

Une analyse dynamique des interactions entre acteurs portuaires et leurs effets sur l'efficacité d'un port pétrolier

Emna Belaid¹, Philippe Rigo², Mario Cools³

¹Université de Liège, Département ArGENCo, mail : ebelaid@ulg.ac.be

²Université de Liège, Département ArGENCo, mail : ph.rigo@ulg.ac.be

³Université de Liège, Département ArGENCo, mail : mario.cools@ulg.ac.be

RÉSUMÉ. Le port est une entité hétérogène qui regroupe un ensemble d'acteurs dont les objectifs sont parfois contradictoires. L'analyse de leurs interactions permet de comprendre le mécanisme qui régit la gestion portuaire. Ce mécanisme influence la performance du port. Dans cet article, nous analysons l'efficacité portuaire selon un modèle dynamique. Ce dernier est basé sur un cadre conceptuel établi selon une analyse systémique. Les simulations effectuées montrent que les paramètres « vitesse de chargement » et « dimension du connecteur » sont les paramètres les plus influents. L'investissement dans des nouvelles installations pour le port de La Skhira (Sfax, Tunisie) est notre principale recommandation.

ABSTRACT. The port is a heterogeneous entity which includes a set of actors whose objectives are sometimes contradictory. The analysis of their interactions allows us to understand the mechanism that governs the port management. This mechanism influences the port performance. In this article, we analyze port efficiency as a dynamic model. The latter is based on a framework established by a systemic analysis. From the simulations performed, it may be concluded that the parameters "loading rate" and "Connector dimension" are the most important parameters. Investment in new facilities for the port of La Skhira (Sfax, Tunisia) is our main recommendation.

MOTS CLES: Port, Pétrole, efficacité, optimisation, dynamique, simulation.

KEYWORDS: Sea-port, Crude Oil, efficiency, optimization, dynamic, simulation

1. Introduction

Le port a été considéré, pendant longtemps, comme une porte d'entrée qui permet le transfert de marchandises et de passagers [1]–[3]. Grâce à la mondialisation, il est devenu un nœud logistique et industriel qui appartient à un système global de transport [2].

Son attractivité est déterminée par la performance de ses activités structurelle et managériale[4]. Son efficacité est analysée, en grande majorité, grâce aux techniques d'analyse d'Enveloppement des Données (DEA) et ses dérivées [5]. L'objectif est de la quantifier en mesurant les inputs et les outputs des ports « en fonction de sa distance avec les frontières de la production » [5].

Son effet socio-économique est analysé selon une approche agrégée dont la valeur ajoutée, le taux d'employabilité, l'investissement et le tonnage sont les indicateurs [1], [6]. Utilisée principalement dans les rapports de [7], [6] critiquent cette méthode et proposent une analyse désagrégée qui se base sur les relations des acteurs portuaires et dont l'objectif est de mesurer la retombée économique du port sur le plan régional. Ces acteurs sont par la suite attribués à des zones géographiques, les situant en dehors et au sein du périmètre portuaire. Ils sont aussi classés en « acteurs portuaires » et « acteurs non portuaires ». Cette catégorisation reprend la définition de la position concurrentielle d'un port de [1], [8] qui identifient une concurrence interportuaire et intra-portuaire.

Assurer une place sur le marché régional, national et mondial, est par conséquent un défi majeur dont le rôle de l'autorité portuaire est d'assurer un niveau de productivité adéquat aux attentes des usagers direct et indirect du port [9]. Elle est confrontée non seulement aux problèmes d'ordre technique, technologique et organisationnel mais aussi d'ordre relationnel.

En effet, le périmètre portuaire englobe une panoplie d'acteurs qui interagissent dans le but de satisfaire une demande de transport [8], [10]. Ils sont, cependant, soumis aux règlements internes et à la fluctuation de l'environnement dans lequel ils opèrent.

Ces études analysent principalement les ports à conteneurs et peu d'entre elles ou aucune, n'a examiné, à nos connaissances, le cas d'un port pétrolier. De plus elles se basent exclusivement sur les données économiques et négligent l'aspect dynamique de l'évolution portuaire.

Ce papier cherche à analyser l'efficacité portuaire à travers l'analyse du comportement global du système portuaire. L'objectif est de recenser les paramètres les plus importants. Ainsi, nous avons effectué une analyse dont l'objet est de mettre en relief les contraintes de la gestion de la chaîne logistique portuaire. L'analyse commence par décortiquer la chaîne logistique en système et analyser l'évolution de son comportement dans une perspective dynamique. Elle aboutit à déterminer la sensibilité de l'efficacité portuaire à travers l'indicateur « temps passé au port ». La contribution de ce papier est de présenter une méthode innovante et complète pour l'analyse de la gestion portuaire. Elle est une analyse multi-niveaux et suit la logique « agrégée-désagrégée ».

2. Méthodologie

Basée sur une vision globale, la démarche d'analyse intègre l'approche systémique « AS » [11], l'approche des parties prenantes « APP » [12] et la dynamique des systèmes « DS » [13][14].

L'AS est née du besoin à résoudre les problèmes complexes [15] [16] et de combler les lacunes de la pensée analytique. La DS a émergé afin de quantifier les relations que l'AS met en évidence. L'APP a vu le jour dans le but de résoudre les problèmes de création de valeur, d'éthique et de gestion [17]. Ces approches ont été appliquées dans plusieurs domaines dont le management stratégique [18]–[21] et le management des affaires [17], [22].

