

Thèse pour l'obtention du  
Doctorat en Sciences de Gestion  
présentée et soutenue publiquement par

**José CARNEIRO DE ANDRADE FILHO**

Le 15 décembre 2014

**L'optimisation de la logistique inversée des  
déchets urbains passe impérativement par  
l'utilisation d'un outil mathématique dans une  
démarche de partenariat public-privé.**

**JURY**

**Directeur de recherche :**

Monsieur Jacques COLIN  
Professeur à Aix-Marseille Université

**Co-Directrice :**

Madame Marisete DANTAS DE AQUINO  
Professeur à l'Université Fédérale du Ceará

**Rapporteurs :**

Monsieur Denis TRAVAILLÉ  
Professeur à l'Université de Lyon 3

Madame Nathalie FABBE-COSTES  
Professeur à Aix-Marseille Université

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Pós-Graduação em Engenharia - BPGE

- 
- A567L Andrade Filho, José Carneiro de.  
L'optimisation de la logistique inversée passe impérativement par l'utilisation d'un outil mathématique dans une démarche de partenariat public-privé / José Carneiro de Andrade Filho. – 2015.  
321 p. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Tese (doutorado) – Aix-Marseille Université, Centre de Recherche en Transport et la Logistique, Sciences de Gestion, Aix en Provence, 2015.  
Área de Concentração: Logística e Saneamento Ambiental.  
Orientação: Prof. Dr. Jacques Colin.  
Coorientação: Profa. Dra. Marisete Dantas de Aquino.
1. Saneamento. 2. Logística reversa. 3. Pesquisa operacional. 4. Desenvolvimento sustentável. 5. Otimização. 6. Administração pública. 7. Parceria público-privada. I. Título.

UNIVERSITÉ D AIX-MARSEILLE

**ATTESTATION DE REUSSITE AU DIPLOME**

Le Doyen de la Faculté d' Economie et de Gestion atteste que

**le Diplôme national de docteur en Sciences de Gestion**  
a été décerné à

**Monsieur CARNEIRO DE ANDRADE FILHO JOSE**

né le 4 mars 1982 à FORTALEZA (BRESIL)

au titre de l'année universitaire 2013/2014

Titre des travaux : L'OPTIMISATION DE LA LOGISTIQUE INVERSEE DES DECHETS PASSE IMPERATIVEMENT  
PAR L'UTILISATION D'UN OUTIL MATHEMATIQUE DANS UNE DEMARCHE DE  
PARTENARIAT PUBLIC-PRIVE

Date de soutenance : 15 décembre 2014

Établissement soutenance : UNIVERSITE D'AIX-MARSEILLE

Jury : Mme NATHALIE FABBE-COSTES, Président du jury, PROFESSEUR DES UNIVERSITES  
UNIVERSITE D'AIX-MARSEILLE  
Mme MARISETE DANTAS DE AQUINO, Rapporteur du jury, PROFESSEUR (ETRANGER)  
Univ. Fédérale do Ceara - Fortaleza  
M. DENIS TRAVAILLE, Rapporteur du jury, PROFESSEUR DES UNIVERSITES  
UNIVERSITE LYON 3  
M. JACQUES COLIN, Directeur de thèse, PROFESSEUR EMERITE  
UNIVERSITE D'AIX-MARSEILLE

Ecole doctorale : Sciences Economiques et Gestion d'Aix Marseille

Section CNU : 0600 - Sciences de gestion



Fait à Marseille, le 16 décembre 2014

Pierre GRANIER

N° étudiant : 11614750

Il est immoral de comprendre et de consentir que, pendant qu'une partie de l'humanité fait le régime, l'autre partie a faim. Il est injuste qu'une partie de la population gaspille, tandis que l'autre mendie par manque de choix.  
(Pe. Airton Freire)

## REMERCIEMENTS

Je voudrais exposer ma Gratitude à certains de vous mais en sachant qu'il aura des noms qui ne seront pas cités, parce qu'ils sont beaucoup à qui je dois remercier....

Premièrement, remercier à Dieu, car sans lui, rien de ceci ne serait possible ;

A mon père, José Carneiro de Andrade, professeur à l'Université et un grand ingénieur qui m'a appris la valeur d'une vie avec l'honneur et l'honnêteté comme professionnel et être humain et qui m'a encouragé aux études depuis très jeune. Merci pour la persistance et la confiance ;

A mon épouse Débora Barreto Santana de Andrade pour être toujours à mon côté et en sachant que sans elle je ne pourrais jamais finir ce travail. Merci pour exister et pour être toujours présente pour m'encourager et me supporter pendant tous ces années de thèse. Et merci pour m'avoir donné, cette année, le présent le plus belle de ma vie, notre petite ;

A M. Jacques Colin qui, depuis la première interview à Fortaleza, en 2008, a toujours été disponible et attentif à la réalisation de mon travail de thèse. Aujourd'hui, il est un grand honneur d'avoir M. Colin comme mon directeur de thèse mais aussi comme un bon ami ;

A Mme. Marisete Dantas qui a toujours été disponible pour m'aider dans sa codirection à l'Université Fédéral du Ceara. Merci pour sa patience, sa gentillesse et, principalement, son exemple de professionnelle.

A Mme. Fabbe-Costes qui, avec sa présence forte et professionnel mais, au même temps, très gentille, était toujours synonyme d'encouragement à mon travail de recherche ;

Aux professeurs Marta Maria Bastos Mendonça qui m'a donné l'opportunité de connaître le CRET-LOG en 2008, à Prof. Maria Alice Gomes de Andrade Lima pour son aide, son encouragement et son amitié et à M. Denis Travaillé pour avoir accepté lire ma thèse et être présent dans le jury de cette soutenance.

Aussi à tous les autres professeurs qui composent l'équipe de recherche au CRET-LOG, plus précisément à, Messieurs Gilles Paché, Gilles Guieu, François Fulconis, Cendrine Fons et Aurelien Rouqué qui ont été des présences admirables et des exemples comme personnes et professionnelles ;

A chaque ami et camarade dont j'ai eu l'opportunité de faire des amitiés pendant ces derniers années en France. A mes camarades de cours du M2R et du doctorat ainsi que mes amis du Jiu-Jitsu du club d'Aix en Provence. J'ai la chance d'avoir, aujourd'hui, une deuxième famille d'amis et un deuxième pays comme maison.

Enfin, merci à ma mère, Maria Clara Freitas de Andrade, qui a commencé cette journée à côté de moi en 2008 mais qui aujourd'hui regarde du « ciel » la finalisation de ce travail. Sa présence et son amour sera toujours avec moi. Je serai éternellement reconnaissant à tout ce que vous m'avez appris comme personne. Merci, Merci Beaucoup...

*« Que Deus te abençoe, te  
oriente e te proteja »  
Maria Clara (in memoriam)*

L'optimisation de la logistique inversée des déchets urbains passe impérativement par l'utilisation d'un outil mathématique dans une démarche de partenariat public-privé.

---

## RESUMO

*O desenvolvimento da economia junto com o crescimento da população e o respectivo aumento do seu poder de compra geram uma elevação do consumo e, conseqüentemente, afetam fatores e serviços que têm relação direta com o saneamento básico de uma cidade. Um exemplo desses serviços é a gestão de resíduos sólidos urbanos.*

*A partir desse contexto, a pesquisa é desenvolvida a propósito da evolução na qualidade e na eficiência da logística reversa dos resíduos sólidos urbanos de uma cidade. Assim sendo, após observar como a logística reversa é executada atualmente em duas cidades brasileiras (Fortaleza no Estado do Ceará e Osasco no Estado de São Paulo), foi sugerida uma otimização dessa gestão de maneira quantitativa e qualitativa. Ou seja, essa otimização sugere que os modelos tradicionais de gestão utilizados atualmente na administração pública, podem melhorar em desempenho e eficiência se utilizadas ferramentas matemáticas, computacionais e gerenciais apropriadas.*

*Um modelo matemático foi formulado capaz de realizar uma análise quantitativa otimizada para a localização de instalações no âmbito da logística reversa e, em seguida, foi indicado qual o melhor tipo de gestão pública para que esse modelo seja utilizado com elevado grau de desempenho e eficiência. Para otimizar soluções no contexto da gestão de resíduos sólidos urbanos são usadas técnicas matemáticas de programação linear.*

*Um programa computacional desenvolvido para esta pesquisa foi usado para efetuar as simulações. A eficiência e a versatilidade do programa computacional foram avaliadas através da análise de vários exemplos para a determinação da localização otimizada de instalações em Fortaleza e em Osasco.*

*A pesquisa operacional é a base para a construção desse modelo matemático enquanto que o modelo de gestão de parceria público-privada é a indicação do tipo de gestão adequada para que a mencionada ferramenta matemática e computacional apresente soluções otimizadas no modelo gerencial de logística reversa de resíduos sólidos urbanos proposto.*

*Palavras-chaves: logística reversa, pesquisa operacional, otimização, desenvolvimento sustentável, administração pública, parceria publico-privada.*

## **ABSTRACT**

The development of the economy together with the population growth and the corresponding increase of purchasing power generate an increase in consumption and, consequently, affect factors and services which have direct relationship with the basic sanitation services in a city. An example of such service is urban solid waste management.

From this context, the research is developed in connection with the evolution in quality and efficiency of reverse logistics of urban solid waste. Therefore, after observing how reverse logistics is currently being executed in two Brazilian cities (Fortaleza, State of Ceará and Osasco, State of São Paulo), quantitative and qualitative management optimization procedures are suggested. In other words, such optimization procedures suggest that traditional management models currently used in public administration can enhance performance and efficiency if appropriate mathematical, computational and managerial tools are used.

A mathematical model was formulated capable to accomplish an optimized quantitative analysis for the location of facilities within the ambit of reverse logistics and, then, it was indicated which is the best type of public management so that the proposed model is used with high performance and efficiency. To optimize solutions in the context of urban solid waste management, linear programming techniques are used.

A computer program developed for this research was used to perform the simulations. The efficiency and versatility of the computer program were evaluated through the analysis of several examples for determining the optimized location of facilities in Fortaleza and in Osasco.

Operational research is the basis for the construction of the mathematical model while the public-private partnership management model is the indication of the type of appropriate management so that the aforementioned mathematical and computational tool may present optimized solutions in the proposed reverse logistics urban solid waste management model.

**Keywords:** reverse logistics, operational research, optimization, sustainable development, public administration, public-private partnership.

L'optimisation de la logistique inversée des déchets urbains passe impérativement par l'utilisation d'un outil mathématique dans une démarche de partenariat public-privé.

---

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>16</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>17</b>
1. Le contexte général et la problématique .....	18
2. Le cadre théorique et méthodologique .....	21
3. Les objectifs de la recherche .....	22
4. Les contributions attendues de la recherche.....	24
5. La structure de la thèse .....	25
<b>PREMIERE PARTIE .....</b>	<b>29</b>
<b>THÉORIE .....</b>	<b>29</b>
<b>CHAPITRE I - L'EVOLUTION DE LA PENSEE ECONOMIQUE VERS LA PHILOSOPHIE DU DEVELOPPEMENT DURABLE .....</b>	<b>30</b>
1.1. Une brève introduction concernant l'évolution de la pensée économique vers les questions environnementales. ....	31
1.1.1. Les physiocrates .....	33
1.1.2. Les classiques - orthodoxes et hétérodoxes.....	34
1.1.3. Les économistes néo-classiques – La Microéconomie .....	37
1.1.4. La Macroéconomie - Keynes et les économistes contemporains. ....	39
1.2. Le Développement Durable. ....	42
1.2.1. L'histoire de l'expression du Développement Durable.....	44
1.2.3. La définition du Développement Durable.....	47
1.3. Le Management Durable dans les villes. ....	49
1.4. Les parties prenantes responsables du développement durable .....	51
<b>CHAPITRE II - LA LOGISTIQUE INVERSÉE DANS LE SERVICE DE L'ASSAINISSEMENT – LA GESTION DES DÉCHETS URBAINS.....</b>	<b>55</b>
2.1. L'évolution de la logistique. ....	56
2.1.1. La définition la plus pertinente de la logistique.....	60
2.2. La maturité d'une nouvelle logistique : la logistique inversée.....	61
2.2.1. La définition la plus pertinente de la logistique inversée.....	63
2.3. L'assainissement et la logistique inversée – une relation fondée sur la gestion des déchets : le cas du Brésil.....	66
2.3.1. L'assainissement .....	66
2.3.2. Le déchet: le produit de la logistique inversée.....	69
2.3.3. Les processus de la logistique inversée concernant les déchets .....	75
2.3.4. Les lois et les réglementations concernant les déchets .....	80
2.3.4.1. Les lois concernant les déchets et leurs classifications en France et au Brésil. ....	81
<b>CHAPITRE III - L'OPTIMISATION DES PROCESSUS – LA RECHERCHE OPERATIONNELLE DANS LA LOGISTIQUE INVERSÉE .....</b>	<b>88</b>
3.1 Des fondements de l'optimisation vers la programmation mathématique.....	89
3.1.1 Le rôle des outils computationnels dans les problèmes et les fonctions mathématiques d'optimisation.....	92
3.2. La Recherche Opérationnelle .....	94
3.2.1. La Programmation Linéaire .....	97

3.2.1.1.	La méthode <i>Simplex</i> et le programme computationnel L.I.N.D.O.....	100
3.2.1.2.	Les problèmes de transport et le problème de localisation des installations optimisés 103	
3.3.	Logistique Inversée x Recherche Opérationnelle .....	107
<b>CHAPITRE IV</b>	<b>- LE MODELE DE PARTENARIAT PUBLIC-PRIVE DANS LES SERVICES PUBLICS .....</b>	<b>112</b>
4.1.	Le management public .....	113
4.1.1.	Le pouvoir dans les services publics locaux .....	115
4.2.	Les formes de délégation du service public : l'évolution de la « concession » vers le partenariat public-privé .....	120
4.2.1.	Le Partenariat Public-Privé .....	122
4.2.2.	La définition et les objectifs du Partenariat Public-Privé .....	125
4.2.3.	Les expériences internationales de Partenariat Public-Privé.....	130
4.2.3.1.	Les Etats-Unis .....	130
4.2.3.2.	Le Royaume-Uni.....	132
4.2.3.3.	La France.....	134
4.2.4.	Les Partenariats Public-Privé au Brésil .....	137
4.2.5.	Les Contrats de Concessions et leurs Rémunérations au Brésil .....	141
<b>DEUXIÈME PARTIE</b>	<b>.....</b>	<b>146</b>
<b>PARTIE MANAGERIALE ET OPERATIONNELLE</b>	<b>.....</b>	<b>146</b>
<b>CHAPITRE V</b>	<b>- LE DESIGN DE LA THÈSE ET SA METHODOLOGIE .....</b>	<b>147</b>
5.1.	L'identification de la problématique.....	148
5.2.	Le management public face à la logistique inversée .....	150
5.2.1.	La problématique des déchets au Brésil.....	152
5.3.	Les objectifs de la recherche .....	156
5.3.1.	Les objectifs spécifiques de la recherche .....	157
5.4.	Le terrain.....	158
5.4.1.	La ville d'Osasco .....	161
5.4.2.	La ville de Fortaleza.....	162
5.5.	La méthodologie de la thèse .....	163
5.5.1.	La Méthodologie pour la partie Quantitative .....	163
5.5.2.	La Méthodologie de la partie Qualitative .....	166
5.5.2.1.	Les Propositions .....	168
5.5.2.2.	Le Pré-Modèle Qualitative .....	172
<b>CHAPITRE VI</b>	<b>- L'OPTIMISATION QUANTITATIVE .....</b>	<b>173</b>
6.1.	La formulation du problème .....	174
6.2.	La détermination des secteurs géographiques à étudier .....	175
6.3.	L'identification des variables .....	179
6.4.	La formulation de la fonction objective.....	180
6.5.	L'identification et la formulation des restrictions .....	181
6.6.	La formulation du modèle .....	183
6.7.	La solution du modèle .....	183
6.8.	Le programme computationnelle QUARIECOS - La ville de Fortaleza .....	186
6.8.1.	Notre apport scientifique personnel .....	188
6.8.2.	La ville de Fortaleza .....	192
6.8.3.	La ville d'Osasco .....	201
<b>CHAPITRE VII</b>	<b>- LA DEMARCHE ORGANISATIONNELLE PPP DE COLLECTE DES DECHETS PAR UN MODELE PPP ETABLI EN UTILISANT UN OUTIL MATHEMATIQUE.....</b>	<b>206</b>
7.1.	L'actuel contexte brésilien sur les déchets urbains .....	207
7.2.	La démarche organisationnelle PPP pour les services de collecte .....	214

7.2.1. Le modèle de gestion d'Osasco .....	215
7.2.2. Les entretiens .....	218
7.2.2.1. Le Partenaire Privé – Le directeur de l'entreprise EcoOsasco .....	218
7.2.2.2. Le Partenaire Public – Le secrétaire des travaux publics de la municipalité d'Osasco .....	221
7.3. L'identification des contraintes et des performances .....	224
7.3.1. Un exemple de contrat PPP – Le Stade de Football Castelão à Fortaleza.....	224
7.3.2. L'élaboration d'un cahier des charges avec les contraintes de la Loi 11.079/2004 .....	227
7.3.3. Etablir le cahier des charges .....	228
7.4. La question de recherche et la validation des propositions : confirmées ou pas ? .....	233
7.4.1. Proposition 1 .....	234
7.4.2. Proposition 2 .....	235
7.5. Le Modèle Qualitatif .....	237
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>242</b>
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>243</b>
1. La synthèse de la recherche .....	244
2. Les apports de la recherche.....	246
2.1. Les apports opérationnels et managériaux .....	246
2.2. Les apports théoriques .....	247
3. Les Limites de la recherche .....	247
4. Les Perspectives de la recherche .....	249
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>252</b>
<b>APENDICES .....</b>	<b>268</b>
<b>APPENDICE A – DESCRIPTION DES 16 SECTEURS DU RECENSEMENT CONSIDÉRÉS DANS LA SIMULATION POUR LA VILLE DE FORTALEZA .....</b>	<b>269</b>
<b>APPENDICE B – FICHER SAIDA.ltx.....</b>	<b>272</b>
<b>EXEMPLE DE LA LISTE DU RAPPORT CRÉÉ PAR LE PROGRAMME D'ORDINATEUR QUARIECOS.....</b>	<b>272</b>
<b>APPENDICE C – FICHER MODELO_OTIMIZAÇÃO.ltx.....</b>	<b>280</b>
<b>LISTE DE LA FONCTION OBJECTIF ET RESTRICTIONS DU MODÈLE CRÉÉ PAR LE PROGRAMME D'ORDINATEUR QUARIECOS .....</b>	<b>280</b>
<b>APPENDICE D – FICHER RESULTADOS.ltx .....</b>	<b>286</b>
<b>RÉSULTATS DE L'ANALYSE DU MODÈLE PAR LE PROGRAMME D'ORDINATEUR LINDO.....</b>	<b>286</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>299</b>
<b>ANNEXE A - RISQUES D'UNE PPP.....</b>	<b>300</b>
<b>ANNEXE B - OTIMISATION DANS LE SIMULATION DE LA REGION AVEC 12 QUARTIER .....</b>	<b>302</b>

L'optimisation de la logistique inversée des déchets urbains passe impérativement par l'utilisation d'un outil mathématique dans une démarche de partenariat public-privé.

---

# **INTRODUCTION GENERALE**

## **INTRODUCTION**

## 1. Le contexte général et la problématique

Actuellement, les pays en voie de développement se caractérisent par un taux d'accroissement moyen de 2,3%, et la population de ces pays représente environ 5 milliards d'habitants, autrement dit 75% de la population mondiale, tandis que la population des pays développés n'a augmenté que de 0,8%<sup>1</sup>. Ainsi, avec une projection d'un taux de 2% d'accroissement pour les années à venir, la population mondiale est susceptible de doubler vers 2050. Et, si le temps de doublement de la population est estimé en années et par continent, il faudra pour cela 175 ans en Europe, 100 ans en Amérique du Nord, 41 ans en Asie du Sud, 29 ans en Amérique latine et 23 ans en Afrique.

