

# Évaluation de la performance économique d'une chaîne logistique hybride

MOHAMMED DEGOUN<sup>1</sup>, PIERRE FÉNIÉS<sup>2</sup>, VINCENT GIARD<sup>3</sup>, KAWTAR RETMI<sup>4</sup>, JANAH SAADI<sup>5</sup>

<sup>1</sup> EMINES Université Mohammed VI Polytechnique, Benguerir, Maroc

Université Hassan II – ENSEM, Casablanca, Maroc

PSL – Université Paris-Dauphine – LAMSADE UMR 7243, F 75775 Paris Cedex 16

[mohammed.degoun@emines.um6p.org](mailto:mohammed.degoun@emines.um6p.org)

<sup>2</sup> EMINES Université Mohammed VI Polytechnique, Benguerir, Maroc

Université Paris Ouest Nanterre La Défense - 200 Avenue République, 92001 Nanterre, France

[pierre.fenies@u-paris10.fr](mailto:pierre.fenies@u-paris10.fr)

<sup>3</sup> EMINES UNIVERSITÉ MOHAMMED VI POLYTECHNIQUE, BENGUERIR, MAROC

PSL – Université Paris-Dauphine – LAMSADE UMR 7243, F 75775 Paris Cedex 16

[vincent.giard@dauphine.fr](mailto:vincent.giard@dauphine.fr)

<sup>4</sup> EMINES Université Mohammed VI Polytechnique, Benguerir, Maroc

Université Hassan II – ENSEM, Casablanca, Maroc

Université Paris Ouest Nanterre La Défense - 200 Avenue République, 92001 Nanterre, France

[kawtar.retmi@emines.um6p.org](mailto:kawtar.retmi@emines.um6p.org)

<sup>5</sup> Université Mohammed VI Polytechnique, Benguerir, Maroc

Université Hassan II – ENSEM, Casablanca, Maroc

[saadijanah@gmail.com](mailto:saadijanah@gmail.com)

---

**Résumé** - Cet article propose une revue de la littérature portant sur l'évaluation des chaînes logistiques hybrides (CLH), que nous définissons comme un ensemble cohérent de processus discrets et continus qui sont coordonnés en vue de créer de la valeur. Nous proposons les bases d'une approche méthodologique s'appuyant sur une simulation d'une CLH permettant de mettre en place un système d'information et d'aide à la décision (SIAD) intégrant une valorisation des processus mobilisant l'approche ABC. Les prémisses d'une mise en œuvre sur une CLH, celle de l'Office Chérifien des Phosphates (OCP) sont décrits et les enjeux scientifiques et managériaux associés sont commentés et mis en perspective.

**Abstract** - This article aims to make a review of the literature on the evaluation of supply chains combining sequences of discrete and continuous processes and propose a methodological approach for setting up an information system and decision support (ACIS) integrating a valuation process to the supply chain, and regardless of its nature (discrete, continuous, hybrid). The premise of implementing a hybrid supply chain, that of OCP are described and scientific and managerial challenges associated are discussed.

**Mots-clés** - Méthode ABC ; Simulation à événements discrets ; Chaîne logistique hybride.

**Keywords** - ABC method; Discrete Event Simulation; Hybrid Supply Chain.

---

## 1 INTRODUCTION

Conscients de la difficulté d'évaluer les processus de la chaîne logistique, [La Londe et Pohlen, 1996], [Cullen *et al.*, 1999], [Li *et al.*, 2001] puis [Seuring, 2002] proposent, sous le terme de *Supply Chain Costing*, (SCC) une synthèse des approches issues du contrôle de gestion, utilisables dans un contexte logistique. [Goldbach, 2002] présente l'objet du SCC comme l'extension du contrôle de gestion sur l'ensemble de la chaîne logistique dans le cadre du *Supply Chain Management* (SCM), impliquant une approche permettant de dépasser les frontières organisationnelles.

Cependant, l'évaluation de la performance des activités logistiques portée par le SCC ne semble pas guidée par des principes généraux prenant en compte la nature des processus évalués. Celle-ci modifie-t-elle les prescriptions du SCC ? Peut-on reprendre à l'identique des prescriptions utilisées pour les processus discrets et les utiliser pour les processus continus ?

Notre article vise ainsi à réaliser une revue de la littérature sur l'évaluation des chaînes logistiques combinant des enchaînements de processus discrets et continus et à proposer une approche méthodologique permettant de mettre en place un Système d'Information et d'Aide à la Décision (SIAD) intégrant une

valorisation des processus pour la chaîne logistique, et ce quelle qu'en soit la nature (discrète, continue, hybride). La seconde section discute de la nature des processus de la chaîne logistique et des méthodes d'évaluation associées et définit le concept de chaîne logistique hybride. La troisième section se focalise sur les méthodes et approches utilisées pour construire un système d'aide à la décision intégrant une valorisation dans le cadre de la chaîne logistique hybride. La quatrième section propose une approche méthodologique utilisable pour construire un SIAD intégrant une vue valorisation dans le contexte d'une chaîne logistique hybride ainsi qu'une mise en œuvre dans le contexte de la chaîne logistique de l'OCP SA, entreprise marocaine qui produit du phosphate (leader mondial), de l'acide sulfurique et phosphorique et des engrais ; ses activités seront détaillées dans la section 5.

## 2 CHAÎNE LOGISTIQUE HYBRIDE ET ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE

Selon [Lee *et al.*, 1993], la chaîne logistique est un réseau d'installations qui assure les fonctions d'approvisionnement en matières premières, de transformation de ces matières premières en composants, puis en produits finis, et de distribution de ces produits finis vers le client.

Le management de la chaîne logistique a pour objectif le pilotage de l'ensemble des ressources et des processus qui rendent possible la circulation des flux matières, informationnels et financiers depuis les fournisseurs jusqu'aux clients. L'évaluation du fonctionnement du flux physique de la chaîne logistique peut se faire à l'aide de modèles de simulation de processus tandis que celui des flux financiers peut être réalisé à l'aide d'approches issues du contrôle de gestion industriel et du SCC.

Le premier paragraphe de cette section se focalise sur la caractérisation de la chaîne logistique hybride tandis que les deux paragraphes suivants s'intéressent aux façons d'évaluer chaque type de flux contenus dans la chaîne logistique hybride.

### 2.1 Définition de la chaîne logistique hybride

La nature des processus des flux (continu / discret / hybride), permet de caractériser trois types de chaînes de logistiques (CL) :

La **chaîne logistique continue (CLC)** est constituée par une succession de processus continus de production reliés par des stocks de produits fongibles, assurant la transformation de matières premières en des produits finis qui peuvent être des liquides, des granulés ou des produits solides (ruban, plaque, fil...) à traiter ensuite pour obtenir des composants pour l'industrie manufacturière.