Bien que la DS est associée à la AS [16], l'APP est rarement mentionnée explicitement lors de l'analyse systémique. [18] soulève que l'AS est un moyen d'appréhender les acteurs. [23] utilisent le Soft Systems Methodology « SSM » dont le but d'affirmer que considérer l'avis des acteurs est une bonne initiative pour l'avancement de la recherche dans le secteur de la santé. Cependant, ils ne font pas référence à la pratique « stakeholders » proposée par [12]. [24] introduit l'APP à la systémique et à la dynamique de l'environnement. En revanche, l'approche est appliquée exclusivement au management de l'entreprise.

Sur un plan désagrégé et relatif au transport, la DS a été appliquée au le transport urbain. Certains modèles analysent le transport de personne [25]. D'autres analysent le transport urbain de marchandise TMU [26]–[28][29][30]. Quelques uns se focalisent, cependant, sur l'analyse des politiques stratégiques du transport [31]. La AS est appliquée, quant à elle, à la notion de la ville [32] associée au TM en ville [33]. L'APP a été proposée par [34] pour l'analyse la chaîne de transport maritime afin de développer des stratégies d'engagement pour le transport de conteneur vide. A l'issue de cette analyse, l'application de ces approches s'est focalisée soit dans le domaine de l'entreprise, soit dans le domaine de transport urbain ou encore au port à conteneur. Aucune n'a analysé l'efficacité d'un port pétrolier.

Ainsi, l'approche proposée cherche à comprendre le fonctionnement de la gestion de port pétrolier et de détecter les critères les plus influents. Elle débute par décomposer le système en sous-systèmes. L'acteur est le critère de découpage systémique dont découle des décisions. Il dispose de systèmes d'opérations et de contraintes. Ces contraintes sont liées à son environnement actif composé de phénomènes stochastiques dont notamment les conditions météorologiques. Elles sont aussi liées à son environnement passif représenté par toute entité (acteur) susceptible d'intervenir dans son processus interne, dont notamment l'institution de gestion et d'exploitation du transport terrestre et de l'infrastructure. Les relations des composants du système acteurs sont par la suite identifiées et quantifiées par le moyen de la DS. A l'issue de cette analyse, un cadre conceptuel pour la gestion la chaîne logistique portuaire est établi. Ce cadre conceptuel est composé de deux parties et cinq étapes (numérotées de I à V dans la suite).

La première partie représente un cadre théorique pour l'analyse de la chaîne logistique portuaire (étapes I, II, III) alors que la deuxième partie représente un cadre conceptuel pour la modélisation de la dynamique de la chaîne (étapes IV et V).

L'étape I « Identification des acteurs » permet de cerner l'ensemble des parties de la chaîne maritime de transport de pétrole. Les étapes II et III « Décomposition de la chaîne en systèmes » et « Analyse des différents systèmes » permettent d'étudier les éléments du système. L'étape IV « Analyse de la dynamique » permet d'examiner les comportements et de comprendre les interactions. L'étape V « Modélisation et simulation » permet de concrétiser des scénarii et d'en tirer des décisions.

Des étapes I à III découle un Système Central « Chaîne Logistique Portuaire de Pétrole », un Système Environnement Actif « SEA » et un Système Environnement Passif « SEP » dont les interactions sont représentées à la Figure 1.