De plus, les circonstances économiques que les pays en développement ont vécues ces dernières années suscitent des différences significatives dans la qualité de vie de la population. Le Brésil et les pays en développement ont connu un enrichissement économique et, par conséquent, un changement important dans les modes de consommation. Tandis que les pays développés ont vécu des moments de récession difficiles dans la dernière décennie, les pays en développement ont connu un développement économique considérable. Selon la Banque Mondiale<sup>2</sup>, la Chine, par exemple, a eu une augmentation de son PIB, dans les 5 dernières années, d'approximativement 9,26% par an, et, le Brésil, bien qu'avec un taux inférieur, a vu son PIB augmenter en moyen 3,3% par an.

Evidemment, cet accroissement de la population et cet élargissement du pouvoir d'achat lié au développement de l'économie dans ces pays entraînent un accroissement de la consommation et ces facteurs infèrent directement sur les indicateurs de l'assainissement urbain comme, par exemple, la production des déchets. Il est indubitable que l'augmentation de la consommation amplifie corrélativement la production des déchets qui est souvent associée à plusieurs facteurs: la démographie, la situation financière de la région, le climat, la culture, etc. Cependant, les deux premiers, la démographie et le PIB per capita sont les facteurs qui ont la corrélation la plus forte avec la production des déchets (CARVALHO JR, 2013).

---

<sup>1</sup> <http://donnees.banquemondiale.org/indicateur/NY.GDP.MKTP.KD.ZG> - Site du Banque Mondiale - Consulté le 10/08/2013.

<sup>2</sup> <http://donnees.banquemondiale.org/indicateur/NY.GDP.MKTP.KD.ZG> - Site du Banque Mondiale - Consulté le 10/08/2013.

Selon le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (2012)<sup>3</sup>, à l'heure actuelle, 1,3 milliard de tonnes de déchets sont produits par an dans le monde et, ce chiffre augmentera vers 2,2 milliards de tonnes des déchets jusqu'à 2025. Donc notre société a tendance à produire de plus en plus de déchets de telle sorte que les pouvoirs publics, qui sont responsables de la maintenance de l'ordre dans la communauté et son environnement, doivent chercher des solutions aux problèmes des déchets depuis leur collecte jusqu'aux différents types de recyclage et de mise en décharge.

Au Brésil, la situation n'est pas différente. Selon le Panorama des Résidus Solides du Brésil – PRSB – (2011)<sup>4</sup>, le volume des déchets urbains produits en 2010 a été 7% supérieur à 2009. Autrement dit, le Brésil a produit 61 millions de tonnes des déchets en 2010. Cependant, l'augmentation démographique n'est pas la seule responsable de cette augmentation : la production des déchets a augmenté six fois plus que la population, la moyenne de déchets produits par chaque habitant brésilien a atteint 378 Kg par an. En outre, le PIB au Brésil, en 2010 a augmenté 5,7%<sup>5</sup> par an.

Dans ce contexte, il est vrai que l'attention prêtée aux déchets augmente progressivement. Soit grâce à la législation soit par simple intérêt financier, la communauté mondiale vit une tendance « écolo ». Une tendance vers les concepts du développement durable, à chaque fois plus forts et exigés par la société. Les entreprises et les pouvoirs publics sont ainsi forcés de suivre cette tendance qui cherche toujours à atteindre un meilleur résultat social, environnemental et économique.

Par rapport aux déchets, les chiffres sur le rapport entre les déchets produits et les déchets collectés démontrent une évolution qui confirme cette tendance « écolo ». En 2008, au Brésil, les déchets collectés ont été de 87,94%<sup>6</sup> ; en 2009, de 88,16%<sup>7</sup> et en 2010, de 88,98%<sup>8</sup>.

---

<sup>3</sup> <http://www.pnuma.org.br/noticias.php> - Site officiel du Programme des Nations Unies pour l'Environnement - Consulté le 10/08/2013.

<sup>4</sup> Panorama nacional de residuos solidos 2011 – Site [http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_apresentacao.cfm](http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm) - Consulté 13/05/2014

<sup>5</sup> <http://donnees.banquemondiale.org/indicateur/NY.GDP.MKTP.KD.ZG> - Site du Banque Mondiale - Consulté le 10/08/2013.

<sup>6</sup> Panorama nacional de residuos solidos 2009 – Site [http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_apresentacao.cfm](http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm) - Consulté 13/05/2014

<sup>7</sup> Panorama nacional de residuos solidos 2010 – Site [http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_apresentacao.cfm](http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm) - Consulté 13/05/2014

<sup>8</sup> Panorama nacional de residuos solidos 2012 – Site [http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_apresentacao.cfm](http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm) - Consulté 13/05/2014

Comme nous pouvons l'observer dans le schéma 1, de 2002 à 2011, la collecte des déchets a progressé d'un taux de 7,5%. Ce chiffre, même s'il est faible pour toute une décennie, confirme une progression qui, sans doute, mériterait d'être plus significative.

REGION	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
NORD	88,1	88,7	66,7	69,1	71,3	73,6	78,7	80,1	82,2	83,2
NORD-EST	65,7	66,9	66,7	67,7	68,7	69,5	73,4	75,4	76,2	76,8
CENTRE	84,1	84,0	83,9	84,3	85,2	85,9	90,4	89,2	89,9	91,3
SUD-EST	91,1	91,3	91,4	91,5	91,8	92,0	96,2	95,3	95,9	96,5
SUD	81,3	82,0	82,2	82,5	83,0	83,0	90,5	90,7	91,5	92,3
BRÉSIL	82,2	82,7	81,5	82,1	82,7	82,3	87,9	88,2	88,9	89,7

Schéma 1 – Evolution de la collecte des déchets au Brésil.

Source: PRSB (2011)

A partir de ces informations, nous commencerons à formuler nos questionnements à propos de l'évolution de la qualité et de l'efficacité de la logistique inversée concernant les déchets urbains. En fait, nous examinerons la façon selon laquelle la logistique inversée est exécutée, et, ensuite, nous questionnerons la possibilité d'une optimisation de son activité. Les modèles traditionnels de gestion utilisés par les pouvoirs publics et l'installation des infrastructures nécessaires au développement de la chaîne inversée sont des points à résoudre pour l'optimiser.

Dans cette optique, les chiffres, basés sur des données de l'IBGE<sup>9</sup> à propos des prestataires de services d'assainissement au Brésil, montrent qu'il y a environ 25 ans (1989 est l'année de référence), la participation des entreprises privées dans le secteur était relativement insignifiante. La croissance de la participation privée dans le secteur n'a eu lieu qu'à partir des années 90 et elle était limitée aux activités d'approvisionnement en eau.

Les difficultés pour financer, entretenir, exécuter et développer la structure nécessaire à la prestation des activités liées à l'assainissement de base, dans n'importe quelle situation, sont

<sup>9</sup> Pesquisa Nacional de Saneamento Basico (Recherche Nationale d'Assainissement de Base) 2000 (PNSB 2000)

immenses. Une des raisons à cela est le fait que certaines activités ne sont pas rentables du point de vue économique, avec des coûts impossibles à individualiser ou avec des bénéfices impossibles à identifier individuellement (par exemple, les services de nettoyage urbain).

Force est en effet de constater que par le biais des politiques de décentralisation et privatisation à la fin des années 90, la participation privée dans le secteur a augmenté.

## **2. Le cadre théorique et méthodologique**

Pour présenter le contexte général de notre recherche, il nous faut partir d'une bonne revue de littérature. A partir de celle-ci, nous pourrions légitimer notre question de recherche, c'est-à-dire une question qui émergera des différentes sources théoriques et pas seulement d'une approche empirique.

Ainsi, dans les chapitres I, II, III et IV de cette recherche, nous essayerons d'explorer les différentes sources théoriques pour stabiliser notre problématique, en rapprochant les points de vue théoriques à ceux issus du terrain et, ensuite, nous effectuerons le choix des références pertinentes pour chaque notion dominante.

En ce qui concerne les bases théoriques de cette recherche, le développement durable, la logistique inversée et le management public en sont les principaux thèmes. Dans chacun de ces domaines, des points importants seront soulignés et mis en évidence, comme l'évolution de la pensée économique vers les idées initiales du développement durable, les processus et les activités de la logistique inversée concernant les déchets et les partenariats public-privé comme modèle de gestion utilisé par le management public dans les services publics. Il faut également souligner que nous aborderons la théorie des parties prenantes, car elle est souvent associée aux questions de développement durable par les responsables des activités de collecte de déchets.

En fait, notre intérêt pour l'optimisation de la logistique inversée de façon quantitative et qualitative nous amènera à faire une étude opérationnelle avec une modélisation mathématique sur la manière selon laquelle les Ecopoints sont et/ou seront installés dans une ville. Ainsi, notre recherche élabore une approche mathématique basée sur la recherche

opérationnelle pour construire un modèle capable de localiser, de façon optimale, l'emplacement des Ecopoints dans une ville. Dans le cas de la présente étude, nous continuerons à utiliser ce modèle mathématique dans les deux villes étudiées, mais il faut signaler que ce modèle pourra ensuite être utilisé par d'autres villes.

Par la suite, nous poursuivrons, grâce à une démarche qualitative exploratrice reposant sur l'étude de deux cas des villes brésiliennes, à savoir, la ville d'Osasco, dans l'Etat de São Paulo, et la ville de Fortaleza, dans l'Etat du Ceará. Cette démarche qualitative exploratrice commencera par les entretiens qui aideront à croiser les informations issues de la littérature et des textes de loi avec les informations données sur la situation du terrain de la ville d'Osasco<sup>10</sup>.

A vrai dire, ces deux entretiens vont poser clairement le modèle d'un partenariat public-privé dans la gestion des déchets urbains. Nous avons choisi deux responsables de cette gestion. Premièrement, nous nous entretiendrons avec le directeur de l'entreprise privé EcoOsasco, l'entreprise responsable de la gestion et l'exécution des toutes les activités de la logistique inversée concernant les déchets urbains de la ville d'Osasco. Ensuite, nous nous entretiendrons avec le secrétaire des travaux publics et de gestion des déchets de la municipalité d'Osasco qui est le responsable public de la gestion et l'exécution de la logistique inversée des déchets urbains.

### **3. Les objectifs de la recherche**

Après l'analyse des problèmes engendrés par les déchets urbains et déjà mentionnés au début de cette introduction, nous arriverons à la logistique inversée et à la façon dont elle est gérée par les autorités publiques. Elle se caractérise, tant pour les entreprises que pour le management public, comme un processus de gestion capable de valoriser des marchandises (déchets) déjà en fin de vie.

Ainsi, à partir de ces premières notions, nous chercherons à connaître et à discuter la problématique que nous avons formulée de la façon suivante.

---

<sup>10</sup> Osasco est la seule ville au Brésil à avoir un modèle de gestion de partenariat public-privé dans la gestion des déchets urbains.

**Comment le management public et les autorités publiques, au-delà de leur pouvoir de réglementer, pourraient-ils optimiser la logistique inversée pour la transformer en un processus de gestion efficient et adéquat capable de valoriser des déchets ?**

A partir de cette problématique, nous aborderons la relation entre le management public et la logistique inversée posée dans un contexte de développement durable. Ces trois grands domaines donneront places à des sous-classes. Le partenariat public-privé, la recherche opérationnelle et les déchets, respectivement, seront au centre de notre recherche. En fait, en croisant ces domaines, nous voudrions comprendre l'optimisation dans le processus de la logistique inversée des déchets urbains. Nous voudrions construire un modèle mathématique, basé sur la recherche opérationnelle, pour optimiser la logistique inversée des déchets et montrer que cette optimisation est plus performante quand elle est utilisée dans une démarche d'un partenariat public-privé.

Ce mariage entre l'optimisation opérationnelle et la démarche d'un partenariat public-privé est justifié, également, par le régime de codirection sous laquelle nous bâtissons notre thèse. Autrement dit, la thèse doit respecter les exigences scientifiques d'un centre brésilien d'ingénierie et technologie et, en même temps, celles d'un centre français de gestion et stratégie.

Ainsi, le premier apport de notre thèse sera l'élaboration et la construction d'un modèle computationnel, à partir des bases mathématiques de la recherche opérationnelle, modèle qui nous aidera à trouver de façon optimale l'emplacement des Ecopoints<sup>11</sup> d'une ville. En fait, les Ecopoints sont les fondamentaux pour organiser et structurer deux des activités les plus importantes dans la logistique inversée : la collecte et le tri souvent considérées comme le début de la chaîne inversée. Ainsi, nous avons décidé de mener une réflexion sur l'optimisation de ces deux activités.

---

<sup>11</sup> Il existe des villes qui utilisent l'expression « Ecopoint » et des villes qui utilisent l'expression « Point de Collecte ». Nous décidons, dans cette recherche, d'utiliser l'expression Ecopoint.

Ensuite, notre deuxième apport sera l'observation et l'analyse d'un modèle de gestion de partenariat public-privé dans les services de logistique inversée des déchets urbains d'une ville. En fait, actuellement au Brésil, il n'y a qu'une seule ville où ce modèle de gestion est utilisé dans ce type de service public. Notre but est alors de l'analyser et, ensuite, identifier les parties prenantes, soit publiques soit privées, et leurs contraintes et leurs compétences. Finalement, nous voudrions formuler les étapes (un cahier de charge) pour mettre en œuvre une démarche de partenariat public-privé dans les services de logistique inversée des déchets urbains.

Cette partie qualitative, est fondée sur la question de recherche :

**« Le modèle de gestion de Partenariat Public-Privé peut-il faire évoluer les choix d'optimisation de la logistique inversée ? »**

Donc nous nous demandons si l'adoption d'un modèle de gestion de PPP pourrait modifier la quantité d'Ecopoints que doit installer la municipalité. Autrement dit, si, en faisant usage d'un modèle de gestion de partenariat public-privé, la ville pourrait faire des économies et, par conséquent, dépenser moins avec l'installation des Ecopoints.

#### **4. Les contributions attendues de la recherche**

- Bâtir un modèle computationnel capable de trouver, de façon optimale, l'emplacement où les Ecopoints doivent être installés dans une ville. Ce modèle pourra être utilisé par toutes les villes brésiliennes. Il faudra juste alimenter le programme à l'aide des valeurs qui seront trouvées sur le site du IBGE<sup>12</sup> – Institute Brésilien de Géographie et Statistique.
- Formuler les recettes et les conditions (ou un « cahier des charges ») pour construire un modèle de gestion de partenariat public-privé pour les services de logistique inversée des déchets en identifiant leurs contraintes et leurs compétences par rapport au terrain étudié. Ce type idéal de modèle devra être adopté par d'autres villes

---

<sup>12</sup> <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/> - Consulté le 13/09/2013

brésiliennes dans le but de perfectionner leurs services concernant la gestion de leurs déchets et de potentialiser la performance de notre modèle mathématique.

## **5. La structure de la thèse**

La thèse se décompose en sept chapitres, organisés en deux parties. Les quatre premiers chapitres seront consacrés principalement à la théorie de chacun des domaines dits « dominants ». Le premier est axé sur le développement durable, le second est destiné à la logistique inversée dans un contexte d'assainissement environnemental et des déchets, le troisième aborde la recherche opérationnelle et l'optimisation basée sur la modélisation quantitative dans la logistique inversée et le quatrième aborde le modèle de gestion de partenariat public-privé, sa législation et ses exemples aux Brésil et ses particularités dans le monde. La deuxième partie, consacré à la méthodologie et les résultats, nous irons la diviser dans trois chapitres. Le cinquième chapitre de la thèse traite du design de la thèse et sa méthodologie. Le sixième construira le modèle mathématique, fondée sur la recherche opérationnelle et la programmation linéaire pour trouver l'optimisation dans l'implantation des Ecopoints dans deux villes brésiliennes. Le septième et dernière chapitre, testera les propositions et construira le modèle définitive où nous devons évoquer les conditions de mise en œuvre de cet outil dans le cadre d'une approche d'un partenariat public-privé.

En bref, le premier chapitre, s'articule comme suit : dans un premier temps, nous aborderons dans une brève introduction l'évolution de la pensée économique vers les questions environnementales. Autrement dit, nous exposerons les avancées de la pensée philosophique et économique qui ont donné naissance au développement durable. Nous verrons que le mode de gestion des autorités publiques – pays, états, région, départements – est basé sur les théories classiques, néo-classiques et keynésiennes qui parfois s'ancrent dans un passé lointain.

Dans un second temps, nous nous pencherons davantage sur la notion conceptuelle de développement durable. Un concept qui émerge à partir des années 1950 et qui gagne en importance avec les sommets organisés dans le monde entier. Sa définition et sa relation avec le management des villes seront aussi évoquées dans ce chapitre. Enfin, nous finaliserons ce

chapitre avec la théorie des parties prenantes – *stakeholders approach* – pour tenter d'identifier les vrais responsables de la mise en œuvre d'une philosophie de développement durable.

Le deuxième chapitre explorera la logistique inversée liée aux assainissements environnementaux et aux services de gestion des déchets urbains. Nous commencerons par un bref historique sur la logistique et, bien sûr, nous serons amenés à parler de la logistique inversée, en signalant ses définitions les plus pertinentes. Lorsque nous conclurons sur les définitions de la logistique inversée, nous arriverons à notre objet principal, à savoir, l'assainissement dans le contexte de la gestion des déchets urbains et ses caractéristiques. Pour finir, nous présenterons les lois et les réglementations concernant les déchets, en faisant un condensé de la loi française pour ensuite nous concentrer sur les lois brésiliennes, spécialement sur la nouvelle loi concernant les résidus solides au Brésil.

Dans le troisième chapitre, nous exposerons l'optimisation dans les processus, spécifiquement à la recherche opérationnelle dans la logistique inversée. Le chapitre commencera avec les concepts pertinents d'optimisation et le rôle des systèmes computationnels et se poursuivra avec des définitions et une présentation sur la recherche opérationnelle et la programmation linéaire, en utilisant des méthodes comme Simplex dans le système LINDO. Enfin, ce chapitre abordera la relation entre la logistique inversée et la recherche opérationnelle.

Le quatrième chapitre nous analyserons la contribution apportée par le management public au développement durable concernant principalement les déchets. Ce chapitre débutera, par des notions théoriques sur le management public. Nous observerons ensuite le poids du pouvoir du management public dans les services publics locaux suivi par une brève définition de pouvoir et d'une notion de service public. Ensuite, nous traiterons des formes de délégation du service public, plus précisément, de l'évolution d'une simple délégation vers les partenariats public-privés. Pour clore le sujet du partenariat public-privé en tant que modèle de gestion par concession, nous indiquerons les définitions données par la littérature et la législation, ses objectifs et particularités dans des expériences internationales, en soulignant le cas de la loi brésilienne et ses spécificités principales.

Le cinquième chapitre présentera le design de la thèse et sa méthodologie. Autrement dit, suite à la présentation de la problématique de la recherche, nous aborderons les objectifs envisagés, les méthodologies qualitatives et quantitatives qui seront utilisées et, finalement, les terrains choisis où les données opérationnelles ainsi que les propositions et les modèles managériales seront testés.

Dans le sixième chapitre, sera consacré à la formulation du problème d'optimisation quantitative et les résultats trouvés sur le terrain. Ce chapitre placera une partie de notre thèse dans la perspective de l'ingénierie. De ce fait, nous montrerons comment bâtir un tel modèle et comment le mettre en œuvre. Une fois que la construction du modèle computationnel et mathématique aura été bien expliquée, les solutions pratiques seront recherchées. Deux solutions seront testées : la première concernant les spécificités de la région où se trouve la ville de Fortaleza et ensuite, nous utiliserons le même modèle avec des données différentes, concernant les spécificités de la région où se trouve la ville d'Osasco.

