



Etude de différents impacts simultanés sur les performances environnementales et financières d'une chaîne logistique

Anicia Jaegler, Patrick Burlat

► To cite this version:

Anicia Jaegler, Patrick Burlat. Etude de différents impacts simultanés sur les performances environnementales et financières d'une chaîne logistique. 9th International Conference on Modeling, Optimization & SIMulation, Jun 2012, Bordeaux, France. 8p, 2012. <hal-00728669>

HAL Id: hal-00728669

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00728669>

Submitted on 30 Aug 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ETUDE DE DIFFERENTS IMPACTS SIMULTANES SUR LES PERFORMANCES ENVIRONNEMENTALES ET FINANCIERES D'UNE CHAÎNE LOGISTIQUE

A. JAEGLER

Idrac Research, IDRAC Ecole de Commerce
47 rue sergent Berthet, 69009 Lyon cedex, France
anicia.jaegler@idraclyon.com

P. BURLAT

Ecole Nationale Supérieure des Mines, FAYOL-EMSE,
LSTI, F-420123 Saint Etienne, France
burlat@emse.fr

RESUME : *Les chaînes logistiques évoluent dans un contexte en pleine mutation où le développement durable joue un rôle crucial. Les gouvernements adoptent ou sont en train d'adopter différentes mesures concernant les gaz à effet de serre. Or, les chaînes logistiques durables manquent d'outils d'aide à la décision. Notre recherche s'intéresse donc aux émissions d'équivalent carbone dues au stockage et au transport le long d'une chaîne logistique. Nous avons développé un modèle à trois maillons grâce à la simulation à événements discrets. Trois données d'entrées sont variables : l'efficacité de l'entreprise, sa localisation et le type de produits fabriqués. Nous comparons les différents scénarios possibles grâce à des critères environnementaux (émissions d'équivalent carbone) et des critères financiers (stocks, nombre de kilomètre parcourus). Les objectifs principaux sont les suivants : fournir un outil réaliste de simulation et proposer des solutions pour réduire les émissions d'équivalent carbone.*

MOTS-CLES : *chaîne logistique, simulation, émissions de carbone.*

1 INTRODUCTION

Toute entreprise est à l'intersection de différentes chaînes logistiques. Ces dernières évoluent dans un contexte en constante mutation. Les entreprises ont donc besoin d'aide pour s'adapter et mesurer l'impact de leurs décisions.

A la fin des années 80, le développement durable fait son apparition. Dès la fin des années 90, les entreprises adoptent le concept de responsabilité sociétale des entreprises qui en découle. Il leur permet de se différencier. En France, la loi Grenelle 2 du 12 juillet 2010 rend même obligatoire le Bilan Carbone pour les entreprises de plus de 500 personnes à partir de juillet 2011. Ces entreprises sont donc obligées de se soucier de leur propre empreinte écologique mais aussi de celle de leurs fournisseurs et de leurs clients.

Mais, il existe un réel manque d'outils conceptuels pour aider les entreprises à comprendre la complexité des liens entre les indicateurs industriels (stocks, délais, etc.) et l'impact environnemental d'une gestion quotidienne. Il s'agit ici de décisions stratégiques pour l'entreprise : choix des fournisseurs (localisation, efficacité), implantation de ses propres sites.

L'entreprise Carrier (groupe UTC), fabricants de climatiseurs, s'emploie à réduire son empreinte écologique depuis 1993. Les données des produits fabriqués par les chaînes logistiques de cette étude proviennent de cette entreprise.

Dans ce contexte, nous allons étudier comment le type de produits fabriqués, la localisation et l'efficacité des fournisseurs influencent la performance industrielle et la performance environnementale d'une chaîne logistique.

L'article est organisé comme suit : la section 2 présente un état de l'art sur la modélisation et la simulation d'une chaîne logistique verte. La section 3 propose un modèle de chaîne logistique. La section 4 explique comment la bibliothèque du modèle a été définie. La section 5 présente la configuration et la calibration du simulateur et l'approche expérimentale. La section 6 montre les principaux résultats. La section 7 approfondit les résultats en aboutissant à des implications managériales. Enfin, la conclusion fournit des perspectives de futures recherches.

2 ETAT DE L'ART

Pour créer notre modèle, nous avons choisi la définition de (Courtois et al., 2006) : « la chaîne logistique est l'ensemble des flux matériels et d'informations circulant du fournisseur de matières premières au client final ». D'après (Fabbe-Costes, 2007), la gestion de cette chaîne logistique est une fonction intégratrice. Le dernier palier de cette intégration est l'intégration sociétale. Or, des réglementations plus strictes, encouragées notamment par les actionnaires, les clients finaux, poussent justement les entreprises à intégrer l'environnement à leurs pratiques (Zhu, 2008). Apparaît ainsi la gestion verte des chaînes logistiques (Srivastava, 2007).