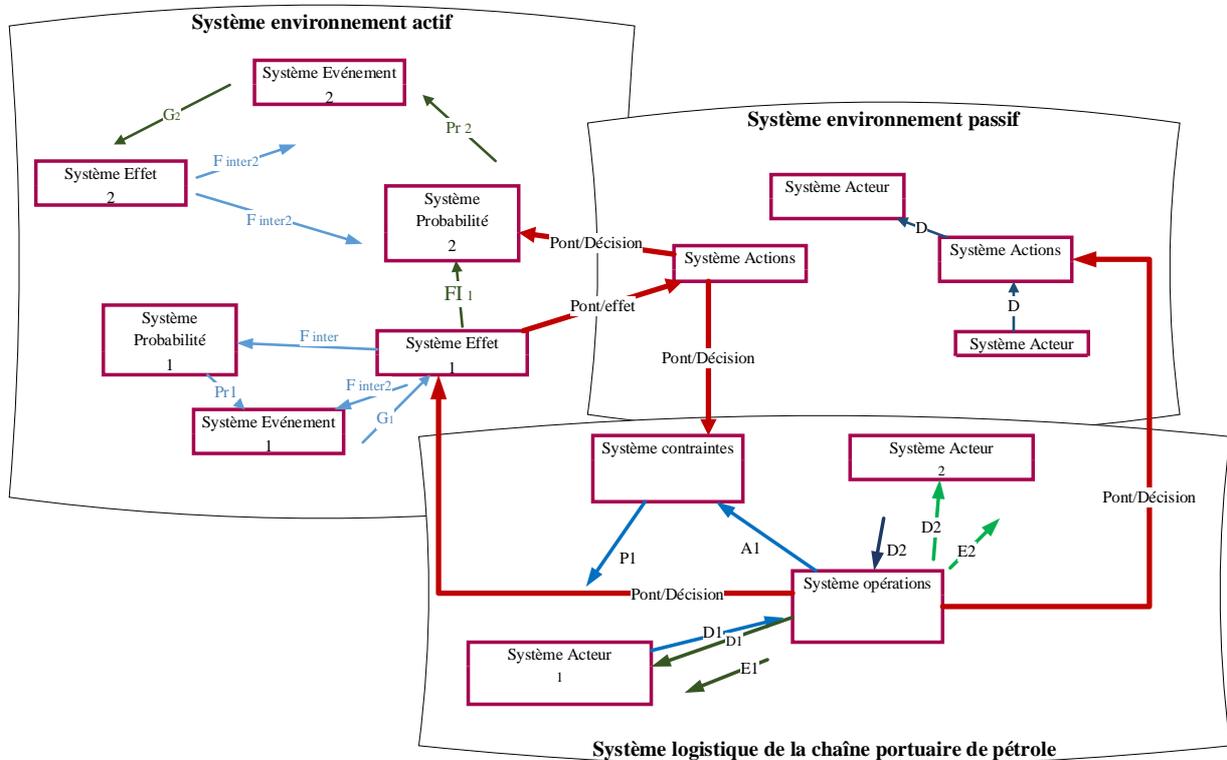


Figure 1. Les interactions du système global

La deuxième partie du cadre conceptuel représente sa mise en application. Elle étudie la dynamique de la chaîne logistique portuaire (étapes IV et V). Elle est constituée aussi de cinq étapes. La première consiste à placer les acteurs par rapport aux trois systèmes détectés lors du cadre conceptuel. La deuxième a pour but de déterminer pour chaque système général quelles sont « ses opérations, ses contraintes, ses actions, ses probabilités d'un événement et ses effets ». La troisième consiste à établir les relations qui existent entre les systèmes et les sous-systèmes. La quatrième étape permet de définir les variables de décision de chaque acteur par rapport la problématique de la compétitivité portuaire. Enfin, la cinquième étape vise à repérer les variables de décisions les plus fiables pour atteindre notre objectif. De cette deuxième partie découle une représentation simplifiée des relations d'acteurs (Figure 2).

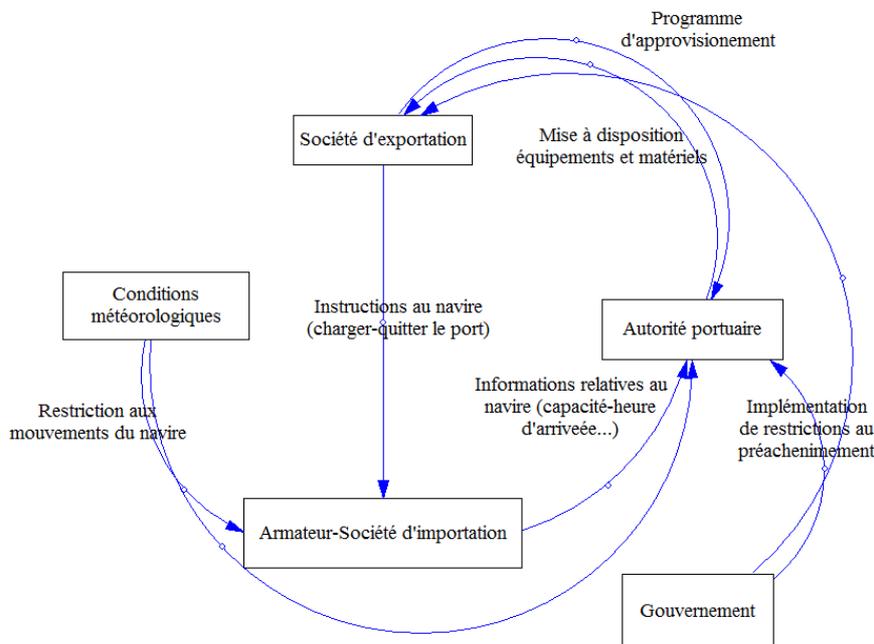


Figure 2. Représentation simplifiée des relations Acteurs

A partir de la Figure 2, nous établissons un modèle dynamique pour analyser l'efficacité portuaire. Dans ce cas d'application, l'efficacité est traduite par le temps total passé au port (TTPP). En effet, les utilisateurs du port, en l'occurrence les capitaines des pétroliers sont sensibles au temps de séjour du navire au port. Ce temps est répercuté par la qualité du service et de prestation portuaire. Cette sensibilité est reliée principalement au respect du planning de voyage et à la perte monétaire relative.

Le « temps » est un indicateur de performance opérationnel classé comme pertinent et intègre la liste des « Indicateurs de performance clés IPC » [35]. [36] le définit comme le temps écoulé entre l'arrivée et le départ du navire « turnaround time ». [37] l'associe au temps d'attente, au taux d'occupation du quai, et au temps de travail au quai. Il le classe comme indicateur physique.

Dans le but de mieux recenser les variables de décision, nous décomposons le TTPP en trois phases à savoir : le temps d'attente avant chargement, le temps de chargement et le temps d'attente après chargement. Les équations sont décrites dans le paragraphe suivant et exprimées selon les unités de base du système international.

3. Données et formules

L'analyse de l'efficacité portuaire est déduite des observations effectuées sur un échantillon de 61 navires pétroliers qui ont séjourné au port de la Skhira entre 2011 et 2012¹. Comme le montre la Figure 3, le temps passé avant le chargement (phase 1- bleu) et le temps de chargement (phase 2- rouge) sont assez importants comparés au temps d'attente après chargement (phase 3-vert).