Pour finir, dans le septième chapitre, notre optimisation qualitative sera mise en œuvre. Nous commencerons par montrer la situation de la gestion des déchets au Brésil d'une façon générale. Nous présenterons le cas de la ville d'Osasco qui utilise le modèle de gestion des partenariats public-privé. Parallèlement à cette présentation, nous analyserons les deux entretiens que nous avons réalisés avec les responsables de la gestion des déchets urbains de la municipalité d'Osasco. Nous avons procédé à ces entretiens pour donner plus de crédibilité et légitimité à notre recherche, car il s'agit d'une part, d'un responsable qui travaille dans l'entreprise, c'est-à-dire, le partenaire privé, et d'autre part d'un responsable qui travaille à la municipalité de la ville d'Osasco, c'est-à-dire, le partenaire public. Nous finaliserons avec une discussion sur le pour et le contre de nos propositions dans le but d'élaborer notre modèle qualitatif définitif.

Pour conclure, nous reprendrons les points principaux qui auront été traités tout au long de la recherche, afin de les finaliser dans une conclusion générale qui soulignera les principaux résultats obtenus et permettra une discussion sur notre question de recherche pour en démontrer les limites et les perspectives pour une recherche postérieure.



# **PREMIERE PARTIE**

## **THÉORIE**

*« Croissance n'est pas nécessairement développement » (Bastos, 2003)*

## **CHAPITRE I - L'EVOLUTION DE LA PENSEE ECONOMIQUE**

**VERS LA PHILOSOPHIE DU DEVELOPPEMENT DURABLE.**

### **1.1. Une brève introduction concernant l'évolution de la pensée économique vers les questions environnementales.**

La pensée économique est aussi vieille que l'homme, parce que la lutte des hommes pour l'obtention des ressources a toujours existé (POULALION, 1995). Mais nous ne connaissons le comportement économique de l'homme que dans la mesure où celui-ci l'a décrit et où cette description nous est parvenue. Selon Wolff (1993), les premières réflexions d'ordre économique viennent de loin, puisqu'elles apparaissent en Chine, il y a plus de deux mille ans, tandis que d'autres auteurs affirment que le début des réflexions a eu lieu dans d'autres moments en différents points du monde, comme en Grèce.

Ces auteurs considèrent que les origines lointaines de la science économique remontent en effet à la Grèce, avant de se disséminer en Europe occidentale. Selon Etner (2000), la date de naissance de la science économique varie beaucoup selon l'idée que nous nous faisons de cette discipline. Nous trouvons des traces de raisonnement économique chez des philosophes grecs, principalement chez Aristote à l'occasion de considérations générales sur la science politique, et chez des juristes romains. La Grèce antique s'intéresse l'économie, parce qu'elle a affaire à la circulation et aux transactions monétaires depuis l'an 2600 avant J.-C (POULALION, 1995).

Selon Boncoeur et Thouement (2003), les penseurs de la Grèce antique développent, en matière d'économie, une réflexion plutôt rudimentaire. Les réactions se manifestent dans le cadre d'un vaste débat qui se tient à Athènes aux Ve et VIe siècle avant J.-C., et qui est dominé par les thèses des sophistes, de Socrate, de Platon et d'Aristote.

- Les Sophistes – Ce terme désigne, en Grèce, des professeurs allant de ville en ville pour enseigner l'art de parler en public et les moyens de soutenir et de faire triompher n'importe quelle thèse dans une discussion.
- Socrate (469-399 av.J.-C) – Il n'existe aucun de ces écrits, mais nous le connaissons grâce à son disciple Platon. Il cherche à définir un concept admis par tous, la Vertu, pour que l'homme parvienne à agir et à penser justement (la vertu est une science qui peut s'apprendre). Une voie intérieure indique le chemin qu'il convient de prendre.

- Platon (427-347 a.J.-C) – Il est le disciple de Socrate qu'il a rencontré vers sa vingtième année. Sa philosophie part des idées socratiques (Le Bien, la Vertu) pour devenir une doctrine fondée sur l'opposition entre le Monde des Idées et le Monde des Apparences. Il montre que les hommes sont égaux en dignité, et tout homme doit voir son bonheur non dans le plaisir mais dans la pratique de la vertu. Il fonde l'Académie<sup>13</sup> (BONCOEUR et THOUEMENT, 2003). Poulalion (1995) souligne que la philosophie de Platon est étatique et, nous dirions aujourd'hui, anticapitaliste: l'individu doit disparaître devant l'Etat.
- Aristote (384-322 a.J.-C) – A l'âge de 18 ans, il entre à l'Académie de Platon, où il restera 19 ans, jusqu'en 347 a.J.-C, date de la mort de Platon. A partir de ce moment-là, il se consacre aux sciences naturelles, ce qui montre que son esprit est beaucoup plus rationnel que celui de Platon. Comme son maître Platon, Aristote condamne la richesse et, en 335 a.J.-C, il fonde le Lycée, école concurrente de l'Académie. En 323 a.J.-C, il est expulsé d'Athènes pour ses idées et meurt peu après. Pour lui, l'homme est un animal doué de raison et un animal sociable, et ce caractère sociable fait que l'homme peut vivre en ville.

Ainsi, c'est dans ce contexte historique, que Bürgermeier (2005) affirme que, depuis le début des connaissances économiques, l'histoire de l'évolution de la pensée économique a formulé les fondements théoriques de l'économie du marché tout en étant préoccupée par des questions aussi environnementales. Autrement dit, l'environnement et ses changements étaient déjà présents au sein des théories économiques.

Pour mieux comprendre la relation entre l'économie et l'environnement, qui est au fondement du développement durable, il nous semble pertinent de survoler les trois principales périodes qui précèdent les bases de l'économie moderne. Nous observerons que dans chaque période, la nature et l'environnement sont toujours présentés ensemble, voire dépendent l'un de l'autre.

Généralement, l'histoire des bases de l'économie moderne est divisée entre deux grandes périodes. La première, avec les auteurs considérés comme classiques, qui a débuté vers la fin du XVIIIème siècle et a duré un siècle. La deuxième, avec les auteurs

---

<sup>13</sup> Platon crée l'Académie en 387 pour que les jeunes hommes qui se destinent à la vie publique puissent trouver une formation et une culture (essentiellement mathématique) .

considérés comme néoclassiques, qui commence à la fin de la première période et dure jusqu'à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle. Cependant, un peu avant la première période, il y avait déjà les physiocrates.

### 1.1.1. Les physiocrates

La physiocratie fut bien la première école d'économistes. Le mouvement physiocratique est apparu en France, entre 1756 et 1757, à l'issue des articles du docteur Quesney (1694-1774). Comme Etner (2000) l'a souligné, la pensée économique libérale fut incarnée en France par une école: la « physiocratie » qui, selon Boncoeur et Thouement (2003) est un terme résultant de la fusion de deux mots grecs: *physis*, la nature, et *kratos*, la puissance - terme en grec qui signifie « gouvernement de la nature ».

François Quesnay, médecin, était le chef des physiocrates. Le tableau qu'il a proposé en 1758 se réfère à la production agricole qui, à l'époque, était la principale source de richesse économique. En établissant ce tableau, les physiocrates ont été parmi les premiers à s'intéresser au lien entre la nature et la production. Il a aussi inauguré les études sur le circuit économique et son interaction avec la nature, mais également sur le lien entre la pollution et la santé (BÜRGENMEIER, 2008).

Les physiocrates croyaient que la nature est un don de Dieu pour l'homme et que ses ressources étant illimitées, il serait possible de les exploiter indéfiniment (GAUCHON et TELLENNE, 2005). Dans ce contexte, l'étude des ressources naturelles a pris son origine dans l'espoir d'analyser l'économie sous forme d'un système complexe. De plus, les physiocrates avaient compris que l'économie fait partie d'un système écologique, car ils ont admis que les lois biologiques et physiques interviennent dans la détermination de la valeur produite (BÜRGENMEIER, 2008).

Ainsi, les physiocrates combattent très fortement les droits féodaux restants et demandent le partage des biens communaux. En fait, ils introduisent les notions de nature et de ses ressources. « *Seule la terre produit réellement, seule elle multiplie ce que nous mettons en elle. Tous les autres secteurs d'activité ne font que faire circuler la richesse créée par la terre ou la transformer* » (COTRIM, 2002). Donc, les

physiocrates s'opposent à toutes les taxes existantes et demandent un impôt unique sur la propriété, car celle-ci est la seule source de richesses.

### **1.1.2. Les classiques - orthodoxes et hétérodoxes**

L'époque classique commence, selon les analystes, avec ou juste après le traité de l'écossais, Adam Smith, en 1776. Selon Etner (2000), ceux que nous appelons aujourd'hui les économistes « classiques » ne constituaient pas une école au sens strict, avec un maître et des disciples comme le furent Quesnay et les physiocrates. Elle regroupait trop d'auteurs, plus d'une centaine, et surtout pendant trop longtemps, environ de 1780 à 1880. Cependant, avec la publication du Traité de Stuart Mill, en 1848 ou vers 1880, la nouvelle école commence à construire ses bases.

Pour les classiques, la nature est opulente et abondante. Elle donne, gratuitement, de manière quasi providentielle, les ressources dont l'homme a besoin pour son développement. Consommer, consommer encore et toujours plus. Voilà pour les classiques le principal dessein de l'homme. Il ne sera donc pas étonnant de voir, plus tard, les fonctions de production économique se réduire à deux facteurs, le capital et le travail, sans prendre en considération le capital naturel (GAUCHON et TELLENNE, 2005).

Dans ce contexte de production (en masse), la terre d'élection classique fut la Grande-Bretagne. En fait, le rôle particulier joué par la Grande-Bretagne tint au grand nombre et à la qualité des auteurs classiques qu'elle comptait. C'est l'époque de la Révolution Industrielle (1780 – 1830) qui a engendré de profondes transformations économiques et sociales d'abord en Grande-Bretagne. Elle y révolutionne très rapidement les moyens et procédés de production et promeut le machinisme.

Selon Boncoeur et Thouement (2007), dans les pays touchés par la Révolution Industrielle, la croissance s'accompagne d'importantes transformations sociales. La répartition de la population active évolue en profondeur et l'urbanisation progresse

rapidement<sup>14</sup>, le travail en usine se développe et souvent se déqualifie. Les conditions de travail sont généralement très dures et la durée moyenne du travail oscille entre 12 et 15 heures par jour jusqu'en 1860.

En fait, le machinisme fait des travailleurs de simples appendices de la machine. Malnutrition, maladies, logements insalubres... C'est le contexte économique et social dans lequel apparaît l'économie politique classique, dont certains auteurs se sont distingués par leur influence exceptionnelle et durable :

**A) Adam Smith** (*écossais – 1723 - 1790*)<sup>15</sup> – Le point de vue doctrinal des classiques - le *Libéralisme Économique* - est élaboré par Smith. Sa problématique est la liberté naturelle et l'intérêt individuel. La liberté naturelle, qui implique l'absence de réglementation étatique, et qui donne à l'intérêt personnel la possibilité de se manifester : c'est la recherche par chacun de la réalisation de son intérêt personnel qui entraîne l'établissement spontané du meilleur état social (VALIER, 2005).

Les individus, en recherchant librement leur intérêt individuel, sont conduits par une « *main invisible* » à la réalisation de l'intérêt général, et cela de façon bien plus efficace que s'il avait pour but de les servir. En fait, la seule intervention économique de l'Etat, jugée nécessaire par Smith, est la construction et l'entretien des ouvrages publics, en d'autres termes, des infrastructures, lorsque les particuliers ne trouvent pas de profit à le faire eux-mêmes (VALIER, 2005).

L'image utilisée par Adam Smith de la « *main invisible* » pour décrire le fonctionnement autorégulateur d'un marché, reste toujours très forte dans notre société. Elle suggère que le marché a un pouvoir un peu magique pour faire fonctionner l'économie. Selon lui, la « *main invisible* » exprime plutôt une exigence morale pour que le marché soit mis au service de l'intérêt général. Le concept de développement durable à la fin du XXe siècle inclut, sans aucun doute, cette exigence dans sa dimension sociale. (BÜRGENMEIER, 2008).

---

<sup>14</sup> Vers 1850, pour la première fois, la population urbaine dépasse la population rurale en Angleterre.

<sup>15</sup> En 1776, il publie « *Recherches sur la nature et les causes de la richesse des nations.* » Il écrit cet ouvrage après un voyage en France, où une rencontre avec Quesnay le conduit à se consacrer à l'économie politique et il traite de toutes les grandes questions économiques: valeur et prix de marchandises, répartition des revenus, croissance, évolution à long terme du système.

Selon Poulalion (1995), Adam Smith considère l'homme comme un être rationnel. L'homme cherche à éviter la fatigue et à avoir le maximum de satisfaction. Il a un cerveau qui peut associer les idées et est guidé dans l'action par son intérêt personnel. Smith admet que nous respectons les riches et les puissants. Il admet que, pour les classes moyennes, la fortune ne peut s'obtenir que par le mérite et que la richesse est le produit du travail. Le travail est alors et en général la source de toute valeur, ce qui démontre son adhésion à la théorie de valeur-travail.

**B) Thomas Malthus** (*anglais – 1766 - 1834*)<sup>16</sup> – L'idée centrale de son ouvrage « Le principe de population » est que la population a tendance à doubler tous les vingt-cinq ans, selon une loi de croissance géométrique, alors que l'augmentation des ressources obéirait à une loi de croissance arithmétique. L'humanité est condamnée à la misère et à la famine, à moins qu'elle ne parvienne à diminuer la croissance de la population (POULALION, 1995).

Selon Lallement (2010), Malthus s'oppose vivement aux lois sur les pauvres (*Poor Laws*) et au système d'assistance aux pauvres (*Workhouses*) que l'Angleterre pratiquait. Selon lui, ils ne font que favoriser la paresse et multiplier la misère. Son raisonnement s'appuie sur ce qu'il pense être une loi naturelle : l'insuffisance des substances finit par freiner l'accroissement "naturel" de la population par l'absence des ressources et, par conséquent, par la misère, la maladie, la famine et, finalement, la guerre.

Il se prononce pour un contrôle moral de l'instinct de reproduction. Ce contrôle est possible seulement dans une société inégalitaire, où il serait appliqué précisément à ceux qui n'ont pas les moyens de nourrir une famille nombreuse, c'est à dire, les classes pauvres (LALLEMENT, 2010).

**C) Karl Marx** (*allemand – 1818 - 1883*) – Si Adam Smith est l'auteur de l'appellation « système mercantile », c'est à Karl Marx que nous devons l'expression « économie classique » (BONCOEUR et THOUEMENT, 2007). Malgré ses détracteurs, Marx a fait progresser l'approche classique, même s'il n'appartenait pas à la communauté scientifique classique.

---

<sup>16</sup> Il publie en 1798 et 1820, respectivement, « *Essai sur le principe de population* » et « *Principes d'économie politique* ».

Selon Poulalion (1995), le marxisme est une contestation violente du libéralisme économique. La plupart des sciences se sont développées sur le principe de contradiction. La véritable liberté de l'homme se réalise non pas sur le terrain des relations économiques, mais par la formation d'une communauté spirituelle reconnue par tous les membres d'une même société: l'Etat doit donc créer les institutions qui permettent de dépasser les contradictions naissant de la société civile.

### **1.1.3. Les économistes néo-classiques – La Microéconomie**

Après quelques inévitables précurseurs, l'époque néo-classique commença dans les années 1870 avec des auteurs qui, pour le dire vite, inventèrent ce que nous appellerons plus tard la « Microéconomie ». Tout ce que nous trouvons à propos de la microéconomie et ses concepts et méthodes a été présenté et précisé dans les années 1870-1930 par des auteurs que nous appellerons plus tard « marginalistes ».

Pour certains de ces marginalistes, la nouvelle façon de procéder n'avait plus guère de points communs avec l'école classique précédente mais, pour d'autres, elle ne faisait qu'enrichir l'école classique en la prolongeant. En fait, selon Valier (2005), le lien entre la théorie néoclassique et la théorie classique est étroit et limité. Si les économistes classiques cherchent à expliquer surtout la formation de prix, les économistes néoclassiques s'intéressent plutôt aux conditions du fonctionnement optimal des marchés.

Cette théorie néoclassique assigne à l'Etat un rôle passif. Cependant, comme les mécanismes économiques sont liés aux structures sociales, il appartiendrait à l'Etat de modifier ces structures. Un changement des institutions, si nécessaire du point de vue du développement, justifierait donc une partie plus active de l'Etat dans le domaine économique (BÜRGENMEIER, 2008).

Valier (2005) souligne encore que, tandis que Smith, Marx et Quesnay avaient compris que la société se compose de classes sociales et que l'économie doit expliquer les lois qui régissent les phénomènes économiques au niveau macroéconomique de l'ensemble de la société, chez les néo-classiques, il n'existe pas de classes sociales ou de groupes

sociaux. La société ne se compose que d'individus; par conséquent, les phénomènes économiques et sociaux ne peuvent être analysés qu'à partir des comportements de ces individus, libres et égaux, qui décident ou non de travailler, de consommer, de produire, et c'est toujours dans l'intention de maximiser leur satisfaction, compte tenu des ressources dont ils disposent.

Ainsi, du point de vue individuel, l'approche néoclassique ne se focalisera pas non plus sur l'environnement. Son but est clair : produire le plus possible pour favoriser la consommation de tous. En un mot, plus c'est mieux ! Un économiste néoclassique aborde les problèmes environnementaux en comparant le coût d'une mesure de protection avec l'avantage escompté. Il ne recommande cette mesure que si, à la marge, son coût et son avantage s'égalisent (LALLEMENT, 2010).

Si la théorie néoclassique de la croissance modélise la substitution illimitée des ressources naturelles par le capital humain, le concept de développement durable insiste sur la substitution limitée. Dans ce cadre, l'épuisement des ressources naturelles aux taux d'extraction actuels est inévitable à long terme (BÜRGENMEIER, 2008).

Toutefois, les fondateurs du courant de pensée néo-classique, Walras<sup>17</sup>, Menger<sup>18</sup> et Jevons<sup>19</sup>, contribuaient à leur manière à la réflexion environnementale au-delà de ce raisonnement commun. Il y avait des économistes qui s'inscrivaient dans le prolongement de la théorie néo-classique de l'équilibre et de la croissance économique, soit pour récuser l'existence d'un rapport entre croissance et dégradation de l'environnement, soit pour analyser le régime d'exploitation des ressources naturelles non renouvelables ou renouvelables, afin d'identifier les conditions d'une exploitation économiquement optimale, soit encore pour analyser les implications d'une exigence d'équité intergénérationnelle sur les trajectoires de croissance optimale, les niveaux de consommation accessibles à une génération et les conditions de transfert des coûts d'une génération à l'autre (LE BOT, 2002)

---

<sup>17</sup> Marie-Ésprit-Léon Walras (1834-1910), économiste et mathématicien français. Fondateur de la Théorie de l'Equilibre General.

<sup>18</sup> Carl Menger (1840-1921), économiste autrichien.

<sup>19</sup> William Stanley Jevons (1835-1882), économiste britannique.

Alfred Marshal<sup>20</sup>, par exemple, souvent considéré comme le fondateur de la science économique contemporaine, et tout en s'inscrivant dans la rigueur néoclassique, il a promu une approche économique plus vaste. Selon Poulalion (1995), c'est à Marshall (1842-1924) que revient le mérite d'avoir implanté solidement le marginalisme en Angleterre, et cela en tentant une réconciliation entre certaines théories classiques et les idées des néoclassiques.

