

# Revue de littérature sur les modèles de SC intégrant le CoQ et les outils d'optimisation

L. DOURI, A. JABRI et A. EL BARKANY

Faculté des Sciences et Techniques, Route d'Imouzzar, BP. 2202, Fès, Maroc.

Lamiae\_iad@yahoo.fr, c.jabri@yahoo.fr, a\_elbarkany2002@yahoo.fr

**Résumé:**— Dans cet article, nous envisageons de faire une revue de littérature sur les modèles modernes intégrant le coût de la qualité (CoQ) distingués en quatre catégories, à savoir les modèles PAF ou modèles de Crosby, les modèles basés sur les coûts d'opportunité, les modèles basés sur les coûts de process et l'approche ABC. Dans une seconde partie, nous présenterons un comparatif des modèles de conception des chaînes logistiques (SCND) intégrant le CoQ en fonction de la catégorie du modèle, objectifs, variables de décision et méthodes de résolution démontrant ainsi l'efficacité des méthodes évolutionnaires telles que : GA (genetic Algorithm) et SA (simulated annealing) par rapport aux méthodes exactes dans l'optimisation de la SCND.

**Mots clés:**— Coût de la qualité, Management de la chaîne logistique, Problèmes multi objectifs, Algorithmes génétiques, Recuit Simulé.

## I. INTRODUCTION

Pour améliorer leurs qualités, les organisations doivent prendre en considération, lors de la conception de leurs réseaux logistiques (SCND), les coûts nécessaires pour atteindre la qualité, puisque l'objectif de l'amélioration continue de tout programme qualité est non seulement de répondre aux exigences du client, mais aussi de le faire avec des coûts minimales. Ceci est faisable seulement en réduisant les coûts nécessaires pour atteindre la qualité, et la réduction de ces coûts n'est possible que s'ils sont identifiés et mesurés.

Un réseau de chaîne logistique ou (SCND), peut être défini en tant que l'ensemble des processus relatifs aux différentes entités qui interagissent dans le but d'avoir et de fournir aux clients des produits et des services à valeur ajoutée selon Ramudhin et al.[1]. Celles entités sont généralement les fournisseurs, les usines manufacturières, les distributeurs, les détaillants et les clients aussi.

L'objectif global de chaque SCND est de maximiser la valeur générée. (CoQ) est un indicateur de coût de la qualité qui doit nécessairement être intégré dans les modèles de la chaîne logistique (SC), cette dernière doit être configurée de manière à minimiser le coût en maintenant un haut niveau de qualité pour satisfaire le client final.

qualité est nécessaire. Pour cela, la mesure du CoQ est considérée une démarche importante pour les managers d'après Schiffauerova et al. [2]. Cependant, ce n'est pas évident puisqu'il n'y a pas une définition unique de la qualité, ni un modèle unique de coût pour identifier et contrôler les coûts de la qualité. Le problème est de définir quel élément peut être classifié en tant que coût de la qualité et de le différencier des autres coûts.

Plusieurs efforts ont été menés afin de modéliser et optimiser les problèmes de SCND compte tenu des coûts de la qualité, partant des modèles simples linéaires déterministes mono objectif, aux problèmes complexes non linéaires stochastiques et multi objectif.

L'objectif de cet article est de présenter une revue bibliographique sur les références ayant décrit, analysé et développé plusieurs modèles de SCND incorporant les coûts de la qualité dans une première partie, la deuxième partie décrit les différentes catégories du CoQ et le reste de l'article traite l'interdépendance entre les différentes entités de la SC, sous la base d'un comparatif des différentes méthodes de résolution utilisées.

## II. REVUE SUR LES CATÉGORIES COQ

Bien que la définition primaire du terme 'qualité' est : satisfaction du client via un produit ou un service, il y a un nombre de différentes définitions de la qualité et des coûts de la qualité disponibles dans la littérature. Campanella [3] a définit les coûts de la qualité par le zéro défaut entre les coûts actuels et les coûts idéals. Juran [4] a définit la qualité en tant que l'adéquation au but, tandis que pour Crosby [5] la qualité est la conformance aux exigences. Selon British Standards Institution 1991, le coût de la qualité est définit par l'ensemble des dépenses encourues par les activités de prévention et d'évaluation des défaillances plus les pertes dues aux défaillances internes et externes. Mashowski et Dale [6] ont définit le CoQ par la somme des coûts de conformité plus les coûts de non-conformité, où le coût de conformité est le prix payé pour prévoir la mauvaise qualité (ex : inspection et évaluation), et le coût de non-conformité est le coût de la mauvaise qualité causée par la défaillance du produit ou du service (ex : produits réusinés, retournés,..). D'après Plunkett et Dale [7], il est largement accepté que les coûts qualité

---

Afin de satisfaire les clients, un contrôle du coût de la

Xème Conférence Internationale : Conception et Production Intégrées, CPI 2015, 2-4 Décembre 2015, Tanger - Maroc.

Xth International Conference on Integrated Design and Production, CPI 2015, December 2-4, 2015, Tangier - Morocco.

soient les coûts engendrés lors de la conception, la mise en œuvre, maintenance d'un système management qualité, les coûts engagés dans les programmes de l'amélioration continue, les coûts de défaillance des produits ou services et tous les autres coûts nécessaires pour atteindre la qualité du produit ou service.