¹ Données propres à l'Entreprise Tunisienne des Activités pétrolières

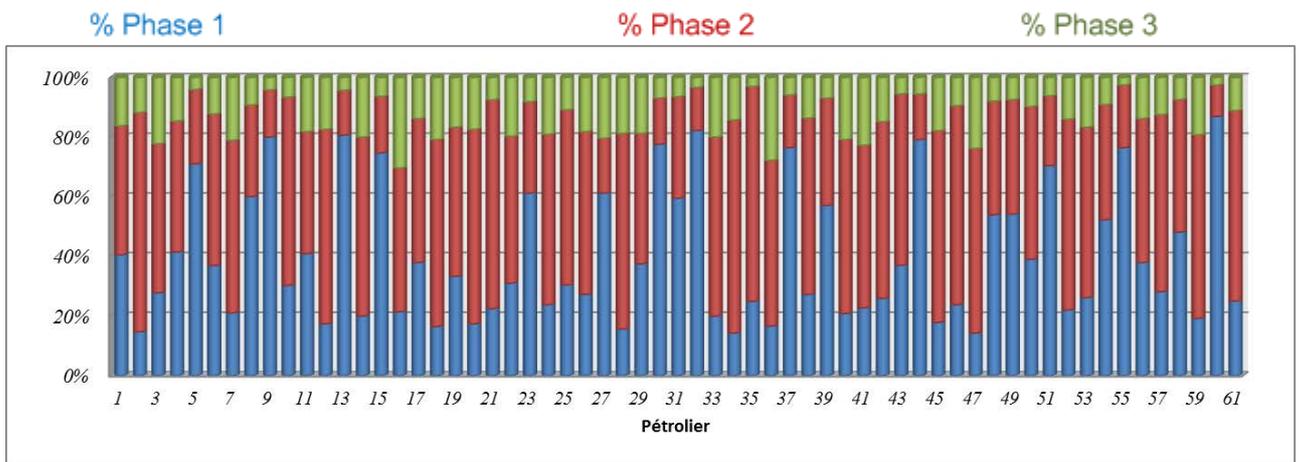


Figure 3. Durée de séjour d'un pétrolier selon les 3 phases

Le calcul du temps relatif à chaque phase est établi selon les formules ([1], [2] et [4]).

- Formule du temps de chargement

$$Tch_i = \frac{Qu_i}{Qv_j} = \frac{Qu_i}{n_j * v_j * \pi * \frac{d_j^2}{4}} \quad [1]$$

Avec : Qu_i : la quantité chargée au navire i (m^3)
 Qv_j : le débit volumique du pipeline j (m^3/s)
 v_j est la vitesse du fluide dans le connecteur (flexible) (m/s)
 n_j est le nombre de flexibles connectés (utilisés pour le chargement)
 d_j est le diamètre des flexibles utilisés pour le chargement du navire (en m)

- Formule du temps d'attente avant chargement

$$Tavch_i = |Tfimt - \max(Tar_i; Teta_i)| \quad [2]$$

Avec : $Tavch_i$: Temps d'attente avant chargement du navire i
 Tar_i : temps d'arrivée en rade du navire
 $Teta_i$: temps d'acceptation d'ETA correspondant au navire i
 $Tfimt$: Temps de fin du mauvais temps

Ce dernier est exprimé selon le retard engendré par un mauvais temps. Sa formule est :

$$R_i = a * Eff_m \text{ avec } Eff_m = b * prob_m \text{ (} a \leq 1 \text{ et } \neq 0) \quad [3]$$

R_i =Retards engendré par le mauvais temps

Eff_m = Effet engendré par le mauvais temps

$prob_m$ = Probabilité d'avoir du mauvais temps

a et b ≥ 0 Donc $R_i = a * b * prob_m$

Équation 1:Formule du retard causé par le mauvais temps

- Formule du temps d'attente après chargement

$$T_{aprèsch} = T_{\max \text{ int } rodoc} + \text{retard}_{\text{induit}} \quad [4]$$

Avec : $T_{\max \text{ int } rodoc}$: Temps maximum pour traiter les documents

$\text{Retard}_{\text{induit}}$: Retards induit (pour une raison ou une autre)

5. Résultats et discussion

A partir des équations précédemment expliquées et grâce à l'établissement des relations de « cause à effet », le modèle dynamique qui permet de calculer le temps passé au port est illustré à la Figure 4 :

