

Coordination des décisions de tarification, d'inventaire et de fiabilité de la production en cas de détérioration du produit  
des chaînes d'approvisionnement

**Hongfu Huang<sup>une</sup>, Yong He<sup>une\*</sup> et Dong Li<sup>b</sup>**

<sup>une</sup> School of Economics and Management, Southeast University, Nanjing, People's République de Chine; <sup>b</sup> École de gestion, Université de

Liverpool, Liverpool, Royaume-Uni

( Reçu le 1er mars 2018; accepté le 15 mai 2018)

Dans cet article, nous étudions un modèle de chaîne d'approvisionnement à deux niveaux pour la détérioration des articles, dans lequel le **fournisseur**. **Le système de production de s n'est pas fiable et le détaillant s la demande est sensible aux prix. Le fournisseur** La ligne de production de s peut passer aléatoirement de l'état sous contrôle à l'état hors contrôle. Lorsque la chaîne de production est hors de contrôle, une partie des produits fabriqués sera de mauvaise qualité. Pour atténuer les risques incontrôlables, le fournisseur peut améliorer la fiabilité de la chaîne de production en investissant dans des machines de haute qualité, des travailleurs hautement qualifiés ou des technologies de maintenance avancées. Nous commençons par l'étude des problèmes de tarification et d'inventaire concernant la fiabilité endogène dans le scénario intégré et décentralisé. Pour mieux illustrer les modèles proposés, deux algorithmes applicables sont conçus pour déterminer la fiabilité de production optimale, la quantité commandée et les prix. Ensuite, un contrat d'investissement coopératif de fiabilité et de partage des revenus est proposé pour coordonner la chaîne d'approvisionnement.

Mots clés: détérioration des articles; production peu fiable; prix; inventaire; coordination de la chaîne d'approvisionnement

## 1. Introduction

La détérioration est définie comme une dégradation, un changement ou une détérioration à travers laquelle la qualité et / ou la quantité des articles sont (est) en baisse (Ghare et Schrader 1963). Ces articles comprennent les fruits frais, les légumes frais, le sang et les produits de mode, etc. La détérioration des produits se produit fréquemment dans les systèmes d'inventaire et cause souvent de grandes pertes aux gestionnaires des stocks, en particulier dans les chaînes d'approvisionnement à plusieurs niveaux en raison du transport à longue distance ou d'une demande et d'une offre inégales. Par exemple, environ 15% des denrées périssables sont gaspillées dans le secteur de la distribution alimentaire (Ferguson et Ketzenberg 2004). En Chine, plus de 25% des fruits et légumes se détériorent pendant le transport, sur les marchés de gros et dans les magasins (Roebuck 2015). De plus, dans l'industrie réelle, il est presque impossible de faire RMS à une ligne de production fiable et parfaite dans un processus de production à long terme. Par exemple, l'usure des pièces de machines réduit la fiabilité du processus de production, ce qui affecte la qualité des produits fabriqués (Atan et Snyder 2014; Sana, Goyal et Chaudhuri 2007). Fournir des produits de bonne qualité aux clients améliorera les clients' satisfactions, améliorent ainsi la compétitivité et avantages économiques des clients. Les responsables des achats sont de plus en plus préoccupés par la qualité des produits fournis par le fournisseur afin de maintenir une satisfaction client élevée aujourd'hui sur les marchés avec la concurrence commerciale et les préférences des clients qui évoluent rapidement. Par conséquent, les producteurs sont incités à améliorer la qualité des produits et la fiabilité de la production en investissant dans l'installation de machines de haute qualité, l'emploi de travailleurs hautement qualifiés ou l'adoption de technologies de maintenance avancées (Huang, He et Li 2017). La fiabilité de production améliorée garantit une haute qualité des produits vendus par les acheteurs en aval aux clients. Par conséquent, l'investissement en fiabilité non seulement bénéficie au producteur lui-même mais aussi aux acheteurs.

En pratique, pour atténuer les impacts négatifs du producteur sur les risques de production, les acheteurs en aval adoptent souvent diverses stratégies de prévention des risques, notamment le **sourcing multiple, le sourcing de secours et les achats d'urgence** (voir Dada, Petrucci et Schwarz 2011; Gumani, Akella et Lehoczyk 2000; Tomlin 2006). De nos jours, une autre approche de plus en plus populaire est que les acheteurs accordent des subventions aux producteurs' investissements de fiabilité de production pour réduire les coûts, augmenter la qualité et améliorer la fiabilité (voir Liu, So et Zhang 2010; Wang, Gilland et Tomlin 2010). Par exemple, c'est une pratique courante dans l'industrie automobile que des entreprises comme Honda, Toyota, BMW et Hyundai travaillent avec leurs fournisseurs pour améliorer les performances (Krause, Handfield et Tyler 2007).

\* Auteur correspondant. Courriel: hy@seu.edu.cn

**Comme l'ont étudié Tang, Gurmani et Gupta ( 2014 ), avec une stratégie de subvention bien conçue, la performance individuelle**

à la fois l'acheteur et le producteur peuvent être améliorés. Cependant, la façon dont la détérioration du produit affectera la fiabilité optimale du processus, les prix et les décisions d'inventaire associés ne sont toujours pas clairs dans la littérature. Dans cet article, nous étudions une chaîne d'approvisionnement à deux niveaux composée d'un fournisseur peu fiable et d'un détaillant en aval. Le fournisseur produit et distribue des produits détériorés aux clients finaux par l'intermédiaire du détaillant en aval. Le fournisseur peut également investir pour améliorer la fiabilité des processus de son système de production. Premièrement, nous modélisons la chaîne d'approvisionnement intégrée et décentralisée pour la **détérioration d'articles sans investissement coopératif, et étudions la détermination de la fiabilité optimale des processus, des prix et des stocks pour les deux firms et la chaîne d'approvisionnement totale.** Deuxièmement, nous avons conçu un contrat de partage des revenus et d'investissement coopératif pour coordonner la chaîne d'approvisionnement. **Grâce à des simulations numériques, nous avons comparé les stratégies de décision optimales dans les scénarios intégrés et décentralisés, et testé l'efficacité du contrat de coordination.** Certaines implications managériales importantes sont également présentées.

Le reste de l'article est organisé comme suit. Dans la section 2, une revue complète de la littérature est présentée. Dans la section 3, les principales hypothèses et notations utilisées dans le document sont répertoriées. Dans la section 4, le modèle est formulé, suivi par l'analyse stratégique et les méthodes de coordination dans la section 5. L'analyse numérique est présentée dans la section 6, ainsi que des informations importantes sur la gestion. Ensuite, le document est conclu dans la dernière section.

**Chakraborty, Giri et Chaudhuri ( 2008 ) supposait que l'indisponibilité de la machine**  
2. Revue de la littérature

Notre recherche est étroitement liée à trois volets: (a) la gestion de la chaîne d'approvisionnement pour les produits détériorés, (b) les modèles d'inventaire tenant compte de la non-fiabilité de la production, et (c) le jeu dans la détérioration des chaînes d'approvisionnement de produits, et (c) le jeu dans la détérioration des chaînes d'approvisionnement de produits.

**le fi Le premier flot de littérature se réfère aux problèmes de gestion des stocks de produits détériorés. Selon Ghare et Schrader ( 1963 ) et Shah, Soni et Patel ( 2013 ), la détérioration est fi défini comme pourriture, changement ou détérioration afin que les articles ne soient pas dans leurs conditions initiales. Il existe deux catégories d'articles en détérioration. le fi La première catégorie fait référence aux articles qui se décomposent, s'endommagent ou expirent avec le temps, par exemple la viande, les légumes, les fruits, les médicaments, etc. La deuxième catégorie comprend les articles qui perdent une partie ou la valeur totale avec le temps, par exemple les puces informatiques, les téléphones portables, les produits de mode et de saison, etc. Les deux types d'articles ont des cycles de vie courts et après une période d'existence sur le marché, les articles perdent leur valeur économique d'origine en raison de la baisse des préférences des consommateurs, de la qualité des produits, etc. Ghare et Schrader ( 1963 ) fi Le premier a proposé un modèle d'inventaire en décomposition exponentielle. Sur la base de leur travail, les gens avaient beaucoup travaillé sur les problèmes de quantité de commande économique (EOQ) pour les produits de détérioration. Dans ce domaine de recherche, différents paramètres de facteurs critiques, par exemple le taux de demande, le taux de détérioration, les stratégies de tarification, etc., ont signifi impacts importants sur la formulation des modèles et les solutions et résultats associés. Premièrement, pour le taux de demande, il peut être soit un paramètre constant (Mahata 2012 ) ou être un paramètre dépendant du temps (Dye, Chang et Teng 2006 ; Giri, Jalan et Chaudhuri 2003 ; Wang, Lin et Jonas 2011 ). En outre, la demande peut être en attente (Dye, Chang et Teng 2006 ), niveau d'inventaire lié (Burwell et al. 1997 ), ou sensible aux prix (Dye et Hsieh 2012 ; Liang et Zhou 2011 ; Shah, Soni et Patel 2013 ). Deuxièmement, pour le taux de détérioration, il peut être un paramètre constant (Liang et Zhou 2011 ; Sana, Goyal et Chaudhuri 2004 ; Thangam et Uthayakumar 2009 ), un paramètre lié au temps (Skouri et al. 2009 ), paramètre lié à l'investissement pour la préservation (Dye et Hsieh 2013 ; Hsu, Wee et Teng 2010 ) ou un paramètre constant (Sarkar 2013, 2014 ; Sarkar et Sarkar 2012 ). La recherche de Sana et al. (2007) a examiné le problème de commande économique pour les produits de détérioration. Certaines personnes ont étudié les problèmes des chaînes d'approvisionnement à plusieurs niveaux. Lee et Moon ( 2006 ) a proposé un producteur de base à trois niveaux - vendeur - modèle de l'acheteur. Wang, Lin et Jonas ( 2011 ) étendu Lee et Moon ( 2006 ) en supposant que les produits souffrent d'un taux de détérioration lié au temps. En outre, de nombreux chercheurs ont fait beaucoup de travail sur les décisions intégrées d'inventaire et / ou de prix (Chen et Chen 2007 ; Lo, Wee et Huang 2007 ; Noh, Kim et Sarkar 2016 ; Sarkar et al. 2016 ) et les stratégies de coopération (Lin, Yu et Wang 2009 , 2010 ) dans les chaînes d'approvisionnement à plusieurs niveaux. Le deuxième flux de littérature porte sur les problèmes d'inventaire, compte tenu du manque de fiabilité de la production. Dans les recherches précédentes, certains articles envisagent une baisse de la qualité des produits pendant la production lorsque le système est dans un état peu fiable (ou hors contrôle). Rosenblatt et Lee ( 1986 ), Kim, Hong et Chang ( 2001 ), Chung et Hou ( 2003 ), et Rahim et AlHajailan ( 2006 ) a examiné la ventilation du processus de production dans un modèle d'inventaire, dans lequel des articles défectueux sont produits lorsque le processus de production est interrompu. Ensuite, Sana, Goyal et Chaudhuri ( 2007 ), Sana ( 2010a ) et Sana ( 2010b ) a développé un modèle EPQ ou EMQ pour analyser le problème de production optimal avec un processus de production peu fiable. Après Sana ( 2010b ), des modèles plus généraux ont été développés. Par exemple, Sarkar ( 2012 ), considérant que la chaîne de production n'est pas fiable et que la demande est liée au prix. Sarkar et Saren ( 2016 ) a pris en compte les erreurs d'inspection et le coût de la garantie.**

En plus des problèmes de baisse de qualité, certains articles ont également étudié les problèmes de baisse du taux de production lorsque le système est

le temps ou la durée du temps de réparation est aléatoire. Chung, Widyadana et Wee ( 2011 ) a étendu le modèle de Chakraborty, Giri et Chaudhuri ( 2008 ) en considérant la détérioration des articles en pénurie. Gharbi, Kenn et Beit ( 2007 ) ont étudié les stratégies de maintenance préventive dans leurs modèles d'inventaire avec panne aléatoire des machines. Wee et Widyadana ( 2012 ) a étendu le modèle de Gharbi, Kenn et Beit ( 2007 ) en considérant la détérioration du produit. Giri, Yun et Dohi ( 2005 ) et Jeang ( 2012 ) a établi un modèle EPQ lorsque le processus de production n'était pas fiable. Outre les recherches sur le " panne complète " modèles, certaines personnes étudient la " panne partielle " modèles, tels que Gavish et Graves ( 1981 ), Iravani et Duenyas ( 2002 ), Ben-Daya, Hariga et Khurshheed ( 2008 ), et Huang, He et Li ( 2017 ), etc. Le troisième flux de littérature concerne les problèmes de jeu liés à la détérioration des produits. Zhang et al. ( 2015 ) a étudié deux ...

problème de jeu à prix égal entre un fournisseur et un détaillant lorsque les produits sont périssables. Ils ont proposé un contrat de partage des revenus et de la préservation des investissements pour coordonner la chaîne d'approvisionnement. Chen ( 2017 ) a étudié un problème de décision non coopératif entre un fabricant et un détaillant avec des produits imparfaits et en détérioration. Les impacts du système de prix, du programme de réapprovisionnement, de la qualité imparfaite et du processus de reprise sont également analysés. Tiwari, Jaggi et Gupta ( 2018 ) a étudié un fabricant - problème de jeu du détaillant pour la détérioration des produits lorsque le détaillant a une capacité de stockage limitée. Huang, He et Li ( 2018 ) a modélisé une chaîne d'approvisionnement à trois niveaux qui se compose d'un détaillant, d'un vendeur et d'un fournisseur, et a étudié un problème de jeu à Stackelberg en tenant compte de l'incertitude de l'offre et des investissements de préservation. Lui, Huang et Li ( 2018 ) a modélisé une chaîne d'approvisionnement à deux canaux avec un fabricant qui vend à la fois par son canal direct et par un détaillant en aval. Les impacts de la détérioration des produits sur les deux firmes " les décisions en matière de prix sont discutées.

Dans la littérature susmentionnée, aucune littérature ne considère l'investissement de fiabilité, les prix et la coordination de la chaîne d'approvisionnement simultanément dans une chaîne d'approvisionnement à deux niveaux pour la détérioration des articles. Notre travail prolonge l'étude de Huang, He et Li ( 2017 ) à une chaîne d'approvisionnement à deux niveaux composée d'un fournisseur et d'un détaillant. Spécifiquement, en tant que leader de Stackelberg, le détaillant fixe le prix de détail pour maximiser son propre profit, tandis que le fournisseur poursuit son maximum profit en déterminant le prix de gros ainsi que l'investissement de fiabilité. De plus, nous concevons un contrat de partage des revenus et d'investissement coopératif pour coordonner la chaîne d'approvisionnement. Les principales contributions de cet article sont triples. Premièrement, ce document aborde le problème de la fiabilité des investissements et des prix dans un système de chaîne d'approvisionnement, et il illustre le manque de coordination de la chaîne d'approvisionnement pour les articles en détérioration. Deuxièmement, des algorithmes efficaces sont proposés pour résoudre un problème aussi complexe, fournissant une approche pour traiter des types de problèmes similaires. Troisièmement, des exemples numériques et une analyse de sensibilité sont menés, ce qui contribue à la définition de certains signifiants des implications managériales pour la gestion de la chaîne d'approvisionnement des articles en détérioration.