### III. EXAMEN COQ

Cette partie présente une revue sur les aticles publiés concernant les différents modèles de CoQ. Selon les recherches menés par Shiffauerova et Thomson [5], les modèles CoQ sont classifiés en 4 groupes : (1) Modèles PAF ou modèles de Crosby, (2) Modèles basés sur les coûts d'opportunité, (3) Modèles coûts de process, (4) L'approche ABC. Les modèles modernes de CoQ fûrent développés par les travaux de Juran [4], Feigenbaum [8], Crosby [9] et Freeman [10]. Juran était le premier à mettre au point le concept de l'économie de la qualité vers les années 50. Juste après, Feigenbaum a développé la classification PAF (prévention-évaluation-défaillance). La définition de chaque catégorie de cette classification a été présentée par Campanella comme suit :

- **Coûts de prévention** : sont les coûts de toutes les activités désignées à prévoir la mauvaise qualité des produits et services.
- **Coûts d'évaluation** : coûts associés à la mesure, l'évaluation, l'audit des produits et services pour assurer la conformité aux standards de la qualité.
- **Coûts de défaillance interne** : coûts qui résultent des produits et services qui ne sont pas conformes aux exigences avant d'être livrés au client.
- **Coûts de défaillance externe** : coûts qui résultent des produits et services qui ne sont pas conformes aux exigences après la livraison.

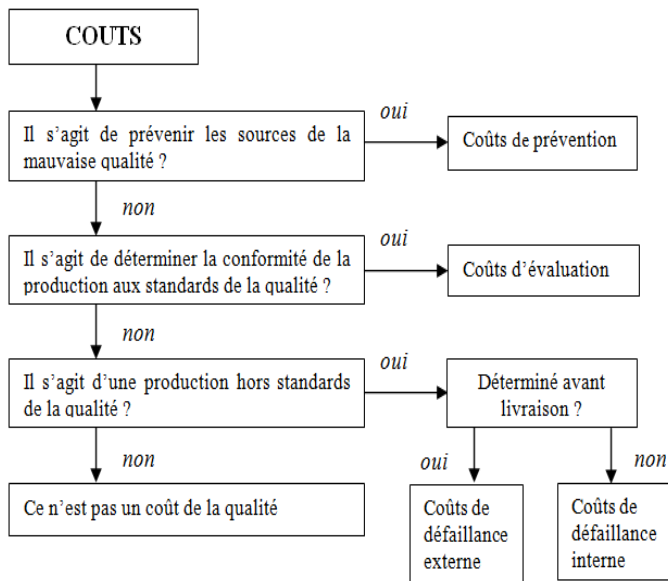


Figure 1 : Démarche pour la détermination et la classification des coûts qualité (Akkoyun et al. [11])

#### A. Modèle PAF :

Le plan du P-A-F de Feigenbaum et de Juran a été adopté par la société américaine pour le contrôle de qualité (ASQC, 1970), et l'institut de norme britannique (BS6143, 1990), et est utilisé par la plupart des sociétés qui adoptent le calcul des coûts de qualité.

La vue classique mentionnée ci-dessous du comportement du coût qualité dans le modèle de P-A-F montre qu'un niveau de qualité économique optimal existe au niveau auquel le coût de fixation d'un haut niveau de qualité dépasserait les profits de la qualité améliorée. Ce concept est, cependant, souvent contesté, et ceci est argumenté par le fait qu'il n'y a aucun niveau de qualité économique, que la dépense sur la prévention pourrait être toujours justifiée et que le niveau de qualité optimum en fait implique zéro défauts, par exemple Fox [12] ; Plunkett et Dale ; Price [13].

Ceux-ci et d'autres nombreuses références par exemple Porter et Rayner [14] et Cole [15], ont discuté les deux vues contradictoires du niveau économique des coûts qualité qui sont montrés sur la figure 2.

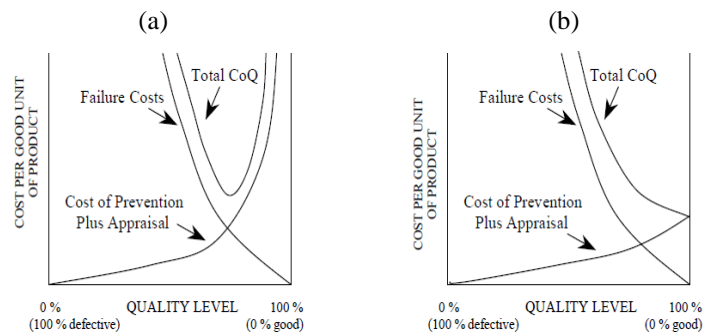


Figure 2 : (a) vue classique et (b) vue moderne du coût qualité

Le modèle présenté à gauche suggère que le coût de la mauvaise qualité (défaillances internes et externes) diminue pour les hauts niveaux de qualité, tandis que les coûts nécessaires pour avoir une bonne qualité (prévention et évaluation) augmentent. La fonction de coût totale représentant la somme des coûts a une forme parabolique. Selon les interprétations de Juran, le point minimum représente le niveau de qualité optimal économiquement. Cette vue classique ne correspond pas aux tendances actuelles du marché et de l'industrie, tenant compte des points suivants : Le premier : ce modèle suppose des entreprises avec un niveau de qualité médiocre et ne considère pas que les compagnies ont déjà un niveau de qualité considérable lorsqu'elles s'engagent dans les programmes d'amélioration de la qualité. Le deuxième : la prévention des défaillances est devenue plus faisable grâce au développement technologique. Le troisième : le modèle ne fait pas référence à la durée pour laquelle les companies se sont engagées dans les programmes de l'amélioration de la qualité. Et finalement, la forme exponentielle des coûts nécessaires pour atteindre une bonne qualité n'est pas réaliste, pour les hauts niveaux de qualité, les

produits fiables sont valables pour compenser les coûts de prévention et d'évaluation.

