

169752

T.C. GALATASARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEDARİKÇİ SEÇİMİ PROBLEMİNE BİR BULANIK VERİ ZARFLAMA ANALİZİ
YAKLAŞIMI
(UNE APPROCHE FLOUE D'ANALYSE D'ENVELOPPMENT DES DONNEES
AU PROBLEME DE SELECTION DE FOURNISSEUR)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

End.Müh. Mehmet Hakan AKYÜZ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 Mayıs 2005

Tezin Savunulduğu Tarih : 16 Haziran 2005

Tez Danışmanı : Prof. Dr. E. Ertuğrul KARSAK *E. Ertugrul Karsak* 29/06/2005

Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Mevlüde Ebru ANGÜN *Mevlude Ebru Angun* 29/06/2005

Yrd. Doç. Dr. Tankut ACARMAN *Tankut Acarman* 27.06.2005

HAZİRAN 2005

Préface

La sélection de fournisseur est un processus essentiel pour la continuité des compagnies. La rentabilité des compagnies peut être augmentée avec l'utilisation d'un procédé de sélection formelle de fournisseur et la structure de multi-critères de sélection de fournisseur peut être manipulée avec l'aide de quelques modèles de prise de décision. DEA, qui a l'avantage d'être une technique objective, est un des plus puissante de tels modèles. Il permet également d'incorporer l'imprécision au processus de décision afin de faire face à l'incertitude, qui pourrait être présente dans le procédé de sélection. Puisque la sélection de fournisseur sous l'incertitude a été traitée dans seulement quelques études, cette étude a un but de remplir l'espace dans la littérature à un degré.

Je voudrais remercier au Prof. E. Ertuğrul Karsak pour son aide pendant mes études. Ses attitudes de motivation m'ont toujours rendu plus ambitieux et déterminé pendant tous mes moments soucieux. Il m'a contribué beaucoup pour développer mes pensées et ma connaissance avec ses commentaires perspicaces.

Je voudrais également remercier à ma famille qu'elles m'ont toujours fait confiance et ont toléré mes fautes. Pour finir, je voudrais envoyer mes salutations à mes amis qui étaient toujours près à moi avec leur appui moral.

Mehmet Hakan AKYÜZ

İstanbul, 19 / 05 / 2005

Table des Matières

	Page
Préface	ii
Table des Matières	iii
Liste des Notations	vi
Liste des Figures	vii
Liste des Tableaux	viii
Résumé	x
Özet	xiii
1. Introduction	1
2. Méthodologies de Sélection de Fournisseur et Enquête de Littérature	5
2.1. Modèles Descriptifs	7
2.2. Modèles Prescriptifs	14
2.2.1. Modèles Pondérés	14
2.2.2. Modèles Coût-basés	24
3. Analyse d'Enveloppement des Données (DEA)	28
3.1. Modèle de CCR	28
3.2. Modèle de BCC	31
3.3. Prolongements aux Modèles de DEA	33
3.3.1. Modèles Croisés d'Efficacité	33
3.3.1.1. Modèle Croisé Agressif d'Efficacité	35
3.3.1.2. Modèle Croisé Bienveillant d'Efficacité	36
3.3.1.3. L'Indice de Maverick	37
3.4. Applications des Modèles de DEA au Procédé de Sélection de Fournisseur	37
3.4.1. Modèle de Weber [31] de DEA pour Mesurer la Performance de Fournisseur	37

3.4.2. Méthodologie de Talluri et Narasimhan [32] pour Résoudre le Problème de Fourniture Stratégique	40
4. Sous-Ensembles Flous et DEA Flou	44
4.1. Sous-Ensembles Flous et Définitions de Base	44
4.1.1. Nombres Flous et Arithmétique Floue	48
4.1.1.1. Représentation de LR des Nombres Flous	48
4.1.1.2. Nombres Flous Triangulaires	49
4.1.1.3. Nombres Flous Trapézoïdaux	50
4.1.1.4. Opérations Arithmétiques sur les Nombres Flous	51
4.1.2. Théorie de Possibilité	54
4.1.2.1. Mesure de Possibilité	55
4.2. DEA Flou	56
4.2.1. Modèle Flou de DEA de Lertworasirikul et al. [17]	57
4.2.1.1. Événements Flous par l'Intermédiaire de la Mesure de Possibilité (Lerworasirikul et al. [17])	58
4.2.1.2. Modèle de Possibilité de DEA	59
5. Approche de DEA Flou au Problème de Sélection de Fournisseur	63
5.1. Sélection de Fournisseur	63
5.1.1. Critères de Sélection	65
5.1.1.1 Conformité à la Politique de Compagnie	66
5.1.1.2 Capacités de Gestion	67
5.1.1.3 Capacités Physiques	67
5.1.1.4 Statut Financier	68
5.1.1.5 Qualité	68
5.1.1.6 Coût	69
5.1.1.7 Service	69
5.1.2. Méthodologie	70
5.2. Exemple Numérique	71
5.2.1. Sorties et Entrées du Problème de Sélection de Fournisseur	71
5.2.2. Résultats	76
6. Conclusion	78
Bibliographie	80

Appendice A	86
Appendice B	88
Biographie	92



Liste des Notations

AHP: "Analytic Hierarchy Process"

ANP: "Analytic Network Process"

BCC: "Banker-Charnes-Cooper"

CAD: "Computer-Aided Design"

CAM: "Computer-Aided Manufacturing"

CEM: "Cross-efficiency Matrix"

CNC: "Computerized Numerical Control"

CRS: "Constant Returns to Scale"

DEA: "Data Envelopment Analysis"

DMU: "Decision Making Unit"

EDI: "Electronic Data Interchange"

EOQ: "Economic Order Quantity"

FCCR: "Fuzzy Charnes-Cooper-Rhodes"

PCCR: "Possibility Charnes-Cooper-Rhodes"

FSI : "Fuzzy Suitability Index"

JIT: "Just-in Time"

PCA: "Principal Component Analysis"

R & D: "Research and Development"

TQM: "Total Quality Management"

TFN: "Triangular Fuzzy Number"

VRS: "Variable Returns to Scale"

Liste des Figures

Figure 2.1 La hiérarchie des attributs pour sélection internationale, adaptée de l'article de Hokey Min [35].	16
Figure 2.2 Modèle de choix de fournisseur de Liu et al. [29].	21
Figure 4.1 Illustration des termes de support, de noyau et de coupe- α , adaptée de Klir et al. [47].	46
Figure 4.2 Sous-ensemble flou convexe, adapté de Zimmermann [46].	47
Figure 4.3 Sous-ensemble flou non-convexe, adapté de Zimmermann [46].	47
Figure 4.4 Nombre Flou Triangulaire.	50
Figure 4.5 Nombre Flou Trapézoïdal.	51
Figure 5.1 Procédé de Sélection de Fournisseur.	65
Figure 5.2 Les Fonctions d'Appartenance Triangulaires pour les Variables Linguistiques Correspondantes aux Critères. TB: (0,0,3); B: (1,3,5); M: (3,5,7), H: (5,7,9), TH: (7,10,10)	74

Liste des Tableaux

Tableau 2.1	Le sommaire des modèles et de leur classification	6
Tableau 2.2	Les attributs des acheteurs considérés par Lehmann et O'Shaughnessy [5]	8
Tableau 2.3	Critères de sélection d'association de fournisseur par Ellram [7]	10
Tableau 2.4	Une comparaison des critères de sélection de Dickson [4] et de Weber et al. [1], adapté de Weber et al. [1]	11
Tableau 2.5	Facteurs considérés par Simpson et al. [3]	13
Tableau 2.6	Critères de sélection de fournisseur proposé par Masella et Rangone [24]	18
Tableau 2.7	Liste des technologies considérées par Braglia et Petroni [27]	20
Tableau 2.8	Liste de critères de sélection de fournisseur de Kahraman et al. [34]	23
Tableau 2.9	Contraintes potentielles de système, adaptées de Weber et Current [38]	25
Tableau 2.10	Contraintes potentielles de politique, adaptées de Weber et Current [38]	25
Tableau 2.11	Éléments de coût potentiels de l'achat international, adaptés de Motwani et al. [41]	27
Tableau 3.1	La Matrice d'Efficacité Croisée (CEM), adaptée de Doyle et Green [43]	34
Tableau 3.2	Données de six fournisseurs de Weber [31]	39
Tableau 3.3	Résultats obtenus d'étude de Weber [31]	39
Tableau 3.4	Données des fournisseurs adaptées de Talluri et Narasimhan [32]	42
Tableau 3.5	Points d'efficacité obtenus à partir de l'étude de Talluri et Narasimhan [32]	43
Tableau 4.1	L'ensemble des données considérés par Lertworasirikul et al. [17]	62
Tableau 4.2	Résultats du modèle PCCR1	62
Tableau 5.1	Critères de sélection de fournisseur considéré dans l'étude	66

Tableau 5.2	L'ensemble des données des fournisseurs utilisé dans l'étude	75
Tableau 5.3	Les résultats des valeurs d'efficacité à 5 niveaux de possibilité par l'approche de possibilité	77
Tableau 5.4	Résultats du meilleur-mauvais cas de l'approche basée de niveau- α	77
Tableau 5.5	Résultats du mauvais-meilleur cas de l'approche basée de niveau- α	77



Résumé

Dans les environnements de production fortement concurrentiels d'aujourd'hui, des entreprises sont forcées d'améliorer leur efficacité afin de survivre. La performance de supply chain à laquelle leurs fournisseurs et clients appartiennent, affecte cette efficacité. Les fournisseurs constituent une des branches importantes de la hiérarchie de supply chain et, les états du marché et les demandes de client changeant rapides exigent l'intégration des sociétés avec leurs fournisseurs. Pour cette raison, jusqu'ici, le problème de sélection de fournisseur a attiré une grande attention des chercheurs.

La structure du problème de sélection de fournisseur est en soi des multi-critères qui donnent naissance à un certain nombre de critères à considérer. Les plus importants critères peuvent être énumérés comme prix (coût), qualité, livraison et service. Dans la littérature de la sélection de fournisseur, un extensif éventail des modèles est proposé. Beaucoup de chercheurs ont proposé des modèles généraux en expliquant quelle méthodologie était plus appropriée dans quelle situation par l'intermédiaire des études empiriques.

Dans cette étude, des méthodologies de sélection de fournisseur sont divisées en deux catégories principales: *i.* Les modèles descriptifs et *ii.* Les modèles prescriptifs ou normatifs. Les modèles descriptifs proposent la manière que des décisions sont prises réellement. Les modèles prescriptifs proposent la manière qu'une décision devrait être faite et présentent les modèles en service d'une entreprise et les modèles potentiels. Les modèles prescriptifs sont alors divisés en deux sous catégories qui sont les modèles pondérés et les modèles coût-basés. Puis, la littérature appropriée de sélection de fournisseur est inspectée et les articles sont classifiés selon leur convenance à la catégorie mentionnée ci-dessus. L'enquête de littérature est présentée afin d'expliquer la procédure de sélection de fournisseur et elle dessine un tableau d'ensemble de l'état actuel de l'art.

Bien que, dans beaucoup de cas, les critères de sélection aient inclus l'imprécision dans eux, il y avait un manque dans la littérature que l'incorporation de l'incertitude dans le procédé de sélection était traitée seulement dans deux études. Deux raisons peuvent être données afin d'expliquer le besoin d'intégration d'imprécision dans le processus: *i*. La disponibilité des données appropriées de fournisseur ne peut pas être garantie, *ii*. Les données recueillies incluent la subjectivité du personnel d'achat et des cadres de l'entreprise ou la subjectivité du personnel et des cadres du fournisseur. La théorie de sous-ensembles flous peut être utilisée comme un remède dans les environnements imprécis de prise de décision. Cette théorie nous permet d'imiter le raisonnement humain incorporé dans des situations imprécis de prise de décision.

De ce point de vue, dans cette étude, une approche de possibilité au modèle de DEA (Data Envelopment Analysis) flou est utilisée pour le procédé de sélection de fournisseur. DEA est une technique de programmation mathématique qui mesure l'efficacité relative d'un groupe de DMUs (Decision-Making Units). Chaque DMU est évalué en ce qui concerne ses entrées et sorties considérant les entrées et les sorties des autres DMUs. DEA permet à un décideur d'obtenir les poids objectifs pour DMUs et il élimine la difficulté de la tâche de poids et le problème de subjectivité inhérent pour le décideur. Dans la Section 3, les modèles de CCR et de BCC, quelques modèles de prolongation pour DEA et les exemples des solutions de problème de sélection de fournisseur accomplies par DEA sont présentés.

En outre, dans la Section 4, le cadre mathématique pour les sous-ensembles flous est présenté et l'utilisation d'un modèle de DEA flou est illustrée avec un exemple de la littérature. En 1978, L. Zadeh a développé la théorie de possibilité en définissant la distribution de possibilité comme une restriction floue avec sa fonction d'appartenance étant une fonction de distribution de possibilité liée à une variable floue et cette théorie est utilisée dans le modèle de possibilité de DEA flou.

L'approche de possibilité au modèle de DEA flou est même utilisée dans la Section 5 dans la quelle l'application du modèle de DEA flou à la sélection de fournisseur est présentée. La structure du modèle fournit un avantage informatique pendant l'obtention

de solution du modèle puisque, contrairement à un certain nombre des modèles de DEA flou, l'approche de possibilité de DEA est une approche monophasée. Pour illustrer l'application de l'approche de possibilité de DEA à la sélection de fournisseur, un ensemble hypothétique des données comprenant deux entrées et cinq sorties pour dix fournisseurs est construit.

Dans cette étude, une nouvelle perspective au procédé de sélection de fournisseur est développée. En plus de l'imprécision incorporée dans cette étude, l'interprétation des critères est un peu différente que les études précédentes qu'un nouveau critère est inclus dans le modèle qui est "Conformité à la politique de compagnie". Ce critère reflète deux propriétés de base qui devraient exister dans les modèles de sélection de fournisseur. D'abord, puisque l'entreprise exécute le processus d'évaluation, quelques "facteurs doux" se reflétant des politiques stratégiques spécifiques à l'entreprise, peuvent être exigés dans le modèle. En second lieu, puisque le type de produit affecte la sélection de fournisseur, quelques facteurs dépendants au produit, qui affectent la politique de compagnie, reflétant la nature de la situation d'achat, peuvent également être exigés dans le modèle. Les autres critères inclus dans le procédé de sélection étaient les capacités de gestion du fournisseur, les capacités physiques du fournisseur, le statut financier du fournisseur, la qualité du produit, le coût et les capacités de service du fournisseur.

Bien qu'il y ait eu plusieurs approches de DEA appliquées à la procédure de sélection, personne d'eux n'a étudié l'imprécision qui peut exister dans le problème de choix de fournisseur. Les résultats indiquent qu'une approche de DEA flou peut très bien servir d'un outil de prise de décision dans les décisions de sélection de fournisseur.

Finalement, on devrait affirmer que le type de produit affecterait tous les critères considérés ici et l'évaluation du contenu de chaque critère peut changer de la situation à la situation. Le décideur devrait prendre en compte ce facteur afin de prendre des décisions saines.

Özet

Günümüz üretim çevrelerinin ağır rekabet koşulları altında, firmalar ayakta kalabilmek için verimliliklerini sürekli olarak artırmaya zorlanmaktadır. Sadece firma performansı değil, aynı zamanda firmanın, tedarikçilerinin ve müşterilerinin de içinde bulunduğu tedarik zincirinin etkinliği de bu performansı doğrudan etkilemektedir. Tedarikçiler, tedarik zinciri hiyerarşisinin sadece bir ayağını oluşturmaktadır ve hızlı değişen pazar koşulları ile müşteri talepleri, firmaları tedarikçileriyle daha entegre çalışmaya zorlamaktadır.

Tedarikçi seçimi problemi, bugüne kadar, araştırmacıların yoğun ilgisini çekmiştir. Literatürde pek çok farklı yöntem kullanılmış ve firmaların tedarikçi seçim süreçleri incelenmiştir. Bu çerçevede sürecin teorik olarak nasıl olması gerektiği araştırılmış ve sonrası için temel teşkil edecek argümanlar ortaya konulmuştur. Pek çok araştırmacı hangi yöntemin veya hangi ölçütlerin hangi koşullar altında daha uygun olduğunu belirten genel modeller sunmuş ve pek çok deneysel çalışmalar yapmıştır. Çeşitli anketler vasıtasıyla, satın alma tipleri sınıflandırılmaya çalışılmış ve hangi ölçütlerin hangi satın alma durumunda kullanılması gerektiği incelenmiştir. Pek çok endüstriyel uygulamada, çalışılan firmalara özel tedarikçi seçim süreçlerinin nasıl olacağı belirlenmiş ve yine firmaya özel olarak seçim gerçekleştirilmiştir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde, tedarikçi seçimi probleminde, yapısal olarak, birden fazla ölçütün göz önünde bulundurulmasını gerektiği gözlemlenmiştir. Literatürde her ne kadar otuzdan fazla ölçüt incelenmiş olsa da, en önemli kriterler “Ürün Fiyatı (Maliyet)”, “Kalite”, “Teslimat” ve “Servis” olarak sıralanabilir. Değnilmesi gereken bir diğer nokta ise, tedarikçi seçim sürecini ve ölçütlerini etkileyen iki faktörün ön plana çıkmasıdır. Seçim sürecini etkileyen birinci faktör ürün çeşidi, ikinci faktör ürün çeşidiyle de etkileşim içerisinde olan firma politikalarıdır. Ölçütlerin seçimi ürün çeşidine göre farklılık gösterebilmektedir. Örneğin bazı kritik ürünleri alırken kalite

kriteri ön plana çıkarken, piyasadan kolay elde edilebilen ve sık kullanılan ürünleri alırken fiyat (maliyet) ölçütü ön plana çıkabilmektedir. Öte yandan üretilen ürünle etkileşim içerisinde bulunan firma politikaları da ölçütlerin seçimini etkilemektedir. Örneğin, yine kalite ölçütü, firmamız Toplam Kalite Yönetimini benimsemişse daha fazla ön plana çıkacak, hızlı değişen pazarlarda (ürün ömrü çevriminin kısa olduğu pazarlarda) rekabet ediyorsak AR/GE faaliyetlerine katkıda bulunması açısından tedarikçi firmanın fiziksel kapasitesi daha önemli bir ölçüt olarak tercih edilebilecektir. Kısaca, tedarikçi seçim süreci, ürüne ve firmaya özel bir yapı göstermekte, bu da her koşul altında uygulanabilen tek bir metodolojinin varolmasını engellemektedir.

Tedarikçi seçimiyle ilgili bir diğer göze çarpan nokta ise bugüne kadar yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunun kesin verilere dayanmasıdır. İncelenen çalışmalar içerisinde yalnızca iki tanesinin bulanık verilerle dayanan seçim süreci geliştirdiği gözlenmiştir. Halbuki, pek çok durumda, tedarikçi seçim süreci içerisinde belirsizlik ortamı bulunmaktadır ve bu belirsizliğin, oluşturulacak modellere katılması gerekmektedir. Belirsizlik ortamını yaratan iki sebep şöyle sıralanabilir: *i.* Tedarikçilere ait yeterli yada istenen verilerin elde bulunması her zaman garanti edilememektedir, *ii.* Elde edilen veriler, pek çok zaman alıcı firmanın satın alma departmanı çalışanları veya yöneticileri ile tedarikçi firmanın satış personeli veya yöneticilerinin sübjektif olan kişisel görüşlerini içermektedir.

1965 yılında ilk kez L. Zadeh tarafından geliştirilen Bulanık Küme Teorisi, bu gibi belirsizlik ortamında karar verme durumları için uygun araçları sunabilmektedir. Bu teori belirsizlik ortamında karar verme durumlarında insan düşünce sistemini taklit etmemize olanak sağlamaktadır. Klasik Küme Teorisinde evrensel kümenin bir elemanı, evrensel küme içerisinde tanımlanan bir altküme ya ait olabilir ya da ait olamazdı. Ancak bulanık küme teorisi, insan düşünme sistemine benzer şekilde, bir elemanın kısmi olarak da bir küme ya ait olabileceğini ortaya koyarak yeni bir alan yaratmıştır. Örneğin günlük hayatta, pek çok kez, çeşitli sıfatlar kullanarak bazı kavramları tanımlamaya çalışırız. Klasik küme teorisine göre “Uzun boylular” kümesini 1.80 ve daha yukarısı olarak tanımladığımızda, boyu 1.79 olan kişinin, uzun boylu olmadığını için, bu kümede yer almaması gerekmektedir. Halbuki, bulanık küme teorisi, geleneksel

bakış açısıyla, 1.80 için 1 ve 1.79 için 0 olan bu aidiyetin (0,1] aralığında olacağını, 1.80 boyundaki birisinin kümeye aidiyeti 1 ise 1.79 boyundakinin kümeye aidiyetinin, örneğin, 0 yerine 0.95 olabileceğini belirtmektedir. Başlangıcından bugüne kadar pek çok farklı alanda uygulama imkanı bulan bu teori, belirtildiği gibi bulanık karar verme durumlarında da etkin matematiksel araçları sunabilmektedir.

Bu çalışmada literatürdeki tedarikçi seçim modelleri temelde iki sınıfa ayrılmıştır: *i.* Tanımlayıcı Modeller, *ii.* Reçete veya Durumsal Modeller. Tanımlayıcı Modeller tedarikçi seçimi kararının teorik olarak nasıl alınması gerektiğini inceleyen modellerdir. Genel olarak çeşitli anketlerle seçim ölçütlerinin incelendiği çalışmalardır. Literatür araştırması kapsamında yer alan ancak seçim ölçütlerinin nasıl olması gerektiğine katkıda bulunan çalışmalar da bu başlık altında incelenmiştir. Durumsal Modeller kararın gerçekte nasıl verildiğini inceleyen, bazı şirketlerin kullanmakta olduğu veya kullanabileceği seçim süreçlerini ortaya koyan modellerdir. Durumsal Modeller daha sonra *i.* Ağırlıklandırma Modelleri ve *ii.* Maliyet Bazlı Modeller olarak iki grup altında toplanmıştır. Yapılan literatür çalışmasında incelenen çalışmalar, daha sonra bu başlıklar altında sınıflandırılmış ve çalışmaların içeriği anlatılmıştır. Literatür araştırması kısmı tedarikçi seçim sürecinin genel bir resmini çizmek ve sürecin ayrıntılarını açıklamak için sunulmuştur.

Bu çalışmada, tedarikçi seçim süreci, bulanık veri zarflama analizine bir olabilirlik yaklaşımı kullanılarak ele alınmıştır. Bu bağlamda Bölüm 3'te Veri Zarflama Analizi (VZA) modelleri anlatılmıştır ve literatürdeki bazı tedarikçi seçimi uygulamalarında kullanılan VZA modelleri çözümlenerek incelenmiştir. VZA bir grup "Karar Verme Biriminin (KVB)" performansını ölçen bir matematiksel programlama tekniğidir. VZA'da, diğer KVB'lerin girdi ve çıktıların ağırlıklandırılmış oranına (performansına) göre her KVB kendi girdi ve çıktıların ağırlıklandırılmış oranının bulunması amacıyla değerlendirilir. Başka bir deyişle VZA'da, her KVB için kendi performans skorunu maksimize edecek girdi ve çıktı ağırlıkları diğer KVB'lerin aynı ağırlıklarla elde edecekleri performans kısıtları altında incelenir. VZA karar vericinin her KVB için objektif ağırlıklar elde etmesini sağlar ve bu da karar vericinin subjektif bir şekilde belirleyeceği kriter ağırlıklarının atanması problemini ortadan kaldırır. Bu

bölümde, temel iki VZA modeli olan CCR (Charnes-Cooper-Rhodes) ve BCC (Banker-Charnes-Cooper) modelleri ile CCR modelinin ayırt etme gücünü artırmak için ortaya atılan iki adet Çapraz Performans (Cross-efficiency) modeli sunulmuştur. Daha sonra, örnek makalelerde ilk olarak bir Dual-BCC modelinin tedarikçi seçimine uygulanması incelenmiş, ikinci olarak iki aşamada CCR ve Atılgan Çapraz Performans (Aggressive Cross-efficiency) modellerinin uygulanmasıyla çözülen bir başka tedarikçi seçimi makalesi incelenmiştir.

Bölüm 4'te, Bulanık Küme Teorisinin temel matematiksel çerçevesi ve bu çalışmada kullanılacak olan Bulanık VZA modelinin literatürdeki örneği sunulmuştur. İncelenen Bulanık VZA modelinde yaklaşım olarak L. Zadeh tarafından yine bulanık küme teorisinin araçları kullanılarak 1978'de ortaya atılan olabilirlik teorisi kullanılmıştır. Zadeh, olabilirlik dağılımını, olasılık teorisindeki olasılık dağılımından hareketle, bulanık bir kısıtın bir değişkene bağlı üyelik fonksiyonu olarak tanımlamıştır. Örneğin 28 yaşındaki birisinin "Gençler" kümesine aidiyeti 0.7 olsun, burada "Gençler" kümesi bir bulanık kısıt, "Yaş" bir değişken ve 0.7 de 28 yaşın mevcut bulanık kısıt altında olabilirlik derecesini belirtmektedir. Bölümün devamında ise olabilirlik yaklaşımının kullanıldığı Bulanık VZA makalesinin ayrıntıları anlatılmış ve makale çözümlenerek sonuçları sunulmuştur.

Bulanık VZA'ya olabilirlik yaklaşımı modeli daha sonra Bölüm 5'te tedarikçi seçimi sürecinin uygulama kısmında kullanılmıştır. Modelin, bazı diğer Bulanık VZA yaklaşımlarının aksine, tek aşamalı oluşu çözüm sürecinde hesaplama açısından kolaylıklar sunmaktadır. Uygulama kısmında ise Bulanık VZA yaklaşımının tedarikçi seçim sürecine uygunluğunu daha iyi açıklamak için iki girdi ve beş çıktıdan oluşan ve on tedarikçi için oluşturulan hipotetik veri kümesi kullanılmıştır.