### 3. Hypothèses et notations

Nous considérons une chaîne d'approvisionnement à deux niveaux composée d'un fournisseur et d'un détaillant, dans laquelle le fournisseur " s le système de production n'est pas fiable (voir Figure 1 ). La chaîne de production peut passer de l'état sous contrôle à l'état hors contrôle pendant le cycle de production. Dans l'état sous contrôle, tous les articles produits sont de bonne qualité; cependant, dans un état hors de contrôle, des produits de mauvaise qualité seront produits, ce qui affecte davantage la qualité des produits dans le commerce de détail. Nous étudions un cas dans lequel le fournisseur " s la fiabilité de la production est contrôlable par l'investissement. En d'autres termes, le fournisseur peut définir de manière optimale la fiabilité du système avec des investissements (Huang, He et Li 2017 ). Le fi l'objectif final est de déterminer non seulement la fiabilité optimale mais aussi les prix pour les deux parties qui maximisent le profit de chaque partie dans un horizon temporel défini.

#### 3.1. La fiabilité de production endogène

Après Ben-Daya, Hariga et Khurshheed ( 2008 ), à l'état sous contrôle, le fournisseur " La chaîne de production de s est fiable. Tous les produits fabriqués pendant la période de contrôle sont de bonne qualité. Cependant, dans un état hors contrôle, une partie des produits fabriqués sera de mauvaise qualité. La durée sous contrôle est une variable aléatoire, avec une fonction de densité de probabilité  $f(s)$  et fonction de distribution cumulative  $F(s)$ . En supposant que l'attente pour  $s$  est  $E[s] = \tau$ . À la suite de l'étude de Huang, He et Li ( 2017 ), lorsque la durée de contrôle attendue  $E[s] = \tau$  est plus long, le système est plus fiable. Au contraire,

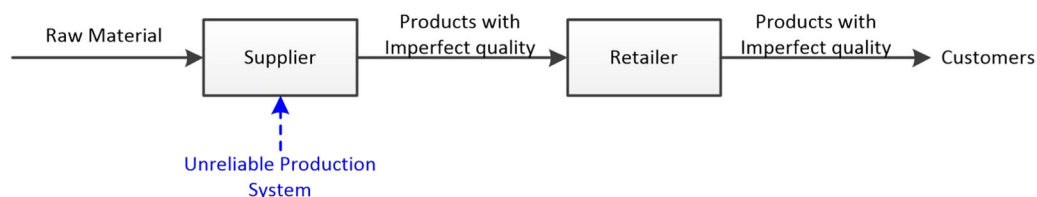


Figure 1. Schéma d'une chaîne d'approvisionnement à deux niveaux avec une production peu fiable.



- (2) A la fin d'un cycle de production, lorsque l'état incontrôlé apparaît, le fournisseur doit rétablir sa production système avec un fi coût de restauration xé M.
- (3) Le temps nécessaire pour restaurer le système de production est relativement plus court que la durée totale du cycle de production, ce qui s'assure que le fournisseur " Le système de production est maîtrisé au début d'un nouveau cycle de production. (4) La fiabilité initiale  $I_0$  peut être augmenté à  $I$  avec un coût d'investissement unitaire quadratique temps =  $k (I - I_0)^2 / 2$ , où  $k$  capture le coût coef fi cient (Huang, He et Li 2017 ).
- (5) Dans la chaîne d'approvisionnement, le détaillant est le leader de Stackelberg et le fournisseur est le suiveur. Dans les vraies affaires, menant les détaillants se réfèrent à certaines grandes épiceries, y compris Costco, Walmart, et Tesco. Ces types de détaillants ont de puissants pouvoirs et agissent en tant que leaders dans les chaînes d'approvisionnement. (6) Le fournisseur adopte une politique d'inventaire de lot à lot (voir Lee et Moon 2006 ) pour livrer les produits au détaillant. Ainsi, le fournisseur " s la durée du cycle de production est égale au détaillant " s cycle de commande. (7) Le taux de production du fournisseur est supérieur au taux de demande, ce qui permet d'éviter les pénuries du fournisseur.

4. Formulation du modèle

Les schémas d'inventaire pour les deux firms sont présentés dans Figure 2 . Selon les hypothèses et notations mentionnées dans la section 2, nous modélisons le fournisseur, le détaillant et la chaîne d'approvisionnement totale pro fi t, respectivement.

4.1. Le détaillant " s pro fi t

Supposons que le cycle de commande soit  $T_r$ . Au moment  $t = 0$ , le détaillant passe une commande de  $Q$  unités de produits au fournisseur, et le fournisseur distribuera les produits commandés au détaillant au moment  $t = T_r$ . Pendant l'intervalle de temps  $[0, T_r]$ , le détaillant " s le niveau des stocks s'épuise en raison de la demande et de la détérioration, qui tombe à 0 à la fois  $t = T_r$ . Selon les théories EOQ pour la détérioration des produits, le niveau des stocks satis fi es l'équation différentielle:

$$\frac{\partial j e_r(t)}{\partial t} = -D(p) - u j e_r(t), t \in [0, T_r] \tag{1}$$

avec condition aux limites  $j e_r(T_r) = 0$ .

Résoudre l'équation différentielle, et nous obtenons le détaillant " s niveau d'inventaire

$$j e_r(t) = D(p) \frac{(e^{-u(T_r-t)} - 1)}{u}, t \in [0, T_r] \tag{2}$$

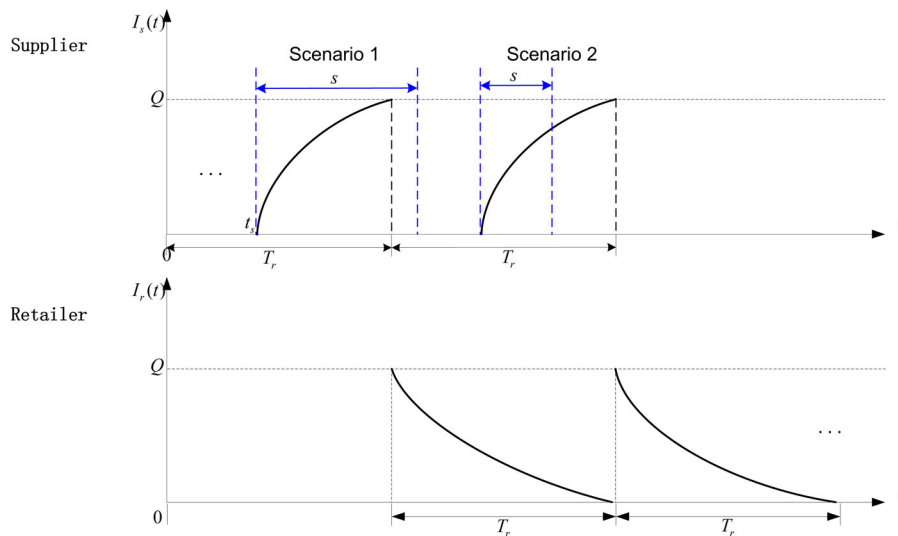


Figure 2. Systèmes d'inventaire pour le détaillant et le fournisseur.

La quantité commandée peut être présentée comme

$$Q = I_r(t=0) = D(p) \frac{(e^{-\rho T_r} - 1)}{\rho} \quad (3)$$

Pendant un cycle, le détaillant  $s$  se compose du chiffre d'affaires, du coût de réapprovisionnement, du coût de détention des stocks, fi coût de départ fixe et le coût de la pénalité dû à la vente de produits de mauvaise qualité.

(1) Le chiffre d'affaires Le détaillant  $s$  le revenu total provient des ventes des produits en détérioration. Le chiffre d'affaires total d'un cycle peut être calculé comme suit:  $pD(p) T_r$ .

(2) Le coût de réapprovisionnement

Le détaillant doit payer une somme d'argent  $wQ$  acheter les produits auprès du fournisseur. (3) Le coût de détention des stocks

Le stock total accumulé pour le détaillant en un cycle est  $\int_0^{T_r} j e_{s,t} dt$ . Par conséquent, le coût total des stocks est  $\int_0^{T_r} h e_{s,t} dt$ .

(4) Le fi coût de départ fixe

Le début d'un nouveau cycle de vente, le détaillant doit payer un coût forfaitaire de  $UNE_r$ .

(5) Le coût de la pénalité

Les clients qui achètent et utilisent des produits de mauvaise qualité ne seront pas satisfaits fi et ils peuvent retourner les produits ou réclamer les remboursements, ce qui nuira au détaillant  $s$  réputation et avantages économiques fi t. Par conséquent, nous normalisons le détaillant  $s$  les pertes causées par la vente de produits de mauvaise qualité à un coût de pénalité  $r$ .

Il est montré dans Figure 1 cette,

- ( Scénario 1 ) quand  $s \geq T_s$ , le fournisseur  $r$  Le système de production est toujours sous contrôle et la chaîne de production est parfaitement fiable pendant le cycle de production. Dans cette situation, les produits fabriqués sont tous de bonne qualité et le coût de la pénalité est nul.
- ( Scénario 2 ) quand  $s \leq T_s$ , le système de production passera de l'état sous contrôle à l'état hors contrôle à un moment donné  $t = s$ . En d'autres termes, dans l'intervalle de temps  $t \in [t_s, T_r]$ , une partie des produits fabriqués peut présenter un risque de qualité. Dans ce scénario, le coût de la pénalité est encouru.

En combinant les deux scénarios, la probabilité que les produits de mauvaise qualité soient fabriqués et vendus aux clients peut être calculée comme suit:

$$\frac{\text{Quantités de produits de mauvaise qualité}}{\text{Quantités de la production totale}} = \frac{\int_0^{T_s} r e_{s,t} dt}{\int_0^{T_r} e_{s,t} dt} = \frac{\int_0^{T_s} r e_{s,t} dt}{\int_0^{T_r} e_{s,t} dt}$$

Ensuite, nous formulons en outre le coût de la pénalité dans un cycle pour le détaillant comme  $\int_0^{T_s} r e_{s,t} dt$ .

En combinant les revenus et les coûts susmentionnés, le détaillant  $s$  temps unitaire total pro fi t peut s'écrire

$$\begin{aligned} TP_r(m) = & \frac{1}{T_r} \left\{ pD(p) T_r - wQ - \int_0^{T_r} h e_{s,t} dt - \int_0^{T_s} r e_{s,t} dt - \frac{UNE_r}{T_r} - \frac{\int_0^{T_s} r e_{s,t} dt}{T_r} \right\} \\ = & (m+w) D(m+w) - wD(m+w) \frac{(e^{-\rho T_r} - 1)}{\rho} - hD(m+w) \frac{(e^{-\rho T_r} - 1)}{\rho} - \frac{UNE_r}{T_r} - \frac{\int_0^{T_s} r e_{s,t} dt}{T_r} \end{aligned} \quad (4)$$

#### 4.2. Le fournisseur $r$ s pro fi t

Sur la base des hypothèses, le fournisseur adopte une politique de lot à lot (Lee et Moon 2006). Au cours de chaque cycle, le fournisseur commence à produire à temps  $t = t_s$ , et le niveau des stocks du fournisseur augmente en raison de la fi uence de la production et de la détérioration du produit, qui suit l'équation différentielle

$$\frac{\partial j e_{s,t}}{\partial t} = P - \rho j e_{s,t}, t \in [t_s, T_r] \quad (5)$$

avec des conditions aux limites  $je_s(T_r - t_s) = 0$  et  $je_s(T_r) = Q$ .

Ainsi, le niveau d'inventaire par rapport au temps peut être dérivé comme

$$je_s(t) = \frac{P}{u} (1 - e^{-u(t - T_r + T_s)}) \quad t \in [t_s, T_r] \quad (6)$$

dans lequel  $T_s = T_r - t_s = -\frac{1}{u \ln 1 - D(p) (e^{uT_r - P})}$

Après que le détaillant a défini sa marge de vente  $m$ , le fournisseur fixe son prix de gros  $w$ , et paramètre de fiabilité  $l$  simultanément pour maximiser son temps total par unité pro fi t. Le fournisseur  $s$  pro fi t se compose des revenus de gros, du coût de production, du coût de détention des stocks, fi coût de départ fixe, coût d'investissement de fiabilité et coût de restauration de la machine.

(1) Les revenus de gros Le fournisseur  $s$  le revenu total provient de la vente en gros des produits détériorés au détaillant. Le chiffre d'affaires total peut être calculé comme  $wQ$ .

(2) Le coût de production Le fournisseur  $s$  le temps de production dure  $T_s$ , et le coût total peut être calculé comme  $c_p PT_s$ .

(3) Le coût de détention des stocks

Pendant la production, la quantité de stockage cumulée en un seul cycle est  $T_r$

$je_s(t)$  ré t. Ainsi, l'invention totale

le coût de détention provisoire dans un cycle est  $\int_{t_s}^{T_r} salut_s(t) dt$ .

(4) Le fi coût de départ fixe

Lors du démarrage de la production, le fournisseur doit payer une somme forfaitaire  $UNE_s$  par cycle. (5) Le coût d'investissement en fiabilité

Pour améliorer la fiabilité de la production et atteindre un niveau de fiabilité de  $l$ , le fournisseur doit payer une unité de temps quadratique

coût de  $k \frac{(l - l_0)^2}{2}$ . Par conséquent, le coût total dans un cycle de production est  $k \frac{(l - l_0)^2 T_r}{2}$ .

(6) Le coût de restauration prévu

Lorsque la situation hors de contrôle se produit, le fournisseur doit remettre son système de production à l'état sous contrôle avec un fi coût fixe  $M$ .

- ( Scénario 1) quand  $s \geq T_s$ , le fournisseur  $s$  Le système de production est toujours sous contrôle et il n'y a aucun coût de restauration.
- ( Scénario 2) quand  $s \leq T_s$ , le système de production passera de l'état sous contrôle à l'état hors contrôle à un moment donné  $t = s$ . Le coût de la restauration est engagé.