Le nouveau modèle CoQ semble être plus en agrément avec la réalité de l'industrie. Il représente une évolution des coûts de prévention et d'évaluation compte tenu des solutions technologiques qui réduisent le taux de défaillance. La courbe de coût est décroissante et le coût optimal coïncide avec le niveau parfait de qualité. En général, le nouveau modèle présente une bonne perspective du coût qualité et reflète la réalité des compagnies mieux que l'ancien modèle.

**B. Modèle des coûts d'opportunité :**

Ce sont les coûts qui peuvent être estimés tels que le profit non gagné à cause de la perte des clients, et la réduction du revenu dû à la non-conformité. Sandoval-Chavez et Beruvides [16] ont introduit les pertes d'opportunités dans le modèle traditionnel PAF relatif aux dépenses qualité. D'après leurs travaux, les coûts d'opportunités ont 3 composantes : la mauvaise exploitation de la capacité installée, l'inadéquation du matériel utilisé et la mauvaise prestation de service. Modarress et Ansari [17] ont démontré que le modèle PAF peut être développé de façon à s'adapter aux coûts d'insuffisance de ressources et les coûts de conception de la qualité. Carr [18] a inclus les coûts d'opportunité et a démontré le succès de son utilisation dans un programme qualité. Le modèle de Juran (1951) rappelle aussi l'importance des coûts intangibles. Son schéma CoQ propose l'implication des bénéfices intangibles internes.

**C. Modèle du coût process :**

Développé par Ross [19] et premièrement utilisé par Marsh [20], l'approche processus peut être utilisée comme alternative du modèle P-A-F ou le coût du processus est le total du coût de la conformité (CoC) plus le coût de non-conformité (CoNC) pour un processus particulier. CoC est le coût réel de fournir des produits ou des services aux normes exigées, par un processus spécifique donné, première fois et chaque fois. CoNC est la défaillance liées à un processus n'étant pas opéré à la norme exigée. Crossfield et Dale [21] ont proposé une méthode pour la planification des procédures de l'assurance qualité ainsi que les flux d'information par la méthode du coût de process, Goulden et Rawlins [22] ont utilisé un modèle hybride pour le coût process et ont démontré qu'il est plus simple à appliquer par rapport au schéma PAF.

**D. Modèle ABC :**

Développé par Cooper et Kaplan de Harvard Business School, le modèle ABC (Activity Based Costing) n'est réellement pas un modèle de CoQ. C'est une approche alternative qui peut être employée pour identifier, mesurer et affecter des coûts qualité parmi des produits, et donc, une aide pour contrôler des coûts qualité plus efficacement. Tsai [23] propose un cadre intégré de CoQ-ABC, dans lequel des systèmes d'ABC et de CoQ sont fusionnés et partagent une base de données commune afin de fournir les divers coûts et informations non financière pour des techniques de gestion

relatives. Le but à long terme des systèmes d'ABC est d'éliminer les activités à non-valeur ajoutée et améliorer les processus, les activités et la qualité de sorte qu'aucun défaut ne soit produit.

TABLEAU 1. MODELES GENERIQUES DU COQ ET CATEGORIES DES COUTS

Catégorie modèle	Catégorie activité/Coût	Exemple de publications ayant décrit, analysé et développé le modèle
Modèles P-A-F	Prévention-Evaluation-Défaillance	Feigenbaum, 1956; Dale, 1995; Chang et al., 1996; Plunkett and Dale, 1988b; Bortorff, 1997; Gupta and Campbell, 1995; Burgess, 1994; Dawes, 1989; etc.
Modèles coûts d'opportunité	P-A-F + Coûts d'opportunités	Sandoval-Chavez, 1998; Ansari, 1987; Juran et al., 1975; Carr, 1992.
Modèles du coût process	conformité + non-conformité	Ross, 1977; Marsh, 1989; Goulden and Rawlins, 1995; Crossfield and Dale, 1990. etc
Modèles ABC	Valeur ajoutée-non valeur ajoutée	Cooper, 1988; Cooper and Kaplan, 1988; Tsai, 1998; Jorgenson and Enkerlin, 1992; Dawes and Siff, 1993; etc