Une **chaîne logistique discrète (CLD)** est constituée d'un ensemble de processus de production discrète, organisés de manière intégrée et permettant la transformation des matières premières en produits finis, avec des logiques de production par lots ou à l'unité. Une CLD dédiée à la fabrication de biens (production discrète) se décrit comme un ensemble de processus élémentaires discrets.

Une **chaîne logistique hybride (CLH)** est constituée d'un ensemble articulé de CLD et CLC organisant de manière intégrée les processus de transformation du fournisseur jusqu'au client final, et pour lesquels les logiques de production sont à la fois par lots et en flux. Les chaînes logistiques hybrides combinent des processus discrets et continus. La représentation d'un tel système est possible par des enchaînements de stocks et de processeurs, à

condition de bien préciser les mécanismes de conversion des matières et informations échangées entre deux processus successifs discrets et/ou continus, la nature du contenu d'un stock étant radicalement différente selon que l'on considère qu'il est alimenté par des flux ou par des produits physiques.

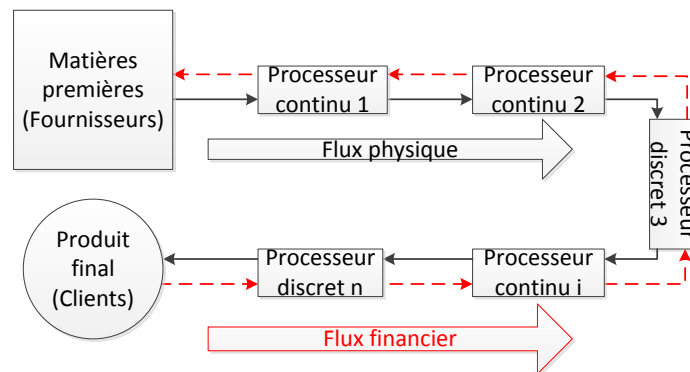


Figure 1. Exemple de combinaison de processus discrets et continus d'une CLH

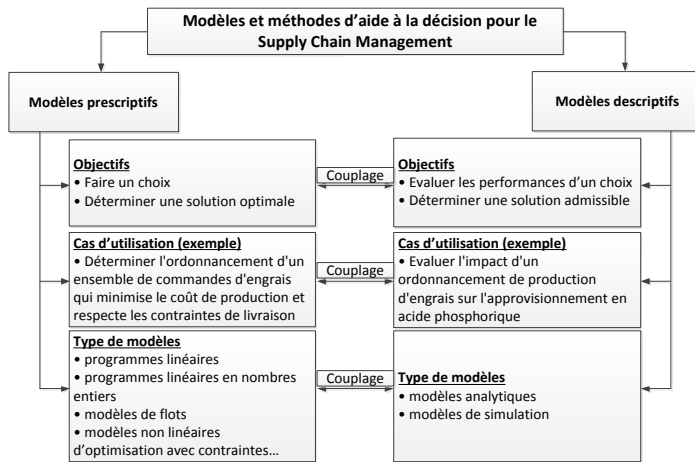
Quelle que soit la nature de la chaîne logistique, le flux financier circule dans le sens opposé au flux physique ; chaque processus discret ou continu constituant la chaîne logistique cherche à capter une partie de la valeur créée par la collaboration organisationnelle qui peut se réaliser soit dans des chaînes logistiques internes composées de centres de profit (ou business unit) ou dans des chaînes logistiques externes composées d'entités indépendantes sur le plan juridique.

### 2.2 Évaluation des performances d'une chaîne logistique hybride par la simulation :

Pour [Fox, 1993], le but du SCM est de permettre l'amélioration du fonctionnement de la chaîne logistique grâce à une quadruple action qui constitue un programme de recherche :

- décomposition de la chaîne logistique en différentes activités permettant sa modélisation ;
- développement de protocoles de communication permettant la coordination des décisions ;
- recueil de l'ensemble des méthodes quantitatives permettant l'optimisation d'un système de production et l'extension de ces méthodes à la chaîne logistique ;
- intégration des trois points précédents dans une base commune devant permettre l'amélioration du fonctionnement de la chaîne logistique.

Selon [Dietrich 1991], deux types de modèles ont connu beaucoup d'applications en gestion de production et peuvent être étendus à la chaîne logistique : il s'agit des modèles descriptifs et des modèles prescriptifs. Les modèles prescriptifs sont utilisés pour la prise de décision tandis que les modèles descriptifs peuvent être utilisés pour l'évaluation des performances d'un système complètement spécifié. On peut classer chaque famille de modèles suivant ses objectifs, ses cas d'utilisation et les types de modèles utilisés. La figure 2 confronte les deux familles de modèles, tout en montrant l'intérêt du couplage des deux types d'approches.



**Figure 2. Modèles et méthodes pour l'aide à la décision dans le SCM**

Compte tenu de la complexité algorithmique et systémique d'une CLH, la simulation peut être retenue pour construire un SIAD instanciable sur des systèmes réels. Une simulation peut être utilisée comme un outil d'analyse pour prédire l'effet des changements d'un système existant ou comme un outil de conception permettant de prédire la performance d'un nouveau système sous un large éventail de circonstances. Trois grandes familles de techniques de Modélisation / Simulation (M / S) sont mobilisables dans le cadre de la modélisation de la chaîne logistique : la Simulation à Événements Discrets (SED), la modélisation se basant sur les Systèmes Dynamiques (SD), et la Simulation Hybride (SH).

- Pour [Tako et Robinson, 2012], la **SED** modélise le système comme un réseau de files d'attente et d'activités dans lesquels les changements d'état se produisent suite à des événements discrets.
- L'approche **SD** a été utilisée, par exemple, par [Pierreval *et al.*, 2007] qui suggèrent et utilisent une approche continue pour modéliser la CLC. Les modèles sont basés sur les systèmes dynamiques de [Forrester, 1961]. Pour [Baines *et al.*, 1998], une technique de modélisation devrait être capable d'évaluer une grande variété de changements liés aux processus, à la technologie, aux ressources humaines, aux systèmes, etc. La SD peut évaluer un large éventail de situations avec un faible niveau de détail, une précision de modèle relativement élevée et une bonne crédibilité. Pour [Kendall *et al.*, 1998], la SD est un outil dynamique qui peut être utilisé pour intégrer différentes étapes de la production pour optimiser l'ensemble. Une limitation de la simulation à événements discrets est le niveau d'information disponible sur les coûts.
- [Betts, 2014] définit l'approche SH comme un modèle de simulation combinant deux approches SED et SD.

Si la SH est souvent utilisée pour modéliser les CLH, elle présente quelques failles. Le résultat de ces analyses permet de faire émerger trois conclusions :

- Lors de la construction d'un modèle de simulation hybride pour des processus de production continue, le niveau de détail et d'informations et l'enchaînement des modèles continus avec les modèles discrets s'appuie sur hypothèses restrictives dans le cadre de la modélisation des systèmes logistiques [Chen *et al.*, 2002].