Par conséquent, l'attente du coût total de la restauration peut être calculée comme suit:  $M T_s$   
 au-dessus des revenus et des coûts, le temps total unitaire pro fi t pour le fournisseur peut être présenté comme

$F_{l/s}$  ré s =  $MF_{l/T_s}$ . Combiner le

$$TP_s(w, l) = \frac{1}{T_r} \left\{ wQ - c_p PT_s - \int_{t_s}^{T_r} salut_s(t) dt - UNE_s - MF_{l/T_s} \right\} - RIC(l)$$

$$= wD \frac{(w + m e^{uT_r} - 1)}{u T_r} - \frac{c_p PT_s}{T_r} - hP \frac{(e^{-uT_s} - u T_s - 1)}{u^2 T_r} - \frac{UNE_s}{T_r} - \frac{MF_{l/T_s}}{T_r} - k \frac{(l - l_0)^2}{2}$$

dans lequel  $T_s = -\frac{1}{u \ln 1 - D(p) (e^{uT_r - P})}$

4.3. Chaîne d'approvisionnement  $s$  pro fi t

L'unité total pro fi t pour l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement est la somme des deux fi rms  $s$  pro fi t, qui peut être exprimé comme

$$\begin{aligned}
 TP_{sc}(p, l) &= TP_r(m) + TP_s(w, l) \\
 &= pD(p) - \frac{c_p P T_s}{T_r} - hD(p) \frac{(e^{-uT_r} - uT_r - 1)}{u^2 T_r} - hP \frac{(e^{-uT_s} + uT_s - 1)}{u^2 T_r} \\
 &\quad - \frac{UNE_s}{T_r} - \frac{UNE_r}{T_r} - r \text{ une} - \frac{\int_0^{T_s} F_I(s) ds T_s}{T_r} \frac{MF_I(T_s)}{T_r} - RIC(l) \\
 &= p + \frac{h}{u} D(p) - \frac{(c_p P + hP) T_s}{T_r} - \frac{UNE_s}{T_r} - \frac{UNE_r}{T_r} - r \text{ une} - \frac{\int_0^{T_s} F_I(s) ds T_s}{T_r} \frac{MF_I(T_s)}{T_r} - k \frac{(l - l_0)^2}{2}
 \end{aligned} \tag{8}$$

5. Analyse des stratégies et coordination de la chaîne d'approvisionnement

Dans cette section, nous dérivons le prix optimal et l'investissement de fiabilité dans des structures de chaîne d'approvisionnement intégrées et décentralisées. Dans le scénario intégré, les deux membres déterminent conjointement le prix du détaillant et l'investissement de fiabilité. Dans la chaîne d'approvisionnement intégrée, le détaillant décide d'abord de la marge de vente optimale et ensuite, le fournisseur détermine le prix de gros et l'investissement de fiabilité, qui vise à maximiser le profit individuel pour chacun d'eux.

5.1. Scénario intégré

Pour simplifier notre analyse et obtenir des résultats analytiques, nous étudions le modèle lorsque  $s$  est uniformément distribué. La distribution initiale est  $U[0, 2l_0]$ . Après l'investissement, la distribution se transforme en  $U[0, 2l] \geq l_0$ . Nous commençons par un cas de référence, dans lequel le fournisseur et le détaillant sont intégrés verticalement. Le profit de la chaîne d'approvisionnement totale peut être simplifié comme

$$TP_{sc}(p, l) = p + \frac{h}{u} D(p) - c_p P + hP + \frac{r \text{ une}}{4l + M^2 l} \frac{T_s}{T_r} - k \frac{(l - l_0)^2}{2} - \frac{UNE_s}{T_r} - \frac{UNE_r}{T_r} \tag{9}$$

L'objectif de la chaîne d'approvisionnement est de maximiser le profit de vente optimal et un paramètre de fiabilité optimal  $\lambda$ . Le problème d'optimisation correspondant est formulé comme

$$\text{Max}_{p, l} TP_{sc}(p, l) \text{ st } p \leq b, \text{ une}, l \geq l_0 \tag{dix}$$

Pour le problème d'optimisation, nous avons la proposition suivante.

PROPOSITION 5.1 Dans la chaîne d'approvisionnement intégrée,

(1) Pour un prix  $p$ , le profit de la fonction est concave dans  $l$ . Le paramètre de fiabilité optimal  $l_p$  peut être dérivé en résolvant l'équation

$$(l - l_0) l_2 = (r a + 2M) \frac{T_s}{4k T_r} \tag{11}$$

quand  $l \in [l_0, \infty)$ ; autrement,  $l = l_0$ ;

(2) Pour un prix  $p$ , le profit de la fonction est concave dans  $p$ . Le prix optimal  $p_p$  peut être dérivé en résolvant l'équation

$$b - 2ap - \frac{h}{u} \frac{D(p)}{T_r} - \frac{(c_p P + hP + r \text{ une})}{4l + M^2 l} \frac{T_s}{T_r} = 0 \tag{12}$$

quand  $p \leq \frac{b}{2}$ ; sinon,  $p = \frac{b}{2}$ ; où  $T_s = \frac{a(e^{uT_r} - 1)}{u \ln 1 - D(p)(e^{uT_r} - 1)}$ ,  $T_r = \frac{a(e^{uT_r} - 1)}{u[P - D(p)(e^{uT_r} - 1)]}$ .

Preuve. Voir la preuve de la proposition 5.1 dans Annexe A.3. □



Tableau 2. Algorithme 1.

Algorithme 1

Étape 1.	Commencer avec $n = 0$ et initialiser $I_n = I_0$ .
Étape 2.	Calculez le prix de vente optimal $p_n$ de (12) pour la donnée $I_n$ .
Étape 3.	Calculez l'optimal $I_{n+1}$ de (11) basé sur $p_n$ .
Étape 4.	Si la différence entre $I_{n+1}$ et $I_n$ est suffisamment petite (ie e-4), ensemble $I = I_{n+1}$ et $p = p_n$ , puis sortie $(I, p)$ et arrêtez. Sinon, définissez $n = n + 1$ et revenez à l'étape 2.

En raison de la complexité des expressions dans la matrice de Hesse, il est impossible de prouver la concavité conjointe du profit par rapport aux variables  $p$  et  $I$ . Avec la proposition 5.1, nous concevons un algorithme d'itération (montré dans Tableau 2) pour dériver les solutions optimales.

Substitution des stratégies d'équilibre  $p_{JE}, I_{JE}$  en (8) donne le temps unitaire total profit de toute la chaîne d'approvisionnement  $TP_{sc}$ . La concavité de la fonction est montrée par un test numérique, qui est montré dans figure 3.

## 5.2. Scénario décentralisé

Dans la chaîne d'approvisionnement décentralisée, le détaillant est un leader du jeu à Stackelberg et le fournisseur est le suiveur. En tant que leader du jeu, le détaillant définit d'abord la marge de vente. Ensuite, en fonction du détaillant's marge de vente, le fournisseur fixe son prix de gros optimal et son niveau d'investissement de fiabilité pour maximiser son profit. Nous utilisons l'induction vers l'arrière pour résoudre le problème du jeu. Nous commençons par résoudre le fournisseur's problème d'optimisation pour dériver les fonctions de réponse. Ensuite, nous étudions les décisions optimales du détaillant.

Le fournisseur's problème d'optimisation est

$$\text{Max}_{w, I} \{ TP_s(w, I) \} \text{ st } w + m \leq \underline{b} \quad \text{une}, I \geq I_0 \quad (13)$$

Sous réception du détaillant's marge de vente  $m$ , certains résultats importants peuvent être obtenus lors de la résolution du fournisseur's problème de s.

PROPOSITION 5.2 Dans le scénario décentralisé,

(1) Pour  $w$  constant, le fournisseur's profit par rapport à  $I$  est concave dans  $I$ . Le paramètre de fiabilité optimal  $I_{1s}$  peut être dérivé en résolvant l'équation

$$(I - I_0) I_2 = \frac{MT_s}{2kT_r} \quad (14)$$

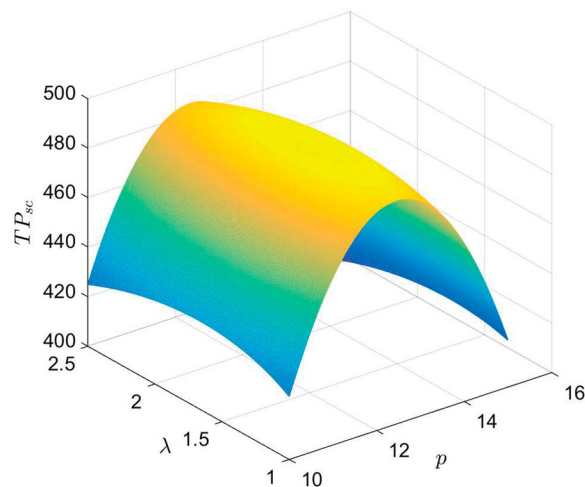


Figure 3. La chaîne d'approvisionnement's profit change par rapport à  $I$  et  $p$  dans le cas centralisé.

(2) Pour constante  $\lambda$ , le fournisseur  $\pi$  s pro fi La fonction  $t$  est concave dans  $w$ . Le paramètre de fiabilité optimal  $w_{\pi}$  peut être dérivé en résolvant l'équation

$$b - 2aw - \text{suis} + c_p a + D(w + m) \frac{ha(e^{-\lambda w} - 1)}{wP} + \frac{Ma}{2/P} = 0. \quad (15)$$

Preuve. Voir la preuve de la proposition 5.2 à l'annexe A.4. □

**COROLLAIRE 5.1** Pour le même prix de détail ( $p = w_D + m_{RE}$ ), le fournisseur investira davantage dans l'amélioration de la fiabilité dans le cas centralisé, c'est-à-dire  $\lambda_{\pi} \geq \lambda_{RE}$ .

Preuve. Voir la preuve du corollaire 5.1 à l'annexe A.5. □

D'après les équations (11) et (14), nous  $\pi$  et que l'investissement de fiabilité optimale est étroitement lié à  $T_s$ , qui est déterminé par le prix de vente aux clients finaux. En comparant le résultat dans le modèle décentralisé et centralisé, nous montrons dans le corollaire 5.1 que  $\pi$  sera plus disposée à investir dans l'amélioration de la fiabilité du modèle centralisé par rapport au modèle décentralisé.

En raison de la complexité des expressions dans la matrice de Hesse, la concavité de la fonction est difficile à prouver par la théorie mathématique. Mais nous pouvons voir la concavité dans  $\pi$  effectuer un test numérique, **Figure 4**. Pour le détaillant, après avoir connu la meilleure fonction de réponse  $w_{RE}(m)$  et  $\lambda_{RE}(m)$ , et substituer les fonctions au détaillant  $\pi$  s pro fi fonction  $t$ , nous avons

$TP_{\pi}(m, w_{RE}(m), \lambda_{RE}(m))$ . Il est également difficile d'avoir une expression explicite du pro fi fonction  $t$ . Cependant, nous montrons également dans

**Figure 5** que le détaillant  $\pi$  s pro fi la fonction  $t$  est concave dans  $m$ . Ainsi, nous concevons un algorithme de recherche bidimensionnel (illustré dans **Tableau 3**) pour obtenir les décisions optimales. Substitution des stratégies d'équilibre  $m_{RE}, w_{RE}, \lambda_{RE}$  dans les équations (4) et (7) donne le total de temps unitaire pro fi  $t$ s du détaillant et du fournisseur  $TP_{\pi}$  et  $TP_s$ , respectivement, et le pro fi  $t$  de toute la chaîne d'approvisionnement  $TP_{sc}$ .

### 5.3. Coordination de la chaîne d'approvisionnement

Dans cette sous-section, nous essayons de coordonner la chaîne d'approvisionnement avec un investissement coopératif de fiabilité et un contrat de partage des revenus. Suppose que  $F$  est le détaillant  $\pi$  s taux de partage du fournisseur  $\pi$  s le chiffre d'affaires et  $g$  est le détaillant  $\pi$  s taux de partage du

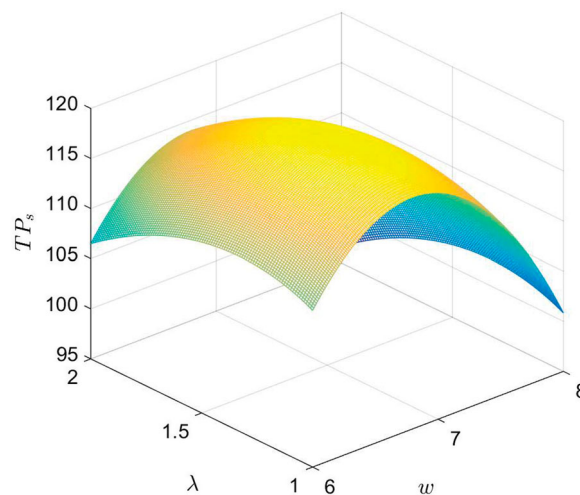


Figure 4. Le fournisseur  $\pi$  s pro fi  $t$  changer par rapport à  $\lambda$  et  $w$  dans le cas décentralisé lorsque  $m = 10$ . 6210

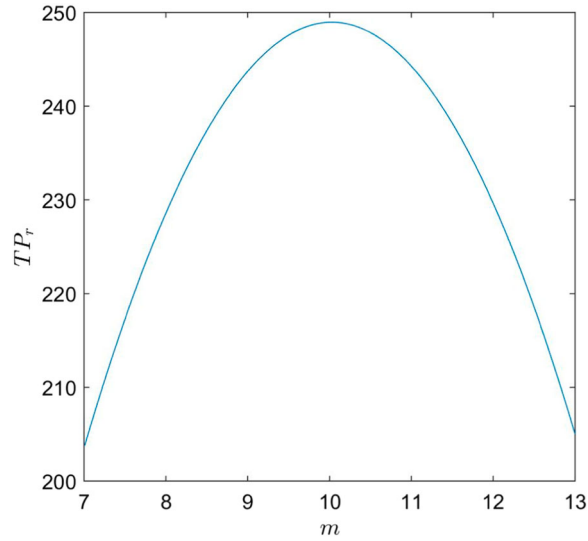


Figure 5. Le détaillant  $s$  profit change par rapport à  $m$  dans le cas décentralisé.

fournisseur  $s$  investissement de fiabilité. L'unité de temps total profits du détaillant et du fournisseur sont donnés respectivement par

$$TP_s(w, l|f, g) = (1 - F)(wD(w + m) \frac{e^{-uT_r} - 1}{uT_r}) - \frac{c_p PT_s}{T_r} - hP \frac{(e^{-uT_s} - uT_s - 1)}{u^2 T_r} - \frac{UNE_s}{T_r} - (1 - g) \frac{k(l - l_0)^2}{2} - \frac{MT_s}{2T_r}, \tag{16}$$

$$TP_r(m | F, g) = (w + m) D(w + m) - (1 - F)(wD(w + m) \frac{e^{-uT_r} - 1}{uT_r}) - hD(w + m) \frac{(e^{-uT_r} - uT_r - 1)}{u^2 T_r} - \frac{UNE_r - r \frac{une T_s}{4 T_r}}{T_r} - gk \frac{(l - l_0)^2}{2}. \tag{17}$$

PROPOSITION 5.3 La coordination ne peut être réalisée avec un contrat de partage des revenus et d'investissement coopératif que si le mécanisme  $(m_c, g_c, F_c, w_c)$  satisfait es

$$m_c(F_c) = 2 p_{je} - \frac{b}{a + c_p P + h_s P (1 - e^{-uT_s(p, E)})} + \frac{M}{2 l_{je}} \frac{u T_s(p, E)}{a (e^{uT_r} - 1) (1 - F_c)}, \tag{18}$$

$$g_c = r \frac{UNE}{r a + 2 M} \in [0, 1], \tag{19}$$

Tableau 3. Algorithme 2.