La brèche ouverte par A. Marshal poussa les théoriciens à se poser de manière plus précise à la question des ressources non renouvelables : comment gérer les ressources dont l'exploitation est supérieure à la capacité de renouvellement de la nature ? La première réponse moderne à cette question fut celle apportée par Harold Hotelling<sup>21</sup> en 1931. Sa règle enseigne que le prix de vente des ressources non renouvelables ne doit pas être fonction des coûts d'extraction de ces ressources, mais de leurs stocks encore exploitables (GAUCHON et TELLENNE, 2005).

Enfin, sur cette école néo-classique qui a dominé la pensée économique non socialiste de 1870 à 1930, nous pouvons conclure qu'elle a eu une attitude très largement apologétique du système capitaliste. Elle le considérait comme un système composé d'individus libres et égaux, où l'exploitation n'existe pas, et qui ne connaît, à condition de laisser jouer librement les forces du marché, ni chômage ni crises de surproduction.

Cependant, selon Valier (2005), la grande crise de 1929, sa profondeur, sa durée et l'existence d'un chômage massif allait changer profondément la situation. Et, c'est dans ces nouvelles conditions que naquit la théorie de Keynes.

#### **1.1.4. La Macroéconomie - Keynes et les économistes contemporains.**

Selon Etner (2000), la macroéconomie que nous connaissons aujourd'hui a été inventée entre les deux guerres et cette invention s'est ensuite imposée au moins jusqu'aux années 1970. Pendant la guerre, la rationalisation de la production était considérée par certains

---

<sup>20</sup> Alfred Marshall (1842-1924), économiste britannique. Marshall réussit à prendre la place de S. Mill en tant que premier économiste de Grande-Bretagne. Cette place serait ultérieurement reprise par son disciple Keynes.

<sup>21</sup> Harold Hotelling (1895-1973), statisticien et mathématicien américain.

économistes comme un épisode temporaire et par d'autres comme une rupture définitive avec le libéralisme d'antan.

L'idée que le gouvernement devait, après la guerre, intervenir par une politique de demande globale afin de lutter contre le chômage s'était en effet imposée un peu partout dans le monde développé. Ainsi, l'économie de guerre fut suivie, dans le monde développé, plus particulièrement en Europe et au Japon, de trois décennies de développement exceptionnel que Jean Fourastié<sup>22</sup> a baptisées en France les « Trente Glorieuses ». Cet interventionnisme s'imposerait dans l'activité économique et ce serait la victoire paradoxale du nazisme, vaincu militairement mais vainqueur idéologiquement, du moins pour sa conception de l'Etat (DEMARIA, 2004).

John Keynes, élève de Alfred Marshall à Cambridge, mena de front plusieurs carrières dont les 30 volumes de ses œuvres complètes donnent un aperçu. Il était après la première guerre un très haut fonctionnaire du Trésor américaine, expert monétaire et économique respecté des gouvernements.

Selon Poulalion (1995), Keynes est le critique de l'économie classique. Les mécanismes du marché ne seraient plus capables de réaliser les ajustements globaux nécessaires. La grande dépression des années 30 illustre la faillite du libéralisme économique, et Keynes propose une intervention massive de l'Etat, autrement dit, une nécessaire intervention du gouvernement dans les affaires économiques.

En effet, la faiblesse de la demande est la cause du sous-emploi. Keynes propose alors d'injecter de la demande dans les classes les plus défavorisées, notamment en mettant au travail les chômeurs. Comme dans le cadre du New Deal américain<sup>23</sup>, il préconise une politique de grands travaux.

Keynes s'oppose à la thèse selon laquelle l'offre crée sa propre demande et défend l'idée que le niveau de la production et celui de l'emploi dépendent de la demande effective. Il veut sauvegarder le capitalisme. Mais, celui-ci engendre un sous-emploi chronique dangereux pour sa survie même. Ainsi, l'Etat doit donc intervenir afin d'accroître la

---

<sup>22</sup> Jean Fourastié (1907-1990), économiste français.

<sup>23</sup> Ce nom a été donné par le président américain Franklin Roosevelt à sa politique interventionniste mise en place après la Grande Dépression de 1929 aux Etats-Unis. Ce programme a duré de 1933 à 1938.

demande globale, qu'il s'agisse de la demande de biens de consommation ou de la demande de biens d'investissement (VALIER, 2005).

Dans ce contexte, Keynes affirme que l'Etat doit intervenir de trois façons:

- 1- L'Etat doit élaborer une politique de redistribution des revenus destinés à accroître la demande de biens de consommation en faveur des couches les plus pauvres, qui auront une plus forte propension à consommer. A cette fin, Keynes préconise une politique fiscale redistributrice et le développement du système de Sécurité sociale;
- 2- L'Etat doit adopter une politique d'expansion monétaire. Cette politique aura pour effet une baisse du taux d'intérêt, qui est l'une des deux variables déterminant l'investissement privé;
- 3- L'Etat doit donc mettre en œuvre une politique d'investissements publics, notamment par une politique de grands travaux. L'investissement public doit être considéré comme la pièce stratégique essentielle de toute politique d'emploi.

Enfin, les références politiques explicites au keynésianisme<sup>24</sup> restaient peu fréquentes, sauf en Angleterre, où le keynésianisme fut associé au « *welfare state* ». Il n'existe pas de traduction française simple au « *welfare* ». Par ce mot, nous préconisons à la fois l'intervention de l'Etat et le fait d'intervenir dans les domaines qui correspondaient à la sécurité et à la protection sociale, des points originelles du développement durable.

Finalement, après ce rapide résumé sur l'évolution de la pensée économique depuis sa genèse, nous pouvons remarquer sa relation avec l'environnement. Tout d'abord la pensée *prima* des physiocrates qui croyaient que la nature est un don de Dieu pour l'homme avec des ressources illimitées et où seule la terre peut produire et multiplier. Puis les classiques qui soutenaient aussi que la nature est opulente et abondante, autrement dit, qu'elle donne gratuitement les ressources dont l'homme a besoin pour

---

<sup>24</sup> Aux Etats-Unis, le président Kennedy (1961-1963) fit appel à une équipe de conseillers économiques qui a symbolisé le triomphe des idées keynésiennes de l'après-guerre, alliant jeunesse, modernité et efficacité. Les keynésiens américains qui soutenaient le parti démocrate préconisaient en général une attitude pragmatique dans les interventions de l'Etat.

son développement. Enfin les néo-classiques soutient une vision plus orientée vers l'activité humaine.

En fait, il y a une évolution de cette relation « nature-économie ». Au départ c'est l'économie qui prime, et petit à petit elle intègre la notion de développement (Schéma 1.1). Au bout de cette évolution les théoriciens contemporains qui mélangent les questions économiques et sociales à celles de l'environnement et qui en arrivent donc à la notion de développement durable.

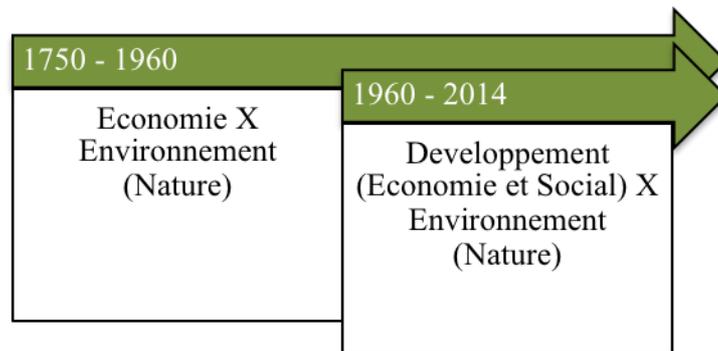


Schéma 1.1 : L'évolution de la pensée économique vers les premiers pas du développement durable  
Source: élaboration personnelle

## 1.2. Le Développement Durable.

Selon Dion et al. (2008), notre époque est unique ! Jamais nos défis de développement n'ont été si grands et jamais nos modèles de développement n'ont été si peu adaptés à ces défis. D'une part, jamais notre planète n'a compté autant d'habitants. En vrai, nous étions moins d'un milliard au début du XXe siècle et nous sommes maintenant plus de 7 milliards. En plus, jamais notre capacité d'exploiter, de modifier et de créer des produits n'a été aussi grande.

Aussi, s'il est vrai que les écarts entre les riches et les pauvres existent depuis toujours, aujourd'hui la présence et le niveau de ces écarts s'explique mal. Vers 1700, soit avant la révolution industrielle, l'écart du revenu moyen des personnes était de 1 pour 2. Le riche avait, en moyenne, deux fois plus que le pauvre et, plusieurs situations de

pauvreté, de famine et de graves épidémies s'expliquaient par manque de connaissances et de moyens. A l'heure actuelle, l'écart entre le pays le plus riche et le pays le plus pauvre est de 1 pour 70 (DUMONT et PAQUET, 1988).

Actuellement, nous constatons que notre mode de production et de consommation diminue la capacité de l'ensemble des écosystèmes à se maintenir et à croître. Un développement durable est un développement où notre mode de production et de consommation maintient ou augmente la capacité des écosystèmes à produire la vie en répondant de façon équitable aux besoins de tous. Cependant, aujourd'hui, les 7 milliards d'habitants de la planète ont les moyens de se nourrir convenablement mais, comme affirme Dion et al. (2008), seulement 1 milliard d'entre nous consomme un nombre suffisant de calories par jour.

Comme Malthus a prévu depuis le XIX<sup>ème</sup> siècle, dans des nombreuses parties du monde, la population s'accroît à un rythme tel que les ressources environnementales disponibles ne seront pas capables de répondre aux demandes qui en résultent. Également, la dégradation environnementale représente un gaspillage de notre potentiel et de nos ressources. En plus, d'aucuns consomment les ressources de la planète de façon à entamer l'héritage des générations à venir, alors que d'autres, bien plus nombreux, consomment peu, trop peu, et connaissent une vie marquée par la faim et la misère noire, la maladie et la mort prématurée (BRUNTLAND, 1987).

Il faut donc préserver, reconstituer les ressources si nous voulons répondre aux besoins d'une population qui ne cesse de s'accroître. Même si nous avons besoin d'une nouvelle ère de croissance économique, qu'elle soit, en même temps, environnementale et socialement durable, car la nature est généreuse, mais elle est également fragile et d'un équilibre délicat (SHRIVASTAVA et HART, 1996).

Comme Bruntland (1987) l'a fait remarquer, il nous reste très peu de temps pour remédier à cet état de dégradation environnementale. En vrai, dans certains cas, nous avons déjà dépassé les limites critiques et, pour renverser cela, il faudra que toutes les

parties prenantes<sup>25</sup> participent et interagissent en vue de parvenir à un équilibre entre l'exploitation et la préservation des matières premières.

De ce fait, le recours à des matières premières pour obtenir des devises est un processus entrelacé du développement économique et de l'environnement. C'est pourquoi les gouvernements et les organismes multilatéraux, en suivant l'évolution de la pensée économique, ont pris conscience de l'impossibilité de séparer les questions de développement économique de celles touchant l'environnement, puisque une grande partie des améliorations de la qualité de vie est due à une utilisation plus intensive des matières premières et de l'énergie (BOIRAL, 2005).

Enfin, le développement durable commence à constituer un objectif prioritaire, tant pour les Etats que pour les collectivités territoriales et les entreprises (FAUCHEUX et JOUMNI, 2005). Selon Gauchon et Tellenne (2005), bien que l'expression « développement durable » soit récente, elle représente une idée relativement ancienne. Cette expression est une notion polysémique qui plonge ses racines dans le courant de réflexion complexe et varié qui s'épanouit à partir des années 1960, nourri par les interrogations sur la croissance effrénée des « Trente Glorieuses » et de ses conséquences sur l'environnement.

### **1.2.1. L'histoire de l'expression du Développement Durable**

Pour Bürgenmeier (2008), de l'historique de la genèse du développement durable se dégagent les caractéristiques suivantes :

- Une approche mondiale qui cherche à dépasser le clivage Nord-Sud en insistant sur le fait que la dégradation de l'environnement a une dimension planétaire. Au Nord, la limitation des déchets et des agents polluants comme le CO<sub>2</sub> est prioritaire, tandis qu'au Sud c'est la maîtrise de la croissance démographique qui capte le plus d'attention ;
- Une gestion écologique qui a comme objectif la transmission intergénérationnelle du capital naturel ;

---

<sup>25</sup> Voir le point 1.4

- Une prise de conscience des inégalités sociales et d'une éthique nouvelle cherche à remédier aux conditions inégales dans lesquelles s'expriment les choix économiques.

En réalité, les racines du développement durable sont encore discutées à l'heure actuelle. Des auteurs comme Durif, Brosseau, Turcotte et Wolf (2009) soutiennent que le développement durable a trouvé ses racines au début du XXe siècle, dans les mouvements écologiques, qui mettaient en avant les notions d'environnement et de protection de la nature, et dans la création d'organismes publics spécifiques telles que la Commission canadienne de la conservation de 1909 ou l'Union internationale pour la conservation de la nature et des ressources en France de 1948.

D'autres auteurs, comme Brodhag (2006), Monnet (2007), Martinet et Reynaud (2004), au contraire, soutiennent que l'apparition des idées du développement durable trouve son fondement notamment dans les travaux du Club de Rome en 1968, et plus précisément, dans la publication de son rapport « Halte à la croissance » en 1972.

Pendant cette même année, en 1972, le premier colloque mondial – la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement Humain à Stockholm –, qui a fait de l'environnement une question majeure au niveau international, a apporté l'idée d'«écodéveloppement », lequel se réfère au devoir de l'homme « *de protéger et d'améliorer l'environnement pour les générations présentes et futures* ». C'est lors de cette conférence, qu'a été créé le PNUE<sup>26</sup> (Programme des Nations Unies pour l'Environnement).

Par la suite, en 1980, l'expression développement durable – *sustainable development* – a été utilisée pour la première fois dans le document « Stratégie mondiale de la conservation », publié par l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN). L'ouvrage est le fruit d'une collaboration scientifique entre l'UICN, le PNUE et le WWF<sup>27</sup>. Son message est de montrer que le développement doit apporter l'amélioration de la qualité de vie aux personnes et, en même temps, conserver la vitalité et la diversité de la Terre.

---

<sup>26</sup> Il s'agit de la plus haute autorité environnementale au sein du système des Nations Unies.

<sup>27</sup> Le World Wide Fund for Nature (Fonds Mondial pour la Nature) est une ONG de protection de la nature et de l'environnement - <http://www.wwf.fr> (Consulté le 10/08/2009)

Trois ans plus tard, en 1983, l'ONU a créé une commission mondiale sur le développement et l'environnement dont la direction a été donnée à G. Gro Harlem Brundtland, ancien premier ministre norvégien. Cette commission est persuadée que l'humanité peut créer un avenir plus prospère, plus juste, plus sûr. Cette pensée a donné naissance au célèbre rapport Brundtland en 1987 : « Notre avenir à tous » (DURIF et al., 2009).

Le rapport « Notre avenir à tous » soutient que le développement durable signifie la satisfaction des besoins élémentaires de tous et, pour chacun, la possibilité d'aspirer à une vie meilleure. Pour satisfaire les besoins essentiels, tel que se nourrir, se loger, se vêtir, de travailler, il faut non seulement assurer la croissance économique dans les pays, où la majorité des habitants vivent dans la misère, mais encore faire en sorte que les plus démunis puissent bénéficier de leur juste part de ressources qui permettent cette croissance.

En outre, le développement durable n'est pas un état d'équilibre, mais plutôt un processus de changement dans lequel l'exploitation des ressources, les choix des investissements, l'orientation du développement technique ainsi que le changement institutionnel sont déterminés en fonction des besoins tant actuels qu'à venir. (MONNET, 2007)

En fait, il ne s'agit pas de mettre fin à la croissance économique. Contrairement aux propositions malthusiennes du Club de Rome qui ont préconisé le concept de «croissance zéro», à savoir un arrêt de la croissance économique, jugée largement responsable des grands déséquilibres environnementaux (BOIRAL, 2005), le rapport Brundtland assure que l'environnement et le développement ne constituent pas deux défis distincts, mais qu'ils sont liés inexorablement. Le développement ne peut pas se maintenir si la base des ressources ne fait que se détériorer, de même que l'environnement ne peut pas être protégé si la croissance ne tient pas compte du coût de la dégradation de l'environnement. Ceci étant, ces problèmes ne peuvent pas être traités séparément, ils sont imbriqués dans un système complexe de causes et d'effets.

Il faut donc intégrer l'économie et l'écologie dans la prise de décisions et dans le processus législatif, non seulement pour protéger l'environnement, mais encore pour

favoriser le développement (BRUNTLAND, 1987). Bruntland (1987) affirme encore que l'économie ne se réduit pas seulement à produire des richesses et l'écologie ne se réduit pas uniquement à protéger la nature, mais ces deux domaines permettent d'améliorer le sort de l'humanité. De cette manière, l'interaction de l'environnement et du développement est une nécessité pour tous les pays, qu'ils soient développés, sous-développés ou non-développés.

En plus, comme Demaria (2004) l'a souligné, le développement durable est une conséquence de la stabilité économique et politique d'un pays, et non une cause. Au cœur du développement durable se trouve la notion d'équité intergénérationnelle. Il s'agit d'une notion complexe : celle de l'exercice du sens de la justice à travers le temps. C'est un processus collectif et social : il faut évaluer une situation au regard de ses conséquences actuelles et à venir sans privilégier les intérêts d'une partie de la population au détriment d'une autre. Il signifie prendre en compte « les besoins futurs » des générations à venir, en d'autres termes, leur donner une voix.

Enfin, le développement durable est un guide pour l'individu : il lui donne les moyens d'agir à sa propre échelle sur le système en interaction directe avec d'autres acteurs. La différence par rapport à la théorie économique de Smith, selon Demaria (2004), c'est que l'individu s'adresse directement à des entités économiques plus grandes que lui et a les moyens de faire valoir ses intérêts auprès d'elles. En vrai, cette notion de développement durable est anthropocentrique, centrée sur les intérêts, besoins et désirs humains (DION et al., 2008).

### **1.2.3. La définition du Développement Durable**

Le concept du développement durable est le résultat de plusieurs rapports internationaux et est issu d'un processus de négociation qui s'est déroulé en plusieurs étapes (BÜRGENMEIER, 2008).

En 1970, dans les délibérations de la Conférence de Tokyo de l'UNESCO<sup>28</sup>, apparaît une première définition pour l'idée d'écodéveloppement. Ensuite, en 1972, la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement s'est réunie à Stockholm et fait

---

<sup>28</sup> [http://portal.unesco.org/fr/ev.php-URL\\_ID=12025&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=-471.html](http://portal.unesco.org/fr/ev.php-URL_ID=12025&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=-471.html) - Consulté le 13/04/2010

émerger une définition basée sur le lien entre le développement et l'environnement et sur l'importance que la protection de l'environnement a pour le développement économique du tiers-monde. Postérieurement, en 1975, une publication des instances de l'ONU, appelée « rapport Hammarskjöld », utilise une définition qui insiste sur l'éventualité d'un risque planétaire qui consiste à dépasser une certaine limite.

En 1987, à partir du rapport Bruntland, le concept de développement durable est né et reste le plus utilisé par la plupart des auteurs jusqu'à aujourd'hui. Le rapport souligne le développement durable comme « *un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs* ».

Ce concept a fait l'objet de nombreux débats et conférences, à l'instar de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement (CNUD) à Rio de Janeiro en 1992 (Agenda 21 ou Action 21), de la Conférence des Nations Unies sur la Population et le Développement au Caire en 1994, de la Conférence des Nations Unies sur le Développement social et l'Élimination de la pauvreté à Copenhague en 1995, de la Conférence des Nations Unies sur l'Habitat et la Ville durable à New York en 2001, le Sommet de la Terre qui a eu lieu à Johannesburg en 2002, ainsi que, le Sommet de la Terre Rio + 20 en 2012.