**IV. INCORPORATION DU COQ DANS LA CONCEPTION DES RESEAUX DE CHAINES LOGISTIQUE (SCND)**

Les premiers travaux de SCND étaient menés par Geoffrion et Graves en 1974 [24]. Plus tard, Breitman et Lucas [25] ont présenté un système qui décide quel élément produire, ou et comment produire et quel marché doit être ciblé par ces produits. La plupart de leurs travaux ont été implémentés avec succès à General Motors. Après, Camm et al [26] ont présenté un modèle analysant la chaîne logistique de Procter et Gamble. Leurs travaux ont prouvé l'efficacité du process et l'élimination des coûts à non valeur ajoutée. L'importante issue de la SCND est l'établissement des mesures performantes appropriées pour déterminer l'efficacité et l'efficacité du système actuel en comparaison avec les systèmes alternatifs. La conception des réseaux logistiques est l'une des décisions stratégiques les plus importantes dans le management des chaînes logistiques. Décisions sur le nombre des facilités, leur localisation, capacité et quantité du flux entre les entités affectant tous les coûts du réseau logistique ainsi que le taux de satisfaction des clients. Ainsi, une conception efficace et efficiente d'une chaîne logistique constitue un avantage compétitif pour les industriels.

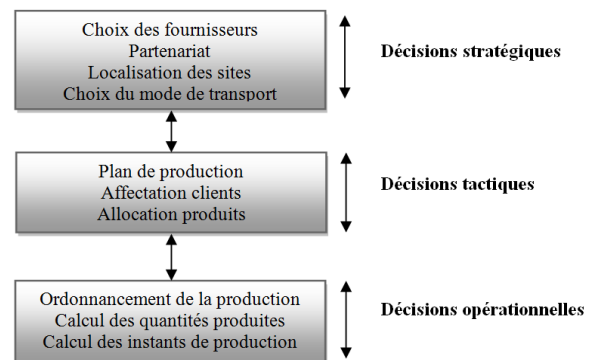


Figure 3 : Niveaux décisionnels dans une chaîne logistique

## V. ETUDE COMPARATIVE

Afin de structurer la revue de littérature concernant les problèmes de SCND intégrant les coûts de la qualité, et montrer la différence de cet article comparativement aux autres, nous donnons un état d'art pour étudier les travaux existants sur les problèmes de SCND suivant le tableau (4) en termes d'approche de modélisation, variables de décision et méthodes d'optimisation. Les codes de ce tableau comparatif est donné par le tableau (3) ci après :

TABLEAU II. CLASSIFICATION DES PROBLEMES DE CONCEPTION DES CHAINES LOGISTIQUES

Objectifs:	
Coût de la qualité	CoQ
Coût	Co
Profit	Pr
Robustesse	Ro
Taux de service	Ts
Risque Financier	Rf
Volume	V
Délais	DI
Variables de décision:	
Transport	Tr
Attribution d'emplacement	L
Satisfaction demande	D
Probabilité de défaillance	Pd
Facilité de capacité	Fc
Quantité transportée	Qt
Quantité délivrée	Qd
Quantité en Stock	Qs
Quantité produite	Qp
Capacité de distribution	Cd
Taux d'erreur	T
Probabilité de défaillance	P
Définition du problème :	
<b>Période</b>	
Mono période	SPr
Multi période	MPr
<b>Demande</b>	
Stochastique	S
Déterministe	De
<b>Produit</b>	
Mono produit	SP
Multi produit	MP
<b>Objectif:</b>	
Mono Objectif	SO
Multi Objectif	MO

### A. Les méthodes d'optimisation exploitant une méta-heuristique :

Les métaheuristiques sont des méthodes générales de recherche dédiées aux problèmes d'optimisation difficile Sait et al. [27]. Ces méthodes sont, en général, présentées sous la forme de concept et reprennent des idées que l'on retrouve parfois dans la vie courante. Parmi les principales métaheuristiques : le Recuit Simulé, la Recherche Tabou et les algorithmes génétiques qui sont des méthodes stochastiques de recherche d'optimum global.

#### a. Recuit simulé (SA):

##### • Méthodologie :

Cette méthode de recherche a été proposée par des chercheurs d'IBM (Bonomi [52]). On utilise un processus métallurgique qui est le recuit pour trouver un minimum. En effet, pour qu'un métal retrouve une structure proche du cristal parfait, on porte celui-ci à une température élevée, et on laisse refroidir lentement de manière à ce que les atomes aient le temps de s'ordonner régulièrement. Ce processus a été transposé à l'optimisation et a donné une méthode simple et efficace :