Conceptualiser une chaîne logistique verte est donc crucial car 50% de la valeur ajoutée industrielle provient de

la chaîne logistique (Ciliberti, 2008). Il est intéressant de noter également que 50% des impacts environnementaux concernant la chaîne logistique est dû au transport et au stockage (Rizet et Keita, 2005) (Cholete et Venkat, 2009).

Selon le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC, 2007) et (Soytas et Sari, 2009), l'empreinte carbone est un pilier de la prise de conscience environnementale. Il est donc pertinent d'étudier les émissions d'équivalent carbone le long de la chaîne logistique et notamment celles dues au transport et au stockage.

Des travaux ont été menés sur ces émissions. (Sundarankani et al, 2010) utilisent des modèles de transport eulérien et lagrangien pour les calculer. (Chaabane et al, 2010) étudient les conséquences des prix du carbone sur la chaîne logistique à partir d'un modèle mathématique. Un article basé sur une analyse à classification hiérarchique (AHP) propose de faire évaluer la chaîne logistique d'un point de vue environnemental par un groupe Delphi d'experts environnementaux (Handfield et al., 2002). Cette méthode a été complétée en incluant un point de vue managérial (Lu et al., 2007). Mais l'AHP semble avoir quelques limites : il n'y a pas de hiérarchie simple pour la plupart des critères et le point de vue humain peut biaiser les résultats. Ces travaux n'ont donc pas la même approche que la notre contrairement aux suivants. (Lee, 2011) étudie l'empreinte carbone d'une chaîne logistique dans l'industrie automobile. Mais il donne deux limitations à ses recherches : un cas très particulier et des hypothèses basées sur des auto-évaluations de l'entreprise. Il faudrait donc généraliser son travail. De même, (Hui et al, 2006) utilise la simulation pour créer une chaîne logistique verte mais elle concerne la seule distribution d'aluminium et compare la pollution due au transport avec différents autres paramètres. Elle est basée sur des conditions idéales et les auteurs soulignent qu'il serait intéressant de rendre le modèle plus réaliste.

La méthode par simulation prend en effet de plus en plus de place autant dans les recherches appliquées que dans l'industrie. L'un des avantages de la simulation est de pouvoir tester des scénarii avant de les appliquer réellement (Banks J., 1998). Cette capacité à évaluer des scénarii « que se passe-t-il si ? » avec un grand panel d'entrées fait de la simulation un outil très utile pour l'analyse des chaînes logistiques (Hellström et Johnsson, 2002). Il existe différents logiciels de simulation de chaîne logistique : ARENA, QNAP, Automod, Cadence, etc. (Tewoldeberhan et al., 2002) classe le logiciel ARENA au premier rang dans son classement de logiciels. Ce logiciel permet la modélisation, la simulation et l'animation de systèmes de production avec une approche objet.

Nous étudions donc les émissions de carbone dues au transport et au stockage le long d'une chaîne logistique grâce à la simulation à événements discrets.

3 MODELE

Le modèle proposé consiste en un fournisseur de matières premières, une chaîne logistique composée de trois entreprises et d'un client final (figure 1). L'ensemble des entreprises est au même niveau de décision : il y a partage d'informations. Le fournisseur de matières premières est considéré comme un stock infini. Les commandes du client final suivent une demande externe stochastique.

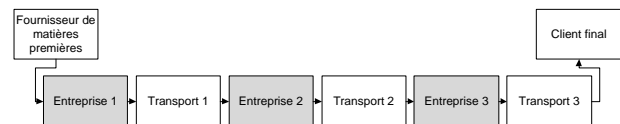


Figure 1 : Modèle de chaîne logistique

Chaque entreprise comporte un système physique composé d'un module réception, deux processus en série, transformant les matières premières (MP) en produits semi-finis (PSF) et les PSF en produits finis (PF). Les processus de production sont des lignes de transfert sur lesquelles deux flux de produits sont traités simultanément (figure 2).

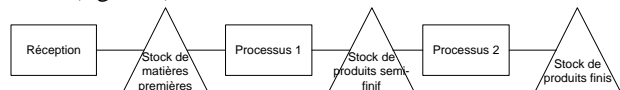


Figure 2 : Modèle d'entreprise

Enfin, entre chaque entreprise, un module transport permet de simuler le transport et les stocks tampons inhérents aux délais de livraison. Ce module est composé d'une ressource transport qui peut être un camion, un bateau ou un avion, utilisés en fonction de la distance entre deux entreprises ; de stocks tampons amont et aval qui sont dimensionnés selon la fréquence et le délai de livraison (figure 3).