De façon générale, ces conférences ont eu l'utilité de préciser l'étendue de la définition du développement durable et de faire émerger une prise de conscience politique et internationale de ses enjeux. Elles l'ont enrichi de précisions diverses tout en développant les trois aspects environnemental, social et économique qu'il sous-entend et en lui conférant une légitimité locale et internationale (MONNET, 2005).

En ce sens, les problèmes d'ordre économique, d'ordre social et d'ordre environnemental semblent n'avoir pas de frontières. Donc, l'orientation vers le développement durable s'avère complexe, car les organisations désirant adopter cette idéologie doivent poursuivre trois objectifs indissociables: l'intégrité écologique, l'équité entre les nations, les individus et les générations, et l'efficacité économique (DONTENWILL, 2005).

Pour conclure, le développement durable n'est rien de plus qu'une appellation nouvelle d'une préoccupation ancienne (MARTINET et REYNAUD, 2004). Son concept n'est

pas restreint à la gestion des ressources naturelles et économiques, mais comprend également une perspective sociale. La difficulté principale d'une démarche vers le développement durable est celle de réconcilier l'« environnement », l'« économie » et le « social », des mondes souvent opposés, mais qui doivent vivre en harmonie dans un même espace et en même temps.

### **1.3. Le Management Durable dans les villes.**

Dans une réflexion sur le développement durable, la Ville est aussi une notion auquel on peut apporter une attention particulière car elle regroupe dans un même espace géographique l'économie, l'environnement et le social. En fait, notre recherche se situe au cœur de cette importance territoriale de la ville, puisqu'elle porte sur la gestion de déchets, problématique qui croise l'économique, le social et l'environnemental et qui est, selon la Constitution Fédérale brésilienne, responsabilité de la municipalité.

La croissance des villes et la métropolisation constituent deux processus ayant marqué tout le XXe siècle et qui se sont prolongées au XXIe siècle. Ces phénomènes pourraient être positifs s'ils généraient une amélioration de la qualité de vie des citoyens. Toutefois, ils véhiculent, de façon conjointe, leur cohorte de problèmes urbanistiques, économiques et sociaux.

Entre le souhaitable, le soutenable et le possible, certes tout n'est pas réalisable. Mais en l'absence de régulation de la croissance, la ville s'étale de façon anarchique, sans infrastructures cohérentes, sans services à la population, ouvrant la voie aux ghettos, aux habitants illégaux, à l'insécurité, à la main d'œuvre clandestine, etc. Les exemples sont multiples : villes devenues invivables, comme Lagos, Djakarta ou Los Angeles, car il y faut des heures pour se rendre d'un point à un autre ; villes de la criminalité comme Bogota, Johannesburg ou Washington DC ; villes polluées comme Bucarest ou Athènes ; villes de « favelas » comme Rio de Janeiro ou Kinshasa ; villes de la misère comme Calcutta ou Bombay (BAILLY et al, 2000).

La gouvernance est comprise ici comme les relations entre l'Etat et la société civile. Ainsi, la participation de la société civile est indispensable pour le développement de

rapports de gouvernance urbaine démocratique. Les formes de la gestion urbaine et de la gouvernance locale sont au centre de débats multiples sur la nécessité de politiques urbaines cohérentes et globales, respectueuses de la diversité des communautés urbaines.

Cette gestion municipale suppose des approches transversales entre les différentes politiques, des réflexions à plusieurs échelles géographiques et la formalisation de règles de mise en œuvre des politiques entre partenaires. Comme Bailly et al (2000) l'ont souligné, il est indispensable de proposer des politiques en termes d'acteurs, d'échelles et de contextes pour promouvoir dans chaque cas l'équité, l'efficacité et la durabilité.

L'analyse de la gouvernance, de la politique d'intégration sociale, du logement, des transports, des services publics et du développement économique a mis en évidence différentes expériences et perspectives sur la manière dont les villes font face aux principaux enjeux de la gestion métropolitaine. Selon Bürgenmeier (2008), des études de cas détaillées ont illustré comment les villes tentent d'intégrer des objectifs sociaux à la gestion urbaine et comment elles réussissent ou échouent dans cette entreprise.

Suivant Bailly et al (2000), l'Union européenne, dans ses politiques pour un développement urbain durable, propose huit thèmes de réflexion :

1. Un système urbain compétitif et équilibré ;
2. Un marché du travail dynamique ;
3. L'innovation du savoir-faire ;
4. L'égalité et l'intégration ;
5. Un environnement urbain de qualité ;
6. Des transports publics efficaces ;
7. Des relations équilibrées villes-banlieues-milieus ruraux ;
8. Une bonne gouvernance locale et urbaine.

De plus, les auteurs soutiennent que, pour résoudre les problèmes urbains, chaque ville prend des mesures qui répondent à un des principes de base : efficacité économique,

intégration urbaine, gestion métropolitaine, lutte contre l'exclusion et le chômage, améliorations de l'environnement.

Ainsi, selon l'OCDE (2004), le défi représenté par le concept du développement durable exige que les villes contribuent, individuellement et collectivement, au développement global durable. Elles doivent donc toujours élaborer leurs politiques à court terme dans une perspective à long terme, évaluant quelles sont les mesures qui doivent être prises pour contribuer au futur développement de l'environnement ainsi que quelles sont les parties prenantes responsables de leur mise en œuvre.

#### **1.4. Les parties prenantes responsables du développement durable**

La notion de parties prenantes, bien qu'aussi très ancienne, a connu un grand succès depuis son intégration par Edward Freeman au management stratégique. Le terme « partie prenante » ne traduit pas toujours l'idée du « *stakeholder* », jeu de mots par rapport au terme « *stockholder* » (actionnaire). Au *largo sensu*, les actionnaires ne sont plus les seuls créanciers de l'entreprise, et la maximisation de la valeur actionnariale ne conduit plus au bien-être pour l'ensemble de la société (IGALENS et POINT, 2009).

Igalens et Point (2009) souligne encore qu'une approche par les parties prenantes permet de créer de la valeur, et l'engagement avec les parties prenantes apparaît comme une nécessité pour les entreprises cherchant un avantage concurrentiel. Autrement dit, au sein d'une démarche de développement durable ou de responsabilité sociale, les parties prenantes sont devenues un des pivots de la politique de l'entreprise.

Selon Martinet et Reynaud (2004), de grands groupes comme Danone, Lafarge, L'Oréal ou encore Véolia ont très tôt intégré les parties prenantes dans leur gouvernance. Dans ces entreprises, la relation traditionnelle entre les parties prenantes laisse la place à une nouvelle mode de gouvernance : gérer un ensemble de relations dites « partenariales ». En effet, dans cette démarche « partenariale » la valeur créée n'est plus simplement égale à la seule rente perçue par les actionnaires et les trois composantes des droits de propriété (*usus*, *fructus* et *abusus*) ne se répartissent plus entre les seuls actionnaires, mais entre les diverses parties prenantes aux décisions des entreprises et de l'Etat.

En 1984, Freeman<sup>29</sup>, dans son ouvrage « *Strategic management: a stakeholder approach* », a fondé la théorie des parties prenantes et l'a définie comme « *un individu ou groupe d'individus qui peut affecter ou être affecté par la réalisation des objectifs organisationnels* ». Martinet et Reynaud (2004) ont changé un peu cette définition, et ils proposent : « *les individus ou groupes qui dépendent de l'entreprise pour atteindre leurs propres objectifs et dont l'organisation dépend en retour* ». En somme, les auteurs considèrent que la théorie des parties prenantes soutient que l'entreprise ou l'institution est « en société » et que son environnement est constitué de tous les acteurs en transaction économique ou en interaction sociopolitique avec elle.

Les parties prenantes ont comme valeur l'éthique incorporée au processus de travail et voient les projets comme une dimension du développement économique. Comme Boiral (2005) l'a souligné, c'est dans la théorie des parties prenantes que les organisations doivent prendre en compte les attentes parfois contradictoires de différents groupes d'intérêts dont les pressions sont susceptibles de compromettre la légitimité sociale, voire la pérennité des entreprises, lesquelles ne sauraient avoir pour seule finalité la satisfaction des actionnaires.

En plus, une entreprise administrera mieux sa responsabilité si elle est attentive aux attentes de ses différentes parties prenantes et son succès dépendra de la participation des stakeholders<sup>30</sup>. En ce sens, Brodhag (2006) soutient que le modèle européen d'économie sociale de marché ne considère pas l'entreprise comme une simple société de capitaux ou un nœud de contrats, mais aussi, et même surtout, comme une collectivité qui devrait être le lieu d'un dialogue social.

Brodhag (2006) affirme encore que, bien souvent, une première catégorisation utile des parties prenantes consiste à les classer en parties prenantes internes (primaires) et externes (secondaires). Les parties prenantes internes se situent entièrement dans les limites de l'organisation et ont une relation contractuelle et formelle avec l'entreprise, comme les actionnaires, les salariés, les fournisseurs ou les clients. Les parties prenantes externes, au contraire, possèdent un intérêt particulier dans le fonctionnement de l'organisation, mais se trouvent en dehors de ses frontières. Elles affectent ou sont

---

<sup>29</sup> Freeman, R.E. (1984), "Strategic management: a stakeholder approach", Pitman Publishing.

<sup>30</sup> Le terme stakeholders fut aussi créé pour différencier les shareholders (actionnaires) des autres membres de l'entreprise.

affectées par l'entreprise, sans être directement engagées dans des transactions, comme les médias, les consommateurs ou encore les groupes de pression.

Dans un sens similaire, Martinet et Reynaud (2004) partagent les parties prenantes en deux sphères : transactionnelle, où les acteurs ont un lien contractuel avec l'entreprise (les actionnaires, les clients employés, les banques) et interactionnelle, où les acteurs ont un lien plus indirect mais qui peut se montrer important en fonction du contexte (le gouvernement et les associations publiques et de protection).

Encore, Noireaux (2006), en citant Maxwell (1997), propose quatre grands types: les gouvernements qui instaurent les nouvelles réglementations, les organisations internationales qui élaborent des traités prescrivant une meilleure conduite, les organisations non-gouvernementales qui appellent les gouvernements et les entreprises à changer, et les actionnaires et consommateurs qui appliquent les pressions.

Dans le sillage des auteurs précédents, Igalens et Point (2009) affirment que l'identification des parties prenantes intéressées constitue un premier acte majeur de management du développement durable. De plus, pour les deux auteurs, peu importe comment les parties prenantes seront réparties, car, dans le contexte des intentions du développement durable, toutes les sphères sont fortement impliquées.

Il est utile de ne pas se limiter aux seules parties prenantes avec lesquelles l'entreprise entretient des liens contractuels (clients, salariés ou actionnaires) pour s'adresser à des groupes plus largement touchés (tels que les organismes à vocation environnementale, groupes communautaires ou même les gouvernements). De ce fait, plus spécifiquement, Igalens et Point (2009) supposent trois types des parties prenantes pour les entreprises privées ou publiques aussi bien que pour les autres formes d'organisations :

- Les parties prenantes organisationnelles – celles dont les relations ont un caractère obligatoire, qu'on ne peut pas ignorer en gouvernant :
  - Les actionnaires ;
  - Les dirigeants ;
  - Les salariés et les syndicats.

- Les parties prenantes économiques – celles qui sont liées à l'entreprise par des intérêts économiques ;
  - Les consommateurs ;
  - Les fournisseurs.
- Les parties prenantes sociétales – celles qui symbolisent le mieux la responsabilité sociale du « businessman » et la responsabilité sociale de l'entreprise ;
  - Les ONG - Organisation non gouvernementales<sup>31</sup> ;
  - Les communautés locales et les territoires.

Enfin, il est vrai que la théorie des parties prenantes peut constituer un cadre de réflexion utile au manager pour opérationnaliser la notion de développement durable dans les institutions. Elle permet, en effet, la prise en compte dans les institutions, soit privées soit publiques, des trois piliers : économique (actionnaires et clients), social (salariés) et environnemental (collectivités territoriales et ONG).

---

<sup>31</sup> Elles ont été ainsi baptisées lorsque l'ONU a reconnu que les Etats ne pouvaient, à eux seuls, porter toutes les causes et notamment certaines causes qui dépassaient largement leurs frontières. Depuis le début des années 70, le nombre des ONG ne cesse d'augmenter notamment dans le champ de la protection de l'environnement, de l'aide au développement, de la santé et de l'éducation, des droits de l'homme, de la lutte contre la pauvreté, de la protection des consommateurs, etc.

**CHAPITRE II** - LA LOGISTIQUE INVERSÉE DANS LE  
SERVICE DE L'ASSAINISSEMENT – LA GESTION DES  
DÉCHETS URBAINS

## 2.1. L'évolution de la logistique.

La logistique est singulière: elle ne s'arrête jamais ! Elle est présente par tout le monde, 24 heures par jour, sept jours par semaine, pendant les 52 semaines de l'année. Elle existe depuis le début des civilisations mais la définition de ses meilleures pratiques est encore un sujet de recherche (BOWERSOX, 2010).

Le mot logistique a une racine grecque, *logisteuo* ou *logos*, c'est-à-dire, « administrer » ou « esprit » respectivement, ce qui nous amène à conclure à une administration à partir de l'esprit, d'une logique. Magee (1977) ajoute que le terme logistique vient du verbe français « loger » qui signifie, selon le dictionnaire Le Robert, « habiter, héberger, trouver un logement, se mettre ». L'auteur utilise le verbe « loger » pour décrire le terme utilisé par les militaires pour loger leurs soldats, leurs moyens des transports et leurs matériaux des troupes.

Dans ce sens, selon Ballou (2011), ce mot a été utilisé par les institutions militaires pour qualifier l'activité qui réussit à combiner les deux facteurs essentiels dans la gestion des flux, nécessaires à la réussite de la manœuvre : l'espace et le temps.

Ainsi, les auteurs qui écrivent sur l'histoire de la logistique sont unanimes : son origine est liée aux problématiques des guerres. La plupart des auteurs affirment que la logistique a constitué un motif de réflexion intense pour les grands chefs militaires tout au long de l'histoire. Grâce à cela, selon Pimor et Fender (2008), son histoire offre un vaste champ de réflexion depuis de nombreux siècles, et doit donc être une source d'inspiration, alimentée par l'expérience cumulée de nombreuses guerres.

Sans avoir toujours mis des spécialistes en place pour prendre en charge directement la question logistique, les stratégies militaires se sont préoccupées de tout temps de la question de leurs approvisionnements tant pour les hommes que pour les chevaux, puis pour les matériaux (Dornier et Fender, 2008). Cela a facilité le mouvement des troupes et a ainsi contribué à maintenir une position en assurant la fourniture des munitions, de la nourriture et des vêtements pendant les périodes de guerres.

Nous pouvons citer, comme exemples, la campagne de la Russie, que certains auteurs affirment être la mieux préparée logistiquement de toutes les campagnes de Napoléon

ou, encore, le débarquement en Normandie qui, plus de 60 ans après, reste connu comme la plus grande opération logistique de débarquement où trois millions de soldats, notamment des américains, britanniques, canadiens et également d'autres forces alliées (françaises, polonaises, belges, tchécoslovaques, néerlandaises et norvégiennes), ont traversé la Manche pour débarquer en Normandie le jour J<sup>32</sup> et pendant les semaines suivantes. Cela montre comment la logistique et la stratégie ont toujours été mélangées dans le contexte des guerres.

Tixier et al. (1996) confirment cette idée quand ils font référence au général Jomini<sup>33</sup> qui décompose l'art de la guerre en six parties dont la quatrième est « la logistique ou l'application pratique de l'art de mouvoir les armées », où il souligne que la logistique comprend les moyens et les arrangements qui permettent d'appliquer les plans stratégiques et tactiques. Autrement dit, la stratégie décide le lieu de l'action et la logistique amène les troupes vers ce lieu.

Parallèlement au plan militaire, à partir des années 60, le domaine de la logistique se développe et il concentre ses efforts de recherche sur les stratégies des entreprises. Selon Colin (2005), le développement de la démarche logistique dans les entreprises peut être divisé en deux phases, la première s'étendant de 1960 à 1980, qu'il appelle « *gérer les flux de l'entreprise* » et la deuxième de 1980 à 2000, qu'il appelle « *gérer l'entreprise par les flux* ».

La première phase, basée sur une économie de masse et se déroulant encore dans une période d'après-guerre, a été marquée par l'inexistence de l'obsolescence des produits. La demande était plus grande que l'offre, et ainsi l'offre était structurée pour une production de masse et focalisée sur le long terme. En outre, le niveau de service était faible, mais la pénurie de ce type de service obligeait à accepter ces conditions.

Ensuite, à partir des années 1980, la logistique, basée sur une économie de la singularité, change de nature et se préoccupe prioritairement de coordonner les différentes fonctions de l'entreprise qui contribuent à la mise en circulation des flux

---

<sup>32</sup> Le 6 juin 1944. Aujourd'hui, ce jour est considéré l'anniversaire de la Logistique.

<sup>33</sup> Son ouvrage « Précis de l'art de la guerre ou nouveau tableau analytique des principales combinaisons de la stratégie, de la grande tactique et de la politique militaire » a été cité par Heskett et al. en 1973, dans son ouvrage « Business Logistics ».

(Colin, 1996). Les entreprises ont commencé à gérer la production à court et à moyen terme et, grâce à une saturation relative, il a fallu un niveau de service plus élevé pour aboutir à une personnalisation des produits, différente d'une standardisation qui prédominait auparavant. A l'égard de cette deuxième phase, l'auteur fait encore mention d'une intégration interne des fonctions par une approche logistique transversale et, par la suite, d'une intégration externe des entreprises partenaires de la *supply chain*.

Enfin, à partir des années 2000, le même auteur mentionne un changement d'attitude du consommateur final et aussi des exigences politiques environnementales. C'est le début d'une logistique citoyenne où la prise de conscience de contraintes sociétales (sécurité alimentaire, traçabilité des produits, date de mise en circulation, principe de précaution, maîtrise des déchets, etc.) force aujourd'hui les entreprises à remettre en cause leurs pratiques.

En somme, à l'égard de la contribution académique en termes de logistique et afin de faciliter la compréhension de son évolution, le Cadre 2.1 montre, pendant l'histoire de la logistique académique, les années où les événements les plus importants ont eu lieu, soient ceux de la réalisation d'ouvrages, soient ceux issus de la création d'associations. Nous observons que les premières références peuvent être identifiées au début du XXe siècle, mais l'intensification de la réflexion et la prise en compte de la logistique, en tant que domaine à part entier, ne sont intervenues que vers le milieu des années 1970 aux Etats-Unis et au début des années 1980 en Europe.

<i>Année</i>	<i>Auteurs</i>	<i>Ouvrages</i>	<i>Associations</i>
<b>1901</b>	<i>Crowell J.</i>	<i>Report of the industrial commission on the distribution of farm products</i>	
<b>1948</b>			<i>América Marketing Association</i>
<b>1963</b>			<i>NCPDM - "The National Council of Physical Distribution Management"</i>
<b>1972</b>	<i>Kolb F.</i>	<i>La logistique: approvisionnement, production, distribution</i>	
<b>1972</b>			<i>Aslog - "Association des logisticiens d'entreprise"</i>
<b>1973</b>	<i>Heskett J.</i>	<i>Sweeping changes in distribution</i>	
<b>1976</b>	<i>Lambillotte D.</i>	<i>La fonction logistique dans l'entreprise</i>	
<b>1978</b>	<i>Heskett J.</i>	<i>La logistique élément-clef de la stratégie</i>	
<b>1980</b>	<i>Porter M.</i>	<i>Compétitive stratégie</i>	
<b>1983</b>	<i>Mathe H., Tixier D. et Colin J.</i>	<i>La logistique d'entreprise</i>	
<b>1984</b>			<i>ELA - "European Logistics Associations"</i>
<b>1991</b>			<i>Aslog - "L'Association pour la logistique dans l'entreprise"</i>
<b>1992</b>			<i>NCPDM - CLM "Council of Logistics Management"</i>
<b>2005</b>			<i>CLM - CSCMP "Council of Supply Chain Management Professionnal"</i>

Cadre 2.1 : Quelques dates significatives dans le contexte historique de la logistique  
Source: élaboration personnelle

### 2.1.1. La définition la plus pertinente de la logistique

Pour ce qui concerne les définitions, au cours de notre recherche littéraire, nous avons constaté une grande variabilité, depuis celle apportée par l'American Marketing Association<sup>34</sup> en 1948, où la logistique est définie simplement comme le « *mouvement et la manutention de marchandises du point de production au point de consommation ou d'utilisation* » jusqu'à celle apportée par le CSCMP<sup>35</sup>, en 2005, où la logistique est traitée d'une façon plus large comme « *la fraction du management de la supply chain qui prévoit, met en place et maîtrise de façon efficiente et efficace les flux aller et retour de marchandises, leur entreposage, des services et des informations associées, entre leur point d'origine et leur point de consommation, de manière à satisfaire les exigences du client* ».