Bu çalışmada tedarikçi seçimine yeni bir bakış açısı geliştirilmiştir. Seçim sürecine katılan belirsizlik kavramının yanı sıra, "Firma Politikasına Uygunluk" adı altında yeni bir ölçüt tanımlanmış ve geçmiş çalışmalara göre ölçütlerin yorumlanması kısmen farklı yapılmıştır. Bu ölçüt tedarikçi seçim modellerinde bulunması gereken iki temel özelliği yansıtmaktadır. Birincisi, firmaların değerlendirme çalışmasını yürüttüğü düşünülürse,

firmaya özel bazı stratejik politikaların (“Soyut Faktörler”) modele katılması gerekmektedir. İkincisi, şirket politikalarını da etkileyen, satın alınan ürün tipinin de tedarikçi seçimini etkilediği göz önünde bulundurulursa, satın alma durumunun yapısını yansıtacak şekilde seçim modeline katılması gerekmektedir. Somutlaştırmak gerekirse firma politikası, “Tam Zamanında Üretim”, “Toplam Kalite”, “AR/GE”, “İlişki Politikaları”, “Çevresel Politikalar” gibi firmanın seçim sistemine bakış açısını etkileyebilecek politikalarlardır. Diğer taraftan tedarikçi firmanın yaklaşımı örneğin iş yapmaya istekli oluşu da “Firma Politikalarına Uygunluk” kriterini etkileyecektir. Ek olarak satın alınan ürün tipi de firma politikasını şekillendirdiğinden, tüm bu bileşenleri içermesi açısından bu ölçüt oluşturulmuştur. Seçim modelinde kullanılan diğer ölçütler ise tedarikçi firmanın yönetim kapasitesi, fiziksel kapasitesi, finansal durumu, ürün kalitesi, maliyeti ve servis kapasitesidir. Yönetim kapasitesi ile belirtilen yönetimin liderlik yeteneği, vizyonu ve tedarikçiyi daha ileri noktalara taşıyıp taşıyamayacağı gibi konuları içermektedir. Fiziksel kapasite ile belirtmek istenen, tedarikçi firmanın öncelikle firma talebini karşılama yeterliliği var mı, sonrasında ise üretim kabiliyetinin ne olduğudur. Örneğin, ürün geliştirme faaliyetlerine katkıda bulunabilecek mevcut altyapısının varlığı, hangi imalat teknolojilerine sahip olduğu, potansiyel iyileştirmelere uygunluğu olarak düşünülebilir. Veriler oluşturulurken “Firma Politikalarına Uygunluk”, “Firmanın Yönetim Kapasitesi” ve “Firmanın Fiziksel Kapasitesi” için sözel değişkenler tanımlanmış ve daha sonra bunlar üçgen bulanık sayıya dönüştürülmüştür. “Finansal Durum” kriteri gelecekte tedarikçi firmanın mali sıkıntılarla karşı karşıya gelip gelmeyeceği konusunda bir ön fikir edinmemiz açısından önemlidir. Finansal durum göstergesi olarak çeşitli finansal oranlar kullanılabilir ancak bu çalışmada borçların özsermayeye oranı bir mali durum göstergesi olarak belirlenmiştir. “Ürün Kalitesi”nin de farklı şekilde tanımlanması mümkün olsa da geleneksel yaklaşımlardaki sipariş başına teslim edilen kaliteli ürün yüzdesi olarak belirlenmiştir. “Servis” kriteri tedarikçinin satış sonrası hizmetleri, teslimat, ürün eğitimi, teknik destek gibi konuları içermektedir. Bu kriterin, diğer kriterlerde olduğu gibi, sağlanan ürüne göre farklı öncelikleri ön plana çıkarabileceği göz önünde bulundurulması gereken bir durumdur. Bu çalışmada, geleneksel olan, zamanında teslimat yüzdesi bir gösterge olarak düşünülmüştür. “Finansal Durum”, “Ürün Kalitesi” ve “Servis” için üçgen bulanık sayılar kullanılmıştır. Son olarak “Maliyet” kriterinin

sipariř maliyeti, taşıma maliyeti, ürün maliyeti ve satın alma personel maliyetinin toplamından oluştuđu düşünölmüş ve diđer kriterlere göre daha kesin biçimde elde edilebileceđi düşünöldüğünden kesin sayılarla ifade edilmiştir. Örnek problem belirtilen bulanık VZA yaklaşımıyla çözüldükten sonra elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

Tedarikçi seçimine VZA yaklaşımının literatürde birkaç örneđi olmasına rağmen bunların hiçbirisi seçim sürecinde bulunabilecek bir belirsizliđi içerecek şekilde oluşturulmuş modeller deđildir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar bulanık VZA'nın tedarikçi seçim sürecinde bir karar verme yaklaşımı olarak kullanılabileceđini göstermektedir.

Sonuç olarak, bu çalışmada kullanılan tüm ölçütler satın alınan ürün çeşidinden etkileneceđinden, deđerlendirme sürecinin durumdan duruma farklılık gösterebileceđi gözden kaçmaması gereken bir noktadır. Nihai kararı verecek olan karar verici, sağlıklı kararlar almak için bu durumu dikkate almalıdır.

1. Introduction

Dans les environnements de production fortement concurrentiels d'aujourd'hui, des entreprises sont forcées d'améliorer leur efficacité afin de survivre. Non seulement la performance d'entreprise affecte l'efficacité des compagnies, mais également la performance de supply chain à laquelle leurs fournisseurs et clients appartiennent, affecte cette efficacité. Les fournisseurs constituent une des branches importantes de la hiérarchie de supply chain, et les états du marché et les demandes de client changeant rapides exigent l'intégration des sociétés avec leurs fournisseurs. Les coûts d'achat d'entreprises rapportent également une proportion élevée d'activités financières des sociétés. Weber et al. [1] ont indiqué que la proportion peut accroître jusqu'à 80% des coûts de produit d'entreprises particulièrement pour les entreprises de technologie élevée. L'image devient plus claire avec l'observation appropriée de Singh [2]. L'auteur indique que les coûts usinant peuvent être jusqu'à 20% des coûts de nouveaux systèmes de fabrication et que la proportion peut augmenter en cas d'Atelier Flexible. Afin d'assurer une continuité digne de confiance, les entreprises devraient organiser et choisir leurs fournisseurs de sorte qu'elles accomplissent leurs objectifs à court et à long terme. Contrairement aux attentes traditionnelles, un procédé de sélection formel de fournisseur est une obligation toujours pour beaucoup d'entreprises que la plupart des entreprises n'ont pas une procédure de sélection systématique en marche [3].

L'étude primitive de Dickson [4] a créé un chemin fructueux dans la littérature de sélection de fournisseur. L'étude a dessiné le tableau général des critères de sélection. Dès lors, beaucoup d'auteurs ont étudié la procédure de sélection par l'intermédiaire des questionnaires, des études de cas, des études hypothétiques etc. (c.-à-d.. Lehmann et O'Shaughnessy [5], Timmerman [6], Ellram [7], Weber et al. [1]). Jusqu'ici, beaucoup de perspectives sont développées, c.-à-d. sélection de fournisseur clair ou flou, avec l'article seul ou multiple, logistique ou stratégique etc., différentes méthodologies de solution sont utilisées, c.-à-d. AHP (Analytic Hierarchy Process), DEA, la programmation mathématique etc.. En fait, il y a un certain nombre d'accords sur

lesquels la plupart des auteurs conviennent qui sont la nature (i.) spécifique à la situation et (ii.) de multicritères de sélection de fournisseur. Une enquête prolongée de littérature est présentée dans la prochaine section et des exemples peuvent être trouvés dans elle.

D'autre part, l'étude innovant de Zadeh [8], en 1965, a créé beaucoup de changements des environnements de prise de décision. L'incorporation de l'imprécision au procédé de choix est devenue une obligation dans beaucoup de cas. Deux raisons de cette situation peuvent être énumérées comme suit; d'abord, dans beaucoup de cas les données appropriées au fournisseur ne sont pas accessibles, d'autres mots, il y a un manque en recueillant des données nécessaires. En second lieu, la subjectivité des données recueillies puisque les critères d'évaluation sont fortement spécifiques à l'entreprise et sont évalués par le personnel de société, c.-à-d. le personnel d'achat, le directeur d'achats etc.. L'incorporation des jugements personnels crée la subjectivité de données disponibles en résultant un environnement imprécis de prise de décision. La théorie de sous-ensembles flous peut être utilisée comme un remède dans les environnements imprécis de prise de décision. Cette théorie nous permet d'imiter le raisonnement humain incorporé dans des situations imprécis de prise de décision. La convenance de la théorie à employer dans les modèles de programmation mathématique facilite notre travail.

Dans cette étude, une nouvelle perspective au procédé de sélection de fournisseur est développée. Bien qu'on l'indique que la sélection floue a été appliquée comme outil de prise de décision dans le procédé de sélection de fournisseur, il n'est toujours pas répandu et peut être vu dans seulement quelques études précédentes. En plus de l'imprécision incorporée dans cette étude, l'interprétation des critères est un peu différente que les études précédentes qu'un nouveau critère est inclus dans le modèle qui est "Conformité à la politique de compagnie". Ce critère reflète deux propriétés de base qui devraient exister dans les modèles de sélection de fournisseur. D'abord, puisque l'entreprise exécute le processus d'évaluation, quelques "facteurs doux" se reflétant des politiques stratégiques spécifiques à l'entreprise, peuvent être exigés dans le modèle. En second lieu, puisque le type de produit affecte la sélection de fournisseur, quelques facteurs dépendants au produit, qui affectent la politique de compagnie, reflétant la

nature de la situation d'achat, peuvent également être exigés dans le modèle. Le premier peut être exemplifié par la politique de JIT, de TQM ou de R&D d'une entreprise et d'attitude du fournisseur à l'entreprise, et le dernier peut être exemplifié par la situation d'achat de produit routine ou stratégique. L'explication détaillée du critère et ses facteurs peuvent être trouvés dans Section-5.

Dans ce travail, une approche possibiliste de DEA est utilisée comme l'outil de prise de décision dans le procédé de sélection de fournisseurs. Les modèles de DEA peuvent très bien faire face à la nature de multicritères du procédé de sélection. Bien qu'il y ait un certain nombre d'applications de DEA pour le procédé de sélection de fournisseur, l'imprécision incorporée dans le procédé de sélection n'a été jamais manipulée avec un modèle de DEA qui est largement répandu dans les environnements imprécis de prise de décision (c.-à-d. voir [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17]). Comme précédemment mentionné, en littérature floue de sélection de fournisseurs, il y a seulement quelques études et cette étude a l'intention de remplir cet espace à un degré.

Il devrait indiquer qu'une large littérature existe dans des environnements de sélection de fournisseur et beaucoup de critères sont utilisés afin de prendre des décisions saines. Comme indiqué précédemment, il n'y a qu'une seule manière sur la façon dont manipuler le problème de sélection de fournisseur puisque le problème est fortement spécifique à la situation (i.e. spécifique à la société, spécifique au produit). Cette étude tend à présenter un modèle général de sélection dans lequel les entreprises peuvent adapter leurs situations selon leurs politiques et les situations d'achats etc..

Dans cette étude, le terme "entreprise" est utilisé au lieu de la compagnie achetant et il devrait être interprété comme décideur dans le procédé de sélection de fournisseur. Le reste de l'étude est présenté comme suit. Suivant la sélection de fournisseur des méthodologies et une enquête prolongée de littérature est présentée. Dans la Section-3, DEA et deux applications de DEA pour le problème de sélection de fournisseur, qui existent dans la littérature, sont présentées. Dans la Section-4, les Sous Ensembles Flous et le DEA flou sont expliqués. Dans la Section-5, l'approche de DEA flou au problème de sélection de fournisseur est présentée et illustrée avec un exemple numérique. Dans la Section-6, les commentaires sur les domaines futures de recherche

et la conclusion sont présentés. Dans la section d'appendice, les exemples de code de programme peuvent être trouvés.



2. Méthodologies de Sélection de Fournisseur et Enquête de Littérature

Dans la littérature de sélection de fournisseur, un extensif éventail des modèles est proposé et en raison de la nature de multicritères du procédé de sélection de fournisseur, c'est un travail intimidant pour classifier les méthodologies courantes et pour obtenir des résultats précis à l'état actuel de l'art. Beaucoup de chercheurs ont proposé des modèles généraux en expliquant quelle méthodologie était plus appropriée dans quelle situation par l'intermédiaire des études empiriques. Le résultat actuel est qu'il n'y a aucun accord sur les modèles proposés pour la sélection de fournisseur en raison de la nature dépendante au produit du processus.

Dans cette étude, des méthodologies de sélection de fournisseur sont divisées en deux catégories principales comme en Ellram [7]; l'un d'entre eux est les modèles descriptifs et l'autre est les modèles prescriptifs ou normatifs. Les modèles descriptifs proposent la manière que des décisions sont prises réellement. Ces modèles sont recherches empiriques, questionnaire-basés et littérature-basés. Les modèles prescriptifs proposent la manière qu'une décision devrait être faite et présentent les modèles en service d'un entreprise et les modèles potentiels [7]. Ces modèles sont alors divisés en deux sous catégories qui sont les modèles pondéré et modèles coût-basés. Les modèles pondérés sont multi-attributs généralement en structure qui incluent modèles de pesant linéaire, d'AHP, d'ANP (Analytic Network Process), de méthodes catégoriques, d'index de profil de fournisseur, de FSI (Fuzzy Suitability Index), d'AHP flou, de systèmes experts, de DEA etc.. Les modèles coût-basés considèrent généralement les facteurs de coût et les facteurs associés avec les coûts qui incluent les modèles de coût total, de multi-objective et de programmation mathématique qui inclut des calculs d'EOQ (la quantité économique d'ordre). Sur le Tableau 2.1 le sommaire des modèles et de leur classification est présenté.

Tableau 2.1 Le sommaire des modèles et de leur classification

Modèles Descriptifs		Modèles Prescriptifs				
Auteurs	Méthode		Auteurs	Méthode	Type de Sélection	
Dickson (1966) [4]	Questionnaire	Modèles Pondéré	Ed Timmerman (1987) [6]	Catégorique et Pondéré Linéaire		
Lehmann et O'Shaughnessy (1974) [5]			Mandal et al. (1994) [18]	ISM		
Ellram (1990) [7]			Vokurka et al. (1996) [19]	Système expert		
Wilson (1994) [20]			Petroni et Braglia (2000) [21]	PCA		
Vonderembse et al. (1999) [22]			Barbarosoglu et Yazgac (1997) [23]	AHP		
Simpson et al. (2002) [3]			Masella et Rangone (2000) [24]			
Kannan et Tan (2003) [25]	Enquête De Littérature		Choy et al. (2002) [26]	CBR et NN		
Weber et al. (1991) [1]			Braglia et Petroni (2000) [27]	DEA		
De Boer et al. (2001) [28]			Liu et al. (2000) [29]			
			Talluri et Sarkis (2002) [30]			
			Weber (1996) [31]			
			Talluri et Narasimhan (2004) [32]			
			Bevilacqua et Petroni (2002) [33]	FSI		
			Kahraman et al. (2003) [34]	AHP Flou		
			Hokey Min (1994) [35]	MAUT		
			Sarkis et Talluri (2002) [36]	ANP		
			Humpreys et al. (2003) [37]	KBS		Sélection Internationale
						Sélection Stratégique
						Sélection Vert
			Modèles Coût-basés	Ed Timmerman (1987) [6]	Méthode De Ratio De Coût	

Tableau 2.1 Le sommaire des modèles et de leur classification (suite)

Modèles Descriptifs		Modèles Prescriptifs			
Auteurs	Méthode		Auteurs	Méthode	Type de Sélection
		Modèles Coût-basés	Weber et Current (1993) [38] Syntka et Clemens (1993) [39] Rosenthal et al. (1995) [40] Motwani et al. (1999) [41] Ghodyspour et O'Brien (2001) [42]	Programmation Multi-objective Approche de Coût Total MIP N/A Programmation Mathématique	Sélection Internationale Produit Multiple (EOQ)

2.1. Modèles Descriptifs

Comme décrit ci-dessus, les modèles descriptifs décrivent comment des décisions de sélection de fournisseur sont prises, que des critères sont utilisés dans ce processus et quels critères conviennent dans des situations spécifiques par l'intermédiaire des études empiriques et littérature-basées. Jusqu'à maintenant, il y a eu un certain nombre d'études empiriques pour décrire des critères de sélection de fournisseur c.-à-d., [1], [3], [4], [5], [7], [20], [22], [25], [28], [41].

Il est extrait à partir de l'étude de Lehmann et O'Shaughnessy [5] ce que Dickson [4] a conduit un large aperçu dans son étude et a extrait les facteurs de sélection du fournisseur des entreprises utilisées dans leurs procédés de sélection selon leurs réponses. Cette étude a prouvé que, bien que plus de 50 facteurs distincts soient apparus dans les réponses des entreprises, les critères de sélection pourraient être classifiés dans 23 critères. Cette étude a suggéré que les pondérations de critères de sélection de fournisseur soient dépendantes à la situation tandis que, à savoir, les facteurs traditionnels les plus critiques ont été classifiés comme (1) qualité, (2) livraison et (3) histoire de performance du fournisseur. La liste des critères est présentée dans le Tableau 2.4.

Lehmann et O'Shaughnessy [5] ont conduit un aperçu utilisant 17 attributs évalués par les personnes d'achat et ont proposé quatre catégories de produit pour une classification des critères de sélection de fournisseur selon des types de produit. Quatre types de produits proposés par les auteurs étaient les produits routine d'ordre, produits de problème procédural, produits de problème d'exécution, produits de problème politiques. On s'est attendu à ce que des produits routine d'ordre exécutent correctement en ce qui concerne les caractéristiques et ne posent aucun problème significatif en service. On s'est attendu à ce que des produits de problème procédural exécutent correctement, aussi bien ; mais le personnel exigerait de la formation afin d'employer le produit. Les produits de problème d'exécution ont logé quelques doutes que le produit exécute correctement ou pas. Seulement après a fait l'essai de produit et voit les résultats physiques, fournisseur a pu être préféré. Finalement, les produits de problème politiques étaient de ceux posant des problèmes politiques aux entreprises. Ces produits étaient généralement de coût élevé, et les différents départements de la société pourraient concurrencer pour réaliser cette quantité de capital assignée à eux-mêmes. Dans cette étude, des différences importance de l'attribut entre des acheteurs américains et anglais ont été également données. Le Tableau 2.2 exprime les 17 attributs.

Tableau 2.2 Les attributs des acheteurs considérés par Lehmann et O'Shaughnessy [5]

Réputation globale de fournisseur
Condition de Financement
La flexibilité du fournisseur dans l'ajustement sur les besoins de l'entreprise
Expérience avec les situations inanalogs de fournisseur
Service technique offert
Confiance en personelles de vendeur
Convenance de placer la commande
Données sur la fiabilité du produit
Prix
Caractéristiques techniques
Facilité d'emploi ou l'utilisation
Préférences de l'utilisateur principal du produit
Formation offerte par le fournisseur
Temps de formation requis
Fiabilité de date de livraison promise
Facilité de l'entretien
Les ventes service prévu après date d'achat

Ellram [7] a énoncé un certain nombre d'éléments qui étaient importants en établissant l'association entre les sociétés et les fournisseurs. Certains des critères étaient des facteurs "traditionnels" et quelques facteurs étaient "doux" qui étaient subjectifs ou de jugement en nature et difficiles à mesurer. Puisque la participation dans l'association stratégique avec des fournisseurs est devenue importante, l'auteur a proposé un nouvel ensemble de critères de sélection. Ellram [7] a conduit une étude de cas empirique de cinq fabricants et a exploré ce nouvel ensemble de critères. Quatre groupes additionnels de facteur proposés étaient (1) issues financières, (2) culture et structure de l'organisation, (3) technologie et (4) facteurs miscellanées. Un sommaire de ces facteurs peut être vu dans le Tableau 2.3. Les facteurs doux ont inclus la compatibilité de gestion, congruence de but avec l'entreprise et la direction stratégique du fournisseur. Dans cette étude, l'auteur a proposé une association stratégique avec la société de fournisseur et donné une définition comme suit; "L'association stratégique est un rapport mutuel et continu impliquant un engagement sur une période prolongée de temps, et un partage d'information et le risque et les récompenses du rapport". Les issues financières ont inclus l'histoire de performance économique du fournisseur et l'analyse du statut financier du fournisseur selon les disques publics passés. La culture et la stratégie d'organisation ont inclus un certain nombre de facteurs impalpables comme le comportement de gestion, conformité avec l'entreprise et la direction future du fournisseur.

Les facteurs de technologie étaient importants pour les entreprises cherchant en particulier les associés de développement de produit rapides et participation de fournisseur en considérant possibilités de conception, de fabrication et de développement du fournisseur. D'autres facteurs ont mesuré la réputation d'exécution des fournisseurs et de l'unicité et la priorité la plus élevée de l'entreprise dans les activités de fournisseur. Ici, l'auteur a également réclamé qu'il n'y ait aucun modèle unique ajustage pour chaque situation.

Weber et al. [1] a conduit une étude passant en revue des critères de sélection de fournisseur de Dickson [4] sous un environnement de JIT. Dans cette étude, l'auteur a étudié 74 articles édités après que l'étude de Dickson et constatés que 11 sur 23 critères

de sélection du fournisseur de Dickson ont été considérés par les chercheurs dans l'environnement de JIT. Le Tableau 2.4 représente un sommaire des critères des auteurs. Selon l'auteur, contrairement à l'étude de Dickson, le facteur de situation géographique était d'importance considérable dans des environnements de JIT.

Tableau 2.3 Critères de sélection d'association de fournisseur par Ellram [7]

Issues financières
1) Performance économique
2) Stabilité Financière
Issues d'organisation de culture et de stratégie
1) Sentiment de confiance
2) Gestion attitude/conception pour le futur
3) Ajustement stratégique
4) Compatibilité supérieure de gestion
5) La compatibilité à travers des niveaux et des fonctions d'acheteur et le fournisseur affermit
6) La structure d'organisation et le personnel du fournisseur
Issues de technologie
1) Évaluation de la fabrication courante équipements /capacité
2) Évaluation de futures possibilités de fabrication
3) Possibilités de la conception du fournisseur
4) La vitesse du fournisseur au développement
D'Autres Facteurs
1) Disque de sûreté du fournisseur
2) Références d'affaires
3) Base de client du fournisseur

Wilson [20] passé en revue de trois études plus tôt dans lesquelles des critères de décision employés par les acheteurs d'organisation pour choisir des fournisseurs sont spécifiquement examinés. L'auteur a examiné quatre critères de sélection qui étaient prix, livraison, qualité, et service, et conduit une étude d'aperçu. La première mesure utilisée était des préférences relatives des acheteurs pour ces critères et la seconde était l'importance relative globale de quatre critères de sélection entre eux-mêmes. Les résultats de cette étude ont indiqué cela, tandis que l'importance relative d'autres facteurs augmentait, l'importance relative du facteur des prix dans des stratégies de sélection perdait son endroit d'importance élevée, graduellement. Au lieu d'un facteur simple des prix, les considérations de coût total comprenant des coûts liés à la qualité et au service du produit direct ou indirect sont devenues plus importantes.

Tableau 2.4 Une comparaison des critères de sélection de Dickson [4] et de Weber et al. [1], adapté de Weber et al. [1]

Rang	23 Critères de Sélection du Fournisseur de Dickson	13 Critères du JIT de Weber pour la Sélection de Fournisseur
1	Qualité	Qualité
2	La livraison	La livraison
3	Histoire de performance	Prix net
4	Garanties et politiques de réclamation	Situation géographique
5	Équipements et capacité de production	Équipements et capacité de production
6	Prix	Potentielles techniques
7	Potentielles techniques	Attitude
8	Position financière	Gestion et organisation
9	Conformité procédurale	Emballage
10	Système de communication	Contrôles opérationnels
11	La réputation et place dans l'industrie	Service des réparations
12	Désir pour des affaires	
13	Gestion et organisation	
14	Commandes fonctionnant	
15	Service des réparations	
16	Attitude	
17	Impression	
18	Capacités d'emballage	
19	Disque de relations avec des labeurs	
20	Situation géographique	
21	Quantité d'affaires passées	
22	Aides de formation	
23	Arrangements réciproques	

Vonderembse et al. [22] a proposé que les dimensions de qualité du produit et de performance de produit des critères de sélection de fournisseur plus toutes les dimensions de participation de fournisseur et d'exécution de fournisseur soient franchement corrélées avec l'exécution de fabrication conduisant un aperçu. Les auteurs ont noté que les pratiques en matière de sélection de fournisseur étaient importantes dans des processus d'évaluation des performances de fournisseur. Les auteurs ont constaté que les facteurs de participation de fournisseur et les facteurs de performance de fournisseur améliorent des facteurs d'exécution de fabrication franchement. On l'a également constaté que, afin d'améliorer l'exécution de fabrication, les sociétés devraient améliorer leurs pratiques en matière de choix de fournisseur.

De Boer et al. [28] a procuré une perspective différente au procédé de sélection de fournisseur. Bien que les auteurs aient indiqué que leur étude était une étude prescriptive, l'étude se conforme à la définition des modèles descriptifs très bien. Dans leur étude, ils ont exploré la littérature de choix de fournisseur et l'ont proposé de diviser la décision de sélection de fournisseur en phases. Quatre phases dans cette étude étaient formulation de problème, formulation des critères, qualification et choix final pour une décision de sélection. La phase de formulation de problème incluse la décision de font ou achat, nombre de fournisseur au travail avec et au remplacement des décisions de fournisseur courantes. La phase de la formulation de critères a inclus les décisions de plus ou de peu de critères pour utiliser et mettant à jour les critères de sélection courants. La phase de qualification a inclus toutes les activités pour construire la liste de fournisseur acceptable c.-à-d. classer des fournisseurs potentiels. Dans l'ordre de phase de sélection de finale, les attributions ont été faites. Les auteurs ont également proposé les situations d'achat des produits différents avec une manière semblable aux études passées.

Simpson et al. [3] ont conduit une enquête complète parmi des acheteurs et fourni la révision la plus récente des critères de sélection/évaluation du fournisseur après que l'étude de Dickson. Dans cette étude, les auteurs ont fourni 19 catégories générales des critères d'évaluation de fournisseur. La liste des critères est montrée sur le Tableau 2.5. Contrairement aux quelques études précédentes, les auteurs ont constaté que seulement moins de cinquante pour cent des sociétés ont possédé un processus formel d'évaluation de fournisseur et ont déclaré que la croyance des entreprises à l'importance des critères d'évaluation et l'utilisation des processus réels d'évaluation étaient les issues distinctes. Leur étude a indiqué que la qualité était la priorité du numéro un parmi des sociétés. Un résultat étonnant de cette étude a indiqué que des possibilités d'Internet des fournisseurs n'ont pas été utilisées dans le processus d'évaluation des sociétés des participants.