- La SH augmente la complexité de la programmation logicielle et les temps de calcul. [Chen *et al.*, 2002]. Même si certains chercheurs ont proposé des packages logiciels combinant la SED avec la SD et qui sont mobilisables pour des configurations simples, la plupart des problèmes scientifiques viennent de la modélisation des opérations de production pour la simulation, de la discrétisation des processus continus ainsi que du choix du niveau de détail pertinent pour ces modèles [Degoun *et al.*, 2015].

- Les modélisations continues semblent inadaptées pour une prise de décisions tactiques ou opérationnelles dans les systèmes productifs hybrides.

Notre recherche privilégiera donc l'utilisation de la SED pour évaluer les performances du flux physique d'une chaîne logistique hybride dans l'optique de construire un SIAD tenant compte des approches issues du SCC.

### 2.3 Évaluation des performances du flux financier d'une chaîne logistique (hybride)

Le SCC doit être capable de lier les indicateurs de performance à des coûts [La Londe et Pohlen, 1996]. Cette recherche sur la chaîne logistique a débouché sur deux outils qui sont intégrés dans le SCC depuis plus de 15 ans [Lalonde et Pohlen, 1996 ; Cooper et Slagmulder, 1999 ; Seuring, 1999] :

- les tableaux de bord, par la sélection d'indicateurs de performance, permettent la formalisation et la structuration de l'information décisionnelle pour l'ensemble des flux de la Chaîne logistique ;
- la méthode *Activity Based Costing* (ABC), grâce à son intégration avec d'autres techniques managériales, permettrait de révéler la formation des coûts et de la valeur en dépassant les logiques arbitraires des autres systèmes de comptabilité industrielle.

#### 2.3.1 Caractéristiques d'un système ABC

La méthode ABC [Cooper et Kaplan, 1992] est largement reconnue comme un outil d'aide à la décision permettant l'identification des produits rentables et non rentables. Elle fournit une approche systématique d'analyse des frais généraux et des frais fixes et d'identification des activités sans valeur ajoutée.

Au cours de la dernière décennie, de nombreuses entreprises ont utilisé la méthode ABC pour revoir leurs procédures d'établissement des coûts et rationaliser leurs processus d'exploitation.

[Askarany *et al.*, 2010] décrivent la méthode ABC comme un système de comptabilité complexe qui aide les gestionnaires à prendre d'importantes décisions. ABC peut améliorer la performance organisationnelle de différentes façons : aider les organisations à devenir plus efficace ; fournir aux organisations une image claire de l'endroit où les fonds sont dépensés ; offrir aux organisations une meilleure alternative au produit en fonction des coûts ; identifier les activités à valeur ajoutée et éliminer ou de réduire les activités sans valeur ajoutée. ABC fournit aux organisations une meilleure compréhension de la formation des coûts à l'aide d'une approche causale par la mécanique des inducteurs et permet d'identifier des leviers d'action conduisant à une meilleure performance organisationnelle.

De nombreux auteurs opposent les différentes méthodes de comptabilité de gestion. Les apports de [Tham, 1999], notamment par la définition d'une ontologie des méthodes de valorisation

montrent que cette opposition, pour la constitution du système d'information de gestion, n'est que de façade. Nous proposons de montrer dans la figure 3 en quoi une approche ABC constitue une approche générique par rapport aux autres méthodes de valorisation.

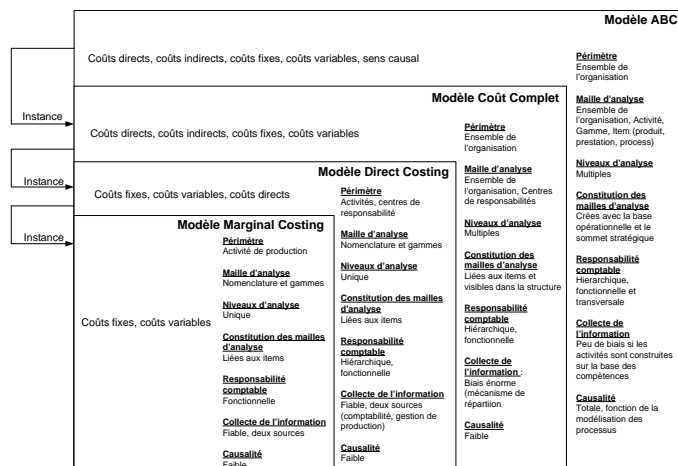


Figure 3. Paramètres de conception et imbrication des systèmes de valorisation

En effet, les différentes méthodes s'imbriquent les unes dans les autres comme des poupées russes, la méthode ABC étant la plus grande (celle qui constitue le cadre conceptuel le plus large) et la méthode des coûts marginaux l'instance la plus particulière. L'implantation dans un logiciel du modèle ABC permet d'instancier ensuite n'importe quelle méthode de valorisation sur n'importe quel système en déclinant les différents paramètres du modèle de valorisation désiré. Les modules de contrôle de gestion des ERP (Module CO du progiciel R3, comme ceux de ses principaux concurrents) contiennent une vue ABC et permettent de paramétrer ensuite n'importe quel système de valorisation. Par exemple, le système « Coût complet » est :

- un système ABC pour lequel le sens causal de la modélisation n'est pas activé ;
- une instance dans laquelle inducteurs et unités d'œuvre sont confondus ;
- une instance pour laquelle les activités correspondent aux centres de responsabilité de l'organisation.

### 2.3.2 ABC pour la chaîne logistique

Notre analyse mobilise des articles traitant de cas concrets, portant sur des chaînes logistiques et utilisant la méthode ABC pour le calcul des coûts. Pour atteindre cet objectif, nous fondons notre analyse sur la fréquence avec laquelle la méthode ABC est appliquée sur une chaîne logistique hybride, continue ou discrète dans un ensemble d'articles qui décrivent l'application de la méthode ABC. Pour [Kee, 1995] qui traite un cas de chaîne logistique discrète, ABC diffère des systèmes de coûts traditionnels sur deux points importants. Premièrement, il relie les coûts indirects aux objets de coûts tels que les produits et les clients sur la base des inducteurs de coûts qui causent ou qui sont hautement en corrélation avec ces coûts indirects. Deuxièmement, ABC retrace les coûts indirects sur la base de la structure de niveau hiérarchique à laquelle les coûts sont engagés dans le processus de production.

La grande force du modèle ABC réside dans la modélisation des processus réalisée pour mettre en place le système de valorisation.