Un collecteur de données CO₂ est relié aux trois modules livraison.

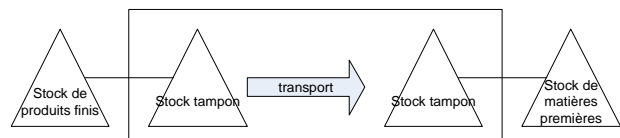


Figure 3 : Modèle de transport

La chaîne logistique est gérée avec des règles communes (figure 4) et des données d'entrée variables (figure 5).

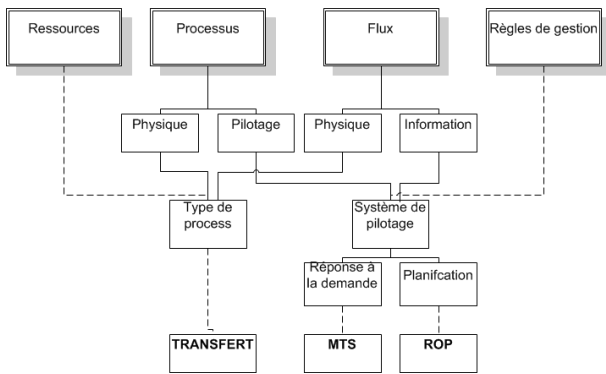


Figure 4 : Règles de gestion

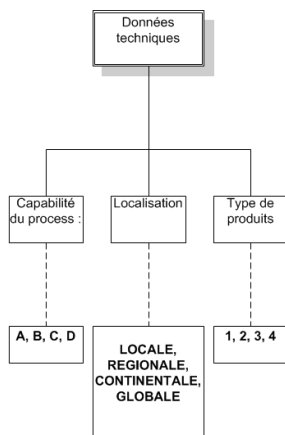


Figure 5 : Données d'entrée

Chaque maillon peut avoir une capabilité et une localisation différentes a contrario le type de produits fabriqués est identique tout au long de la chaîne logistique.

4 BIBLIOTHEQUE DES PARAMETRES

Une bibliothèque de données a été créée pour alimenter le modèle informatique de la chaîne logistique. Des paramètres réels de fabrication sont utilisés pour la construire de manière réaliste. Les données proviennent de l'entreprise Carrier sauf pour un des produits dont les données proviennent de l'industrie plasturgique. Plus généralement, les entreprises ont été classées selon trois attributs : taux de rendement synthétique (TRS), localisation et type de produit fabriqué.

4.1 TRS

Le TRS est défini comme suit : $TRS = Disponibilité \times Performance \times Qualité$. Nous définissons quatre classes d'efficacité : de A la plus efficace à D la moins efficace. Le TRS de chaque entreprise est aléatoire selon les simulations mais compris entre 90% et 99% pour une A, 80% et 89% pour une B, 70% et 79% pour une C et entre 60% et 69% pour une D (Miltenburg, 1995), (Muchiri et Pintelon, 2008).

4.2 Localisation

Les produits sont envoyés d'une entreprise à l'autre par bateau, par camion ou par combinaison de ces trois modes de transport. Pour calculer les émissions de CO₂, nous devons modéliser la distance entre deux compagnies et estimer le poids et l'encombrement des produits. Les émissions dépendent du poids transporté, du mode de transport utilisé, de la distance parcourue et de l'encombrement de stockage. En effet, l'unité des émissions de CO₂ est g ou kg par m² ou tonne.km (ADEME, 2007).

D'abord, la distance entre deux maillons de la chaîne logistique est définie selon quatre possibilités. Le tableau 1 montre ces distances associées à leur délai de livraison. Dans le module livraison, en cas de retard, un mode de transport express en avion est modélisé. Celui-ci est automatiquement choisi si la date de livraison (incluant le transport) n'est pas réalisable. Ici, la simulation à événements discrets est un outil puissant pour calculer de manière dynamique les retards et déclencher des transports express tout en respectant les contraintes de production (réglages, pannes, rebuts, stocks).

Localisation	Transport	Nombre de km	Transport en h	Fréquence en h
locale	camion	50	4	4
régionale	camion	500	8	8
continentale	camion	1500	40	20
continentale	avion	1500	8	8
globale	bateau	8000	240	40
globale	avion	8000	8	8

Tableau 1 : Paramètres de localisation

4.3 Type de produits

Nous avons ordonné les produits en quatre classes selon les attributs suivants : lourd/léger, encombrant/non encombrant. Les produits seront illustrés par les données de Carrier pour trois d'entre-eux. Le produit encombrant mais léger sera instancié par des données du secteur de la plasturgie (tableau 2).

