doit revenir à l'étape 1 pour ajuster les paramètres fautifs avec l'aide des décideurs. Si c'est plutôt à l'étape 3, alors on peut revenir à l'étape 2 et dans le pire des cas à l'étape 1 pour refaire entièrement les étapes 1 et 2. Lorsque les étapes 1 et 2 se sont bien déroulées, les actions sont évaluées, puis traitées les unes après les autres par le module d'aide à la décision.

En pratique il est difficile de réaliser l'ensemble des étapes sans retour, mais l'analyste doit éviter ces retours, car ils sont très coûteux en temps de participation des décideurs. Ce qui est très contraignant car ces derniers sont très peu disponibles.

Les étapes d'utilisation de l'outil vont être détaillées ci-dessous.

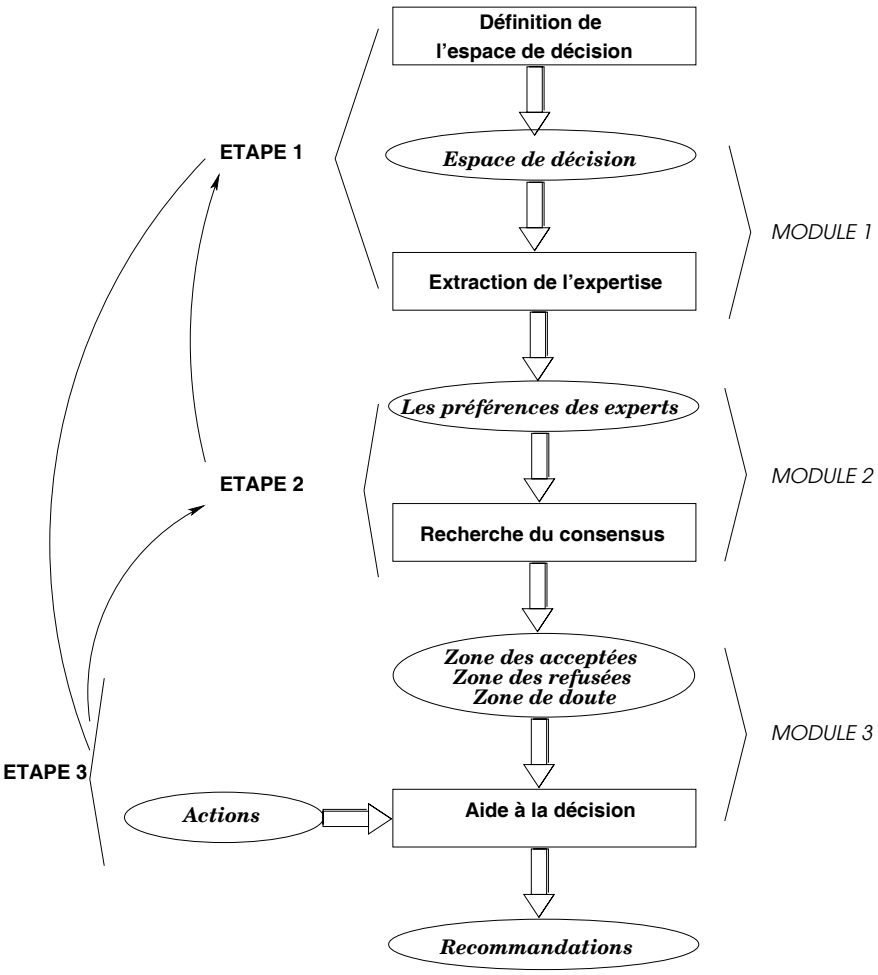


Figure 3.8 — Les étapes d'utilisation de l'outil d'aide à la décision.

3.4.1 Extraction des connaissances expertes

L'extraction des connaissances expertes est scindée en trois parties : la *construction de l'espace de décision*, la *détermination des paramètres de l'outil d'aide à la décision* et l'*extraction des stratégies de décision des experts*.

Construction de l'espace de décision et détermination des paramètres de l'outil

L'espace de décision est le produit cartésien des échelles d'évaluation des critères. Donc, construire l'espace de décision revient à déterminer les critères. Pour déterminer les critères et les paramètres de notre outil d'aide à la décision, il est important d'intégrer le fait que les décisions sont prises par plusieurs décideurs qui n'ont pas toujours les mêmes aspirations, les mêmes visions de la situation

et des préférences différentes sur ces critères (voir le paragraphe 2.5.1). C'est dans ces conditions que les prescriptions de l'outil pourront réellement aider à améliorer la qualité des décisions en microfinance.

Les décideurs font leurs suggestions dans un contexte démocratique, c'est-à-dire que les propositions de chaque décideur seront collectées en dehors de l'influence du point de vue des autres décideurs. Pour y arriver, l'analyste procède à des entretiens individuels en s'assurant que chaque décideur n'est pas au courant des réponses données par les autres décideurs. Seules les informations qui servent de base de travail sont à la disposition de l'interviewé. Ces informations ont été collectées auparavant par le décideur dans la documentation liée au problème à traiter. Dans notre cas, il s'agit de comptes-rendus de terrain et d'autres documents de la microfinance. Les préférences obtenues ont le *"même poids"*, tous les experts ont le même pouvoir, et aucun d'eux ne possède de veto.

Concrètement, la détermination de l'espace de décision et des paramètres de l'outil se fait ainsi : en suivant les experts dans leur travail, en étudiant le domaine du problème traité, et en utilisant la verbalisation (voir [32]).

Une synthèse des informations collectées est restituée aux décideurs. Des ajustements peuvent être apportés pour que l'ensemble des décideurs acceptent et valident l'espace construit et les paramètres de l'outil.

Cette étape nous permet alors de définir les m critères d'évaluation G_i ($i \in [1, m]$) des actions. Ces critères sont ordinaux (non nécessairement commensurables) et correspondent aux échelles d'attractivité des décideurs. L'espace de décision V est alors le produit direct des ordres totaux V_i, $i \in [1, m]$ où l'ensemble V_i définit l'échelle d'évaluation du critère G_i.

Disposant d'un espace de décision aussi complet et précis que possible, l'étape suivante consiste à apprendre sur l'ensemble des critères les conditions de choix et de refus des caisses.

L'extraction des stratégies de décision des experts

Comme nous l'avons présenté au paragraphe 3.2, l'extraction des stratégies de décision d'un expert - à l'aide d'APACHE - dans un processus de choix/refus des profils de caisses qui lui sont présentés, sépare l'espace de décision (qui est le produit direct d'ordres totaux V, voir 3.1) en deux parties grâce à un ensemble de règles appelé R (voir la figure 3.5 et [36]). Sur des critères ordinaux, l'extraction des stratégies de décision consiste à rechercher la frontière séparant l'ensemble des éléments de V choisis (V^c) de l'ensemble des éléments refusés (V^r). Cette frontière correspond à une antichaîne dans V (voir [48]).

3.4.2 Recherche du consensus

Dans cette étape plusieurs règles du consensus peuvent être appliquées en fonction des caractéristiques particulières du problème à résoudre : le niveau de sévérité pour le choix des actions, le nombre de décideurs impliqués dans le processus, le nombre d'actions à choisir, etc. En jouant sur les paramètres τ_1 et τ_2 (cf. 3.3.3), ces règles peuvent prendre l'une des formes suivantes :

- *Unanimité* : une action est choisie (respectivement refusée) si tous les décideurs l'ont choisie (respectivement refusée). Dans ce cas $\tau_1 = d$ et $\tau_2 = 0$.
- *Majorité* : une action est choisie (respectivement refusée) si au moins la moitié des décideurs l'ont choisie (respectivement refusée). Dans ce cas $\tau_1 = \lceil d/2 \rceil$ (l'entier supérieur à $d/2$) et $\tau_2 = \lfloor d/2 \rfloor$ (l'entier inférieur à $d/2$).
- *Consensus intermédiaire* : en fonction des conditions particulières d'application et des résultats cherchés, on décide de fixer $\tau_1 > d/2$ et $\tau_2 < d/2$. Dans ce cas, une action est choisie si plus de la moitié des décideurs l'ont choisie (respectivement refusée).

Le problème consiste désormais à fournir une recommandation pour toute nouvelle action qui se présente, particulièrement pour celles qui sont dans la zone du doute.

3.4.3 Procédure d'aide à la décision

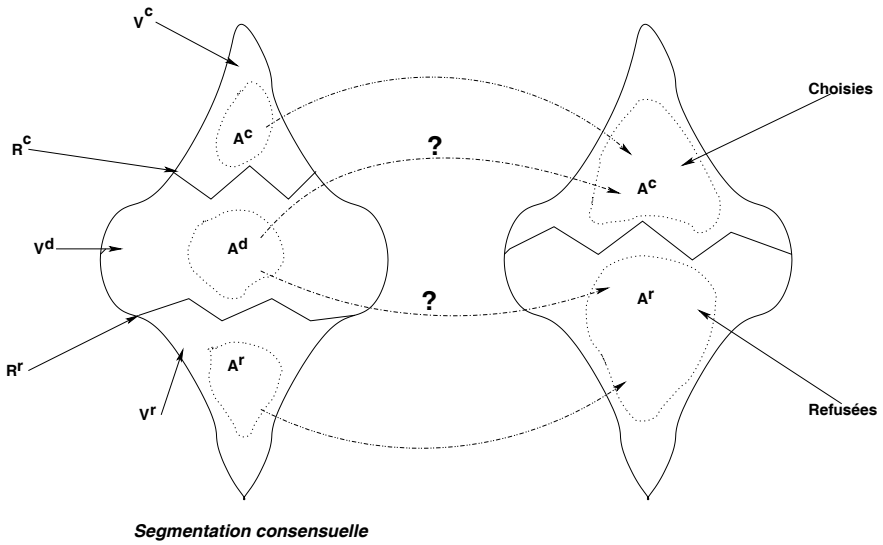


Figure 3.9 — Transformation de l'espace de décision par la procédure d'aide à la décision.

A la suite de la procédure du consensus présentée au paragraphe 3.3.3, l'espace de décision V est divisé en trois parties : V^c définie par l'ensemble de ses

règles minimales R^c, V^r définie par l'ensemble de ses règles maximales R^r et V^d l'ensemble des éléments de V dans le doute qui est borné par R^r et R^c. Il s'agit maintenant de faire des recommandations aux décideurs, lorsqu'une nouvelle action se présente. Ces recommandations consistent à choisir toute action a de l'ensemble V^c, à refuser toute action a de l'ensemble V^r et, suivant l'évaluation de $a \in V^d$, il faudra la choisir ou la refuser (voir la figure 3.9). De par son fonctionnement, cette procédure sera proche de la segmentation trichotomique développée par Moscarola et Roy (voir [46, 52]).

Nous avons développé une procédure multicritère d'aide à la décision permettant de faire des recommandations aux décideurs. Cette procédure s'appelle ATREE (Analysis by Trichotomy and Risk Evaluation Evidence), cf. le chapitre 4. Elle s'appuie sur les ensembles de règles de décision R^r et R^c et sur la variation de l'importance des critères que pourrait induire les prescriptions faites pour les actions en zone de doute.

3.5 Conclusion

Nous avons présenté l'espace de décision de nos experts qui est modélisé par le produit d'ordres totaux des échelles de codage des critères. Ensuite, on a vu qu'on peut extraire les stratégies de décision des experts de la microfinance en utilisant le logiciel APACHE, qui est une implementation du modèle cognitif de l'HBM. Le processus de décision dans le refinancement implique plusieurs décideurs, ce qui nécessite la recherche d'une stratégie de décision du consensus.

Après l'extraction des stratégies de décision d'un décideur j, le jugement qu'il porte à chaque élément v de V est connu. Ce jugement est donné par la position de v dans V par rapport à l'antichaîne R_j qui segmente V en deux : le sous-ensemble des éléments choisis et celui des éléments refusés. Par conséquence, pour chaque action à traiter, on sait combien d'acteurs de la décision l'ont choisie et combien l'ont refusée. Dans cette situation, c'est la règle des quotas d'adhésion qui s'impose comme méthode de consensus.

Les techniques d'extraction de stratégies de décision des experts et de recherche du consensus que nous présentons dans ce chapitre sont généralisables à tout problème où le processus de décision répond aux hypothèses : **C1, C2, C3** et **C4**.

Un outil d'aide à la décision composé de trois modules complémentaires est présenté ci-dessus. Quatre objectifs ont guidé la conception de cet outil (voir le paragraphe 3.4). La participation active des décideurs se situe essentiellement dans l'étape d'extraction des connaissances expertes, d'où la limitation de la participation des décideurs, et l'utilisation d'APACHE dans cet étape y contribue aussi, car il est conçu dans cette optique. L'étape du consensus permet de créer

un décideur de synthèse, avec la règle des quotas d'adhésion qui y est utilisée on peut connaître les décideurs qui ont choisi une action traitée. L'étape d'aide à la décision prescrit *"choisie"* ou *"refusée"* à toute action qui se présente.

Dans les chapitres qui vont suivre, la description formelle de la procédure d'aide à la décision pour les actions en zone de doute sera faite, ainsi qu'une validation expérimentale.

Quatrième Chapitre

Procédure d'aide à la décision

Ce chapitre est consacré à la méthode ATREE (Analysis by Trichotomy and Risk Evaluation Evidence). Il s'agit d'une méthode multicritère d'aide à la décision qui fait des prescriptions pour des actions en zone de doute. Une action est choisie (respectivement refusée) si dans V^d, le nombre d'éléments qu'elle domine est supérieur (respectivement inférieur) au nombre d'éléments qui la dominent. Cette méthode intègre une évaluation stochastique de la variation de l'importance des critères. L'hypothèse de base est que chaque critère a une importance relative, pas nécessairement numérique : négligeable, très important etc. Le principe est de ne pas évaluer ces importances mais d'étudier leurs variations au cours du temps. Plus précisément décider qu'une action douteuse a (dont l'information initiale ne permet pas de se prononcer sur sa pertinence intrinsèque, cf. 2 et voir [46]) est *choisie* ou *refusée* aura pour conséquence, pour un critère G_i donné, d'*accroître* l'importance de celui-ci, de la *diminuer*, ou de la *maintenir*.

On introduit donc des calculs de "vraisemblance" et une fonction d'évaluation attachée à chaque critère G_i :

- par vraisemblance nous entendons ici la mesure que l'importance d'un critère G_i augmente, diminue, ne bouge pas, sachant que a a été choisie ou refusée,
- par *fonction d'évaluation* nous entendons ici une relation entre l'ensemble des valeurs d'un critère et l'intervalle réel $[-1, +1]$ (-1 : la pire, $+1$: la meilleure). Il s'agit donc d'un recodage numérique d'un critère.

Les variations d'importance des critères ont des conséquences sur les prescriptions faites aux décideurs. Les vraisemblances et les évaluations sur les critères nous permettent de définir deux formes additives : Φ^c qui représente le degré de confiance de choix et Φ^r qui représente le degré de confiance de refus. En comparant ces deux degrés de confiance à un seuil donné, on obtient une prescription. La condition **C3** de cohérence énoncée au chapitre 3 doit être maintenue dans le

traitement par ATREE. Diverses approches possibles peuvent être utilisées pour aider à prendre des décisions sur le choix ou le refus des actions en zone de doute. Citons-en deux :

- dans une première, une action sera choisie (respectivement refusée) si elle est plus proche de R^c (respectivement R^r) que de R^r (respectivement R^c),
- dans une seconde, une action sera choisie (respectivement rejetée) s'il y a beaucoup plus d'éléments dans V^d qu'elle domine (respectivement qui la dominent) que d'éléments qui la dominent (respectivement qu'elle domine).

Nous allons essentiellement développer cette seconde approche. Nous commençons par présenter les concepts de la première méthode, puis nous décrivons la méthode multicritère d'aide à la décision ATREE et l'étude de ses propriétés sera fait. Quelques fonctions d'évaluation sont proposées. Ensuite, nous présentons les algorithmes de calcul. Il s'agit de l'estimation des vraisemblances et du calcul de la confiance dans le choix ou le refus. La méthode est ensuite éprouvée sur deux exemples, le premier est extrait de la littérature (choix d'hotels-restaurants par 30 sujets) le second provient de données originales (choix des élèves admis sur titre au cycle d'ingénieur de l'ENST-Bretagne (École Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne)). L'application de la méthode au problème du refinancement sera faite au chapitre suivant.

4.1 Problématique du traitement des actions en zone de doute

Comme nous l'avons présenté au paragraphe 3.3.3, après la procédure de consensus appliquée aux stratégies de décision des experts, l'espace de décision V est segmenté en trois parties (V^r, V^d et V^c) ce qui induit aussi une partition de A en trois sous-ensembles (A^r, A^d et A^c), voir la figure 4.1.

Dans un premier temps, il s'agit d'affecter des actions à l'un des ensembles ci-dessus (ou classes), ce qui correspond à une procédure de tri. Pour cela il est nécessaire de connaître les performances de l'action et les règles qui définissent les classes, voir [53].

Les règles qui définissent les classes du tri dans notre méthode d'aide à la décision sont les suivantes (voir 3.3.3) :

- pour la classe V^c, c'est-à-dire le sous-ensemble de V dans lequel sont plongées les actions *"choisies"* noté A^c. C'est R^c qui représente alors les règles minimales que doit vérifier toute action pour appartenir à V^c ;
- pour la classe V^r, c'est-à-dire le sous-ensemble de V dans lequel sont plongées les actions *"refusées"* noté A^r. C'est R^r qui représente les règles maximales que doit vérifier toute action pour appartenir à V^r ;

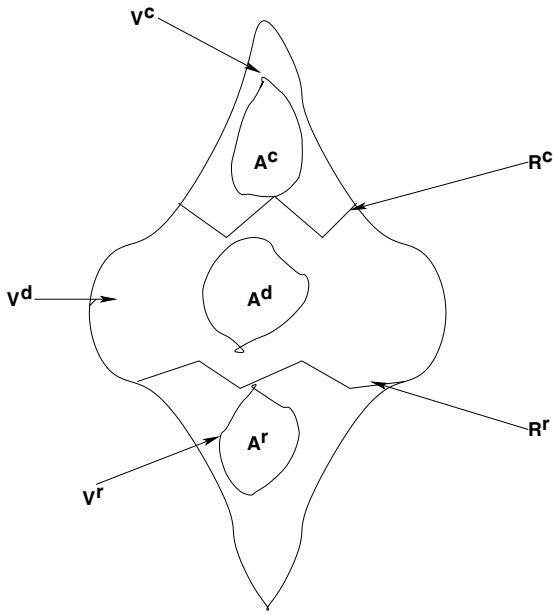


Figure 4.1 — Segmentation de l'espace V après le consensus.

– pour la classe V^d, c'est-à-dire le sous-ensemble de V dans lequel sont plongées les actions en *"zone de doute"* noté A^d. Ce sont les actions dont l'information initiale ne permet de se prononcer sur sa valeur intrinsèque, voir [46, 52]. Les règles R^r et R^c définissent les frontières de V^d.

Dans un second temps, nous devons faire une prescription pour les actions appartenant à A^d. La procédure permettant de prescrire aux décideurs de choisir ou de refuser une action en zone de doute, est proche de la segmentation trichotomique développée par Moscarola et Roy (voir [46, 52]).

4.2 Procédure de traitement des actions en zone de doute par comparaison des distances

Notre hypothèse de travail est que : *les actions de V^d choisies sont celles qui sont plus proches de V^c que de V^r du point de vue de la distance δ du plus court chemin dans le graphe de couverture de l'ensemble ordonné V.*

La structure particulière de V (il s'agit d'un produit direct d'ordres totaux) rend le calcul de δ particulièrement aisé. On a, en effet $\delta(a,b) = 2\kappa(a \vee b) - \kappa(a) - \kappa(b) = \kappa(a) + \kappa(b) - 2\kappa(a \wedge b)$, où κ est le rang sur le treillis V (cf. annexe geodesic).

Pour chaque $a \in V^d$, nous déterminons les quantités $d_{V^c}(a) = \min_{x \in R^c} \delta(a,x)$ et $d_{V^r}(a) = \min_{x \in R^r} \delta(a,x)$.

On sait (cf. annexe B.1.5) que $d_{V^c}(a) = \min_{x \in R^c} \kappa(a \vee x) - \kappa(a)$ et $d_{V^r}(a) = \kappa(a) - \max_{x \in R^r} \kappa(a \wedge x)$. En notant $\bar{x}$ (resp. $\underline{x}$) la solution de $\min_{x \in R^c} \kappa(a, x)$ (resp. $\min_{x \in R^r} \kappa(a, x)$).