Pour chaque processus, un ou plusieurs inducteurs de coûts (*cost driver*) sont identifiés et fournissent l'unité de mesure de l'activité. Plus l'item évalué, qu'il s'agisse d'une prestation, d'un produit ou d'un processus, consomme d'inducteurs, plus l'item consomme d'activités et donc de ressources indirectes. En identifiant les inducteurs par la modélisation des processus, puis en évaluant le fonctionnement de l'entité, le système ABC explique la formation des coûts de revient pour un item quelconque et donne plus de leviers d'action pour baisser les consommations de ressources indirectes que les autres systèmes de *costing*. [Cauvin, 1994] fait reposer cette architecture des coûts sur le concept de chaîne de valeur. Pour [Mahal et Houssain, 2015] la méthode ABC est un outil puissant, permettant à une organisation d'obtenir un coût précis et efficace. La méthode ABC a été élaborée et préconisée comme un moyen pour surmonter les distorsions systématiques de la comptabilité industrielle anglo-saxonne traditionnelle des coûts et apporter une pertinence à une comptabilité de gestion « révisée ».

L'analyse de la littérature sur la recherche en contrôle de gestion pour la CL :

- montre que les recherches se focalisent uniquement sur des systèmes discrets. Les systèmes de productions continus sont-ils plus simples et ne nécessiteraient-ils pas de méthodes spécifiques de valorisation ? La combinaison de systèmes de production continue et discrète ne donnerait-elle pas aux contrôleurs de gestion et aux managers des pistes pour construire un système de valorisation réellement dédié aux CLH ?
- montre en quoi l'usage d'ABC est supérieur aux autres méthodes de valorisation. Les recherches menées n'expliquent pas comment passer d'un système traditionnel d'imputation à un système de valorisation causal. Or d'un point de vue retour d'expérience, cette étape est vécue comme cruciale par les acteurs de terrain.

Notre volonté de construire un SIAD intégrant à la fois une vue contrôle de gestion et une vue management des opérations nécessite de s'intéresser aux approches ayant déjà développé ce genre de couplage pour les CLD et voir comment on peut reprendre et améliorer les approches existantes pour les CLH.

### 3 COUPLAGE ABC ET SED : UNE REVUE DE LA LITTÉRATURE

Notre analyse mobilise des articles traitant du couplage entre la SED et la méthode ABC. Cette étude est basée sur un traitement de plusieurs articles qui décrivent ce couplage dont le but est d'explorer l'intégration de la notion de coût dans le modèle de simulation. Pour répondre à cette problématique, nous avons suivi une classification de la littérature relative à notre périmètre d'analyse. Cette classification reprend les approches retenues dans plusieurs articles qui traitent des problèmes concrets dans des chaînes logistiques réelles à l'aide de la simulation et le calcul de coût. Les mots-clés utilisés dans les bases de données sont principalement « *Supply Chain Costing / Discrete event Simulation / ABC* ». Nous n'avons pas cherché sur des périodes antérieures au début des années 1980 qui correspondent à l'apparition conjointe de la SED, des méthodes ABC et du *Supply Chain Management*.

La volonté de coupler SED et ABC est ancienne [Krishnamurthi et al., 1990] et a été explorée à plusieurs reprises dans la littérature depuis une vingtaine d'années. Selon [Williams et al., 1997], la sortie du modèle combiné « ABC – modèle de simulation » fournit

une liste détaillée qui décompose les coûts pour chaque activité, et qui permet d'utiliser ces coûts dans la prise de décision. L'avantage de la mise en œuvre d'un système ABC couplé avec la SED est de permettre l'amélioration de la prise de décision à partir des données améliorées. Pour [Sun *et al.*, 1999], un logiciel de SED fournit un outil précieux pour le développement de la méthode ABC. Tout d'abord, pour l'exécution de la simulation à événements discrets, le modèle est basé sur un événement qui correspond au début ou à la fin d'une activité et permet donc de générer un coût associé à un inducteur. Ensuite, pour inclure ABC dans le modèle de simulation, le calcul du coût de chaque activité doit être inclus dans le modèle de simulation. [Beck & Nowak, 2000] ont essayé de coupler la SED avec la méthode ABC pour fournir un outil amélioré d'évaluation de coûts, de planification et de prévision. Dans le modèle de simulation, les éléments physiques circulent à travers la séquence des opérations de production et dans le modèle ABC, les coûts circulent à travers le modèle entraîné par les inducteurs d'activités définis relativement au modèle physique.

[Savory *et al.*, 2001] estiment que peu d'attention est accordée pour évaluer l'impact économique d'une configuration productive par un modèle de simulation. Pour eux, ceci passe par une intégration de la méthode ABC dans le modèle de simulation. À la fin de la simulation, une liste détaillée est produite pour décrire tous les coûts associés à la production et aux opérations logistiques.

Selon [Lee et Kao, 2001], l'application de la technique de simulation dans le modèle ABC offre aux utilisateurs un moyen d'évaluation des facteurs de rentabilité de toutes les activités. En outre, en utilisant les résultats de simulation dans un modèle analytique ABC, les coûts des ressources allouées sont plus précis et l'attribution arbitraire est évitée (de manière relative par rapport à l'usage des attributs de coûts directement dans le logiciel de SED).

D'autres approches plus récentes se sont également intéressées au couplage ABC / Simulation [Comelli *et al.*, 2008], [Lange *et al.*, 2012] [Mahal et Houssain, 2015].

La limite de la SED se manifeste au niveau d'informations fournies sur les coûts. Pour évaluer les coûts associés aux opérations, et l'influence de la diversité de scénario de gestion, les coûts variables directs doivent pouvoir être évaluable. Dans de nombreux simulateurs (Witness, Simul8...) chaque processeur intègre la possibilité d'un calcul d'un coût variable direct (proportionnel donc au nombre d'items transitant par ce processeur) et un coût de lancement paramétré (changement de référence, d'ordre de fabrication...). La question qui semble se poser alors est la pertinence de la modélisation, c'est-à-dire les processeurs retenus permettent-ils tous de représenter les inducteurs ? Deux manières de répondre à cet enjeu sont proposées dans la littérature :

- soit des règles de modélisations permettent de construire directement le modèle de valorisation associant des coûts variables directs par lot et par inducteur est possible [Lange *et al.*, 2012] ;
- soit un couplage entre modèle de simulation et modèle analytique ABC est réalisé [Comelli *et al.*, 2008], [Fenies *et al.*, 2010], permettant alors d'autres combinaisons de valorisation (pilotage par la marge, analyse de la valeur créée...) et facilitant potentiellement la construction d'images hypercubes dans des tableaux de bord.