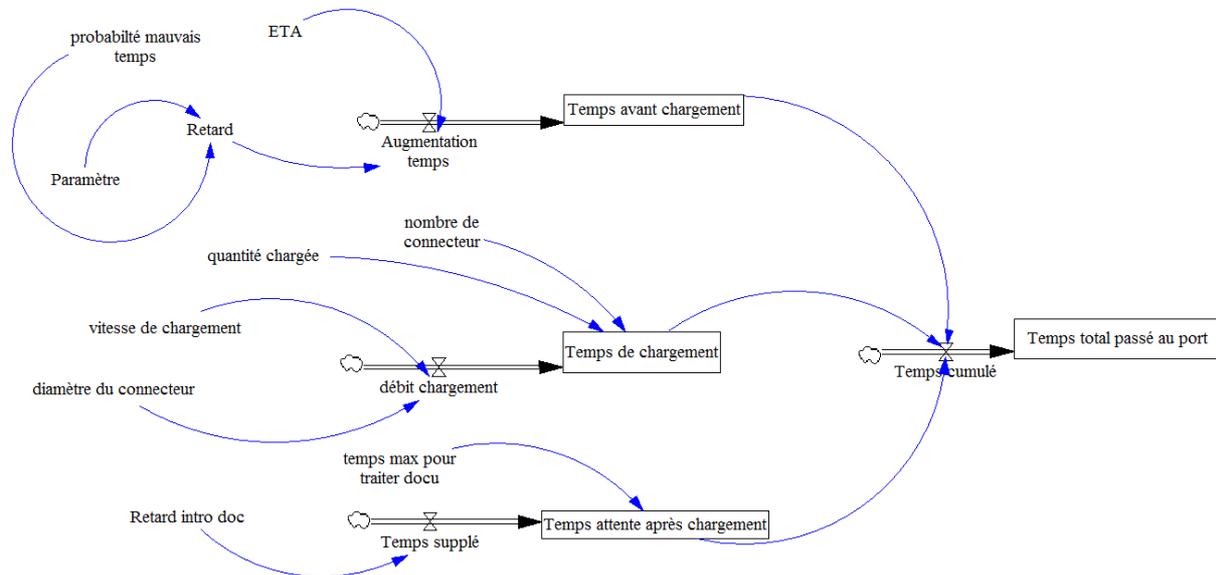


Figure 4. Modèle dynamique simplifié pour le calcul du temps global passé au port

Nous effectuons à présent plusieurs analyses de sensibilité. Ces analyses étudient les perturbations engendrées par les variables d'entrée sur les variables de sortie [38] ce qui permet d'identifier les paramètres les plus pertinents à l'efficacité portuaire. A chaque analyse, nous maintenons les valeurs du scénario de référence et nous changeons seulement la valeur du paramètre dont nous souhaitons analyser l'influence. Les paramètres considérés dans ces analyses sont « probabilité d'un mauvais temps », « quantité chargée », « vitesse de chargement, et « diamètre du connecteur ».

Leurs valeurs respectives pour le scénario de référence sont $prob_m = 63\%$, $Qu_i = 9800m^3$, $v_j = 40m/s$ et $d_j = 0.3048m$. Nous supposons que nous utilisons un seul connecteur pour charger le pétrolier, que l'effet de retards est de 0.3 et que le temps d'attente totale après chargement étant de $T_{aprèsch} = 2$ heures.

Le scénario de référence est représenté par les courbes bleues dans les figures 5, 6, 7, 8, 9, 10 et 11. Les courbes rouges représentent le comportement du TTPP après modification des paramètres.

L'axe vertical de l'ensemble des figures représente le temps en Billion (B) and Million (M) de secondes « s » alors que l'axe des ordonnées reprend les « pas de simulation » par minute.

L'augmentation de la vitesse a pour première conséquence la diminution sur le temps de chargement.

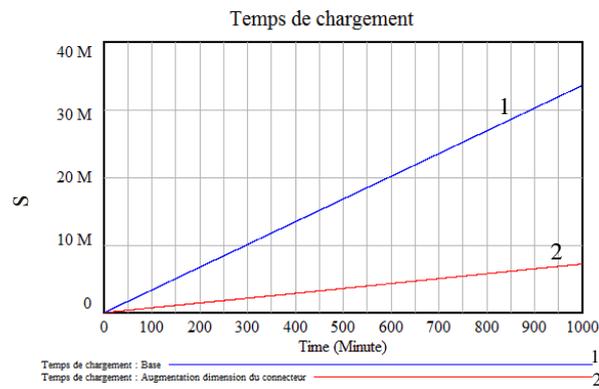


Figure 5. Effet de l'augmentation de la vitesse sur le temps de chargement

Toute chose étant égale par ailleurs, le changement de la vitesse de chargement influence de façon directe le temps total passé au port.

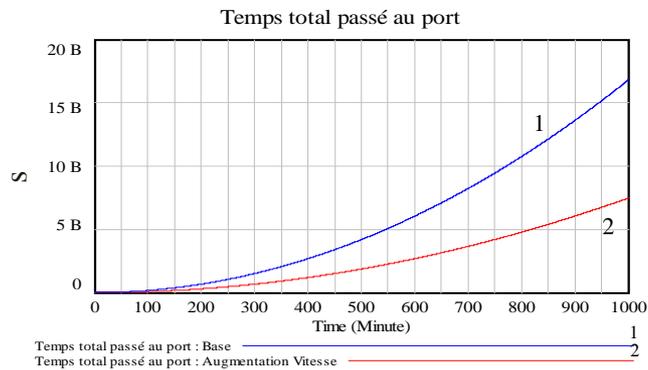


Figure 6. Effet de l'augmentation de la vitesse sur le temps total passé au port

Pour la troisième analyse, nous avons diminué la valeur de la probabilité d'un mauvais temps afin d'observer son effet sur le temps total de séjour au port. Nous remarquons une influence importante comme le montre la Figure 7. Cela signifie que les conditions météorologiques participent de façon significative au déroulement du séjour du navire. Grâce à cet exemple, nous montrons que le « système environnement actif » agit indirectement sur la gestion portuaire.