On a donc

$$\begin{aligned} d_{V^c}(a) &= \min_{x \in R^c} \sum_{i \in [1,m]} \max(g_i(a), x_i) - \sum_{i \in [1,m]} g_i(a) \\ &= \sum_{i \in [1,m]} \max(g_i(a), \bar{x}_i) - \sum_{i \in [1,m]} g_i(a) \end{aligned}$$

et

$$\begin{aligned} d_{V^r}(a) &= \sum_{i \in [1,m]} g_i(a) - \max_{x \in R^r} \sum_{i \in [1,m]} \min(x_i, g_i(a)) \\ &= \sum_{i \in [1,m]} g_i(a) - \sum_{i \in [1,m]} \min(\underline{x}_i, g_i(a)) \end{aligned}$$

Pour calculer $d_{V^c}(a)$ (resp. $d_{V^r}(a)$), nous commençons par déterminer $\bar{x}$ (resp. $\underline{x}$). Ensuite, nous calculons la différence entre le rang de $a \vee \bar{x}$ et de a (resp. de a et de $a \wedge \underline{x}$).

La comparaison de $d_{V^c}(a)$ et $d_{V^r}(a)$ peut s'effectuer de diverses manières. Nous avons choisi la fonction $\lambda : V^d \longrightarrow [0, 1]$, qui est une normalisation de $d_{V^r}(a)$. On pose :

$$\lambda(a) = \frac{d_{V^r}(a)}{d_{V^c}(a) + d_{V^r}(a)}$$

Plus la valeur $\lambda(a)$ est grande, plus a a des chances d'être choisie. Pour faire des prescriptions, nous fixons un seuil θ, tel que si $\lambda(a) \geq \theta$, alors a est *choisie*, dans le cas contraire, a est *refusée*. Ce seuil η sera fixé en fonction du contexte particulier du problème traité et du niveau de sévérité souhaité par les acteurs participants (les décideurs et l'analyste) au processus de decision. Il faut noter que cette approche consiste à fixer une frontière entre les actions acceptables et les actions refusables à partir d'un échantillon d'actions examinées par des experts.

4.2.1 Monotonie de la fonction λ

Proposition 1 *Soient a, $a' \in V^d$, avec $a \leq_V a'$, si a est choisie, alors a' l'est aussi.*

Preuve

Ce résultat est la conséquence immédiate de deux lemmes.

Lemme 1
Soient $a, a' \in V^d$, *si* $a \leq_V a'$, *alors* $d_{V^c}(a) \geq d_{V^c}(a')$ *et* $d_{V^r}(a) \leq d_{V^c}(a')$.

Preuve

Montrons que $d_{V^c}(a) \geq d_{V^c}(a')$ **E1**

Soit $\overline{[a]}$ (resp. $\overline{[a']}$) l'ensemble des éléments de R^c qui sont des solutions de $\min_{x \in R^c} \kappa(a \vee x)$ (resp. $\min_{x \in R^c} \kappa(a' \vee x)$).

Soient $\overline{a} \in \overline{[a]}$ et $\overline{a'} \in \overline{[a']}$

$$d_{V^c}(a) - d_{V^c}(a') = \kappa(\overline{a} \vee a) - \kappa(\overline{a'} \vee a') + \kappa(a') - \kappa(a)$$

Nous savons que $\kappa(\overline{a} \vee a') - \kappa(\overline{a} \vee a) \geq \kappa(\overline{a'} \vee a') - \kappa(\overline{a} \vee a)$

E1 est vraie si $\kappa(\overline{a} \vee a') - \kappa(\overline{a} \vee a) \leq \kappa(a') - \kappa(a)$, c'est à dire que $\sum_{1 \leq i \leq m}((\max(\overline{a}_i, a_i) - \max(\overline{a}_i, a'_i)) + (a'_i - a_i)) \leq 0$.

si $\overline{a} \vee a = \overline{a} \vee a'$ alors, $d_{V^c}(a) - d_{V^c}(a') = \kappa(a') - \kappa(a)$ or $a \leq a'$ donc $d_{V^c}(a) - d_{V^c}(a') \geq 0$.

Dans le cas $\overline{a} \vee a \neq \overline{a} \vee a'$ montrons l'inégalité $\max(\overline{a}_i, a'_i) - \max(\overline{a}_i, a_i) \leq a'_i - a_i$ **E2**.

Si $\max(\overline{a}_i, a'_i) = \overline{a}_i$, alors $\max(\overline{a}_i, a_i) = \overline{a}_i$ car $a_i \leq a'_i$, donc **E2** est vraie.

Si $\max(\overline{a}_i, a'_i) = a'_i$, nous allons distinguer deux cas :
- si $\max(\overline{a}_i, a_i) = \overline{a}_i$ alors **E2** devient $a'_i - \overline{a}_i \leq a'_i - a_i$, ce qui est vraie car $\overline{a}_i \geq a_i$,
- si $\max(\overline{a}_i, a_i) = a_i$ alors **E2** devient $a'_i - a_i \leq a'_i - a_i$, ce qui est vraie.

E2 permet de dire que **E1** est vraie.

De la même manière on montre que $d_{V^r}(a) \leq d_{V^r}(a')$. cqfd.

Lemme 2
Soient $a, a' \in V$, *si* $a \leq_V a'$, *alors* $\lambda(a) \leq \lambda(a')$.

Preuve

Posons $X_1 = d_{V^c}(a')$, $X_2 = d_{V^c}(a)$, $Y_1 = d_{V^r}(a')$ et $Y_2 = d_{V^r}(a)$.

D'après le lemme 1, nous avons :

$$\begin{aligned} & X_1 \leq X_2 \text{ et } Y_2 \leq Y_1 \\ \Longrightarrow\ & X_1 Y_2 \leq X_2 Y_1 \\ \Longrightarrow\ & X_1 Y_2 + Y_1 Y_2 \leq X_2 Y_1 + Y_1 Y_2 \\ \Longrightarrow\ & Y_2(X_1 + Y_1) \leq Y_1(X_2 + Y_2) \end{aligned}$$

$$\Longrightarrow \quad \frac{Y_2}{X_2+Y_2} \leq \frac{Y_1}{X_1+Y_1}$$

Donc pour $a \leq_V a'$, on a $\lambda(a) \leq \lambda(a')$. Si a est choisie, alors a' l'est aussi, car $\eta \leq \lambda(a) \leq \lambda(a')$.

Comment fixer le seuil θ ?

Nous cherchons maintenant à déterminer des valeurs de θ qui permettent de prescrire le choix des actions de V^d qui sont plus proches de V^c que de V^r (cf. 4.2).

Soit $a \in V^d$, d'après notre hypothèse de travail :

$$\begin{aligned}
& d_{V^c}(a) \leq d_{V^r}(a) \\
\Longleftrightarrow \quad & d_{V^c}(a) + d_{V^r}(a) \leq 2d_{V^r}(a) \\
\Longleftrightarrow \quad & \frac{1}{d_{V^c}(a) + d_{V^r}(a)} \geq \frac{1}{2d_{V^r}(a)} \\
\Longleftrightarrow \quad & \frac{d_{V^r}(a)}{d_{V^c}(a) + d_{V^r}(a)} \geq \frac{1}{2} \\
\Longleftrightarrow \quad & \lambda(a) \geq \frac{1}{2}
\end{aligned}$$

Nous devons alors avoir : $\theta \in [0.5, 1]$, pour que les actions de V^d choisies, soient celles qui sont plus proches de V^c que de V^r.

4.3 Procédure de traitement des actions en zone de doute par ATREE

ATREE repose sur trois hypothèses de travail :

- le fait de décider d'accepter ou de refuser a peut remettre en cause les importances des critères ;
- la variation d'importance des critères est un facteur de risque ;
- les variations d'importance des critères peuvent être évaluées les unes indépendamment des autres.

En effet, nous supposons que chaque critère a une importance relative (pas nécessairement numérique : négligeable, très important, etc.), il ne s'agit pas d'évaluer ces importances mais d'étudier leurs variations au cours du temps. Plus précisément décider de choisir ou de refuser une action a en *zone de doute* aura

pour conséquence, pour un critère G_i donné, d'accroître son importance, de la diminuer ou de la maintenir.

Définition des vraisemblances sur les critères

Le traitement d'une action $a \in V^d$ permet d'estimer l'effet de chacun des critères G_i sur son éventuel choix ou son éventuel refus. Le fait de choisir a a tendance à augmenter l'importance des critères de forte valeur et à diminuer l'importance des critères de faible valeur. Si a est choisie, alors nous allons avoir pour chacune des valeurs $g_i(a) = a_i$, l'une des situations suivantes qui correspondent à autant d'hypothèses :

- si a_i a une petite valeur (a est "mal" évaluée sur G_i) et l'importance de G_i sur a diminue, alors ceci tend à renforcer le choix de a ;
- si a_i a une petite valeur et si l'importance de G_i sur a augmente, alors ceci tend à affaiblir le choix de a ;
- si a_i a une grande valeur et si l'importance de G_i sur a diminue, alors ceci tend à affaiblir le choix de a ;
- si a_i a une grande valeur et si l'importance de G_i sur a augmente, alors ceci tend à renforcer le choix de a.

Mais si a est refusée, G_i a une influence différente (symétrique) sur sa prescription. Dans ce cas, pour chacune des évaluations a_i de a sur G_i, nous avons l'une des situations suivantes :

- si a_i a une petite valeur (a est "mal" évaluée sur G_i) et l'importance de G_i diminue, alors ceci tend à affaiblir le refus de a ;
- si a_i a une petite valeur et si l'importance du critère G_i augmente, alors ceci tend à renforcer le refus de a ;
- si a_i a une grande valeur et si l'importance du critère G_i diminue, alors ceci tend à renforcer le refus de a ;
- si a_i a une grande valeur et si l'importance du critère G_i augmente, alors ceci tend à affaiblir le refus de a.

Le tableau 4.1 résume ce qui est dit ci-dessus sur l'influence des valeurs du critère G_i lors des prescriptions sur le traitement d'une action a.

Ceci nous amène à définir quatre vraisemblances associées à chaque critère G_i :

- $p^c_{i,+}(a)$ est la vraisemblance que l'importance du critère G_i augmente sachant que a est choisie. Ce qui tend à renforcer l'éventuel choix de a ;
- $p^c_{i,-}(a)$ est la vraisemblance que l'importance du critère G_i diminue sachant que a est choisie. Ce qui tend à affaiblir l'éventuel choix de a ;
- $p^r_{i,+}(a)$ est la vraisemblance que l'importance du critère G_i augmente sachant que a est refusée. Ce qui tend à renforcer l'éventuel refus de a ;
- $p^r_{i,-}(a)$ est la vraisemblance que l'importance du critère G_i diminue sachant

$g_i(a) = a_i$	**Importance de G_i sur a**	**Influence sur le choix**	**Influence sur le refus**
petite	diminue	renforce	affaiblit
petite	augmente	affaiblit	renforce
grande	diminue	affaiblit	renforce
grande	augmente	renforce	affaiblit

Tableau 4.1 **— L'influence de a_i et de l'importance de G_i dans une prescription concernant a.**

que a a été placée dans V^r. Ce qui tend à affaiblir l'éventuel refus de a ;

Calcul des degrés de confiance de choix et de refus

A chaque critère G_i, nous allons associer une fonction d'*évaluation* notée γ_i, qui prendra ses valeurs dans $[-1,\ 1]$. Ainsi, $\forall a \in V^d$, -1 correspond à la plus faible valeur de G_i sur a et 1 à sa plus forte valeur. Si a est choisie, alors, nous avons l'une des deux situations suivantes ; compte-tenu des hypothèses énoncées plus haut :

- si a est "bien" évaluée sur le critère G_i, l'importance du critère aura tendance à augmenter $(+)$;
- si a est "mal" évaluée sur le critère G_i, l'importance du critère aura tendance à diminuer $(-)$;

Mais, si en revanche a est refusée, alors, nous avons l'une des deux situations suivantes (toujours compte-tenu des mêmes hypothèses) :

- si a est bien évaluée sur le critère G_i, l'importance du critère aura tendance à diminuer $(-)$;
- si a est mal évaluée sur le critère G_i, l'importance du critère aura tendance à augmenter $(+)$;

Nous définissons le *degré de confiance* dans le choix de a par

$$\Phi^c(a) \quad = \quad \sum_{1 \leq i \leq m} \phi_i^c(a)(1 + p_{i,+}^c(a) - p_{i,-}^c(a))$$

où ϕ_i^c est une fonction à valeurs positives telle que $\gamma_i(a) \leq \gamma_i(b) \Rightarrow \phi_i^c(a) \leq \phi_i^c(b)$. De même nous définissons le degré de confiance dans le refus de a par

$$\Phi^r(a) \quad = \quad \sum_{1 \leq i \leq m} \phi_i^r(a)(1 + p_{i,-}^r(a) - p_{i,+}^r(a))$$

où ϕ_i^r est une fonction à valeurs positives telle que $\gamma_i(a) \leq \gamma_i(b) \Rightarrow \phi_i^r(a) \geq \phi_i^r(b)$.

Ces fonctions sont des formes additives qui rendent compte des proximités de a à V^c ou V^r. Elles vérifient les prescriptions résumées dans le tableau 4.1. Par exemple, pour un critère G_i donné si a est choisie et si l'importance de G_i augmente, $\phi_i^c(a)(1 + p_{i,+}^c(a) - p_{i,-}^c(a))$ contribuera d'autant plus à renforcer ce choix que a est "bien évaluée" sur le critère G_i (i.e. que $\gamma_i(a)$ est élevée).

Notre modèle prescrira le choix (resp. le refus) de a d'autant plus que la valeur de $\Phi^c(a)$ est élevée et que la valeur de $\Phi^r(a)$ est basse (resp. d'autant plus que la valeur $\Phi^r(a)$ est élevée et la valeur $\Phi^c(a)$ est basse). Plus précisément la différence $\Phi^c(a) - \Phi^r(a)$ est comparée à un seuil η qui traduit un degré de conviction (ou d'aversion au risque). On préconisera de choisir a si $\Phi^c(a) - \Phi^r(a) \geq \eta$ et de le rejeter sinon. Pour évaluer les paramètres ($p_{i,+}^c$, $p_{i,-}^c$, $p_{i,+}^r$, $p_{i,-}^r$, ϕ_i^c, ϕ_i^r, γ_i) du modèle nous allons introduire deux autres exigences :

M (*monotonie*) si le choix de a est prescrit et si b domine a sur chaque critère, alors le choix de b sera également prescrit, si le refus de a est prescrit et si a domine b alors le refus de b sera également prescrit,

D (*dominance*) les valeurs des vraisemblances relatives à l'action a rendent compte du nombre d'éléments de V^d dominés par a ou la dominant.

4.4 Évaluation des paramètres du modèle

Dans un premier temps nous allons proposer des formules pour les vraisemblances qui rendront compte de l'exigence D. Puis des expressions de Φ^c et Φ^r qui garantissent la condition M.

4.4.1 Évaluation des vraisemblances

Soit $[a]^+$ l'ensemble des éléments de V^d qui dominent a et soit $[a]^-$ l'ensemble des éléments de V^d que a domine (voir la figure 4.2). Par définition, nous avons $[a]^+ \cap [a]^- = \{a\}$ ($\{a\}$ est le singleton réduit à l'action a). Rappelons que la condition **M** implique que, si a est choisie, alors tous les éléments de $[a]^+$ seront aussi choisis et si a est refusée, alors tous les éléments de $[a]^-$ seront aussi refusés.

Dans $[a]^+$ (resp. $[a]^-$) l'importance des critères sur lesquels les éléments sont bien évalués a tendance à augmenter (resp. à diminuer). Par contre l'importance des critères sur lesquels les éléments de $[a]^+$ (resp. $[a]^-$) sont mal évalués a tendance à diminuer (resp. à augmenter).

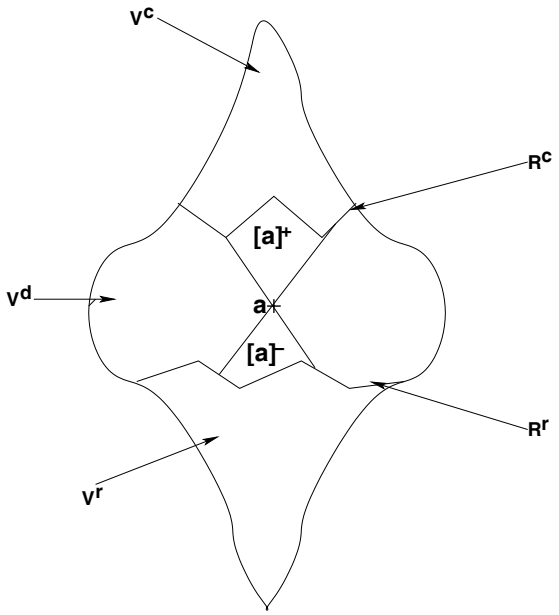


Figure 4.2 — Les actions susceptibles d'être acceptées (resp. refusées) automatiquement avec a.

Nous associons à chaque critère G_i un seuil $\rho_i \geq 0$. Celui-ci nous permet de relativiser la notion de "bien évalué" ($\gamma_i(a) > \rho_i$) et de "mal évalué" ($\gamma_i(a) < \rho_i$).

Pour chaque critère G_i, et pour chaque sous-ensemble $A \subseteq V^d$, on pose :

$$\Gamma_i(A) \quad = \quad \sum_{x \in A} |\gamma_i(x)|$$

Soient Λ_i^c et Λ_i^r les quantités définies par :

$$\Lambda_i^c \quad = \quad \max_{y \in V^d} \Gamma_i([y]^-)$$

et

$$\Lambda_i^r \quad = \quad \max_{y \in V^d} \Gamma_i([y]^+)$$

On pose alors :

$$p_{i,+}^c(a) \quad = \quad \sum_{\gamma_i(x) > \rho_i, x \in [a]^-} \frac{\gamma_i(x)}{\Lambda_i^c}$$

$$
\begin{aligned}
p^c_{i,-}(a) &= \sum_{\gamma_i(x)<-\rho_i, x\in[a]^+} \frac{-\gamma_i(x)}{\Lambda^r_i} \\
p^r_{i,+}(a) &= \sum_{\gamma_i(x)<-\rho_i, x\in[a]^-} \frac{-\gamma_i(x)}{\Lambda^c_i} \\
p^r_{i,-}(a) &= \sum_{\gamma_i(x)>\rho_i, x\in[a]^+} \frac{\gamma_i(x)}{\Lambda^r_i}
\end{aligned}
$$

Les dénominateurs (facteurs de normalisation) garantissent que ces quantités sont comprises entre 0 et 1. De plus $p^c_{i,+}(a)$ est d'autant plus proche de 1 que a a tendance à dominer des éléments de V^d bien évalués sur le critère, etc. Ces formules rendent compte de la condition **D** relativisée par les évaluations des actions sur les critères.

Proposition 2

$p^c_{i,+}(a) + p^r_{i,+}(a) \leq 1$ *et* $p^c_{i,-}(a) + p^r_{i,-}(a) \leq 1$

Preuve

$$
\begin{aligned}
p^c_{i,+}(a) + p^r_{i,+}(a) &= \sum_{\gamma_i(x)>\rho_i, x\in[a]^-} \frac{\gamma_i(x)}{\Lambda^c_i} + \sum_{\gamma_i(x)<-\rho_i, x\in[a]^-} \frac{-\gamma_i(x)}{\Lambda^c_i} \\
&= \sum_{|\gamma_i(x)|>\rho_i, x\in[a]^-} \frac{|\gamma_i(x)|}{\Lambda^c_i}
\end{aligned}
$$

Or

$$
\Gamma_i([a]^-) = \sum_{x\in[a]^-} |\gamma_i(x)| = \sum_{|\gamma_i(x)|>\rho_i, x\in[a]^-} |\gamma_i(x)| + C_i
$$

avec $C_i \geq 0$. Donc

$$
\Lambda^c_i = \max_{x\in V^d} \Gamma_i([x]^-) \geq \Gamma_i([a]^-) \geq \sum_{|\gamma_i(x)|>\rho_i, x\in[a]^-} |\gamma_i(x)|
$$

De la même façon on peut montrer que $p^c_{i,-}(a) + p^r_{i,-}(a) \leq 1$. cqfd.

Proposition 3

Soient deux actions $a,\ a' \in V^d$ *et soit un critère* G_i *telles que* $\gamma_i(a) \leq \gamma_i(a)$ *:*

P1. $p^c_{i,+}(a) \leq p^c_{i,+}(a')$

P2. $p^c_{i,-}(a) \geq p^c_{i,-}(a')$

P3. $p^r_{i,+}(a) \leq p^r_{i,+}(a')$

P4. $p^r_{i,-}(a) \geq p^r_{i,-}(a')$

Preuve

Par définition, la fonction d'évaluation γ_i du critère G_i est monotone et croissante.