Les hypothèses suivantes ont été retenues pour calculer l'encombrement au sol des produits. Il n'est pas possible d'empiler des produits (3) et (4) donc leur dimension en m² correspond à leur encombrement au sol. Pour les autres produits, des racks de cinq mètres de hauteur sont utilisés. Le nombre de produits stockables sur une telle hauteur est estimé et nous déterminons ainsi la surface au sol nécessaire pour un produit. Enfin, dans le hangar de stockage, les allées et passages représentent 60% de la surface de stockage.

produit	1	2	3	4
type	compresseur	thermostat	SPA	Chiller
encombrant	non	non	oui	oui
lourd	oui	non	non	oui
poids en t	0.288	0.0000055	0.45	8.44
aire en m ²	0.172	0.000039	5.06	53.83

Tableau 2 : Paramètres des produits

Le poids des produits et le nombre de kilomètres parcourus entre deux entreprises permettent de calculer les émissions de CO₂ dues au fret. L'Agence De l'Environnement Et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) détermine des émissions moyennes par tonne.km à partir d'émissions par véhicule.km et d'une estimation de poids transportés par véhicule. Le tableau 2 indique la valeur des émissions en gCO₂ équivalent par tonne.km selon le mode de transport employé. Pour les destinations locale, régionale ou continentale, le mode de transport est le camion ; pour la destination globale le bateau. L'avion sera employé pour les transports continentaux ou globaux express.

Pour le tableau 3, on notera que les camions utilisés pour les destinations locales sont plus petits que pour les destinations régionales ou continentales par conséquent les émissions par tonne.km de CO₂ sont plus importantes dans le premier cas. L'ADEME, d'après des données du Ministère de l'Équipement français considère que le taux moyen de remplissage des camions est de 30% de leur charge utile. Pour les transports par avion, le décollage et l'atterrissage sont plus émetteurs de CO₂ d'où les émissions par km plus élevées pour les moyens que pour les longs courriers. Les émissions dues au stockage représentent l'empreinte carbone en kgCO₂ par m² de la construction d'un hangar de stockage. Toutes ces données proviennent de l'ADEME.

Transport	gCO ₂ équivalent par tonne.km (incertitude)
Local (l)	145,10 (10%)
Regional (r) ou Continental (c)	74,90 (10%)
Global (g)	
Produit 1	3,57(10%)
Produit 2	42,86(10%)
Produit 3	33,33(10%)
Produit 4	13,64(10%)
Express continental	570 (20%)
Express global	320 (20%)
Stockage	par m ² (incertitude)
Hangar industriel	75 000 (50%)

Tableau 3 : Facteurs d'émissions

5 MODELE DE SIMULATION ET CALIBRAGE

5.1. Configuration de la simulation

Avant de commencer la simulation, la chaîne logistique a besoin d'être configurée. Ajouter un type d'entreprise revient à choisir dans la bibliothèque : une localisation (l, r, c ou g), un type de produit (1, 2, 3, 4) et un TRS (A, B,

C, D). Par conséquent, les trois maillons ont des profils personnalisés. Une fois les informations extraites de la bibliothèque, le modèle est automatiquement formé. Le logiciel de simulation ARENA version 12 est utilisé.

5.2. Caractéristiques de la simulation

La demande finale suit une loi normale de moyenne 50 et d'écart-type 5 avec une fréquence d'arrivée journalière. Elle est directement transformée en ordre de livraison de produits finis qui suit une production sur stock (MTS). Si les produits finis sont en stock, ils sont automatiquement livrés. Sinon, si la date de livraison n'est pas réalisable, une livraison express est ordonnée pour les destinations continentales et globales. Deux stocks tampons sont prévus : l'un dû aux délais de livraison, l'autre dû aux fréquences de livraison.

Les processus de production, de réglage et de changement d'outillage suivent une loi triangulaire. La disponibilité est ajustée en fonction du taux de pannes modélisé par une fonction exponentielle. Cette dernière représente les temps moyens entre les pannes, les réparations et les réglages. La performance est réglée selon les cadences des machines. Tous ces paramètres sont fixés pour atteindre le taux de TRS requis pour le cas étudié. Après avoir défini ces caractéristiques dans le profil de l'entreprise, les variables de commande comme le point de pénétration de la commande et la taille de lots sont calibrées. Dans notre approche, les stocks sont calibrés pour un taux de service de 100% et des transports express sont modélisés en dernier recours.