Un croisement entre les typologies (technique de simulation et modèle de coût) est ainsi synthétisé dans une grille (tableau 1) qui indique pour chaque travail scientifique :

- le type de problème traité et la nature de la chaîne logistique ;
- le modèle de coût utilisé (ABC versus autre approche) ;
- le niveau de granularité (ensemble de la chaîne logistique versus une entité de la chaîne logistique) ;
- le type de décision (stratégique / opérationnelle / tactique) ;
- la technique de simulation utilisée (SED, SH, DS) ;

La nature de l'intégration entre ABC : soit il s'agit d'un usage d'ABC directement dans le logiciel de simulation réalisé par le renseignement des attributs, soit les auteurs proposent le recours à un couplage entre SED et un modèle analytique ABC qui donne un spectre plus large d'information. Cette dernière solution permettrait un pilotage par la marge et une reliance avec les éléments indirects avec les charges de la balance comptable et non avec un coût estimé par une agrégation parfois arbitraire...). Notons que toutes les approches étudiées portent exclusivement sur des CL et qu'en conclusion de cette revue de la littérature, il ne semble pas exister :

- d'approche ABC centrée sur une évaluation des CLC ou des CLH ;
- de méthodes et de règles de modélisation permettant de mettre en place ABC avec SIAD orienté simulation pour la CLH ;
- de couplage explicite entre méthodes de simulation avec ABC pour la chaîne logistique hybride / continue.

Notre objectif est de proposer une approche permettant de coupler ABC avec la SED en vue de construire un SIAD pour la chaîne logistique hybride / continue.

#### **4 UNE APPROCHE POUR UNE ÉVALUATION DES FLUX PHYSIQUES ET FINANCIERS DE LA CHAÎNE LOGISTIQUE HYBRIDE**

L'approche PREVA, utilisée à plusieurs reprises pour mettre en place des systèmes de contrôle de gestion pour la chaîne logistique mais exclusivement dans des industries discrètes nous paraît intéressante à reprendre et à orienter CLH. La robustesse de l'approche a été montrée à plusieurs reprises :

- au niveau stratégique dans le cadre du chaînage de réseau de production avec des réseaux de distribution (Fenies *et al.*, 2010, et 2015)
- au niveau tactique dans le cadre d'une supply chain d'un manufacturier pneumatique (Comelli *et al.* 2008).

Cependant, l'approche utilisée n'a pas été utilisée au niveau opérationnel ni sur des systèmes de production hybride. Aussi, nous souhaitons la tester et la mettre en œuvre sur des systèmes de production hybride au niveau opérationnel.

Auteurs	Année	Type de problèmes	Nature de l'intégration	Niveau de granularité	Horizon décisionnel	Technique de simulation
Krishnamurthi <i>et al.</i>	1990	Construction d'un modèle de simulation pour un atelier intégrant une valorisation des activités	Usage direct d'ABC	Atelier	Opér.	SED
Williams, R. <i>et al.</i>	1997	Évaluer les configurations d'organisations logistiques.	Usage direct d'ABC	Atelier	Opér. / Tact.	SED
Baines <i>et al.</i>	1998	Présentation des techniques de modélisation qui peuvent être utilisées pour évaluer les stratégies de production discrète.	Usage direct d'ABC	CL	Opér. / Strat.	SED
Spedding, T.A. <i>et al.</i>	1999	Utilisation combinée de la SED et d'ABC pour évaluer des systèmes de production discrets	Couplage	Atelier	Opér.	SED
Beck et Novak	2000	Évaluation des processus de transfert dans l'usine et entre usines	Couplage	Usine	Tact.	SED
Lee et Kao	2001	Pilotage de la marge dans un système logistique	Couplage	CL	Tact.	SED
Savory, P. <i>et al.</i>	2001	Comment intégrer ABC dans la SED pour des systèmes discrets dans le cadre des opérations de production	Usage direct d'ABC	Atelier	Tact.	SED
Chan <i>et al.</i>	2003	Méthodologie pour résoudre les problèmes de rendement, de contrôle de processus, de gestion des coûts de système de production discret.	Usage direct d'ABC	CL	Opér. / Strat.	SED
Ozbayrak <i>et al.</i>	2004	Pilotage d'un atelier par les Coûts à un horizon tactique	Couplage	Atelier	Tact.	SED
Comelli, <i>et al.</i>	2008	Approche pour évaluer les flux physiques et financiers lors de la planification de production tactique d'une chaîne logistique discrète	Couplage	CL	Tact.	SED
Fenies P. <i>et al.</i>	2010	Approche pour évaluer la nature d'un point de vente en fonction de l'activité de la chaîne logistique	Couplage	CL	Strat.	SED
Lange, J. <i>et al.</i>	2012	Présentation d'une méthode pour la planification et l'évaluation des coûts des chaînes de processus discrets	Couplage	Atelier	Tact.	SED
Mahal, I. <i>et al.</i>	2015	Présentation de la méthode ABC et sa combinaison avec la SED dans le cadre d'une CLD.	Couplage	CL	Tact.	SED

**Tableau 1. Couplage Simulation et ABC pour la chaîne logistique**

Pour mettre en œuvre une évaluation économique de la chaîne logistique reposant sur un usage combiné de l'ABC avec la SED, nous supposons qu'il est possible de découper de manière processuelle la chaîne logistique modélisée en *Business Unit* (BU), qui sont des entités autonomes appartenant soit à la firme pivot de la chaîne logistique ou à un fournisseur/ distributeur intégré à cette dernière. Nous supposons ainsi qu'une CLH est constituée de 1 à  $n$  BU, ce terme générique permettant de s'affranchir du découpage fonctionnel de la CLH. Pour utiliser les modèles ABC dans l'évaluation des processus, nous proposons de donner, pour chaque BU (une filiale, un atelier, une activité de transport ...) constituée d'au moins un processus logistique élémentaire, les différents éléments nécessaires pour traduire les activités du flux physique en éléments de flux financier. Comme le montre la figure 4, nous proposons de concevoir et d'évaluer une activité en trois étapes :

- La *première étape* concerne l'évaluation de la performance du flux physique à l'aide de la SED qui reproduit le fonctionnement opérationnel de la CLH. Cette première étape permet de connaître, du point de vue décisionnel, les niveaux de performance attendus pour l'activité du flux physique du processus logistique de la CLH ; cette étape nécessite la construction d'un modèle processuel complet de la chaîne logistique modélisée avec plusieurs niveaux de granularité ; ce modèle est ensuite traduit en modèle de simulation reproduisant les flux de la chaîne logistique hybride ; des règles précises sont ainsi à concevoir pour permettre la modélisation / simulation des flux physiques des processus continus / hybrides / discrets de la CLH [Degoun *et al.*, 2014].