Kannan et Tan [25] ont conduit un aperçu pour déterminer les différences entre les attitudes américaines et européennes des directeurs d'achats. Dans leur étude, ils ont observé que les attitudes des sociétés américaines et européennes étaient semblables. L'élément le plus important pour les directeurs des achats de deux nations était exécution opérationnelle comme l'exécution de date due, l'engagement à la qualité et les

possibilités du fournisseur. Ces sociétés ont également considéré l'ajustement culturel, l'ajustement et la taille géographique du fournisseur et l'utilisation de la sous-traitance comme critères les moins importants en choisissant des fournisseurs.

Tableau 2.5 Facteurs considérés par Simpson et al. [3]

Critères Évaluatifs	Pour cent d'articles de critères	Estimation Relative d'Importance
Qualité et contrôle du processus de cycle	24.9%	1
Amélioration Continue/ Innovation /R&D	9.2%	2
Environnement d'équipement	8.2%	2
Rapports de Client et Communication	8.2%	2
La livraison	8.1%	2
Inventaire et entreposage	7.0%	2
Commande	5.8%	2
État Et Taille Financiers	5.5%	2
Certification	3.6%	3
Prix	3.6%	3
Service de Staff/ Client	3.6%	3
Direction / Gestion	3.1%	3
Technologie	2.8%	3
Éducation / Formation	2.0%	3
Facturation	1.7%	3
Emballage	1.3%	3
Employés	1.1%	3
Garantie	0.4%	4
Situation géographique	0.2%	4

Les entreprises américaines ont donné une plus grande importance sur la fiabilité de dates dues, la stabilité financière, les normes morales, la franchise pour situer des évaluations, le système d'enregistrement des commandes du fournisseur, l'assurance et l'histoire de litige, portée des ressources de fournisseur. La qualité, le service, la livraison de période active et la réceptivité se sont rangés le plus haut parmi ces entreprises. Pour tous les deux, la bonne volonté partager l'information sensible et l'utilisation d'EDI (échange de données électroniques) rangé comme critères les moins importants d'exécution. Le fait que le facteur d'EDI a possédé moins d'importance que d'autres facteurs se conforme également aux résultats de Simpson et al. [3]. Une autre

conclusion utile proposée par les auteurs était celle, contrairement à Ellram [7], leurs résultats ont suggéré que les critères “doux” pourraient avoir un impact sur la performance d’entreprise sans se soucier le type (stratégique ou pas) du rapport.

2.2. Modèles Prescriptifs

Comme décrit ci-dessus, les modèles Prescriptifs/Normatifs exposent la manière qu’une décision devrait être prise et présentent les modèles en service d’une entreprise et les modèles potentiels [7]. Ces modèles sont alors divisés en deux sous-catégories qui sont des modèles pondérés et des modèles coût-basés et sont examinés dans les deux sous-sections suivantes.

2.2.1. Modèles Pondérés

Dans les modèles pondérés, des fournisseurs sont évalués selon un ensemble de critères communs, et chaque fournisseur est assigné une valeur de critère. Dans ces modèles, des poids prédéterminés sont également assignés aux critères pour résumer une estimation finale. Pendant l’évaluation des fournisseurs, modèles de DEA peuvent être utilisés afin d’éviter la nature subjective d’assignation de pondération des critères. Dans la partie suivante de cette section, des articles utilisant les modèles pondérés et leur choix des approches sont présentés.

Timmerman [6] a proposé des approches catégoriques et pondérées linéaires et de ratio de coût pour de petites, moyennes et grandes compagnies de taille respectivement. L’approche de ratio de coût est incluse dans la prochaine partie. La méthode catégorique a impliqué de classer l’exécution par catégorie de chaque fournisseur dans des domaines ou des critères spécifiques définis par l’entreprise. L’entreprise a été assignée une “note” en termes catégoriques simples, comme “bon”, “neutre” et “insuffisant” indiquant l’exécution réelle du fournisseur dans chaque secteur et une estimation globale de performance positive, neutre ou négative ont été obtenue. La méthode pondérée linéaire a essayé d’unifier les éléments qualitatifs de la méthode catégorique avec la nature systématique et les processus quantifiables de la méthode de ratio de coût. L’auteur a cru que des facteurs d’évaluation et leur importance relative pourraient être exprimés en termes numériques (poids) de sorte qu’un point composé

des fournisseurs ait été obtenu et la comparaison ait pu être faite. Il a indiqué qu'il y avait toujours un certain problème en convertissant le jugement qualitatif en forme quantitative. Il a proposé que l'exécution de la livraison puisse être calculée par le désaccord du délai de livraison réel de la date due. Le délai d'exécution a pu être représenté d'une manière semblable. D'autres critères, tels que l'exactitude et la conformité administratives aux caractéristiques, ont pu être représentés en mesurant la fréquence des inexactitudes et le nombre de fois de non-conformité.

Mandal et Deshmukh [18] ont développé une approche d'ISM (Interpretive Structural Modelling) afin de classer les critères et leur importance relative. Ils ont utilisé un ensemble 11-factor de critères de sélection et ont classifié quatre niveaux de classe pour ces critères. Les auteurs ont proposé que les entreprises doivent accorder la priorité aux critères de prix (prix net), du service après-vente et de la livraison. Au deuxième niveau, qualité, et attitude et empressement de faire des affaires sont venues. Equipements et capacité de production, position financière de fournisseur, convenance de transport et de communication, possibilités techniques et relations sociales (c.-à-d. vieux disques et contrats) sont venus troisièmement. Pour finir, ils ont constaté que la gestion et l'organisation du fournisseur étaient facteur le moins important relativement à ceux énumérées ci-dessus. Bien que ce modèle n'inclue pas complètement un modèle d'estimation, le rang des critères et la division d'eux dans des niveaux des classes sont les éléments antérieurs pour créer un modèle d'estimation et ce modèle fournit une infrastructure d'évaluation spécifique à la situation pour des décisions de sélection de fournisseur.

Hokey Min [35] a proposé le premier procédé de sélection internationale de fournisseur utilisant un modèle de MAUT (Multi-Attribute Utility Theory). Normalement, il pourrait y avoir quelques différences entre le procédé de sélection local et étranger de fournisseur. L'effet du coût matériel, basse qualité du produit, transport retardé, des goulots d'étranglement de production, contraintes commerciales et les fluctuations de devise sont plus hauts dans un environnement international. En effet, le risque possédé par les entreprises augmenterait en cas d'utilisation de fournisseur étranger. L'auteur a proposé une hiérarchie de quatre niveaux pour la sélection internationale de fournisseur et la Figure 2.1 adaptée de l'article montre cette hiérarchie des attributs.

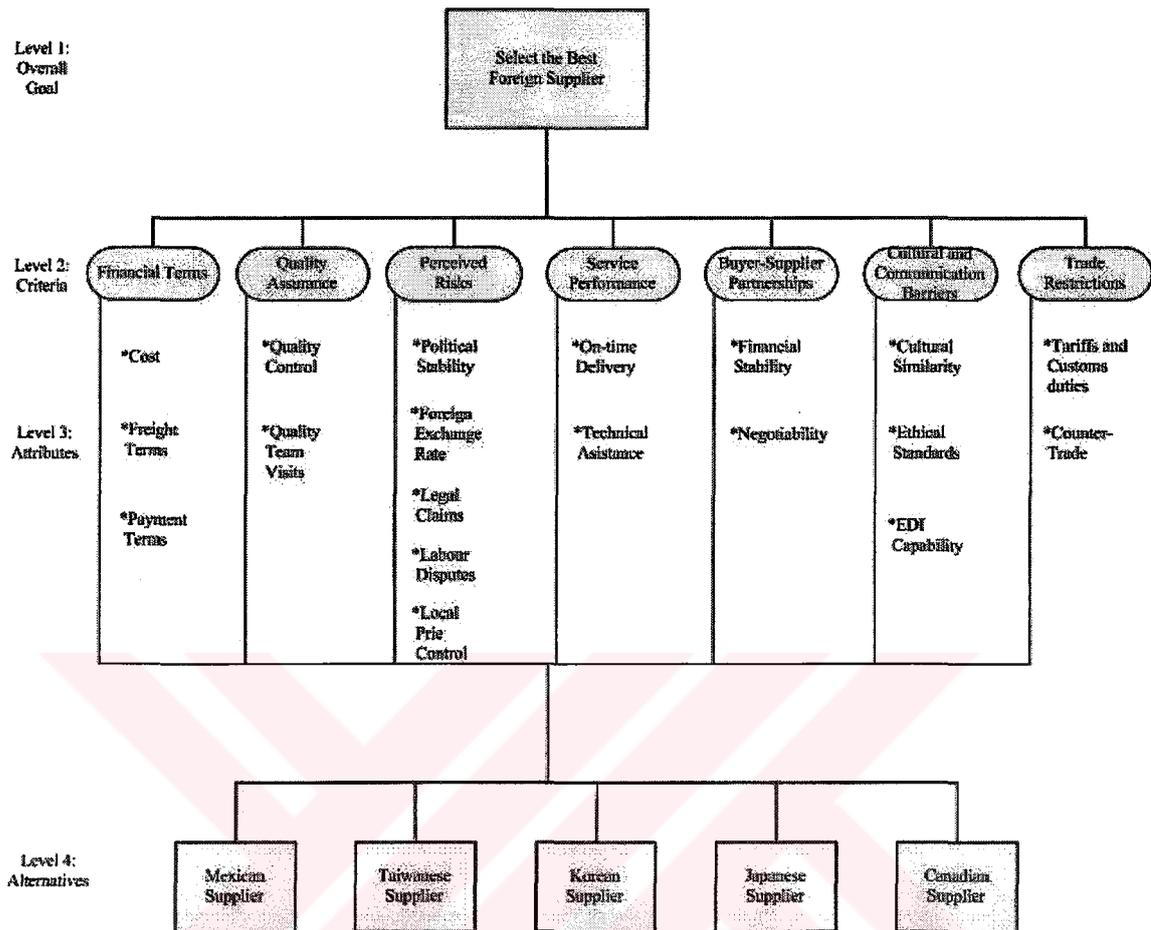


Figure 2.1 La hiérarchie des attributs pour sélection internationale, adaptée de l'article de Hokey Min [35].

Vokurka et al. [19] ont utilisé une approche de système expert au problème de sélection de fournisseur. Cette étude reflète les propriétés de la méthode catégorique de Timmerman [6] puisque chaque attribut a été évalué selon les balances d'Oui/Non, de Haut/Moyenne/Bas ou de favorable/moyenne/défavorable. Les auteurs ont défini deux types de produits; produit de qualité, étant critique dans le processus de fabrication, et produit de marchandise, généralement, étant non critique dans la fabrication ou routine en nature. Ils ont considéré que les produits de qualité convenaient généralement aux associations de long terme et pourraient avoir posé quelques problèmes de qualité dans le passé ou pourraient maintenir la compétitivité d'entreprise dans son processus de fabrication. Les produits des marchandises ont été produits presque avec les mêmes caractéristiques ou des propriétés par les fournisseurs, et les commandes régulières ont été utilisées pour l'achat. Ils ont groupé les critères de sélection au-dessous de quatre

titres principaux qui étaient des facteurs de qualité du produit, des facteurs de fabrication, des facteurs de performance et des facteurs généraux. Après que le fonctionnement du programme, le résultat avait été en termes catégoriques de favorable, de moyen ou de défavorable pour un fournisseur.

Petroni et Braglia [21] ont proposé une approche de multi-attributs en utilisant PCA (Principal Component Analysis) afin d'évaluer des fournisseurs dans une étude de cas industrielle. En mesurant l'exécution des fournisseurs, les auteurs ont utilisé six critères de sélection qui étaient des compétences de gestion, des équipements et capacité de production, des compétences technologiques, conformité des prix, de qualité et de livraison.

Barbarosoglu et Yazgac [23] ont utilisé une approche d'AHP dans un fabricant de moteur en Turquie. Ils ont rassemblé des critères de sélection de fournisseur au-dessous de trois évaluations principales de catégories qui étaient "Evaluation de performance", "Structure d'affaires" et "Evaluation de capacités de fabrication et de système de qualité". Une liste détaillée de critères de sélection utilisés pendant ce procédé de sélection peut être trouvée dans le papier original. Cet article a présenté un de la description la plus détaillée des critères tout en étant complètement spécifique à l'entreprise.

Masella et Rangone [24] ont proposé quatre situations d'achat distinct et leurs critères appropriés considérant des relations de fournisseur-acheteur. Les auteurs ont séparé des relations dans deux catégories, qui étaient relation à court et long terme, et relation logistique et stratégique selon la durée et l'intégration de la relation. Ils ont déterminé quatre groupes de critères qui étaient performance de fabrication, performance technologique, infrastructure de fabrication et infrastructure technologique. Ces groupes de critères et leurs critères appropriés sont représentés sur le Tableau 2.6. Finalement, dans cette étude, les auteurs ont proposé une approche d'AHP au choix de fournisseur.

Tableau 2.6 Critères de sélection de fournisseur proposé par Masella et Rangone [24]

Groupe de Critères	Attribut
Performance de Fabrication (MP)	Coût Qualité Délai d'exécution Flexibilité Appui de Service
Performance Technologique (TP)	Dispositifs innovateurs
Infrastructure de Fabrication (MI)	Organisation de fabrication Systèmes de gestion Ressources humaines Établissement et équipement Technologies du processus Systèmes d'information (CAD, CAM)
Infrastructure Technologique (TI)	Organisation de R&D Chercheurs qualifiés et habiles Les relations du fournisseur entre les sources extérieures d'expertise (c.-à-d. universités)

Dans leur étude, Sarkis et Talluri [36] ont utilisé une approche d'ANP à la sélection stratégique de fournisseur. Les auteurs ont déterminé des facteurs organisationnels comme culture, technologie et relation, et facteurs stratégiques comme coût, qualité, temps (c.-à-d. vitesse de la livraison, dure de développement de produit, dure de formation d'association) et Flexibilité.

Une approche de CBR (Case Based Reasoning) et de NN (Neural Network) ont été suggérée par Choy et al. [26]. Les critères d'évaluation de fournisseur considérés étaient efficacité de la livraison, qualité d'expédition, prix de produit, service clientèle et statut financier. Les points globaux des fournisseurs ont été alors comparés à des points acceptables d'exécution et la décision a été prise catégoriquement en résultant dans une situation d'accepte / rejette.

Une intégration environnementale de critères au procédé de sélection de fournisseur a été expérimentée par Humpreys et al. [37]. Dans cette étude, un KBS (Knowledge Based System) a été employé pour choisir des fournisseurs. Les critères de sélection de fournisseur présentés dans cette étude étaient des coûts environnementaux, les compétences de gestion, l'image verte du fournisseur, conception pour l'environnement

(c.-à-d. réutilisation), les systèmes de gestion environnementaux (c.-à-d. ISO 14001), compétences environnementales (c.-à-d. technologie verte disponible). Dans ce système une évaluation globale des fournisseurs a été présentée catégoriquement c.-à-d. “go/no go” et excellent/moyenne/ mauvais, aussi bien.

Braglia et Petroni [27] ont décrit une approche de DEA à la sélection de fournisseur. Ils ont illustré par l'intermédiaire d'une application industrielle que DEA est capable de manipuler des attributs contradictoires multiples inhérents au choix de fournisseur. Dans cette recherche, les auteurs ont utilisé le modèle croisé agressif et bienveillant d'efficacité de Doyle et Green [43] liés au modèle standard de CCR (Charnes-Cooper-Rhodes) de Charnes et al. [44] et à l'Indice de Maverick de modèle croisé d'efficacité. Ils ont utilisé les facteurs de six entrés et de trois sortis, affectant le procédé de choix de fournisseur. La qualité d'expédition a été mesurée en utilisant un index de conformité comprenant le coût estimatif d'un composant dans le contrôle de qualité entrant, le coût estimatif d'un rejet composant dans la chaîne de montage et du rejet par l'utilisateur et la valeur monétaire du composant. La conformité à la date convenue a été calculée comme la moyenne changeante des livraisons retardées au-dessus du dernier n approvisionnements. Pour le facteur de rentabilité, ils ont utilisé le prix moyen de paquet d'unité du produit à acheter. Ces trois facteurs ont été considérés pour avoir un impact sur la performance de l'entreprise d'acheteur et ont considéré comme les sorties des modèles. Les compétences de gestion se sont reliées à la qualité de la gestion et ses compétences opérationnelles. L'expérience du fournisseur était traitée en employant la quantité d'affaires passées avec le client cible et son nombre approximatif de clients. Des équipements et la capacité de production ont été mesurés avec le ratio entre la capacité de production moyenne du fournisseur et de la consommation moyenne du client par unité de temps. Les indicateurs technologiques de capacité étaient le pourcentage du personnel total qui étaient personnel technique, le pourcentage du budget de R&D par rapport aux ventes et des technologies (voir le Tableau 2.7) adoptées et mises en application au sein de leur compagnie. La position financière a été indiquée par la solidité (le rapport entre les capitaux propres et le capital emprunté) et par la liquidité (le rapport à l'actif circulant des dettes à court terme). L'endroit géographique a été mesuré par la distance du fournisseur du client en kilomètres. Ces

six facteurs ont été considérés comme les entrées de modèle. Excepté le facteur d'emplacement géographique, tous les cinq données du facteur de l'entrée étaient inversées pendant l'application du modèle parce qu'elles étaient des facteurs pour être maximisées c.-à-d. des possibilités gestionnaires. De la même façon, la sortie rentabilité a été prise comme sa proportion inverse de son prix, et la qualité et les facteurs de conformité de la livraison étaient échangés pour l'exactitude modèle.

Tableau 2.7 Liste de technologies considérées par Braglia et Petroni [27]

Technologie
Manipulation automatisée
Systèmes des Bar codes
Dessin assisté par l'ordinateur (CAD)
Contrôle numérique par ordinateur (CNC)
Contrôle direct numérique (DNC ^a)
EDI
Fabrication assistée par l'ordinateur (CAM)
Ingénierie assistée par l'ordinateur (CAE ^b)
Techniques de prototypage rapide (RPT ^c)
Technologies de communication
Fabrication intégrée par l'ordinateur (CIM ^d)
Système de stockage et de récupération automatiques (AS/RS ^e)

^a DNC: Direct Numerical Control, ^b CAE: Computer-Aided Engineering, ^c RPT: Rapid Prototyping Techniques, ^d CIM: Computer Integrated Manufacturing, ^e AS/RS: Automated Storage and Retrieval System.

Liu et al. [29] ont proposé une application de DEA en évaluant les performances globales des fournisseurs dans un fabricant. Un modèle modifié de DEA pour la sélection de fournisseur a été présenté pour évaluer les performances globales des fournisseurs avec l'orientation stratégique de pouvoir réduire le nombre de fournisseurs. Une étude de cas a été employée pour illustrer l'utilisation de DEA pour des évaluations de sélection de fournisseur et d'amélioration de la performance. Selon des auteurs, les entrées étaient les ressources principales employées par une entreprise d'achat et les sorties étaient les mesures de performance des fournisseurs. En leur papier, le nombre de pièces (variété d'approvisionnement) qu'un fournisseur a fourni a été considéré comme une sortie pour poursuivre une orientation stratégique de réduire le nombre total de fournisseurs mais on l'a considéré comme une variable de sortie exogenously fixée

dans le modèle. Puisque la qualité des pièces était habituellement l'objectif de gestion le plus important pour une entreprise d'achat, on l'a également considéré comme une sortie et lui étaient évalués par le pourcentage des pièces acceptables fournies par un fournisseur sur une certaine période de temps. Les entrées proposées étaient indice des prix, exécution de la livraison et facteur de distance respectivement. L'indice des prix a inclus des composants des prix d'un produit et des coûts de l'emballage et a été représenté par un pourcentage pondéré entre les prix de marché-basés et les prix de moyenne sur le marché pour les pièces différentes. L'exécution de la livraison a inclus l'inventaire excessif et des manques dus aux livraisons non-ponctuelles et a été représentée par le pourcentage des livraisons dans un intervalle indiqué sur une certaine période de temps. Le facteur de distance a représenté des frais d'acquisition de partie dus aux aspects comprenant le coût du fret et a été considéré comme une variable d'entrée exogènement fixée. Un contour des facteurs d'entrée et de sorties proposées par cette étude est présenté dans la Figure 2.2.

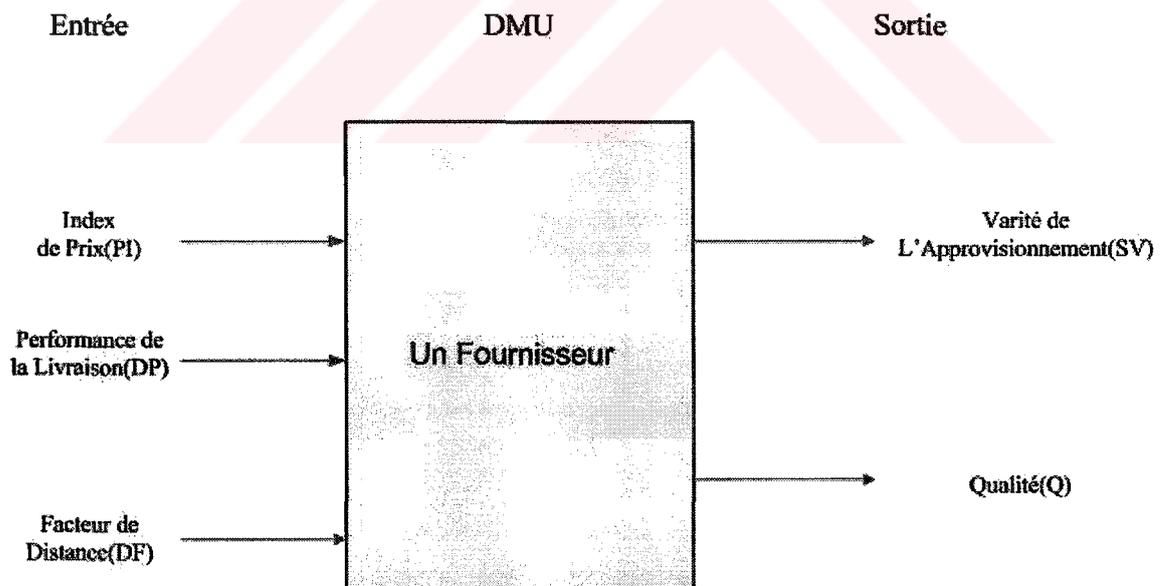


Figure 2.2 Modèle de choix de fournisseur de Liu et al. [29].

Un DEA modèle vu de divers critères pour l'évaluation des performances de fournisseur a été présenté par Talluri et Sarkis [30]. On a proposé que ce modèle puisse servir d'un outil de contrôler et de montrer la performance de fournisseur, de ce fait assurant

l'amélioration de processus continue pour obtenir une relation efficace entre le fournisseur et l'acheteur. La performance du fournisseur au cours des 18 dernières périodes a été considérée. Ces valeurs de performance ont été alors utilisées pour surveiller l'exécution globale du fournisseur. Une comparaison parmi les expéditions a été présentée et une rétroaction pour les futures expéditions a été fournie. Le modèle proposé d'évaluation a inclus le coût total par 100 expéditions et le nombre d'expéditions comme entrées, et le nombre de factures a reçu sans erreur, nombre de sur arrivées d'expédition de temps, estimations de qualité de service, expérience et créance comme sorties qui représentaient des facteurs tangibles et intangibles. Le premier facteur intangible était l'expérience qui a impliqué la fiabilité, la réponse, l'accès, la communication et la compréhension de l'acheteur. L'autre facteur intangible était la créance qui a impliqué le degré de confiance au fournisseur et l'anticipation de futures exigences d'acheteur par le fournisseur. Les auteurs ont présenté un nouveau modèle de BCC (Banker-Charnes-Cooper) avec une contribution à la puissance distinctive des modèles de DEA dans la littérature. Selon des auteurs l'évaluation de fournisseur s'est composée de trois étapes qui étaient (1) systèmes quantitatifs formels d'estimation; (2) évaluation des performances détaillées et (3) les communications et le développement de l'association d'affaires, et le procédé de choix continus de fournisseur ont inclus tous ces aspects.

Bevilacqua et Petroni [33] ont développé un système de sélection de fournisseur avec la logique floue qui permet d'imiter le processus de raisonnement humain et de prendre des décisions basées sur des données vagues ou imprécises. Les auteurs ont utilisé une approche de FSI au procédé de sélection de fournisseur. Selon les auteurs des achats industriels ont été affectés par deux genres de facteurs; (1) Facteurs Raisonnables et (2) Facteurs Subjectifs. Les facteurs raisonnables ont inclus des facteurs spécifiques de produit et de compagnie comme l'emplacement géographique, le délai d'exécution et le prix de chaque fournisseur. Les facteurs subjectifs ont inclus les activités, les valeurs personnelles, les styles de vie et les intérêts de la compagnie, et l'incertitude des données provient de ces facteurs subjectifs. Comme dit par les auteurs, traiter le procédé de choix de fournisseur a eu trois secteurs problématiques qui étaient l'évolution de la relation entre le fournisseur et le client, la nature spécifique à la

situation de la définition de critères d'évaluation et des problèmes procéduraux méthodologiques respectivement. Ils ont supposé que le nombre et l'extension de critères doivent être déterminés ont basé sur le produit ou le service de la considération. Les critères considérés étaient (1) Coût total comprenant la commande, le transport, les coûts d'inventaire et le potentiel pour la réduction des prix, (2) Exécution des principes de gestion de la qualité totale, (3) Durées de cycle et capacités de livraison de JIT, (4) Capacités technologiques telles que la capacité du fournisseur de contribuer au développement de produit, (5) Flexibilité de réponse aux exigences du client en termes de volume et de conception de produits, (6) Stabilité financière de fournisseur, (7) Appui technique après-vente, (8) Aspects culturels d'organisation comme si le fournisseur pouvait coopérer efficacement avec la compagnie, (9) Emplacement Géographique.

Dans leur étude prescriptive, Kahraman et al. [34] ont proposé une méthodologie d'AHP floue au problème de sélection de fournisseur. Ils ont défini quatre groupes de critères qui étaient des critères de fournisseur, des critères d'exécution de produit, des critères d'exécution de service et des critères de coût. Dans le Tableau 2.8 ces critères et leurs subdivisions ont pu être trouvés.