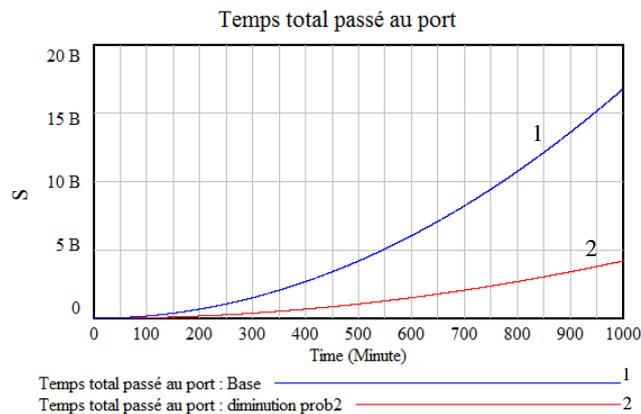


Figure 7. Effet de la diminution de probabilité mauvais temps

L'augmentation de la quantité à charger influence évidemment le temps de chargement (Figure 8). Cependant, nous ne nous pouvons pas la mettre en cause car elle est une condition imposée entre le vendeur et l'acheteur.

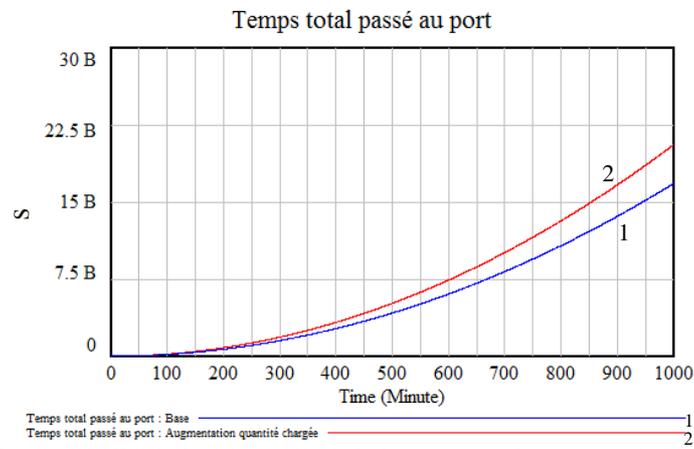


Figure 8. Effet de l'augmentation de la quantité chargée sur le TTPP

Pour faire face à une demande importante de transport de brut, il est judicieux de modifier d'autres paramètres tels que par exemple le nombre de connecteurs et leur diamètre. Cela aboutira à diminuer par conséquent le temps de séjour au port. En plus, agir sur différents paramètres en même temps apporte plus de résultats qu'en modifier un seul (voir : Figure 9, Figure 10 et Figure 11).