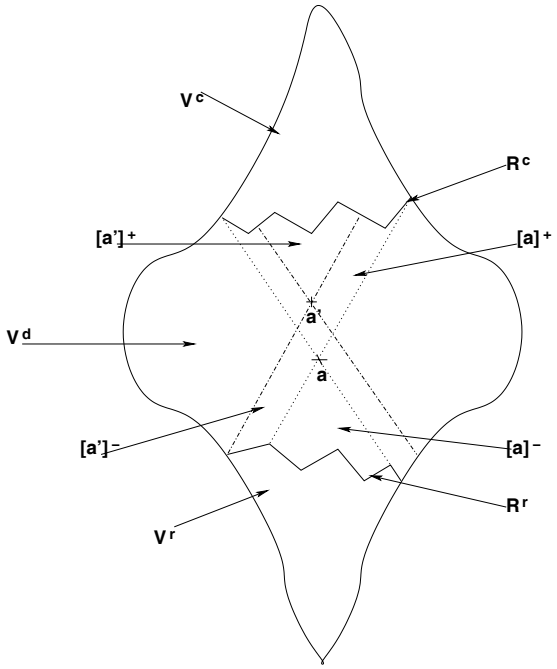


Figure 4.3 — Représentation du surclassement entre deux actions a et a' de la zone de doute.

Montrons **P1.**, soient $a,\ a' \in V^d$ telles que $a \leq_V a'$. D'après la définition, $[a]^- \subseteq [a']^-$ (voir la figure 4.3), alors

$$\sum_{\gamma_i(x)>\rho_i, x\in[a']^-} \gamma_i(x) \geq \sum_{\gamma_i(x)>\rho_i, x\in[a]^-} \gamma_i(x)$$

La valeur Λ^c_i étant constante pour tous les éléments de V^d, alors :

$$\sum_{\gamma_i(x)>\rho_i, x\in[a]^-} \frac{\gamma_i(x)}{\Lambda_i^c} \leq \sum_{\gamma_i(x)>\rho_i, x\in[a']^-} \frac{\gamma_i(x)}{\Lambda_i^c}$$

.

P2., **P3.** et **P4.** s'obtiennent de manière analogue. cqfd.

Proposition 4

Φ^c est monotone-croissante et Φ^r est monotone-décroissante.

Preuve Montrons que Φ^c est croissante :

Soient $a, a' \in V^d$ telles que $a \leq_V a'$. En vertu de **P1.** et **P2.**, nous avons pour chaque critère G_i $(i \in [1,m])$: $p^c_{i,+}(a) \leq p^c_{i,+}(a')$ et $p^c_{i,-}(a) \geq p^c_{i,-}(a')$. Donc

$$(1 + p^c_{i,+}(a) - p^c_{i,-}(a)) \leq (1 + p^c_{i,+}(a') - p^c_{i,-}(a'))$$

En multipliant par $\phi^c(a)$ et en sommant sur tous les critères $G_i,\ i \in [1,m]$, on obtient :

$$\sum_{1\leq i\leq m} \phi^c_i(a)(1 + p^c_{i,+}(a) - p^c_{i,-}(a)) \leq \sum_{1\leq i\leq m} \phi^c(a)(p^c_{i,+}(a') - p^c_{i,-}(a'))$$

or γ_i est une fonction croissante, donc

$$\sum_{1\leq i\leq m} \phi^c_i(a)(1 + p^c_{i,+}(a) - p^c_{i,-}(a)) \leq \sum_{1\leq i\leq m} \phi^c(a')(1 + p^c_{i,+}(a') - p^c_{i,-}(a'))$$

donc $\Phi^c(a) \leq \Phi^c(a')$.

De la même manière on peut montrer que Φ^r est décroissante. cqfd.

On en déduit que la procédure ATREE vérifie la condition **M**.

4.4.2 Évaluation de ϕ^c_i et ϕ^r_i

De nombreuses fonctions vérifient les conditions imposées à ϕ^c_i et ϕ^r_i, citons par exemple $\phi^c_i(a) = \frac{1}{1-\gamma_i(a)}$ et $\phi^r_i(a) = \frac{1}{1+\gamma_i(a)}$ ou $\phi^c_i(a) = \frac{1+\gamma_i(a)}{2}$ et $\phi^c_i(a) = \frac{1-\gamma_i(a)}{2}$ ou encore $\phi^c_i(a) = e^{\omega_i\gamma_i(a)+\alpha_i}$ et $\phi^r_i(a) = e^{-\omega_i\gamma_i(a)-\alpha_i}$ (avec $\omega_i \geq 0$). Les premières fonctions introduisent un important biais d'échelle. Ainsi une action mal évaluée sur G_i sera représentée dans l'intervalle $[\frac{1}{2}, 1]$ alors qu'une action bien évaluée disposera de l'intervalle $[1, +\infty]$ (et symétriquement pour ϕ^r_i). Les

bonnes évaluations vont donc contribuer très fortement à Φ^c (et les mauvaises à Φ^r) même si elles sont très peu nombreuses.

Les secondes fonctions souffrent du défaut inverse : les actions mal évaluées sur G_i tombent dans l'intervalle $[0, \frac{1}{2}]$ et les actions bien évaluées dans $[\frac{1}{2}, 1]$ (et inversement pour Φ^r). Il n'y a plus de biais d'échelle, simplement les bonnes évaluations pèsent autant que les mauvaises dans le calcul de Φ^c. De plus, les unes et les autres pèsent autant dans les calculs de Φ^c et Φ^r.

Les troisièmes fonctions (exponentielles) semblent réaliser un bon compromis. Les bonnes évaluations contribuent plus au calcul de Φ^c et les mauvaises contribuent plus au calcul de Φ^r. Cependant le changement d'échelle n'amplifie pas déraisonnablement ce phénomène. Ce sont ces fonctions que nous retiendrons dans la suite.

4.4.3 Fonctions d'évaluation des critères

Supposant que chaque critère est codé numériquement (entre $[0, c_i - 1]$ cf. 3.1.1) nous allons examiner quatre possibilités de recodage via des fonctions γ_i.

La fonction d'évaluation est linéaire

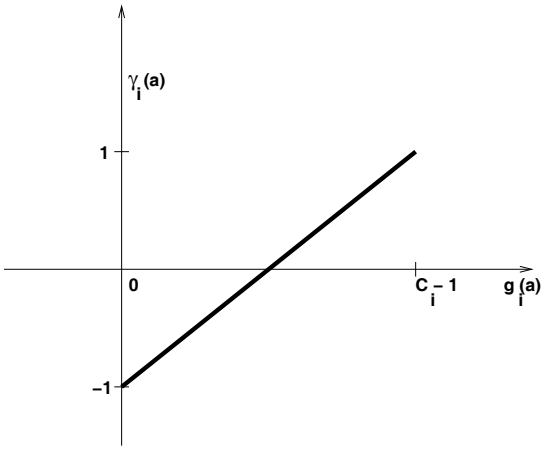


Figure 4.4 — La fonction d'évaluation de l'importance de G_i est linéaire.

Dans ce cas nous n'avons pas besoin de paramètre supplémentaire pour évaluer des actions sur le critère G_i, voir la figure 4.4. Il suffit de connaître c_i (voir 3.1.1).

Sur l'action a, nous définissons l'évaluation $\gamma_i(a)$ pour le critère G_i par :

$$\gamma_i(a) = \frac{2}{c_i - 1} g_i(a) - 1$$

La fonction d'évaluation est en escalier

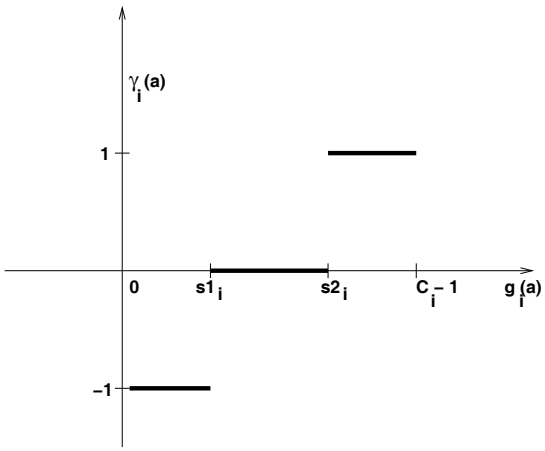


Figure 4.5 — La fonction d'évaluation de G_i est en escalier.

Dans ce cas, nous avons besoin de deux paramètres supplémentaires (voir la figure 4.5) : s_{1i} qui est le seuil inférieur des valeurs du critère en-dessous duquel on considère qu'il a une importance minimale et s_{2i} le seuil supérieur des valeurs du critère à partir duquel il a une importance maximale. Entre les deux seuils, G_i a une évaluation nulle.

Sur l'action a, nous définissons l'évaluation $\gamma_i(a)$ du critère G_i ainsi :

$$\gamma_i(a) = \begin{cases} -1 & \text{si} \quad g_i(a) \leq s_{1i} \\ 0 & \text{si} \quad s_{1i} < g_i(a) < s_{2i} \\ 1 & \text{si} \quad g_i(a) \geq s_{2i} \end{cases}$$

Avec cette forme de fonction d'évaluation, on essaye d'exprimer pour un critère G_i, les cas où le décideur s'est fixé un seuil de valeur en-dessous duquel il donne une importance minimale à G_i pour une prescription sur l'action a. Il se donne aussi un seuil de valeur au dessus duquel il donne une importance maximale à G_i pour une prescription sur l'action a. Entre les deux seuils, il donne une importance neutre à G_i.

La fonction d'évaluation est concave

Dans ce cas nous avons besoin d'un paramètre supplémentaire (voir figure 4.6) : s_i qui est la valeur du critère ayant une évaluation nulle. L'utilisation d'une fonction concave permet d'avoir plus d'évaluations positives que d'évaluations négatives sur le critère. Dans ce cas, les évaluations positives du critère sont très proches, contrairement aux évaluations négatives qui croissent très vite vers 0.

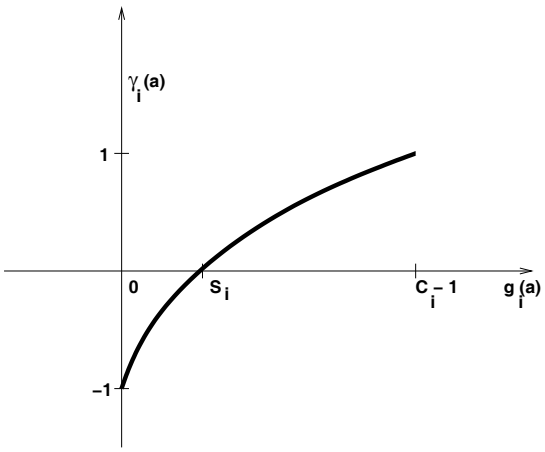


Figure 4.6 — La fonction d'évaluation de G_i est concave.

Pour l'action a, nous pouvons définir son évaluation $\gamma_i(a)$ sur le critère G_i par :

$$\gamma_i(a) = \frac{c_i - 2s_i - 1}{s_i(c_i - 1)(s_i - c_i + 1)} g_i(a)^2 + \frac{2s_i^2 - (c_i - 1)^2}{s_i(c_i - 1)(s_i - c_i + 1)} g_i(a) - 1$$

La fonction γ_i devient un polynôme de degré 2 défini dans l'intervalle $[0, c_i - 1]$. Pour que la fonction soit concave, nous devons prendre un s_i tel que $s_i < (c_i - 1)/2$, ainsi nous aurons :

$$\frac{c_i - 2s_i - 1}{s_i(c_i - 1)(s_i - c_i + 1)} < 0$$

Avec cette forme de fonction d'évaluation, on essaye d'exprimer les cas où, le décideur donne plus d'évaluations positives sur le critère G_i que d'évaluations négatives. Mais le décideur est prudent, il montre une aversion pour une augmentation rapide de l'importance du critère G_i.

La fonction d'évaluation est convexe

Ici nous avons également besoin d'un paramètre supplémentaire (voir la figure 4.7) : s_i qui est la valeur du critère ayant une évaluation nulle. L'utilisation d'une fonction d'évaluation concave permet d'avoir plus d'évaluations négatives que d'évaluations positives. Cependant les évaluations négatives sur G_i croissent très lentement vers zéro. Alors que les évaluations positives croissent plus vite vers 1.

Pour l'action a, nous pouvons définir son évaluation $\gamma_i(a)$ sur le critère G_i par :

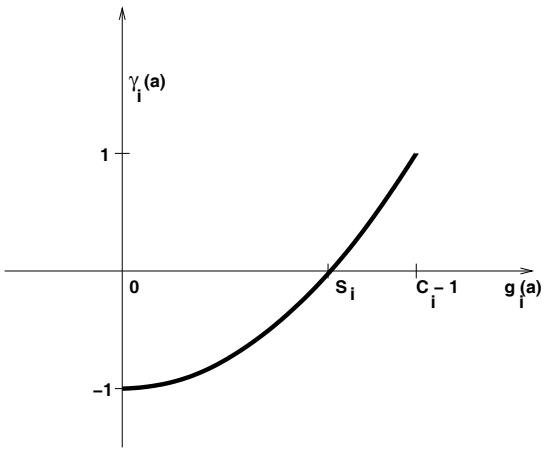


Figure 4.7 — La fonction d'évaluation de G_i est convexe.

$$\gamma_i(a) = \frac{c_i - 2s_i - 1}{s_i(c_i - 1)(s_i - c_i + 1)} g_i(a)^2 + \frac{2s_i^2 - (c_i - 1)^2}{s_i(c_i - 1)(s_i - c_i + 1)} g_i(a) - 1$$

Pour que la fonction soit concave, nous devons prendre un s_i tel que $s_i > (c_i - 1)/2$, ainsi nous aurons :

$$\frac{c_i - 2s_i - 1}{s_i(c_i - 1)(s_i - c_i + 1)} > 0$$

Avec cette forme de fonction d'évaluation, on essaye d'exprimer les cas où le décideur a tendance à donner plus d'importances négatives que positives au critère G_i. Par contre, il n'y a pas d'aversion pour une augmentation rapide de l'importance du critère G_i.

4.5 Les algorithmes

Dans le cadre proposé en 3.4 nous allons préciser ci-dessous (figure 4.8) les modules principaux qui correspondent à la méthode ATREE, en terme d'entrée et de sortie.

Nous présentons dans la figure 4.8 les liens entre les modules principaux de la procédure de calcul de la méthode ATREE. Nous faisons en même temps ressortir les entrées et les sorties de cette procédure.

Trois modules sont impliqués :

– le *calcul des vraisemblances*, dont les entrées sont : l'action a, les seuils d'évaluations des critères ρ_i, les règles de décision de consensus R^c et R^r,

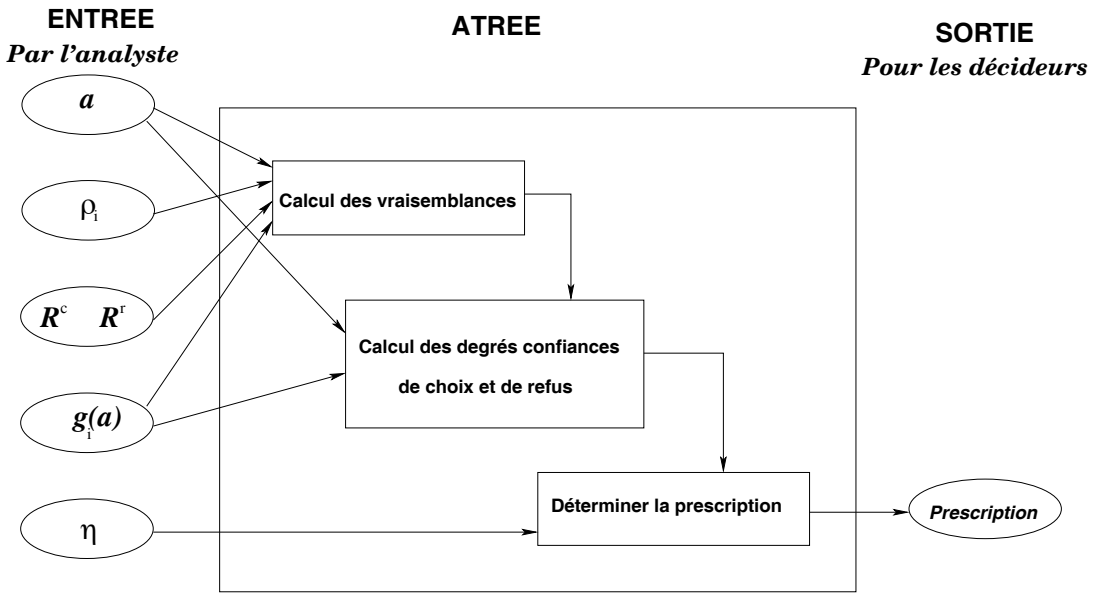


Figure 4.8 — Le schéma général de l'algorithme de décision.

les valeurs $\gamma_i(a)$. Les sorties sont des confiances de classement de l'action a ;

- l'*évaluation des confiances de choix et de refus*, dont les entrées sont les vraisemblances calculées par le module précédent. Les sorties sont les confiances de choix et de refus de l'action a ;
- la *prescription*, dont les entrées sont : un seuil de conviction de choix ou de refus η et des confiances de choix et de refus. La sortie est une prescription aux décideurs pour le choix ou le refus de l'action a.

Nous allons faire une description formelle des algorithmes. Nous allons présenter uniquement l'algorithme du calcul de la vraisemblance $p^c_{i,+}(a)$, car ceux du calcul de $p^c_{i,-}(a)$, $p^r_{i,+}(a)$ et $p^r_{i,-}(a)$ sont très proches.

4.5.1 L'algorithme d'ATREE

Entrée

- des règles R^c et R^r,
- une action a,
- un seuil η,
- des évaluations γ_i relatives à chaque critère G_i.

Selon le choix des fonctions γ_i ces dernières évaluations peuvent être ramenées à des estimations de paramètres numériques (tels que s_i et c_i cf. 4.4.3).

Sortie

- la prescription aux décideurs : "*choisir a* " ou "*refuser a*".

Principes

- si a est dans V^c, alors a doit être acceptée.
- si a est dans V^r, alors a doit-être refusée.
- si $a \in V^d$ la différence entre $\Phi^c(a)$ et $\Phi^r(a)$.

Énoncé de l'algorithme

Si $\exists r^c \in R^c$ telle que $r^c \leq a$ alors
  prescrire le choix de a
Sinon Si $\exists r^r \in R^r$ telle que $a \leq r^r$
  prescrire le refus de a
Sinon
  Calculer $\Phi^c(a)$
  Calculer $\Phi^r(a)$
  Si $(\Phi^c(a) - \Phi^r(a)) \geq \eta$ alors
    prescrire l'acceptation de a aux décideurs
  Sinon
    prescrire le refus de a aux décideurs
  Fin si
Fin si

4.5.2 Algorithme du calcul de la confiance de choix $\Phi^c(a)$

Entrée

- l'ensemble des règles R^c,
- une action $a \in V^d$,
- des évaluations γ_i relatives à chaque critère G_i.

Sortie

- la valeur de la confiance de choix.

Principe

Cet algorithme calcule la confiance dans le choix de a. Il se sert des évaluations des critères sur l'action $a \in V^d$ (les $\gamma_i(a)$) et des règles de décision R^c.

Énoncé de l'algorithme

confiance = 0
Pour i de 1 à m faire
  confiance = confiance + $\phi_i^c(\gamma_i(a)) \times (p_{i,+}^c(a) - p_{i,-}^c(a))$
FinPour
Retourner(confiance)

4.5.3 Algorithme du calcul de la vraisemblance $p_{i,+}^c(a)$

Entrée

- l'ensemble des règles R^c,
- un seuil ρ_i des évaluations du critère G_i,
- une action $a \in V^d$,
- des évaluations $\gamma_i(a)$ relatives au critère G_i.

Sortie

- la vraisemblance que l'importance de G_i augmente sachant qu'on a accepté a.

Principe

L'algorithme évalue la vraisemblance que l'importance du critère G_i augmente alors que a est choisie. On commence par construire l'ensemble $[a]^-$ des pseudo-actions x de V^d qui dominent a. La vraisemblance $p_{i,+}^c(a)$ est le rapport de la somme des $\gamma_i(x) > \rho_i$ par Λ_i^c.

Énonce de l'algorithme

aux = 0
Pour tout $x \in [a]^-$ Faire
  Si $(\gamma_i(x) > \rho_i)$ Alors
    aux = aux + $\gamma_i(x)$
  Fin si

Fin pour
Si ($\Lambda_i^c > 0$) Alors
  Retourner (aux/Λ_i^c)
Sinon
  Retourner(0)
Fin si

4.6 Deux tests

Nous allons tester la méthode décrite ci-dessus dans deux contextes différents :

- sur des données déjà existantes, issues d'une problématique hors du contexte de sa conception. Ces données sont des règles de décision provenant de choix d'hôtels restaurants manifestés par des sujets (voir [10]).
- sur des données collectées dans un contexte lié à la conception de notre méthode. Il s'agit de la sélection des élèves admis sur titre au cycle d'ingénieur de l'ENST-Bretagne.