Tableau 2.8 Liste de critères de sélection de fournisseur de Kahraman et al. [34]

Groupe de Critères	Sous-Critères
Critères de Fournisseur	Position Financière Gestion Appui technique Appui de Ressource (c.-à-d., appui de la livraison, de la production) Systèmes et processus de qualité Fournisseur Global/Local
Critères de Performance de Produit	Utilisation finale Manipulation Utilisation dans la fabrication Considérations d'autre affaire
Les Critères de Performance de Service	Support du client Facteurs satisfaisants de client Suivi Professionnalisme

Tableau 2.8 Liste de critères de sélection de fournisseur de Kahraman et al. [34] (suite)

Groupe de Critères	Sous-Critères
Critères de Coût	Prix d'achat Coût de transport Impôts Dépenses opérationnelles (c.-à-d. coût de rejets)

2.2.2. Modèles Coût-basés

Les modèles Coût-basés, dans lesquels les modèles de coût total de la propriété, multi-objectifs et de programmation mathématique comprenant EOQ et calculs d'attribution d'ordre existent, généralement, considèrent les facteurs liés au coût et de coût.

Timmerman [6] a employé la méthode de ratio de coût, qui utilise des outils de l'analyse du coût pendant l'évaluation des fournisseurs. Dans cette étude, le coût de chaque achat a été calculé en tant que son prix de vente plus les frais d'exploitation internes liés à la qualité, à la livraison et au service de l'achat. L'auteur a indiqué que le processus de calcul a nécessité une étude encombrante afin de trouver les coûts internes associés. Premièrement, des coûts internes associés ont été calculés. Deuxièmement, ces coûts ont été convertis aux ratios de coût exprimant les coûts comme un pourcentage de toute la valeur d'achat. Troisièmement, la somme des différents ratios de coût a été obtenue. Finalement, ce ratio de coût a été multiplié avec le prix d'achat d'unité et ajouté au prix d'achat d'unité. Dans cette méthodologie, tous les coûts de faire des affaires avec un fournisseur ont été évalués comme pénalité, qui a eu l'effet d'augmenter le prix global et de le rendre moins attrayant. On a énoncé que les éléments de coût associés étaient fortement dépendant au produit, et la méthode de ratio de coût était une approche extrêmement complexe, exigeant un système de comptabilité analytique complet de produire des données nécessaires.

Weber et Current [38] ont utilisé une approche de programmation multi-objective à la sélection de fournisseur et au problème de quantité d'ordre. Dans cette étude, les auteurs ont essayé de déterminer la meilleure attribution d'ordre entre 6 fournisseurs avec les objectifs de minimiser le coût et de maximiser le niveau de qualité et l'exécution de la livraison. Ils ont proposé deux genres d'ensembles de contrainte

pendant le procédé de sélection; l'un d'entre eux était des contraintes de système et l'autre était des contraintes de politique. Les contraintes de système étaient fortement ou entièrement dehors de commande de l'entreprise; d'autre part, les contraintes de politique étaient spécifiques aux entreprises et entièrement sous la commande. Ils ont proposé que les contraintes de système puissent inclure les éléments suivants (voir le Tableau 2.9).

Tableau 2.9 Contraintes potentielles de système, adaptées de Weber et Current [38]

-
- (i) Capacités de fournisseur
 - (ii) Satisfaction de demande
 - (iii) Quantités d'ordre minimum établies par les fournisseurs
 - (iv) Budget d'achat total
-

et les contraintes de cette politique potentielle pourraient inclure les éléments suivants (voir le Tableau 2.10).

Tableau 2.10 Contraintes potentielles de politique, adaptées de Weber et Current [38]

-
- (i) Quantités minimums et/ou maximums d'ordre placées avec les fournisseurs particuliers
 - (ii) Nombre minimum et/ou maximum des fournisseurs à utiliser
 - (iii) préférences géographiques
 - (iv) Minorité et/ou choix handicapé de fournisseur
-

Une approche de sélection de fournisseur de coût total a été exposée par Smytka et Clemens [39]. Les auteurs ont proposé trois catégories à considérer par l'entreprise pendant la phase de sélection des fournisseurs. Ils ont défini la première fois 'des Facteurs de Risque' en tant que la crédibilité du fournisseur dans long terme. "Facteurs souhaitables d'affaires" ont été définis d'une manière semblable avec les "facteurs doux" et des attributs de fournisseur ne pourraient pas être exprimés en termes de monétaire, mais ils étaient critiques à la stratégie commerciale. La troisième catégorie était des "facteurs de coûts mesurables" et elle a été divisée en deux sous-catégories, qui étaient des coûts externes et internes respectivement. L'étude a été illustrée avec un exemple comprenant en même temps quantité sans restriction et approche d'EOQ dans un but de

réduire au minimum le coût total. Les critères et les exemples appropriés peuvent être trouvés dans le papier original.

Rosenthal et al. [40] ont présenté une approche de MILP (Mixed Integer Linear Programming) à la sélection de fournisseur dans un but de réduire le coût total au minimum. Le modèle proposé inclus non seulement l'attribution de quantité d'ordre mais également le facteur d'escompte pour achats en quantité dans le processus de calcul. Cette étude a étudié trois scénarios d'empaquetage différents qui étaient des considérations d'escompte d'unité et de prix total et d'obtenir les produits libres.

Motwani et al. [41] ont proposé un procédé de sélection internationale de fournisseur dans les pays en voie de développement. Les auteurs ont posé plusieurs obstacles liés à l'achat qui peut être énuméré comme suit: (1) Le transport retarde, (2) Fluctuations de devises étrangères, (3) Coûts de voyage, (4) Garantie de la qualité, (5) Langue, (6) Travail de papier et (7) Procédures d'inspection dans les situations d'achat internationale. Afin de garantir le niveau de qualité, ils ont proposé d'utiliser des normes internationales ou régionales de garantie de la qualité et l'information d'empaquetage du fournisseur lors de prise d'une telle décision. D'autres suggestions devaient contrôler les contrats selon l'achat de JIT et l'évaluation des risques, et recueillir l'information des fournisseurs par l'intermédiaire de différents canaux de l'information comme les journaux commerciaux, les contacts personnels, les courtiers d'importation etc.. Les auteurs ont proposé les critères suivants pour les fournisseurs de qualification : (1) Expérience du fournisseur, (2) Force financière en termes de ventes et main d'œuvre, (3) Les lignes de communication telles que des représentants du fournisseur aux Etats-Unis, (4) Niveaux d'inventaire, (5) Orientation à long terme de l'entreprise dû au temps d'élaboration des fournisseurs, (6) Règlements et normes de pays, (7) Normes régionales et internationales et (8) Implications de taux d'échange. La liste d'éléments de coût liés au procédé de sélection internationale de fournisseur des auteurs est sur le Tableau 2.11.

Ghodsypour et O'Brien [42] s'est appliqué une approche de programmation mathématique au problème de sélection de fournisseur. Dans leur étude, un modèle de MINLP (Mixed Integer Non-Linear Programming) a été présenté avec un objectif de

minimiser le coût total de logistique qui s'est composé du prix net, des coûts d'inventaire, du transport et de la commande. Ils ont proposé un ensemble de contraintes, qui pourraient être prolongées par d'autres facteurs. Le niveau de qualité, capacité de fournisseur, pourcentage de la livraison de période active ont été utilisés comme l'ensemble des contraintes. La sortie de modèle était la détermination des quantités d'ordre assignées aux fournisseurs avec un coût minimum.

Tableau 2.11 Éléments de coût potentiels de l'achat international, adaptés de Motwani et al. [41]

1	Prix unité
2	Taxes à l'exportation
3	Coûts Internationaux de Transport
4	Assurance et tarifs
5	Coûts de Courtage
6	Lettre de crédit
7	Coût d'argent
8	Coût Intérieur (domestique et étranger) de Fret
9	Risque d'obsolescence
10	Coût de rejets
11	Dommages en transit
12	Coûts d'Inventaire
13	Appui Technique
14	Coûts de Voyage des Employés
15	Coûts d'aperçu et d'inspection
16	Quotas
17	Impôts en douanes
18	Consolidation/Séparation (facteur pour le grand distributeur)
19	Crédit-bail des Conteneurs
20	Rôle de décalage –facturation plus ou moins

3. Analyse d'Enveloppement des Données (DEA)

DEA est une technique de programmation mathématique qui mesure l'efficacité relative d'un groupe de DMUs (Decision-Making Units). Chaque DMU est évalué en ce qui concerne ses entrées et sorties considérant les entrées et les sorties des autres DMUs. Dans ce cadre, chaque DMU est assigné des points généraux virtuels d'efficacité, qui est un ratio composé des sorties pondérées divisées par les entrées pondérées, obtenue vu l'autre DMUs. DEA permet à un décideur d'obtenir les poids objectifs pour DMUs, puisque chaque DMU est assigné ses poids maximums pour ses sorties et poids minimum pour ses entrées sous les contraintes des poids des autres DMUs. Ainsi, il élimine la difficulté de la tâche de poids et le problème de subjectivité inhérent pour le décideur. Dans les parties suivantes, les modèles de Charnes, Cooper et Rhodes (CCR) et de Banker, Charnes et Cooper (BCC), quelques modèles de prolongation pour DEA et les exemples des solutions de problème de sélection de fournisseur accomplies par DEA sont présentés.

3.1. Modèle de CCR

Le modèle de CCR a été initialement proposé par Charnes, Cooper et Rhodes en 1978. Il a été dérivé du modèle de programmation non-linéaire fractionnaire qui était comme suit :

Modèle de Programmation Fractionnaire :

$$\max E_{j_0} = \frac{\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj_0}}{\sum_{i=1}^m \alpha_i x_{ij_0}}$$

$$\begin{aligned}
\text{slc} \quad & \frac{\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m \alpha_i x_{ij}} \leq 1 \quad (j = 1, \dots, n) \\
& \mu_r, \alpha_i \geq \varepsilon \quad (r = 1, \dots, s \text{ et } i = 1, \dots, m)
\end{aligned} \tag{3.1}$$

où E_j est la valeur d'efficacité du DMU j , y_{rj} est la $r^{\text{ième}}$ valeur sortie de $j^{\text{ième}}$ DMU, x_{ij} est la $i^{\text{ième}}$ valeur d'entrée de $j^{\text{ième}}$ DMU, μ_r et α_r sont les poids de sortie et d'entrée à être trouvés par le modèle pour la $r^{\text{ième}}$ sortie et $i^{\text{ième}}$ entrée respectivement. ε est un infiniment petit nombre positif et est utilisé pour assurer la condition de non-zéro. Le modèle proposé est résolu n fois pour chaque DMU. Il est assuré ici personne des DMUs pour avoir des points d'efficacité plus grand que 1, et après que n fonctionnements, chaque DMU gagne ses points d'efficacité maximum relativement aux autres DMUs. L'objectivité des modèles de DEA vient de l'évaluation des poids basés sur les données d'entrée-sortie plutôt que d'appréciation individuelle pour mesurer l'efficacité. Cette première version du modèle de mesure d'efficacité est un modèle de non-linéaire programmation fractionnaire et peut être transformée en problème de programmation linéaire duquel des avantages informatiques sont exclusivement équipés. Le modèle transformé est représenté comme suit:

Modèle de CCR:

$$\begin{aligned}
\text{max} \quad & E_{j_0} = \sum_{r=1}^m u_r y_{rj_0} \\
\text{slc} \quad & \sum_{i=1}^s v_i x_{ij_0} = 1 \\
& \sum_{r=1}^m u_r y_{rj} \leq \sum_{i=1}^s v_i x_{ij} \quad (j = 1, \dots, n) \\
& u_r, v_i \geq \varepsilon \quad (r = 1, \dots, s \text{ et } i = 1, \dots, m)
\end{aligned} \tag{3.2}$$

où $u_r = k\mu_r$, $v_i = k\alpha_i$ et $\sum_{i=1}^s v_i x_{ij_0} = 1$, afin que $k = 1 / \sum_{i=1}^m \alpha_i x_{ij_0}$ et ainsi, le modèle de programmation fractionnaire réduit au modèle de CCR comme écrit ci-dessus.

La version duale du modèle de CCR est comme suit:

Modèle Dual de CCR:

$$\begin{aligned}
 \min \quad & \theta \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^+ = \theta x_{ij_0}, \quad (i=1, \dots, m) \\
 & \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^- = y_{rj_0}, \quad (r=1, \dots, s) \\
 & \lambda_j, s_i^+, s_r^- \geq \varepsilon, \quad (j=1, \dots, n, r=1, \dots, s \text{ et } i=1, \dots, m)
 \end{aligned} \tag{3.3}$$

où θ , ce qui est libre en signe, et λ_j sont les variables duales, s_i^+ est la variable d'écart en surplus pour l'entrée i , s_r^- est la variable d'écart en pénurie pour la sortie r , l'autre notation représente les mêmes éléments que dans la formulation de CCR.

Efficacité de Farrel: Un DMU avec la note de $\theta^* = 1$ ou $E_j^* = 1$ serait Farrel-efficace où “*” indique la valeur optimale, obtenue à partir du modèle. Dans la littérature, le terme de l'efficacité de Farrel est également employé en tant que “L'efficacité de Ratio” ou “L'efficacité technique” [45].

Efficacité de CCR: En plus de la condition d'efficacité de Farrel, un DMU CCR-efficace devrait également satisfaire la condition d'écart zéro ce qui signifie les suivantes; $\forall s_i^{+*} = 0$ et $\forall s_r^{-*} = 0$ [45]. Un DMU avec les valeurs positives des variables d'écart aurait un “peer group” (ensemble référence) avec lequel un DMU inefficace peut être apporté à la frontière efficace. Dans le modèle dual λ_j indique ce

“*peer group*” pour chaque DMU. Pour un DMU inefficace, les cibles d’amélioration, ce qui rend un DMU efficace, peuvent être trouvées à l’aide des points optimal d’efficacité et des valeurs des variables d’écart comme suit.

$$\overset{\Delta}{x}_i = \theta^* x_i - s_i^{+*}, \quad i = 1, \dots, m \quad (3.4)$$

$$\overset{\Delta}{y}_r = y_r + s_r^{-*}, \quad r = 1, \dots, s \quad (3.5)$$

où $\overset{\Delta}{x}_i$ et $\overset{\Delta}{y}_r$ sont des niveaux de cible d’amélioration des entrées et des sorties pour le DMU choisi [45].

3.2. Modèle de BCC

Le modèle de BCC a été développé en 1984 afin de créer une flexibilité de frontière de production au cas où les ratios de $\frac{\text{sortie}}{\text{entrée}}$ ne pourraient pas augmenter ou diminuer avec un taux constant mais au lieu d’être à un taux changeant. Ainsi, le modèle de CCR était un modèle de CRS (constant returns to scale) et le modèle proposé de BCC était un modèle de VRS (variable returns to scale). Afin d’assurer la flexibilité de “returns-to-scale”, une nouvelle variable constante est ajoutée à la définition d’efficacité. Le modèle principal de BCC est obtenu à partir du modèle dual de multiplicateur du modèle de CCR et la représentation adaptée du modèle de BCC est comme suit [45].

Modèle de BCC:

$$\min \quad \theta_B - \varepsilon \left[\sum_{i=1}^m s_i^+ + \sum_{r=1}^s s_r^- \right]$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^+ = \theta_B x_{i0}, \quad (i = 1, \dots, m)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{ij} \lambda_j - s_r^- = y_{rj_0}, \quad (r = 1, \dots, s) \quad (3.6)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1,$$

$$\lambda_j, s_i^+, s_r^- \geq \varepsilon, \quad (j = 1, \dots, n, i = 1, \dots, m, \text{ et } r = 1, \dots, s).$$

où troisième contrainte, contrainte également appelée de convexité, ajoute la condition de VRS au modèle. La forme duale de multiplicateur et la forme fractionnaire de ce modèle adapté de [45] peut fournir plus de perspicacité à ce qui est voulu dire par VRS représenté comme suit.

Modèle Dual de BCC:

$$\begin{aligned} \max \quad & E_{B_{j_0}} = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj_0} - u_0 \\ \text{slc} \quad & \sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} = 1 \\ & \sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - u_0 \leq \sum_{i=1}^s v_i x_{ij}, \quad (j = 1, \dots, n) \\ & u_r, v_i \geq \varepsilon, \quad (r = 1, \dots, s \text{ et } i = 1, \dots, m) \\ & -\infty \leq u_0 \leq \infty \end{aligned} \quad (3.7)$$

où $E_{B_{j_0}}$ est la mesure d'efficacité de BCC de DMU j_0 , u_0 est une variable sans signe imposé.

Les conditions d'efficacité de BCC sont identiques comme le modèle de CCR; un DMU est BCC-efficace ssi (si et seulement si) (i) $\theta_B^* = 1$ pour le DMU et (ii) toutes les valeurs des écarts sont zéro pour le DMU qui signifie cela $\forall s_i^{+*}, s_r^{-*} = 0$ pour le DMU. A

moins que les conditions de (i) et de (ii) soient assurées pour un DMU, il serait BCC-inefficace [45].

Les calculs de cible d'amélioration de frontière efficace sont les mêmes que dans le modèle de CCR et ils ne sont pas reproduits ici. Le modèle de BCC crée des notes d'efficacité plus élevée pour DMUs que le modèle de CCR puisqu'il utilise une approche de VRS au lieu d'un CRS. Comme indiqué précédemment, BCC pourrait être utile dans les environnements de VRS dans lesquels les ratios de $\frac{\text{sortie}}{\text{entrée}}$ changent avec une façon variant.

3.3. Prolongements aux Modèles de DEA

3.3.1. Modèles Croisés d'Efficacité

Doyle et Green [43] ont déterminé un inconvénient de CCR, qui utilise seulement des points d'efficacité d'estimation individuelle. Les auteurs ont indiqué que, bien que les notes d'efficacité techniques puissent fournir de la perspicacité pour la performance de DMUs, n'importe quel DMU, ayant une meilleure entrée ou sortie simple des données, peuvent être assignées des notes d'efficacité de 1 et ceci pourrait faire prendre un décideur des décisions fausses au sujet de DMUs. Ils ont proposé l'évaluation croisée de chaque DMU pour empêcher les DMUs, qui sont ratio-efficaces, d'être choisis. Les évaluations d'efficacité croisée se composent de deux phases, l'une d'entre elles est la phase standard de CCR qui est de déterminer les notes d'efficacité de chaque DMU, et la deuxième phase est de minimiser ou maximiser les autres efficacités croisées de DMUs que premier s'est appelé la formulation agressive et le second s'est appelé la formulation bienveillante d'efficacité croisée respectivement. Pour résumer, dans les évaluations d'efficacité croisée chaque DMU est évalué avec les poids de l'autre DMUs après la détermination des notes d'efficacité de CCR. Les auteurs ont proposé une matrice d'efficacité croisée (CEM), qui est montrée dans le Tableau 3.1.

Tableau 3.1 La Matrice d'Efficacité Croisée (CEM), adaptée de Doyle et Green [43]

		DMU Évalué					
		1	2	...	K	...	n
DMU d'Estimation	1	E_{11}	E_{12}	...	E_{1k}	...	E_{1n}
	2	E_{21}	E_{22}	...	E_{2k}	...	E_{2n}

	k	E_{k1}	E_{k2}	...	E_{kk}	...	E_{kn}

	n	E_{n1}	E_{n2}	...	E_{nk}	...	E_{nn}
		e_1	e_2	...	e_k	...	e_n

Évaluation moyenne de pair

E_{ks} est la note d'efficacité du $s^{\text{ième}}$ DMU sous les poids du $k^{\text{ième}}$ DMU. D'autres mots k est le DMU d'estimation et s est le DMU évalué. Les auteurs ont énoncé la représentation mathématique suivante pour E_{ks} .

$$E_{ks} = \frac{\sum_{r=1}^i u_{rk} y_{rs}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{is}} \quad (3.8)$$

où u_{rk} et v_{ik} sont le $r^{\text{ième}}$ et $i^{\text{ième}}$ poids de sortie et d'entrées de DMU k , y_{rs} et x_{is} sont des données des sorties et des entrées pour DMU s . Comme peuvent être énoncés de l'équation, E_{kk} sont les points d'efficacité obtenus par CCR de solution, qui constitue la première phase des formulations d'efficacité croisée.

À la dernière ligne du Tableau 3.1 la valeur d' e_k est calculée selon la formule suivante:

$$e_k = \frac{1}{n-1} \sum_{s \neq k} E_{sk}, \quad (3.9)$$

et est la moyenne de colonne de CEM pour *le k^{ième}* DMU sauf ses propres points. D'autres manières, qui peuvent être employées pour mesurer des notes d'efficacité croisée comme dans les calculs d' e_k , peuvent également être utilisées c.-à-d. l'inclusion d' E_{kk} dans les évaluations moyennes, la prise du désaccord de chaque colonne comme mesure d'efficacité ou l'utilisation des moyens de rangée pour cette mesure sont possibles. Dans les deux parties suivantes deux formulations d'efficacité croisée (la deuxième phase des modèles pour évaluer des valeurs de CEM) sont représentées.

3.3.1.1. Modèle Croisé Agressif d'Efficacité

Dans cette formulation, pendant la maximisation de la note d'efficacité de DMU d'essai, dans la deuxième phase, les autres DMUs sont forcés pour prendre leurs plus mauvais notes sous les meilleurs poids du DMU d'essai. La formulation de Doyle et Green pour l'efficacité croisée agressive est comme suit.

Modèle Croisée Agressif d'Efficacité:

I^{ère} Phase: Modèle de CCR

$$\text{II}^{\text{ème}} \text{ Phase: } \min \quad C_k = \sum_{r=1}^t \left(u_{rk} \cdot \sum_{s \neq k} y_{rs} \right)$$

$$\text{sic} \quad \sum_{i=1}^m \left(v_{ik} \cdot \sum_{s \neq k} x_{is} \right) = 1$$

$$E_{ks} \leq 1, \quad \text{pour } \forall s \neq k \quad (3.10)$$

$$\sum_{r=1}^t u_{rk} y_{rk} - E_{kk}^* \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} = 0$$

$$u_{rk}, v_{ik} \geq 0, \quad (r = 1, \dots, t \text{ et } i = 1, \dots, m)$$

où E_{kk} est obtenu à partir du modèle de CCR dans la première phase. C_k est un DMU composé qui est obtenu par la somme des données de $r^{\text{ième}}$ sortie des DMUs restes

multipliées par les poids appropriés de sortie r ($r = 1, \dots, t$) du DMU obtenu avec la solution de modèle. De la même manière, la première contrainte est pour le DMU composé. La deuxième contrainte est appliquée à tout le DMUs sauf le DMU d'essai et assure la limite supérieure des notes d'efficacité pour être moins qu'ou égale à 1. La troisième contrainte est placée afin de fixer les notes de l'efficacité du DMU d'essai comme dans le modèle de CCR et, puisqu'il pourrait y avoir plus d'un groupe des poids optimaux assignés au DMU d'essai, ici nous recherchons les poids optimaux, qui réduisent au minimum également les notes de l'efficacité d'autres DMUs. Le nom de l'efficacité agressive vient de l'objectif de minimisation de la deuxième phase et est également s'appelé comme Efficacité-X dans la littérature.

3.3.1.2. Modèle Croisé Bienveillant d'Efficacité

La différence entre la formulation agressive et bienveillante commence dans la deuxième phase, où la formulation bienveillante cherche à maximiser les notes d'efficacité des autres DMUs tout en assignant les poids maximums au DMU d'essai aussi bien. La formulation bienveillante est représentée comme suit.

Modèle Croisé Bienveillant d'Efficacité:

I^{ère} Phase: Modèle de CCR

$$\text{II}^{\text{ème}} \text{ Phase: } \max \quad C_k = \sum_{r=1}^t \left(u_{rk} \cdot \sum_{s \neq k} y_{rs} \right)$$

$$\text{sic} \quad \sum_{i=1}^m \left(v_{ik} \cdot \sum_{s \neq k} x_{is} \right) = 1$$

$$E_{ks} \leq 1, \quad \text{pour } \forall s \neq k \quad (3.11)$$

$$\sum_{r=1}^t u_{rk} y_{rk} - E_{kk}^* \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} = 0$$

$$u_{rk}, v_{ik} \geq 0, \quad (r = 1, \dots, t \text{ et } i = 1, \dots, m).$$

3.3.1.3. L'Indice de Maverick

Afin de distinguer plus les notes d'efficacité des DMUs, une nouvelle mesure notamment l'Indice de Maverick (indice non-conformiste) a été proposée par Doyle et Green [43]. L'Indice de Maverick est représenté comme ci-dessous:

$$M_k = \frac{E_{kk} - e_k}{e_k} \quad (3.12)$$

où M_k représente la déviation de l'efficacité technique du DMU de son efficacité croisée. Plus l'Indice de Maverick est petit, plus le DMU est efficace. L'Indice de Maverick peut être appliqué aux deux formulations d'efficacité croisée.

3.4. Applications des Modèles de DEA au Procédé de Sélection de Fournisseur

Dans la présente partie, deux articles sont choisis pour illustrer l'utilisation des modèles de DEA discutés précédemment. L'un d'entre eux était le premier modèle de DEA développé pour le problème de sélection de fournisseur dans une étude de Charles A. Weber [31]. L'autre étude est l'article de Talluri et Narasimhan [32] sur le fournisseur stratégique.

3.4.1. Modèle de Weber [31] de DEA pour Mesurer la Performance de Fournisseur

Cet article a démontré l'utilisation de DEA comme outil pour mesurer la performance des fournisseurs sur des critères multiples et pour l'usage dans des négociations de fournisseur. L'auteur a développé une formulation de DEA pour mesurer l'efficacité de fournisseur et a montré comment un fabricant d'aliment pour bébé a appliqué la technique de DEA et fourni des épargnes en termes monétaires et autres mesurables. Dans cette étude, les DMUs étaient des fournisseurs d'un produit ou service. La mesure de sortie du modèle mathématiquement traduit à une unité simple d'un produit à acheter et à un ensemble de valeurs d'entrée pour les critères sur lesquels les fournisseurs devaient être évalués pour leur efficacité relative, telle que le prix, la qualité, la livraison

etc.. De cette manière, DEA a mesuré l'efficacité relative de chaque fournisseur, comparé aux fournisseurs les plus efficaces de l'étude, pour acheter le produit ou le service basé sur des critères multiples. Tout en évaluant les points d'efficacité, les poids obtenus de référence ont été utilisés pour déterminer les niveaux des performances acceptables de chaque fournisseur et employés dans le processus de négociation avec eux.