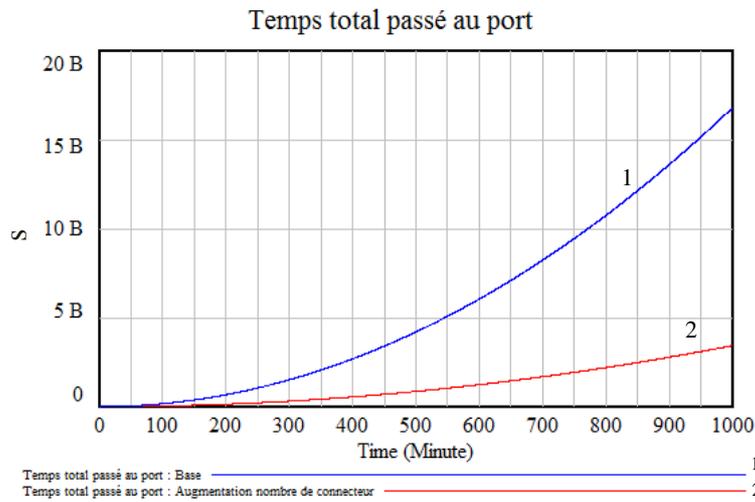


Figure 9. Effet de l'augmentation du nombre de connecteur sur le TTPP

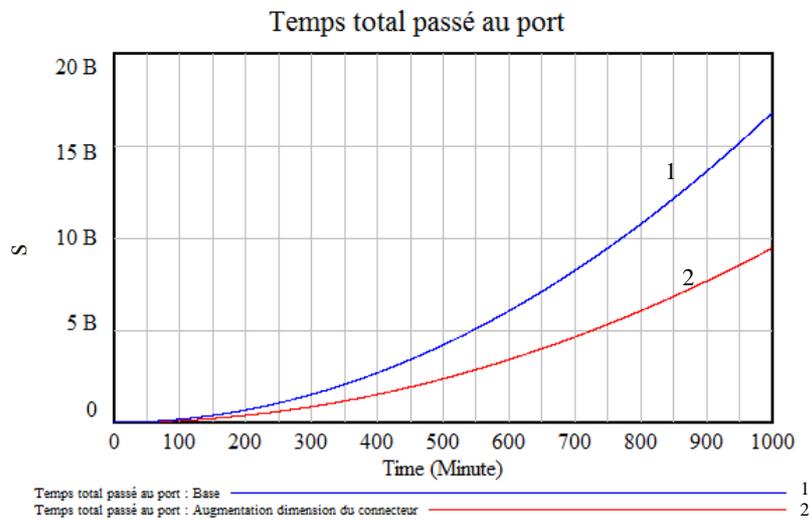


Figure 10. Effet de l'augmentation du diamètre du connecteur sur le TTPP

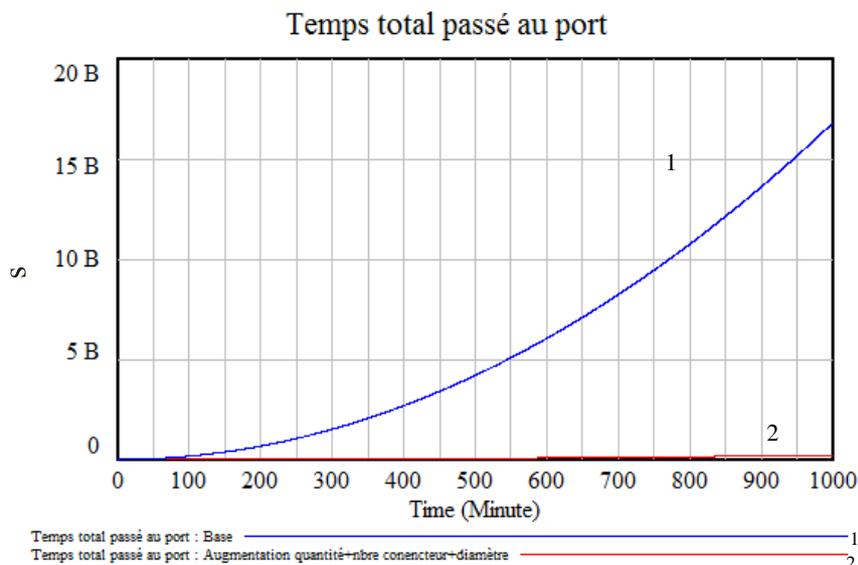


Figure 11. Effet de l'augmentation d'un ensemble de paramètres sur le TTPP

Ainsi ces analyses de sensibilité montrent que les paramètres les plus pertinents sont la vitesse de chargement elle-même fonction de la dimension des connecteurs (flexibles) et le nombre de connecteurs utilisé lors du chargement. Ces éléments représentent ce qu'on appelle la performance technique. L'autorité portuaire devrait, de ce fait, investir dans la rénovation des équipements du port et plus spécifiquement dans les flexibles en augmentant leur nombre et leurs dimensions.

6. Conclusion et perspectives

Le cadre conceptuel de la gestion portuaire sert d'outil d'aide à la décision grâce à l'établissement des relations qui caractérisent l'environnement portuaire. Il est aussi un outil pour l'analyse de l'efficacité du port grâce à sa phase de modélisation et simulation. Les analyses de sensibilité effectuées par le logiciel Vensim® (version 6.3G), ont montré que le temps passé au port est fortement tributaire de la vitesse de chargement et du nombre de flexibles connectés. Ce temps passé au port reflète l'efficacité technique qui est un des critères de l'appréciation des usagers. Plus sa valeur est faible moins il sera apprécié, et par conséquent moins il sera performant.

D'autres paramètres semblent aussi influencer la performance technique du port tel que par exemple le nombre de quais. Afin d'enrichir notre modèle de simulation, il semble dès lors important de le calibrer afin de l'ajuster au mieux à la réalité. En outre, dans le cadre de futures recherches, nous procéderons à des analyses de coût afin d'enrichir le cadre conceptuel au niveau financier. Il est aussi question d'améliorer le modèle par l'introduction de nouveaux paramètres. Cela va, cependant rendre l'établissement du modèle plus complexe si bien que des connaissances spécifiques à la modélisation dynamique approfondie et à la maîtrise de l'ensemble du domaine portuaire seraient nécessaires.

Remerciement

La recherche a été subsidiée par le Fonds Spécial pour la Recherche (FDR) financé par la Fédération Wallonie-Bruxelles.

Bibliographie

- [1] H. Meersman, E. Van De Voorde, and T. Vanelslander, "Port Competition Revisited," *Rev. Bus. Econ.*, vol. 55, no. 2, pp. 210–232, 2010.
- [2] T. Notteboom, "Spatial and functional integration of container port systems and hinterland networks in Europe," Paris, 1998.
- [3] H. Meersman, E. Van De Voorde, and T. Vanelslander, "Competition and regulation in seaports," in *A handbook of transport economics*, A. De Palma, R. Lindsey, E. Quinet, and R. Vickerman, Eds. Elgar Original Reference, 2011,