Nous allons présenter ci-dessous les descriptions des tests et les résultats obtenus. Les paramètres utilisés sont ceux qui ont été présentés en 4.4.

4.6.1 Sélection d'hôtels-restaurants

Nous allons tester la règle majoritaire et ATREE dans le cadre d'un processus de choix d'hôtels-restaurants. Cet exemple est une adaptation d'une étude faite par Barthélemy et Mullet dans [12]. Les données sont extraites d'une expérience à laquelle 30 acteurs volontaires ont participé. Les participants avaient déjà séjourné dans des hôtels avec restaurant lors de leurs différents voyages en France. Les critères qui décrivent les hôtels-restaurants sont :

- A, *la fourchette de prix de la chambre*, dont les valeurs sont : de 90 FF à 180 FF qu'on code par 2, de 125 FF à 250 FF qu'on code par 1 et de 160 FF à 320 qu'on code par 0 ;
- B, *le nombre de chambres que compte l'hôtel*, dont les valeurs sont : environ de 5 qu'on code par 0, environ 15 qu'on code par 1 et environ 25 qu'on code par 2 ;
- C, *la qualité du restaurant*, dont les valeurs sont : * qu'on code par 0, ** qu'on code par 1 et *** qu'on code par 2 ;
- D, *le niveau de bruit*, dont les valeurs sont : *"calme"* qu'on code par 0, *très calme* qu'on code par 1, *extrême calme* qu'on code par 2 ;
- E, *l'année de construction de l'établissement*, dont les valeurs sont : 1950-1965 qu'on code par 0, 1965-1975 qu'on code par 1 et 1975-1985 qu'on code

par 2.

Chacun des cinq critères a 3 valeurs possibles, donc le cardinal de V est $3^5 = 243$. Il n'est pas possible de présenter tous ces profils aux participants, et des fiches ne contenant que 121 d'entre eux ont été constituées. Les sujets ont choisi ceux qui correspondent à leur préférence pour un séjour. Les polynômes relatifs aux règles de décision obtenues après dépouillement sont donnés dans le tableau 4.2.

Dans cette expérience, nous avons fixé les paramètres suivants : le degré de conviction de choix ou de refus η à 0, les seuils ρ_i d'évaluation des critères à 0.

Nous avons fait passer τ_1 de 20 à 25 et τ_2 de 10 à 5. La fonction d'évaluation des critères est linéaire.

Application de la règle majoritaire

- Pour $\tau_2 = 5$ et $\tau_1 = 25$, nous avons :
  $R^c = B^2C^2D^2E + A^2BCDE^2 + BCD^2E^2 + ACD^2E^2 + AB^2C^2E + ABCD^2E + ABC^2DE + ABC^2D^2 + AB^2C^2E + A^2CD^2E + A^2C^2DE + A^2BCD^2 + A^2BC^2D + AB^2CD$
  $R^r = B^2C + BC^2 + CE^2 + A^2B^2 + A^2BE + A^2D^2 + A^2E^2 + ABE^2 + B^2D^2 + B^2E^2 + BC^2E + D^2E^2$
- Pour $\tau_2 = 10$ et $\tau_1 = 20$, nous avons :
  $R^c = B^2CDE^2 + B^2CD^2E + B^2C^2D^2 + A^2BDE^2 + A^2B^2DE + CD^2E^2 + C^2D^2E + BC^2DE + AC^2DE + ABCE^2 + ABC^2E + A^2CDE + A^2BCE + ACD^2 + ABCD + AB^2C$
  $R^r = ADE + BCD + C^2D + CD^2 + CDE + A^2C^2 + A^2D^2 + B^2C^2 + A^2B^2E + A^2BE^2 + AB^2E^2 + B^2CE^2 + BC^2E^2 + B^2D^2E^2$

Application de ATREE

D'après les tableaux 4.3 et 4.4 ATREE a bien respecté l'hypothèse H_3 sur notre base de test. Nous pouvons le constater avec les actions (0 0 2 1 0), (0 0 2 2 0), (1 0 2 2 0) et (0 0 2 2 1).

4.6.2 Le choix des dossiers des élèves admis sur titre à l'ENST-Bretagne

Notre exemple traite du choix (par cinq examinateurs) des étudiants pour l'admission sur titre à l'ENST-Bretagne. Le choix des candidats se fait en deux étapes : l'étude des dossiers qui permet de retenir (ou non) certains candidats pour l'entretien ; l'entretien pour prendre la décision finale qui est la publication de la liste des candidats retenus.

Acteurs	Polynômes de règle de décision
1	$ABC + ACD + CDE + ABD + BCE + ADE + BDE + AB^2E + BCDE^2 + A^2BCD$
2	$D^2E^2 + B^2CD + AB^2CE$
3	$ABC + ACE + ADE + CDE^2 + BDE^2 + C^2DE + ACD^2 + AB^2DE^2 + BC^2D^2E^2$
4	$ABD + BCD^2 + A^2CDE + A^2BC^2D + AB^2CD^2E^2$
5	$ABC + ABD + ADE + A^2BE + A^2BCD + A^2B^2CE + A^2BDE^2 + AB^2CD^2 + A^2B^2DE + AB^2C^2E^2$
6	$AB + BCD + AB^2C + A^2BD^2 + AD^2E + A^2BD + AB^2E^2 + B^2C^2DE + A^2B^2C^2D^2$
7	$AB + A^2CE + BD^2E^2 + BC^2D^2 + A^2B^2D^2 + A^2BC^2E + AC^2D^2E$
8	$C + A^2B^2C^2DE$
9	$AB^2C^2 + CD^2E^2 + B^2C^2D^2 + A^2B^2C^2E^2$
10	$BCE + ABC + ACD^2 + B^2CD + BC^2DE^2 + ABC^2D^2 + B^2CD^2E^2 + A^2BC^2D^2E$
11	$ABD + ACE + BCD + ABC + ADE + AC^2D + CD^2E + ACD^2 + ABC^2E + B^2C^2DE + A^2B^2CD$
12	$B^2CD + ABC^2D^2 + B^2CD^2E + BCD^2E^2 + A^2B^2CD^2$
13	$DE + ACE + BD^2E + BDE^2 + BC^2E + AB^2C + C^2D^2E + AB^2C^2E^2 + A^2BD^2E^2 + B^2C^2DE^2 + A^2B^2D^2E$
14	$CD + AC + A^2D + CE^2 + A^2BC + BC^2D + ABD^2E^2$
15	$D + AE + B^2E + C^2E + BCD^2 + ABC^2 + AB^2E^2 + AB^2CD^2 + A^2BC^2D^2 + A^2CD^2E^2 + A^2BD^2E^2$
16	$CD^2 + B^2C + BC^2D + AC^2E + A^2BE^2 + A^2C^2D^2 + AB^2C^2E^2$
17	$A^2B^2 + ABC + ACD + BCD + ADE + CD^2E + ABC^2 + C^2DE + BCDE$
18	$ABD + C^2DE + ACD^2 + A^2CD + ACE^2 + AC^2D + ADE^2 + ABC^2D^2 + A^2C^2D^2E + A^2C^2DE^2 + A^2CD^2E^2$
19	$D + CD^2E^2 + A^2BCD^2 + AB^2D^2E^2 + B^2C^2D^2E$
20	$AC + CD + ADE + A^2CD^2$
21	$BC + AC + CE + CD^2 + BC^2D + C^2DE + Ac^2E + A^2C^2D + AC^2E^2 + AC^2D^2$
22	$C^2E + BC^2 + B^2C^2E^2$
23	$AC + CE^2 + CD^2 + BDE + ADE^2 + BC^2D + A^2C^2D + AC^2E^2 + AC^2D^2$
24	$B^2 + A^2C + ADE$
25	$ACE + ABD + CDE^2 + ACD^2 + B^2DE + AB^2C + ABC^2E + A^2BCD + A^2BCE$
26	$C^2D + ABD + ACD^2 + AB^2C + CD^2E^2$
27	$C + AC^2 + A^2B^2E + B^2C^2E + C^2D^2E^2 + A^2C^2E^2$
28	$C^2D + CD^2$
29	$AC + CD^2E + A^2B^2C + A^2CE^2 + A^2B^2E^2 + B^2C^2D^2 + AC^2D^2E^2$
30	$ABE + ACD^2 + A^2BC + ACE^2 + ABE^2 + AB^2C + B^2CD^2 + A^2C^2D + A^2D^2E^2$

Tableau 4.2 — **Les polynômes des règles de décision obtenus avec les 30 acteurs.**

Hôtels a	**Confiance de choix** $\Phi^c(a)$	**Confiance de refus** $\Phi^r(a)$	**Indice de classement** $\Phi^c(a) - \Phi^c(a)$	**Prescription**
0 2 1 1 0	5.4	7.9	-2.6	refusée
0 2 1 2 0	7.8	6.2	1.5	choisie
2 0 0 1 1	5.3	8.6	-3.3	refusée
0 1 1 1 1	4.2	7	-2.8	refusée
2 2 0 0 1	7.3	7.3	0.016	choisie
2 3 0 0 1	16	5.1	11	choisie
1 2 0 2 2	14	1	13	choisie
0 2 2 1 0	8	6.1	1.9	choisie
0 3 2 0 0	13	8.1	5.4	choisie
0 2 3 0 0	14	8.1	5.9	choisie
1 2 2 0 0	8.1	5.6	2.5	choisie
1 1 1 0 1	4.1	6.8	-2.6	refusée
0 0 1 2 0	4.4	10	-6.1	refusée
0 0 2 1 0	4.4	11	-6.6	refusée
0 0 2 2 0	6.9	8.3	-1.5	refusée
1 0 2 2 0	8.4	5	3.4	choisie
0 0 2 2 1	8.4	5.3	3.1	choisie
2 0 2 0 1	8.2	4.9	3.3	choisie
1 0 1 1 1	4.3	6	-1.7	refusée
0 1 0 2 0				refusée
2 2 1 1 1				choisie

Tableau 4.3 **— Les prescriptions obtenues avec 19 hotels fictifs :** $\eta = 0$, $\tau_1 = 5$ **et** $\tau_2 = 25$, **vide dénote une action située dans** V^c **ou dans** V^r**.**

Nous allons comparer les recommandations faites par ATREE avec les décisions prises par les membres du jury d'admission sur l'ensemble des étudiants en 1999 et 2000.

L'étude a été menée dans le cadre du projet TPE des étudiants de troisième année du cycle d'ingénieur de l'ENST-Bretagne de l'option CHMEST (Coopération Homme-Machine et Ergonomie des Systèmes de Télécommunications).

Participants

Les experts sont au nombre de cinq. Il s'agit d'enseignants ou de membres du personnel de la direction de la formation de l'ENST-Bretagne habitués à sélectionner les étudiants demandant leur admission.

Hôtels a	**Confiance de choix** $\Phi^c(a)$	**Confiance de refus** $\Phi^r(a)$	**Indice de classement** $\Phi^c(a) - \Phi^c(a)$	**Prescription**
0 2 1 1 0	5.6	7.4	-1.8	refusée
0 2 1 2 0	8.8	5.2	3.6	choisie
2 0 0 1 1	5.6	7.9	-2.3	refusée
0 1 1 1 1	4.2	6.7	-2.4	refusée
2 2 0 0 1	0	0	0	refusée
2 3 0 0 1	25	2.2	23	choisie
1 2 0 2 2	17	0.058	17	choisie
0 2 2 1 0	8.5	5.2	3.3	choisie
0 3 2 0 0	18	5.7	12	choisie
0 2 3 0 0	16	5.7	11	choisie
1 2 2 0 0	0	0	0	choisie
1 1 1 0 1	4.3	5.1	-0.76	choisie
0 0 1 2 0	0	0	0	refusée
0 0 2 1 0	0	0	0	refusée
0 0 2 2 0	7.1	7.9	-0.82	refusée
1 0 2 2 0	0	0	0	choisie
0 0 2 2 1	0	0	0	choisie
2 0 2 0 1	8.3	4	4.3	choisie
1 0 1 1 1	4.3	5.4	-1.1	choisie
0 1 0 2 0	0	0	0	refusée
2 2 1 1 0	0	0	0	choisie

Tableau 4.4 **— Les prescriptions obtenues avec 19 hotels fictifs :** $\eta = 0$, $\tau_1 = 10$ **et** $\tau_2 = 20$**.**

Les outils de travail

La base de travail était composée de 51 dossiers de candidats qui ont sollicité l'accès à l'ENST-Bretagne. Nous disposons pour chaque dossier, de la décision prise par le jury d'admission. Les critères de décision retenus après discussion avec les experts sont :

- *Domaine du diplôme* qui est évalué par deux valeurs : *moins approprié* et *approprié*. Ce critère permet de savoir si la formation de l'étudiant est adaptée à une bonne intégration dans le cursus d'ingénieur de l'ENST-Bretagne. Les formations en télécommunications sont privilégiées dans le choix des candidats. Ce critère est considéré, car il est envisageable que des candidats issus d'une filière pas tout à fait adaptée aux domaines des télécommunications mais issus d'un bon établissement avec de très bons résultats scolaires, puissent être acceptés.
- *Université* qui est évaluée par deux valeurs : *moyenne* et *bonne*. Ce critère traduit l'opinion qu'a l'école sur le niveau de l'établissement d'origine

du candidat. On suppose qu'il n'y a pas de "mauvaise" université étant donné qu'un premier choix sur dossier a déjà eu lieu. La réputation d'un établissement est donc, soit "moyenne" soit "bonne".
- *Note* qui est évaluée par trois valeurs : *correcte, bonne, très bonne*. C'est la note obtenue par le candidat en classe de maîtrise.
- *Recommandation* qui est évaluée par quatre valeurs : *moyenne, bonne, très bonne*, *excellente*. Il s'agit d'une évaluation du candidat qui est faite par son tuteur dans son établissement d'origine.
- *Note d'entretien* qui est évaluée par quatre valeurs : *2, 3, 4* et *5*. Il s'agit de la note obtenue par l'élève à l'entretien. La note 1 étant éliminatoire, les dossiers ayant eu cette note n'ont pas été considérés.

Après évaluation du dossier d'un candidat le jury décide de l'accepter ou de le refuser. Les candidats acceptés sont inscrits dans une liste principale ou dans une liste secondaire. Les décideurs pensent que les critères définis ci-dessus intègrent toutes les conditions (éléments) nécessaires pour la prise de décision.

Résultats

Nous avons fixé $\eta = 0$ et $\rho_i = 0$ (avec $i \in [0, 5]$) pour les résultats présentés dans le tableau 4.5, voir 4.5.1. La fonction d'évaluation des critères est linéaire.

Quotas décideurs		**Nombre de règles**		**Coïncidence avec**
R^c	R^r	R^c	R^r	**les décisions**
4	1	13	12	75%
5	1	7	12	69%
4	2	13	15	55%

Tableau 4.5 **— Comparaison entre décisions et recommandations.**

L'étude de cet exemple a permis de ressortir des incohérences dans la prise de décision des experts. Par exemple, un candidat dont le profil était *"moins approprié, bonne, passable, très bonne, 4"* a été refusé alors qu'il est meilleur que le candidat de profil *"moins approprié, bonne, passable, moyenne, 3"* qui a été accepté. Ceci peut traduire d'une insuffisance dans la définition des critères, qui est l'oubli d'un facteur important dans la prise de décision du jury d'admission. Il se peut aussi que les membres du jury ne soient pas rationnels dans leur décision pour les cas exceptionnels.

En fixant $\eta = 0$ (voir le paragraphe 4.5.1), on se rend compte que la recommandation de la procédure d'aide à la décision est plus sévère que le jugement fait par les décideurs. En effet, l'outil a recommandé de refuser des candidats en zone de doute que les décideurs avaient admis à l'école. Avec $\eta = 0$ il y a 75%

de coïncidence entre les décisions du jury et les recommandations de notre outil d'aide à la décision, voir le tableau 4.5. En prenant $\eta = -1$ (une valeur négative) la coïncidence entre les recommandations de notre outil d'aide à la décision et les décisions du jury passe de 75% à 80%. Ceci montre qu'en relâchant la contrainte sur η, les recommandations de notre outil d'aide à la décision se rapprochent un peu plus des décisions du jury. Mais, pour un $\eta < -1$, le rapprochement entre les recommandations de l'outil et les décisions des experts n'est pas plus grand.

4.7 Conclusion

Après la procédure du consensus, nous avons présenté dans ce chapitre une méthode d'aide multicritère à la décision permettant de faire des prescriptions aux décideurs pour les actions qui se retrouvent en zone de doute. De par sa fonction dans le processus de décision (proposer une recommandation pour les actions sur lesquelles il n'y a pas de consensus), elle est proche de la segmentation trichotomique développée par Moscarola et Roy dans [46, 52].

Dans cette procédure on ne définit pas l'importance des critères, mais on utilise leurs variations pour prescrire le choix ou le refus d'une action traitée. La structure d'une fonction d'évaluation dépend des décideurs. Nous avons proposé quatre possibilités (voir 4.4.3).

Les variations d'importance des critères, selon qu'une action est choisie ou refusée conduit à la détermination de vraisemblances. Celles-ci constituent la base de calcul de la confiance de choix (resp.t de refus). La comparaison entre ces deux confiances nous permettent de faire des prescriptions aux décideurs (voir 4.3).

D'autres points mériteraient d'être examinés, par exemple la sensibilité des résultats de la méthode au choix des paramètres (nous nous sommes bornés à faire varier τ_1 et τ_2 et η pour la deuxième expérience).

Le chapitre suivant sera dédié à une application pour la sélection des CVECA au refinancement.

Cinquième Chapitre

Application à la microfinance : Choix des CVECA pour le refinancement

Ce chapitre est consacré à l'application de notre méthode et outil d'aide à la décision dans le choix de CVECA au refinancement.

La base de test est composée de 18 CVECA des réseaux du Sud-Cameroun (les profils des caisses sont donnés dans le tableau 2.5). Des décisions sur les demandes de refinancement de ces caisses avaient déjà été prises lors de l'inter-caisse en 2001. Dans notre expérience nous cherchons à mesurer l'adéquation entre des recommandations de notre outil et des décisions effectivement prises par les experts.

Après la description du contexte de l'expérience, nous présentons les résultats de l'extraction des connaissances des experts, puis nous éditons les règles de décision du consensus calculées et enfin nous comparons les prescriptions de l'outil et les décisions des experts.

5.1 Contexte de l'expérience

Nous avons travaillé dans un contexte où les experts étaient très peu disponibles. Cela a eu pour conséquence un étalement de notre expérience sur plus de 4 mois, depuis la définition des critères jusqu'à la validation des résultats, en passant par l'évaluation des CVECA et l'extraction des stratégies de décision. En 2001, le MIFED compte 7 experts de la microfinance qui font la supervision des 8 réseaux de CVECA du PCRD. Il est rare que tous ces experts se retrouvent à la cellule nationale où ont eu lieu les interview, car les réseaux sont géogra-

phiquement très éloignés sur le territoire camerounais. Il est très difficile de les rencontrer pour des séances de travail, et la phase d'extraction des connaissances a été assez longue. Finalement nous n'avons pu interviewer que 5 experts sur les 7. Mais les stratégies extraites sont significatives pour l'ensemble des décideurs impliqués dans le processus de sélection des CVECA au refinancement.

Les experts du MIFED ont l'habitude d'évaluer les CVECA pour le refinancement à l'aide de plusieurs indicateurs d'origines diverses : financiers, économiques, socio-culturels, etc. Avec l'aide des décideurs et en s'appuyant sur ces indicateurs, nous avons pu établir 5 critères et leurs échelles d'évaluation (voir le paragraphe 2.3).

Notre expérience se déroule après l'inter-caisse 2001, qui a permis de sélectionner les CVECA devant bénéficier du refinancement. Du coup, le but recherché dans notre expérience est de voir comment ajuster les paramètres (ρ_j ($j \in [1,5]$), τ_1, τ_2 et η) de notre outil pour obtenir des prescriptions proches des décisions prises par les experts.

Ainsi, en obtenant des prescriptions proches des décisions des experts ou en faisant ressortir les incohérences dans leurs décisions, ces derniers pourront utiliser l'outil dans les autres processus de sélection des CVECA au refinancement.

5.2 L'extraction des connaissances expertes

Au chapitre 2 nous avons présenté les critères d'évaluation des CVECA qui ont été construits avec l'aide des experts de la microfinance du projet PCRD. Nous avons codé ces critères de manière à obtenir un espace de décision qui a une structure mathématique adaptée à nos traitements (cf . 3.1.1). Ces critères, leurs échelles d'évaluation et leurs codes sont les suivants :

A : *la capacité de la caisse à absorber le refinancement.* La codification donne les correspondances suivantes : 0 à *"très mauvaise"*, 1 à *"mauvaise"*, 2 à *"acceptable"* et 3 à *"bonne"*.

B : *la qualité de la gestion du crédit dans la CVECA.* La codification donne les correspondances suivantes : 0 à *"très mauvaise"*, 1 à *"mauvaise"*, 2 à *"acceptable"* et 3 à *"bonne"*.