Algorithme 2

- Étape 1. Initialiser  $TP_r = 0$ .
- Étape 2. Commencer avec  $k = 1$  et initialiser  $m_k = 0$ . Étant donné un petit nombre positif  $d = dix^{-3}$  (taille de l'étape de recherche).
- Étape 3. Calculez le prix de gros optimal  $w_k$  et le niveau de fiabilité optimal  $l_k$  de (14) et (15) puis le profit du fournisseur  $TP_{s, k}$ .
- Étape 4. Si  $TP_r | m_k > TP_r | m_{k-1}$ , ensemble  $m_{k+1} = m_k + d$  et passez à l'étape 3. Sinon, indiquez  $m_D = m_k$ ,  $w_D = w_k$  et  $l_D = l_k$ , puis sortie  $(m_RÉ, w_RÉ, l_RÉ)$ .

$$w_c(F_c) = p_{JE} - m_c(F_c). \quad (20)$$

Preuve. Voir la preuve de la proposition 5.3 à l'annexe A.6. □

Selon la structure du contrat, quatre outils de coordination peuvent être utilisés par les deux acteurs pour établir une solution efficace, c'est-à-dire le prix de gros, la marge de vente, le taux de partage des investissements et le taux de partage des revenus. Comme le montre la proposition 5.3, le fournisseur et le détaillant peuvent ajuster leurs taux de partage des revenus pour obtenir un prix de gros positif et une proportion de subvention appropriée, c'est-à-dire  $w_c > 0$ ,  $m_c > 0$  et  $0 < g_c < 1$ , et donc coordonner l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement. À défaut, la chaîne d'approvisionnement ne peut être coordonnée par le biais du contrat de partage des revenus et d'investissement coopératif.

**COROLLAIRE 5.2** Dans le contrat de partage des revenus et d'investissement coopératif, le prix de gros  $w_c$  augmente en  $F_c$ , tandis que le détaillant "s" marge commerciale  $m_c$  diminue dans  $F_c$ .

Preuve. Voir la preuve du corollaire 5.2 à l'annexe A.7. □

une victoire - situation gagnante. 6212

Ce corollaire illustre que pour atteindre un résultat de coordination, le fournisseur doit proposer un prix de gros plus élevé et le détaillant doit fixer une marge de vente plus faible lorsque le taux de partage des revenus est plus élevé. Ce résultat est intuitif et réaliste. En outre, tant le fournisseur que le détaillant sont disposés à adopter le mécanisme  $(w_c, m_c, g_c, F_c)$ , si et seulement si  $TP_c$

$$s \geq TP_{ré} \quad \text{et}$$

$TP_c \geq TP_{ré}$ . Par conséquent, la proposition suivante peut être dérivée.

**PROPOSITION 5.4** Le fournisseur et le détaillant sont disposés à participer au scénario de coordination plutôt qu'au cadre décentralisé uniquement si  $\underline{F} \leq F_c \leq \bar{F}$ , où  $\underline{F}$  et  $\bar{F}$  sont présentés à l'annexe A.8.

Preuve. Voir la preuve de la proposition 5.4 à l'annexe A.9. □

La proposition 5.4 révèle que le contrat proposé n'est applicable que lorsque le taux de partage des revenus  $F_c$  est modérée, sinon, au moins l'un des deux firmes n'exécutera pas le contrat. Dans la région de coordination  $F \in [\underline{F}, \bar{F}]$ , le fournisseur et le détaillant peuvent ajuster leur profit en modifiant la valeur de  $F_c$ , qui dépend également du pouvoir de négociation.

## 6. Exemples numériques et analyse de sensibilité

Dans cette section, des exemples numériques et une analyse de sensibilité sont présentés pour illustrer les algorithmes proposés et les résultats de la coordination, ce qui nous aide également à acquérir des connaissances managériales. Sur la base de la proposition 5.4, nous observons également qu'il existe une région réalisable de  $F_c \in [0,562, 0,828]$  dans lequel les deux parties obtiendront

### 6.1. Exemples numériques

Nous définissons les paramètres du cas numérique dans Tableau 4.

Avec les données fournies, les résultats peuvent être obtenus en utilisant le logiciel Matlab. Comme représenté sur la figure 3, le temps unitaire total profit de toute la chaîne d'approvisionnement est concave / et p. Ensuite, en appliquant l'algorithme 1, nous obtenons les stratégies optimales dans la chaîne d'approvisionnement intégrée comme  $p_{JE} = 12,38$ ,  $l = 1,564$ ,  $Q_D = 84,41$ , et le temps unitaire total profit  $TP_{sc} = 497,06$ .

De même, Figure 4 montre la concavité de  $TP_s$  dans  $w$  et  $l$ , et Figure 5 indique la concavité de  $TP_r$  dans  $m$  pour le donné  $w$  et  $l$ . En appliquant l'algorithme 2, les stratégies d'équilibre du fabricant et du détaillant sont  $m_D = 10,00$ ,  $w_D = 6,35$ ,

$l_D = 1,303$ ,  $Q_D = 40,38$ , respectivement. L'unité de temps total correspondante profit  $TP_{sc} = 248,95$ ,  $TP_{ré} = 76,87$ , et

$TP_{sc} = 325,82$ .

En comparant les stratégies obtenues à partir de deux structures de chaîne d'approvisionnement, nous trouvons que le prix de détail ( $p_{JE}$ ) dans le scénario intégré est inférieur à celui du scénario décentralisé ( $w_D + m_{ré}$ ) en raison de l'effet de double marginalisation. Pendant ce temps, le niveau de fiabilité et la quantité de commande optimaux, ainsi que le temps unitaire total profit dans le scénario intégré sont supérieurs à ceux du scénario décentralisé.

Comme le montre la proposition 5.3, la chaîne d'approvisionnement peut être coordonnée en définissant des paramètres de coordination appropriés.

Figure 6 montre le changement de profit pour les deux parties avant et après la coordination. Le fournisseur "s" profit tombe pendant que le détaillant "r" profit augmente le taux de

Tableau 4. Réglages des paramètres.

$b = 200$	$a = \text{dix}$	$k = 20$	$P = 200$
$h = 2$	$c_p = 2$	$UNE_r = 50$	$UNE_s = 80$
$T_r = 1$	$r = 100$	$l_0 = 1.0$	$u = 0,2$
$a = 0,5$	$M = 100$		

## 6.2. Analyse de sensibilité sur les stratégies d'équilibre

Dans cette sous-section, nous présentons les résultats de l'analyse de sensibilité sur les stratégies d'équilibre par rapport aux paramètres clés du système  $P$ ,  $c_p$ ,  $u$ ,  $une$ ,  $M$ ,  $l_0$  et  $h$ . Nous modifions un paramètre une fois et en gardons d'autres fixés. Tableau 5 résume les résultats pour le scénario centralisé et le scénario décentralisé et fournit quelques informations de gestion pour la gestion de la chaîne d'approvisionnement des articles en détérioration.

### (1) Analyse de sensibilité du taux de production $P$

nous finissons de Tableau 5 que dans le scénario décentralisé, comme le taux de production  $P$  augmente,  $w$  et  $l_0$  diminuent, tandis que  $m$  et

$Q_r$ ,  $TP_r^c$ ,  $TP_r^s$ , et  $TP_r^d$  augmentent. Le prix de vente  $w$  et  $m$  diminue également. Cela implique qu'un taux de production plus élevé  $P$  donne au fournisseur plus d'initiatives pour réduire le prix de gros et stimuler le détaillant à sa demande. Par conséquent, la quantité commandée augmente avec un prix de gros inférieur et le prix de détail diminue lorsque le prix de gros est plus petit. De plus, un plus grand  $P$  raccourcit le fournisseur à son temps de production, ce qui réduit la probabilité de risque de défaillance au cours d'un cycle de production. Pour réduire les coûts, le fournisseur diminue l'investissement en fiabilité. De plus, la baisse des prix de détail stimule les ventes, entraînant une augmentation du flux pour le fournisseur, le détaillant et toute la chaîne d'approvisionnement. Dans le scénario intégré, comme

$P$  augmente,  $p$  et  $l_0$  diminuent, tandis que  $Q_r$  et  $TP_r$  augmentent. Ces résultats sont conformes à ceux du cas décentralisé.

De toute évidence, le prix de détail dans le canal intégré est significativement inférieur à celui de la décentralisée, à savoir  $p_{IE} < m < w_{RE}$ , et l'investissement en fiabilité est supérieur à celui dans le cadre décentralisé, à savoir  $l_{IE} > l_{RE}$ , ce qui conduit à un prix plus élevé des flux pour la chaîne d'approvisionnement.

### (2) Analyse de sensibilité du coût de production unitaire $c_p$

Dans le scénario décentralisé, Tableau 5 montre que lorsque le coût de production  $c_p$  augmente,  $w$  augmente, tandis que  $m$ ,  $l_0$ ,  $Q_r$ , et

$TP_r^c$ ,  $TP_r^s$ , et  $TP_r^d$  diminuent. D'un point de vue économique, lorsque le coût de production unitaire augmente, le fournisseur augmente le prix de gros pour protéger sa marge de vente, ainsi qu'un prix de détail plus élevé fixé par le détaillant, ce qui entraîne une baisse du taux de demande et une baisse de la quantité commandée. Cela conduit à des réductions de profits du fournisseur, du détaillant et de toute la chaîne d'approvisionnement. Dans l'intervalle, lorsque la quantité commandée baisse, le cycle de production est raccourci, ce qui réduit également la probabilité de défaut. Le maximum de profit peut être atteint en utilisant un niveau d'investissement relativement faible. Dans le scénario intégré, lorsque  $c_p$

augmente,  $p$  augmente, tandis que  $l_0$ ,  $Q_r$ , et  $TP_r$  décroissent, qui partagent les mêmes tendances de variation que celles de la scénario optimisé. Il est démontré que le prix de détail dans le canal intégré est inférieur à celui du canal décentralisé. De plus, l'investissement en fiabilité est supérieur à celui du canal décentralisé, ce qui contribue à fiabilité.

### (3) Analyse de sensibilité du taux de détérioration d'origine $\theta$

Dans le scénario décentralisé, nous montrons Tableau 5 que le taux de détérioration  $\theta$  augmente,  $m$ ,  $Q_r$ , et  $l_0$  augmentent, alors que  $w$ ,  $TP_r$

et  $TP_r^s$  diminuent. Cela implique que, lorsque le taux de détérioration  $\theta$  est plus élevé, plus de produits seront commandés auprès du fournisseur. Par conséquent, le fournisseur à son cycle de production est prolongé, ce qui peut entraîner des défauts

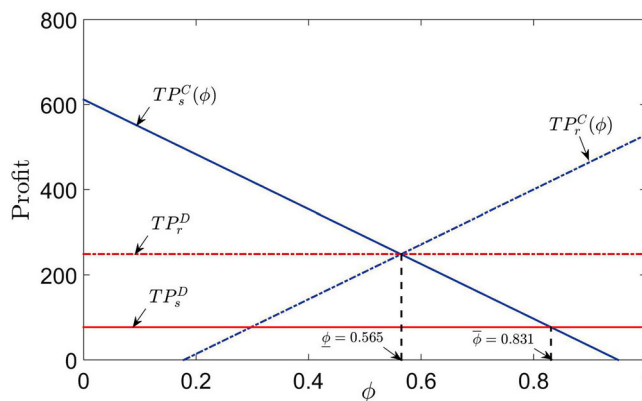


Figure 6. Le détaillant et le fournisseur profitent de  $\phi$ .

rapport aux paramètres du système P, c<sub>p</sub>, h, u, une, et M.

Valeurs des paramètres	Chaîne d'approvisionnement centralisée				Chaîne d'approvisionnement décentralisée						
	p <sub>je</sub>	l <sub>je</sub>	Q <sub>je</sub>	TP <sub>je<sup>sc</sup></sub>	m <sub>ré</sub>	w <sub>ré</sub>	l <sub>ré</sub>	Q <sub>ré</sub>	TP <sub>ré</sub>	TP <sub>ré<sup>s</sup></sub>	TP <sub>ré<sup>sc</sup></sub>
P = 180	12h45	1,597	83,53	489,71	9,97	6,40	1,325	40,13	245,65	76,04	321,69
P = 190	12,41	1,580	83,99	493,57	9,98	6,38	1,314	40,29	247,38	76,71	324,09
P = 200	12,38	1,564	84,41	497,06	10,00	6,35	1,303	40,38	248,95	76,87	325,82
P = 210	12,34	1,549	84,78	500,23	10,01	6,33	1,294	40,50	250,38	77,34	327,72
P = 220	12,31	1,535	85,13	503,13	10,02	6,31	1,285	40,61	251,69	77,74	329,43
c <sub>p</sub> = 1,6	12h15	1,574	86,88	532,87	10,17	6,07	1,310	41,66	265,99	86,65	352,64
c <sub>p</sub> = 1,8	12,26	1,569	85,65	514,83	10,09	6,21	1,306	40,99	257,41	81,51	338,92
c <sub>p</sub> = 2.0	12,38	1,564	84,41	497,06	10,00	6,35	1,303	40,38	248,95	76,87	325,82
c <sub>p</sub> = 2.2	12,49	1,559	83,18	479,55	9,90	6,50	1,300	39,82	240,62	72,69	313,31
c <sub>p</sub> = 2.4	12,60	1,554	81,95	462,32	9,82	6,64	1,297	39,16	232,42	67,79	300,21
u = 0,16	12,29	1,557	83,59	506,03	9,90	6,39	1,302	40,23	256,12	78,26	334,39
u = 0,18	12,33	1,560	84,00	501,59	9,93	6,38	1,303	40,41	252,54	78,38	330,92
u = 0,20	12,38	1,564	84,41	497,06	10,00	6,35	1,303	40,38	248,95	76,87	325,82
u = 0,22	12,42	1,567	84,80	492,44	10,02	6,35	1,305	40,61	245,34	75,37	320,71
u = 0,24	12,46	1,570	85,18	487,74	10,12	6,30	1,306	40,82	241,75	74,62	316,37
a = 0,1	12,36	1,509	84,57	499,93	9,94	6,38	1,305	40,69	250,52	79,30	329,82
a = 0,3	12,37	1,537	84,49	498,48	9,98	6,36	1,304	40,48	249,74	77,68	327,42
a = 0,5	12,38	1,564	84,41	497,06	10,00	6,35	1,303	40,38	248,95	76,87	325,82
a = 0,7	12,38	1,589	84,33	495,66	10,04	6,33	1,302	40,17	248,16	75,26	323,42
a = 0,9	12,39	1,613	84,25	494,28	10,06	6,32	1,302	40,07	248,16	74,45	322,62
M = 60	12,35	1,448	84,73	502,92	10,03	6,30	1,212	40,59	251,66	78,94	330,59
M = 80	12,36	1,509	84,57	499,93	10,01	6,33	1,260	40,51	250,27	78,07	328,34
M = 100	12,38	1,564	84,41	497,06	10,00	6,35	1,303	40,38	248,95	76,87	325,82
M = 120	12,39	1,613	84,25	494,28	9,97	6,38	1,343	40,36	247,68	76,52	324,20
M = 140	12h40	1,659	84,11	491,60	9,95	6,41	1,379	40,30	246,46	75,81	322,28
h = 1.0	11,88	1,586	89,92	559,34	9,72	6,40	1,317	42,99	278,04	93,00	371,04
h = 2.0	12,38	1,564	84,41	497,06	10,00	6,35	1,303	40,38	248,95	76,87	325,82
h = 2.5	12,61	1,553	81,79	467,83	10,13	6,33	1,297	39,18	235,27	69,66	304,93
h = 3	12,84	1,542	79,25	439,81	10,24	6,32	1,291	38,11	222,11	63,50	285,61