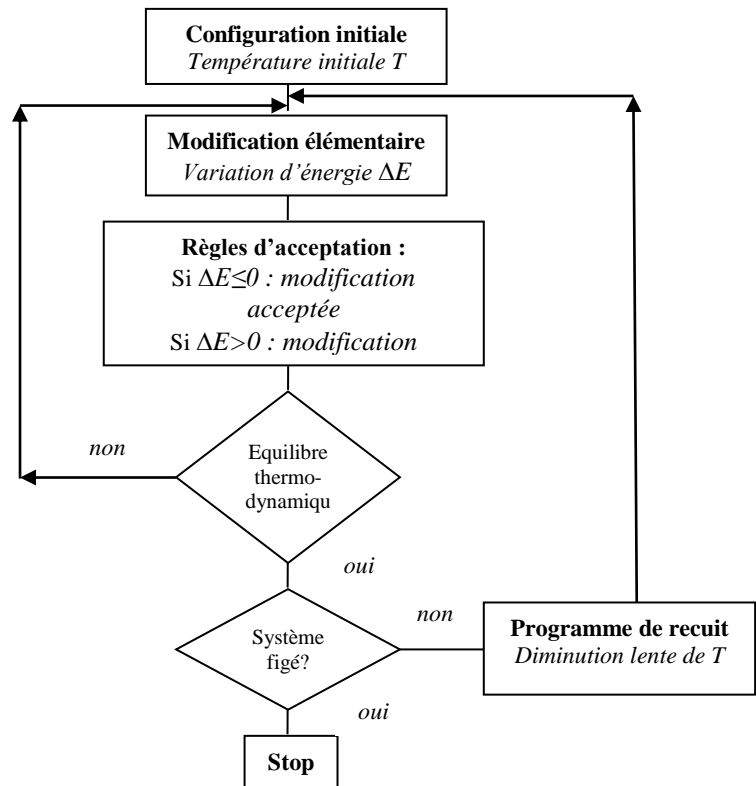


Figure 4 : Algorithme du recuit simulé

TABLEAU II. CLASSIFICATION DES ARTICLES AYANT DECRIT , ANALYSE ET DEVELOPPE LES MODELES DE SC

Réf	Auteurs	Variables de décision	Catégorie du modèle	Objectif du modèle	Méthode de résolution
[28]	SABRI et BEAMON (2000)	Tr, L	SPr, MP, De, MO	CoQ, Pr, Ro	Méthodes exactes (petites tailles)
[29]	SYARIF et al. (2002)	Tr, L	SPr, MO, MP, De	CoQ, Pr	Algorithmes génétiques (GA)
[30]	JAYARAMAN et ROSS (2003)	Tr, L	SPr, MO, MP, De	CoQ, Pr	Recuit simulé (SA)
[31]	RAMUDHIN et al. (2008)	D, Pd	SPr, SO, MP, S	CoQ	LINGO 9.0
[32]	PISHVAEE et al. (2009)	L, Tr, Fc	SPr, SP, MO, De	CoQ, Ts	Recuit simulé (SA)
[33]	DAS et al. (2011)	L, Fc	SPr, SO, MP, S	Pr	solveur commercial LINGO 09 sur un PC Intel Core 2, 2.0GB RAM, 2GHZ processor
[34]	ALBORZI et al. (2011)	D, Qp, Qd	MPr, MO, MP, S	CoQ, Rf	weighting method
[35]	RAMEZANI et al. (2012)	L, Tr, Fc	SPr, MO, S	Pr, Ts, Q	Optimisation au sens de PARETO
[36]	SHAHPARVARI et al. (2013)	Qp, Qd	MPr, MO, S	CoQ, V	Differential Evolution Algorithm
[37]	PAKSOY et al.	Qp, Qd, Cd	SPr, MO, S	CoQ	LINGO package program
[38]	ABBAS et al.	Qt, Qs	MPr, MO, MP, S	CoQ	hGA = GA+PS (genetic algorithm+pattern search technique)
[39]	CASTILLO et al. (2014)	T, Pr, Qt, Qd	SPr, SO, SP, S	CoQ, Pr	Algorithmes génétiques (GA)
[40]	SEYEDYASER BOZORGIRAD et al. (2012)	L,Tr	SPr, Sp, De, MO	Co, Ts	Algorithmes génétiques (GA)
[41]	RUI T.SOUSA et al. (2011)	L, Ts	SPr, Sp, De, MO	Co	Procédure de décomposition lagrangienne
[42]	M.FLEISCHMANN et al. (2001)	L, Ts	SPr, Sp, De, MO	Co	programme CPLEX 6.0
[43]	SEYED HAMID et al (2014)	L, Ts	SPr,MP,S,MO	Co,DI	Algorithmes génétiques (GA)
[44]	M.BENNEKROUF et al	L, Tr	MPr, MP, Mo,De	Co,Pr	LINGO.12
[45]	ANIL JINDAL et al. (2015)	D, Fc	MPr, MP, SO, S	Pr	Fuzzy optimisation model
[46]	OZGUR AKKOYUN et al. (2009)	Qd, Qp	MPr,MP,SO,D	CoQ	Algorithmes génétiques (GA)
[47]	FULYA ALTIPARMAK et al (2006)	Qt,Qd,Qp	SPr, MO, SP,De	Co,Ts,V	Algorithmes génétiques (GA)
[48]	FULYA ALTIPARMAK et al. (2009)	Qt,Qd,Qp	SPr,SO, MP, De	Co	Algorithmes génétiques (GA)
[49]	BULGAK AKIF et al. (2008)	P, Qp, Qd, Qt	SPr, SO, MP,De	CoQ	Gradient search matlab 7.0
[50]	FARAHANI REZA et al. (2007)	Qt,Qd,Qp	MPr, MO, MP, De	Co, DI	Algorithmes génétiques (GA)
[51]	ANTHONY ROSS et al (2007)	Tr, Qt, Qd	Spr,So,Sp,De	Co	Simulated Annealing + Tabu Search

- *Algorithme :*

```

init T (température initiale)
init x (point de départ)
init ΔT (température minimale)
while(not(end))
y =Voisin (x)
ΔC =C(y)-C(x)
if ΔC < 0 then y = x
else if alea(0,1) < e-ΔC/T then y = x
T = T * alpha
if T < ΔT then end (while)
repeat (while)