Cinq simulations de 40 000 heures chacune sont effectuées pour chaque configuration. Ces choix ont été déterminés afin de dépasser la phase transitoire du système et tenir compte de la possibilité de phénomènes aléatoires.

6 RESULTATS DES SIMULATIONS

En faisant varier les trois données d'entrée (efficacité, localisation et type de produits), nous obtenons 2560 configurations. Nous utilisons les logiciels Sphinx et Xlstat pour nos analyses. Nous les traitons grâce à une analyse en composantes principales (ACP) à quatre critères : financiers (nombre de kilomètres et nombre de produits stockés) et environnementaux (émissions d'équivalent carbone dues au stockage et au transport). Nous suivons le plan d'expériences suivant :

- Efficacité et localisation homogènes,
- Efficacité homogène et localisation dégradée : llr, rll, lrl, llr, cll, lcl, llc, gll, lgl, llg, rrr, crr, rcr, rrc, grr, rgr, rrg, ccc, gcc, cgc, cgg
- Localisation homogène et efficacité dégradée : AAA, DAA, ADA, AAD, DDA, DAD, ADD, DDD
- Efficacité homogène et localisation quelconque.

6.1 Localisation et efficacité homogènes

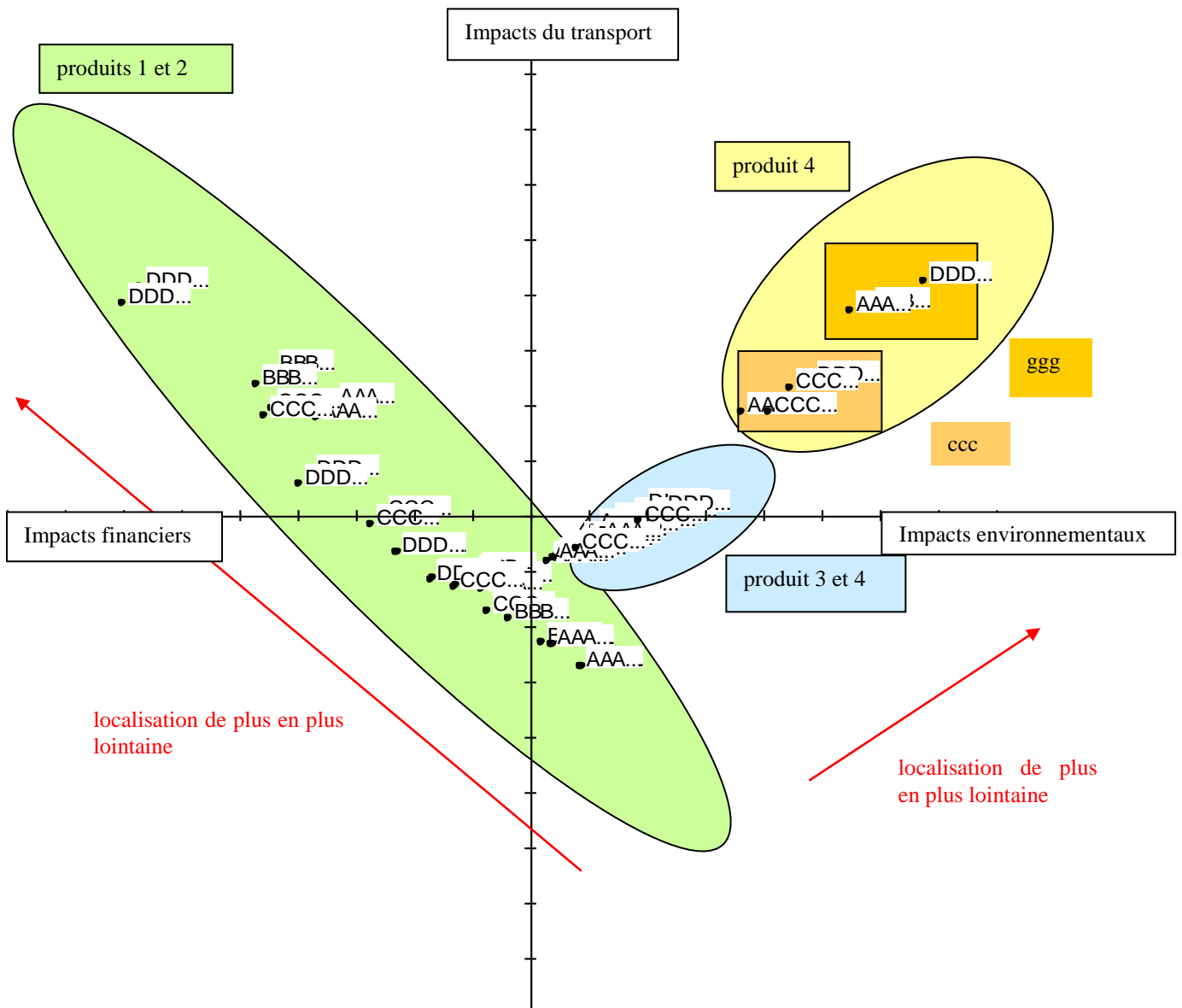


Figure 6 : Représentation des 64 configurations par ACP

6.1.1 Type de produits

La figure 6 montre que le type de produits a une très forte influence environnementale notamment pour les produits 4.

6.1.2 Efficacité

Quand l'efficacité se dégrade, les émissions et les coûts financiers augmentent.

6.1.3 Localisation

Quel que soit le type de produit 1, 2 ou 3, la configuration AAA rrr est équivalente à la configuration DDD III. Pour le produit 4, le niveau de stock et le nombre de kilomètres des configurations CCC III et DDD III sont équivalents à ceux des configurations AAA rrr et BBB

rrr. Par contre, les émissions d'équivalent CO₂ sont bien plus fortes pour la configuration en rrr qu'en III.

Les produits 3 et 4 émettent de manière très significative. Plus l'efficacité est faible et plus la localisation est lointaine, plus ils émettent. Les résultats des configurations ggg sont nettement supérieurs en terme d'émissions a contrario des configurations III et rrr. Les résultats des produits 3 et 4 sont très influencés par les émissions.