risque et entraîner des coûts de restauration plus élevés. Pour réduire les coûts, le fournisseur investira davantage pour améliorer la fiabilité. Pendant ce temps, pour réduire la détérioration de la quantité, le détaillant fixera une marge de vente plus élevée, ce qui vise à réduire le taux de demande et à atteindre un niveau de stock inférieur. Le taux de détérioration élevé joue un rôle négatif dans le profit du fabricant, du détaillant et de toute la chaîne d'approvisionnement. Les stratégies optimales et profit Dans le scénario intégré, les sensibilités au taux de détérioration sont similaires à celles du scénario décentralisé.

(4) Analyse de sensibilité du taux défectueux  $\alpha$ 

Dans le scénario décentralisé, comme le taux défectueux  $\alpha$  augmente,  $m_{ré}$  augmente, alors que  $w_{ré}$ ,  $Q_{ré}$ ,  $l_{ré}$ ,  $TP_{ré}$ ,  $TP_{ré}^s$ , et  $TP_{ré}^{sc}$  diminution. Cela implique qu'en cas de taux défectueux  $\alpha$  est plus élevé, le détaillant tentera de maintenir son profit en fixant une marge de vente plus élevée sous un coût de pénalité plus élevé. L'augmentation de la marge de vente entraîne une baisse du taux de demande et une diminution des quantités commandées. Pour inciter le détaillant à commander plus de produits, le fournisseur fixera un prix de gros inférieur. La quantité de commande réduite raccourcit le cycle de production, ainsi la probabilité de défaut chute et moins d'investissement est nécessaire pour atteindre un niveau de fiabilité approprié. Puisque  $\alpha$  engage plus de coûts, le fournisseur, le détaillant et la chaîne d'approvisionnement profit tous diminuent. Dans le scénario intégré, le prix de vente  $p_p$  et niveau de fiabilité  $l_p$  augmenter, tandis que la quantité commandée  $Q_{je}$  et total supply chain profit  $TP_{je}^{sc}$

diminue. Il est intéressant que  $l_p$  augmente  $\alpha$  dans le scénario décentralisé. En effet, dans le scénario intégré, le fournisseur ne se soucie que de son propre profit et plus  $\alpha$  n'affecte pas son profit directement. Cependant, dans le scénario intégré,  $\alpha$  affecte le total profit directement. Investir davantage dans la fiabilité réduira le total des avantages profit. Donc, dans le scénario intégré,  $l_p$  augmente  $\alpha$ . Comparer le profit dans les deux scénarios, le total profit du scénario intégré est significativement supérieur à celui du scénario décentralisé.

## (5) Analyse de sensibilité du coût de restauration M

Dans le scénario décentralisé, avec une M,  $l_{ré}$ , et  $w_{ré}$  augmente, alors que  $m_{ré}$ ,  $Q_{ré}$ ,  $l_{ré}$ ,  $TP_{ré}$ ,  $TP_{ré}^s$ , et  $TP_{ré}^{sc}$  diminution. Cela révèle que lorsque le coût de la restauration  $\alpha$  est plus élevé, le fournisseur investira davantage dans la réduction du risque de défectuosité, compressant ainsi le coût de

le fournisseur " s le prix de gros augmente, le détaillant doit également fixer un coût de vente plus élevé ( $w_0 \cdot m_{ré}$ ), ce qui entraînera une baisse de la quantité commandée. Bien que le prix de vente augmente, le détaillant " s la marge de vente est réduite, son profit sera gravement blessé. De plus, le fournisseur " s profit et la chaîne d'approvisionnement profit baisse également en raison de la montée en puissance des fournisseurs " s coût de restauration. Les stratégies optimales et profit Dans le scénario intégré, les sensibilités au taux de détérioration sont similaires à celles du scénario décentralisé.

(6) Analyse de sensibilité du coût unitaire de détention des stocks  $h$

Vu de **Tableau 5**, dans le scénario décentralisé, lorsque le coût de détention des stocks unitaires  $h$  monte,  $m_{ré}$  augmente, alors que

$w_{ré}$ ,  $l_{ré}$ ,  $Q_{ré}$ ,  $TP_{ré}$ ,  $TP_{ré}^s$ , et  $TP_{ré}^{sc}$  diminution. Lorsque le coût de détention  $h$  est plus élevé, le détaillant sera enclin à éviter trop inventaire en fixant une marge de vente plus élevée et en réduisant la quantité commandée. Pour inciter le détaillant à commander plus de produits, le fournisseur réduira son prix de gros. Pendant ce temps, la réduction de la quantité commandée raccourcit le cycle de production et réduit le risque de défectuosité. Pour atteindre le maximum de profit, le fournisseur est censé fixer un niveau de fiabilité inférieur. Il est conforme à l'intuition qu'un coût de détention plus élevé nuira à la fois à  $m_{ré}$  profit et la chaîne d'approvisionnement profit. Dans le scénario intégré, lorsque  $h$  augmente,  $p_{ré}$  augmente, tandis que  $l_{ré}$ ,  $Q_{ré}$ , et  $TP_{ré}$

$sc$  diminuer, qui ont les mêmes sensibilités contre  $h$  avec ceux du scénario décentralisé. Cela montre également que la chaîne d'approvisionnement profit sous canal intégré est significativement supérieure à celui de la décentralisation.

Nous présentons également deux exemples numériques avec une fiabilité distribuée exponentielle dans **Annexe A.1** et le coût d'investissement cubique **Annexe A.2**. Des résultats similaires peuvent être obtenus dans les résultats numériques.

### 6.3 Les impacts de l'ignorance du manque de fiabilité

Dans le modèle principal, nous supposons que le fournisseur et le détaillant prennent des décisions de tarification en tenant compte des coûts de non-fiabilité. Cependant, que se passe-t-il si le fournisseur ou / et le détaillant ignorent les coûts? Dans cette sous-section, nous étudions les impacts de l'ignorance de la non fiabilité sur les décisions de prix optimales et profit changer dans le jeu Stackelberg. Nous considérons trois cas, à savoir l'ignorance des fournisseurs, l'ignorance des détaillants, les deux fiabilité " l'ignorance et comparer les résultats avec ceux du modèle principal.

Dans le cas de l'ignorance du fournisseur, le fournisseur prendra des décisions de prix sans tenir compte des coûts de vente de produits de mauvaise qualité et de l'investissement en fiabilité; dans le cas de l'ignorance du détaillant, le détaillant prend des décisions de prix sans tenir compte des coûts de vente de produits de mauvaise qualité; dans le cas de l'ignorance, le fournisseur et le détaillant ignorent tous les deux les coûts de vente de produits de mauvaise qualité et les investissements de fiabilité. Nous utilisons les données présentées dans **Tableau 4**. Les résultats numériques sont présentés dans

**Tableau 6**. Dans **Figures 7 et 8**, nous testons fiabilité les impacts de fiabilité " ignorance de la non-fiabilité des décisions de prix et le profit correspondant fiabilité. Premièrement, nous montrons que lorsque le détaillant ignore les coûts de non-fiabilité lorsqu'il prend des décisions en matière de prix, le détaillant fixera la marge de vente la plus faible et le fournisseur fixera le prix de gros le plus élevé. La distorsion des prix optimaux pour les deux

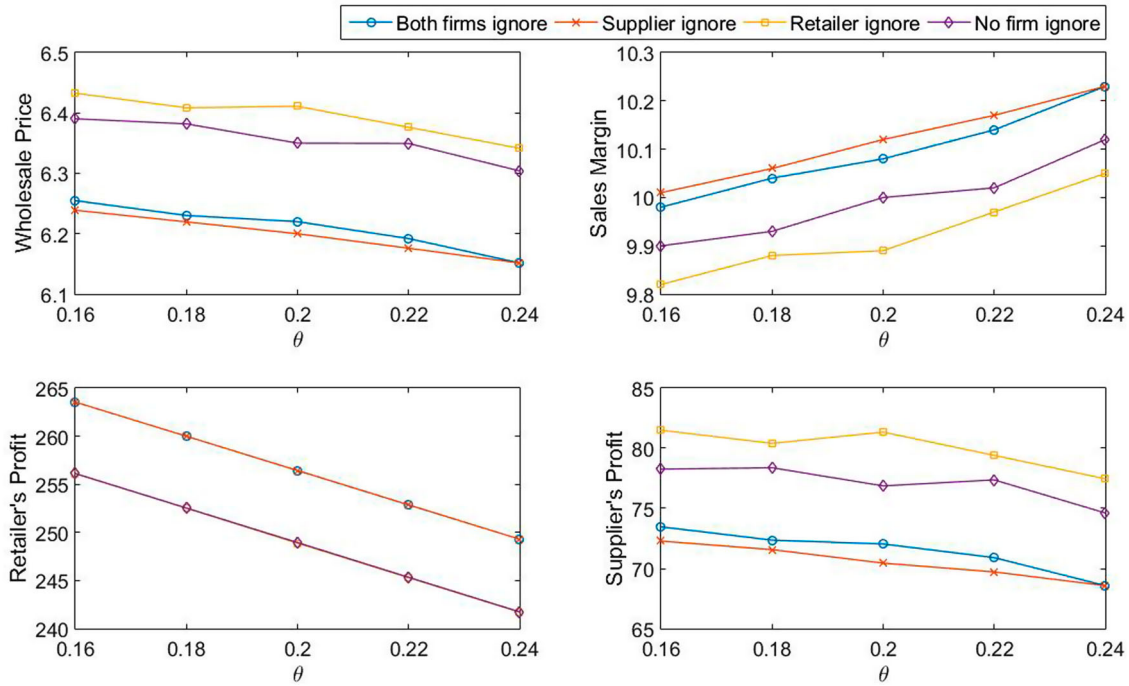
fiabilité lorsque le détaillant ignore le coût de la non-fiabilité blesse légèrement le détaillant " s bénéfice; cependant, cela signifie fiabilité apporte une contribution importante au fournisseur " s profit. Deuxièmement, nous montrons également que lorsque le fournisseur lui-même ignore les coûts de non-fiabilité lorsqu'il prend des décisions en matière de prix, le détaillant fixera la marge de vente la plus élevée, donc le fournisseur fixera la marge de vente la plus faible. En conséquence, le détaillant " s l'ignorance du coût du manque de fiabilité nuit au détaillant " s profit et bénéficie au détaillant. Enfin, lorsque les deux fiabilité ignore les coûts de non-fiabilité, le prix de gros sera inférieur et la marge de vente sera plus élevée que celle du modèle principal. Le détaillant " s profit augmente, tandis que le fournisseur " s profit diminue considérablement. En résumé, ignorer le coût de la non-fiabilité entraînera des décisions non économiques et conduira à fiabilité tomber.

### 6.4. Analyse de sensibilité sur la coordination des résultats

L'analyse de sensibilité sur la région réalisable du paramètre de coordination  $F$  par rapport aux paramètres du système  $P$ ,  $c_p$ ,  $u$ ,  $une$ ,  $M$ , et  $h$  est présenté dans **Tableau 7**. Nous montrons que la borne supérieure ( $F$ ) et borne inférieure ( $\underline{F}$ ) de la région réalisable  $c_p$ ,  $u$ ,  $une$ , et  $h$ , pour atteindre la coordination de la chaîne d'approvisionnement, plus de fournisseur " s les revenus du commerce de gros doivent être partagés avec le détaillant. Cependant, pour  $P$  et  $M$ , un taux de partage relativement faible aidera les deux fiabilité réalise la coordination. Nous avons également testé la taille de la région réalisable, à savoir  $f = f - \underline{F}$ ,

Tableau 6. Résultats comparatifs lorsque fiabilité peut ignorer le manque de fiabilité.

	$m_{ré}$	$w_{ré}$	$l_{ré}$	$Q_{ré}$	$TP_{ré}$	$TP_{ré}^s$
Tous les deux fiabilité ignorer	10.08	6.22	1	41,00	256,43	72,04
Le fournisseur ignore	10.12	6.20	1	40,79	256,44	70,45
Détaillant ignorer	9,89	6,41	1,306	40,95	248,87	81,34
Non fiabilité ignorer	10.00	6.35	1,303	40,38	248,95	76,87



Impacts de l'ignorance de la fiabilité sur les décisions de prix et les avantages fiscaux quand  $\theta$  change.

nous observons que le profit augmente après augmentation de la coordination avec  $P$  et  $c_p$ , qui figure 7.

qui est élargi pour plus  $c_p$ ,  $u$ ,  $h$ , et plus bas  $M$ . Cela signifie que la chaîne d'approvisionnement sera plus probablement coordonnée lorsque le coût de production, le taux de défauts et les paramètres  $P$ ,  $c_p$ ,  $u$ ,  $h$ ,  $M$ , et  $h$ . Il est démontré qu'après la coordination, la chaîne d'approvisionnement totale profite d'une augmentation de plus de 50% dans ce cas numérique. Tout d'abord, le coût des stocks est élevé, ou lorsque le fournisseur a le coût de restauration est faible.