```

- *Application du SA :*

Selon Jayaraman [30], l'application de **SA** s'avère très efficace et efficiente pour les problèmes complexes de **SC**. En effet, les résultats obtenus donnent de meilleures attributions d'emplacement et des coûts de transports minimaux pour son modèle **PLOT** biobjectif. Le même modèle a été résolu par **LINGO**, et la comparaison des résultats a démontré que ce dernier, contrairement au **SA**, peut résoudre et enregistrer uniquement les petits ensembles données. Pishvaei [32] a développé un modèle qui minimise le coût total de la **SC** compte tenu des coûts fixes et des coûts de transport. Un algorithme **SA** a été utilisé pour trouver les solutions optimales pour les problèmes de grande taille, ces solutions sont obtenues en un temps significativement inférieur comparativement aux solutions exactes obtenues par **LINGO**. Anthony Ross [51] a évalué une procédure de solutions pour les problèmes de localisation des dépôts et des centres de distribution dans une chaîne logistique. Le modèle développé est caractérisé par une multiple famille de produits, multiples centres de distribution et un site centrale de l'usine manufacturière. Le modèle utilise la méthode du Recuit Simulé et évalue la performance de cette méthode qui donne une meilleure qualité de solutions dans un temps limite.

La méthode du Recuit Simulé a l'avantage d'être souple vis à vis des évolutions du problème et facile à implémenter, elle évite les pièges des optima locaux et donne d'excellents résultats pour un nombre de problèmes complexes, cependant, nombreux tests sont nécessaires pour trouver les bons paramètres.

b. *Algorithmes génétiques :*

- *Méthodologie :*

Les Algorithmes génétiques (AG) sont des Algorithmes d'optimisation stochastique inspirés de la génétique classique Goldberg [33]. On considère une "population" de solutions potentielles initiales choisies arbitrairement. A chaque individu on associe une efficacité ou une performance. Sur la base de ces performances on crée une nouvelle population de

solutions potentielles en utilisant les opérateurs évolutionnaires : la sélection, le croisement et la mutation.

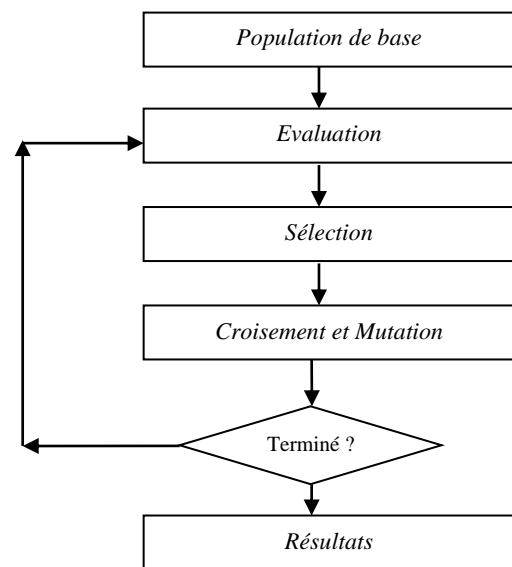


Figure5 : Schéma des Algorithmes Génétiques

Quelques individus se reproduisent, d'autres disparaissent et seuls les individus les mieux adaptés sont supposés survivre. On recommence le cycle jusqu'à obtention d'une solution satisfaisante.

- *Application du GA:*

Altıparmak [47] a développé un modèle de **SCND** à 4 échelons, mono produit, multi objectifs et à paramètres déterminés à savoir : le nombre de clients, de fournisseurs, leurs demandes et leurs capacités. La fonction objectif étant de minimiser le coût total et maximiser le taux de service client. Pour la résolution du problème, Altıparmak a eu recours aux Algorithmes génétiques pour obtenir un ensemble de solutions optimales de Pareto. Cette méthode a été ensuite comparée avec la résolution par la méthode du recuit simulé en utilisant cinq problèmes générés à partir du problème original. Cette comparaison a démontré que **GA** dépasse **SA** du point de vue nombre moyen et qualité des solutions optimales de Pareto. Plus tard, Altıparmak [48] a fait l'étude d'un modèle multi produit, multi échelons à une seule fonction objectif, qui consiste à minimiser le coût total de la chaîne égal aux coûts fixes (coûts pour ouvrir et faire actionner les usines et les centres de distribution) plus les coûts variables à savoir les coûts de production, de distribution et de transport entre les différentes entités de la chaîne. Un **ssGA** (steady state Genetic Algorithm) a été développé afin de trouver la meilleure solution. L'efficacité de cet algorithme a été comparée avec les résultats obtenus par **CPLEX** et par la méthode des heuristiques Lagrangiennes avec 2 ensembles de problèmes test et 620 instances. Le **ssGA** fournit de meilleures solutions