A partir de ces configurations homogènes, nous concluons que le type de produits et les configurations de localisation sont très impactantes. Nous allons à présent simuler des configurations à localisation dégradée.

6.2 Localisation dégradée

De manière inattendue, la localisation du premier maillon influence considérablement les résultats de la simulation (figure 7 et tableau 4). Enfin, nous concluons que le type de produits a une très forte influence sur les émissions de CO₂ ainsi que la localisation de la première entreprise. Plus l'entreprise est en aval de la chaîne logistique, moins sa localisation est impactante. De même, le TRS est peu influent au regard des autres données d'entrée (Jaegler et Burlat, 2011).

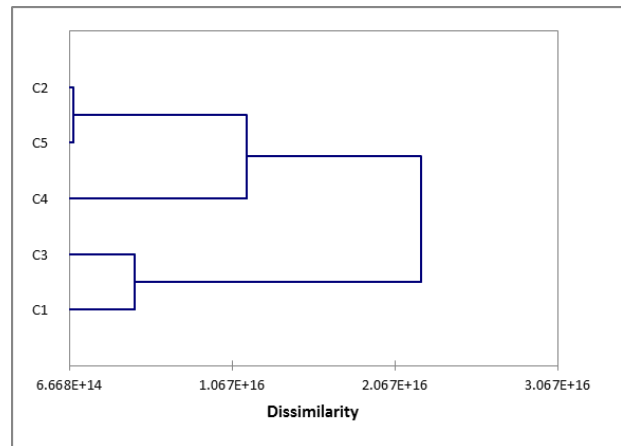


Figure 7 : dendrogramme des 352 configurations

classe	configurations
1	Produits 3+4 Produits 1+2 ccc
2	Produits 1+2 avec g en première position ou 2c
3	Produits 1+2 dégradation de lll ou rrr en r et c
4	Produits 1+2 ggg
5	Produits 1+2 AAA avec g et 2l ou g en dernier Produits 1+2 DDD avec g en deuxième ou troisième position avec l ou r

Tableau 4 : Résumé du classement des 352 configurations

6.3 Efficacité dégradée

Nous pouvons en conclure (tableau 5) que plus la chaîne logistique a des maillons à efficacité faible, plus elle a intérêt à ce qu'ils présentent des efficacités homogènes. Ses résultats environnementaux seront alors meilleurs a contrario de ses résultats financiers en termes notamment de stocks. Ceci peut s'expliquer de la manière suivante : une chaîne logistique à efficacités hétérogènes entraîne plus de transports express car les maillons sont tellement dissemblables qu'ils ne sont pas adaptés les uns aux autres. En effet, les tailles de lots sont différentes selon

l'efficacité des entreprises. Par exemple, une entreprise d'efficacité A commande des lots de petite taille au contraire d'une entreprise d'efficacité D qui travaille sur des tailles de lots plus importantes. Cette dernière va donc regrouper des commandes et pénaliser son client.