C : *le niveau d'engagement et d'appropriation de la CVECA.* La codification donne les correspondances suivantes : 0 à *"très mauvaise"*, 1 à *"mauvaise"*, 2 à *"acceptable"* et 3 à *"bonne"*.

D : *l'administration et la sensibilisation des membres sur la gestion de la CVECA et l'efficacité des organes de représentation des membres.* La codification donne les correspondances suivantes : 0 à *"très mauvaise"*, 1 à *"mauvaise"*, 2 à *"acceptable"* et 3 à *"bonne"*.

E : *la croissance de la caisse et sa pénétration.* La codification donne les correspondances suivantes : 0 à *"très mauvaise"*, 1 à *"mauvaise"*, 2 à *"acceptable"* et 3 à *"bonne"*.

Ces critères ont été acceptés et validés par les experts, cf. 2.3.2.

5.2.1 La consigne

Après avoir expliqué au décideur le but de l'expérience, la consigne suivante leur a été distribuée :

> Vous êtes expert en microfinance et vous travaillez dans la cellule nationale (supervision nationale) du projet PCRD. A l'aide d'un logiciel d'aide à la décision ad hoc, nous allons vous faire défiler des profils de CVECA définis par les critères ci-dessous :
> – *la capacité de la caisse à absorber le refinancement*,
> – *la qualité de la gestion du crédit dans la CVECA*,
> – *le niveau d'engagement et d'appropriation de la CVECA*
> – *l'administration et la sensibilisation des membres sur la gestion de la CVECA et l'efficacité des organes de représentation des membres*,
> – *la croissance de la caisse et sa pénétration.*
> Pour chacun des profils de CVECA qui vous sera présenté, vous prendrez une décision en cliquant sur l'un des boutons (*Refusée* ou *Choisie*) en dessous du profil de la CVECA :
> – *Refusée :* les caisses pour lesquelles vous jugez inutile de leur octroyer le refinancement ;
> – *Choisie :* les caisses auxquelles vous octroyez le refinancement.

Avant de passer à l'extraction des stratégie de décision des experts, les décideurs ont d'abord fait un apprentissage du logiciel APACHE à partir d'un exemple fictif. Cet exemple portait sur la sélection/rejet des moyens de transport décrits par deux critères. Le but recherché de cette phase d'initiation à l'outil informatique dédié est de réduire les erreurs des experts durant la phase d'extraction proprement dite.

5.2.2 Calcul des stratégies de décision des experts

L'extraction des stratégies de décision des experts s'est faite avec la version Microsoft Windows du logiciel APACHE qui tournait sur un portable équipé d'un processeur Intel 486 cadencé à 100 Mhz, avec 30 Mo de RAM et 120 Mo de disque dur. Il est important que le logiciel fonctionne sur une architecture modeste d'ordinateur, car elles sont plus facilement accessibles aux organismes de microfinance qui sont très souvent limitées financièrement.

Les polynômes des règles de décision obtenus avec nos cinq experts sont don-

Les décideurs	Les règles de décision
Expert 1	$A^2B^2 + AB^3C^3D + AB^3D^2E + AB^2C^2D^3E + AB^3CE^2 + AB^3DE^2 + B^2C^2D^2E^2 + AB^2C^3DE^3 + B^3C^3DE^3 + A^3BC^3D^2E^3 + AB^2D^3E^3$
Expert 2	$A^3B^3C + A^2B^2C^2 + A^3B^3C + A^3B^2CD + A^2B^2D^2 + AB^3CD^2 + A^3BC^2D^2 + A^2DC^2D^3 + AB^2C^2D^3 + A^3B^2E + A^2B^3DE + AB^2C^2D^2E + A^2BC^3D^2E + AB^2D^3E + A^2BCD^3E + A^2B^3E^2 + A^2B^2CE^2 + A^2B^2DE^2 + AB^3D^2E^2 + AB^2CD^2E^2 + B^3C^3D^3E^2 + A^2B^2E^3 + AB^3C^3E^3 + A^2BC^2DE^3 + A^2BD^2E^3 + B^3C^2D^3E^3$
Expert 3	$A^2B^3C + A^2B^2C^2 + B^3C^2 + B^2C^3 + A^2B^2CD + B^2C^2D + A^2B^2D^2 + AB^2D^3 + B^3D^3 + AB^2C^2E + A^2B^3DE + B^3D^2E + A^2B^3E^2 + A^2B^2CE^2 + B^2C^2E^2 + A^2B^2DE^2 + AB^3DE^2 + AB^2D^2E^2 + B^2D^3E^2 + A^2B^2E^3 + AB^3CE^3$
Expert 4	$A^3B^2C^2 + A^3B^2C^2 + AB^3C^3 + A^3B^3CD + A^2B^2C^2D + B^3C^3D^2 + A^3B^3D^3 + B^2C^3D^3 + AB^3C^2DE + A^3BC^3DE + B^3C^3DE + B^3C^3DE + A^2BC^2DE + AB^2C^2D^2E + B^3C^2D^2E + A^3BC^33DE + A^2BC^2DE + AB^2C^2D^2E + B^3C^2D^2E + A^3B^2D^3E + A^2C^3D^3E + A^3B^3CE^2 + AB^2C^3E^2 + A^2B^2D^2E^2 + B^2C^2D^2E^2 + A^3C^3D^2E^2 + A^2C^2D^3E^2 + A^2B^2C^2E^3 + A^2BC^2DE^3 + B^3C^2DE^3 + AB^2CD^3E^3$
Expert 5	$A^3B^2C^2 + A^3BC^3 + A^2B^3CD + A^3C^2D + A^3B^2D^2 + A^2B^2CD^2 + A^2C^2D^2 + A^2B^2D^3 + A^3B^3E + A^3B^2CE + A^2B^2D^2E + A^3CD^3E + A^3B^2E^2 + A^2B^3E^2 + A^3C^2E^2 + A^2BC^2E^2 + A^2C^3E^2 + A^3BD^2E^2 + A^2CD^2E^2 + A^2D^2E^2 + A^2B^2CDE^3 + A^2C^2DE^3 + A^2D^2E^3$

Tableau 5.1 — **Les règles de décision des experts de la microfinance.**

nés dans le tableau 5.1. Les résultats quantitatifs obtenus portent sur le temps d'extraction des connaissances, le nombre de questions calculées par le logiciel, la taille des antichaînes et la taille moyenne des monômes représentant les règles de décision (voir le tableau 5.2). Ces informations nous permettent d'étudier les stratégies de décision des experts.

La structure des polynômes montre que chaque règle de décision est composée d'au moins trois critères. Ces combinaisons de critères sont assez différentes d'une règle à l'autre. On peut conclure que les experts s'appuient sur au moins trois critères pour décider, ce qui présume de la pertinence des cinq critères, qu'ils ont approuvés et validés.

Lors de la procédure d'extraction des connaissances, nous avons relevé les informations suivantes sur le comportement des décideurs.

Au début de la procédure, l'expert interviewé essaye de donner autant que possible des explications sur ses choix (ce qui a rallongé considérablement le temps d'extraction). Mais approximativement à la cinquantième question, ce dernier s'arrête de donner des explications. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'il a donné toutes les explications possibles, ou alors qu'il commence à se lasser. La deuxième situation peut biaiser l'extraction des connaissances ; pour réduire le risque, nous arrêtons provisoirement le processus pour donner des explications sur le fonctionnement d'APACHE. En général, on lui explique que les questions sont calculées

Les décideurs	Temps d'extraction	Nombre de questions	Taille des antichaînes	Taille moyenne des monômes
Expert 1	45 mn	121	11	4,09
Expert 2	1h 10	127	23	3,93
Expert 3	1h 15	116	21	3,23
Expert 4	1h 20	142	27	3,61
Expert 5	55 mn	150	28	3,48

Tableau 5.2 — **Les informations quantitatives de l'extraction des stratégies de décision.**

par l'ordinateur en fonction des éléments de l'espace de décision qui ne sont pas encore classés. C'est après qu'il reprend le processus, en répondant plus sereinement aux questions. Dès lors, l'affichage du nombre d'éléments à classer après chaque réponse le motive à aller jusqu'à la fin de la procédure en restant toujours concentré.

Les explications des experts sur leurs choix pendant le processus nous ont permis d'avoir certaines informations sur les stratégies qu'ils appliquaient. Par exemple, le sujet 3 pense qu'une CVECA doit être automatiquement rejetée lorsqu'elle fait une mauvaise gestion du crédit (cf. tableau 5.2). Car d'après lui, c'est la gestion du crédit qui est à la base de la pérennisation d'une IMF. Il pense que c'est à partir de ce critère qu'on peut juger si la pression sociale, qui est la principale garantie du microcrédit, fonctionne dans cette communauté et si les membres ont la volonté de pérenniser les activités de leur caisse. Contrairement aux autres critères, qui peuvent être facilement corrigés avec l'animation et la formation, il est très difficile de corriger le critère sur la gestion du crédit, car il est très lié aux aspects comportementaux de la population cliente. C'est pour cela que le critère **B** sur la gestion du crédit apparaît dans toutes ses règles de décision. Les sujet 1 et 2 pensent aussi que la qualité de la gestion du crédit est primordiale pour la sélection d'une caisse au refinancement, par conséquent le critère **B** apparaît dans toutes leurs règles de décision. Les sujets 2, 4 et 5 pensent qu'il suffit qu'une caisse soit au moins bonne sur trois des cinq critères pour recevoir du refinancement : toutes leurs règles de décision le montrent bien, car ce sont toutes des combinaisons de trois critères. Le sujet 5 est plus exigeant que les autre sur le critère **A** : pour lui la caisse doit être au moins "acceptable" sur ce critère pour bénéficier du refinancement.

5.3 La recherche du consensus

Il est difficile dans la pratique de connaître la procédure exacte de vote utilisée par les décideurs pour choisir ou refuser le refinancement à une CVECA. Nous

savons simplement que les décisions sont acceptées par tous à la fin du processus. Mais nous ne connaissons pas le seuil minimum τ_1 qui leur permet d'accepter le choix d'une caisse, ni le seuil maximum τ_2 de rejet d'une caisse. C'est pour cela que nous avons choisi plusieurs seuils d'adhésion pour notre expérience :

- $\tau_1 = 5$ et $\tau_2 = 1$: une caisse est choisie si l'ensemble des décideurs adhèrent à la caisse, elle est refusée si au plus un décideur adhère à la caisse ;
- $\tau_1 = 3$ et $\tau_2 = 1$: une caisse est choisie si au moins la moitié des décideurs adhèrent à la caisse, elle est refusée si moins d'un décideur adhère à la caisse ;
- $\tau_1 = 4$ et $\tau_2 = 2$: une caisse est choisie si une large majorité des décideurs adhèrent à la caisse, elle est refusée si moins de la moitié des décideurs adhèrent à la caisse.

Nous ne pourrons juger de la pertinence du choix des seuils qu'après la procédure d'aide à la décision, lorsqu'on compare les prescriptions du logiciel et les décisions prises par les décideurs. Les polynômes des règles de décision R^c et R^r obtenus dans les trois cas sont présentés dans le tableau 5.3.

Le tableau 5.4 montre qu'il y a 31 profils de référence pour caractériser les conditions minimales d'accès au refinancement, lorsque la règle majoritaire est utilisée pour choisir. Par contre il y a 10 profils de référence pour faire le choix dans une situation de choix à l'unanimité. Ceci montre la diversité des profils minimaux qui caractérisent des caisses pouvant accéder au refinancement, lorsque la règle majoritaire est utilisée. Par contre les profils minimaux à partir desquels tous les décideurs ont le même point de vue (vote à l'unanimité) sont en nombre réduit. Les tailles assez élevées des ensembles R^r (pour $\tau_2 = 1$ et $\tau_2 = 2$) font ressortir la diversité des points de vue des décideurs dans la sélection des caisses au refinancement.

Les tableaux 5.5 et 5.6 montrent que les experts sont exigeants sur le critère **B** qui évalue la qualité de la gestion du crédit dans une caisse. En effet pour qu'une caisse soit choisie dans n'importe laquelle de nos procédures de vote, elle doit être au moins *"acceptable"* voire *"bonne"* sur ce critère. Ceci concorde avec les déclarations faites par nos experts lors de l'extraction des connaissances. Ils utilisent le principe de *"parcimonie"* de l'HBM pour décider.

Après le critère **B**, l'autre critère discriminant pour le choix est le **A** qui porte sur la capacité de la caisse à absorber le refinancement. Les caisses choisies sont souvent *"acceptable"* sur ce critère et quelques fois *"bonne"*. Ceci correspond aux pratiques sur le terrain, car lorsque les membres d'une caisse n'ont pas d'activités génératrices de revenus à financer, il y a de fortes chances que les crédits qu'ils obtiennent par des fonds de refinancement ne soient pas remboursés. Les experts sont moins exigeants sur les autres critères, mais ils sont néanmoins présents dans certaines règles. Ils essayent alors de compenser la faiblesse du critère **B** par une bonne évaluation sur **A**, ce qui concorde avec la *"justificabilité"* de l'HBM.

Les seuils du consensus		Les règles de décision R^c et R^r	
τ_1	τ_2		
3	1	$R^c =$	$B^3C^3DE^3 + AB^2C^2DE^3 + A^3BC^3D^3 + AB^2D^3E^3 + AB^3C^2DE^2 + AB^3C^3E^2 + A^2BC^2DE^3 + A^2BC^2D^3E + A^2BC^3D^2E + A^3BC^2D^2E + B^2C^2D^2E^2 + AB^2C^2D^2E + AB^2C^2D^3 + AB^3D^2E^2 + AB^3D^3E + AB^3CD^2E + AB^3C^3D + A^2B^2E^3 + A^2B^2DE^2 + A^2B^2CE^2 + A^2B^3E^2 + A^2B^3DE + A^2B^3CE + A^2B^3CD + A^3B^2E^2 + A^3B^2CE + A^3B^2CD + A^3B^3E + A^3B^3C + A^2B^2D^2 + A^2B^2C^2$
		$R^r =$	$A^3B^3 + A^3B^2C + A^3B^2D + A^2B^3D + A^2B^3E + A^2B^2CE + A^2B^2CD + A^2B^2C^2 + AB^3C^2D + AB^3C^2E + AB^3CD^2 + AB^3CDE + AB^3CE^2 + AB^3CE^2 + AB^3D^3 + AB^3E^3 + AB^2CD^3 + AB^2CD^2E + B^3C^3D + A^3BC^3D + A^3BCD^3 + A^2BC^3D^2 + A^2BCD^3E + A^2C^3D^3 + AB^2C^3D^2 + AB^2C^3DE + AB^2D^2E^3 + B^3C^2D^3 + B^3C^2DE^2 + B^2C^3D^2E + B^2C^2D^3E + A^3BC^2DE^2 + A^3BCD^2E^2 + A^3BCDE^3 + A^3BD^3E^2 + A^3C^3D^2E + A^3C^2D^3E + A^2BC^3DE^2 + AB^2C^2DE^3 + B^3C^3E^3 + B^2C^3DE^3 + A^3BC^3E^3 + A^3C^3DE^3 + A^3C^2D^2E^3 + A^3CD^3E^3 + A^2C^3D^2E^3 + B^3CD^3E^3 + ABC^3D^3E^3$
4	2	$R^c =$	$A^3BC^3D^2E^3 + B^3C^2D^3E^3 + B^3C^3D^3E^2 + AB^2CD^3E^3 + AB^3C^3E^3 + AB^2C^2D^2E^2 + AB^2C^2D^3E + AB^3C^2D^2E + AB^3C^3D^2 + A^2B^2CDE^3 + A^2B^3CDE + A^3B^2E^3 + A^3B^2DE^2 + A^3B^2CE^2 + A^3B^2CDE + A^3B^3DE + A^3B^3CE + A^3B^3CD + A^2B^2D^2E + A^2B^2D^3 + A^2B^2CD^2 + A^2B^3E^2 + A^2B^3E^2 + A^2B^3D^2 + A^2B^2C^2$
		$R^r =$	$A^3B^2C + A^2B^3C + A^2B^3E + A^2B^2E^2 + A^3B^3D + A^3B^2DE + A^2B^2CDE + AB^3D^2E + AB^3C^3E + AB^3C^2D^2 + AB^3C^2DE + AB^2C^3D^2 + A^3BC^3D^2 + A^3BC^2D^3 + A^2BC^2D^2E^2 + AB^3D^2E^2 + AB^3CDE^3 + AB^2C^3DE^2 + AB^2C^3E^3 + AB^2C^2DE^3 + AB^2CD^3E^2 + AB^2CD^2E^3 + B^3C^3DE^2 + B^3C^3E^3 + B^3C^2DE^3 + B^2C^3DE^3 + A^3BC^3DE^2 + A^3BC^3E^3 + B^3C^3D^3E + B^3CD^3E^3 + A^3BCD^3E^3 + ABC^3D^3E^3 + A^3C^3D^3E^3$
5	1	$R^c =$	$A^2B^2C^2E^3 + A^3B^2D^3E + A^3B^3D^3 + A^3B^3CE^2 + A^2B^2D^2E^2 + A^3B^3CD + A^2B^2C^2D + A^2B^2C^3 + A^3B^2C^2$
		$R^r =$	$A^3B^3 + A^3B^2C + A^3B^2D + A^2B^3D + A^2B^3E + A^2B^2CE + A^2B^2CD + A^2B^2C^2 + AB^3C^2D + AB^3C^2E + AB^3CD^2 + AB^3CDE + AB^3CE^2 + AB^3CE^2 + AB^3D^3 + AB^3E^3 + AB^2CD^3 + AB^2CD^2E + B^3C^3D + A^3BC^3D + A^3BCD^3 + A^2BC^3D^2 + A^2BCD^3E + A^2C^3D^3 + AB^2C^3D^2 + AB^2C^3DE + AB^2D^2E^3 + B^3C^2D^3 + B^3C^2DE^2 + B^2C^3D^2E + B^2C^2D^3E + A^3BC^2DE^2 + A^3BCD^2E^2 + A^3BCDE^3 + A^3BD^3E^2 + A^3C^3D^2E + A^3C^2D^3E + A^2BC^3DE^2 + AB^2C^2DE^3 + B^3C^3E^3 + B^2C^3DE^3 + A^3BC^3E^3 + A^3C^3DE^3 + A^3C^2D^2E^3 + A^3CD^3E^3 + A^2C^3D^2E^3 + B^3CD^3E^3 + ABC^3D^3E^3$

Tableau 5.3 — **Règles de décision du consensus.**

Les seuils du consensus		Nombre des règles de décision	
τ_1	τ_2	$\lvert R^c \rvert$	$\lvert R^r \rvert$
3	1	31	48
4	2	25	32
5	1	10	48

Tableau 5.4 — **Nombre des règles dans R^c et R^r.**

5.4 Les prescriptions

Les prescriptions de notre outil d'aide à la décision sont influencées par les paramètres : τ_1, τ_2, ρ_i et η, mais aussi par les fonctions γ_i, ϕ_i^r et ϕ_i^c ($i \in [1, m]$).

Dans l'ensemble de nos tests nous considérons que γ_i est linéaire, ϕ_i^c et ϕ_i^r sont des sommes pondérées de fonctions exponentielles. Dans un premier temps nous allons fixer les paramètres η et les ρ_i à zéro et nous allons faire varier τ_1 et τ_2 selon les règles de vote de 5.3. Dans un deuxième temps nous faisons varier les ρ_i et η, pour voir l'effet sur les prescriptions concernant les actions en zone de doute.

5.4.1 $\eta = 0$ **et** $\rho_i = 0$ $(i \in [1, m])$

La CVECA (2, 1, 2, 3, 2) qui était dans la zone de consensus des *"choisies"* pour $\tau_1 = 3$ et $\tau_2 = 1$ est passée dans la zone de doute pour $\tau_1 = 4$ et $\tau_2 = 2$ et elle a été *"choisie"* par la procédure d'aide à la décision. Pour $\tau_1 = 5$ et $\tau_2 = 1$ cette caisse était dans la zone de doute et la procédure d'aide à la décision a prescrit de la *choisir* comme les décideurs l'avaient fait.

Toutes les caisses qui ont une mauvaise gestion du crédit (celles qui ont 0 ou 1 sur le critère B) ont été *refusées* par notre outil, ce qui est concordant avec l'importance que les décideurs donnent à la bonne gestion du crédit. Mais les décideurs ont choisi les caisses (2, 1, 2, 1, 1) et (2, 1, 2, 3, 2) qui ont une mauvaise gestion du crédit. Après discussion avec les décideurs à propos de ces actions, ils ont dit que les actions étaient choisies parce qu'ils avaient découvert les responsables de cette défaillance et qu'ils les avaient écartés de la gestion de la caisse. De telles situations exceptionnelles ne sont pas prises en compte dans le logiciel. Mais toutefois nous pouvons constater que les prescriptions avec ces valeurs de paramètres sont très proches des décisions des experts.