Dans Figure 9, nous montrons les impacts de la mise en œuvre du contrat de coordination au profit d'un changement de la chaîne d'approvisionnement totale par rapport aux

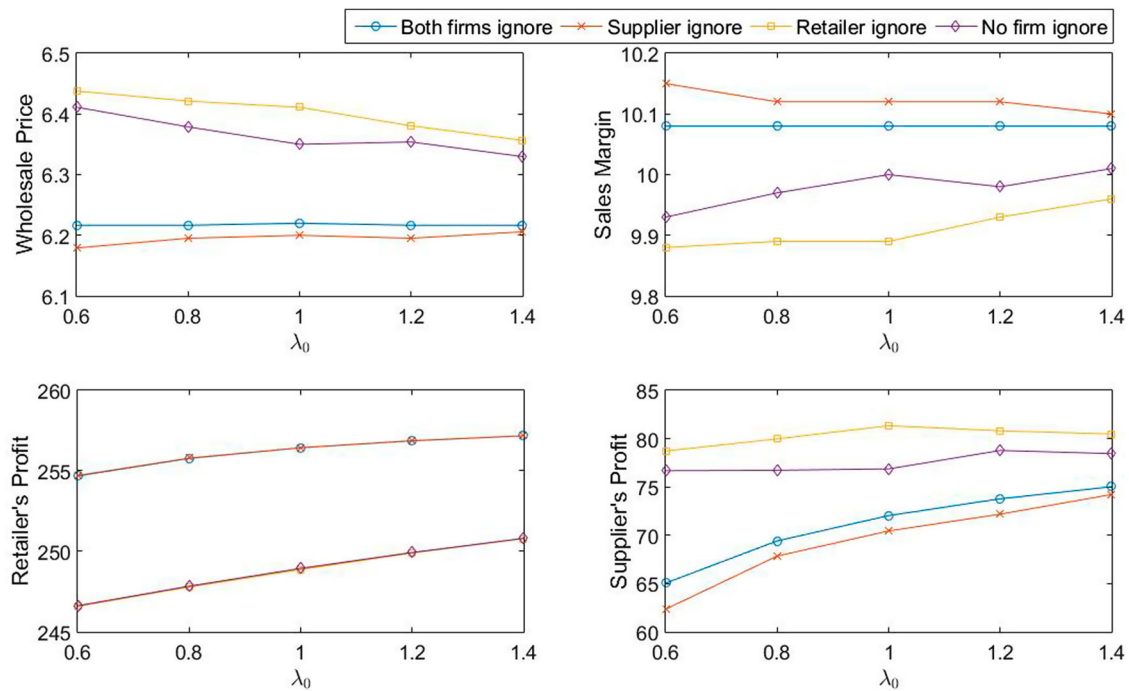
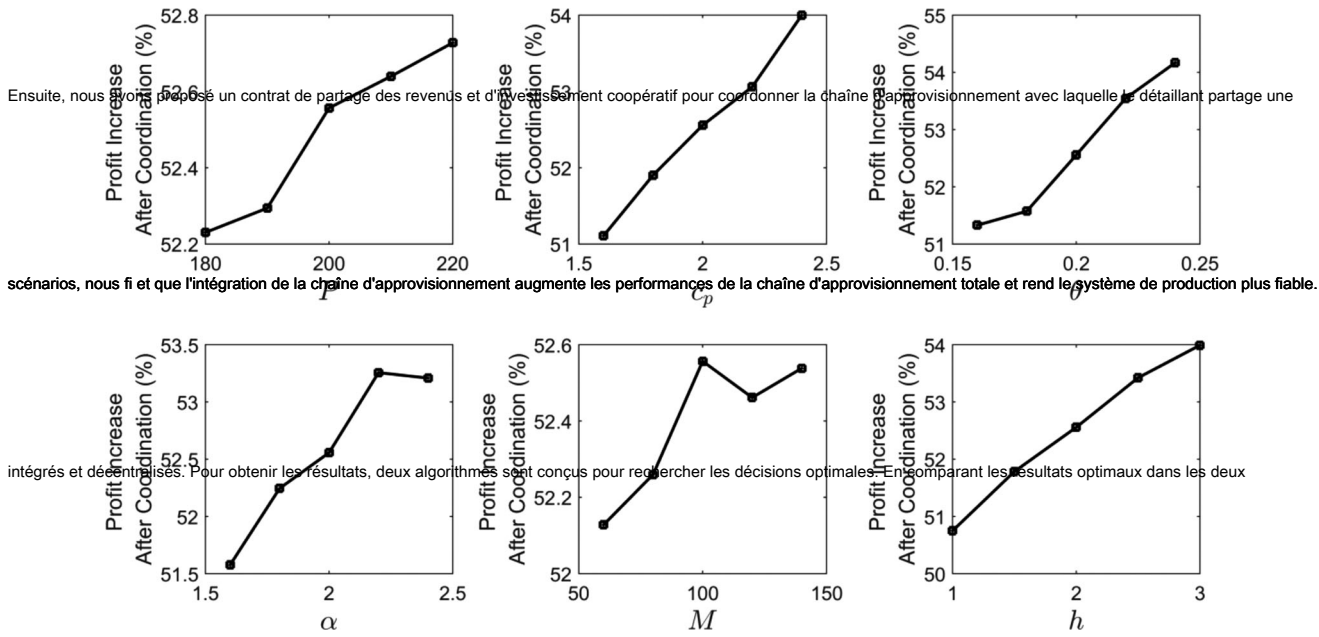


Figure 8. Impacts de l'ignorance de la fiabilité sur les décisions de prix et les avantages fiscaux quand  $\lambda_0$  change. 6216



P	180	190	200	210	220	Impact	$c_p$	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	Impact
F	0,833	0,830	0,828	0,826	0,824		F	0,825	0,827	0,828		0,828	0,830
$\bar{F}$	0,567	0,564	0,562	0,560	0,558		$\bar{F}$	0,561	0,561	0,562		0,562	0,563
ré F	0,266	0,266	0,266	0,266	0,266	-	ré F	0,264	0,266	0,266	0,266	0,267	
u	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	Impact	une	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	Impact
$\bar{u}$ , une, M, et h	0,820	0,823	0,828	0,830	0,837		F	0,825	0,827	0,828		0,830	0,831
$\bar{F}$	0,554	0,559	0,562	0,568	0,569		$\bar{F}$	0,562	0,562	0,562		0,562	0,563
ré F	0,266	0,266	0,266	0,266	0,266	-	ré F	0,263	0,265	0,266		0,268	0,268
M	60	80	100	120	140	Impact	h	1	1,5	2	2,5	3	Impact
F	0,828	0,828	0,828	0,827	0,826		F	0,804	0,817	0,828		0,839	0,849
$\bar{F}$	0,562	0,562	0,562	0,562	0,561		$\bar{F}$	0,546	0,554	0,562		0,570	0,578
ré F	0,266	0,266	0,266	0,265	0,265		ré F	0,258	0,263	0,266		0,269	0,271

partie du fournisseur "s investissement, en contrepartie, le fournisseur partage une partie de ses revenus Tableau 7. Paramètre de coordination F par rapport aux paramètres du système P, c.p. Remarque: ré F =  $\bar{F}$ , qui indique la taille de la zone de coordination.



le fournisseur peut investir pour améliorer sa chaîne de production "s fiabilité et réduire le taux de défauts attendu. nous fi étudier d'abord les décisions optimales dans les scénarios Figure 9. Le détaillant "s et le fournisseur "s profit change par rapport à  $\phi$ .

indique que les deux firms sera plus disposée à coopérer lorsque le fournisseur "s le taux de production ou le coût de production est élevé. Deuxièmement, nous fi et que lorsque le taux de détérioration de la production ou le coût de détention des stocks unitaires est élevé, la coordination fi t à la chaîne d'approvisionnement. Troisièmement, nous pouvons également voir que pro fit l'incrément t n'augmente pas de façon monotone une et M. Quand soit une ou M devient élevé, la volonté de coordination peut légèrement diminuer. Dans l'ensemble, le dépend de plusieurs paramètres étudiés. Le fournisseur "s et le détaillant "s profit change par rapport à  $\phi$ .

7. Conclusions

Dans cet article, une chaîne d'approvisionnement à deux échelons pour la détérioration d'articles impliquant un fournisseur et un détaillant avec une fiabilité endogène et une demande

avec le détaillant. Nous utilisons des simulations numériques et une analyse de sensibilité pour illustrer davantage les propriétés du modèle et obtenir des implications managériales importantes.

Le modèle peut être étendu de trois manières. Premièrement, dans cet article, nous avons étudié un problème statique de prix et d'investissement. Cependant, dans les vraies affaires, **fi rms peut modifier dynamiquement ses prix ou ses décisions d'investissement. Par conséquent, à l'avenir, nous pouvons envisager les stratégies de marketing et d'investissement dynamiques.** Deuxièmement, dans l'industrie, il peut y avoir **fi efficace au même niveau dans la chaîne d'approvisionnement. Par conséquent, étudier comment la concurrence affecte fi rms " les décisions de contrôle des prix et de la fiabilité sont plus intéressantes et plus pratiques, ce qui est une autre direction de nos recherches futures.** Troisièmement, dans ce modèle, nous n'avons étudié qu'une chaîne d'approvisionnement à deux niveaux. Dans l'industrie réelle, la chaîne d'approvisionnement peut avoir plusieurs niveaux dont la production peut également être peu fiable. Comment contrôler la qualité tout au long de la chaîne d'approvisionnement mérite également d'être étudié. Quatrièmement, dans cet article, nous étudions uniquement les problèmes de qualité incertaine; cependant, la quantité et la qualité peuvent toutes deux être affectées, ce qui peut également être l'une **de nos futures orientations de recherche. Enfin, dans cet article, nous supposons que le fi rm ne peut produire qu'un seul produit. À l'avenir, nous pouvons étudier fi rms " planification de l'assortiment avec contrôle de fiabilité.**

Déclaration de divulgation

Pas de con potentiel fi un litige d'intérêt a été signalé par les auteurs.

Le financement

Ce travail a été soutenu par la Fondation nationale des sciences naturelles de Chine [Nos. 71771053, 71371003, 71628101, 71390334 et 71531004], les Fonds de recherche fondamentale pour les universités centrales [No. 2242017K41036], l'étudiant diplômé Scienti fi c Programme d'innovation en recherche de la province du Jiangsu [Non. KYLX\_0140], et le Scienti fi c Fondation de recherche de la Graduate School of Southeast University [No.YBJJ1526]. La recherche a également été en partie financée par le projet 777742 [GOLF-H2020-MSCA-RISE-2017] et le projet 691249 [EU H2020-MSCA-RISE-2015].

Références

- Abboud, NE **1997** . " Une approximation simple du modèle EMQ avec des échecs de machine de Poisson. " *Planification et contrôle de la production* 8: 385 - 397.
- Abboud, NE, MY Jaber et NA Noueihed. **2000** . " Dimensionnement économique des lots en tenant compte de l'indisponibilité de RandomMachine Temps. " *Ordinateurs et recherche opérationnelle* 27: 335 - 351.
- Atan, Z. et LV Snyder. **2014** . " Modèles EOQ avec des ruptures d'approvisionnement. " *Manuel des problèmes d'inventaire EOQ* 197: 43 - 55. Ben-Daya, M., M. Hariga et SN Khurshheed. **2008** . " Modèle de quantité de production économique avec un taux de production variable. " *Transactions internationales en recherche opérationnelle* 15: 87 - 101.
- Burwell, TH, DS Dave, KE Fitzpatrick et MR Roy. **1997** . " Modèle de taille de lot économique pour une demande dépendante du prix Remises sur la quantité et le fret. " *Journal international d'économie de la production* 48: 141 - 155.
- Chakraborty, T., BC Giri et KS Chaudhuri. **2008** . " Dimensionnement des lots de production avec détérioration du processus et panne de la machine. " *Oméga* 185: 606 - 618.
- Chen, TH **2017** . " Optimisation des prix, des réapprovisionnements et des décisions de reprise pour les articles imparfaits et détériorés dans un fabricant-Canal détaillant. " *Journal international d'économie de la production* 183: 539 - 550.
- Chen, JM et TH Chen. **2007** . " Le pro fi t-MaximisationModel pour un canal de distribution multi-éléments. " *Volet Recherche sur les transports E: Revue de la logistique et du transport* 43: 338 - 354.
- Chung, KJ et KL Hou. **2003** . " Une durée de production optimale avec des processus de production imparfaits et des pénuries admissibles. " *Ordinateurs et recherche opérationnelle* 30: 483 - 490.
- Chung, CJ, GA Widyadana et HM Wee. **2011** . " Modèle de quantité de production économique pour la détérioration des stocks avec aléatoire Indisponibilité et pénurie de machines. " *Journal international de recherche en production* 49: 883 - 902.
- Dada, M., NC Petruzzi et LB Schwarz. **2011** . " Un marchand de journaux " s Problème d'approvisionnement lorsque les fournisseurs ne sont pas fiables. " *Gestion des opérations de fabrication et de service* 9: 9 - 32.
- Dye, CY, HJ Chang et JT Teng. **2006** . " Un modèle d'inventaire dégradé avec une demande variable dans le temps et en fonction de la pénurie Arriéré partiel. " *Revue européenne de recherche opérationnelle* 172: 417 - 429.
- Dye, CY et TP Hsieh. **2012** . " Une politique de réapprovisionnement optimale pour la détérioration des articles avec un investissement efficace dans la conservation La technologie. " *Revue européenne de recherche opérationnelle* 218: 106 - 112.
- Dye, CY et TP Hsieh. **2013** . " Une optimisation de l'essai de particules pour résoudre le problème de dimensionnement des lots avec la demande fluctuante et Coût de la technologie de conservation sous crédit commercial. " *Journal of Global Optimization* 55: 655 - 679.
- Ferguson, ME et ME Ketzenberg. **2004** . *Partage d'informations pour améliorer la fraîcheur des produits de détail des denrées périssables ( ed.3)*. Géorgie Institute of Technology, 15. Gavish, B. et SC Graves. **1981** . " Systèmes de production / inventaire avec un taux de production stochastique soumis à un examen continu Politique. " *Ordinateurs et recherche opérationnelle* 8: 169 - 183.