CLASSIFICATION	en tonne équivalent CO ₂		nombre de km	bre de produits stockés
	mission dues au stockage	missions dues au transport		
rrr produits 1 et 2 et produits 3 et 4 AAA-DDD	492.42	245.10	5679990.00	1880.00
ccc : produits 1+2+3+4 et lll-rr-ggg : produits 3 et 4 autres	1890.17	18697.54	18402851.77	1894.44
ggg : produits 1 et 2 AAD-DAD	11.99	5144.50	101606400.00	1859.00
lll : produits 1+2 et produits 3+4 AAA-DDD	461.68	45.75	564398.00	1763.70
ggg : produits 1 et 2 DDA-ADD	17.01	3646.00	84770400.00	2635.50
ggg : produits 1+2 AAA-DDD-DAA-A-DA et produits 3+4 AAA-DDD	1006.65	21770.83	91638400.00	2381.50
TOTAL	1248.51	12294.23	25167575.63	1939.47

Tableau 5 : Classification des 128 configurations à efficacité dégradée

6.4 Localisation quelconque

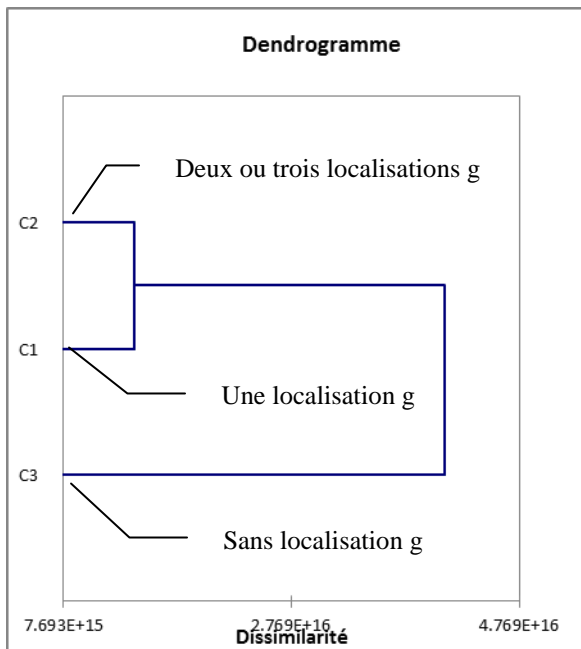


Figure 8 : Dendrogramme des 128 configurations

D'après le dendrogramme de la figure 8, les 128 configurations à localisation quelconque se répartissent en trois classes : les configurations sans localisation globale, avec une localisation globale ou avec deux ou trois localisations globales. Nous confirmons donc que l'efficacité a moins d'impact que la localisation. Parmi les localisations, la localisation g est prépondérante.

6.5 Analyse de la variance

En effectuant une analyse de la variance, nous confirmons les résultats suivants :

- La localisation et le type de produits sont toujours significatifs mais l'efficacité ne l'est que pour les critères financiers,
- La localisation 1 puis la localisation 2 sont très significatives alors que la localisation 3 ne l'est pas sauf pour le nombre de produits stockés.

7 CONCLUSION ET IMPLICATIONS MANAGERIALES

La localisation et le type de produits sont très impactants alors que l'efficacité ne l'est que pour les critères financiers. Ceci implique pour la fonction Recherche et développement de porter une attention particulière au design du produit et pour la fonction Achats à la localisation des fournisseurs.

7.1 Type de produits

Plus les produits sont lourds et encombrants, plus les critères environnementaux se détériorent : il existe une dispersion de 10^5 tonnes d'équivalent CO₂ entre la configuration la plus favorable et la configuration la moins

favorable. Il est donc nécessaire que la fonction Recherche et Développement se focalise sur un design léger et compact.

7.2 Localisation

Plus les localisations sont lointaines, plus la chaîne logistique émet d'équivalent CO₂. L'introduction d'1g impacte très fortement la performance de la chaîne logistique alors qu'il faut introduire 2c pour observer une influence significative. Les émissions sont multipliées par 60 entre une configuration III et une configuration contenant un g.

La localisation du 1^{er} maillon puis du 2^{ème} sont très influentes contrairement à celle du 3^{ème} maillon. Les émissions sont multipliées par 6 entre une configuration IIg et les configurations gII ou Igl. La fonction Achats doit se focaliser sur le fournisseur de rang 1 mais également sur le fournisseur de rang 2 ; la proximité de ses fournisseurs étant plus importante que celle de ses clients.

7.3 Efficacité

Les configurations à efficacités homogènes sont moins émettrices d'équivalent CO₂ que les configurations à efficacités hétérogènes. En moyenne, les émissions sont réduites par 3 au passage d'une configuration hétérogène à une configuration homogène.