5.4.2 $\eta \neq 0$ **ou** $\rho_i \neq 0$ $(i \in [1, m])$

Dans cette partie du test, nous essayons de voir comment changer les paramètres η et ρ_i de notre outil pour avoir une prescription concordante avec la décision des experts.

$\tau_1 = 3$ **et** $\tau_2 = 1$

Aucune action n'est en zone de doute, donc il n'est pas possible de changer les prescriptions en modifiant les paramètres η et ρ_i.

Valeurs de τ_1	A	B	C	D	E
3	1,77	2,26	1,32	1,23	1,32
4	1,96	2,38	1,25	1,46	1,46
5	2,56	2,33	1,22	1,11	0,88

Tableau 5.5 — **Valeurs moyennes des critères dans R^c.**

Valeurs de τ_2	A	B	C	D	E
1	1,68	1,79	1,62	1,51	1,38
2	1,51	2,14	1,86	1,43	1,66

Tableau 5.6 — **Valeurs moyennes des critères dans R^r.**

Les CVECA	Prescriptions			Décision des experts
	$\tau_1 = 3, \tau_2 = 1$	$\tau_1 = 4, \tau_2 = 2$	$\tau_1 = 5, \tau_2 = 1$	
3 2 2 2 2	choisie	choisie	choisie	choisie
3 3 3 3 2	choisie	choisie	choisie	choisie
2 2 3 3 2	choisie	choisie	choisie	choisie
2 2 2 2 1	choisie	choisie	choisie	choisie
2 0 2 1 1	refusée	refusée	refusée	refusée
2 1 1 2 1	refusée	refusée	refusée	refusée
2 3 3 3 2	choisie	choisie	choisie	choisie
2 0 1 2 1	refusée	refusée	refusée	refusée
1 1 2 1 2	refusée	refusée	refusée	refusée
2 2 2 3 2	choisie	choisie	choisie	choisie
3 3 2 3 2	choisie	choisie	choisie	choisie
2 0 1 2 1	refusée	refusée	refusée	refusée
3 3 3 3 2	choisie	choisie	choisie	choisie
2 1 2 3 2	choisie	choisie	choisie	choisie
1 0 0 2 1	refusée	refusée	refusée	refusée
2 1 2 1 1	refusée	refusée	refusée	choisie
2 2 3 3 3	choisie	choisie	choisie	choisie
2 1 1 1 1	refusée	refusée	refusée	refusée

Tableau 5.7 — **Application de l'outil pour la sélection de 18 CVECA (avec $\eta = 0$).**

$\tau_1 = 4$ **et** $\tau_2 = 2$

Seule la caisse $(2, 1, 2, 3, 2)$ est dans la zone de doute. Nous fixons les ρ_i ($i \in [1, m]$) à zéro (les autres valeurs n'ont pas beaucoup d'influence sur les décisions). Pour avoir une prescription concordante avec les exigences des décideurs par rapport à la qualité de la gestion du crédit dans les caisses, on doit fixer $\eta > 3.6$, ce qui correspond à exiger un seuil de confiance de choix supérieur à 0.63 si Φ^c est normalisée par $\Phi^c + \Phi^r$. Ce qui rend très sévère le choix.

$\tau_1 = 5$ **et** $\tau_2 = 1$

Dans ce cas aussi, seule l'action $(2, 1, 2, 3, 2)$ est dans la zone de doute. Nous fixons les ρ_i ($i \in [1, m]$) à zéro. Si Φ^c est normalisée par $\Phi^c + \Phi^r$, alors nous devons choisir un seuil de confiance de choix supérieur à $0,7$. Ce qui augmenterait la sévérité du choix par rapport la situation précédente.

5.5 Conclusion

Sur la base des échanges avec les experts pendant et après les expériences, nous pouvons dire que :

- les critères d'évaluation des CVECA sont appropriés pour une évaluation précise des caisses dans l'ensemble des réseaux du PCRD. Ils sont plus stables que les indicateurs d'évaluation généralement utilisés, qui sont en grand nombre et donc l'interprétation des valeurs dépendent du contexte des caisses (cf. 2.3.1) ;
- la méthode ATREE correspond *a priori*, sur la base de notre expérience, au système de décision des experts dans une situation de choix des CVECA au refinancement. Les règles de décisions extraites définissent bien les différentes classes de caisses ; elles correspondent aux classifications implicites qu'ils font sur les caisses lors des ICV (voir 2.2.1). Les paramètres de la méthode permettent de modéliser les ajustements que les décideurs peuvent apporter dans leur prise de décision (diminuer ou augmenter la sévérité des conditions d'accès au refinancement) ;
- les résultats de notre expérience confirment que les acteurs de la décision ciblés sont idoines (cf. 2.1.2), les connaissances extraites, qui ont permis de déterminer les paramètres de la méthode et la description de l'espace de décision, ont donné des résultats probants.

Ceci est confirmé par les résultats du tableau 5.7 obtenus sur la base de 18 caisses traitées. Seules deux décisions des experts sont en contradiction avec les prescriptions de notre outil. Notre outil d'aide à la décision a donné de bons résultats : les prescriptions de notre outil sont très proches des décisions des

experts avec des valeurs de paramètres qui correspondent aux règles de vote raisonnables.

Malgré la base de test réduite, nous pouvons penser que l'outil correspond aux attentes des décideurs de par les réactions de ces derniers durant l'expérience.

Seul le module d'extraction des stratégies de décision des experts APACHE dispose d'une interface graphique conviviale de type fenêtré. Les modules de consensus et d'aide à la décision reçoivent les données sous forme de fichiers texte et produisent des résultats sous la même forme. Mais ceci n'a pas été un handicap pour la réalisation de notre expérience.

Conclusion

Ce travail nous a permis de développer un outil d'aide multicritère à la décision dans un contexte multidécideurs. Il permet d'extraire les stratégies de décision de plusieurs décideurs, recherche un consensus sur ces stratégies grâce à une règle des quotas, et fait des prescriptions sur des actions qui sortent des zones de consensus. Pour l'extraction des stratégies de décision des experts, nous avons utilisé une méthode éprouvée : APACHE. Celle-ci pourrait être, toutefois, remplacée par toute autre méthode capable d'extraire des règles de décision des experts et de les présenter sous une forme compatible avec l'HBM. Nous avons développé une méthode, ATREE, fondée sur la variation d'importance des critères dans un processus de décision pour faire des prescriptions sur des actions qui se retrouvent en zone de doute.

C'est la problématique du refinancement des CVECA qui a inspiré la conception de notre méthode. Mais elle peut s'appliquer à toute autre problématique où plusieurs décideurs coopèrent pour faire des tâches de jugement sur des actions décrites par plusieurs critères qualitatifs ordinaux. L'outil est destiné aux décideurs critiques impliqués dans un processus de décision : en microfinance ce sont des experts qui travaillent dans les ONG impliquées dans le développement des systèmes financiers décentralisés. Mais l'utilisation de l'outil nécessite la présence d'un cogniticien-informaticien. Les experts ne sont pas préparés à l'utilisation d'un tel outil, de plus, ils ne sont pas indiqués pour juger de la qualité de leurs connaissances.

L'outil, dans sa version actuelle, ne donne pas la possibilité de mettre à jour automatiquement les règles de décision. Si les conditions d'accès au refinancement changent, il est nécessaire de refaire l'extraction des stratégies de décision des experts. L'extraction peut aller jusqu'à la modification des critères, s'il y a une reforme profonde dans la manière d'évaluer les CVECA. Mais les critères et les paramètres que nous avons définis sont susceptibles d'être utilisés encore longtemps, car les conditions d'évaluation évoluent très peu. Le fait de transformer les éléments quantitatifs d'évaluation des CVECA en critère qualitatif renforce la stabilité des critères d'évaluation. L'intervention des experts pourrait surtout porter sur le paramètre η dont la valeur reflète le niveau de sévérité des décideurs

dans le choix des caisses.

Le but est d'utiliser autant que possible les stratégies de décision déjà extraites à cause du manque de disponibilité des experts. Nous avons pu constater la difficulté d'obtenir le temps de travail des experts. En effet, l'extraction des stratégies de décision de cinq experts de la microfinance s'est faite en six mois, pour environ 20 heures de travail effectif. Car ces derniers sont très occupés par leur tâche d'appui technique aux CVECA du PCRD.

En fournissant une prescription de choix ou de refus pour une action potentielle qu'on lui présente, l'outil rend compte de la pratique en matière de sélection de CVECA au refinancement. Car toute CVECA qui sollicite le refinancement a en retour une décision finale en terme d'octroi ou de refus à sa demande.

Bibliographie

[1] ACDI, *Projet de renforcement de camccul*, Rapport technique, Agence Canadienne du Développement International, w3.acdi-cida.gc.ca, 1999.

[2] ADAF, *Mutuelles communautaires de croissance*, Rapport technique, Appropriate Development for Africa Foundation, www.africadev.net, 2000.

[3] T. Adelbratt et H. Montgomery, *Attractiveness of decision rules*, Acta Psychologica, vol. 45, pp. 177–185, 1980.

[4] I. Anderson, *Combinatorics of finites sets*, Oxford, Clarendon Press, 1987.

[5] K. M. Aschenbrenner et W. Kasubek, *Challenging the custing syndrome: Multi-attribute evaluation of cortison grugs*, Organizational Behaviour and Human Performances, vol. 22, pp. 216–234, 1978.

[6] M. Barbut, *Médiane, distributivité, éloignement, repr. (1980)*, Math. Sci. Hum., vol. 70, pp. 5–31, 1961.

[7] M. Barbut et B. Monjardet, *Ordre et classification, algèbre combinatoire*, Paris : Hachette, 1970.

[8] J. P. Barthelémy, *Analyse et agrégation des préférences dans les sciences sociales, économiques et de gestion*, chapitre Les procédures métriques pour l'agrégation des préférences, P. Batteau and E. Jacquet-Lagreze and B. Monjardet, 1981.

[9] J.-P. Barthelemy et E. Mullet, *A model for multiattribute preferences*, British Journal of Mathematical and Statistical Psychology, vol. 39, pp. 106–124, 1986.

[10] J. P. Barthelémy et E. Mullet, *A model of selection by aspects*, Acta Psychologica, vol. 79, pp. 1–19, 1992.

[11] J. P. Barthélemy et E. Mullet, *Expert individual decision: the moving basis heuristics*, Collection des Rapports de Recherche de Télécom Bretagne, mars 1994. RR-94005-IASC Télécom Bretagne, Département Intelligence Artificielle et Sciences Cognitives.

[12] J. P. Barthelémy et E. Mullet, *Information processing in similarity judgments*, British Journal of mathematical and Statistical Psychology, vol. 49, pp. 225–240, 1996.

[13] M. Baydas, D. Graham et L. Valenzuela, *Commercial banks in microfinance : New actors in the microfinance world*, Focus note 12, CGAP, http://www.cgap.org, juillet 1998.

[14] J. R. Bettman, E. J. Johnson, M. F. Luce et J. W. Payne, *Correlation, conflit and choice*, Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, vol. 931-951, 1993.

[15] R. Chao-Béroff, *Développer des services financiers en milieu défavorisé : le cas des caisses villageoises d'épargne et de crédit autogérées du pays du dogon*, dans *Microfinance pour les pauvres ?* (édité par H. Schneider), Séminaires du centre de développement, (pp. 95–117), OCDE et FIDA, Paris, décembre 1997.

[16] C. H. Coombs, *A Theory of Data*, New York, Wiley, 1963.

[17] V. Dahlstrand et H. Montgomery, *Information search and evaluation processes in decision-making: A computer based process tracing study*, Acta Psychologica, vol. 56, pp. 113–123, 1984.

[18] R. M. Dawes, *Social selection based on multidimensional criteria*, Journal of Abnormal and Social Psychology, vol. 68, pp. 104–109, 1964.

[19] N. De Bruijn, C. Tengbergen et D. Kruyswijk, *On the set of divisors of a number*, Nieuw Arch. Wiskunde, vol. 23, pp. 191–193, 1951.

[20] A. de Ravignan, T. Brésillon et P. Ortoli, *Prêter aussi aux pauvres*, FMD, vol. 156, pp. 12–17, février 2000.

[21] P. C. Fishburn, *Lexicographic orders, utilities and decision rules : a survey*, Management Science, vol. 20, pp. 1442–1471, 1974.

[22] C. Fruman, *Les caisses villageoises d'épargne et de crédit autogérées du pays du dogon*, Sbp, The World Bank Group, juillet 1998.

[23] C. Fruman et J. Paxton, *Taux de pénétration et viabilité financière des institutions de microfinance privilégiant l'épargne ou le crédit : une analyse comparée de huit institutions africaines*, Sbp, The World Bank Group, mai 1998.

[24] M. Gasse-Hellio, *Les tontines dans les pays en développement*, The virtual library on microcredit, www.gdrc.org, 1999.

[25] R. Groner, M. Groner et W. Bishof, *The role of heuristic in models of decision*, dans *Decision making under Uncertainty* (édité par R. Scholz), North-Holland, Amsterdam, 1983.

[26] A. Hollis et A. Sweetman, *Microcredit: What can we learn from the past?*, Rapport technique, University of Calgary an university of Victoria, march 1998.

[27] O. Huber, *Decision making as a problem solving process*, dans *New directions in research on decision making* (édité par B. Brehmer, H. Jungermann, P. Lourens et G. Sevòn), North-Holland, Amsterdam, 1986.

[28] P. Hugon, *Incertitude, précarité et financement local : le cas des économies africaines*, Revues Tiers Monde, vol. XXXVII, Num. 145, pp. 13–40, 1996.

[29] E. J. Johnson et J. W. Payne, *Effort and accuracy in choice*, Management science, vol. 31, pp. 295–314, 1985.

[30] J. G. Kemeny, *Mathematics wihtout numbers*, Daedalus, vol. 88, pp. 577–591, 1959.

[31] J. Klayman, *Simulations of six decision strategies: Comparison of search patterns, processing characteristics, and response to task complexity*, Technical report, Center for Decision Research, 1982.

[32] S. Larvor, *Automatisation des messages bancaires SWIFT issus de l'international*, Thèse de doctorat, EHESS, 1998.

[33] E. Le Saux, P. Lenca, P. Picouet et J.-P. Barthélemy, *An anthropocentric tool for decision making support*, dans *Proceedings IJCAI-99*, (pp. 338–343), 1999, Stockholm, Sweden.

[34] B. Leclerc, *Sur le nombre d'éléments des niveaux de produits de chaînes et des treillis permutoèdres*, Mathématique Informatique et Sciences Humaines, vol. 112, pp. 37–48, 1990.

[35] W. Lee, *Decision theory and human behavior*, New York, Wiley, 1971.

[36] P. Lenca, *Acquisition automatique et analyse de processus de décision, Application au domaine bancaire*, Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne, Université de Rennes 1, 1997.

[37] J. G. March et H. A. Simon, *Les organisations*, Paris, Dunod, 1969.

[38] D. W. McAllister, T. R. Mitchell et L. R. Beach, *The contingency model for the selection of decision strategies: The empirical test of the effects of significance, accountability and deductibility*, Organizational Behavior and Human Performance, vol. 24, pp. 228–244, 1979.

[39] MIFED, *Projet crédit rural décentralisé : Rapport d'activité 1998*, Rapport technique, Microfinance et Développement, AFD, UE, MINAGRI, 1999.

[40] MIFED, *Projet crédit rural décentralisé : Rapport d'activité 1999*, Rapport technique, Microfinance et Développement, AFD, UE, MINAGRI, 2000.

[41] MIFED, *Projet crédit rural décentralisé : Rapport d'activité 2000*, Rapport technique, Microfinance et Développement, AFD, UE, MINAGRI, 2001.

[42] MIFED, *Projet crédit rural décentralisé : Rapport d'activité du troisième trimestre 2001*, Rapport technique, Microfinance et Développement, AFD, UE, MINAGRI, 2002.

[43] B. Monjardet, *An axiomatic theory of tournament aggregation*, Mathematics of O.R., (pp. 334–351), 1978.

[44] H. Montgomery, *Decision rules and the search for a dominance structure: toward a process model of decision-making*, dans *Analyzing and Aiding*

Decision Process (édité par P. C. Humphrey, O. Svenson et A. Vari), (pp. 343–369), North-Holland, Amsterdam, 1983.

[45] H. Montgomery et O. Svenson, *On decision rules and information processing strategies for choices among multiattribute alternatives*, Scand. J. Psychol, vol. 17, pp. 283–291, 1976.

[46] J. Moscarola et B. Roy, *Procédure automatique d'examen de dossiers fondée sur une segmentation trichotomique en présence de critères multiples*, R.A.I.R.O. Recherche opérationnelle/Operations research, vol. 11, no. 2, p. 145 à 173, mai 1977.

[47] OIT, *épargne et crédit solidaires dans les pays en développement*, Rapport technique, Organisation Internationale du Travail, www.ilo.org, 1998.

[48] E. Pichon, P. Lenca, F. Guillet et J. W. Wang, *Un algorithme de partition d'un produit direct d'ordres totaux en un nombre minimum de chaînes*, Mathématique Informatique et Sciences Humaines, vol. 125, pp. 5–15, 1994.

[49] J. C. Pomerol et S. Barba-Romero, *Choix multicritères dans l'entreprise : principe et pratique*, Hermes, collection informatique, Paris, 1993.

[50] R. Ranyard et R. Grozier, *Reasons given for risky judgment and choice: a comparison of three tasks*, dans *Analyzing and Aiding Decision Process* (édité par P. C. Humphrey, O. Svenson et A. Vari), North-Holland, Amsterdam, 1983.

[51] S. Regnier, *Sur quelques aspects mathématiques des problèmes de classification automatique*, I. C. C., vol. 4, 1965.

[52] B. Roy, *A multicriteria analysis for trichotomic segmentation problems*, dans *Multiple Criteria Analysis : Operational Methods* (édité par P. Nijkamp et Spronk), (pp. 245–257), Gower Press, 1981.

[53] B. Roy, *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*, Production et techniques quantitatives appliquées à la gestion, Economica, collection Gestion, Paris, 1985.

[54] B. Roy, *Science de la décision ou science de l'aide à la décision ?*, Revue internationale de systémique, vol. 6, pp. 497–529, 1992.

[55] B. Roy, *Multicriteria methodology for decision aiding*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1996.

[56] B. Roy et D. Bouyssou, *Aide multicritère à la décision: méthodes et cas*, Production et techniques quantitatives appliquées à la gestion, Economica, collection Gestion, Paris, 1993.

[57] L. Sfez, *Critique de la décision (quatrième édition)*, Presses de la fondation nationale des sciences politiques, Paris, juillet 1992.

[58] J. Shantau, *How much information does an expert use?*, Acta Psychologica, vol. 81, pp. 75–86, 1992.

[59] J. M. Sika et B. Strasser, *Tontines in cameroon : Linking traditional and semi-formal financing systems*, Rapport technique, Deutsche Stiftung fur internationale Entwicklung, www.dse.de, 2001.

[60] H. A. Simon, *Model of Thought*, Yale University Press, 1979.

[61] H. A. Simon, *Cognitive science : the newest science of the artificial*, Cognitive Science, vol. 4, pp. 33–46, 1980.

[62] O. Svenson, *Process description of decision making*, Organizational behavior and human performance, (pp. 86–112), 1979.

[63] M. Syed Hashemi, *Création de capacités bancaires au services des populations pauvres : la grameen bank au bangladesh*, dans *Microfinance pour les pauvres* (édité par H. Schneider), Séminaires du Centre de Développement, (pp. 119–139), OCDE et FIDA, Paris, décembre 1997.

[64] G. Tefempa et R. Amin, *Etude de trois systèmes finaciers décentralisés : Cameroun coopérative de crédit mutuel, micro-projet productif en faveur des femmes du cameroun, et société de développement de coton*, Studies in rural and micro finance 9, Africa Region/The World Bank, septembre 1999.

[65] A. Tversky, *Elimination by aspects : A theory of choice*, Psychological Review, vol. 79, pp. 281–299, 1972.

[66] F. Vincent, *Le système du micro-crédit permet-il le développement ?*, Problèmes économiques, vol. 2, no. 666, pp. 24–29, mai 2000.

[67] P. Vincke, *L'aide multicritère à la décision*, Université de Bruxelles, Ellipses, 1989.

[68] J. D. Von Pischke, H. Schneider et R. Zander, *Chapitre préliminaire : principes et perspectives*, dans *Microfinance pour les pauvres ?* (édité par H. Schneider), Séminaire du Centre de Développement, (pp. 9–44), FIDA et OCDE, Paris, décembre 1997.

[69] P. Wakker, *Additive representations of preferences. A new foundation of decision analysis*, Kluwer Academic, 1989.