Modèle de DEA:

$$\begin{aligned}
 \min \quad & \theta_o - \varepsilon \cdot \left(\sum_{i=1}^m s_i^- \right) \\
 \text{s.t.} \quad & \theta_o \cdot x_{ij} - \sum_{j=1}^n x_{ij} \cdot \lambda_j - s_i^- = 0, \quad (i = 1, \dots, m) \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\
 & \lambda_j \geq 0, \quad (j = 1, \dots, n) \\
 & s_i^- \geq 0, \quad (i = 1, \dots, m)
 \end{aligned} \tag{3.13}$$

où θ_o est la mesure de l'efficacité de Farrel pour le fournisseur o ; s_i^- sont les variables d'écarte d'entrées; λ_j sont les poids de référence liés au fournisseur j ; ε est un infinitésimalement petit nombre; x_{ij} sont les données des critères d'entrée pour la $i^{\text{ième}}$ entrée du fournisseur j ; m est le nombre de critères; n est le nombre des fournisseurs. Ce modèle est une version modifiée du modèle dual de BCC puisque la sortie été choisi pour prendre une valeur virtuelle.

Dans cette recherche il y avait trois facteurs entrés à considérer qui sont prix, qualité et livraison, où le prix était le prix unitaire de l'article; la qualité était le pourcentage de rejet des unités embarquées et la livraison était le pourcentage en retard de la livraison

des unités commandées. La sortie était un résultat virtuel qui a été mesuré par θ . Le Tableau 3.2 présente les données des six fournisseurs comme suit.

Tableau 3.2 Données de six fournisseurs de Weber [31]

Fournisseurs	V1	V2	V3	V4	V5	V6
Prix / Unité	0.1958	0.1881	0.2204	0.2081	0.2118	0.2096
% Rejets	1.2	0.8	0.0	2.1	2.3	1.2
% Les Livraisons Tardives	5.0	7.0	0.0	0.0	3.0	4.0

Les points d'efficacité, les valeurs des écarts, les poids de référence et les notes d'efficacités des fournisseurs obtenus par le modèle sont montrés dans le Tableau 3.3. La solution de modèle est exécutée dans le solutionneur de GAMS utilisant le modèle et les points d'efficacité sont calculés selon l'équation (3.4).

Tableau 3.3 Résultats obtenus d'étude de Weber [31]

Fournisseur	Efficacité De Farrell	Valeurs d'écarts	Poids de Référence	Points Efficaces
1	0.99054	Prix-0	V2-0.70753	Prix-0.19395
		Livraison-0		Livraison-4.95273
		Qualité-0.00845		Qualité-1.18020
2	1.0	Prix-0	V4-0.29246	Prix-0.1881
		Livraison-0		Livraison-7
		Qualité-0		Qualité-0.8
3	1.0	Prix-0	V3-1.0	Prix-0.2204
		Livraison-0		Livraison-0.0
		Qualité-0		Qualité-0.0
4	1.0	Prix-0	V4-1.0	Prix-0.2081
		Livraison-0		Livraison-0.0
		Qualité-0		Qualité-2.1
5	0.9443	Prix-0	V2-0.40470	Prix-0.19999
		Livraison-0		Livraison-2.8327
		Qualité-0.59804		Qualité-1.57374
6	0.9483	Prix-0	V2-0.54190	Prix-0.19877
		Livraison-0		Livraison-3.37933
		Qualité-0		Qualité-1.137998

Comme peut être vu du Tableau 3.3, Fournisseur 2, Fournisseur 3 et Fournisseur 4 être efficace tandis que Fournisseur 1, Fournisseur 5 et Fournisseur 6 sont BCC inefficaces.

Dans le Tableau 3.3 les résultats sont représentés sous forme de cinq chiffres après décimale et ils coïncident avec les résultats de l'auteur.

3.4.2. Méthodologie de Talluri et Narasimhan [32] pour Résoudre le Problème de Fourniture Stratégique

Cet article a proposé un cadre pour la fourniture efficace des fournisseurs, qui a considéré les facteurs multiples stratégiques et opérationnels dans le processus d'évaluation. Cette recherche a étudié les différences parmi les groupes de fournisseur en proposant des stratégies possibles d'amélioration pour les fournisseurs qui performant inefficacement.

Les auteurs ont étudié que le fourniture stratégique ne doit pas être seulement basé sur la métrique opérationnelle telle que le coût, la qualité, et la livraison, mais incorporent également des dimensions et des capacités stratégiques des fournisseurs telles que l'emphase de gestion sur les procédures de qualité, les capacités de processus, les applications de gestion, les capacités de conception et de développement, et les capacités de réduction des coûts au processus décisionnel. Ces attributs de fournisseur ont fourni des informations aux directeurs d'une entreprise sur l'infrastructure et les pratiques utilisées par les fournisseurs, qui étaient les éléments principaux pour des relations stratégiques à long terme. Talluri et Narasimhan [32] ont utilisé un modèle agressif d'efficacité croisée de Doyle et Green [43] liés au modèle standard de CCR de Charnes et al. [44]. Dans la première étape de la formulation les efficacités techniques ont été évaluées et dans la deuxième étape ces notes ont été utilisées dans le modèle d'efficacité croisée. Le centre primaire de cette étude était sur les implications et l'utilité gestionnaires des résultats, pendant le processus des issues de fourniture stratégiques, avec qui des compagnies affrontent. L'Indice de Maverick est également incluse ici en tant que l'exemple d'utilisation. En cet article, les modèles (3.2) et (3.10) ont été résolus respectivement. Pour les calculs de l'Indice de Maverick (3.12) est utilisé. Les données, données par les auteurs, sont présentées dans le Tableau 3.4.

On l'indique que deux questionnaires distincts (l'un d'entre eux est le questionnaire d'évaluation de la performance de fournisseur et l'autre est questionnaire de capacité de

fournisseur) ont été envoyés même aux compagnies et à leurs fournisseurs afin d'obtenir les données nécessaires. Le questionnaire d'évaluation de la performance de fournisseur a constitué la partie de sortie de l'étude dans laquelle la qualité, le prix, la livraison, la réduction des coûts et d'autres attributs relatifs ont été considérés par l'entreprise. D'autre part, le questionnaire de capacité de fournisseur a constitué la partie d'entrée de l'étude dans laquelle les procédures et des systèmes de gestion de qualité, la documentation et l'estimation individuelle, les capacités de processus/fabrication, la gestion du fournisseur, les capacités de conception et de développement et les capacités de réduction des coûts ont été évalués par le fournisseur. Les questions dans les questionnaires ont été répondues avec des questions oui-non et les réponses sont mesurées avec des points qui sont le ratio des réponses d'oui à toutes les questions répondues, entre 0 et 1. Sur le Tableau 3.5 des résultats sont présentés.

Tableau 3.4 Données des fournisseurs adaptées de Talluri et Narasimhan [32]

Fournisseurs	QMP ^a	SA ^b	PMC ^c	MGT ^d	DD ^e	CR ^f	Qualité	Prix	Livraison	CRP ^g	Autre
1	0.9662	0.9742	1.0385	1.0808	1.1417	0.7839	0.6211	0.8922	0.1284	1.2107	0.6359
2	0.7054	1.0438	0.75	0.8782	0	0.875	0.6932	0.8922	0.3855	0	0.3179
3	0.5611	0.8947	0.7789	0.7205	0.8372	0.7404	1.0205	0.4341	1.542	0	1.2719
4	1.1272	1.0438	0.952	0.9607	0.9661	1.1402	1.6639	1.1333	1.542	1.2107	1.8019
5	1.1272	1.0438	1.1251	1.0808	1.256	1.2115	0.9983	1.3503	1.1565	1.2107	0.954
6	0.9877	1.0438	0.9376	1.0808	1.0466	0.9422	1.0426	1.3263	1.799	2.4214	1.2719
7	0.8051	0.8351	1.0385	0.9607	1.256	1.0768	1.2201	1.2056	0.771	2.4214	1.2719
8	1.1809	1.0438	1.1251	1.0208	1.0627	1.0096	0.8429	1.1333	0.6424	1.2107	0.8479
9	1.2346	1.0438	1.1251	1.0808	1.256	1.1442	0.6433	0.8922	0.3855	0	0.5299
10	0.5904	1.0438	0.6058	0.7629	0.5796	0.4038	1.4419	0.4341	1.4135	0	1.2719
11	0.8642	0.8118	0.8182	0.9536	0.9661	0.8076	0.4215	0.8922	1.0279	0	0.8479
12	0.6441	0.8351	1.0227	1.0208	0.9661	1.0768	1.0205	1.3263	0.771	1.2107	0.7418
13	1.2346	1.0438	1.1251	1.0808	1.256	1.2115	0.5546	1.1092	1.0279	1.2107	1.166
14	1.0662	1.0438	1.1251	1.0808	1.1593	1.2115	0.8208	0.8922	0.8994	1.2107	0.8479
15	1.01	1.0438	0.8654	1.0208	0.7322	0.6815	1.2423	1.5674	1.4135	2.4214	1.2719
16	0.8978	0.9742	1.0385	1.0208	0.942	0.8076	1.0205	0.8922	0.3855	0	0.424
17	1.1272	0.9742	1.0385	1.0208	1.256	1.0768	1.0205	0.8681	0.771	0	0.5299
18	1.1809	1.0438	1.1251	1.0808	1.256	1.2115	1.2201	0.2411	0	0	0.424
19	1.0735	1.0438	1.1251	0.9007	1.1593	0.9422	1.1647	0.8922	1.4135	1.2107	1.0599
20	1.0736	1.0438	1.1251	1.0808	0.6762	1.1442	0.8429	1.055	1.4135	1.2107	1.4839
21	1.2346	1.0438	1.1251	1.0133	1.256	1.2115	0.7764	0.8922	1.0279	0	0.954
22	1.2346	1.0438	0.952	1.0808	1.0466	1.2115	1.4642	1.3263	1.799	2.4214	1.4839
23	1.0735	1.0438	1.0385	1.0172	0.8695	1.0768	1.2423	1.3503	1.2849	2.4214	1.59

^a QMP : Quality Management Practices, ^b SA: Documentation and Self Audit, ^c PMC: Process/Manufacturing Capability, ^d MGT: Management, ^e DD: Design and Development Capabilities, ^f CR: Cost Reduction Capability, ^g CRP: Cost Reduction Performance.

Tableau 3.5 Points d'efficacité obtenus à partir de l'étude de Talluri et de Narasimhan [32]

Fournisseurs	Efficacité de CCR	Efficacité-X	L'indice de Maverick	Rang
1	0.602	0.397	0.516	11
2	1	0.385	1.597	22
3	1	0.482	1.075	20
4	1	0.7	0.429	7
5	0.855	0.574	0.490	9
6	1	0.766	0.305	4
7	1	0.774	0.292	2
8	0.723	0.488	0.482	8
9	0.562	0.286	0.965	19
10	1	0.513	0.949	17
11	0.805	0.421	0.912	16
12	1	0.664	0.506	10
13	0.773	0.486	0.591	12
14	0.609	0.449	0.356	6
15	1	0.857	0.167	1
16	0.764	0.344	1.221	21
17	0.702	0.359	0.955	18
18	0.733	0.15	3.887	23
19	0.904	0.554	0.632	13
20	1	0.57	0.754	14
21	0.658	0.373	0.764	15
22	1	0.772	0.295	3
23	1	0.765	0.307	5

Les calculs sont exécutés par le solveur de GAMS. Semblables aux résultats des auteurs, notes d'efficacité de CCR sont les mêmes que les auteurs mais les points d'efficacité croisée obtenus sont différents des résultats des auteurs, dus aux valeurs normales de données. Deux tableaux distinctes (Tableau 3.4 et Tableau 3.5) sont utilisés pour représenter l'étude de Talluri et Narasimhan [32] dus aux limitations de l'espace.

4. Sous-Ensembles Flous et DEA Flou

La théorie des sous-ensembles flous a été présentée la première fois par Zadeh [8]. L'auteur a proposé une généralisation de la théorie des ensembles classiques en adaptant la notion floue dans les notions classiques des ensembles et des propositions. Dans la théorie des ensembles classiques, l'appartenance d'un élément à un ensemble fini, qui est donné, peut être seulement vraie ou fausse [46]. Dans la théorie des sous-ensembles flous, cette appartenance change entre les valeurs zéro et un qui indiquent qu'un élément peut ou ne peut pas appartenir à un sous-ensemble flou en même temps. Nous pouvons voir un grand nombre d'exemples des sous-ensembles flous dans la vie quotidienne. Par exemple, quand nous cherchons "les nombres proches à 10" 'le nombre 11' appartient à cet ensemble mais au degré de compatibilité n'est pas plus grand que 'le nombre 10.5', d'autre part 'le numéro vingt' peut même ne pas appartenir à cet sous-ensemble flou. Beaucoup d'applications de théorie des sous-ensembles flous sont appliquées dans la technologie, la prise de décision, la médecine etc., et il est répandu en particulier dans tous les secteurs dans lesquels le jugement humain est incorporé. En langue quotidienne, les mots contiennent souvent la signification floue qui peut être illustrée par "les hommes grands", "les belles femmes" et les frontières pour ces ensembles sont souvent imprécises ou vagues contrairement aux ensembles classiques. Dans cette section d'abord le cadre mathématique pour les sous-ensembles flous est présenté, puis DEA flou est expliqué avec une illustration de modèle flou de DEA de Lertworasirikul et al. [17].

4.1. Sous-Ensembles Flous et Définitions de Base

Définition 4.1 [46]: Si X est une collection d'objets dénotés avec l'élément générique x , alors un sous-ensemble flou \tilde{A} dedans X est un ensemble de paires:

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) \mid x \in X\} \quad (4.1)$$

$\mu_{\tilde{A}}(x)$ s'est appelé la fonction d'adhésion ou le niveau de l'appartenance (aussi degré de la compatibilité ou degré de la vérité) de x dans \tilde{A} cela trace X à l'espace d'appartenance (Quand M contient seulement deux points 0 et 1, \tilde{A} est non-flou et $\mu_{\tilde{A}}(x)$ est identique à la fonction caractéristique d'un ensemble non-flou). Si $\sup_x \mu_{\tilde{A}}(x) = 1$, le sous-ensemble flou \tilde{A} s'est appelé normal.

Définition 4.2 [46]: Le support d'un sous-ensemble flou \tilde{A} , $\text{supp}(\tilde{A})$, est l'ensemble non-flou de tous les $x \in X$ tels que $\mu_{\tilde{A}}(x) > 0$.

Définition 4.3 [47]: Le noyau d'un sous-ensemble flou \tilde{A} donné, $\text{core}(\tilde{A})$, est l'ensemble non-flou de tous les $x \in X$ tels que $\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$.

Définition 4.4 [46]: L'ensemble non-flou des éléments qui appartiennent à l'ensemble flou \tilde{A} au moins au degré α s'est appelé l'ensemble de niveau- α :

$$A_{\alpha} = \{x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\} \quad (4.2)$$

et,

$$A'_{\alpha} = \{x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) > \alpha\} \quad (4.3)$$

s'est appelé "l'ensemble de fort niveau- α " ou "l'ensemble de forte coupe- α ". Une illustration pour les termes de support, de noyau et de coupe- α est représentée dans la Figure 4.1.

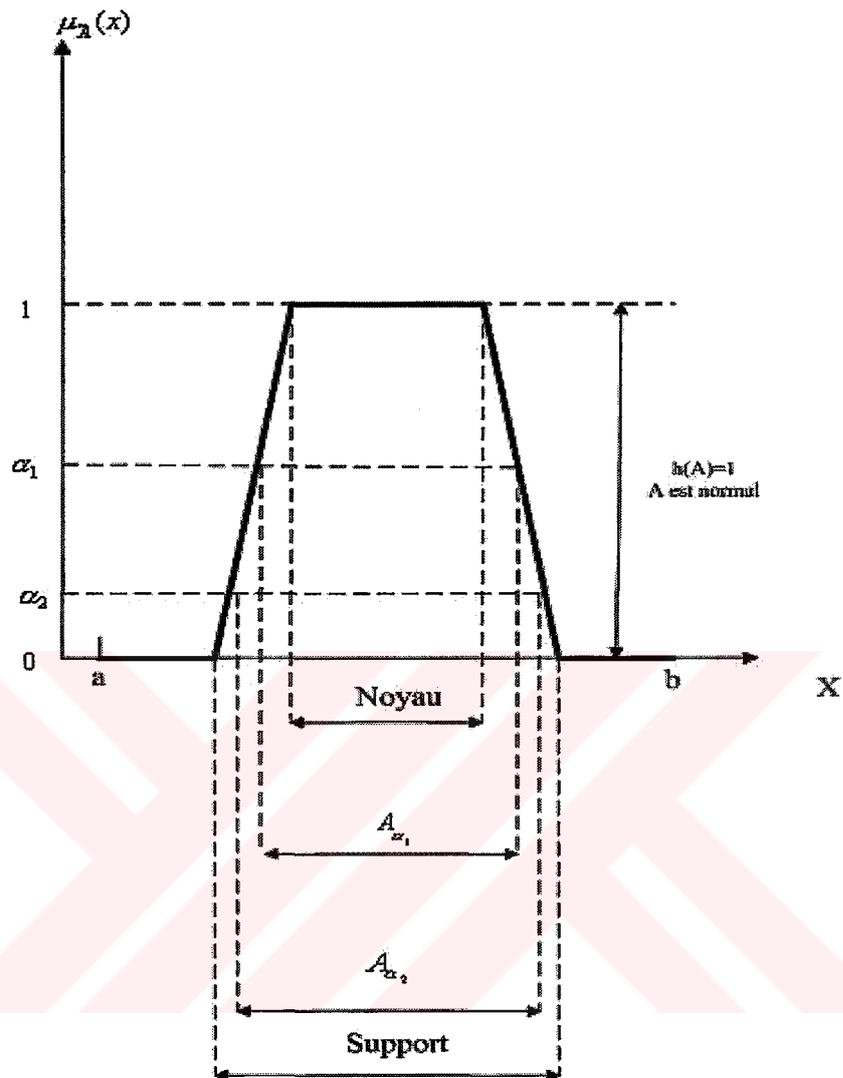


Figure 4.1 Illustration des termes de support, de noyau et de coupe- α , adaptée de Klir et al. [47].

Définition 4.5 [46]: Un sous-ensemble flou \tilde{A} est convexe si

$$\mu_{\tilde{A}}(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) \geq \min\{\mu_{\tilde{A}}(x_1), \mu_{\tilde{A}}(x_2)\}, x_1, x_2 \in X, \lambda \in [0,1]. \quad (4.4)$$

Alternativement, un sous-ensemble flou est convexe si tous les ensembles de niveau- α sont convexes. Figure 4.2 et Figure 4.3 illustrent les sous-ensembles flous convexes et non-convexes.

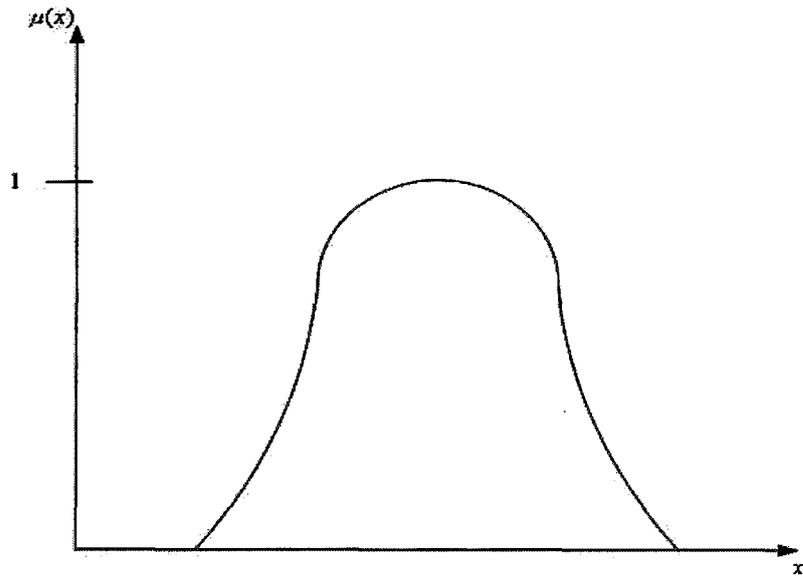


Figure 4.2 Sous-ensemble flou convexe, adapté de Zimmermann [46].

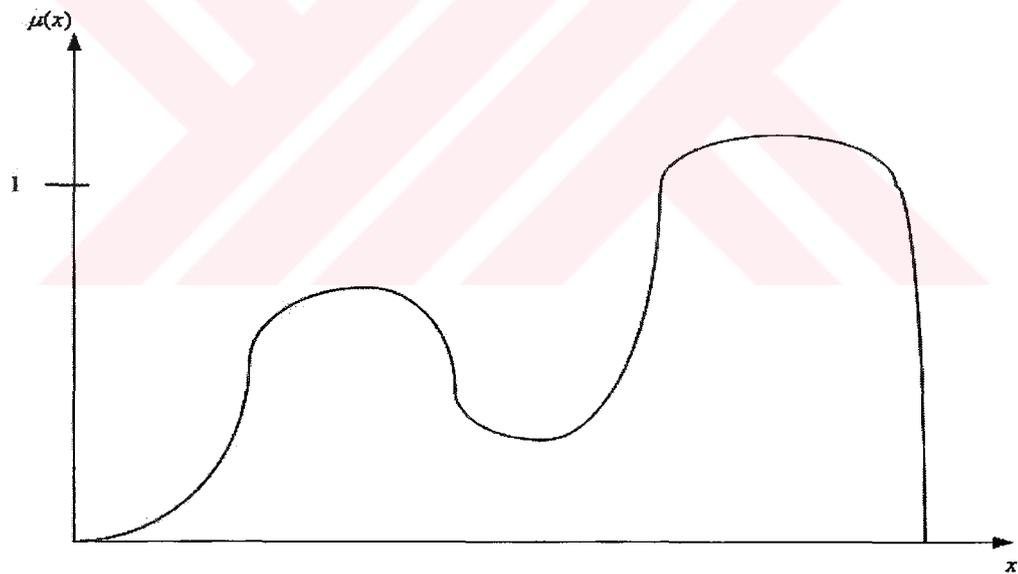


Figure 4.3 Sous-ensemble flou non-convexe, adapté de Zimmermann [46].

Définition 4.6 [46]: La fonction d'appartenance $\mu_{\tilde{C}}(x)$ de l'intersection $\tilde{C} = \tilde{A} \cap \tilde{B}$ est définie point par point,

$$\mu_{\tilde{C}}(x) = \min \{ \mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x) \}, \quad x \in X . \quad (4.5)$$

Définition 4.7 [46]: La fonction d'appartenance $\mu_{\tilde{D}}(x)$ de l'union $\tilde{D} = \tilde{A} \cup \tilde{B}$ est défini point par point,

$$\mu_{\tilde{D}}(x) = \max \{ \mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x) \}, \quad x \in X. \quad (4.6)$$

Définition 4.8 [46]: La fonction d'appartenance du complément d'un sous-ensemble flou normal, $\mu_{\tilde{A}^c}(x)$ est défini par,

$$\mu_{\tilde{A}^c}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x), \quad x \in X. \quad (4.7)$$

Définition 4.9 [47]: L'ensemble qui se compose de tous les sous-ensembles possibles d'un ensemble indiqué X s'est appelé *un ensemble de puissance* de X et est dénoté par le symbole $\mathbf{P}(X)$.

4.1.1. Nombres Flous et Arithmétique Floue

Un nombre flou \tilde{M} est un sous-ensemble flou convexe \tilde{M} de la ligne réel \mathfrak{R} tels que;

- i. Il existe au moins un $x_0 \in \mathfrak{R}$ avec $\mu_{\tilde{M}}(x_0) = 1$,
- ii. $\mu_{\tilde{M}}(x)$ est continu par morceaux [46].

4.1.1.1. Représentation de LR des Nombres Flous

Définition 4.10 [46]: Un nombre flou \tilde{M} est du type-LR si là existent les fonctions de référence L (pour la gauche), R (pour la droite) tels que $L(x)$ (ou $R(x)$) est une fonction diminuante de $x \in \mathfrak{R}^+$ d'où, $L(x) > 0$ pour $\forall x < 1$ $L(0) = 1$, $L(1) = 0$ pour $\forall x$ et les grandeurs scalaires $l > 0$, $r > 0$ avec,

$$\mu_{\tilde{M}}(x) = \begin{cases} L\left(\frac{m-x}{l}\right) & \text{pour } x \leq m \\ R\left(\frac{x-m}{r}\right) & \text{pour } x \geq m \end{cases}, \quad (4.8)$$

où m , s'est appelé la valeur moyenne de \tilde{M} , est un nombre réel, et, l et r se sont appelé les étendues gauches et droites, respectivement. \tilde{M} est dénoté par $(m, l, r)_{LR}$.

4.1.1.2. Nombres Flous Triangulaires

Un nombre flou triangulaire (TFN) \tilde{M} , dénoté par $(m, l, r)_{LR}$, est un genre de représentation simplifié de type-LR tels que;

$$\mu_{\tilde{M}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{pour } x < m-l \text{ et } x > m+r \\ \frac{x-m+l}{l} & \text{pour } m-l \leq x \leq m \\ \frac{m+r-x}{r} & \text{pour } m \leq x \leq m+r \end{cases}. \quad (4.9)$$

Une représentation alternative est la représentation de niveau- α , qui peut être montrée en tant qu'intervalles non-flous de nombre flou \tilde{M} tels que,

$$\tilde{M}_\alpha = [m - (1-\alpha)l, m + (1-\alpha)r], \quad \text{pour } \forall \alpha \in [0,1]. \quad (4.10)$$

D'une manière semblable une autre représentation de TFNs sont comme suit:

$$\tilde{M} = (m^L, m, m^U), \quad (4.11)$$

où m^L est la limite inférieure, m est la valeur moyenne et m^U est la limite supérieure du TFN. Cette notation sera utilisée dans la Section 5. Un exemple de TFN est présenté dans la Figure 4.4.

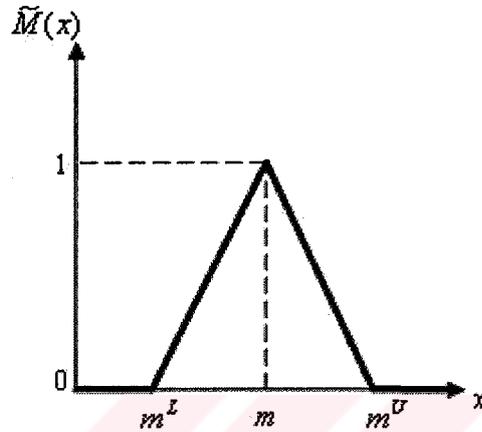


Figure 4.4 Nombre Flou Triangulaire.