Selon Bastos (2003), la logistique peut être définie comme « *un ensemble de techniques et de stratégies interdépendantes qui, appliquées dans une série de fonctions de l'activité économique, est capable de l'optimiser dans un contexte socio-économique, technologique et culturel* ». La logistique peut fournir un meilleur niveau de rentabilité dans les services de distribution aux clients et consommateurs, par le biais de la planification, l'organisation et le contrôle dans les activités de mouvement et d'entreposage des produits.

Ballou (2011) souligne qu'aujourd'hui il y a des régions qui cherchent être spécialisées dans la production de certains produits qui leur donnent des avantages économiques. Cela crée un hiatus de temps et espace entre les « *materiae prima* » et la production et entre la production et la consommation. Ainsi, la logistique est un processus qui « travaille » le temps et l'espace dans le déplacement des biens et dans la livraison des services de façon à la rendre efficace et efficiente. Autrement dit, l'auteur affirme que la mission de la logistique est de mettre les marchandises ou les services à l'endroit correct et au moment exact au plus bas coût possible.

Enfin, afin de faciliter la compréhension de la logistique et de la traiter de manière succincte et intégrale, nous avons décidé de choisir la définition avancée par Colin

---

<sup>34</sup> Tixier, D. *et al* (1996), « La logistique d'entreprise », *Dunod, Paris*, pp. 1-287.

<sup>35</sup> The Council of Supply Chain Management Professional.

(2005). Pour lui, la logistique est définie comme une « *une démarche de pilotage et de gestion des flux physiques de marchandises par des flux virtuels d'informations associées* » dont la finalité se traduit par la satisfaction des exigences du client (niveau de services et de coûts), la mission est le pilotage et la gestion, la compétence clé se situe dans des flux virtuels d'informations et la légitimité se trouve dans les flux physiques de marchandises.

## **2.2. La maturité d'une nouvelle logistique : la logistique inversée.**

Plusieurs expressions sont utilisées par les auteurs pour désigner la logistique inversée : logistique des retours, logistique à rebours, rétrologistique, reverse logistique, logistique inverse ou encore, la distribution inversée, la logistique verte et éco-logistique. Toutefois, il faut souligner que, depuis les années 1971, le sujet de la chaîne inversée a été traité par certains auteurs comme Zikmund et Stanton<sup>36</sup>, tandis que l'expression *reverse logistics* est apparue seulement dans le début des années 1990 aux Etats-Unis et en 1992 l'ASLOG en Europe.

C'est un concept très récent, et à son origine, la logistique inversée puisait sa justification principale dans les préoccupations environnementales et écologiques (surtout pour les déchets) et c'est seulement ultérieurement qu'elle a trouvé une justification économique. La justification environnementale est apparue, semblable au développement durable, à partir d'une prise de conscience environnementale par la population et par les gouvernements au cours des trente dernières années, tandis que la justification économique trouve ses bases, pendant les années 1990, dans le « phénomène internet<sup>37</sup> ». Ainsi, comme l'a souligné Marchal (2006), la logistique inversée bénéficie à sa naissance ainsi qu'au cours de son développement d'un contexte économique, social et environnemental favorable.

---

<sup>36</sup> Cité par Tixier *et al.* (1996), Beaulie *et al.* (1999), Rogers et Tibben-Lembke (2001), Noireaux (2006) et Monnet (2007), Zikmund W.G. et Stanton W.J., (1971), « Recycling solid wastes : a channels-of-distribution problem », *Journal of Marketing*, Vol. 35, pp. 34-39.

<sup>37</sup> Les produits sont demandés sur internet et comme ils ne sont pas « tangibles » dans l'acte d'achat, les entreprises commencent à avoir des problèmes de retour à cause de l'insatisfaction du client, quand celui-ci reçoit le produit.

Des auteurs ont commencé à explorer ce sujet et, quelques-uns d'entre eux<sup>38</sup> ont divisé la logistique inversée en deux types. Nous trouvons d'un côté, la logistique de recyclage dans l'économie de l'ensemble des déchets résultant de la consommation ou de la production, comme l'emballage, les déchets de production, les produits en fin de vie et les ordures ménagères (*post-consommation*), et de l'autre côté, la logistique de traitement des flux de produits remontant plus ou moins directement d'un ou plusieurs maillons de la chaîne logistique, comme les produits refusés par le consommateur, les invendus, les produits défectueux à échanger ou à réparer et encore les produits défectueux rappelés par les producteurs (*post-vente*).

Selon Dornier et Fender (2008), l'évolution du processus de logistique inversée, pendant les dernières années, est liée à la conjonction de plusieurs facteurs. La pression concurrentielle, la recherche d'une meilleure gestion de stocks, la valorisation des actifs et l'apparition d'obligations légales et réglementaires en sont quelques exemples. Cette valorisation des actifs et l'apparition d'obligations légales et réglementaires sont directement associées à la problématique des déchets, à leur collecte, à leur traitement, à leur valorisation ou à l'enfouissement s'il s'agit des déchets ultimes non valorisables.

Pour Monnet (2005), la logistique inversée a pour particularité un objectif plus global que celui de la logistique et une prise en compte de dimensions multiples avec un nombre plus élevé de flux, d'activités et d'acteurs. Son but consiste à rechercher l'efficacité et l'efficience de la gestion des retours ainsi que du traitement des produits récupérés pour obtenir un profit maximal, au vu de la multiplicité des options envisageables en ce qui concerne la « deuxième » vie des produits.

Bien que nous observions un intérêt de plus en plus fréquent de la part des entreprises à s'engager dans le processus de la logistique inversée, il faut mentionner les deux obstacles, souvent cités par les auteurs, qui contribuent à accroître la complexité du système : à savoir, la mesure de ses coûts et la prévision du volume des produits.

En dépit de la difficulté à mesurer l'ensemble des coûts logistiques, Dornier et Fender (2008) affirment qu'il est possible de fixer une valeur approximative entre 3,5% et 4,5%

---

<sup>38</sup> Leite (2003), Marchal, A. (2006), Pimor, Y. et Fender, M. (2008) et Dornier, P. et Fender, M. (2008).

pour représenter ces coûts<sup>39</sup>. Néanmoins, il faut remarquer que les enjeux financiers de la logistique inversée varient selon le secteur d'industrie. De plus, en ce qui concerne la difficulté à prévoir le volume des produits qui seront collectés, il faut souligner que les questions comme la quantité des retours et leur composition semblent aussi très pertinentes.

En résumé, Fulconis et al. (2009) soulignent que la complexité du système de logistique inversée ne réside pas dans les activités support en tant que telles dans la mesure où elle s'appuie, comme pour la logistique traditionnelle, sur l'approvisionnement, sur un processus de production « *adapté* » (avec des activités de réutilisation, recyclage et « *re-fabrication* ») et sur la distribution physique. La complexité du système de logistique inversée découle plutôt de la grande variété d'éléments le composant et de la diversité des interconnexions entre ces éléments. Le système n'étant pas linéaire, il se caractérise par un haut degré d'imprévisibilité et d'incertitude lié au volume, à la composition et aux dates des retours. Les activités ne sont donc pas toujours prévisibles et les ressources à mobiliser varient parfois dans des délais très courts, ce qui introduit des contraintes supplémentaires pour les différentes parties prenantes.

### **2.2.1. La définition la plus pertinente de la logistique inversée**

Pendant notre recherche, nous avons pu observer que la littérature nord-américaine met plutôt l'accent sur la logistique qui traite des produits refusés par le consommateur, les produits invendus, les produits défectueux à échanger ou à réparer, que sur la logistique qui traite des déchets et qui cherche une manière à les valoriser. En revanche, celle-ci est plus commune en Europe.

À la suite de Lambert et Stock, en 1981, considérés par Rogers et Tibben-Lembke (2001) comme les premiers à donner une description de l'inversion de la logistique comme « *un processus dans le sens contraire d'une rue à sens unique, parce que la*

---

<sup>39</sup> Rogers et Tibben-Lembke (2001) ont fixé la valeur 4% pour représenter le coût de la logistique inversée.

*grande majorité des produits marchent dans ce sens* »<sup>40</sup>, plusieurs auteurs ont essayé de définir la logistique inversée. Exemples comme Wu et Dunn, (1995), Carter et Ellram (1998), Kokkinaki et al. (1999), Dowlatshahi (2000), Rogers et Tibben-Lembke (2001) et Leite (2003) démontrent un progrès d'intérêt par un thème désigné par Marchal (2006) jusqu'alors comme « *l'enfant oublié de la chaîne logistique globale* ».

En fait, la logistique inversée traite toutes les activités en relation avec la collecte, la disposition, les processus de réutilisation et récupération des produits déjà utilisés et un stockage conforme à l'environnement dans le but d'assurer la meilleure durabilité possible (STOCK, 1992).

Selon Stock (1998), la logistique inversée peut être vue sous deux angles :

- Soit sous l'angle « business » où la logistique a pour rôle de retourner les produits avec l'objectif de réduire l'utilisation de matière première vierge, en encourageant le recyclage et la réutilisation des produits.
- Soit sous l'angle « ingénierie » où la logistique gère les processus de la logistique *business* grâce à un modèle systémique qui cherche les meilleurs méthodologies d'ingénierie et d'administration pour répondre, avec le meilleur profit, à la chaîne d'approvisionnement.

Carter et Ellram (1998), à leur tour, ont défini la logistique inversée en tant qu' « *un processus par lequel les entreprises peuvent devenir plus respectueuses de l'environnement grâce au recyclage, à la réutilisation et à la réduction de la quantité des matériaux utilisés* ». Ils affirment encore que les activités de la logistique inversée sont directement touchées par une ou plusieurs des quatre forces de l'environnement (les parties prenantes) : les clients, les fournisseurs, les concurrents et les organismes gouvernementaux.

Ensuite, Dowlatshahi (2000) a défini la logistique inversée d'une manière moins liée à l'environnement et plus concentrée sur les intérêts des entreprises. Il la définit comme « *un processus par lequel un manufacturier accepte systématiquement des produits ou*

---

<sup>40</sup> Cité par Rogers et Tibben-Lembke (2001) la définition de Lambert, D. M. et Stock, J.R., (1981), « Strategic Physical Distribution Management », IL: Irwin, p. 19.

*des pièces précédemment expédiés du point de consommation, pour les recycler, les remettre à neuf ou en disposer de tout autre manière ».*

De façon identique, Rogers et Tibben-Lembke (2001) ont mené la réflexion suivante: si l'objectif de la logistique est le mouvement de matériel du point d'origine vers le point de consommation (Council of Logistics Management - CLM41 1999), alors le centre de la logistique inverse devrait être la circulation des matériaux du point de consommation vers le point d'origine. À partir de là, et en s'appuyant sur le Conseil de Gestion de la logistique (CLM), ces auteurs ont défini la logistique inversée comme *« un processus de planification, de mise en œuvre et de contrôle, de manière rationnelle et avantageuse, des flux de matières premières, de produits semi-finis, depuis le point de consommation jusqu'au point d'origine, dans les buts de récupérer, de créer de la valeur ou d'améliorer l'élimination ».*

En fait toutes ces définitions apportées par la littérature théorique ne sont jamais très loin les unes des autres. Par exemple, Dowlatshahi (2000) expose une définition similaire à celle de Rogers et Tibben-Lembke (2001), mais il restreint la logistique inversée aux retours des clients. En fait, chaque définition a une particularité que l'auteur utilise, mais le fondement principal reste toujours le même. Comme Leite (2003), l'auteur responsable du premier ouvrage national sur la logistique inversée (GONÇALVES ET MARINS, 2006), l'a souligné, l'existence de plusieurs définitions et citations sur la logistique inversée jusqu'à aujourd'hui démontre que la définition est encore en évolution, particulièrement face à l'augmentation de l'intérêt des entreprises dans ce domaine et aussi l'intérêt que les chercheurs lui accorde.

Pour conclure, comme nous avons choisi la définition de la logistique défendue par Colin (2005), nous proposons, à l'instar de Monnet (2007), d'utiliser une extension de cette définition pour définir la logistique inversée. De cette manière, la logistique inversée constitue *« une démarche de pilotage et de gestion des flux physiques de marchandises par des flux virtuels d'informations associées du point de consommation au point d'approvisionnement »* et, ici nous ajouterons *« dans les buts de récupérer, de créer de la valeur ou d'améliorer l'élimination pour satisfaire les exigences des parties prenantes ».*

---

<sup>41</sup> CLM transformé en 2005 en CSCMP "Council of Supply Chain Management Professional".

Ainsi, en tant que démarche transversale de planification, mettant en œuvre et contrôlant des flux physiques et informationnels du point de consommation jusqu'au point d'origine ou de destination finale, la logistique inversée poursuit aussi un objectif de valorisation des déchets dans un environnement adéquat. C'est sur ce dernier objectif que nous avons concentrés nos efforts de recherche, en d'autres termes, sur l'assainissement de la logistique inversée.

### **2.3. L'assainissement et la logistique inversée – une relation fondée sur la gestion des déchets : le cas du Brésil**

#### **2.3.1. L'assainissement**

Tout d'abord, il est nécessaire de faire une petite remarque terminologique. Il y a ceux qui soutiennent que *l'assainissement environnemental* est le genre, tandis que *l'assainissement de base* est l'espèce. Celui-ci serait compris dans celui-là qui comprend toutes les activités d'assainissement de base et, en plus, toute la chaîne de nettoyage urbain (collecte et élimination des déchets solides) et le drainage urbain. Dans l'assainissement de base, il ne se trouve que les activités liées à l'approvisionnement en eau et au système des égouts sanitaires (y compris toutes les étapes de leurs chaînes) (MARQUES NETO, 2005).

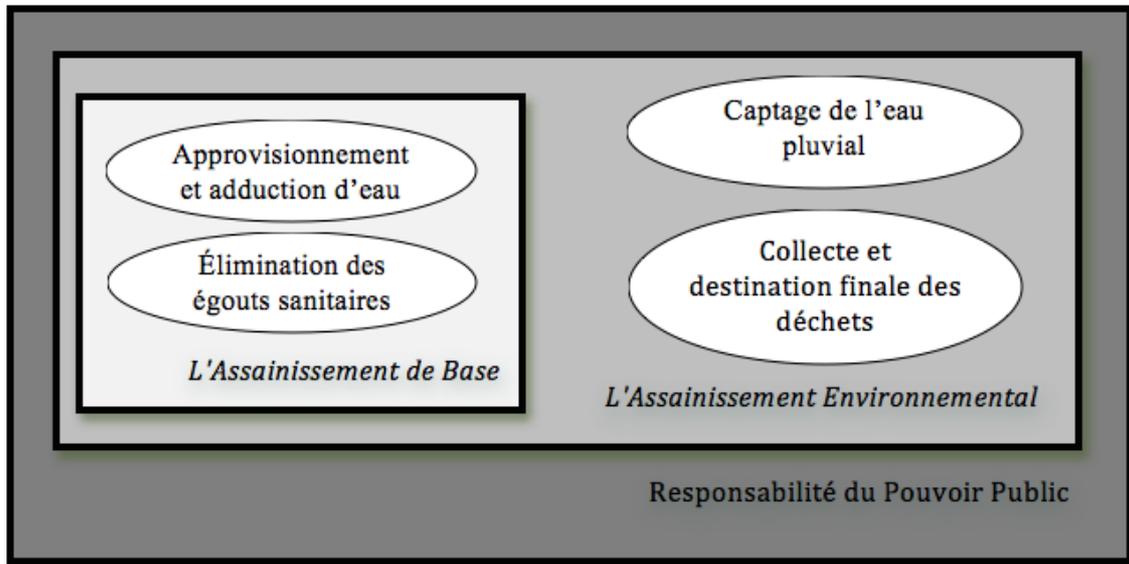


Schéma : 2.1 – Responsabilité du Pouvoir Public dans l'Assainissement  
Source : Élaboration Personnelle

Les activités qui intègrent l'assainissement environnemental constituent des noyaux des services publics. Toutefois, il est vrai que ni l'assainissement de base ni le nettoyage urbain ne sont explicitement pas mentionnés dans la Constitution Fédérale de la République<sup>42</sup>. En fait, cela peut être justifié par le fait que ces services publics ne sont pas de la compétence de l'Union et sont reconnus comme des services locaux, de compétence de la municipalité.

Le service public d'assainissement de base, comme tout type de service public, englobe une série d'activités. Elles sont désignées, essentiellement, comme des activités d'approvisionnement d'eau et d'élimination des égouts sanitaires. Cependant, ces deux activités en comprennent d'autres comme le captage de l'eau brute et sa réserve, l'adduction de cette eau, les stations de traitement, l'adduction de l'eau traitée, le réservoir de l'eau traitée et, finalement, sa distribution vers les points de consommation. L'élimination des égouts sanitaires, à son tour, consiste en leur collecte, leur transport à travers des tuyaux jusqu'aux stations d'épuration, leur traitement et leur destination finale (SOUZA, 2005).

A son tour, l'assainissement environnemental englobe les services publics pour plusieurs raisons. Tout d'abord parce que, du point de vue économique, il s'agit de

<sup>42</sup> Constitution de la République Fédérale du Brésil, promulguée le 05 octobre 1988.

l'activité dont la prestation dépend des infrastructures non reproductibles de manière économiquement viable. Les réseaux d'approvisionnement d'eau ou les structures d'élimination des déchets – pour ne citer que deux exemples – impliquent des investissements lourds qui caractérisent, « *prima facie* », des monopoles naturels (MARQUES NETO, 2005).

Si les pouvoirs publics ne peuvent pas s'acquitter de ces activités, particulièrement dans l'environnement urbain, l'impact de la non-prestation adéquate des services de nettoyage et de collecte et d'élimination des égouts, pourrait désorganiser la ville (imaginons l'impact anti-urbain causé par la nécessité pour chaque individu de résoudre, par ses propres moyens et son initiative, la destination de ses résidus et déchets).

Plus qu'une commodité, les services d'assainissement environnemental sont une nécessité pour toute la collectivité. La non-fourniture des services adéquats d'assainissement engendre des impacts sur la santé publique, sur l'augmentation des maladies, sur les dommages à l'environnement, sur la précarisation du milieu urbain et sur le confort de la vie collective. A l'inverse, l'extension de la couverture de ces services et l'amélioration de la qualité de leur prestation implique des avantages considérables pour toute la communauté<sup>43</sup>.

Si l'on regarde la politique nationale des déchets solides – Loi 12.305/2010<sup>44</sup> –, le fait que les activités en matière d'assainissement environnemental appartiennent au domaine du service public ne signifie pas qu'elles doivent, dans leur intégralité, être fournies exclusivement sous le régime du service public. Par exemple la collecte de déchets industriels ou la collecte de gros producteurs de déchets (restaurants, supermarchés, etc.), sont à la charge des entrepreneurs qui ont la responsabilité de trouver la solution au problème de leurs déchets (solides et liquides), libres à eux d'engager un particulier spécialisé pour faire leur collecte et leur traitement, et de le payer, pour ce service, un prix librement convenu.