- pp. 822–843.
- [4] T. Notteboom and W. Y. Yap, “Port Competition and Competitiveness,” in *The Blackwell Companion to Maritime Economics*, W. K. Talley, Ed. Blackwell Publishing Ltd., 2012, pp. 549–570.
 - [5] P. Cariou and G. Figueiredo De Oliveira, “Les déterminants de l’efficacité portuaire : une analyse des ports à conteneurs méditerranéens,” in *Dynamique portuaire et développement régional*, L’Harmattan., vol. 41, 2015, pp. 83–99.
 - [6] F. Coppens, F. Lagneaux, H. Meersman, N. Sellekaerts, E. Van De Voorde, G. Van Gastel, and T. Vanelslander, “Economic Impact of Port Activity: a disaggregate analysis - The Case of Antwerp,” Antwerp, 110, 2007.
 - [7] National Bank of Belgium, “Importance économique des ports belges : Ports maritimes flamands, complexe portuaire liégeois et port de Bruxelles,” 172, 2009.
 - [8] E. Van der Voorde and W. Winkelmanns, “A general introduction to port competition and management,” in *Port Competitiveness: An Economic and Legal Analysis of the Factors Determining the Competitiveness of Seaports*, De Boeck., M. Huybrechts, H. Meersman, E. Van de Voorde, E. Van Hooydonk, A. Verbeke, and W. Winkelmanns, Eds. Antwerp, 2002, pp. 1–16.
 - [9] C.-H. Frédouet and P. Le mestre, “La construction d’un outil de mesure de la performance des réseaux interorganisationnels : une étude des réseaux d’acteurs portuaires,” *Financ. Contrôle Strat.*, vol. 8, no. 4, pp. 5–32, 2005.
 - [10] T. Notteboom and J.-P. Rodrigue, “The corporate geography of global terminal operators,” *Marit. policy Manag.*, vol. 39, no. 3, pp. 249–289, 2012.
 - [11] L. von Bertalanffy, *Théorie générale des systèmes*. Paris: Dunod, 1993.
 - [12] E. R. Freeman, *Strategic Management: A stakeholder Approach*. Boston: Pitman, 1984.
 - [13] J. W. Forrester, *Principes des systèmes*. Science des systèmes, 1980.
 - [14] J. W. Forrester, *Principles of Systems*, 2nd ed. Pegasus Communications, 1968.
 - [15] R. Bagaoui, “Compte rendu de l’ouvrage : La systémique, penser et agir dans la complexité, de Gérard Donnadiu et Michel Karsky (2002), Éditions Liaisons, Paris..” *Nouv. Perspect. en Sci. Soc. Rev. Int. systémique complexe d’études relationnelles*, vol. 1, no. 2, pp. 219–224, 2006.
 - [16] G. Donnadiu and M. Karsky, *La Systémique, Penser et agir dans la Complexité*. Liaisons, 2002.
 - [17] E. R. Freeman, J. S. Harrison, A. C. Wicks, B. Parmar, and S. De Colle, *Stakeholder Theory, The State of the Art*. New York: Cambridge University Press, 2010.
 - [18] D. B. Bériot, “L’approche systémique du changement dans l’entreprise, Présentation et démarche,” *La Lett. d’ADELI*, vol. 65, pp. 7–10, 2006.
 - [19] J. De Rosnay, *Le macroscope*. Paris: Seuil, 1975.
 - [20] D. Durand, *La systémique*. 1979.
 - [21] G. Donnadiu, D. Durand, D. Neel, E. Nunez, and L. Saint-Paul, “L’Approche systémique: de quoi s’agit-il?,” Paris, 2003.
 - [22] E. R. Freeman, A. C. Wicks, and B. Parmar, “Stakeholder Theory and “The Corporate Objective Revisited,”” *Organ. Sci.*, vol. 15, no. 3, pp. 364–369, 2004.
 - [23] A. Fromont, N. Ribesse, J. Martini, and B. Dujardin, “Les acteurs et l’approche systémique: l’appui de la recherche,” *Ecos du COTA*, no. 133, Belgique, pp. 19–24, Dec-2011.
 - [24] R. Baldegger, *Management in a Dynamic Environment: Concepts, Methods and Tools*. Springer Gabler, 2012.
 - [25] C. Raux, M. Sdika, and V. Hermanier, “Simulation de la dynamique du système de déplacements urbains : une plateforme de modélisation,” 2003.
 - [26] P. Salini and M. Karsky, “Prospective des transports de marchandises en France à l’horizon 2020 le modèle Simtrans,” Paris, 1999.
 - [27] P. Salini, “La dynamique des systèmes : Retour sur une expérience d’application aux transports de marchandises,” *Prédit*, 1999.
 - [28] P. Salini and M. Karsky, “SIMTRANS freight transportation simulation model,” in *International Conference of the System Dynamics Society*, 2002.
 - [29] F. Toillier, L. Alligier, D. Patier, and J.-L. Routhier, “Vers un modèle global de la simulation de la logistique urbaine : FRETURB, version 2,” 2005.
 - [30] V. Gacogne, “Impact des coûts de transport sur les systèmes logistiques par une modélisation en dynamique des systèmes : Le modèle SANDOMA,” Ecole Nationale des Ponts et Chaussées Ecole, 2003.
 - [31] W. Rothengatter, W. Schade, A. Martino, M. Roda, A. Davies, L. Devereux, and I. Williams, “ASTRA Methodology,” 2000.
 - [32] A. Cambien, “Une introduction à l’approche systémique : Appréhender la complexité,” 2007.
 - [33] J.-L. Routhier and J. Gonzalez-Feliu, “Transport de marchandises et formes urbaines,” in *Ville et mobilité*, G. Brun, Ed. Economica, 2013, pp. 57–81.
 - [34] J. Wolff and H. Flämig, “Managing stakeholders along the maritime transport chain, An introduction,” 2009.
 - [35] N. Sarwar, “Time-related key performance indicators and port performance: A review of theory and practice,” Vestfold University College, 2013.
 - [36] UNCTD, “Port performance indicators,” in *United nations conference on trade and development*, 1976, p. 131.
 - [37] K. Bichou and R. Gray, “A logistics and supply chain management approach to port performance measurement,” *Marit. Policy Manag.*, vol. 31, no. 1, pp. 47–67, 2004.
 - [38] J. Jacques, “Pratique de l’analyse de sensibilité : Comment évaluer l’impact des entrées aléatoires sur la sortie d’un modèle mathématique,” Université de Lille, 2011.