4.1.1.3. Nombres Flous Trapézoïdaux

Un nombre flou trapézoïdal \tilde{M} , dénoté par $(m^L, m^U, l, r)_{LR}$, est un genre de représentation simplifié de type-LR tels que;

$$\mu_{\tilde{M}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{pour } x < m^L - l \text{ and } x > m^U + r \\ \frac{x - m^L + l}{l} & \text{pour } m^L - l \leq x \leq m^L \\ 1 & \text{pour } m^L \leq x \leq m^U \\ \frac{m^U + r - x}{r} & \text{pour } m^U \leq x \leq m^U + r \end{cases} . \quad (4.12)$$

Une représentation alternative est la représentation de niveau- α qui peut être montrée en tant qu'intervalles non-flous de nombre flou \tilde{M} tels que;

$$\tilde{M}_\alpha = [m^L - (1-\alpha)l, m^U + (1-\alpha)r] \quad \text{pour } \forall \alpha \in [0,1]. \quad (4.13)$$

Une autre représentation d'un nombre flou trapézoïdal est comme suit:

$$\tilde{M} = (m_0^L, m_1^L, m_0^U, m_1^U), \quad (4.14)$$

où m_0^L est la limite inférieure, m_1^L est la valeur moyenne à gauche, m_0^U est la valeur moyenne à droite et m_1^U est la limite supérieure du nombre flou. Cette notation sera utilisée dans la Section 5. Un exemple de nombre flou trapézoïdal est présenté dans la Figure 4.5.

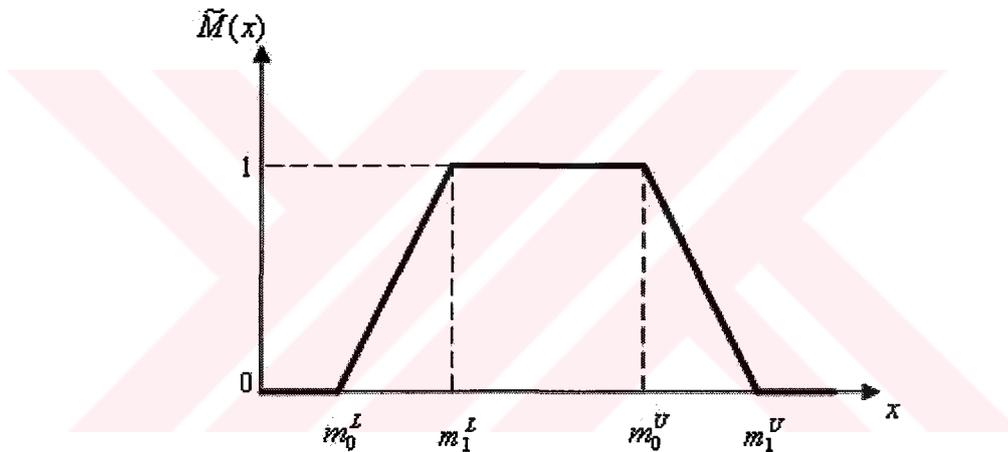


Figure 4.5 Nombre Flou Trapézoïdal.

4.1.1.4. Opérations Arithmétiques sur les Nombres Flous

Puisque les nombres flous peuvent être représentés par leurs coupes- α et les coupes- α sont des intervalles fermés des nombres réels, il est également possible pour utiliser des opérations arithmétiques classiques c.-à-d., addition (+), soustraction (-), multiplication (\cdot) et division ($/$) sur des nombres flous en utilisant l'arithmétique d'intervalle[47].

Si \tilde{M}_1 est un nombre flou triangulaire de type-LR avec une représentation de $(m_1, l_1, r_1)_{LR}$ et \tilde{M}_2 est un nombre flou triangulaire de type-LR avec une représentation de $(m_2, l_2, r_2)_{LR}$ puis l'addition de \tilde{M}_1 et \tilde{M}_2 serait telles que,

$$(\tilde{M}_1 + \tilde{M}_2)_\alpha = \tilde{M}_{1\alpha} + \tilde{M}_{2\alpha}, \quad (4.15)$$

et en utilisant la représentation de coupe- α de \tilde{M}_1 et \tilde{M}_2 , $(\tilde{M}_1 + \tilde{M}_2)_\alpha$ peut être déterminé comme suit:

$$(\tilde{M}_1 + \tilde{M}_2)_\alpha = \left[\min \left\{ \begin{array}{l} (m_1 + m_2 - (1-\alpha)(l_1 + l_2)), \\ (m_1 + m_2 + (1-\alpha)(r_2 - l_1)), \\ (m_1 + m_2 + (1-\alpha)(r_1 - l_2)), \\ (m_1 + m_2 + (1-\alpha)(r_1 + r_2)) \end{array} \right\}, \max \left\{ \begin{array}{l} (m_1 + m_2 - (1-\alpha)(l_1 + l_2)), \\ (m_1 + m_2 + (1-\alpha)(r_2 - l_1)), \\ (m_1 + m_2 + (1-\alpha)(r_1 - l_2)), \\ (m_1 + m_2 + (1-\alpha)(r_1 + r_2)) \end{array} \right\} \right] \quad (4.16)$$

où $\alpha \in [0, 1]$. Il peut facilement noter que cette opération est identique que l'addition d'intervalle. De la même manière la soustraction peut être appliquée aux même nombres flous comme suit:

$$(\tilde{M}_1 - \tilde{M}_2)_\alpha = \tilde{M}_{1\alpha} - \tilde{M}_{2\alpha} \quad (4.17)$$

et,

$$(\tilde{M}_1 - \tilde{M}_2)_\alpha = \left[\min \left\{ \begin{array}{l} (m_1 - m_2 + (1-\alpha)(-l_1 + l_2)), \\ (m_1 - m_2 - (1-\alpha)(r_2 + l_1)), \\ (m_1 - m_2 + (1-\alpha)(r_1 + l_2)), \\ (m_1 - m_2 + (1-\alpha)(r_1 - r_2)) \end{array} \right\}, \max \left\{ \begin{array}{l} (m_1 - m_2 + (1-\alpha)(-l_1 + l_2)), \\ (m_1 - m_2 - (1-\alpha)(r_2 + l_1)), \\ (m_1 - m_2 + (1-\alpha)(r_1 + l_2)), \\ (m_1 - m_2 + (1-\alpha)(r_1 - r_2)) \end{array} \right\} \right] \quad (4.18)$$

où $\alpha \in [0, 1]$.

Le cas de la multiplication et de la division serait expliqué par deux exemples puisque, en cas de changement de signe de positif au négatif, il est nécessaire de définir les représentations différentes de coupe- α pour les niveaux- α distincts. Les fonctions d'appartenances du $\tilde{M}_1 \cdot \tilde{M}_2$ et $\tilde{M}_1 / \tilde{M}_2$ seront également présentées pour illustrer les opérations.

Exemple 4.1 [47]: Si \tilde{M}_1 et \tilde{M}_2 sont les nombres flous triangulaires de type-LR avec les représentations de $(1,2,2)_{LR}$ et de $(3,2,2)_{LR}$ puis leurs représentations de coupe- α seraient;

$$\tilde{M}_{1\alpha} = [2\alpha - 1, 3 - 2\alpha] \text{ et } \tilde{M}_{2\alpha} = [2\alpha + 1, 5 - 2\alpha] \text{ pour } \forall \alpha \in [0,1]$$

alors $\tilde{M}_1 \cdot \tilde{M}_2$ serait tel que;

$$(\tilde{M}_1 \cdot \tilde{M}_2)_\alpha = \left[\begin{array}{l} \min\{(4\alpha^2 - 1), (-4\alpha^2 + 12\alpha - 5), (-4\alpha^2 + 4\alpha + 3), (4\alpha^2 - 16\alpha + 15)\}, \\ \max\{(4\alpha^2 - 1), (-4\alpha^2 + 12\alpha - 5), (-4\alpha^2 + 4\alpha + 3), (4\alpha^2 - 16\alpha + 15)\} \end{array} \right]$$

pour $\forall \alpha \in [0,1]$, et par conséquent,

$$(\tilde{M}_1 \cdot \tilde{M}_2)_\alpha = \left\{ \begin{array}{ll} [-4\alpha^2 + 12\alpha - 5, 4\alpha^2 - 16\alpha + 15] & \text{pour } \forall \alpha \in [0, 0.5] \\ [4\alpha^2 - 1, 4\alpha^2 - 16\alpha + 15] & \text{pour } \forall \alpha \in (0.5, 1] \end{array} \right\},$$

et la fonction d'appartenance de ce nouveau nombre flou serait;

$$\mu_{\tilde{M}_1 \cdot \tilde{M}_2}(x) = \begin{cases} 0 & \text{pour } x < -5 \text{ and } x > 15 \\ [3 - (4 - x)^{1/2}] / 2 & \text{pour } -5 \leq x < 0 \\ (1 + x)^{1/2} / 2 & \text{pour } 0 \leq x < 3 \\ [4 - (1 + x)^{1/2}] / 2 & \text{pour } 3 \leq x \leq 15 \end{cases}$$

En cas de division avec les mêmes nombres flous, $\tilde{M}_1 / \tilde{M}_2$ serait tel que;

$$(\tilde{M}_1 / \tilde{M}_2)_\alpha = \left[\min\left\{ \frac{2\alpha - 1}{2\alpha + 1}, \frac{2\alpha - 1}{5 - 2\alpha}, \frac{3 - 2\alpha}{2\alpha + 1}, \frac{3 - 2\alpha}{5 - 2\alpha} \right\}, \max\left\{ \frac{2\alpha - 1}{2\alpha + 1}, \frac{2\alpha - 1}{5 - 2\alpha}, \frac{3 - 2\alpha}{2\alpha + 1}, \frac{3 - 2\alpha}{5 - 2\alpha} \right\} \right]$$

pour $\forall \alpha \in [0,1]$, et par conséquent,

$$(\tilde{M}_1 / \tilde{M}_2)_\alpha = \left\{ \begin{array}{ll} \left[\frac{2\alpha - 1}{2\alpha + 1}, \frac{3 - 2\alpha}{2\alpha + 1} \right] & \text{pour } \alpha \in [0, 0.5] \\ \left[\frac{2\alpha - 1}{5 - 2\alpha}, \frac{3 - 2\alpha}{2\alpha + 1} \right] & \text{pour } \alpha \in (0.5, 1] \end{array} \right\}$$

et la fonction d'appartenance de ce nouveau nombre flou serait;

$$\mu_{\tilde{M}_1 / \tilde{M}_2}(x) = \begin{cases} 0 & \text{pour } x < -1 \text{ et } x > 3 \\ \frac{x+1}{2-2x} & \text{pour } -1 \leq x < 0 \\ \frac{5x+1}{2x+2} & \text{pour } 0 \leq x < 1/3 \\ \frac{3-x}{2x+2} & \text{pour } 1/3 \leq x \leq 3 \end{cases}$$

4.1.2. Théorie de Possibilité

L. Zadeh [48] a développé la théorie de possibilité en définissant la distribution de possibilité comme une restriction floue avec sa fonction d'appartenance étant une fonction de distribution de possibilité liée à une variable floue.

Zadeh [48] a décrit une restriction floue, \tilde{F} , étant un sous-ensemble dans un univers du discours U en lequel une variable X , prend des valeurs de U dénoté par u et \tilde{F} agit comme une contrainte élastique sur les valeurs qui peuvent être assignées à X avec une fonction d'appartenance de $\mu_{\tilde{F}}$. Par conséquent, il devient $X = u : \mu_{\tilde{F}}(u)$ et signifie le degré satisfait par \tilde{F} quand u est assigné à X . L'exemple suivant est pris de Zadeh [48] pour illustrer le cas.

Exemple 4.2 [48]: “Considérer un âge numérique, parole $u = 28$ ou Age(John) est 28, dont la catégorie de l'appartenance dans le sous-ensemble flou des jeunes est approximativement 0.7. D'abord, nous interprétons 0.7 comme degré de compatibilité de 28 avec le concept marqué jeunes. Puis, nous postulons que la proposition de “John est jeune” convertit la signification de 0.7 du degré de compatibilité de 28 avec des

jeunes au degré de possibilité que John est 28 donnés la proposition “John est jeune”. En bref, la compatibilité d'une valeur de u avec des jeunes devient convertie en possibilité de cette valeur u de “John donné est jeune.””. Ici, Age(John) est la variable X , 0.7 est le degré de compatibilité avec un restriction floue des jeunes, \tilde{F} , et également la possibilité de John étant jeune quand son âge est 28.

Définition 4.11 [48]: Soit \tilde{F} un sous-ensemble flou d'un ensemble universel noté U qui est caractérisé par son fonction d'appartenance $\mu_{\tilde{F}}$, avec la degré de l'appartenance $\mu_{\tilde{F}}(u)$, interprétée comme la compatibilité de u avec le concept marqué \tilde{F} . Soit X une variable prenant des valeurs dans U , et \tilde{F} joue le rôle d'une restriction floue, $\tilde{R}(X)$, associé à X . Puis, la proposition “ X est \tilde{F} ”, en laquelle traduit $\tilde{R}(X) = \tilde{F}$, associe une distribution de possibilité Π_X , avec X , à la laquelle x est postulé égal à $\tilde{R}(X)$, c.-à-d.. $\Pi_X = \tilde{R}(X)$. Également, la fonction de distribution de possibilité liée à X est dénotée par π_x et est défini numériquement égal à la fonction d'appartenance de \tilde{F} , c.-à-d., $\pi_x \hat{=} \mu_{\tilde{F}}$ où $\hat{=}$ représente “dénote” ou “défini par”. Ainsi, $\pi_x(u)$, la possibilité à la laquelle $X = u$, est postulé égal à $\mu_{\tilde{F}}(u)$.

4.1.2.1. Mesure de Possibilité

Comme indiqué en Zadeh [48], pour un sous-ensemble non-flou de U , A , est une distribution de possibilité s'associé à une variable X , Π_x , la mesure de possibilité, $\pi(A)$, de A est défini comme un nombre dans $[0, 1]$ est donné par,

$$\pi(A) \hat{=} \text{Sup}_{u \in A} \pi_x(u), \quad (4.19)$$

où $\pi_x(u)$ est la fonction de distribution de possibilité de Π_x . Puis, la possibilité qu'une valeur de X appartient à A est

$$\text{Poss}\{X \in A\} \hat{=} \pi(A) \hat{=} \text{Sup}_{u \in A} \pi_x(u). \quad (4.20)$$

Définition 4.12 [48]: Pour un sous-ensemble flou de U , \tilde{A} , et une distribution de possibilité s'associée à une variable X , Π_x , la mesure de possibilité, $\pi(\tilde{A})$, de \tilde{A} est défini par

$$\text{Poss}\{X \text{ est } \tilde{A}\} \hat{=} \pi(\tilde{A}) \hat{=} \text{Sup}_{u \in U} \mu_{\tilde{A}}(u) \wedge \pi_x(u), \quad (4.21)$$

où “ $X \text{ est } \tilde{A}$ ” remplace “ $X \in A$ ” dans l'équation (4.24), $\mu_{\tilde{A}}$ est la fonction d'appartenance de \tilde{A} , et \wedge représente min.

4.2. DEA Flou

L'application de la théorie des sous-ensembles flous au modèle classique de DEA est basée sur la nature imprécise d'information recueillie. Cook et al. [9] et [10] ont présenté l'incorporation des données ordinales dans le modèle de DEA. Cooper et al. [11] ont proposé, à savoir l'IDEA, le modèle de DEA imprécis basé sur la méthode de changement de variable comprenant la méthode de région d'assurance. Despotis et Smirlis [15] ont prolongé l'étude de Cook et al. [10] et ont proposé un modèle dans lequel des données d'intervalles ont été également manipulées. La demande croissante sur les modèles qui peuvent contrôler des données imprécises ou vagues a déclenché l'utilisation des ensembles brouillés ainsi des données floues est intégrée dans le modèle de DEA. Comme en Lertworasirikul et al. [17], une forme générale de modèle flou de DEA peut être représentée comme suit:

FCCR :

$$\begin{aligned} \max \quad & u^T \tilde{y}_0 \\ \text{sic} \quad & v^T \tilde{x}_0 = 1, \\ & -v^T \tilde{X} + u^T \tilde{Y} \leq 0, \end{aligned} \quad (4.22)$$

$$u, v \geq 0,$$

où \tilde{x}_0 est le vecteur des entrées flous consommées par DMU₀, \tilde{X} est la matrice des entrées flous des tous les DMUs, où \tilde{y}_0 est le vecteur des sorties flous produites par DMU₀, \tilde{Y} est la matrice des sorties brouillées de tout le DMUs et, v et u sont des poids des entrés et des sorties pour le DMU₀ respectivement.

Conformant à la forme générale du modèle de FCCR, Kao et Liu [14] ont proposé une approche basée de niveau- α , et un meilleur-mauvais et un mauvais-meilleur cas de chaque DMU sont étudiés afin de constituer la fonction d'appartenance de la mesure d'efficacité des tous les DMUs. Guo et Tanaka [13] ont proposé une approche floue de rang avec un résultat d'un modèle flou biphasé de DEA. Plus récemment, Lertworasirikul et al. [17] ont développé une approche de possibilité à DEA flou qui est la version possibiliste dont de l'approche de programmation chance-contrainte de Charnes et Cooper [49] (Une représentation générale d'approche de programmation chance-contrainte peut être trouvée dans Cooper et al. [45]). Dans la prochaine section l'approche de possibilité de Lertworasirikul et al. [17] est présentée.

4.2.1. Modèle Flou de DEA de Lertworasirikul et al. [17]

Contrairement aux Guo et Tanaka [13], Lertworasirikul et al. [17] ont proposé un modèle flou monophasé de DEA dans lequel ils ont utilisé l'approche de possibilité basée sur la théorie de possibilité développée par Zadeh [48]. D'une manière semblable avec Zadeh [48], les auteurs ont considéré chaque coefficient flou comme une variable floue liée à une distribution de possibilité et à chaque contrainte comme événement flou. D'abord, comment manipuler les événements flous par l'intermédiaire de la mesure de possibilité est représentée de la même façon dans Lertworasirikul et al. [17].

4.2.1.1. Événements Flous par l'Intermédiaire de la Mesure de Possibilité (Lerworasirikul et al. [17])

Soit $(\Theta, \mathbf{P}(\Theta), \pi)$ un espace de possibilité de produit telque $\Theta = \Theta_1 \times \Theta_2 \times \Lambda \times \Theta_n$ et de Zadeh [48],

$$\pi(A) = \min_{i=1,2,K,n} \{ \pi_i(A_i) \mid A = A_1 \times A_2 \times \Lambda \times A_n, A_i \in \mathbf{P}(\Theta_i) \}, \quad (4.23)$$

où Θ est l'ensemble non-vide d'intérêt. Supposer \tilde{a} et \tilde{b} sont deux variables flous sur les espaces de possibilité de $(\Theta_1, \mathbf{P}(\Theta_1), \pi_1)$ et de $(\Theta_2, \mathbf{P}(\Theta_2), \pi_2)$ respectivement. Puis $\tilde{a} \leq \tilde{b}$ est un événement flou défini sur l'espace de possibilité de produit $(\Theta = \Theta_1 \times \Theta_2, \mathbf{P}(\Theta), \pi)$ avec ;

$$\pi(\tilde{a} \leq \tilde{b}) = \sup_{\substack{u_1 \in \Theta_1 \\ u_2 \in \Theta_2}} \left\{ \min \{ \pi_1(u_1), \pi_2(u_2) \} \mid \tilde{a}(u_1) \leq \tilde{b}(u_2) \right\}, \quad (4.24)$$

et de Zadeh [48], (4.28) peut être écrit comme suit ;

$$\pi(\tilde{a} \leq \tilde{b}) = \sup_{\substack{u_1 \in \Theta_1 \\ u_2 \in \Theta_2}} \left\{ \min \{ \mu_{\tilde{a}}(u_1), \mu_{\tilde{b}}(u_2) \} \mid u_1 \leq u_2 \right\}. \quad (4.25)$$

De même, possibilités d'événements flous de $\tilde{a} < \tilde{b}$ et $\tilde{a} = \tilde{b}$ définis sur l'espace de possibilité de produit de $(\Theta, \mathbf{P}(\Theta), \pi)$ sont donnés comme;

$$\pi(\tilde{a} < \tilde{b}) = \sup_{\substack{u_1 \in \Theta_1 \\ u_2 \in \Theta_2}} \left\{ \min \{ \mu_{\tilde{a}}(u_1), \mu_{\tilde{b}}(u_2) \} \mid u_1 < u_2 \right\},$$

$$\pi(\tilde{a} = \tilde{b}) = \sup_{\substack{u_1 \in \Theta_1 \\ u_2 \in \Theta_2}} \left\{ \min \{ \mu_{\tilde{a}}(u_1), \mu_{\tilde{b}}(u_2) \} \mid u_1 = u_2 \right\},$$

respectivement. Au cas où \tilde{b} deviendrait un valeur non-flou de b , alors les possibilités des événements flous correspondants sont données comme;

$$\pi(\tilde{a} \leq b) = \sup_{u_1 \in \Theta_1} \{ \mu_{\tilde{a}}(u_1) \mid u_1 \leq b \},$$

$$\pi(\tilde{a} < b) = \sup_{u_1 \in \Theta_1} \{ \mu_{\tilde{a}}(u_1) \mid u_1 < b \},$$

$$\pi(\tilde{a} = b) = \mu_{\tilde{a}}(b).$$

De même, soit $\tilde{a}_1, \tilde{a}_2, \dots, \tilde{a}_n$ variables floues et $f_j : R^n \rightarrow R$ une fonction avec des valeurs réelles, pour $j = 1, 2, \dots, K, m$. La mesure de possibilité de l'événement flou de " $f_j(\tilde{a}_1, \tilde{a}_2, \dots, \tilde{a}_n) \leq 0$ " est donnée par ;

$$\begin{aligned} & \pi(f_j(\tilde{a}_1, \tilde{a}_2, \dots, \tilde{a}_n) \leq 0, j = 1, 2, \dots, K, m) \\ & = \sup_{u_1, u_2, \dots, u_n} \left\{ \min_{1 \leq i \leq n} \{ \mu_{\tilde{a}_i}(u_i) \} \mid f_j(u_1, u_2, \dots, u_n) \leq 0, j = 1, 2, \dots, K, m \right\} \end{aligned}$$

4.2.1.2. Modèle de Possibilité de DEA

La formulation utilisée en cet article se conforme à l'approche de programmation chance-contrainte de Charnes et Cooper [49] dans laquelle une approche de théorie de probabilité a été utilisée. En cet article, les auteurs ont appliqué la théorie de possibilité à la place. La forme générale du modèle de la possibilité de DEA peut être donnée comme;

Modele de PCCR :

$$\begin{aligned} \max \quad & \bar{f} \\ \text{s.t.} \quad & \pi(u^T \tilde{y}_0 \geq \bar{f}) \geq \beta, \\ & \pi(v^T \tilde{x}_0 = 1) \geq \alpha_0, \\ & \pi(-v^T \tilde{X} + u^T \tilde{Y} \leq 0) \geq \alpha \\ & u, v \geq 0 \end{aligned} \tag{4.26}$$

où β , α_0 , $\alpha = [\alpha_1, \alpha_2, K, \alpha_n]^T \in [0, 1]$ sont les niveaux acceptables prescrits de la possibilité, deux valeurs anciens standent pour DMU₀ et le dernier, le vecteur de possibilité, représente tout le DMUs constituant les contraintes de possibilité. Pour la mesure d'efficacité du modèle de la possibilité DEA, les auteurs ont proposé une définition.

Définition 4.13 [17]: Soit α' l'ensemble de $\beta, \alpha_0, \alpha_1, K, \alpha_n$, un DMU est possibiliste- α' efficace si sa valeur \bar{f} à la possibilité de niveau- α' est supérieur ou égal à un; autrement, c'est possibilist- α' inefficace.

Afin de faire une comparaison raisonnable de DMUs, on l'indique dans le papier que les possibilités de niveau- α' devraient être les mêmes pour tout le DMUs.

Lemme 4.1 [17]: Soient $\tilde{a}_1, \tilde{a}_2, K, \tilde{a}_n$ les variables floues avec les fonctions normales et convexes d'appartenance. Soient $(\cdot)_{\alpha_i}^L$ et $(\cdot)_{\alpha_i}^U$ les limites inférieures et supérieures de l'ensemble de niveau- α de \tilde{a}_i , $i = 1, 2, K, n$. Puis, pour tous les niveaux de possibilité donnés α_1, α_2 et α_3 avec $0 \leq \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \leq 1$,

$$\text{i. } \pi(\tilde{a}_1 + K + \tilde{a}_n \leq b) \geq \alpha_1 \text{ ssi } (\tilde{a}_1)_{\alpha_1}^L + K + (\tilde{a}_n)_{\alpha_1}^L \leq b, \quad (4.27)$$

$$\text{ii. } \pi(\tilde{a}_1 + K + \tilde{a}_n \geq b) \geq \alpha_2 \text{ ssi } (\tilde{a}_1)_{\alpha_2}^U + K + (\tilde{a}_n)_{\alpha_2}^U \geq b, \quad (4.28)$$

$$\text{iii. } \pi(\tilde{a}_1 + K + \tilde{a}_n = b) \geq \alpha_3 \\ \text{ssi } (\tilde{a}_1)_{\alpha_3}^L + K + (\tilde{a}_n)_{\alpha_3}^L \leq b \text{ et } (\tilde{a}_1)_{\alpha_3}^U + K + (\tilde{a}_n)_{\alpha_3}^U \geq b \quad (4.29)$$

La preuve de ce lemme peut être trouvée dans [17]. Par conséquent, le modèle de PCCR peut être récrit comme;

Modèle de PCCR1:

$$\begin{aligned}
 \max \quad & \bar{f} \\
 \text{s.t.} \quad & (u^T \tilde{y}_0)_\beta^U \geq \bar{f}, \\
 & (v^T \tilde{x}_0)_{\alpha_0}^U \geq 1, \\
 & (v^T \tilde{x}_0)_{\alpha_0}^L \leq 1, \\
 & (-v^T \tilde{X} + u^T \tilde{Y})_\alpha^L \leq 0, \\
 & u, v \geq 0.
 \end{aligned} \tag{4.30}$$

En cas de nombres flous trapézoïdaux dénotés par $\tilde{m}_i = ((m_i)_0^L, (m_i)_1^L, (m_i)_0^U, (m_i)_1^U)$, le modèle de PCCR1 devient le modèle de programmation linéaire suivant, qui peut être résolu comme un modèle de DEA non-flou.