---

<sup>43</sup> Selon l'ONU, à chaque US\$1,00 investi dans l'assainissement, US\$4,00 sont économisés dans la santé publique. Site [www.senado.gov.br/publicacoes/diarios/.../09676.pdf](http://www.senado.gov.br/publicacoes/diarios/.../09676.pdf) - Consulté le 10/05/2013

<sup>44</sup> <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636> - Consulté le 13/09/2013

Les activités appelées « indivisibles » sont une autre particularité du secteur. Il s'agit des activités dans lesquelles l'utilisateur est la collectivité dans son ensemble, et non des individus isolés. C'est ce qui se passe avec le nettoyage (le balayage, la collecte, le désherbage, etc.) dans les espaces publics d'usage commun (rues, places, trottoirs, etc.). Le problème se trouve dans les modèles de rémunération du service. S'il est pensé comme une activité économique, le service peut être rémunéré selon un tarif payé par les usagers. Toutefois, la rémunération selon un tarif payé par les usagers, pose un problème pratique de la quantification des services fournis. Par exemple, dans la collecte des déchets solides, les solutions technologiques de quantification – pesage – de déchets sont rares, et inapplicables dans la pratique.

Il pourrait être envisagé l'application d'un tarif relatif à la disponibilité du service, mais cela engendrerait des questions juridiques par rapport à la viabilité de l'application tarifaire. Selon Marques Neto (2005), dans le cas de l'approvisionnement en eau traitée, la mesure est possible et assez commune. D'un autre côté, dans le cas des services d'élimination des égouts sanitaires, il y a la même difficulté que dans le cas des déchets solides – ce qui amène au fait que l'application de ce tarif soit arbitraire et intégrée dans le tarif de l'eau.

Dans le cas des déchets, une des importances des Écopoints et des Points de Livraison Volontaire est que, avec leur mise en place, les personnes pourraient ne plus payer pour les déchets produits, au contraire, elles recevraient de l'argent par volume de déchets déposé. Autrement dit, la quantification – pesage – pourrait être faite de façon à générer des revenus et non plus des dépenses.

### **2.3.2. Le déchet: le produit de la logistique inversée**

Le cœur de notre recherche étant axé sur les déchets, il nous semble pertinent de faire une brève discussion à propos de cette notion et de ses caractéristiques pour mieux le comprendre.

Selon Michot et al. (2008), pendant longtemps, les hommes ont confié à la nature le soin de digérer leurs déchets, pour les agriculteurs ce qui ne pouvait être utilisé pour nourrir les animaux de basse-cour et les porcs, était enfoui, brûlé ou servait à faire de l'engrais. Les nomades eux, qui vivaient de chasse et de pêche se déplaçaient quand leurs nourritures venaient à manquer vers une autre région et leurs déchets étaient laissés sur place dans l'environnement, étant bientôt décomposés par l'action du temps.

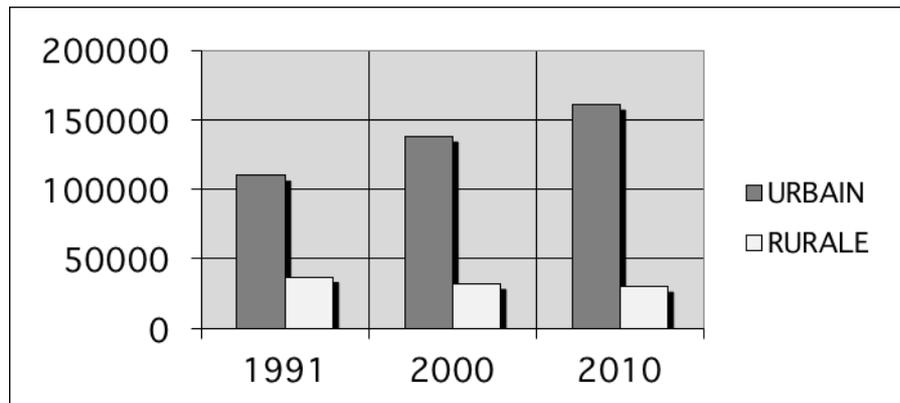
A la naissance de l'ère chrétienne, il y avait environ 200 millions de personnes dans le monde. En 1750, la population mondiale était d'environ 1 milliard de personnes (ce nombre est resté pratiquement le même jusqu'à la fin du siècle dernier) et à l'heure actuelle, ce chiffre est supérieur à 7 milliard de personnes<sup>45</sup>. Une série de facteurs, y compris les progrès de la médecine et de la technologie dans l'agriculture, ont créé les conditions pour cette augmentation extraordinaire de la population mondiale. James (1991) souligne que l'augmentation de la population mondiale implique un accroissement de l'utilisation des réserves de la planète, de la production de biens et également de la production de déchets.

Un autre élément qui influe directement sur la production de déchets est le degré d'urbanisation qui rompt le cycle naturel. En 1800, seulement 5% des personnes dans le monde vivaient dans les villes. Depuis lors, ce nombre est passé à 40% (CEMPRE, 1998). L'homme quitte la campagne et se déplace vers la ville. Au Brésil, par exemple, plus de 75% des personnes vivent dans les villes (IBGE, 2010).

	TOTAL	URBAIN	RURALE
BRÉSIL	190 755 799	160 925 792	29 830 007
REGION NORD	15 864 454	11 664 509	2 257 542
REGION NORD-EST	53 081 950	38 821 246	14 260 704
REGION SUD	27 386 891	23 260 896	2 161 121
REGION SUD-EST	80 364 410	74 696 178	3 024 116
REGION CENTRE-OUEST	14 058 094	12 482 963	861 719

Tableau 2.1 : Population brésilienne par région  
Source : IBGE (2010)

<sup>45</sup><http://www.worldometers.info/br/> - Consulté le 15/08/2013



Graph 2.1 – Population brésilienne résidente en milieu urbain et rural  
Source : IBGE (2010)

La ville constitue une densification de l'habitat et l'homme y produit davantage de biens pour son confort, y consomme plus qu'à la campagne et donc y produit plus de déchets.

L'augmentation de la population et sa densité démographique (ou la concentration urbaine), va de pair avec l'industrialisation. En observant ces deux facteurs tout au long du temps, nous pouvons vérifier qu'il y a des fortes interactions entre eux.

Par exemple, la croissance de la population exige une plus grande augmentation de la production des aliments et des biens de consommation directe. La tentative pour répondre à cette demande entraîne l'homme à transformer de plus en plus les matières premières en produits finis, générant, de cette manière, des grandes quantités de déchets qui, traités de manière inadéquate, nuisent l'environnement (LIMA, 1991).

Lima (1991) souligne qu'il y a plusieurs facteurs qui influent sur l'origine et la formation des déchets dans les zones urbaines. Il mentionne :

- Le nombre d'habitants de la région ;
- La zone relative de production ;
- Les variations saisonnières ;
- Les conditions climatiques ;
- Les habitudes et coutumes de la population ;
- Le niveau d'instruction;

- Le pouvoir d'achat ;
- Le temps de la collecte ;
- L'efficacité de la collecte ;
- Le type d'équipement de la collecte ;
- La discipline et le contrôle des points producteurs ;
- Les lois et réglementations spécifiques.

Ces éléments peuvent varier selon chaque communauté ou ville en fonction des aspects économiques, sociaux, démographiques, culturels, climatiques, entre autres. Néanmoins, parmi tous ces facteurs qui influent sur la production des déchets, les plus significatifs sont, sans doute, le nombre d'habitantes de la région et la composante économique. Si le système économique se ralentit si les usines et le commerce réduisent leurs activités, il y aura certainement moins de déchets et l'inverse est également vrai.

Au-delà de ces facteurs primaires, Lima (1991) affirme qu'il existe aussi les facteurs secondaires qui influent également sur la formation et la caractérisation des déchets. Ces facteurs sont plus importants pour permettre de dimensionner les types de services de gestion des déchets urbains. En voici quelques-uns :

- La production per capita – Représente la quantité de déchets solides produits par habitant dans une période de temps donné, généralement exprimée en kg/hab.jour. Au Brésil, il est courant d'adopter des valeurs comprises entre 0,5 et 2,0 kg/hab.jour pour mesurer les moyens du système de collecte à mettre en œuvre ainsi que les types de stockages en fin de parcours.
- La teneur d'humidité – consiste dans la quantité d'eau contenue dans la masse de déchets. Elle est importante principalement pour le choix du système de traitement et acquisition d'équipement de collecte. Cette teneur d'humidité dépend directement des conditions climatiques, variant considérablement d'un lieu à l'autre. Au Brésil, le taux moyen de la teneur d'humidité des déchets ménagers est d'environ 60%.
- Le poids spécifique apparent – représente la relation entre le poids et le volume (kgf/m<sup>3</sup>) et il est également important parce qu'il détermine la capacité du volume des moyens de collecte, de traitement et de destination finale. Au début du siècle dernier, il était entre 500 et 800 kgf/m<sup>3</sup> et,

aujourd'hui, entre 150 et 300kgf/m<sup>3</sup>. Au Brésil, le poids spécifique moyen actuel est d'environ 192Kgf/m<sup>3</sup>.

- La teneur de matière organique – consiste dans la quantité, en poids sec, de la matière organique contenue dans la masse de déchets en général et elle est subdivisée en : matière organique non putrescible (papier, carton, bois, chiffons, étoupe, cuir, etc.) et matière première organique putrescible (légumes, feuilles, restes de nourriture, viandes, des animaux morts, etc.). Dans les pays en développement, la teneur de matières organiques représentent habituellement la plus grande fraction en poids.
- La composition gravimétrique – représente le pourcentage de chaque composant par rapport au poids total de l'échantillon des déchets. Certains facteurs socio-économiques influencent de manière significative sur la composition gravimétrique. Par exemple, plus le niveau d'instruction et le pouvoir d'achat de la communauté augmente, plus grand sera le pourcentage de matières recyclables et plus petite l'incidence de la matière organique.
- Puissance calorifique – représente la quantité de chaleur dégagée par la combustion d'une masse donnée de déchets.
- Ph (Potentiel d'Hydrogène) – représente l'acidité ou l'alcalinité des déchets. Généralement, ils présentent des caractéristiques légèrement acides, avec des valeurs de Ph d'environ 5,0.

En fait, les activités humaines ont toujours produit des déchets de différentes natures. Ils sont populairement désignés au Brésil sous le terme de « *lixo* » (« ordures » en français), mot qui est directement dérivé du mot latin « *lix* », qui signifie cendres, restes. (GONÇALVES, 2007).

Selon Addou (2009), un objet devient déchet selon le point de vue où l'on se place. Les déchets sont toujours issus de l'homme, puisque dans les processus naturels il n'existe pas de déchets, mais de produits inertes. Miguel (1999) et Noireaux (2006) ont affirmé que le principal problème des déchets est lié à la question : à quel moment un objet est-il ou cesse-t-il d'être un déchet ? Sa définition est le résultat d'une classification et du fonctionnement d'un système.

Cette apparente inutilité du déchet peut être considérée comme relative, parce que ce qui ne présente aucune utilité pour certains qui s'en débarrassent, pour un autre, peut devenir une matière première ou un substrat pour un nouveau produit, ou même être entièrement réutilisé (GONÇALVES, 2007 ; MIGUEL, 1999 ; NOIREAUX, 2006). [Par exemple, les véhicules périmés, considérés en Europe comme des déchets, sont envoyés vers les pays pauvres de l'Afrique pour être réutilisés. De même, certains citoyens utilisent encore les déchets en tant que source de rendement et d'alimentation, ce qui arrive au Brésil. ]

L'ABNT (2004), dans sa norme NBR 10004, donne la définition suivante pour les déchets solides : *« Sont considérés comme déchets, dans les états solides et semi-solides, les produits qui résultent des activités de la communauté, d'origine industrielle, domestique, commerciale, agricole, de l'hôpital, de services et de nettoyage. Sont inclus dans cette définition les boues provenant des systèmes de traitement de l'eau, ceux générés dans les équipements et installations de contrôle de pollution, ainsi que certains liquides dont les caractéristiques rendent impossible de les lancer dans le réseau public d'égouts ou plan d'eau, ou exigent pour cela des solutions techniquement et économiquement viables face à la meilleure technologie disponible ».*

Si ces déchets ne sont pas stockés d'une façon adéquate ou ne sont pas réutilisés, ils peuvent engendrer des problèmes sérieux, comme la pollution du sol, en changeant ses caractéristiques physiques, chimiques et biologiques, ce qui constitue un problème esthétique et une grave menace pour la santé publique.

Le cas le plus classique des dommages à la santé fut celui causé par des rats vivant dans les déchets qui ont été à l'origine de la propagation de la peste bubonique ou mort noire. Chronologiquement, un premier épisode a été attesté à Rome en l'an 150 de l'ère chrétienne. Plus tard, au milieu du XIV<sup>ème</sup> siècle (1345-1349), les peuples européens ont été victimes de la peste, qui a pris des dimensions catastrophiques, car 43 millions de personnes en sont mortes. Le peuple brésilien a aussi été victime de la peste bubonique dans le passé, avec le plus grand nombre de cas enregistré dans les villes côtières (LIMA, 1991).

Ainsi, il est impérativement nécessaire de penser une gestion adéquate des déchets. Il est donc indispensable d'adopter un système intégré de gestion pour les déchets urbains afin d'empêcher la prolifération de la pollution et des problèmes de santé publique qui viennent s'y ajouter

### **2.3.3. Les processus de la logistique inversée concernant les déchets**

Selon Kokkinaki et al. (1999), la logistique inversée des déchets regroupe toutes les opérations relatives à la réutilisation de produits et de matériaux associés à des activités qui incluent la collecte, le tri, l'entreposage, le transport, le démontage et le traitement de produits, de composants de produits et/ou de matériaux déjà utilisés, en vue d'une nouvelle utilisation ou d'un recyclage respectueux de l'environnement.

A cet égard, Michot et al. (2008) ont estimé que la collecte, le tri, le transport, le traitement et le stockage des déchets constituent les activités les plus importantes relatives aux déchets. Cependant, d'autres auteurs comme Lima (1991) ont ajouté l'emballage comme la première des activités dans le processus de la logistique inversée. Aussi nous décidons de tenir compte de l'avis de tous ces auteurs décrire ainsi les principales activités de la logistique inversée post-consommation :

- L'Emballage – dans la phase qui précède la collecte externe, les déchets doivent être placés dans des lieux et des conteneurs appropriés pour être confinés. Bien que l'emballage soit de la responsabilité du producteur, l'administration publique doit exercer les fonctions de réglementation, éducation et surveillance, y compris dans le cas des établissements de santé, afin d'assurer des conditions sanitaires et opérationnelles adéquates. Pour la population, l'administration publique pourrait, par exemple, délivrer des sacs en couleur et biodégradables en vue de faciliter le processus de collecte sélective.

Selon Gonçalves (2007), l'emballage peut être considéré comme la phase initiale du processus des déchets dans le système de nettoyage urbain, où les résidus solides sont emballés ou stockés de façon à les rendre propices pour

les étapes postérieures. L'importance d'un emballage approprié réside, surtout, dans la nécessité d'éviter l'éparpillement désordonné des déchets, minimisant ainsi la prolifération des vecteurs, la fréquence des accidents et l'aspect esthétique, et aussi facilitant l'étape de la collecte.

L'auteur souligne encore que le type de récipient approprié pour l'emballage dépend des caractéristiques du résidu, de la quantité générée et du type et de la fréquence de la collecte. Pour les résidus domiciliaires, commerciaux et ceux des déchets publics, les récipients plus couramment utilisés sont les suivants :

- Des sacs plastiques (20 à 150 litres) ;
  - Des conteneurs en plastique (120 à 1.200 litres) ;
  - Des paniers ou décharges à ordures dans les rues ;
  - Des conteneurs en métal (0,7 à 2m<sup>3</sup>) ;
  - Des conteneurs interchangeables également appelés *Boîtes Brooks* ou *Dempsters* (3 à 30m<sup>3</sup>)
- La Collecte – consiste à rassembler les produits en provenance des consommateurs finaux qui sont soit des clients individuels, soit des institutions (Marchal, 2006). La collecte peut être:
    - Régulière (les déchets communs) ;
    - Spéciale (les déchets issus de service de santé, de démolition, de construction et les déchets dangereux) ;
    - Sélective (une collecte de certains flux de déchets préalablement séparés par les producteurs en vue d'une valorisation ou d'un traitement spécifique).

La collecte sélective comprend le ramassage des déchets emballés afin de les transmettre à une station de transfert ou transbordement (Tri), à une unité de traitement ou à un système de stockage final. Elle peut être faite :

- Par Porte à Porte ;
- Par les collecteurs de rue ;

- Par Points de Livraison Volontaire ;
- Par Points de change.

En plus, d'après Gonçalves (2007), le transport des déchets solides s'est fait habituellement par les types de véhicules suivants :

- Camion compresseur (6 à 19m<sup>3</sup>) ;
  - Camion basculant (5 à 12m<sup>3</sup>) ;
  - Camion avec « poliguindaste » ;
  - Tracteur avec « panier ».
- Le Tri – les biens réceptionnés sont examinés et une décision est prise quant à l'option de récupération (Marchal, 2006). Le produit est soit directement réintroduit sur le marché, soit traité, soit éliminé. Les centres de tri contribuent à atteindre les objectifs de recyclage et à diminuer l'emploi de matières premières vierges. La séparation peut être accomplie au moment de la Collecte Sélective ou les Usines de Tri.

Les usines de Tri sont souvent comparées à des usines de production puisque les deux usines agrèent de valeur et font sortir des produits ou de matières « premières » prêts à être commercialisés. La différence est le point de la chaîne où ils se positionnent. Le produit issu d'une usine de production est prêt à être commercialisé vers le consommateur final alors que le produit issu d'une usine de tri est prêt à être commercialisé vers le producteur.

- Le transport – les déchets, éventuellement compactés sont ensuite conduits, grâce à un mode de transport à grande capacité, vers une installation de traitement ou de stockage.
- Le traitement (valorisation) – Dans certains cas, après la collecte et avant la destination finale, les déchets sont traités, passant par un certain type de valorisation, afin d'obtenir des meilleurs résultats sanitaires, environnementaux ou économiques. Selon Gonçalves (2007), ce traitement peut être défini comme un processus visant à réduire leur quantité ou leur potentiel de pollution en changeant leurs propriétés physiques, chimiques ou

biologiques. Parmi les principaux types et procédés de traitements, nous pouvons remarquer les suivants :

- Les processus physiques :
  - ❖ La séparation suivie par le tri ;
  - ❖ La centrifugation ;
  - ❖ La réduction de particules ;
  - ❖ La séparation gravitationnelle.
  
- Les processus chimiques et thermiques:
  - ❖ L'incinération ;
  - ❖ La pyrolyse ;
  - ❖ Les micro-ondes ;
  
- Les processus biologiques :
  - ❖ Le compostage ;
  - ❖ La digestion anaérobie.

En France, par exemple, l'intérêt pour la valorisation des déchets est apparue dans la loi française du 13 juillet 1992<sup>46</sup> selon laquelle la valorisation consiste dans « *le réemploi, le recyclage ou toute autre action visant à obtenir, à partir de déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie* ». Il y aurait donc une valorisation qui permettrait de réutiliser les éléments constitutifs du déchet en les intégrant dans le circuit économique, et une valorisation énergétique. Cette valorisation des déchets, selon Balet (2008), s'effectue ainsi par des divers moyens :

- La réutilisation – consiste à utiliser un déchet pour un usage différent de son premier emploi, ou à faire, à partir d'un déchet, un autre produit que celui qui lui a donné naissance.