heuristiques en un temps optimal, et peut être modifiée pour prendre en considération l'aspect réaliste des problèmes tels que : l'environnement dynamique, la demande stochastique,...etc. Pour Bulgac [49], deux configurations de la SC ont été utilisées pour résoudre son modèle qui consiste à minimiser le CoQ. La première consiste à générer des solutions optimales par la méthode du gradient search via Matlab 7.0. Malgré les résultats significatifs obtenus, qui produisent le niveau de qualité optimal pour chaque fournisseur et usine au sein de la SC, cette méthode connaît des limites. Le modèle est non linéaire, difficile d'obtenir des résultats pour une SC plus large et dans un intervalle de temps plus raisonnable, et la continuité des variables de la qualité font que chaque fournisseur et chaque usine vont avoir un niveau de qualité optimal différent. Ceci n'est pas réellement pratique parce que la plupart des organisations souhaitent opérer à un niveau de qualité similaire. Les limitations de ce modèle inspire le deuxième, qui consiste à convertir les taux de défaillances en variables discrètes, le modèle devient facile à résoudre et converge vers les solutions optimales en 70% moins de temps. Farahani et al. [50] a développé un modèle multi produits, multi périodes et bi objectif : minimiser le coût total et avoir une distribution JIT pour toutes les périodes. Les solutions composant le front optimal de Pareto ont été obtenues en utilisant les Algorithmes génétiques GA, et ont été comparées par les résultats générés par LINGO. Ce dernier demande un temps de résolution supérieur et demande une grande mémoire de stockage.

## VI. CONCLUSION

Cet article résume les dernières recherches concernant les modèles de SC intégrant le CoQ. Les exemples présentés montrent que le modèle le plus implémenté est l'approche P-A-F, cependant les autres catégories du coût de la qualité sont aussi utilisées avec succès. L'utilisation des SCND intégrant le CoQ peut assister les entreprises à développer simultanément leur profit et leur qualité: deux objectifs souvent traités dans l'optimisation des modèles de SC. Cette revue démontre l'efficacité des métaheuristiques telles que les Algorithmes Génétiques et la méthode du Recuit Simulé dans la résolution des problèmes complexes, de grande taille avec une grande capacité de stockage des données et un temps de résolution optimal contrairement aux méthodes exactes. Dans une future recherche, nous envisageons de traiter et comparer les méthodes hybrides qui combinent deux métaheuristiques.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] A. Ramudhin, C. Alzaman, and A. A. Bulgac, "Incorporating the cost of quality in supply chain design," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. 14, no. 1, pp. 71–86, 2008.
- [2] Schiffauerova, A. and Thomson, V., "A review of research on cost of quality models and best practices", *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol.23, No.4, 2006.
- [3] J. Campanella, *Principles of Quality Costs: Principles, Implementation, and Use*, 2nd ed., ASQC Quality Costs Committee, Milwaukee, WI, 1990.
- [4] J.M. Juran, F.M. Gryna, *Quality Planning and Analysis: From Product Development Through Use*, McGraw-Hill, New York, 1993
- [5] Crosby, P.B. (1983), "Don't be defensive about the Cost of Quality", *Quality Progress*, April, p.38.
- [6] Machowski F, Dale BG (1998). Quality costing: An examination of knowledge, attitudes and perceptions. *Qual. Manage. J.* 5 (3): 84.
- [7] Plunket J, Dale B (1987).A review of the literature on quality related costs. *Int. J. Qual. Reliab. Manage.* 4: 40-52.
- [8] Feigenbaum, A.V. (1956), "Total quality control", *Harvard Business Review*, Vol.34, No.6, p.93
- [9] Crosby, P.B. (1983), "Don't be defensive about the Cost of Quality", *Quality Progress*, April, p.38
- [10] S. Srivastava, Towards estimating cost of quality in supply chains, *Total Quality Manage. Business Excell.* 19 (3) (2008) 193–208.
- [11] Ozgur Akkoyun and Huseyin Ankara Scientific Research and Essay Vol.4 (11), pp. 1275-1285, November, 2009.
- [12] Fox, M.J. (1989), "The great economic quality hoax", *Quality Assurance*, Vol.15, No.2, p.72.
- [13] Price, F.(1984), *Right First Time*, Gower, Aldershot.
- [14] Porter, L.J. and Rayner, P. (1992), "Quality costing for total quality management", *International Journal of Production Economics*, Vol. 27, p.69
- [15] Cole, R.E. (1992), "The quality revolution", *Productions and Operations Management*, No.1,p.118.
- [16] Sandoval-Chavez, D.A. and Beruvides, M.G. (1998), "Using opportunity costs to determine the cost of quality: A case study in a continuous-process industry", *Engineering Economist*, Vol.43, p.107.
- [17] Modarres, B. and Ansari, A. (1987), "Two new dimensions in the cost of quality", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol.4, No.4, p.9.