Modèle de PCCR1 Trapézoïdal:

$$\begin{aligned}
 \max \quad & \bar{f} \\
 \text{s.t.} \quad & (1-\beta)(u^T \tilde{y}_0)_0^U + \beta(u^T \tilde{y}_0)_1^U \geq \bar{f}, \\
 & (1-\alpha_0)(v^T \tilde{x}_0)_0^U + \alpha_0(v^T \tilde{x}_0)_1^U \geq 1, \\
 & (1-\alpha_0)(v^T \tilde{x}_0)_0^L + \alpha_0(v^T \tilde{x}_0)_1^L \leq 1, \\
 & (1-\alpha)((-v^T \tilde{X})_0^L + (u^T \tilde{Y})_0^L) + \alpha((-v^T \tilde{X})_1^L + (u^T \tilde{Y})_1^L) \leq 0, \\
 & u, v \geq 0.
 \end{aligned} \tag{4.31}$$

Dans la section d'exemple numérique, deux entrées et deux sorties floues, qui étaient toutes des nombres flous triangulaires symétriques, ont été considérées dans le papier. On l'a supposé que tous les niveaux de possibilité étaient les mêmes et la possibilité de

cinq niveaux différentes (0, 0.25, 0.5, 0.75, 1) ont été traités. Les données de cinq DMUs sont représentées sur le Tableau 4.1

Tableau 4.1 L'ensemble des données considérés par Lertworasirikul et al. [17]

DMU	Entrée 1	Entrée 2	Sortie 1	Sortie 2
1	(4.0, 0.5)	(2.1, 0.2)	(2.6, 0.2)	(4.1, 0.3)
2	(2.9, 0.0)	(1.5, 0.1)	(2.2, 0.0)	(3.5, 0.2)
3	(4.9, 0.5)	(2.6, 0.4)	(3.2, 0.5)	(5.1, 0.8)
4	(4.1, 0.7)	(2.3, 0.1)	(2.9, 0.4)	(5.7, 0.2)
5	(6.5, 0.5)	(4.1, 0.5)	(5.1, 0.7)	(7.4, 0.9)

Le modèle est résolu en utilisant le solveur de GAMS et le code de programme pour le modèle peut être trouvé dans l'Appendice A. Les résultats trouvés se sont conformés aux résultats des auteurs et ont énuméré dans le Tableau 4.2. Ici, quatre chiffres des décimales sont représentés; la solution est identique que le papier original quand l'arrondissement se compose à trois chiffres des décimales.

Selon la définition (4.13), DMU2, DMU4 et DMU5 sont possibilist- α efficaces à tous les niveaux de possibilité et DMU1 et DMU3 sont possibilist- α efficaces seulement à quelques niveaux de possibilité.

Tableau 4.2 Résultats du modèle PCCR1

Niveaux de Possibilité	\bar{f}				
	DMU1	DMU2	DMU3	DMU4	DMU5
0	1.1068	1.2378	1.2760	1.5196	1.2958
0.25	1.0324	1.1732	1.1487	1.3857	1.2256
0.5	0.9633	1.1122	1.0348	1.2577	1.1587
0.75	0.9038	1.0546	0.9324	1.1311	1.0950
1	0.8548	1.0000	0.8608	1.0000	1.0000

5. Approche de DEA Flou au Problème de Sélection de Fournisseur

Dans cette étude, une approche de DEA flou au problème de sélection de fournisseur est étudiée avec ses avantages et désavantages. Cette section est présentée comme suit. Après la présentation de sélection de fournisseur, les critères et la méthodologie de sélection sont alors expliqués, un exemple numérique pour le problème de sélection de fournisseur est présenté et les résultats sont discutés.

5.1. Sélection de Fournisseur

Jusqu'ici un bon nombre de modèles de sélection de fournisseur sont présentés. La plupart d'entre eux sont selon la nature non-floue des données recueillies de fournisseur. Dans la quotidienne, la plupart du temps, les données sont en soi floues dans des environnements de sélection de fournisseur puisque les données contiennent fréquemment des jugements subjectifs dans elles. Il n'est également pas aussi facile de prendre la position appropriée avec des données imprécises ou vagues pour un décideur. La théorie des sous-ensembles flous permet à un décideur d'imiter le raisonnement humain en traitant des données imprécises ou vagues pour prendre une décision avec l'utilisation des opérateurs mathématiques et de la programmation. Puisque les décisions de sélection de fournisseur sont prises par les critères subjectifs et les données des entreprises, la théorie des sous-ensembles flous peut sert d'un outil valide pour surmonter cette incertitude décisionnelle.

Beaucoup d'études dans la littérature incluent seulement des données non-flous et les applications de la sélection floue de fournisseur sont rares. Les entreprises peuvent avoir quelques données non-flous de fournisseur comme d'habitude mais quelques critères pourraient être mesurés avec seulement des données imprécises ou vagues. Par exemple l'entreprise peut subjectivement déterminer des capacités de gestion de fournisseur c.-à-d., les réunions régulières, l'impression du personnel d'achat au sujet du

fournisseur etc.. D'autre part, la nature dépendante au produit des décisions de sélection de fournisseur forcerait les entreprises à constituer leurs propres critères de sélection au lieu d'une prescription des critères. Pour mesurer mieux les capacités du fournisseur, ceci ferait recueillir l'entreprise leurs propres données spécifiques aux critères au lieu ses données publiques de fournisseur (c.-à-d. bilans, des taux parfaits etc.) et. En conséquence, les jugements d'entreprises davantage seraient inclus dans le procédé de décision pendant la création d'un environnement imprécis ou incertain de prise de décision. Ces raisons préparent des conditions appropriées pour utiliser la théorie des sous-ensembles flous et ses outils dans le problème de sélection de fournisseur.

Dans cette étude, une procédure de sélection de fournisseur dépendante au produit est présentée. La méthodologie courante est décrite dans la Figure 5.1. Comme peut être vu, afin de construire une procédure de sélection de fournisseur, ainsi que les politiques de compagnie, le type de produit devrait être déterminé. Les deux caractéristiques influenceraient et formeraient les critères de sélection. Par exemple, une compagnie avec une politique de JIT pourrait choisir un fournisseur plus étroit ou local à choisir au lieu d'un fournisseur international ou de longue distance. D'autre part, une compagnie qui achète le matériel rare pharmacologique devrait accorder la priorité au critère de qualité. Une compagnie de JIT-politique pourrait également accorder la priorité à la qualité comme politique de compagnie. C'est une décision stratégique et est reliée avec la vision de la compagnie si choisir un critère pour le modèle. Il n'est pas assez pour qu'une compagnie ait une vision ou des politiques stratégiques. Le type de produit influencerait également les critères de sélection à choisir un modèle de sélection de fournisseur. Beaucoup de classifications sont faites par des études précédentes (c.-à-d. Lehmann et O'Shaughnessy [5], Wilson [20] etc.) afin de déterminer quels critères pour employer sous les conditions spécifiques de l'achat. Les critères appropriés changeraient en soi avec le changement du type de produit. Par exemple, le prix unitaire serait un critère raisonnable pour les situations d'achat fréquentes et régulières; d'autre part, la qualité serait plus critique dans des situations d'achat de produit stratégique. Brièvement, la politique de l'entreprise et le type de produit aideraient un décideur à construire quels critères de sélection de fournisseur à considérer. Dans la prochaine étape, une approche appropriée de prise de décision peut être utilisée pour la

procédure de sélection en utilisant les données appropriées liées aux critères de sélection.

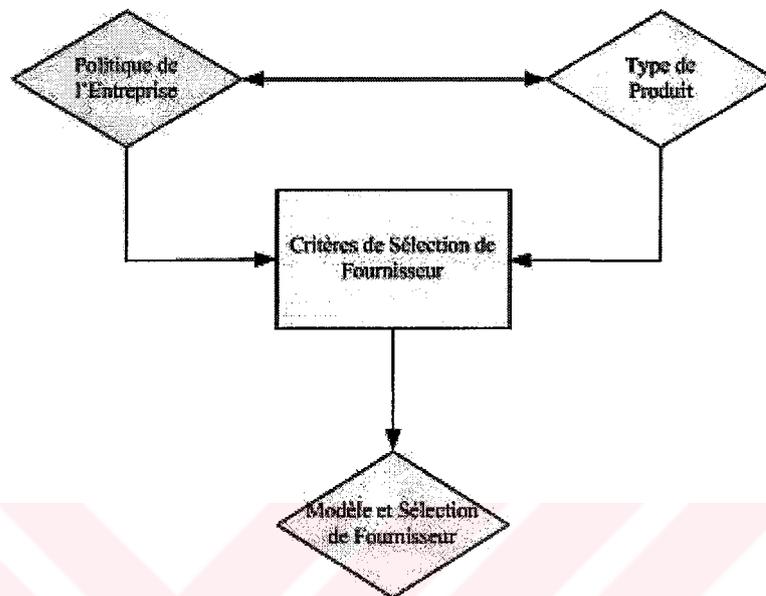


Figure 5.1 Procédé de Sélection de Fournisseur.

5.1.1. Critères de Sélection

Dans cette étude, une nouvelle perspective aux critères de sélection est présentée. Dans la Section 2 beaucoup de critères utilisés dans la littérature sont expliqués. En général, deux types de critères, qui sont des critères “traditionnels” et “doux”, apparaissent à être utilisés fréquemment. Les critères traditionnels incluent la performance de qualité, qui est mesurée avec le taux parfait des expéditions, performance de la livraison, qui est mesurée par le pourcentage de la livraison de période active des expéditions, prix, qui est généralement considéré comme prix unitaire du produit acheté et appui de service, qui est mesuré avec la disponibilité de l'appui de service après-vente du fournisseur. Ces critères sont mesurés par des données non-flous et leurs mesures conviennent à l'utilisation des données non-flous aussi bien. D'autre part, les critères “doux” incluent la stabilité financière, qui est mesurée avec les calculs de bilan, capacités de gestion, se sentir de confiance, aspects culturels, convenables stratégiques et capacités techniques de fournisseur. Il est difficile mesurer ces critères, sauf la mesure financière de stabilité, souvent subjective en nature et leur importance est spécifique à la compagnie et au

produit. En conséquence, l'incorporation de l'imprécision ou de l'incertitude dans la méthodologie de sélection de fournisseur est inévitable puisque les études précédentes ont prouvé qu'il y a une tendance croissante des facteurs traditionnels aux facteurs doux.

Les critères de sélection considérés dans cette étude est présentés suivant. On considère sept critères dans lesquels plusieurs facteurs peuvent être inclus. Une brève représentation des critères est présentée sur le Tableau 5.1.

Tableau 5.1 Critères de sélection de fournisseur considéré dans l'étude

Critères
Conformité à la Politique de Compagnie
Capacités de Gestion
Capacités Physiques
Statut Financier
Qualité
Coût
Service

5.1.1.1 Conformité à la Politique de Compagnie

Comme précédemment mentionné, la politique de compagnie affecte le procédé de sélection directement. En fait, ce critère est considéré être inclus dans le procédé de sélection. La politique de compagnie peut inclure la politique de TQM, la politique de R&D, la politique de JIT, les politiques environnementales, les politiques de relation et la politique de l'utilisation de fournisseur locale ou internationale de l'entreprise, et les attitudes du fournisseur à l'entreprise influenceraient la conformité à la politique de compagnie aussi bien. Par exemple, une entreprise peut avoir une politique de développer des relations stratégiques à long terme avec ses fournisseurs et clients; puis, l'entreprise évaluerait un fournisseur de la perspective de son potentiel d'aller bien à un associé stratégique. Sur les marchés de court produit-vie-cycle, l'association stratégique est l'un des moyens principaux puisque ces conditions exigent les entreprises faisant participer leurs fournisseurs dans le procédé de développement de produit. Pour une compagnie qui emploie spécifiquement la technologie verte dans ses processus de fabrication, les fournisseurs devraient également se conformer à ces politiques

environnementales de l'entreprise. Des exemples peuvent être élargis d'une manière semblable. En outre, la situation d'achat et le type de produit affectent également la politique de compagnie c.-à-d. la politique peut différer dans des situations des achats de produit stratégique et routine. On devrait considérer que dans des situations d'achat de produit routine, les facteurs de coût pourraient devenir plus importants en raison de la fréquence des décisions achetant. D'autre part, dans des situations achetant de produit stratégique, les facteurs "doux", affectant la politique d'entreprise, peuvent devenir plus importants comme mentionné précédemment. La conformité à la politique de compagnie est l'un des critères principaux pendant la sélection des fournisseurs et donne la direction du modèle de sélection de fournisseur. On devrait noter ici que la conformité à la politique de compagnie est totalement spécifique à la compagnie et, comme peut être vu du contexte, adapte à un degré élevé d'imprécision en lui. Afin de mesurer la conformité du fournisseur à la politique de compagnie, les entreprises peuvent employer des questionnaires, les avis du personnel achetant et peuvent organiser des réunions avec les cadres du fournisseur ou le personnel de ventes aussi bien.

5.1.1.2 Capacités de Gestion

Les capacités de gestion du fournisseur constituent le futur statut potentiel et incluent la conduite et les compétences du fournisseur. On peut voir les prix internationaux de qualité que la conduite joue un rôle essentiel au sein d'une compagnie. Tandis que la bonne conduite peut créer des développements positifs à une compagnie, la mauvaise conduite peut empirer la compagnie. Les compétences peuvent être interprétées comme l'expérience de la gestion du fournisseur. Les capacités de gestion peuvent être mesurées d'une manière semblable au critère de la conformité de politique de compagnie et il également, en soi, inclut l'imprécision dans lui.

5.1.1.3 Capacités Physiques

La nature de procédé de sélection de fournisseur dépendante au produit force les entreprises pour évaluer les fournisseurs selon leurs capacités physiques. Les capacités

physiques peuvent inclure des capacités techniques et de production, des systèmes de garantie de la qualité et des capacités environnementales aussi bien. Les possibilités techniques et de production incluent la capacité de production, la disponibilité des technologies modernes de fabrication (c.-à-d. des systèmes de CAD, de CAM), les capacités de développement de produit nouveau, le potentiel et le budget de R&D etc.. La disponibilité des systèmes de garantie de la qualité, des systèmes d'éducation continus et des certifications de qualité (c.-à-d. ISO 9000) peuvent être incluses dans ce critère. Les capacités environnementales du fournisseur peuvent inclure la capacité et la modernité des équipements de traitement. Les capacités physiques du fournisseur sont encore difficiles à mesurer et incluent beaucoup de facteurs. Souvent, l'imprécision est également incorporée dans ce critère et les capacités physiques peuvent être semblables mesurés aux critères précédents.

5.1.1.4 Statut Financier

Le statut financier du fournisseur devrait être considéré afin de faire un choix correct aussi bien. La société devrait garantir que le fournisseur serait capable de répondre leurs ordres sans interruption. Tous les accrocs, qui peuvent se produire pendant la préparation de l'ordre dû au statut financier (c.-à-d. une manque de la liquidité avant le processus d'achat de matière première) du fournisseur, affecteraient négativement l'environnement de production de l'entreprise. Des données de statut financier peuvent être recueillies des bilans édités du fournisseur et le ratio de dette, la condition de liquidité et la prévision du futur statut par l'intermédiaire des disques passés peuvent être employés comme mesures de statut financier. Comme peut être vu, le statut financier pourrait être déterminé plus avec précision avec l'utilisation des mesures courantes.

5.1.1.5 Qualité

La qualité du produit est l'un des éléments les plus important du procédé de sélection de fournisseur et est essentiel pour les activités de fabrication de l'entreprise. Jusqu'ici la qualité a changé l'importance du critère traditionnel des prix et est devenue la priorité du

numéro un parmi les critères de sélection [3]. La qualité peut être interprétée différemment dans des différentes conditions mais généralement nous pouvons faire plus claire cette notion par conformité selon les caractéristiques. La conformité selon les caractéristiques peut être représentée traditionnellement comme taux parfait des expéditions de produit ou par des facteurs comme la fiabilité, entretien, longévité, tolérance, conditions de stockage du produit [34]. Si une société peut définir le critère de qualité avec précision, ceci réduirait l'imprécision des données de critère.

5.1.1.6 Coût

Traditionnellement, le critère de coût inclurait le prix du produit, les coûts de transaction liés à l'ordre, les coûts de transport et des impôts. Le coût du produit peut être normalisé par l'accumulation de prix unitaire, coût de transport d'unité, coût de commande d'unité (c.-à-d. coût du personnel d'achat par ordre) et impôts d'unité de produit. Une étude plus complète peut être exécutée afin de déterminer le prix unitaire avec plus précision de sorte qu'elle puisse inclure les coûts d'inventaire, les coûts de qualité etc. mais ceci augmenterait le coût et l'efficacité du processus d'évaluation. Brièvement, l'entreprise peut avec précision déterminer le coût du produit contrairement aux critères précédents.

5.1.1.7 Service

Les capacités de service de fournisseur peuvent être représentées par l'exécution de la livraison, les services après-ventes, l'appui technique et les facteurs de formation. Traditionnellement, l'exécution de la livraison peut être mesurée avec la conformité aux dates dues par expéditions (la livraison de période active) et la conformité à la quantité par expéditions. Puisque le facteur d'exécution de la livraison se conforme en soi à la structure du service du fournisseur, il est inclus dans lui. Les autres chercheurs font d'autres considérations au sujet de l'exécution de la livraison. Le service après-vente (c.-à-d. garantie d'entretien) est l'un des domaines principaux à considérer pendant la sélection des fournisseurs en cas d'achats critiques (c.-à-d. des machines de CNC ou des investissements grand-capitaux) liés au service du fournisseur. Dans l'industrie de

logiciel ou de phone portable, l'appui technique devrait être considéré en tant que caractéristiques importantes de service des fournisseurs. En plus de ces derniers, l'aide d'éducation de fournisseur est critique dans quelques situations d'achat c.-à-d. le logiciel d'ERP. Le facteur de la livraison du service du fournisseur pourrait être mesuré avec précision. D'autre part, d'autres facteurs constituant le service du critère de fournisseur sont imprécis en nature et ont besoin des évaluations spécifiques de compagnie pour chacun.

5.1.2. Méthodologie

Dans cette étude, une approche de possibilité au modèle de DEA flou est utilisée pour le procédé de sélection de fournisseur. La disponibilité des données exactes ou des données d'intervalle a résulté avec des petits changements, qui sont présentés dans la partie suivante, dans le modèle de Lertworasirikul et. al. [17]. Puisque l'approche de niveau- α n'est pas applicable pour des données exactes et des données d'intervalle, les arrangements nécessaires sont réalisés comme suit.

Modèle de Sélection de Fournisseur:

$$\begin{aligned}
 \max \quad & \bar{f} \\
 \text{s.t.} \quad & (1-\beta)(u^T \tilde{y}_0)_0^U + \beta(u^T \tilde{y}_0)_1^U + (w_o^T y_0)_0^U \geq \bar{f}, \\
 & (1-\alpha_0)(v^T \tilde{x}_0)_0^U + \alpha_0(v^T \tilde{x}_0)_1^U + (w_i^T x_0)_0^U \geq 1, \quad (5.1) \\
 & (1-\alpha_0)(v^T \tilde{x}_0)_0^L + \alpha_0(v^T \tilde{x}_0)_1^L + (w_i^T x_0)_0^L \leq 1, \\
 & (1-\alpha)((-v^T \tilde{X})_0^L + (u^T \tilde{Y})_0^L) + \alpha((-v^T \tilde{X})_1^L + (u^T \tilde{Y})_1^L) + (w_o^T Y)_0^L + (-w_i^T X)_0^L \leq 0, \\
 & u, v, w_o, w_i \geq 0.
 \end{aligned}$$

où w_o^T et w_i^T représentent le vecteur de poids des données exactes ou des données des intervalles des sorties et des entrées respectivement. De la même manière, y_0 et x_0 sont les données exactes ou les données intervalles des sorties et des entrées de DMU de

l'essai. Y et X représentent la matrice des données exactes ou des données des intervalles des sorties et des entrées. Le reste de la notation est le même que dans Lertworasirikul et al. [17].

Semblable au PCCR1, un DMU est efficace de possibiliste- α si \bar{f} est supérieur ou égal à 1 pour le niveau de possibilité- α choisi, autrement le DMU est inefficace de possibiliste- α pour le niveau de possibilité- α .

Dans la partie suivante, l'exemple du procédé de sélection de fournisseur avec l'approche de possibilité à DEA flou est présenté.

5.2. Exemple Numérique

Dans cette étude, cinq entrées et deux sorties sont considérées dans le procédé de sélection de fournisseur. Pendant le choix des critères d'exécution des fournisseurs, les entrées et les sorties sont choisies afin d'être réduites au minimum et pour être maximisées respectivement. Dans la littérature de sélection de fournisseur par l'intermédiaire de DEA, d'autres possibilités de l'évaluation d'un fournisseur sont disponibles (voir [27], [29], [31] et [32]). Dans le suivant, les critères et leurs propriétés de données sont présentés, alors l'ensemble des données de dix fournisseurs est présenté et pour finir les résultats de l'étude sont présentés.

5.2.1. Sorties et Entrées du Problème de Sélection de Fournisseur

Pendant le processus d'évaluation, la conformité du fournisseur aux politiques de compagnie devrait être maximisée. Ainsi, la conformité au critère de politique de compagnie est considérée comme la sortie du modèle de choix. Comme implicite précédemment, ce critère se compose des données imprécises (c.-à-d. données floues) et défini en tant que les variables linguistiques supposant que la compagnie a évalué l'ensemble des fournisseurs disponibles selon leur conformité aux politiques de compagnie.

Des capacités de gestion des fournisseurs sont considérées en tant qu'autre sortie du modèle puisqu'il devrait être maximisé afin d'être un fournisseur efficace pour la compagnie. Car la compagnie a mesuré subjectivement les possibilités de gestion, elle est définie en tant que variables linguistiques dans le modèle.

Afin d'évaluer des fournisseurs, une autre sortie considérée est les capacités physiques, qui devraient également être maximisées. Dans le modèle, des variables linguistiques sont utilisées afin de représenter l'imprécision des données associées au critère.

La qualité est une autre sortie, qui a besoin de maximisation. La qualité peut être traditionnellement mesurée par le taux parfait des expéditions. Dans cette étude, puisque le taux parfait exact ne peut pas être réalisé avec précision, les nombres flous triangulaires définissent les pourcentages de qualité déterminés par la compagnie ou le fournisseur.

Le service fourni par le fournisseur est la dernière sortie considérée. Dans cette étude, l'exécution de la livraison est utilisée pour mesurer le niveau de service des fournisseurs. D'une manière générale, d'autres facteurs de niveau de service sont beaucoup d'intérêt pour les fournisseurs de service mais l'exécution de la livraison est une mesure plus appropriée pour des fournisseurs de matériel de fabrication. L'exécution de la livraison est mesurée par les pourcentages de la livraison de période active par expéditions d'une manière semblable à la mesure de qualité.

Le statut financier du fournisseur est considéré comme une entrée, qui devrait être réduite au minimum pendant le procédé de sélection. Il est également possible d'employer ce critère comme une sortie puisque, en général, plus le statut financier meilleur est, plus le fournisseur est meilleur. D'autre part, dans cette étude, le ratio de dette aux capitaux propres du fournisseur considéré comme une représentation de son statut financier. Par conséquent, plus le ratio de dette aux capitaux propres (le ratio de capital emprunté aux capitaux propres) est plus le fournisseur est meilleur. Dans cette étude il est défini en tant que nombres flous triangulaires puisque le ratio exact de dette

aux capitaux propres du fournisseur ne peut être déterminé avec précision et peut être prévu pour diminuer ou augmenter en valeur dans des prochaines années.

Pour finir, le coût du fournisseur est considéré comme autre entrée du modèle puisque les coûts de fournisseur devraient être réduits au minimum. Contrairement à d'autres critères, le coût peut être déterminé avec plus de précision en fonction des coûts de prix unitaire, de transport et de commande. Par conséquent, des données non-flous sont utilisées afin de représenter le coût de fournisseur à l'entreprise pendant l'évaluation du fournisseur.

Dans cette étude, cinq niveaux d'importance différents sont employés: très bas, bas, moyen, haut et très haut, qui dans le suivant désigné sous le nom de TB, de B, de M, de H et de TH. Les variables linguistiques sont alors traduites en nombres flous par la définition des fonctions appropriées d'appartenance comme suit :

TB: (0,0,3)

B: (1,3,5)

M: (3,5,7)

H: (5,7,9)

TH: (7,10,10).

Les nombres flous triangulaires s'avèrent un des plus commune dans la littérature et pour être plus facilement maniables relativement à d'autres nombres flous [33]. La représentation des fonctions appropriées d'adhésion des variables linguistiques peut être vue dans la Figure 5.2.

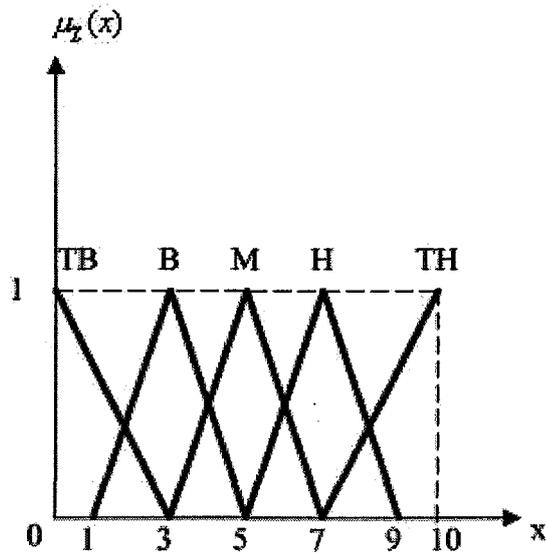


Figure 5.2 Les Fonctions d'Appartenance Triangulaires pour les Variables Linguistiques Correspondantes aux Critères. TB: (0,0,3); B: (1,3,5); M: (3,5,7), H: (5,7,9), TH: (7,10,10).

Sur le Tableau 5.2, les données appropriées de dix fournisseurs sont présentées. L'ensemble des données est construit hypothétiquement. Sur le Tableau 5.2, des variables linguistiques, les nombres flous triangulaires, et les données non-flous sont dénotés sous la forme suivante respectivement; $l_i = \text{TB, B, M, H or TH}$, $\tilde{m}_i = (m_i^L, m_i, m_i^U)$, et c_i .