[70] L. Webster et P. Fidler, *The informal sector and microfinance institutions in west africa*, World Bank Regional and Sector Studies, Washington, D.C., 1996.

[71] C. Wonou, *Institutionnalisation des réseaux de CVECA : Cas des réseaux régionaux du PCRD*, CIRD-Cameroun, 2000.

[72] World Bank, *World development report 1999/2000 on development*, Rapport technique, World Bank, 2000.

[73] World Bank, *Understanding Poverty*, The World Bank Group, www.worldbank.org/wbp/mission/up1.htm, 2001.

[74] J. Yaron, *Performances des institutions de financement du développement - méthode d'évaluation*, dans *Microfinance pour les pauvres ?* (édité par H. Schneider), (pp. 67–79), FIDA et OCDE, Paris, décembre 1997.

A : Notations

A	ensemble des actions, c'est-à-dire des objets sur lesquels le décideur exprime ses préférences.
a	représente un élément de l'ensemble A.
$G = \{g_1, \ldots, g_m\}$	ensemble de critères permettant d'évaluer les éléments de A sur m dimensions. m étant le nombre de critères.
$a_i = g_i(a)$	représente l'évaluation de l'action a sur le critère i.
$g(a) = (g_1(a), \ldots, g_m(a))$	représente l'évaluation de l'action a sur G.
V_i	ensemble de *valeurs* non nécessairement numériques que peut prendre $g_i(a)$.
$V = \prod_{1 \leq i \leq m} V_i$	produit direct des ensembles V_i de valeurs que peut prendre le critère g_i. Un élément de V peut ne pas avoir d'existence réelle, c'est un objet conceptuel. $V \supset A$.
v	représente un élément quelconque de V, et v_i représente la valeur de v sur le critère g_i, c'est-à-dire que $v_i \in V_i$. v est aussi appelée *pseudo-action*.
ρ_i	seuil sur l'évaluation de la variation d'importance du critère G_i. Cette évaluation doit être supérieure à ρ_i (ou inférieure à $-\rho_i$) pour que G_i soit considéré dans le calcul des vraisemblances.
$\Delta = \{\sigma_1, \ldots, \sigma_d\}$	ensemble de décideurs impliqués dans le processus de décision.
σ_j	représente un décideur quelconque j participant au processus de décision.
$\Phi^c(a)$	la confiance de choix de l'action $a \in V^d$, elle est calculée à partir des vraisemblances et des évaluations sur les critères de a

$\Phi^r(a)$	la confiance de refus de l'action $a \in V^d$, elle est calculée à partir des vraisemblances et des évaluations sur les critères de a
η	degré de conviction entre le choix et le refus, il permet de recommander le choix (si la différence est supérieure à η) ou le refus (si la différence est inférieure à η) d'une action.
$d = \|\Delta\|$	est le nombre de décideurs participant au processus de décision.
$(V_i, \leq_i)$	V_i est un ensemble muni d'un ordre total $\leq_i$ qui définit les valeurs du critère g_i.
R^r	est l'ensemble des règles maximales pour l'appartenance à V^r, ce sont des éléments maximaux de V^r. Comme les éléments de R^c, ses éléments sont appelés *pseudo-action de référence* et c'est aussi une *antichaîne* de l'ensemble V.
r^r	représente un élément quelconque de R^r.
$(V, \leq) = \prod_{i=1}^{m}(V_i, \leq_i)$	produit direct des m ensembles totalement ordonnés $(V_i, \leq_i)$, $(V, \leq)$ est un treillis distributif.
V^c, V^r, V^d	sont des sous ensemble de V dans une procédure d'aide à la décision. V^c est l'ensemble dans lequel on plonge les actions *choisies*, V^r est l'ensemble dans lequel on plonge les actions *refusées* et V^d est l'ensemble dans lequel on plonge les actions qui suscitent un doute, une indécision pour leur classement parmi les *choisies* ou les *refusées*. Il est nécessaire de faire un traitement pour décider de leur classement.
R^c	est l'ensemble des règles minimales pour l'appartenance à V^c, ce sont des éléments minimaux de V^c. Ses éléments sont appelés *pseudo-action de référence* et c'est une *antichaîne* de l'ensemble V.
r^c	représente un élément quelconque de R^c.
τ_1	est le seuil d'adhésion minimal permettant de définir les règles de décision R^c de la procédure du consensus.
τ_2	est le seuil d'adhésion maximal permettant de définir les règles de décision R^r de la procédure du consensus.

$A^c = A \cap V^c$	ensemble des actions réelles *acceptées*.
$A^d = A \cap V^d$	ensemble des actions réelles *en zone de doute*.
$A^r = A \cap V^r$	ensemble des actions réelles *refusées*.
d_{V^c}	fonction permettant de mesurer la distance d'une action $a \in V^d$ par rapport à V^c.
d_{V^c}	fonction permettant de mesurer la distance d'une action $a \in V^d$ par rapport à V^r.
λ	fonction permettant de mesurer le rapprochement relatif à V^c par rapport à V^r d'une action $a \in V^d$.
θ	seuil qui permet de recommander le choix si $\lambda(a) \geq \theta$ ou le refus dans le cas contraire.

B : Vocabulaire des ensembles ordonnées

B.1 Vocabulaire des ensembles ordonnés

Nous allons présenter ci-dessous le vocabulaire des ensembles ordonnées, les principales définitions et propriétés nécessaires à la formalisation de notre problème de décision sur la microfinance. Comme nous l'avons présenté en 3.1.1, notre espace de décision est un produit direct d'ordres totaux. Le processus d'extraction des stratégies expertes revient à calculer une antichaîne dans cet espace. Nous allons utiliser les notations de B. Leclerc (voir [34]). Nous allons présenter ci-dessous les définitions et les propriétés mathématiques applicables à notre espace de décision.

Soit $\mathcal{E}$ un ensemble fini, $\mathcal{A}$ un sous-ensemble de $\mathcal{E}$ et x, y, z éléments de $\mathcal{E}$.

B.1.1 Relations binaires

Définition 1 : une *relation binaire* $\mathcal{R}$ sur $\mathcal{E}$ est un sous-ensemble de l'ensemble $\mathcal{E} \times \mathcal{E}$ des éléments de $\mathcal{E}$. On note $x\mathcal{R}y$ si $(x, y) \in \mathcal{R}$.

Définition 2 : le *dual* $\mathcal{R}'$ d'une relation binaire $\mathcal{R}$ sur $\mathcal{E}$ est une relation définie par $x\mathcal{R}'y$ ssi $y\mathcal{R}x$

Définition 3 : on dit qu'une relation binaire est *réflexive* si pour tout x on a $x\mathcal{R}x$.

Définition 4 : on dit qu'une relation binaire est *irréflexive* si pour tout x on a $non(x\mathcal{R}x)$.

Définition 5 : on dit qu'une relation binaire est *symétrique* si pour tout (x, y) de $\mathcal{E}^2$, $x\mathcal{R}y$ entraîne $y\mathcal{R}x$.

Définition 6 : on dit qu'une relation binaire est *asymétrique* si pour tout (x, y) de $\mathcal{E}^2$, $x\mathcal{R}y$ entraîne $non(y\mathcal{R}x)$.

Définition 7 : on dit qu'une relation binaire est *transitive* si pour tout (x, y, z) de $\mathcal{E}^3$, $x\mathcal{R}y$ et $y\mathcal{R}z$ entraîne $x\mathcal{R}z$.

B.1.2 Ordres

Définition 8 : un *ordre* ou *ordre partiel* sur $\mathcal{E}$ est une relation binaire, notée $\leq_{\mathcal{E}}$, réflexive, antisymétrique et transitive.
Lorsqu'il n'y a pas de confusion possible on notera tout simplement la relation par $\leq$.

Définition 9 : un *ordre total* sur $\mathcal{E}$ est un ordre tel que tous ses éléments sont comparables deux à deux ($\forall(x, y) \in \mathcal{E}^2$, on a $x \leq y$ ou $y \leq x$).

Définition 10 : la relation d'*incompatibilité* d'un ordre $\leq$ sur $\mathcal{E}$ est une relation binaire notée $\mathcal{I}$ et définie par $x\mathcal{I}y$ ssi on a ni $x \leq y$ ni $y \leq x$.

Définition 11 : la relation de *couverture* d'un ordre $\leq$ sur $\mathcal{E}$ est une relation binaire notée $-<$. On dit que x est couvert par y, ou encore que y couvre x, si y est le plus petit élément supérieur à x. $\forall(x, y, z) \in \mathcal{E}^3$, $x- < y \iff [x < y$ et $x \leq z < y \implies x = z]$.

B.1.3 Ensembles ordonnées

Définition 12 : un ensemble $\mathcal{E}$ est un *ensemble ordonné*, ou *partiellement ordonné*, s'il est muni d'une relation d'ordre $\leq$.

Définition 13 : une *chaîne* est un sous-ensemble totalement ordonné d'un ensemble ordonné.

Propriété 1 : une chaîne finie possédant $c + 1$ éléments est isomorphe à l'intervalle $[0, c]$ de $\mathbb{Z}$ (la chaîne des entiers positifs munie de l'ordre canonique). Ainsi, pour c entier non négatif, on note $(\underline{c+1})$ la chaîne $\{0 < 1 < 2 < \ldots < c\}$ à $c + 1$ éléments.

Définition 14 : une *antichaîne* $\mathcal{A}$ est un ensemble d'éléments incomparables. $\forall (x,y) \in A^2, x \leq y \Longleftrightarrow x = y$.

Définition 15 : l'*idéal principal* engendré par x de $\mathcal{E}$, noté $\downarrow x$, est le sous-ensemble de $\mathcal{E}$ ordonné, contenant tous les éléments minorant x : $\downarrow x = \{y \in \mathcal{E}, y \leq x\}$

Définition 16 : le *filtre principal* engendré par x de $\mathcal{E}$, noté $\uparrow x$, est l'idéal principal pour l'ordre dual.

Définition 17 : une *partie commençante* engendrée par une antichaîne $\mathcal{A}$ est l'ensemble $\downarrow A = \cup(\downarrow x), x \in A$.

Définition 18 : une *partie finissante* $\uparrow A$ engendrée par une antichaîne $\mathcal{A}$ est une partie commençante pour l'ordre dual.

Définition 19 : l'*ensemble des majorants communs minimaux* de deux éléments x et y est l'antichaîne $min(\uparrow x \cap \uparrow y)$.
Lorsque cet ensemble est un singleton, on l'appelle *borne supérieure* de x et y et on le note $x \vee y$.

Définition 20 : l'*ensemble des minorants communs maximaux* de deux éléments x et y est l'antichaîne $min(\downarrow x \cap \downarrow y)$.
Lorsque cet ensemble est un singleton, on l'appelle *borne inférieure* de x et y et on le note $x \wedge y$.

Définition 21 : on dit qu'un ensemble ordonné $\mathcal{E}$ est *rangé* s'il existe une fonction r, appelée *fonction de rang*, entière non négative sur $\mathcal{E}$ telle que $r(x) = 0$ pour au moins un élément (minimal) de $\mathcal{E}$.
si $y- < x$ dans $\mathcal{E}$ alors $\kappa(y) = \kappa(x) + 1$.

Définition 22 : si $\mathcal{E}$ est un ensemble rangé, on appelle $k^{\text{ième}}$ niveau le sous-ensemble N_k de $\mathcal{E}$ constitué des éléments de rang k.
$N_k = \{x \in \mathcal{E}, \kappa(x) = k\}$

Définition 23 : la *largeur* α de $\mathcal{E}$ est le cardinal maximum d'une antichaîne de $\mathcal{E}$.

Propriété 2 : le nombre minimum de chaînes requises pour partitionner $\mathcal{E}$ est égale à α (Théorème de Dilworth, 1950).

B.1.4 Treillis

Définition 25 : l'ensemble ordonné $\mathcal{E}$ est un *sup-demi treillis* si tout couple (x, y) de $\mathcal{E}^2$ possède une borne supérieure $x \vee y$ telle que $x \leq y$ ssi $x \vee y = y$.

Définition 26 : l'ensemble ordonné $\mathcal{E}$ est un *inf-demi treillis* si tout couple (x, y) de $\mathcal{E}^2$ possède une borne inférieure $x \wedge y$ telle que $x \leq y$ ssi $x \wedge y = x$.

Définition 27 : l'ensemble ordonné $\mathcal{E}$ est un treillis s'il est la fois un inf-demi treillis et un sup-demi treillis.

Définition 28 : l'ensemble $\mathcal{E}$ est un *treillis distributif* si les deux opérations $\wedge$ et $\vee$ sont distributives l'une par rapport à l'autre.
$\forall (x, y, z) \in \mathcal{E}^3, x \wedge (y \vee z) = (x \wedge y) \vee (x \wedge z)$
$\forall (x, y, z) \in \mathcal{E}^3, x \vee (y \wedge z) = (x \vee y) \wedge (x \vee z)$

B.1.5 Produits directs d'ordres totaux

Définition 29 : un ensemble ordonné fini $(\mathcal{E}, \leq)$ peut être représenté dans un plan par un graphe. La relation d'ordre est représentée par une flèche ; $x \leq y$ est dessiné $x \longrightarrow y$. On peut convenir de placer les points de telle sorte que les flèches soient dirigées du bas vers le haut. Un tel dessin dépourvu de flèche se nomme *diagramme de Hasse* de $(\mathcal{E}, \leq)$.

Définition 30 : le *produit direct* $\mathcal{P}$ des p ordres totaux $(\mathcal{P}_i, \leq_i)$ est un ensemble partiellement ordonné dont les éléments sont des p-uplets $(x_1, \ldots, x_p)$ où $x_i \in \mathcal{P}_i = (\underline{c_i + 1})$
$\mathcal{P} = \mathcal{P}_1 \times \mathcal{P}_2 \times \ldots \mathcal{P}_p$.
Le nombre d'éléments $\mathcal{N}$ de $\mathcal{P}$ est,

$$\mathcal{N} = \prod_{i=1}^{p} (c_i + 1)$$

Propriété 3 : le produit direct $\mathcal{P}$ est isomorphe à l'intervalle $[(0, \ldots, 0), (c_1, \ldots, c_p)]$ de $\mathbb{Z}^p$.

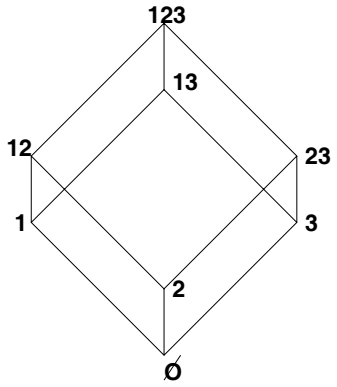


Figure B.1 — Diagrammes de Hasse de l'ensemble des parties de $\{1, 2, 3\}$ ordonné par inclusion.

Définition 31 : $\mathcal{P}$ est ordonné selon l'ordre usuel, appelé *ordre produit* :
$\forall x, y \in \mathcal{P}, x \leq_{\mathcal{P}} y \Longleftrightarrow \forall i \in \{1, 2, \ldots, p\}, x_i \leq_i y_i$.
La relation $\leq_{\mathcal{P}}$ (ou encore $\leq$) étant réflexive, antisymétrique, et transitive, $\mathcal{P}$ est un ensemble partiellement ordonné.

Propriété 4 : $\mathcal{P}$ muni de l'ordre produit est un treillis distributif.

Propriété 5 : pour $x \in \mathcal{P}$, $x = (x_1, x_2, \ldots, x_p)$ on utilise la fonction rang suivante :

$$\kappa(x) = \sum_{i=1}^{p} x_i$$

Propriété 6 : la *hauteur* h ou $h(\mathcal{P})$ de $\mathcal{P}$ est la longueur maximale d'une chaîne de $\mathcal{P}$. La *hauteur* h est alors le rang maximum d'un élément de $\mathcal{P}$. Pour un produit de chaîne, $h = \sum_i c_i$.
Pour tout entier $k \in [0, h]$, le niveau $\mathcal{P}_k$ de $\mathcal{P}$ est l'ensemble des éléments x de $\mathcal{P}$ tels que $\kappa(x) = k$. On note n_k le nombre d'éléments de $\mathcal{P}_k$ ($n_k = 0$ pour tout entier $k \notin [0, h]$) et on pose $v = max_k(n_k)$.

Propriété 7 : si $\mathcal{P}$ est le produit direct d'un ensemble ordonné $\mathcal{P}'$ et d'une chaîne $(\underline{c+1})$, $\mathcal{P} = \mathcal{P}' \times (\underline{c+1})$, alors certaines propriétés de $\mathcal{P}'$ se transmettent à $\mathcal{P}$. Nous nous contentons de donner quelques unes de ces propriétés ; les démonstration de ces propriétés ont été faites par B. Leclerc, dans [34].
Le cas qui nous intéresse particulièrement est celui où $\mathcal{P}'$ est un produit d'ordre totaux : $\mathcal{P}' = (\underline{c_1+1}) \times \ldots \times (\underline{c_{p-1}+1})$.
Un élément x de $\mathcal{P}$ est noté $x = (x', j)$, avec $x' \in \mathcal{P}'$ et $j \in (\underline{c+1})$.
Soit r' la fonction de rang de $\mathcal{P}'$ et κ celle de $\mathcal{P}$. La fonction r est donnée par $\kappa(x) = \kappa'(x') + j$, pour $x = (x', j)$. La hauteur h de $\mathcal{P}$ est $h' + c$.
On note v' le maximum des n'_k et q' le nombre de niveaux de $\mathcal{P}'$ de cardinal v'.
Les nombres n_k de $\mathcal{P}$ s'obtiennent en fonction des nombres n'_k par l'une ou l'autre des récurrences équivalentes :

$$n_k = \sum_{0 \leq i \leq c} n'_{k-i}$$

$$n_{k+1} = n_k + n'_{k+1} - n'_{k-c}$$

Définition 32 : une *t-antichaîne* $\mathcal{A}_t$ de $\mathcal{P}$ est un sous-ensemble de $\mathcal{P}$ dont au plus t éléments sont deux à deux comparables.

Définition 33 : le *nombre de Dilworth* $\alpha_t(\mathcal{P})$ est le cardinal maximum d'une t-antichaîne.

Définition 34 : un ensemble ordonné $\mathcal{P}$ est dit *fortement de Sperner*, si $\alpha_t(\mathcal{P})$ est égal au cardinal de la réunion des t plus grands niveaux de $\mathcal{P}$. Dans ce cas on a en particulier $\alpha = v$. La détermination de $\alpha_t(\mathcal{P})$ se ramène donc à celle des cardinaux des niveaux de $\mathcal{P}$.

Propriété 8 : un produit de chaînes $\mathcal{P}$ est un *ensemble fortement de Sperner* (voir, [19]).
A partir des relations de la propriété 7 on déduit aisément la valeur exacte de α. Pour de grandes valeurs de p, on peut utiliser l'approximation d'Anderson (voir, [4]).

$$\alpha = \sqrt{\frac{6}{\pi}} \times \frac{\prod_{i=1}^{p} c_i + 1}{\sqrt{\sum_{i=1}^{p} c_i \times (c_i + 2)}}$$

Définition 35 : la *dimension* d'un ensemble ordonné quelconque est le plus petit nombre d'ordres totaux dans lesquels cet ensemble peut être plongé.

Propriété 9 : tout ensemble ordonné peut être plongé dans un produit direct d'ordres totaux (Szpilrajn, 1930).

Propriété 10 : à partir de la dimension 3, la recherche de la dimension d'un ordre partiel est un problème NP-complet (Yannakakis, 1981).

Définition 36 : on dit que $\mathcal{P}$ est *unimodal* si la suite finie $n_0, n_1, \ldots, n_h$ est la concaténation d'une suite non décroissante $n_0, n_1, \ldots, n_h$.

Définition 37 : $\mathcal{P}$ est dit *symétrique* si on a $n_0 = n_h \leq n_1 = n_{h-1} \leq \ldots \leq n_k = n_{h-k} \leq \ldots$

Propriété 11 : si $\mathcal{P}$ est symétrique alors $\mathcal{P}$ est unimodal.

Propriété 12 : si $\mathcal{P}$ est unimodal alors les niveaux de $\mathcal{P}$ de cardinal v sont consécutifs.

Propriété 13 : si h est impair, $\mathcal{P}$ possède deux niveaux de cardinal v et un seul sinon.

Propriété 14 : un produit de chaînes est symétrique.
La symétrie de $\mathcal{P}$ permet de "localiser" directement l'antichaîne (ou les antichaînes) de taille maximale :
$\alpha = v = n_{h/2}$ si h est pair.
$\alpha = v = n_{(h+1)/2} = n_{(h-1)/2}$ si h est impair.
L'antichaîne ou les antichaînes de taille α se trouvent donc au "milieu" de $\mathcal{P}$.