- Gharbi, A., JP Kenn et M. Beit. 2007 . " Stocks de sécurité optimaux et périodes de maintenance préventive dans une fabrication peu fiable Systèmes. " *Journal international d'économie de la production* 107: 422 - 434.
- Ghare, P. et G. Schrader. 1963 . " Un modèle pour l'inventaire en décomposition exponentielle. " *Journal of Industrial Engineering* 14: 238 - 243. Giri, BC, A. Jalan et K. Chaudhuri. 2003 . " Modèle de quantité d'ordre économique avec répartition de la détérioration de Weibull, pénurie et Demande de type rampe. " *Journal international de science des systèmes* 34: 237 - 243.
- Giri, BC, WY Yun et T. Dohi. 2005 . " Conception optimale de systèmes d'inventaire de production peu fiables avec un taux de production variable. " *Revue européenne de recherche opérationnelle* 162: 372 - 386.
- Glock, CH 2013 . " Le paradoxe de la panne de la machine: comment les changements aléatoires du taux de production peuvent augmenter Company Pro fi ts. " *Ordinateurs et génie industriel* 66: 1171 - 1176.
- Gurmani, H., R. Akella et J. Lehoczy. 2000 . " Gestion de l'approvisionnement dans les systèmes d'assemblage avec rendement aléatoire et demande aléatoire. " *Transactions IIE* 32: 701 - 714.
- Lui, Y., H. Huang et D. Li. 2018 . " Décisions d'inventaire et de prix pour une chaîne d'approvisionnement à deux canaux avec des produits détériorants. " *Recherche opérationnelle*. doi: 10.1007 / s12351-018-0393-2 .
- Hsu, P., H. Wee et H. Teng. 2010 . " Investissement dans les technologies de préservation pour la détérioration des stocks. " *Journal international de Économie de la production* 124: 388 - 394.
- Huang, H., Y. He et D. Li. 2017 . " EPQ pour un système de production peu fiable avec fiabilité endogène et détérioration du produit. " *Transactions internationales en recherche opérationnelle* 24: 839 - 866.
- Huang, H., Y. He et D. Li. 2018 . " Décisions sur les prix et les stocks dans la chaîne d'approvisionnement alimentaire avec interruption de la Détérioration contrôlable. " *Journal of Cleaner Production* 180: 280 - 296.
- Iravani, SMR et I. Duenyas. 2002 . " Maintenance intégrée et contrôle de la production d'un système de production en détérioration. " *IIE Transactions* 34: 423 - 435.
- Jeang, A. 2012 . " Détermination simultanée de la taille du lot de production et des paramètres de processus dans le cadre du processus Détérioration et processus Panne. " *Oméga* 40: 774 - 781.
- Kim, C., Y. Hong et S. Chang. 2001 . " Durée de production optimale et calendriers d'inspection dans un processus de production dégradé. " *Transactions IIE* 33: 421 - 426.
- Krause, DR, RB Hand fi eld, et BB Tyler. 2007 . " Les relations entre développement des fournisseurs, engagement, capital social Accumulation et amélioration des performances. " *Journal of Operations Management* 25: 528 - 545.
- Lee, JH et IK Moon. 2006 . " Modèles d'inventaire coordonnés avec politique de rémunération dans une chaîne d'approvisionnement à trois niveaux. " Dans *Science computationnelle et ses applications-ICCSA 2006*, 600 - 609. Glasgow, Royaume-Uni: Springer.
- Liang, Y. et F. Zhou. 2011 . " Un modèle d'inventaire à deux entrepôts pour la détérioration des articles dans les délais autorisés sous condition Paiement. " *Modélisation mathématique appliquée* 35: 2221 - 2231.
- Lin, YH, C. Lin et B. Lin. 2010 . " On Con fi ct et coopération dans un modèle d'inventaire à deux échelons pour la détérioration des articles. " *Des ordinateurs & Ingénieur industriel* 59: 703 - 711.
- Lin, Y., JC Yu et KJ Wang. 2009 . " An Ef fi Modèle de réapprovisionnement efficace des articles détériorés pour un fournisseur - Partenariat acheteur en hi- Industrie technologique. " *Planification et contrôle de la production* 20: 431 - 444.
- Liu, S., KC So et F. Zhang. 2010 . " Effet de la fiabilité de l'approvisionnement dans un environnement de vente au détail avec des décisions conjointes de commercialisation et d'inventaire. " *Gestion des opérations de fabrication et de service* 12: 19 - 32.
- Lo, ST, HM Wee et WC Huang. 2007 . " Un modèle intégré de production et d'inventaire avec des processus de production imparfaits et Détérioration de la distribution de Weibull sous In fi ation. " *Journal international d'économie de la production* 106: 248 - 260.
- Mahata, GC 2012 . " Un modèle d'inventaire basé sur l'EPQ pour la détérioration exponentielle des articles dans le cadre de la politique de crédit commercial partiel des détaillants en Chaîne d'approvisionnement. " *Systèmes experts avec applications* 39: 3537 - 3550.
- Noh, JS, JS Kim et B. Sarkar. 2016 . " Problème de réapprovisionnement conjoint stochastique avec remises sur quantité et commande minimale Contraintes. " *Recherche Opérationnelle-Une Revue Internationale*. doi: 10.1007 / s12351-016-0281-6 .
- Rahim, MA et WI Al-Hajailan. 2006 . " Un cycle de production optimal pour un processus de production imparfait avec des pénuries admissibles et taux défectueux de fraction variable dans le temps. " *Journal international des technologies de fabrication avancées* 27: 1170 - 1177.
- Roebuck, M. 2015 . " La Chine doit améliorer sa chaîne d'approvisionnement cool pour suivre le rythme de la demande de produits frais. " *The Cool Star*. Consulté 24 Février 2018. <http://theloadstar.co.uk/coolstar/china-must-improve-its-cool-supply-chain-to-keep-pace-with-demand-for-freshfood/> .
- Rosenblatt, MJ et HL Lee. 1986 . " Cycles de production économiques avec des processus de production imparfaits. " *Transactions IIE* 18: 48 - 55. Sana, SS 2010a . " Un modèle de taille de lot de production économique dans un système de production imparfait. " *Journal Européen des Opérations Recherche* 201: 158 - 170.
- Sana, SS 2010b . " Un modèle de production-inventaire dans un processus de production imparfait. " *Revue européenne de recherche opérationnelle* 200: 451 - 464.
- Sana, S., S. Goyal et K. Chaudhuri. 2004 . " Une production - Modèle d'inventaire pour un article se détériorant avec une demande tendue et Pénuries. " *Revue européenne de recherche opérationnelle* 157: 357 - 371.
- Sana, SS, SK Goyal et K. Chaudhuri. 2007 . " Un processus de production imparfait dans un modèle d'inventaire flexible en volume. " *International Journal of Production Economics* 105: 548 - 559.
- Sarkar, B. 2012 . " Un modèle d'inventaire fiable dans un processus de production imparfait. " *Mathématiques appliquées et calcul* 218: 4881 - 4891.

- Sarkar, B. 2013 . " Un modèle de production-inventaire avec détérioration probabiliste dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement à deux échelons. " *Appliqué Modélisation mathématique* 37: 3138 - 3151.
- Sarkar, B., A. Majumder, M. Sarkar, B. Dey et G. Roy. 2016 . " Modèle de chaîne d'approvisionnement à deux échelons avec qualité de fabrication Amélioration et réduction des coûts de configuration. " *Journal of Industrial & Management Optimization* 13: 1085 - 1104.
- Sarkar, B. et S. Saren. 2016 . " Politique d'inspection des produits pour un système de production imparfait avec erreurs d'inspection et coût de garantie. " *Revue européenne de recherche opérationnelle* 248: 263 - 271.
- Sarkar, M. et B. Sarkar. 2013 . " Un modèle de quantité de fabrication économique avec détérioration probabiliste dans un système de production. " *Modélisation économique* 31: 245 - 252.
- Shah, NH, HN Soni et KA Patel. 2013 . " Optimisation de la politique d'inventaire et de marketing pour les éléments de détérioration non instantanée avec des taux de détérioration de type généralisé et de coûts de détention. " *Oméga* 41: 421 - 430.
- Skouri, K., I. Konstantaras, S. Papachristos et I. Ganas. 2009 . " Modèles d'inventaire avec taux de demande de type rampe, carnet de commandes partiel et le taux de détérioration de Weibull. " *Revue européenne de recherche opérationnelle* 192: 79 - 92.
- Tang, SY, H. Gurmani et D. Gupta. 2014 . " Gestion des perturbations dans les chaînes d'approvisionnement décentralisées avec un processus d'approvisionnement endogène Fiabilité. " *Gestion de la production et des opérations* 23: 1198 - 1211.
- Thangam, A. et R. Uthayakumar. 2009 . " Financement du crédit commercial à deux échelons pour les articles périssables dans une chaîne d'approvisionnement lorsque la demande Dépend à la fois du prix de vente et de la période de crédit. " *Ordinateurs et génie industriel* 57: 773 - 786.
- Tiwari, S., CK Jaggi et M. Gupta. 2018 . " Politique de tarification et de dimensionnement des lots optimales pour le système de chaîne d'approvisionnement avec détérioration des articles Sous une capacité de stockage limitée. " *Journal international d'économie de la production* 200: 278 - 290.
- Tomlin, B. 2006 . " Sur la valeur des stratégies d'atténuation et de contingence pour la gestion des risques de perturbation de la chaîne d'approvisionnement. " *La gestion Science* 52: 639 - 657.
- Wang, Y., W. Gilland et B. Tomlin. 2010 . " Atténuer le risque d'approvisionnement: double approvisionnement ou amélioration des processus? " *Fabrication et service Gestion des opérations* 12: 489 - 510.
- Wang, K.-J., Y. Lin et C. Jonas. 2011 . " Optimisation de la politique d'inventaire pour les produits avec des taux de détérioration sensibles au facteur temps dans un Chaîne d'approvisionnement Echelon. " *Journal international d'économie de la production* 130: 66 - 76.
- Wee, HM et GA Widyadana. 2012 . " Modèles de quantité de production économique pour la détérioration des articles avec reprise et stochastique Temps de maintenance préventive. " *Journal international de recherche en production* 50: 2940 - 2952.
- Zhang, J., G. Liu, Q. Zhang et Z. Bai. 2015 . " Coordination d'une chaîne d'approvisionnement pour la détérioration d'articles avec un partage des revenus et Contrat d'investissement coopératif. " *Oméga* 56 (3): 37 - 49.

## Annexe 1. Deux exemples numériques

A.1. Résultats numériques lorsque  $s$  est distribué de façon exponentielleNous gardons les paramètres inchangés dans l'exemple numérique, sauf pour  $s$ , qui suit une distribution exponentielle. En d'autres termes,

$$F_I(s) = \frac{1}{1 + \lambda s}, \quad F_I(r) = 1 - e^{-\lambda r}$$

Les stratégies optimales dans la chaîne d'approvisionnement intégrée  $p_I = 13.86$ ,  $l_I = 1.614$ ,  $Q_I = 150.90$ , et le temps unitaire total pro fit
 $TP_{sc} = 388.85$ . Les stratégies d'équilibre du fabricant et du détaillant sont  $m_D = 11.12$ ,  $w_D = 6.04$ ,  $l_D = 1.370$ ,  $Q_D = 69.82$ ,
respectivement. L'unité de temps total correspondante pro fits  $TP_{ré}$ 
 $r = 183.13$ ,  $TP_{ré} = 72.74$ , et  $TP_{ré} = 255.87$ . Analyse de sensibilité avec
par rapport aux paramètres du système  $P$ ,  $c_p$ ,  $u$ ,  $une$ ,  $M$ , et  $h$  sont répertoriés dans le tableau A1. $s$  est distribué de façon exponentielle.

Valeurs des paramètres	Chaîne d'approvisionnement centralisée				Chaîne d'approvisionnement décentralisée						
	$p_{jo}$	$l_{jo}$	$Q_{jo}$	$TP_{j_{sc}}$	$m_{ré}$	$w_{ré}$	$l_{ré}$	$Q_{ré}$	$TP_{ré}$	$TP_{ré}$	$TP_{ré}$
$P = 180$	14.01	1,632	147,31	377,23	11.13	6.11	1,387	68,65	178,39	70,53	248,92
$P = 190$	13,93	1,623	149,18	383,29	11.12	6.07	1,378	69.16	180,87	71,36	252,23
$P = 200$	13,86	1,614	150,89	388,84	11.12	6.04	1,370	69,82	183,13	72,74	255,87
$P = 210$	13,80	1,605	152,46	393,95	11.11	6.02	1,363	70,53	185,21	74,37	259,58
$P = 220$	13,74	1,597	153,89	398,65	11.10	5.99	1,355	70,86	187,13	74,85	261,97
$c_p = 1,6$	13,63	1,622	156,66	422,24	11.29	5.76	1,377	72,59	198,37	81,46	279,84
$c_p = 1,8$	13,75	1,618	153,77	405,37	11.22	5.89	1,373	71.04	190,68	76,52	267,20
$c_p = 2.0$	13,86	1,614	150,89	388,84	11.12	6.04	1,370	69,82	183,13	72,74	255,87
$c_p = 2.2$	13,98	1,610	148.03	372,66	11.01	6.20	1,366	68,70	175,72	69,37	245.10
$c_p = 2.4$	14.10	1,605	145.18	356.80	10,97	6.31	1,361	66,84	168,48	63,71	232.20
$u = 0,16$	13,63	1,609	150,24	411.21	10,85	6.15	1,370	70,54	197.02	78,62	275,64
$u = 0,18$	13,74	1,612	150,64	400,15	10,99	6.09	1,370	70.14	190.06	75,52	265,58
$u = 0,20$	13,86	1,614	150,89	388,84	11.12	6.04	1,370	69,82	183,13	72,74	255,87
$u = 0,22$	13,99	1,619	151,00	377,29	11.26	5.97	1,369	69,34	176,22	69,58	245,81
$u = 0,24$	14.12	1,618	150,94	365,50	11,36	5.94	1,369	69,27	169,33	67,79	237.13
$a = 0,1$	13,84	1,539	151,46	393,25	11.12	6.04	1,370	69,81	185,55	72,74	258,29
$a = 0,3$	13,85	1,578	151.17	391.02	11.12	6.04	1,370	69,81	184,34	72,74	257,08
$a = 0,5$	13,86	1,614	150,89	388,84	11.12	6.04	1,370	69,82	183,13	72,74	255,87
$a = 0,7$	13,88	1,648	150,62	386,71	11.17	6.01	1,368	69,28	181,92	71,00	252,93
$a = 0,9$	13,89	1,681	150,35	384,62	11.17	6.01	1,368	69,28	180,72	71,00	251,72
$M = 60$	13,82	1,485	151,85	397.06	11.19	5.95	1,258	70,22	186,68	75.11	261,79
$M = 80$	13,84	1,552	151,36	392,88	11.17	5.98	1,317	69,84	184,87	73,35	258,23
$M = 100$	13,86	1,614	150,89	388,84	11.12	6.04	1,370	69,82	183,13	72,74	255,87
$M = 120$	13,88	1,671	150,43	384,93	11.10	6.07	1,417	69,48	181,44	71,15	252,60
$M = 140$	13,90	1,723	149,98	381.12	11.06	6.11	1,460	69,38	179,81	70,33	250.14
$h = 1.0$	12,88	1,646	175.05	501,99	11.09	5.58	1,400	81,69	259,24	113,26	372,51
$h = 1,5$	13,39	1,630	162,46	442,54	11.11	5.81	1,385	75,67	219,60	91,98	311,59
$h = 2.0$	13,86	1,614	150,89	388,84	11.12	6.04	1,370	69,82	183,13	72,74	255,87
$h = 2.5$	14h30	1,597	140.20	340,21	11h15	6.25	1,352	63,79	149,76	54,45	204,21
$h = 3.0$	14,70	1,580	130,27	296.09	11.19	6.46	1,334	57,73	119,44	37,57	157.01

A.2. Résultats numériques lorsque le coût d'investissement suit une forme cubique

Nous gardons les paramètres inchangés dans l'exemple numérique sauf pour un coût d'investissement cubique  $= k (I - I_0) s / 2$ . Les stratégies optimales dans la chaîne d'approvisionnement intégrée  $p_I = 12.37$ ,  $l_I = 1.599$ ,  $Q_I = 84.43$ , et le temps unitaire total pro fit
 $TP_{sc} = 498.47$ . Les stratégies d'équilibre du fabricant et du détaillant sont  $m_D = 9.99$ ,  $w_D = 6.34$ ,  $l_D = 1.414$ ,  $Q_D = 40.46$ ,
respectivement. L'unité de temps total correspondante pro fits  $TP_{ré}$ 
 $r = 249.73$ ,  $TP_{ré} = 77.69$ , et  $TP_{ré} = 327.43$ . Analyse de sensibilité avec
par rapport aux paramètres du système  $P$ ,  $c_p$ ,  $u$ ,  $une$ ,  $M$ , et  $h$  sont répertoriés dans le tableau A2. Tableau A1. Analyse de sensibilité par rapport aux paramètres du système  $P$ ,  $c_p$ ,  $u$ ,  $une$ ,  $M$ , et  $h$  quand

Tableau A2. Analyse de sensibilité par rapport aux paramètres du système P, c<sub>p</sub>, u, une, M, et h lorsque le coût d'investissement suit une forme cubique.