- La *deuxième étape* concerne l'évaluation du flux financier. Les éléments fournis par la simulation du flux physique, sous la forme de planning ou de traces de simulation, constituent la variable d'entrée du modèle d'action analytique ABC pour construire une évaluation économique des processus logistiques (hybrides, discrets, continus). Le modèle permet d'évaluer l'efficacité et l'efficience du flux financier sous la forme de plusieurs indicateurs ; ce modèle, pour pouvoir fonctionner nécessite d'être alimenté en informations provenant du système d'information des BU composant la chaîne logistique ; cette approche permet de déterminer la consommation des coûts indirects grâce à l'évaluation des coûts de processus pour chaque BU et pour la chaîne globale. Dans ce contexte, le coût ABC de la chaîne logistique est la somme des coûts de processus dans chaque BU avec la somme des coûts directs des items fabriqués. La valeur des stocks peut être également évaluée à tout niveau de la chaîne. Le potentiel de création de valeur est aussi évalué en combinant la différence entre la demande et la quantité vendue par une BU ou par la chaîne globale avec la marge sur coûts directs. Pour pouvoir être construit, le système de valorisation ABC nécessite :

- De partir du modèle processuel construit lors de la phase précédente. Les points de désynchronisation identifiés (point de passage entre deux processus de transformation hybrides / points de discrétisation du flux) constituent les « frontières » potentielles pour la construction de BU orientées processus. Ces points de désynchronisation du flux constituent également une indication permettant de révéler l'existence des inducteurs de coûts dans la CLH. Ces points

de découplage sont aussi liés à des mécanismes de transformation de flux en lots de produits pour que la M / S puisse s'appuyer sur des SED. Ces mécanismes ont un rôle à jouer dans la définition des inducteurs. Par comparaison, dans la production discrète, il n'y a pas d'ambiguïté sur les caractéristiques physiques du produit manufacturé et donc peu de conventions à mettre en place. On possède ainsi un élément spécifique justifiant une approche différente d'un point de vue SCC entre système discret et système continu dans le cadre de la mise en place de la méthode ABC.

- De formaliser concrètement des règles de traduction pour pouvoir, à partir des systèmes existants de contrôle de gestion industriel qui sont associés à des centres de coûts par entité fonctionnelle, passer à des BU orientées processus industriels ; ceci suppose de pouvoir réaliser à partir de la balance comptable des filtres nouveaux permettant une imputation correcte des comptes de charges et de produit.
- La réalisation des deux étapes précédentes permettra ainsi de construire un modèle analytique ABC avec plusieurs niveaux de granularité (Chaîne logistique hybride / entité ou BU / produit...).
- Dans une *troisième étape*, les résultats, sont structurés sous la forme de tableaux de bord prospectifs.

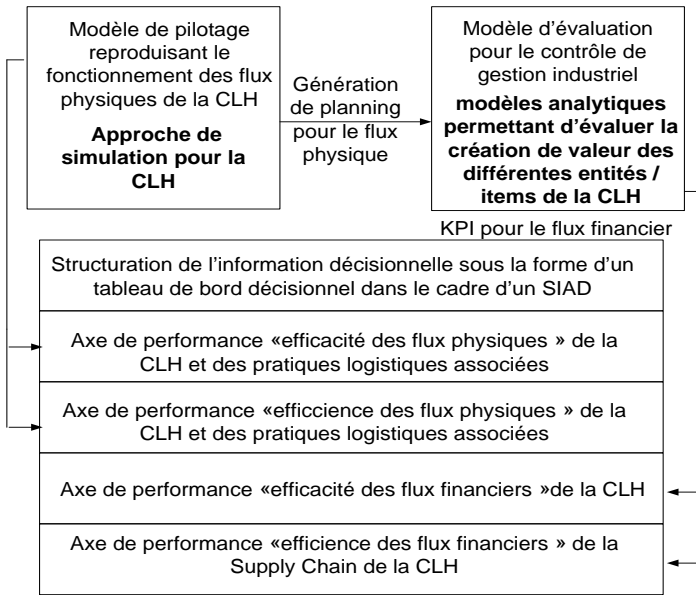


Figure 4. Le cadre général de l'approche PREVA

### 5 PRÉMISSSE DE LA MISE EN ŒUVRE DE L'APPROCHE PROPOSÉE SUR LA CLH DE L'OCP.

L'OCP est le terrain d'application de deux recherches-interventions (David, 2000) réalisées dans le cadre de thèses réalisées dans le cadre d'une chaire financée par cette entreprise. C'est la plus grande entreprise marocaine. Elle possède plus de 60 % des réserves mondiales de phosphate ; initialement spécialisé dans l'extraction de minerais de phosphate, l'OCP a élargi ses activités vers la production de fertilisants phosphatés selon un processus de transformation chimique.

L'OCP maîtrise totalement sa chaîne logistique, caractérisée par des processus de production continus travaillant sur lots à transporter entre deux maillons de la chaîne, ce qui lui confère des caractéristiques des systèmes productifs discrets et continus. Dans

ce contexte, les différents sous-systèmes de la chaîne sont découplés par de nombreux stocks de matières premières de caractéristiques et de qualités différentes. L'introduction récente du *pipe* (300 km à l'axe nord Khouribga – Jorf Lasfar (voir figure 5)) transportant des « boues » de minerais de phosphate modifie complètement la chaîne logistique en réduisant le cycle de production, en modifiant la localisation de certaines opérations et en permettant d'accroître le couplage entre certaines unités productives.

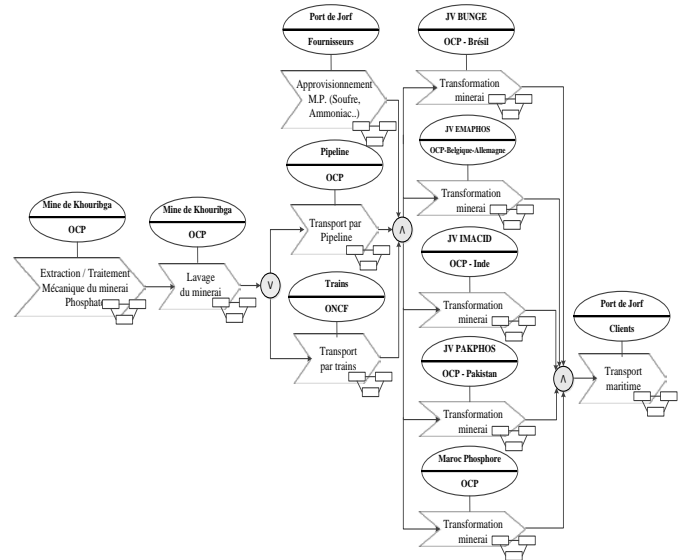


Figure 5. Modèle agrégé de la chaîne logistique OCP – Axe Nord

Khouribga constitue la plus importante zone de production de phosphate du groupe OCP. Ce site minier comporte trois zones d'extraction. La capacité de production s'élève à 19 millions de tonnes par an. Les qualités sources sont éventuellement traitées, après extraction, afin d'élever leur taux de phosphate et de contrôler le taux de silice. Ce traitement est effectué dans des laveries.