La dégradation de l'efficacité engendre une augmentation du niveau de stock. Il y a une augmentation de 40% du stock entre la configuration la plus favorable et la moins favorable.

La fonction Achats doit donc prendre garde à l'efficacité des fournisseurs.

8 PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Nous pouvons envisager deux types de perspective pour nos futures recherches :

- A court terme :
 - Envisager d'autres politiques de stockage
 - Exploiter d'autres modes de transport comme le train ou encore le transport fluvial
- A long terme :
 - Etudier l'impact des émissions dues au fonctionnement des usines elles-mêmes
 - Etudier la performance globale de la chaîne logistique en intégrant des critères sociétaux.

Nos prochaines recherches se focaliseront sur ces questions. Ainsi, nous simulerons une vue plus complète de la performance écologique de la chaîne logistique.

REFERENCES

- ADEME (2007). Guide des facteurs d'émissions Report: Mission interministérielle de l'Effet de Serre.
- Banks J., 1998. *Handbook of Simulation : Principles, Methodology, Advances, Applications, and Praticce*. New York: John Wiley.
- Chabaane A. et al., 2010. Design of sustainable supply chains under the emission trading scheme. *International Journal of Production Economics*.
- Cholette S. at Venkat K., 2009. The energy and carbon intensity of wine distribution: A study of logistical options for delivering wine to consumers. *Journal of Cleaner Production*, vol. 17, p. 1401-1413.
- Ciliberti F. et al., 2008. Logistics social responsibility: Standard adoption and practices in Italian companies. *International Journal of Production Economics*, vol. 113, p. 88-106.
- Courtois A., et al., 2006. *Gestion de production*, Paris, Groupe Eyrolles.
- Fabbe-Costes N., 2007. La gestion des chaînes logistiques multi-acteurs : les dimensions organisationnelles d'un gestion lean et agile. In: PACHÉ G., S. A. (ed.) *La gestion des chaînes logistiques multi-acteurs : perspectives stratégiques*. Presses universitaires de Grenoble.
- GIEC, 2007. Climate Change 2007.
- Handfield, R., Walton, S. V., Sroufe, R. and Melnyk, S. A., 2002. Applying environmental criteria to supplier assessment: A study in the application of the Analytical Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, vol 141(1), p.70-87.
- Hellström J. et Johnsson M. 2002. "Using discrete-event simulation in supply chain planning." The 14th Annual Conference for Nordic Researchers in Logistics.
- Hui K. et al, 2006. Creating a green supply chain : a simulation and a modeling approach. In: SPRINGER (ed.) *Greening the supply chain by J. Sarkis*. London.
- Jaegler A et Burlat P., 2011. Carbon friendly supply chains: a simulation study of different scenarios, *Production Planning & Control*, DOI:10.1080/09537287.2011.627656
- Lee K.-H., 2011. Integrating carbon footprint into supply chain management : the case of Hyundai Motor Company (HMC) in the automobile industry. *Journal of Cleaner Production*, vol. 19, p. 1216-1223.
- Lu L. Y. Y., Wu C. H. and Kuo T. C., 2007. Environmental principles applicable to green supplier evaluation by using multi-objective decision analysis. *International Journal of Production Research*, vol. 45, p.4317-4331.
- Miltenburg J., 1995. *Manufacturing strategy*, Portland, Oregon, Productivity Press
- Muchiri P. and Pintelon L., 2008. Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, vol. 46(13), p.3517-3535.
- Rizet C. et Keïta B., RIZET, C. & KEÏTA, B. 2005. Chaînes logistiques et consommation d'énergie : cas du yaourt et du jean. In: INRETS-DEST (ed.).
- Soytas U. et Sari R., 2009. Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: Challenges faced by an EU candidate member. *Ecological Economics*, vol. 68 Issue 6, p. 1667-1675.
- Srivastava S., 2007. Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. *International Journal of Management Reviews*, vol. 9, p. 53.
- Sundarakani, B., de Souza, R., Goh, M., Wagner, S. M., & Manikandan, S. (2010). Modeling carbon footprints across the supply chain. *International Journal Of Production Economics*, vol. 128 Issue 1, p. 43-50.
- Tewoldeberhan, T. W.; Verbraeck, A.; Hlupic, V.. *Journal of the Operational Research Society*, Oct2010, Vol. 61 Issue 10, p1446-1458.
- Zhu Q. et al., 2008. Green supply chain management implications for "closing the loop". *Transportation Research: Part E*, vol. 44, p. 1-18.