Valeurs des paramètres	Chaîne d'approvisionnement centralisée				Chaîne d'approvisionnement décentralisée						
	p <sub>je</sub>	l <sub>je</sub>	Q <sub>je</sub>	TP <sub>je,sc</sub>	m <sub>ré</sub>	w <sub>ré</sub>	l <sub>ré</sub>	Q <sub>ré</sub>	TP <sub>ré</sub>	TP <sub>ré</sub>	TP <sub>ré,sc</sub>
P = 180	12h45	1,621	83,55	491,16	9,97	6,39	1,431	40,16	246,45	76,53	322,98
P = 190	12,41	1,610	84,01	495,00	10,02	6,35	1,421	40,16	248,18	75,95	324,13
P = 200	12,37	1,599	84,43	498,47	9,99	6,34	1,414	40,46	249,73	77,69	327,43
P = 210	12,33	1,589	84,81	501,62	10,03	6,29	1,400	40,63	252,45	78,10	330,56
P = 220	12h30	1,579	85,15	504,50	10,01	6,28	1,387	41,01	254,73	80,29	335,02
c <sub>p</sub> = 1,6	12,14	1,605	86,90	534,29	10,18	6,05	1,419	41,68	266,79	87,07	353,87
c <sub>p</sub> = 1,8	12,26	1,602	85,66	516,25	10,06	6,21	1,417	41,22	258,18	83,58	341,77
c <sub>p</sub> = 2,0	12,37	1,599	84,43	498,47	9,99	6,34	1,414	40,46	249,73	77,69	327,43
c <sub>p</sub> = 2,2	12,48	1,596	83,20	480,96	9,88	6,50	1,412	39,95	241,39	73,91	315,31
c <sub>p</sub> = 2,4	12,59	1,592	81,97	463,72	9,79	6,64	1,410	39,34	233,19	69,38	302,58
u = 0,16	12,28	1,595	83,61	507,44	9,90	6,37	1,413	40,25	256,90	78,68	335,59
u = 0,18	12,33	1,597	84,02	502,99	9,92	6,37	1,414	40,48	253,32	79,20	332,53
u = 0,20	12,37	1,599	84,43	498,47	9,99	6,34	1,414	40,46	249,73	77,69	327,43
u = 0,22	12,41	1,601	84,82	493,86	10,07	6,31	1,414	40,42	246,14	76,17	322,32
u = 0,24	12,46	1,603	85,21	489,16	10,14	6,28	1,415	40,39	242,54	74,64	317,18
a = 0,1	12,35	1,562	84,60	501,26	9,99	6,34	1,414	40,46	251,19	77,69	328,89
a = 0,3	12,36	1,581	84,51	499,86	9,99	6,34	1,414	40,46	250,46	77,69	328,16
a = 0,5	12,37	1,599	84,43	498,47	9,99	6,34	1,414	40,46	249,73	77,69	327,43
a = 0,7	12,38	1,616	84,35	497,10	9,99	6,34	1,414	40,46	249,00	77,69	326,70
a = 0,9	12,38	1,631	84,27	495,74	9,99	6,34	1,414	40,46	248,27	77,69	325,97
M = 60	12,34	1,520	84,77	504,13	10,08	6,27	1,339	40,39	252,36	77,45	329,82
M = 80	12,35	1,562	84,60	501,26	10,05	6,30	1,379	40,37	251,03	77,15	328,18
M = 100	12,37	1,599	84,43	498,47	9,99	6,34	1,414	40,46	249,73	77,69	327,43
M = 120	12,38	1,631	84,27	495,74	9,99	6,36	1,444	40,29	248,48	76,25	324,73
M = 140	12h40	1,661	84,11	493,07	9,94	6,40	1,471	40,38	247,24	76,86	324,10
h = 1,0	11,87	1,613	89,94	560,77	9,75	6,36	1,424	42,85	278,84	92,15	370,99
h = 1,5	12,12	1,606	87,14	528,96	9,85	6,36	1,419	41,74	263,99	85,62	349,61
h = 2,0	12,37	1,599	84,43	498,47	9,99	6,34	1,414	40,46	249,73	77,69	327,43
h = 2,5	12,60	1,592	81,81	469,23	10,14	6,31	1,409	39,20	236,04	70,08	306,13
h = 3,0	12,83	1,585	79,28	441,20	10,28	6,28	1,404	37,99	222,88	62,76	285,65

## Annexe 2. Preuves

## A.3. Preuve de la proposition 5.1

Preuve. (1) La dérivée de second ordre du total pro fi fonction t par rapport à λ peut être exprimé comme

$$\frac{\partial^2 TP_{sc}}{\partial l^2} = - (r a + 2 M) \frac{2}{l^3 - k}, 0. \quad (UNE 1)$$

Donc, le pro fi la fonction t est concave dans l. Ainsi, l'optimum l peut être obtenu en égalisant la fi dérivée du premier ordre à zéro, c'est-à-dire  $\frac{\partial TP_{sc}}{\partial l} = 0$ .

Simplifiez la fonction, et nous obtenons l'équation (11).

(2) La dérivée de second ordre du total pro fi La fonction t par rapport à p peut être exprimée comme

$$\frac{\partial^2 TP_{sc}}{\partial p^2} = - 2 \frac{4 l + M l}{(e^{uT} - 1)^2} \frac{u / (P - D(p))}{u / (P - D(p))} \quad (A2)$$

Donc, le pro fi la fonction t est concave dans p. Ainsi, l'optimum p peut être obtenu en égalisant la fi dérivée du premier ordre à zéro, c'est-à-dire  $\frac{\partial TP_{sc}}{\partial p} = 0$ .

Simplifiez la fonction, et nous obtenons l'équation (12).

Ceci termine la preuve de la proposition 5.1.  $\square$

A.4. Preuve de la proposition 5.2 Preuve.

(1) La dérivée de second ordre du total pro fi fonction t par rapport à λ peut être exprimé comme

$$\frac{\partial^2 TP_s}{\partial l^2} = -\frac{MT_s}{T_r} \frac{1}{l^3 - k}, 0. \tag{A3}$$

Donc, le pro fi la fonction t est concave dans l. Ainsi, l'optimum l peut être obtenu en égalisant la fi dérivée du premier ordre à zéro, c'est-à-dire  $\frac{\partial TP_s}{\partial l} = 0$ . Simplifiez la fonction et nous obtenons l'équation (14).

(2) Selon la théorie de la série Taylor,  $T_s$  peut être approximé comme  $T_s \approx D(w + m)$   $\frac{h_s P (e^{uT_r} - 1)}{u T_r}$ . La dérivée de second ordre du total pro fi t fonction par rapport à p peut être exprimé comme

$$\frac{\partial^2 TP_s}{\partial p^2} = -2 \frac{h_s P (e^{uT_r} - 1)}{u^2 T_r} - \frac{h_s P (e^{uT_r} - 1)^2}{u^2 T_r}, 0. \tag{A4}$$

Donc, le pro fi la fonction t est concave dans p. Ainsi, l'optimum p peut être obtenu en égalisant la fi dérivée du premier ordre à zéro, c'est-à-dire  $\frac{\partial TP_s}{\partial p} = 0$ . Simplifiez la fonction, et nous obtenons l'équation (15).

Ceci termine la preuve de la proposition 5.2. □

A.5. Preuve de corollaire 5.1

Preuve. D'après les propositions 5.1 et 5.2, nous avons

$$(l_{je} - l_0) (l_{je})^2 = (r a + 2 M) \frac{T_s}{4 k T_r}, \tag{A5}$$

$$(l_{ré} - l_0) (l_{ré})^2 = \frac{2 M T_s}{4 k T_r}. \tag{A6}$$

Location (A5) - (A6), nous avons

$$(l_{je} - l_{ré}) (l_{je}^2 + l_{je} l_0 + l_{ré}^2 - l_0 l_{ré} - l_0 l_{je}) = r \frac{u n e T_s}{4 k T_r} \geq 0. \tag{A7}$$

Car  $l_{je} > l_{ré} \geq l_0$ , on a  $l_{je}^2 + l_{je} l_0 + l_{ré}^2 - l_0 l_{ré} - l_0 l_{je} \geq 0$ . Ainsi,  $l_{je} - l_{ré} \geq 0$  est satis fi éd.

Ceci met fin à la preuve du Corollaire 5.1. □

A.6. Preuve de la proposition 5.3

Preuve. Pour réaliser la coordination, après avoir fixé une marge de vente m et proportion de partage des investissements g, la décision optimale pour le fournisseur est le prix de gros  $w = p_p - m$  et paramètre de fiabilité  $l = l_{je}$ . C'est le fi dérivée de premier ordre de  $TP_s(w, l | f, g)$  écrit et devrait satisfaire

$$\frac{\partial TP_s(w, l | f, g)}{\partial w} \Big|_{w=p_p-m, l=l_{je}} = 0, \tag{A8}$$

$$\frac{\partial TP_s(w, l | f, g)}{\partial l} \Big|_{w=p_p-m, l=l_{je}} = 0. \tag{A9}$$

C'est

$$\frac{(1 - F)(b - 2 a p_1 + u m)(e^{uT_r} - 1)}{u T_r} - c_p \frac{P T_s(P_{JE})}{T_r} - \frac{h_s P (1 - \theta^{uT_r(P_{JE})})}{u T_r} - \frac{M T_s(P_{JE})}{2 l_{je} T_r} = 0, \tag{A10}$$

$$\frac{M T_s(P_{JE})}{2 l_{je}^2 T_r} - (1 - g) k (l_{je} - l_0) = 0, \tag{A11}$$

dans lequel  $T_s(p) = \frac{1}{u \ln 1 - D(p) \chi(e^{uT_r} - 1)}$ ,  $T_s(p) = \frac{u(e^{uT_r} - 1)}{u[P - D(p) \chi(e^{uT_r} - 1)]}$ . En substituant l'équation (11) à (A11), nous finissons par avoir  $g_c = r \frac{u e^{uT_r}}{r + 2M}$ . Résoudre des équations (A10) et remplacer les résultats par  $w = p_{je} - m$ , on obtient les équations (18) et (20). Ceci termine la preuve de la proposition 5.3. □

A.7. Preuve de corollaire 5.2

Preuve. **Le signe de la dérivée de premier ordre de  $m_c$  et  $w_c$  par rapport à  $F_c$  est**

$$m_c = c_p P + h_s P \left( 1 - \frac{e^{-uT_r(p_{je})}}{u} \right) + \frac{M}{2 l_{je}} \frac{u T_s(p_{je})}{u(e^{uT_r} - 1)(1 - F_c)^2}, \text{ et } w_c = -m_c, \text{ respectivement.}$$

Cela signifie que  $m_c$  diminue, tandis que  $w_c$  augmente en  $F_c$ .

Ceci met fin à la preuve du Corollaire 5.2. □

A.8. Preuve de la proposition 5.4

Preuve. Les résultats peuvent être obtenus en résolvant des équations

$$TP_{\xi}(F) \geq TP_{ré s} \text{ et } TP_{c_r}(F) \geq TP_{ré r}. \tag{A12}$$

Pour résoudre les deux inégalités, nous avons

$$F = 1 - \frac{p_{je} D(p_{je}) - hB(p_{je}) \chi(e^{uT_r} - 1) - \frac{u e^{uT_r}}{u} \cdot \frac{u T_s(p_{je})}{T_r} - \frac{g_c k (l_{je} - l_0)^2}{4 l_{je} T_r} - TP_{ré r} u T_r}{D(p_{je}) \chi(e^{uT_r} - 1) \frac{u}{u - p_{je}}}, \tag{A13}$$

$$f = 1 - \frac{TP_{\xi} + c_p P T_s(p_{je}) + \frac{hP (e^{-uT_r(p_{je})} + u T_s(p_{je}) - 1)}{u^2 T_r} + \frac{u e^{uT_r}}{T_r} \frac{(1 - g_c) (k (l_{je} - l_0)^2)}{2} + \frac{M T_s(p_{je})}{2 l_{je} T_r} u T_r}{D(p_{je}) \chi(e^{uT_r} - 1) \frac{u}{u - p_{je}}}. \tag{A14}$$

Par conséquent, lorsque  $F \leq F_c \leq f$ , la chaîne d'approvisionnement peut être coordonnée.

Ceci termine la preuve de la proposition 5.4. □



Le droit d'auteur de International Journal of Production Research est la propriété de Taylor & Francis Ltd et son contenu ne peut être copié ou envoyé par courrier électronique à plusieurs sites ou publié sur une liste de diffusion sans l'autorisation écrite expresse du détenteur des droits d'auteur. Cependant, les utilisateurs peuvent imprimer, télécharger ou envoyer par courrier électronique des articles pour un usage individuel.