Pour la valorisation des phosphates provenant des pôles miniers, le Groupe OCP a décidé de réaliser le complexe industriel Maroc Phosphore III-IV à Jorf Lasfar. Ce complexe qui a démarré en 1986 permet de produire annuellement 1,7 million de tonnes d'acide phosphorique et 1,8 million de tonnes équivalent D.A.P., nécessitant la transformation de :

- 1,7 million de tonnes de soufre ;
- 0,5 million de tonnes d'ammoniac ;
- 6,5 millions de tonnes de phosphate.

Cette plateforme est constituée des installations suivantes : atelier de production d'acide sulfurique, atelier de production d'acide phosphorique, atelier de production d'engrais, atelier des utilités, unité de stockage et port.

Dans le cadre de notre recherche, nous avons créé un modèle agrégé et détaillé de toute la chaîne – axe nord (voir figure 5) qui permet à la fois de concevoir les modèles de simulation des flux physiques de la CLH mais aussi une modélisation ABC de la création de valeur des entités composant la CLH.

Le département de contrôle de gestion de l'axe nord OCP a mis en place un système de contrôle de gestion par fonction ; pour pouvoir construire un SIAD orienté évaluation économique, nous devons donc :

- Construire un modèle processuel de la CLH de l'OCP et le traduire en modèle de simulation ; cette étape est en fin de réalisation [Degoun *et al.*, 2014a, 2014b].
- Construire un modèle ABC permettant d'évaluer la création de valeur pour chaque BU constituant la CLH et permettant notamment de prendre en compte l'ensemble des extrants et entrants dans chaque entité processuelle (production d'énergie, valorisation des déchets, choix de commande à privilégier ...) ; ce modèle sera ensuite soit intégré directement dans la simulation soit couplée à cette dernière ; cette étape, en cours de réalisation, porte sur deux ateliers tests que nous considérons comme deux BU autonomes qui sont l'atelier d'acide sulfurique (intéressant d'un point de vue méthodologique car il est producteur d'électricité et de produit intermédiaire) et l'atelier d'engrais.
- Construire un modèle générique OCP permettant de dériver les systèmes de contrôle de gestion fonctionnels existant à partir des balances comptables de chaque entité fonctionnelle ; cette étape est à réaliser et permettra un déploiement rapide des solutions du modèle ABC proposé.
- Structurer les indicateurs de performance du flux physique et financier sous la forme de tableau de bord correspondant à des scénarios de gestion et reprenant des problématiques décisionnelles opérationnelles et tactiques. Cette étape sera réalisée par des allers/retour entre le management des entités, les équipes de recherche et le contrôle de gestion de l'Axe Nord.

## 6 CONCLUSION

Cet article montre, à partir d'une revue de la littérature que les approches de modélisation ABC sont centrées chaîne logistique discrète et qu'un couplage ABC / Simulation permettra de mettre en œuvre un SIAD évaluant à la fois les flux physiques et financiers de la chaîne logistique hybride. Nous montrons ainsi que la spécificité de la chaîne logistique hybride nécessite une approche différente de celle utilisée habituellement dans le cadre de la mise en œuvre des couplages entre ABC et la simulation car la désynchronisation des processus continus / discrets dans la chaîne logistique hybride constitue un point de définition des inducteurs de coûts ABC et des leviers d'action associés pour le management de la CLH.

La mise en œuvre de l'approche proposée sur la CLH de l'OCP constitue un programme de recherche qui permettra de valider :

- la construction de couplage entre la SED et ABC pour la CLH ;
- la construction d'un modèle ABC permettant d'évaluer le flux physique d'une CLH ;
- la construction de règles de traduction entre système de contrôle de gestion pour entité fonctionnelle et système de contrôle de gestion pour entité processuelle.

## 7 RÉFÉRENCES

Agyapong-Kodua, K., Ajaefobi, J.O., Weston, R.H., Ratchev, S., 2012. Development of a multi-product cost and value stream modelling methodology. *International Journal of Production Research* 50, 6431–6456.

Agyapong-Kodua, K., Wahid, B.M., Weston, R.H., 2011. Towards the derivation of an integrated process cost-modelling technique for complex manufacturing systems. *International Journal of Production Research* 49, 7361–7377.

Askarany, D., Yazdifar, H., Askary, S., 2010. Supply chain

management, activity-based costing and organisational factors. *International Journal of Production Economics, Supply Chain Planning and Configuration in the Global Arena* 127, 238–248.

Baines, T.S., Harrison, P.D.K., Kay, J.M., Hamblin, D.J., 1998. A consideration of modelling techniques that can be used to evaluate manufacturing strategies. *Int J Adv Manuf Technol* 14, 369–375.

Bernard J. LaLonde, Terrance L. Pohlen, 1996. Issues in Supply Chain Costing. *Int Jnl Logistics Management* 7, 1–12.

Boons, A.N.A.M., 1998. Product costing for complex manufacturing systems. *International Journal of Production Economics* 55, 241–255.

Chan, K.K., Spedding, T.A., 2003. An integrated multidimensional process improvement methodology for manufacturing systems. *Computers & Industrial Engineering* 44, 673–693.

Chen, E.J., Lee, Y.M., Selikson, P.L., 2002. A simulation study of logistics activities in a chemical plant. *Simulation Modelling Practice & Theory* 10, 235–245.

Cooper R., Kaplan R., 1991, *The design of cost management system*, 2nd ED., Prentice Hall, Englewood Cliffs.

Comelli, M., Fénies, P., Tchernev, N., 2008. A combined financial and physical flows evaluation for logistic process and tactical production planning: Application in a company supply chain. *International Journal of Production Economics*, 112, 77–95.

Crance, J., Castellano, J., Roehm, H.A., 2001. SPC Enhances ABC. *Industrial Management* 43, 27.

Cullen J., Berry T., Seal W., Dunlop A., Ahmed M., Marson J., (1999) *Performance measurement and costing system in new enterprise and Interfirm Supply Chains: the contribution of management accounting*, Volume 10, n°3, p. 303-322.

David A. (2000), *La recherche intervention, un cadre général pour les sciences de gestion ?*, IXème Conférence AIMS (Internationale de Management Stratégique), <http://www.strategie-aims.com/events/conferences/14-ixeme-conference-de-l-aims/communications/2502-la-recherche-intervention-un-cadre-general-pour-les-sciences-de-gestion>

Degoun M., Fénies P., Giard V., Retmi K., Saadi J. (2014a), General use of the routing concept for supply chain modeling purposes: the case of OCP SA, IFIP WG 5.7 International Conference, APMS 2014, in *Advances in Production Management Systems: Innovative and Knowledge-Based Production Management in a Global-Local World*, Grabot, B., Vallespir, B., Samuel, G., Bouras, A., Kiritsis, D. (Eds.), pp. 323-333, Springer.

Degoun M., Fénies P., Giard V., Retmi K., Saadi J. (2014b), Généralisation du concept de gamme pour modéliser les processus logistiques d'une supply chain : le cas de l'OCP, 10ème Conférence Francophone de Modélisation, Optimisation et Simulation- MOSIM'14

Esmalifalak, H., Albin, M.S., Behzadpoor, M., 2015. A comparative study on the activity based costing systems: Traditional, fuzzy and Monte Carlo approaches. *Health Policy and Technology* 4, 58–67.