Tableau 5.2 L'ensemble des données des fournisseurs utilisés dans l'étude

Fournisseurs	Entrées			Sorties			Capacités Physique
	Statut Financier	Coût	Service	Qualité	Capacités de Gestion	Conformité à la Politique de Compagnie	
Fournisseur 1	(1.6,1.7,1.8)	22	(0.94,0.95,0.96)	(0.98,0.99,1.00)	B	M	TH
Fournisseur 2	(2.1,2.3,2.5)	19	(0.95,0.96,0.97)	(0.97,0.98,0.99)	TH	TB	TB
Fournisseur 3	(0.7,0.8,0.9)	16	(0.97,0.98,0.99)	(0.95,0.96,0.97)	M	B	M
Fournisseur 4	(1.3,1.5,1.7)	25	(0.96,0.98,1.00)	(0.91,0.93,0.95)	B	H	M
Fournisseur 5	(1.7,1.8,1.9)	15	(0.98,0.99,1.00)	(0.98,0.99,1.00)	M	M	TB
Fournisseur 6	(2.3,2.5,2.7)	20	(0.96,0.97,0.98)	(0.95,0.96,0.97)	H	B	M
Fournisseur 7	(1.0,1.1,1.2)	21	(0.97,0.98,0.99)	(0.96,0.97,0.98)	TH	H	TH
Fournisseur 8	(1.4,1.6,1.8)	24	(0.93,0.94,0.95)	(0.96,0.98,1.00)	H	TH	H
Fournisseur 9	(1.7,1.9,2.1)	19	(0.94,0.96,0.98)	(0.95,0.97,0.99)	B	M	B
Fournisseur 10	(2.2,2.4,2.6)	21	(0.95,0.97,0.99)	(0.94,0.95,0.96)	TH	B	B

5.2.2. Résultats

Le modèle est résolu dans le solveur de GAMs en courant pour chaque DMU à chaque niveau de possibilité et les résultats sont présentés dans le Tableau 5.3. Dans l'Appendice B, la code de modèle est présenté. Dans le modèle les mêmes niveaux de possibilité sont choisis, c.-à-d., $\beta = \alpha_0 = \Lambda = \alpha_n$. Les résultats pour cinq niveaux différents de possibilité (0, 0.25, 0.5, 0.75, 1) sont fournis. Sur le Tableau 5.3, le nombre en chaque cellule est la valeur d'efficacité (\bar{f}) du fournisseur correspondant au niveau indiqué de possibilité.

Les résultats peuvent être interprétés de la façon suivante. Au niveau 1 de possibilité, les valeurs possibiliste d'efficacité du fournisseur 5 et du fournisseur 6 sont 1 et 0.872, respectivement. Ceci signifie qu'avec la possibilité 1, l'efficacité du fournisseur 5 est 1, tandis que l'efficacité du fournisseur 6 est 0.872. Du Tableau 5.3, les fournisseurs 2, 3, 5, 7 et 8 sont possibiliste efficaces à tous les niveaux de possibilité, tandis que les fournisseurs 1, 4, 6, 9 et 10 sont possibiliste efficaces seulement à quelques niveaux de possibilité. On peut dire qu'il est salutaire que l'entreprise développe des relations d'affaires plus chaudes avec les anciens cinq fournisseurs. Selon la politique de compagnie, l'entreprise peut considérer de montrer des cibles d'amélioration pour que les derniers fournisseurs se développent. D'autre part, l'entreprise peut considérer d'éliminer directement les fournisseurs qui ne sont pas efficaces à tous les niveaux de possibilité et de choisir quelques-uns des fournisseurs qui sont efficaces à tous les niveaux de possibilité à l'exclusion des autres. La décision est spécifique fortement à l'entreprise et au produit.

Sur le Tableau 5.4 et le Tableau 5.5 les résultats pour les meilleur-mauvais et mauvais-meilleurs cas, adaptés de l'approche basée de niveau- α de Kao et de Liu [14], sont présentés. Dans le meilleur-mauvais cas, alors que le DMU d'essai emploie ses meilleures ressources c.-à-d. entrées minimums et sorties maximums, les autres DMUs emploient leurs plus mauvaises ressources c.-à-d. entrées maximums et sorties minimums pendant les calculs d'efficacité. En d'autres termes, le décideur est optimiste au sujet du DMU d'essai et pessimiste au sujet de l'autre DMUs. De même, le mauvais-

meilleur cas est les contre-parties du meilleur-mauvais cas. Les résultats sont conformés aux résultats de l'approche basée de niveau- α .

Tableau 5.3 Les résultats des valeurs d'efficacité à 5 niveaux de possibilité par l'approche de possibilité

Niveaux de possibilité, α'	\bar{f} de fournisseur									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1.364	1.492	1.739	1.662	1.750	1.321	2.160	1.724	1.287	1.388
0.25	1.232	1.333	1.533	1.345	1.499	1.126	1.772	1.499	1.147	1.245
0.5	1.123	1.203	1.343	1.100	1.318	1.000	1.460	1.308	1.026	1.128
0.75	1.032	1.093	1.165	0.905	1.153	0.931	1.208	1.143	0.925	1.029
1	0.965	1.000	1.000	0.821	1.000	0.872	1.000	1.000	0.857	0.946

Tableau 5.4 Résultats du meilleur-mauvais cas de l'approche basée de niveau- α

α	Efficacité de Fournisseur									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
0.25	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
0.5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
0.75	1.000	1.000	1.000	0.905	1.000	0.931	1.000	1.000	0.925	1.000
1	0.965	1.000	1.000	0.821	1.000	0.872	1.000	1.000	0.857	0.946

Tableau 5.5 Résultats du mauvais-meilleur cas de l'approche basée de niveau- α

α	Efficacité de Fournisseur									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0.734	0.788	1.000	0.604	1.000	0.722	0.762	0.690	0.753	0.702
0.25	0.812	0.899	1.000	0.636	1.000	0.742	0.913	0.778	0.763	0.771
0.5	0.875	0.985	1.000	0.696	1.000	0.767	1.000	0.915	0.773	0.832
0.75	0.925	1.000	1.000	0.756	1.000	0.825	1.000	1.000	0.796	0.888
1	0.965	1.000	1.000	0.821	1.000	0.872	1.000	1.000	0.857	0.946

6. Conclusion

Dans cette étude, une nouvelle perspective au problème de sélection de fournisseur est développée. La contribution de cette étude a deux fois. D'abord, la politique de compagnie et le type de produit sont intégrés dans le modèle préservant la nature de la sélection spécifique à la situation. Au moyen de ceci, quelques critères de sélection c.-à-d. Relations avec le fournisseur, Attitudes de fournisseur à l'entreprise, et Situation de l'achat (c.-à-d. Les situations d'achat des produits routines ou stratégiques) sont considérés comme les inclus dans le critère de conformité à la politique de compagnie. En second lieu, l'imprécision qui existe de la procédure de sélection est intégrée dans le modèle. Dans beaucoup de cas, la disponibilité des données appropriées de fournisseur ne peut pas être garantie. En outre, les données recueillies incluent la subjectivité du personnel d'achat et des cadres de l'entreprise ou la subjectivité du personnel et des cadres du fournisseur. Ainsi, dans cette étude, le besoin de manipuler des données imprécises est satisfait en employant des moyens de théorie des sous-ensembles flous.

Un ensemble des données hypothétique comprenant deux entrées et cinq sorties pour dix fournisseurs est construit pour l'étude. Une approche de possibilité de DEA sert de l'outil de prise de décision pendant cette procédure de sélection. Bien qu'il y ait eu plusieurs approches de DEA appliquées à la procédure de sélection, personne d'eux n'a étudié l'imprécision qui peut exister dans le problème de choix de fournisseur. Indépendamment de l'approche de DEA, dans la littérature, deux études [33] et [34] se sont avérées d'employer une approche floue dans le procédé de sélection. Les résultats indiquent qu'une approche de DEA flou peut très bien sert d'un outil de prise de décision dans les décisions de sélection de fournisseur.

Dans cette étude, un modèle de PCCR est utilisé mais il pourrait être utile d'étudier d'autres modèles de DEA, c.-à-d., modèle de BCC, parce que la manipulation des données selon le VRS (variable returns to scale) peut être exigée dans certains cas. Une autre application peut être établie sur l'approche de la nécessité et de la crédibilité d'une

manière semblable avec Lertworasirikul et al. [17]. Une autre application peut être établie sur l'utilisation des données absentes, qui ne sont pas considérées dans cette étude.

Pour finir, on devrait affirmer que le type de produit affecterait tous les critères considérés ici et l'évaluation du contenu de chaque critère peut changer de la situation à la situation. Le décideur devrait prendre en compte ce facteur afin de prendre des décisions saines.



Bibliographie

[1] Weber, C.A., Current, J.R., Benton, W.C., "Vendor Selection Criteria and Methods", *European Journal of Operational Research*, 50 (1), 2-18, (1991).

[2] Singh. N., *Systems Approach to Computer-Integrated Design and Manufacturing*, Wiley, New York, (1996).

[3] Simpson, P.M., Siguaw, J.A., White, S.C., "Measuring the Performance of Suppliers: An Analysis of Evaluation Processes", *Journal of Supply Chain Management*, 38 (1), 29-41, (2002).

[4] Dickson, G. W., "An Analysis of Supplier Selection Systems and Decisions", *Journal of Purchasing*, 2 (1), 5-17, (1966).

[5] Lehmann, D.R., O'Shaughnessy, J., "Difference in Attribute Importance for Different Industrial Products", *Journal of Marketing*, 38 (April), 36-42, (1974).

[6] Timmerman, E., "An Approach to Vendor Performance Evaluation", *Journal of Purchasing and Materials Management*, 23 (1), 2-8, (1986)

[7] Ellram, L.M., "The Supplier Selection Decision in Strategic Partnership", *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 26 (4), 8-14, (1990).

[8] Zadeh, L.A., "Fuzzy Sets", *Information and Control*, 8 , 338-353, (1965).

[9] Cook, W.D., Kress, M., Seiford, L.M., "On the use of Ordinal Data in Data Envelopment Analysis", *Journal of the Operational Research Society*, 44 (2), 133-140, (1993).

- [10] Cook, W.D., Kress, M., Seiford, L.M., "Data Envelopment Analysis in the Presence of Both Quantitative and Qualitative Factors", *Journal of the Operational Research Society*, 47 (7), 945-953, (1996).
- [11] Cooper, W.W., Park, K.S., Yu, G., "IDEA and AR-IDEA: Models for Dealing with Imprecise Data in DEA", *Management Sciences*, 45 (4), 597-607, (1999).
- [12] Zhu, J., "Imprecise Data Envelopment Analysis (IDEA): A Review and Improvement with an Application", *European Journal of Operational Research*, 144 (3), 513-529, (2003).
- [13] Guo, P., Tanaka, H., "Fuzzy DEA: A Perceptual Evaluation Method", *Fuzzy Sets and Systems*, 119 (1), 149-160, (2001).
- [14] Kao, C., Liu, S.T., "Fuzzy Efficiency Measures in data Envelopment Analysis", *Fuzzy Sets and Systems*, 113 (3), 427-437, (2000).
- [15] Despotis, D.K., Smirlis, Y.G., "Data Envelopment Analysis with Imprecise Data", *European Journal of Operational Research*, 140 (1), 24-36, (2002).
- [16] Sarkis, J., Talluri, S., "A Decision Model for Evaluation of Flexible Manufacturing Systems in the Presence of Both Cardinal and Ordinal Factors", *International Journal of Production Research*, 37 (13), 2927-2938, (1999).
- [17] Lertworasirikul, S., Fang, S.C., Joines, J.A., Nuttle, H.L.W., "Fuzzy Data Envelopment Analysis: A Possibility Approach", *Fuzzy Sets and Systems*, 139 (2), 379-394, (2003).
- [18] Mandal, A., Deshmukh, S.G., "Vendor Selection Using Interpretive Structural Modeling(ISM)", *International Journal of Operations & Production Management*, 14 (6), 52-59, (1994).

- [19] Vokurka, R.J., Choobineh, J., Vadi, L., "A Prototype Expert System for the Evaluation and Selection of Potential Suppliers", *International Journal of Operations & Production Management*, 16 (12), 106-127, (1996).
- [20] Wilson, E.J., "The Relative Importance of Supplier Selection Criteria: A Review and Update", *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 30 (3), 35-41, (1994).
- [21] Petroni, A., Braglia, M., "Vendor Selection Using Principal Component Analysis", *The Journal of Supply Chain Management*, 36 (2), 63-69, (2000).
- [22] Vonderembse, M.A., Tracey, M., "The Impact of Supplier Selection Criteria AND Supplier Involvement on Manufacturing Performance", *Journal of Supply Chain Management*, 35 (3), 33-39, (1999).
- [23] Barbarosoglu, G., Yazgac, T., "An Analytic Hierarchy Process to the Supplier Selection Problem", *Production and Inventory Management Journal*, 38 (1), 14-21, (1997).
- [24] Masella, C., Rangone, A., "A Contingent Approach to the Design of Vendor Selection Systems for Different Types of Co-operative Customer/Supplier Relations", *International Journal of Operations & Production Management*, 20 (1), 70-84, (2000).
- [25] Kannan, V.R., Tan, K.C., "Attitudes of US and European Managers to Supplier Selection and Assessment and Implications for Business Performance", *Benchmarking: An International Journal*, 10 (5), 472-489, (2003).
- [26] Choy, K.L., Lee, W.B., Lo, V., "An Intelligent Supplier Management Tool for Benchmarking Suppliers in Outsource Manufacturing", *Expert Systems With Applications*, 22 (3), 213-224, (2002).

- [27] Braglia, M., Petroni, A., "A Quality Assurance-Oriented Methodology for Handling Trade-offs in Supplier Selection", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 30 (2), 96-111, (2000).
- [28] De Boer, L., Labro, E., Morlacchi, P., "A Review of Methods Supporting Supplier Selection", *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7 (2), 75-89, (2001).
- [29] Liu, J., Ding, F.Y., Lall, V., "Using Data Envelopment Analysis to Compare Suppliers for Supplier Selection and Performance Improvement", *Supply Chain Management: An International Journal*, 5 (3), 143-150, (2000).
- [30] Talluri, S., Sarkis, T., "A Model for Performance Monitoring of Suppliers", *International Journal of Production Research*, 40 (10), 4257-4269, (2002).
- [31] Weber, C.A., "A Data Envelopment Analysis Approach to Measuring Vendor Performance", *Supply Chain Management*, 1 (1), 28-39, (1996).
- [32] Talluri, S. Narasimhan, R., "A Methodology for Strategic Sourcing", *European Journal of Operational Research*, 154 (1), 236-250, (2004).
- [33] Bevilacqua, M., Petroni, A., "From Traditional Purchasing to Supplier Management: A Fuzzy Logic-based Approach to Supplier Selection", *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 5 (3), 235-255, (2002).
- [34] Kahraman, C., Cebeci, U. Ulukan, Z., "Multi-criteria Supplier Selection Using Fuzzy AHP", *Logistics Information Management*, 16 (6), 382-394, (2003).
- [35] Min, H., "International Supplier Selection: A Multi-Attribute Utility Approach", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 24 (5), 24-33, (1994).

- [36] Sarkis, T., Talluri, S., "A Model for Strategic Supplier Selection", *The Journal of Supply Chain Management*, 38 (1), 18-28, (2002).
- [37] Humpreys, P.K., Wong, Y.K., Chan, F.T.S., "Integrating Environmental Criteria into the Supplier Selection Process", *Journal of Materials Processing Technology*, 138 (2), 349-356, (2003).
- [38] Weber, C.A., Current, J.R., "A Multiobjective Approach to Vendor Selection", *European Journal of Operational Research*, 63 (2), 173-184, (1993).
- [39] Smytka, D.L., Clemens, M.W., "Total Cost Supplier Selection Model: A Case Study", *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 29 (1), 42-49, (1993).
- [40] Rosenthal, E.C., Zydiak, J.L., Chaudry, S.S., "Vendor Selection with Bundling", *Decision Sciences*, 26 (1), 35-48, (1995).
- [41] Motwani, J., Youssef, M., Kathawala, Y., Futch, E., "Supplier Selection in Developing Countries: A Model Development", *Integrated Manufacturing Systems*, 10 (3), 154-161, (1999).
- [42] Ghodsypour, S.H., O'Brien, C., "The Total Cost of Logistics in Supplier Selection, under Conditions of Multiple Sourcing, Multiple Criteria and Capacity Constraint", *International Journal of Production Economics*, 73 (1), 15-27, (2001).
- [43] Doyle, J., Green, R., "Efficiency and Cross-efficiency in DEA: Derivations, Meanings and Uses", *Journal of the Operational Research Society*, 45 (5), 567-578, (1994).
- [44] Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E., "Measuring the Efficiency of Decision-Making Units", *European Journal of Operational Research*, 2 (6), 429-444, (1978).

- [45] Cooper, W.W., Seiford, L.M., Tone, K., *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Kluwer, Boston, (2000).
- [46] Zimmerman, H.J., *Fuzzy Set Theory and Its Applications Third Edition*, Kluwer, Boston, (1996).
- [47] Klir, G.J., St. Clair, U.H., Yuan, B., *Fuzzy Set Theory: Foundations and Applications*, Prentice Hall, New Jersey, (1997).
- [48] Zadeh, L.A., "Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility", *Fuzzy Sets and Systems*, 1 (1), 3-28, (1978).
- [49] Charnes, A., Cooper, W.W., "Chance-constrained Programming", *Management Science*, 6 (1), 73-79, (1959).

Appendice A

Code de GAMS pour l'étude de Lertworasirikul et al. [17]:

sets i units / A, B, C, D, E /

is(i) selected unit

j veriler /out1, out2, inp1, inp2 /

jo(j) output kumesi / out1, out2 /

ji(j) input kumesi / inp1, inp2 /

t veri konumlari / m, s /

k alfa levels / alfa1, alfa2, alfa3, alfa4, alfa5 /

ki(k) selected alfa level

Parameter data(i,j,t) central values

h(k) alfa level

Variables f(i,k)

v(j,k) exact input weights

u(j,k) exact output weights

eff efficiency

positive variables u, v, f;

Equations

defe(i,k) efficiency definition - weighted output

denom(i,k) weighted input

esit(i,k)

norm(i,k)

poss(i,k) ;

poss(is,ki).. eff =e= f(is,ki);

defe(is,ki).. sum(jo, u(jo,ki)* (data(is,jo,'m')+(1-h(ki))*data(is,jo,'s')))=g= f(is,ki);

norm(is,ki).. sum(ji, v(ji,ki)*data(is,ji,'m') + (1-h(ki))*v(ji,ki)*data(is,ji,'s'))=g= 1;

denom(is,ki).. sum(ji, v(ji,ki)*data(is,ji,'m') - (1-h(ki))*v(ji,ki)*data(is,ji,'s'))=l= 1;

```

esit(i,ki).. sum(jo, u(jo,ki)*data(i,jo,'m') - (1-h(ki))*u(jo,ki)*data(i,jo,'s')) =l= sum(ji,
v(ji,ki)*data(i,ji,'m') + (1-h(ki))*v(ji,ki)*data(i,ji,'s'));

```

```

model PCCR primal / all /

```

```

parameter h(k)

```

```

/ alfa1 0, alfa2 0.25, alfa3 0.5, alfa4 0.75, alfa5 1 /;

```

```

Table data(i,j,t)

```

	out1.m	out1.s	out2.m	out2.s	inp1.m	inp1.s	inp2.m	inp2.s
A	2.6	0.2	4.1	0.3	4	0.5	2.1	0.2
B	2.2	0	3.5	0.2	2.9	0	1.5	0.1
C	3.2	0.5	5.1	0.8	4.9	0.5	2.6	0.4
D	2.9	0.4	5.7	0.2	4.1	0.7	2.3	0.1
E	5.1	0.7	7.4	0.9	6.5	0.6	4.1	0.5

```

$eolcom //

```

```

option solveopt=replace // don't keep old var and equ values

```

```

decimals=4;

```

```

sets ii(i) set of units to analyze / A, B, C, D, E /

```

```

kk(k) set of alfa levels to analyze ;

```

```

is(i) = no;

```

```

kk(k) = yes;

```

```

ki(k) = no;

```

```

parameter rep summary report;

```

```

loop(ii,

```

```

is(ii) = yes;

```

```

loop(kk,

```

```

ki(kk)= yes

```

```

solve PCCR us lp max eff;

```

```

rep(kk,ii)= eff.l;

```

```

ki(kk)= no);

```

```

is(ii) = no);

```

```

display rep;

```

Appendice B

Code de GAMs pour l'exemple numerique dans la Section 5:

sets i units / Supp1*Supp10 /
is(i) selected unit
j girdi cikti kumesi /FS, COST, SE, CCP, PC, MC, QU/
jo(j) output kumesi /SE, CCP, MC, QU, PC/
ji(j) input kumesi /FS, COST /
t veri konumlari / l, ml, mg, g /
k alfa levels / alfa1, alfa2, alfa3, alfa4, alfa5 /
ki(k) selected alfa level

Parameter data(i,j,t) data values

h(k) alfa level

Variables f(i,k) possibilistic efficiency

v(j,k) exact input weights

u(j,k) exact output weights

eff efficiency

positive variables u, v, f;

Equations

defe(i,k) efficiency definition - weighted output

denom(i,k) weighted input

esit(i,k)

norm(i,k)

poss(i,k) ;

poss(is,ki).. eff =e= f(is,ki);

defe(is,ki).. sum(jo, u(jo,ki)* h(ki)*data(is,jo,'mg')

+ u(jo,ki)*(1-h(ki))*data(is,jo,'g'))=g= f(is,ki);

norm(is,ki).. sum(ji, v(ji,ki)*h(ki)*data(is,ji,'mg')

```

+ (1-h(ki))*v(ji,ki)*data(is,ji,'g')=g= 1;
denom(is,ki).. sum(ji, v(ji,ki)*h(ki)*data(is,ji,'ml')
+ (1-h(ki))*v(ji,ki)*data(is,ji,'l'))=l= 1;
esit(i,ki).. sum(jo, u(jo,ki)*h(ki)*data(i,jo,'ml')
+ (1-h(ki))*u(jo,ki)*data(i,jo,'l'))=l= sum(ji, v(ji,ki)*h(ki)*data(i,ji,'mg')
+ (1-h(ki))*v(ji,ki)*data(i,ji,'g'));
model pdea primal / all /
parameter h(k)
/ alfa1 0, alfa2 0.25, alfa3 0.5, alfa4 0.75, alfa5 1 /;

```

Table data(i,j,t)

	FS.l	FS.ml	FS.mg	FS.g	COST.l	COST.ml
Supp1	1.6	1.7	1.7	1.8	22	22
Supp2	2.1	2.3	2.3	2.5	19	19
Supp3	0.7	0.8	0.8	0.9	16	16
Supp4	1.3	1.5	1.5	1.7	25	25
Supp5	1.7	1.8	1.8	1.9	15	15
Supp6	2.3	2.5	2.5	2.7	20	20
Supp7	1	1.1	1.1	1.2	21	21
Supp8	1.4	1.6	1.6	1.8	24	24
Supp9	1.7	1.9	1.9	2.1	19	19
Supp10	2.2	2.4	2.4	2.6	21	21

+

	COST.mg	COST.g	SE.l	SE.ml	SE.mg	SE.g
Supp1	22	22	0.94	0.95	0.95	0.96
Supp2	19	19	0.95	0.96	0.96	0.97
Supp3	16	16	0.97	0.98	0.98	0.99
Supp4	25	25	0.96	0.98	0.98	1
Supp5	15	15	0.98	0.99	0.99	1
Supp6	20	20	0.96	0.97	0.97	0.98
Supp7	21	21	0.97	0.98	0.98	0.99
Supp8	24	24	0.93	0.94	0.94	0.95

Supp9	19	19	0.94	0.96	0.96	0.98
Supp10	21	21	0.95	0.97	0.97	0.99

+

	MC.l	MC.ml	MC.mg	MC.g	CCP.l	CCP.ml
Supp1	1	3	3	5	3	5
Supp2	7	10	10	10	0	0
Supp3	3	5	5	7	1	3
Supp4	1	3	3	5	5	7
Supp5	3	5	5	7	3	5
Supp6	5	7	7	9	1	3
Supp7	7	10	10	10	5	7
Supp8	5	7	7	9	7	10
Supp9	1	3	3	5	3	5
Supp10	7	10	10	10	1	3

+

	CCP.mg	CCP.g	QU.l	QU.ml	QU.mg	QU.g
Supp1	5	7	0.98	0.99	0.99	1
Supp2	0	3	0.97	0.98	0.98	0.99
Supp3	3	5	0.95	0.96	0.96	0.97
Supp4	7	9	0.91	0.93	0.93	0.95
Supp5	5	7	0.98	0.99	0.99	1
Supp6	3	5	0.95	0.96	0.96	0.97
Supp7	7	9	0.96	0.97	0.97	0.98
Supp8	10	10	0.96	0.98	0.98	1
Supp9	5	7	0.95	0.97	0.97	0.99
Supp10	3	5	0.94	0.95	0.95	0.96

+

	PC.l	PC.ml	PC.mg	PC.g
Supp1	7	10	10	10

Supp2	0	0	0	3
Supp3	3	5	5	7
Supp4	3	5	5	7
Supp5	0	0	0	3
Supp6	3	5	5	7
Supp7	7	10	10	10
Supp8	5	7	7	9
Supp9	1	3	3	5
Supp10	1	3	3	5.0 ;

\$eolcom //

option solveopt=replace

 decimals=3;

sets ii(i) set of units to analyze / Supp1*Supp10 /

 kk(k) set of alfa levels to analyze ;

is(i) = no;

kk(k) = yes;

ki(k) = no;

parameter rep summary report;

loop(ii,

 is(ii) = yes;

 loop(kk,

 ki(kk)= yes

 solve pdea us lp max eff;

 rep(kk,ii)= eff.l;

 ki(kk)= no);

 is(ii) = no);

display rep;

Biographie

Mehmet Hakan AKYÜZ est né le 7 Juillet 1981 à Istanbul, en Turquie. Après avoir suivi son éducation primaire et secondaire dans des villes différentes de la Turquie et de la Chypre, il est diplômé au lycée Anatolien d'Isparta en 1998. Puis, il a continué à ses études à l'Université Technique d'Istanbul et il a obtenu le diplôme de génie industriel en 2002. Ensuite, il est entré dans le programme de mastère dans le département de génie industriel à l'Université de Galatasaray. Depuis Décembre 2002, il travaille comme assistant de recherche à l'Université de Galatasaray.