- [18] Carr, L.P. (1992), "Applying cost of quality to a service business", *Sloan Management Reviews*, p.72, Summer.
- [19] Ross, D.T. (1977), "Structured analysis (SA): A language for communicating ideas", *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol.SE-3, No.1, p.16.
- [20] Marsh, J. (1989), "Process modeling for quality improvement", *Proceedings of the Second International Conference on Total Quality Management*, p.111
- [21] Crossfield, R.T. and Dale, B.G. (1990), "Mapping quality assurance systems: a methodology", *Quality and Reliability Engineering International*, Vol.6, No.3, p.167.
- [22] Goulden, C. and Rawlins, L. (1995), "A hybrid model for process quality costing", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol.12, No.8, p.32.
- [23] Tsai, W.H. (1998), "Quality cost measurement under activity-based costing", *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol.15, No.6, p.719.
- [24] Geoffrion AM, Graves GW. Multicommodity distribution system design by Benders decomposition. *Management science*. 1974;20(5):822–44.
- [25] Breitman, R.L. and Lucas, J.M. (1987), "PLANETS: a modeling system for business planning", *Interfaces*, Vol. 17, January-February, pp. 94-106.
- [26] Camm, J.D., Chorman, T.E., Dill, F.A., Evans, J.R., Sweeney, D.J. and Wegryn, G.W. (1997), "Blending OR/MS, judgment, and GIS: restructuring P&G's supply chain", *Interfaces*, Vol. 27 No. 1, January-February, pp. 128-42.
- [27] S. M. Sait, H. Youssef, *Iterative Computer Algorithms with Applications in Engineering: Solving Combinatorial Optimization Problems*, IEEE Computer Society, 1999. 5.1.
- [28] E.H. Sabri, B.M. Beamon, A multi-objective approach to simultaneous strategic and operational planning in supply chain design, *OMEGA* 28 (2000) 581–598.
- [29] Syarif A, Yun YS, Gen M. Study on multi-stage logistics chain network: a spanning tree-based genetic algorithm approach. *Computers & Industrial Engineering* 2002;43:299–314.
- [30] Jayaraman V, Ross A. A simulated annealing methodology to distribution network design and management. *European Journal of Operational Research* 2003;144:629–45.
- [31] Amar Ramudhin Chaher Alzaman Akif A. Bulgak, (2008), "Incorporating the cost of quality in supply chain design", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 14 Iss 1 pp. 71 – 86.
- [32] Mir Saman Pishvae, Reza Zanjirani Farahani, WoutDullaert *Computers & Operations Research* 37 (2010) 1100–1112.
- [33] Kanchan Das (2011) A quality integrated strategic level global supply chain model, *International Journal of Production Research*, 49:1, 5-31, DOI.
- [34] F. Alborzi, H. Vafaei, M.H. Gholami, M.M. S. Esfahani *World Academy of Science, Engineering and Technology* Vol:5 2011-11-27.
- [35] Majid Ramezani , Mahdi Bashiri, Reza Tavakkoli-Moghaddam *Applied Mathematical Modelling* 37 (2013) 328–344.
- [36] Shahrooz Shahparvari, Payam Chiniforooshan, Ahmad Abareshi, *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2013 Vol II*.
- [37] Turan PAKSOY, Eren ÖZCEYLAN, Gerhard-Wilhelm WEBER, Selçuk University, Department of Industrial Engineering, Campus, 42031, Konya, Turkey.
- [38] H. Abbas , M. Hussein, M. Etman *Proceedings of the 41st International Conference on Computers & Industrial Engineering*.
- [39] Krystal K. Castillo-Villar, Neale R. Smith, and José F. Herbert-Acero Hindawi Publishing Corporation *Mathematical Problems in Engineering* Volume 2014, Article ID 218913, 17 pages.
- [40] Seyedyaser Bozorgirad - Mohammad Ishak Desa and Antoni Wibowo *IJCSI International Journal of Computer Science Issues*, Vol. 9, Issue 3, No 2, May 2012 ISSN (Online): 1694-0814.
- [41] Rui T. Sousaa, Songsong Liub, Lazaros G. Papageorgioub, Nilay Shah *chemical engineering research and design* 89 ( 2 0 1 1 ) 2396–2409.
- [42] Mortiz Fleischmann, Patrick Beullens, Faculty of Business Admin Erasmus university Rotterdam, Netherlands.



- [43] Seyed Hamid Reza Pasandideh, Ph.D. Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kharazmi University, Tehran, Iran.
- [44] M.Bennekrouf, W.Mtalaa, F.Boudhar and Z.Sari Proceedings of the 41st International Conference on Computers & Industrial Engineering.
- [45] Anil Jindal\*, Kuldip Singh Sangwan, and Sachin Saxe Procedia CIRP 29 ( 2015 ) 656 – 661.
- [46] Ozgur Akkoyun and Huseyin Ankara Scientific Research and Essay Vol.4 (11), pp. 1275-1285, November, 2009.
- [47] Fulya Altiparmak , Mitsuo Gen , Lin Lin , Turan Paksoy Computers & Industrial Engineering 51 (2006) 196–215.
- [48] Fulya Altiparmak , Mitsuo Gen b, Lin Lin b, Ismail Karaoglan Computers & Industrial Engineering 56 (2009) 521–537.
- [49] Akif Asil Bulgak, Chaher Alzaman, Amar Ramudhin PICMET 2008 Proceedings, 27-31 July, Cape Town, South Africa (c) 2008.
- [50] Reza Zanjirani Farahani, Mahsa Elahipanah Int. J. Production Economics 111 (2008) 229–243.
- [51] Anthony Ross , Vaidyanathan Jayaraman Computers & Industrial Engineering 55 (2008) 64–79.
- [52] E. Bonomi, J.-L. Lutton, Le recuit simulé, Pour la Science, numéro 129, pages 68-77, juillet 1988. 5.4