Fénies P., Lagrange S., Tchernev N., (2010) *Decisional Modeling for Supply Chain Management in Franchise Network: application on a french bakery network*, *Production Planning & Control: The Management of Operations* Volume 21, Issue 6, 2010, Pages 595 - 608 .

Fénies P., Gautier F., Lagrange S., (2015) *A Decisional Modelling*



- for network franchise and supply chain management, to appear in *Supply Chain Forum: an international journal*.
- Greasley, A., 2000. A Simulation Analysis of Arrest Costs. *The Journal of the Operational Research Society* 51, 162–167.
- Gunasekaran, A., Sarhadi, M., 1998. Implementation of activity-based costing in manufacturing. *International Journal of Production Economics, Production Economics: The Link between Technology and Management* 56–57, 231–242.
- Kaplan, R.S., Management Accounting for Advanced Technological Environments,” *Science*, pp. 59 - 67, August 25, 1989
- Kee, R., 1995. Integrating Activity-Based Costing With the Theory of Constraints to Enhance Production-Related Decision-Making. *Accounting Horizons* 9, 48–61.
- Kee, R., Schmidt, C., 2000. A comparative analysis of utilizing activity-based costing and the theory of constraints for making product-mix decisions. *International Journal of Production Economics* 63, 1–17.
- Kendall, K., Mangin, C., Ortiz, E., 1998. Discrete event simulation and cost analysis for manufacturing optimisation of an automotive LCM component. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 29, 711–720.
- Khataie, A.H., Bulgak, A.A., Segovia, J.J., 2011. Activity-Based Costing and Management applied in a hybrid Decision Support System for order management. *Decision Support Systems* 52, 142–156.
- Krishnamurthi, M., Jayashankar, R., and Phillips, D.T., An Activity Based Costing Interface to Manufacturing Simulation, *Transactions of North American Manufacturing Research Institute of the Society of Manufacturing Engineers* , Vol. XXII , pp. 357 - 363, 1990.
- La Londe B.J., Pohlen T. L., (1996) Issues in Supply Chain Costing, *The International Journal of Logistics Management*, Volume 7, Number 1, p.1-12.
- Lange, J., Bergs, F., Weigert, G., Wolter, K.-J., 2012. Simulation of capacity and cost for the planning of future process chains. *International Journal of Production Research* 50, 6122–6132.
- Lee, T.-R., Kao, J.-S., 2001. Application of simulation technique to activity-based costing of agricultural systems: a case study. *Agricultural Systems* 67, 71–82.
- Mahal, I., Hossain, M.A., 2015. Activity-Based Costing (ABC) – An Effective Tool for Better Management. *Research Journal of Finance and Accounting* 6, 66–73.
- Marsh, R., Jonik, M., Lanham, J., Cheung, W.M., Newnes, L.B., Mileham, A.R., 2010. Modelling an assembly process using a close coupled generative cost model and a discrete event simulation. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 23, 257–269.
- Ozbayrak M., Akgun M., Turker A.K., 2004, ABC estimation in a Push/Pull advanced manufacturing system, *International Journal of Production Economics*, Vol 87(1), 49-65.
- Pike, R.H., Tayles, M.E., Mansor, N.N.A., 2011. Activity-based costing user satisfaction and type of system: A research note. *The British Accounting Review* 43, 65–72.
- Rappold, P.M., Kline, D.E., Bond, B.H., Wiedenbeck, J.K., 2009. Reciprocal estimation of the raw material cost of producing hardwood lumber using the principles of activity-based costing. *Forest Products Journal* 59, 84–90.
- Rasmussen, R.R., Savory, P.A., Williams, R.E., 1999. Integrating simulation with activity-based management to evaluate manufacturing cell part sequencing. *Computers & Industrial Engineering* 37, 757–768.
- Savory, P., Williams, R., Rasmussen, R., 2001. Combining Activity-Based Costing with the Simulation of a Cellular Manufacturing System. *Industrial and Management Systems Engineering Faculty Publications*.
- Schulze, M., Seuring, S., Ewering, C., 2012. Applying activity-based costing in a supply chain environment. *International Journal of Production Economics, Green Manufacturing and Distribution in the Fashion and Apparel Industries* 135, 716–725.
- Seuring S., (2002) Supply Chain Costing- A conceptual framework, in *Cost Management in Supply Chains*, Seuring S. et Goldbach M. editors, Springer Physica- Verlag, p.15-30.
- Spedding, T.A., Sun, G.Q., 1999. Application of discrete event simulation to the activity based costing of manufacturing systems. *International Journal of Production Economics* 58, 289–301.
- Stockton, D., Wang, Q., 2004. Developing cost models by advanced modelling technology. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* 218, 213–224.
- Tham, K.D., (1999) "Representation and Reasoning About Costs Using Enterprise Models and ABC", PhD Dissertation, Enterprise Integration Laboratory, Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Toronto
- Tsai, W.-H., Chen, H.-C., Leu, J.-D., Chang, Y.-C., Lin, T.W., 2013. A product-mix decision model using green manufacturing technologies under activity-based costing. *Journal of Cleaner Production* 57, 178–187.
- Tsai, W.-H., Lee, K.-C., Liu, J.-Y., Lin, H.-L., Chou, Y.-W., Lin, S.-J., 2012. A mixed activity-based costing decision model for green airline fleet planning under the constraints of the European Union Emissions Trading Scheme. *Energy, Sustainable Energy and Environmental Protection* 2010 39, 218–226.
- Wegmann, G., 2008. The Activity-Based Costing Method: Development and Applications (SSRN Scholarly Paper No. ID 1319665). *Social Science Research Network*, Rochester, NY.
- Williams, R., Savory, P., Rasmussen, R., 1997. An Integrated Approach to Simulation and Activity-Based Costing for Evaluating Alternative Manufacturing Cell Designs. *Industrial and Management Systems Engineering Faculty Publications*.
- Xu, Y., Elgh, F., Erkoyuncu, J.A., Bankole, O., Goh, Y., Cheung, W.M., Baguley, P., Wang, Q., Arundachawat, P., Shehab, E., Newnes, L., Roy, R., 2012. Cost Engineering for manufacturing: Current and future research. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 25, 300–314.
- Yahya-Zadeh, M., 2011. Product-Mix Decisions Under Activity-Based Costing With Resource Constraints And Non-proportional Activity Costs. *Journal of Applied Business Research (JABR)* 14, 39–46.
- Zhang, X., Lee, C.K.M., Chen, S., 2012. Supplier evaluation and selection: a hybrid model based on DEAHP and ABC. *International Journal of Production Research* 50, 1877–1889.