C : Géodésique

L'ensemble V (définie au chapitre 3) a une structure de *treillis modulaire* et de *treillis distributif*. Nous définissons dans V les concepts suivants (voir B.1.5) :

Définition 1 ***Relation de recouvrement***
Soient $x, y, t \in V$, y recouvre *x (notée $x- < y$) si et seulement si $x- < y \Longleftrightarrow x < y$ et $x \leq t < y \Longrightarrow x = t$.*

Définition 2 ***Graphe Non Orienté de Couverture***

On appelle graphe non orienté de couverture *(GNOC) de V, le graphe dont les sommets sont les éléments de V et pour x, $y \in V$, xy est une arête du GNOC si et seulement si on a $x- < y$ ou $y- < x$.*

Définition 3 ***La hauteur dans*** V
La fonction de rang (qu'on note κ) correspond à la hauteur *(voir B.1.5). Cette fonction respecte la* condition de Jordan et Dedekind *(voir [7]) :*

$$y- < x, \Longleftrightarrow \kappa(y) = \kappa(x) + 1$$

Soit $x \in V$, on a :

$$\kappa(x) = \sum_{i=1}^{m} x_i$$

Une distance peut être définie à partir de la *hauteur*. Cette distance est la longueur du plus court chemin entre x et y dans le GNOC de V.

Définition 4 ***Distance dans*** V
Soit δ la distance entre $x, y \in V$, on a (voir [43]) :

$$\begin{cases} \delta(x,y) &= \kappa(x \vee y) - \kappa(x \wedge y) \\ &= \kappa(x) + \kappa(y) - 2\kappa(x \wedge y) \\ &= 2\kappa(x \vee y) - \kappa(x) - \kappa(y) \end{cases}$$

Cette distance présente les propriétés suivantes :

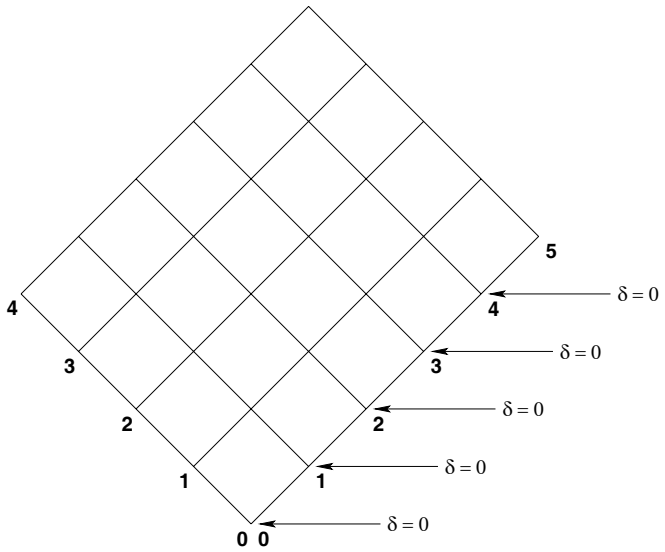


Figure C.2 — La hauteur dans un produit direct d'ordres totaux.

- $\delta(x, y) = \kappa(x \vee y) - \kappa(x \wedge y)$,
- si $x \leq y$ alors $\delta(x, y) = \kappa(y) - \kappa(x)$,

Soient x, y, z, t les éléments d'un sup demi-treillis (cf. B.1.4) nous avons les propriétés suivantes :

1. $x \leq x \vee y$ et $y \leq x \vee y$, si $x \leq z$ et $y \leq z \Longrightarrow x \vee y \leq z$,
2. en particulier $x \vee y = x \Longrightarrow y \leq x$.
3. ce sup demi-treillis est *semi modulaire supérieur* si et seulement si $t < x$ et $t < y \Longrightarrow \exists z$ tel que $x < z$ et $y < z$,
4. en particulier $t < x$ et $t < z \Longrightarrow x \vee y > x$ et $x \vee y > y$.

Ces propriétés sont valables dans V.

Définition 5

V étant un produit d'ordre totaux, et κ une hauteur sur V, les 5 conditions suivantes sont équivalentes :

i. V est semi modulaire supérieur.
ii. $\forall x, y$ tel que $t \leq x$, $t \leq y$, $\kappa(x) + \kappa(y) \geq \kappa(t) + \kappa(x \vee y)$.
iii. $\delta(x, y) = 2\kappa(x \vee y) - \kappa(x) - \kappa(y)$ est une distance.
vi. $\delta(x, y)$ est la distance du plus court chemin entre x et y dans le GNOC.
v. Il existe toujours un plus court chemin entre x et y qui passe par $x \vee y$.

Proposition 5 *Soit δ la distance induite par la hauteur (la fonction de rang) appelée κ sur V, V_1 une partie finissante de V, et R une antichaîne des éléments minimaux de V_1.*

$\forall x \in V$, les solutions de

$$\min_{x \in V_1} \delta(x, y)$$

sont toutes les pseudo-actions $x \vee z$ de rang minimum avec $z \in R$.

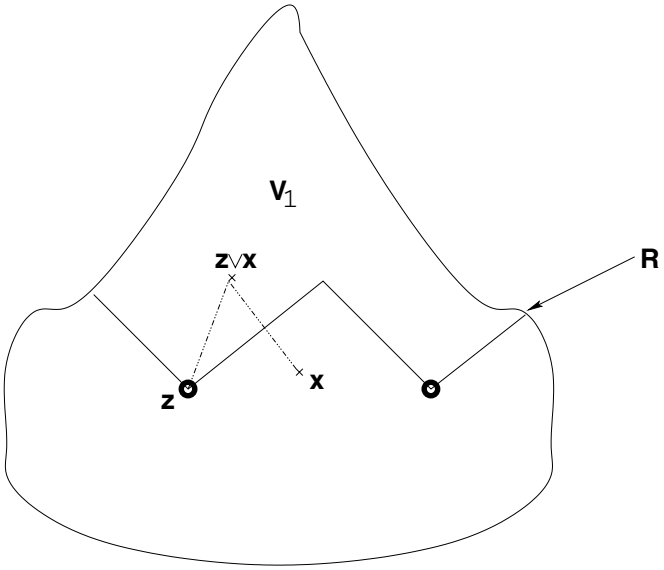


Figure C.3 — Un demi-treillis semi modulaire supérieur et la position des éléments x et z, avec $z \in A$.

Preuve :

Si x^* est une solution de

$$\min_{y \in V_1} \delta(x, y)$$

alors, $x \leq x^*$. En effet on a : $\delta(x \vee x^*, x) = \kappa(x \vee x^*) - \kappa(x)$ et $\delta(x^*, x) = 2\kappa(x \vee x^*) - \kappa(x) - \kappa(x^*)$, donc $\delta(x^*, x) - d(x \vee x^*, x) = \kappa(x \vee x^*) - \kappa(x^*) \geq 0$. Ce qui implique $\kappa(x \vee x^*) = \kappa(x^*)$ (puis que $\delta(x^*, x) \leq \delta(x \vee x^*, x)$). Comme $x^* \leq x \vee x^*$, on a $x^* = x^* \vee x$ donc $x \leq x^*$.

Soit $y \in V_1$ tel que $x \leq y$, puis que R est antichaîne des éléments minimaux de V_1, tout élément de V_1 est minoré par un élément de R. Soit donc $z \in R$ tel que $z \leq y$ on a $z \vee x \leq y$ et $\delta(z \vee x, x) \leq \delta(x, y)$. Les solutions de

$$\min_{y \in V_1} \delta(x, y)$$

sont de la forme $z \vee x$ où $z \in R$ ($\delta(z \vee x, x) < \delta(x, y)$, $z \vee x < y$, $\delta(x \vee z, x) = \delta(x, y)$ et $x \vee z = y$). Comme $\delta(z \vee x, x) = \kappa(x \vee z) - \kappa(x)$, ces solutions seront tous les $z \vee x$, tels que $\kappa(x \vee z)$ est minimum. cqfd.

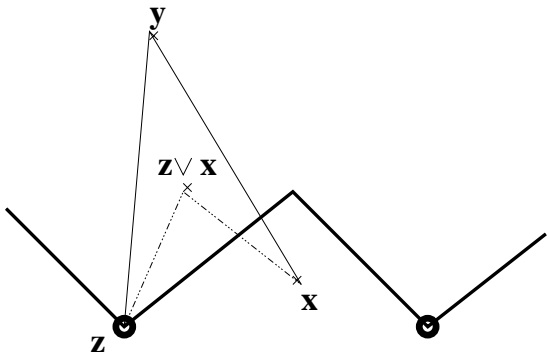


Figure C.4 — Représentation de z, x, y et $z \vee x$.

D : Glossaire

D.2 Glossaire sur la microfinance

ACECCAM

Association des Coopératives d'Épargne et Crédit du Cameroun.

ACIM

Association Camerounaise des Institutions de Microfinance.

ADAF

Appropriate Development for Africa Foundation.

BEAC

Banque des États de l'Afrique Centrale.

BICEC

Banque Internationale du Commerce et l'Épargne du Cameroun.

CARAL

Centre d'Appui et de Recherche pour l'Autopromotion Locale.

CamCCUL

Cameroon Cooperative Credit Union League.

CRAT

Centre Rural d'Appui Technique.

CASHPOR

Réseau de banques pour les *"plus pauvres"* fonctionnant dans plusieurs pays d'Asie, et ayant pour modèle la Gramen Bank.

CIDR

Centre International du Développement et de Recherche, c'est l'ONG internationale qui mis au point l'approche CVECA de la microfinance.

COBAC

Commission Bancaire d'Afrique Centrale.

CoGes

Comité de Gestion, dont la fonction dans une CVECA est de veiller à sa bonne gestion tout en aidant à l'appropriation de celle-ci par les sociétaires. Il a un rôle très important dans la garantie sociale des crédits.

CVECA

Caisse Villageoise d'Épargne et de Crédit Autogéré, qui est une institution de finance décentralisée généralement destinée aux populations en zone rurale.

Décideur-critique

C'est l'entité dans le processus de décision qui a une autonomie relative avec un certain degré de liberté dans la prise de décision.

Dogon

Région rurale du Mali dans laquelle le CIRD a appuyé le développement d'un système de microfinance de type CVECA qui est autonome de nos jours.

Donateur bilatéral

C'est un pays développé qui donne de l'aide au développement aux pays pauvres.

Donateur international

C'est un organisme international qui donne de l'aide au développement ; en général cette aide est destinée aux pays pauvres.

Expert

C'est une entité ayant de bonnes connaissances théoriques et pratiques dans un domaine d'activité, le cas du micro-crédit.

GIC

Groupement d'Initiative Commune

Garanties

Ce sont des moyens pour les institutions et les organismes donateurs d'utiliser efficacement le volume limité de leurs ressources en encourageant des flux de crédits des marchés financiers vers les programmes de micro-crédit.

Gramen Bank

Banque créée en 1983 au Bangladesh par le Professeur Yunus destinée au *"plus pauvre"*, elle fonctionne suivant le modèle de crédit solidaire. C'est d'ailleurs le succès de cette banque dans la lutte contre la pauvreté qui a amené les donateurs internationaux à utiliser le microcrédit comme l'un des outils principaux de lutte contre la pauvreté dans le monde.

IFD

Institution Financière Décentralisée. Cette dénomination représente tout institut de microfinance qui est beaucoup plus proche des *"plus pauvres"* dans leur gestion et leur fonctionnement, contrairement aux banques de développement qui sont plus centralisées dans leur fonctionnement et leur administration. Comme exemple de IFD, nous avons les CVECA et les Caisses Mutuelles d'épargne et de Crédit.

INADES

Institut Africain pour le Développement Économique et Social, INADES-Formation est son centre de formation. Cette organisme participe dans le PCRD en tant qu'opérateur rural.

MC2

Mutuelle Communautaire de Croissance.

Microcrédit

C'est le système financier légal et formalisé ayant pour vocation d'apporter des services financiers adaptés au développement des *"plus pauvres"* délaissés par les secteurs financiers commerciaux (classiques).

Microentreprise

Entreprise informelle formée d'un artisan, d'un commerçant ambulant ou d'une famille paysanne. Elle est caractérisée par la faiblesse du montant de ses transactions financières et le manque de structure de gestion.

Microfinance

C'est une dénomination qui signifie la même chose que microcrédit.

MINAGRI

Ministère de l'Agriculture.

MINEFI

Ministère de l'Economie et des Finances.

Mutuelle

C'est une institution financière décentralisée issue du modèle de COOPEC, où il est nécessaire de constituer une épargne préalable pour adhérer et accéder au crédit.

ONG

Organisation Non Gouvernementale. Ces organismes non lucratifs apportent l'appui (surtout en terme de formation) nécessaire au développement de la microfinance au sein des populations démunies.

Pays défavorisé

Ce sont les pays sous-développés dont les principales ressources sont agricoles et dont la grande partie de la population (très vulnérable) est constituée des *"plus pauvres"*.

Petite entreprise

Une toute petite entreprise peut être formée d'un artisan, d'un commerçant ambulant ou d'un paysan. Elle est caractérisée par la faiblesse du montant de ses transactions financières et de sa structure de gestion rudimentaire.

Plus pauvre

Terme adopté par le sommet du micro-crédit et la Banque Mondiale pour désigner ceux qui doivent bénéficier des services financiers de la microfinance. Ce terme désigne toute personne vivant avec moins d'un dollar par jour et qui est exclue des services financiers commerciaux parce qu'elle ne présente pas les garanties exigées par ce système.

PCRD

Projet Crédit Rural Décentralisé, ce projet à pour but de créer des réseaux pérennisés de CVECA dans le territoire Camerounais. Le maître d'oeuvre est le Mifed appuyé par le CIDR, et le maître d'ouvrage est le gouvernement camerounais.

Opérateur

Ce sont les organisations qui travaillent depuis longtemps dans l'encadrement des populations du monde rural (au Cameroun) sur lesquels le MIFED s'appuie pour le développement des services financiers idoines aux paysans. Cet entité applique dans le PCRD, les décisions fixées par les experts.

Secteur informel

Le secteur informel ou système *"des amis"* est l'ensemble des activités et d'opérations financières légales qui ne sont pas enregistrées et réglementées et qui échappent à l'orbite des institutions financières officielles. Ce système intègre les tontines, le système financier des usuriers, les systèmes financiers développés au sein des familles, les systèmes financiers développés par des groupes d'amis, les systèmes financiers développés entre des commerçants, etc. Leurs circuits financiers sont caractérisés par : la prédominance des transactions en espèces, l'absence d'enregistrement et de réglementation, l'échelle restreinte des opérations, la facilité d'entrée, l'échange d'actifs hors cadre juridique, un fonctionnement qui s'appuie sur des relations personnelles ou sur des solidarités communautaires [28].

Service Commun

C'est une entreprise de services financiers décentralisés créée par les anciens animateurs des caisses villageoises (pendant le PCRD), qui doit offrir aux réseaux des caisses villageoises les services d'appui que leur apportait le MIFED pendant le projet (PCRD).

Sommet du microcrédit

C'est un sommet mondial de débat sur la finance décentralisée c'est aussi l'occasion de mettre sur pied les programmes d'actions de développement de la microfinance sur une période donnée. Ce sommet regroupe tous les acteurs impliqués dans le développement de la microfinance dans le monde, le premier sommet a eu lieu du 2 au 4 février 1997.

Soudure

Période très difficile pour les paysans, qui précède la traite et où toutes les réserves de vivres sont épuisées. Ce qui rend les paysans vulnérables face aux usuriers véreux qui font de la spéculation financière.

Super-décideur

C'est l'entité tout au sommet dans la hiérarchie des acteurs du processus de décision qui fournit les moyens pour la réalisation du projet.

Système informel

C'est l'ensemble des activités et opérations financières légales mais qui ne sont pas officiellement enregistrées et réglementées et qui échappent à l'orbite des institutions financières officielles.

Système financier décentralisé

C'est une organisation d'appui financier légale et formalisée, parfois établie comme institution financière à part entière, ayant pour vocation d'apporter du crédit aux micro-entrepreneurs délaissés par le secteur financier institutionnel.

Traite

Commercialisation par des grandes spéculations agricoles (arachide, coton, riz, mil, maïs, etc.) dans une période de l'année.

Union

Ensemble de Caisses de base qui se regroupent pour créer une structure dans une circonscription territoriale (un réseau de CVECA) gérées par les représentants des CVECA, pour s'entre-aider (les caisses) et bénéficier (et payer s'il le faut) des mêmes services d'appui de la cellule nationale (MIFED) ou du service commun.

UE

Union Européenne. C'est la représentation à Yaoundé qui finance de nombreux programmes de développement.

Yagoua

Ville du Cameroun qui se trouve en zone sahélienne, elle se trouve en position centrale au réseau des CVECA du département du Mayo Danay.

D.3 Glossaire de l'aide à la décision

Action

C'est un objet, une décision, un candidat, ... que l'on va explorer dans le processus.

Agi

C'est celui qui de façon passive, subit les conséquences de la décision, laquelle est censée tenir compte de ses préférences.

APACHE

Acquisition Par Apprentissage de Connaissances Humaines Expertes, qui est une implémentation du modèle HBM (voir [36]).

Processus de décision

C'est le circuit des décisions qui va du super-décideur (les organismes qui financent les projets de microcrédit) passe par les décideurs critiques (ONG ou autres organisations qui travaillent dans le développement sur le terrain d'un système financier décentralisé) et aboutit aux agis (les bénéficiaires du microcrédit).

Pseudo-action

C'est un élément imaginaire de l'espace de décision qui ne correspond pas à un objet qui a une existence propre telle qu'une action.

Pseudo action de référence

Les pseudo-actions de référence servent à la définition des classes de tri. Les éléments de R^c et R^r sont des pseudo-actions de référence.

HBM

Heuristique de la Base Mobile, c'est un modèle cognitif du décideur (voir [11]).

Segmentation trichotomique

C'est une procédure de tri où les catégories considérées sont limitées au nombre de trois V^c, V^r et V^d, elles correspondent par exemple dans un processus d'octroi de crédit à "l'acceptation", "le refus" et "l'attente pour complément d'information" (voir [67]).

Résumé

L'évaluation des institutions de microfinance et la prise de décision dans la gestion des microcrédits sont les motivations des travaux de cette thèse. Pour apporter une solution à ces problèmes, nous avons développé une méthodologie d'aide multicritère à la décision.

C'est une méthodologie d'aide à la décision pour la résolution d'un problème de "sélection/rejet" dans un contexte multidécideurs ou plusieurs points de vue peuvent s'exprimer. La méthodologie est composée de trois étapes. Dans un premier temps, nous déterminons les stratégies de décisions individuelles de chaque décideur. Celles-ci sont représentées par des règles de la forme "si condition alors conclusion". La seconde étape consiste à calculer un ensemble unique de règles prenant en compte les différents ensembles de stratégies de décision. On dispose alors d'une sorte de "décideur épistémique". Cette opération a pour effet de structurer l'espace de décision en trois zones ordonnées : une zone de rejet, une zone d'acceptation et une de doute pour laquelle les décideurs ne convergent pas suffisamment. La troisième étape de notre méthode consiste à fournir une recommandation aux décideurs lorsqu'une nouvelle action se présente. Le classement d'une nouvelle action se fait bien évidemment facilement pour les deux premières zones. Nous développons une nouvelle méthode d'aide à la décision pour établir une recommandation pour les actions se situant dans la zone de doute.

Cette méthodologie est appliquée pour le processus de sélection des institutions de microfinance au refinancement dans le PCRD (Projet Crédit Rural Décentralisé) au Cameroun. Elle peut s'appliquer à toute problématique où plusieurs décideurs coopèrent pour faire des tâches de jugement sur des actions décrites par plusieurs critères qualitatifs ordinaux.

Mots-clés : Aide multicritère et multiacteur à la décision, règle majoritaire, zone de doute, institution de microcrédit, refinancement.

Abstract

The evaluation of microfinance institutions and the decision-making in the management of "microcrédits" are the motivations of these works. To bring solutions to these problems, we have developed a multicriteria decision aid methodology.

This methodology aimed to perform "selection/elimination" tasks on objects in a multiactor context, where several points of view can be expressed. The methodology is composed of three stages. Initially, we determine the individual decision strategies of each expert. They are represented by "if then" rules. The second stage consists of computing a set of rules, which takes into account the various decision strategies. Then we have a kind of "epistemic decision maker". This operation structures the decision space into three ordered zones: one for elimination, one for selection and the last one for doubt when the decision makers do not converge sufficiently. The third stage of our method provides a recommendation to decision makers when a new action is presented. Therefore, the classification of a new action is made easily for the first two zones. We propose a new decision aid method to perform recommendations for actions located in the doubt zone.

This methodology is applied in Cameroon for the microfinance institutions selection process for refinancing in the PCRD (Projet Crédit Rural Décentralisé), a decentralized rural credit project. It can be extended to other contexts and problems where several decision makers cooperate to make tasks of judgement on actions described by several ordinal qualitative criteria.

Key words: multiactor and multicriteria decision aid, majority rule, doubt zone, microcrédit institutions, refinancing.