---

<sup>46</sup> Loi no 92-646 du 13 juillet 1992 relative à l'élimination des déchets ainsi qu'aux installations classées pour la protection de l'environnement (1) - <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000345400&dateTexte=&categorieLien=id> - Consulté le 15/08/2013

- Le recyclage – est la réintroduction d'un déchet dans le cycle de production dont il est issu, en remplaçant totalement ou partiellement une matière première neuve.
  - Le réemploi – est un nouvel emploi d'un déchet pour un usage similaire à celui de sa première utilisation. C'est, en quelque sorte, prolonger la durée de vie du produit avant qu'il ne devienne un déchet.
  - La régénération – consiste dans un procédé physique ou chimique qui redonne à un déchet les caractéristiques permettant de l'utiliser en remplacement d'une matière première neuve.
  - La valorisation énergétique – consiste à utiliser les calories contenues dans les déchets, en les brûlant et en récupérant leur énergie ainsi produite pour, par exemple, chauffer des immeubles ou produire de l'électricité.
- La destination finale (stockage ou élimination) – constitue le dernier maillon de la filière de tri et de traitement. En France, contrairement aux pays en développement comme le Brésil, à partir de 1<sup>er</sup> juillet 2002, les déchets ne sont plus stockés dans les décharges à ciel ouvert mais dans les Centres d'Enfouissement Techniques (CET).

C'est la dernière étape opérationnelle du système de nettoyage urbain. Elle se réfère essentiellement à l'élimination et au dépôt de déchets solides dans le sol. Au Brésil, les méthodes de traitement final le plus utilisées par les municipalités sont : l'entreposage à ciel ouvert (décharge publique) et l'enfouissement contrôlé et sanitaire (GONÇALVES, 2007). Toutefois, avec la Loi 12.305/2010, ces méthodes sont en train de changer comme nous le verrons au point 2.3.4.1. de ce chapitre.

Gonçalves (2007) souligne encore que la décharge publique est une forme complètement inappropriée de stockage, en raison de l'absence de critères de conception, d'exploitation et de contrôle, avec des impacts négatifs sur la santé publique et l'environnement. De l'autre côté, l'enfouissement sanitaire est la forme recommandée, car, dans cette méthode, les résidus sont

confinés, compressés et couverts de manière sûre et contrôlée, en adoptant même des dispositifs pour éviter ou minimiser les impacts négatifs sur l'environnement.

Ainsi, bien que la classification des déchets soit quelque fois différente selon chaque pays, les activités allant de la production jusqu'à la destination des déchets sont la plupart du temps les mêmes. Ces activités sont capables de contribuer à la récupération des produits, à des économies potentielles issues d'une réutilisation des matières, à la réduction de l'enfouissement comme mode de gestion des déchets et, par conséquent, au prolongement de la vie utile des Centres d'Enfouissement Technique.

Enfin, comme Beaulieu et al. (1999) et Marchal (2006) l'ont remarqué, la logistique inversée apparaît actuellement destinée à jouer un rôle croissant dans les stratégies logistiques de demain. À vrai dire, elle est considérée comme une « avenue » permettant de répondre aux exigences de l'assainissement par rapport au traitement des déchets produits dans les villes.

#### **2.3.4. Les lois et les réglementations concernant les déchets**

Concernant le développement durable et/ou les déchets, les réglementations apparaissent comme des outils fondamentaux dans l'évolution de leurs mises en application. Selon Kant<sup>47</sup>, cité par Fulda (2001), tout Etat comprend dans son essence trois pouvoirs, à savoir le législatif, l'exécutif et le judiciaire. Les réglementations, les lois et l'ensemble du système juridique et administratif qui régissent aujourd'hui la société ne sont peut-être pas encore tout à fait performants pour les services comme la santé, la sécurité, l'éducation (Backer, 1998), mais sont déjà très intégrés dans la culture économique du monde industrialisé.

---

<sup>47</sup> Emmanuel Kant a été un philosophe allemand et l'auteur des « Critique de la raison pure », « Critique de la raison pratique » et « Critique de la faculté de juger ».

En France, par exemple, selon l'Observatoire sur la Responsabilité Sociétale des Entreprises (ORSE)<sup>48</sup>, les taxes, les avertissements et les condamnations constituent un certain nombre de moyens dont dispose l'État pour faire respecter, par les entreprises, des lois de plus en plus exigeantes relatives au social, à l'environnement, à la transparence (Monnet, 2005).

En outre, Bruntland (1987) affirme qu'il est temps que les réglementations en matière d'environnement dépassent le simple stade de règlements sur la sécurité, sur le zonage et le contrôle de la pollution, il faut en effet tenir compte de la dimension environnementale dans la fiscalité, dans les procédures d'autorisation des investissements et des choix technologiques. Dès lors, des changements s'imposent dans les comportements et les pratiques des entreprises, autant dans secteur public que dans le secteur privé. De surcroît, pour répondre à des questions telles que : comment obliger concrètement les individus à agir pour le bien de tous ? Bruntland (1987) affirme encore que la réponse se trouve partiellement dans l'éducation et le développement des institutions, mais aussi dans l'application sévère de la loi.

#### **2.3.4.1. Les lois concernant les déchets et leurs classifications en France et au Brésil.**

La législation en Europe est plus développée qu'aux Etats-Unis et, par conséquent, la logistique inversée arrive à être plus effective et efficiente dans cette région. Selon Rogers et Tibben-Lembke (1998), la législation européenne, principalement en Allemagne, inspire plusieurs pays dans l'élaboration de leurs législations concernant les déchets. En Allemagne, la nouvelle Loi Base de Gestion des Déchets, formulée en 1993, a l'ambitieux objectif de construire une boucle fermée, ou un « *closed loop* », pour toute

---

<sup>48</sup> L'ORSE est une association loi 1901, créée en juin 2000. Il ne se passe pas une semaine sans que les thèmes de la responsabilité sociale et environnementale des entreprises, des règles déontologiques de l'entreprise, des codes de bonne conduite et chartes éthiques, de l'exercice des droits de vote au service du développement durable, des choix d'investissement des fonds d'épargne salariale, des placements éthiques ne soient abordés. Les entreprises et leurs partenaires, les investisseurs et les gestionnaires financiers se sentent de plus en plus concernés par ces questions. C'est la raison pour laquelle une trentaine de grandes entreprises, sociétés de gestion de portefeuille, organisations syndicales, institutions de prévoyance et mutuelles ont pris l'initiative de créer le premier **Observatoire sur la Responsabilité Sociétale des Entreprises**. Source site ORSE - <http://www.orse.org/> (Consulté le 10/08/2009)

la chaîne. Autrement dit, toute la production des produits devrait être réutilisée ou recyclée avec une quantité minima à déposer dans les CETS.

Leite (2003) souligne que les réglementations environnementales sur les déchets trouvent leurs origines dans la réaction aux impacts de l'activité humaine sur l'environnement, ceux-ci pouvant être aggravés par la difficulté des activités de la logistique inversée. La responsabilité des impacts environnementaux des déchets, qui auparavant incombait au gouvernement, a été transférée aux producteurs qui en supportent désormais cette charge.

#### A) Les lois et la réglementation en France

En France, la première grande loi-cadre sur la gestion des déchets a été promulguée le 15 juillet 1975, à l'initiative du Ministère de la Qualité de la Vie. Elle instaure l'obligation pour chaque commune de collecter et d'éliminer les déchets des nettoyage public et d'établir le principe « Pollueur-Payeur ». De plus, elle vise à réduire la production des déchets à la source et à promouvoir leur récupération et leur recyclage.

Par la suite, à la fin des années 80, la société française s'est trouvée confrontée à un profond décalage entre les déchets de nettoyage public qu'elle produisait et les moyens qu'elle s'était donnés pour les traiter et les éliminer. Ce décalage a conduit le gouvernement de l'époque à éditer une nouvelle loi, le 13 juillet 1992, nommée « Loi Royal ». Celle-ci est entrée en vigueur et a défini trois grands principes (Michot et al, 2008) :

- L'obligation de la valorisation et de recyclage des déchets ;
- La mise en place de plans départementaux ;
- La mise en décharge réservée aux déchets ultimes<sup>49</sup>.

Il faut encore mentionner L'ADEME – Agence de l'Environnement et de la maîtrise de l'énergie –, un établissement public à caractère industriel et commercial, sous la triple

---

<sup>49</sup> Selon l'article L 541-1 du Code de l'Environnement, le déchet ultime est défini comme un déchet, résultant ou non du traitement d'un déchet, qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux.

tutelle des ministères de l'Environnement, de l'Industrie et de la Recherche, créé en 1990 par la fusion des anciens organismes existants.

Financée par des taxes, l'ADEME aide les collectivités vis-à-vis de leurs activités de gestion des déchets qui sont classifiés par cette agence de façon générale en tant que<sup>50</sup> :

- Déchets ménagers et assimilés – Ce sont les déchets produits par les ménages y compris les déchets dits « occasionnels » tels que les encombrants, les déchets verts et les déchets de bricolage.
- Déchets industriels :
  - Déchets industriels banals (DIB) - Ils sont en partie collectés séparément des déchets ménagers et assimilés, mais les modalités et les conditions de traitement sont les mêmes. Ces déchets ne présentent pas de caractère toxique ou dangereux et leur maintenance ou leur stockage ne nécessitent pas de précaution particulière.
  - Déchets industriels spéciaux (dangereux) (DIS) - Ils nécessitent des modalités particulières de collecte et de traitement, car ils peuvent contenir des éléments polluants.
  - Déchets inertes – Ils sont des déchets de construction, de démolition et de réhabilitation.

## B) Les lois et la réglementation au Brésil

Au Brésil, la première disposition gouvernementale connue en relation avec l'environnement a été la « *Carta Régia* » du 27 avril de 1817 qui traitait de la protection des arbres. Cette disposition a été prise pour défendre les intérêts expansionnistes de Portugal, devant la raréfaction des bois en Europe et la nécessité de protection de cette ressource pour la construction des bateaux des militaires portugais (IBGE, 2011). Ainsi, jusqu'à la décennie de 1950, il n'y avait pas vraiment de préoccupation pour les aspects environnementaux. Les normes et la législation étaient exclusivement concentrées

---

<sup>50</sup> Source : Site ADEME - [http://www.ademe.fr/Midi-Pyrenees/a\\_1\\_sommaire.html](http://www.ademe.fr/Midi-Pyrenees/a_1_sommaire.html) (Consulté le 01/06/2009)

sur les problèmes de l'assainissement, de la préservation du patrimoine naturel et de la sécheresse.

Le Brésil est un pays fédéral, avec des compétences législatives partagées par les entités fédérales (les municipalités, les Etats, l'Union et le District Fédéral), en d'autres termes, c'est la répartition de compétences prévue dans la Constitution de la République. Ainsi, les lois peuvent être élaborées soit par les municipalités, soit par les Etats, soit par l'Union Fédérale. Les lois environnementales fédérales ont commencé à être votées à partir de 1981, avec la loi qui a créé la politique nationale d'environnement. Elle est née et s'est développée comme une réponse à l'action de mouvements sociaux locaux et à la pression internationale. Cependant, les Etats et les municipalités ont commencé à légiférer sur l'environnement à partir des années 2000<sup>51</sup>.

Le 31 mai 2004, l'ABNT – Association Brésilienne de Normes Techniques - a publié la nouvelle version de sa norme NBR 10.004 – Classification des Déchets Solides. Cette norme classe les déchets selon les risques de l'environnement et de la santé publique. Elle divise les déchets en deux (ou trois) catégories :

- Classe I – Déchets dangereux ;
- Classe II – Déchets non-dangereux ;
  - Classe II A – Déchets Non-Inertes ;
  - Classe II B – Déchets Inertes.

Selon la Loi 12.305/2010, les déchets sont aussi classés par rapport à leurs origines. Cette loi est issue du Projet de Loi n° 203/1991 qui a donné naissance à la Loi 12.305/2010. Ce projet de loi a été envoyé au Congrès en 1991 et il s'est écoulé plus de 20 ans avant qu'il ne soit approuvé. Finalement, en août de 2010, le Président Luiz Inácio Lula da Silva l'a approuvé. Cette loi est vue comme un point de départ à l'organisation des tous les processus de collecte, de traitement et de dispositions finales concernant les déchets. Selon son art. 13, les déchets sont classés en tant que :

1. Déchets domiciliaires – issus des résidences et des activités domestiques ;
2. Déchets de ménage urbain – issus de nettoyage public et balayages des rues ;

---

<sup>51</sup> 2000 – Loi N° 10.696 de Fortaleza ; 2005 – Loi N° 13.557 de Santa Catarina ; 2006 – Loi N° 12.300 de São Paulo.

3. Déchets urbains – déchets domiciliaires et les déchets de nettoyage public ;
4. Déchets commerciaux – issus des activités commerciales ;
5. Déchets service d'assainissement –
6. Déchets industriels – issus des processus productifs et industriels ;
7. Déchets de service de santé – issus des services de santé ;
8. Déchets de construction civile – issus de construction, de réforme, de démolition et d'excavation de terre ;
9. Déchets d'agriculture ;
10. Déchets de service de transport – issus des services dans les ports, aéroports, gares routières et ferroviaires ;
11. Déchets de mines – issus de recherche ou d'extraction de minéraux.

Selon le Projet de Loi N°203 de 1991, toutes les étapes de la logistique inversée sont sous la responsabilité du générateur du déchet, sauf pour les déchets urbains pour lesquels la responsabilité du générateur s'arrête à partir du moment où le service de collecte de la municipalité prend le relais.

L'article 1° de la Loi 12.305, institue la Politique Nationale des Résidus Solides – PNRS – et note leurs principes, leurs objectifs et leurs instruments, ainsi que les directives relatives à la gestion intégrée des résidus solides sous la responsabilité des générateurs de déchets et des pouvoirs publics. La Loi cherche un régime de coopération entre le gouvernement fédéral, les Etats et les municipalités dans le but de mettre en place une gestion intégrée et environnementale adéquate aux résidus solides.

En plus, l'article 16 souligne que l'élaboration du plan municipal de gestion intégrée des résidus solides est une condition *sine qua non* pour que les municipalités puissent recevoir les ressources de l'Union<sup>52</sup> destinées à tous les services relatifs aux déchets. En fait, seront priorisés dans l'accès aux ressources les municipalités qui :

I – choisissent la solution de consortiums inter-municipaux ;

---

<sup>52</sup> L'Union correspond, en termes généraux, au gouvernement fédéral du Brésil.

II – établissent la collecte sélective avec la participation des coopératives ou d'autres institutions qui fournissent aux collecteurs des matériaux réutilisables et recyclables pour des personnes à bas niveau de revenu.

Encore, selon art. 28, les générateurs des déchets domiciliaires cessent leurs responsabilités sur les déchets au moment où ils les disposent de façon adéquate pour la collecte publique. Cependant, les autres générateurs de déchets sont obligés de se structurer et d'établir un système de logistique inversée, de façon indépendante du service public, pour faire retourner leurs produits vers les fabricants, commerçants ou distributeurs. Ces déchets sont les suivants :

- I - pesticides, leurs déchets et emballages;
- II – Piles et batteries;
- III – Pneus;
- IV – Dérivés de pétrole, leurs déchets et emballages;
- V – Lampes;
- VI – Produits électro-électroniques et leurs composants.

Finalement, la gestion intégrée des résidus solides est à la charge des municipalités dans leurs territoires respectifs (art. 10°). Cette gestion des déchets doit être observée, prioritairement, dans l'ordre suivant :

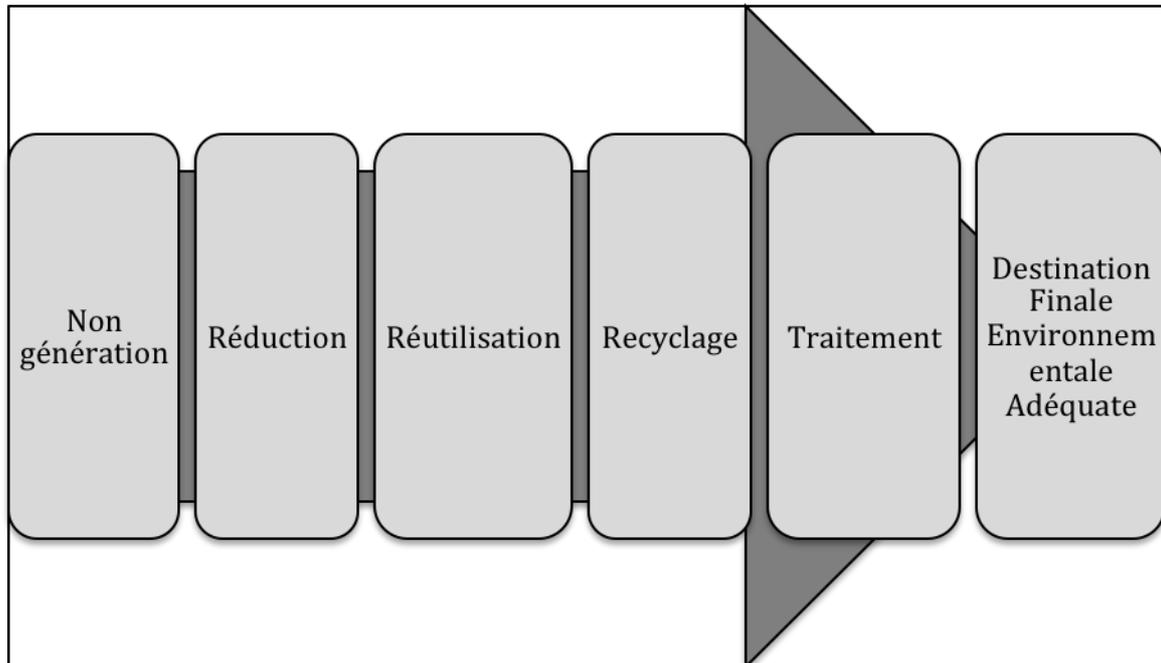


Schéma 2.2 : Ordre prioritaire de gestion des déchets  
Source : Elaboration personnelle à partir de la Loi 12.305/2010

Il faut observer que la non-génération et la réduction sont les deux premières parce qu'elles interfèrent de façon significative dans le reste de la chaîne de la logistique inversée. La réduction du volume des déchets destinés au stockage final, l'augmentation de la vie utile des centres d'enfouissement technique, la protection de ressources naturelles, la réduction du coût de la collecte par le pouvoir public sont quelques avantages conquis par la non-génération et la réduction de production des déchets.

Et, au-delà le respect de cette ordre prioritaire, pour organiser toutes ces activités et ces étapes, pour qu'elles soient plus performant, il nous semble pertinent introduire une philosophie de gestion et organisation optimisée dans les processus de la logistique inversée des déchets. Il faut alors introduire des outils d'optimisation capables d'optimiser ce processus de façon intégrée et performante.

**CHAPITRE III** - L'OPTIMISATION DES PROCESSUS – LA  
RECHERCHE OPERATIONNELLE DANS LA LOGISTIQUE  
INVERSÉE

### 3.1 Des fondements de l'optimisation vers la programmation mathématique

A chaque fois que nous devons prendre une décision, nous cherchons toujours à choisir la meilleure alternative qui nous apportera la plus grande satisfaction. Cette observation est présente au jour le jour et traduit notre recherche vers l'optimum. Cet optimum a déjà été exploré dans les études des plusieurs scientifiques, comme Newton, Lagrange, Von Neumann, d'entre autres.

Il n'est donc pas surprenant que tous ces mathématiciens soient d'accord avec l'idée que l'optimum ou l'optimisation n'existerait pas sans la mathématique. Selon Williams (1990), le domaine de la mathématique qui étudie ces problèmes d'optimisation est connue sous le nom de Programmation Mathématique. Ce terme « programmation » a été choisi parce que les militaires utilisaient le mot « programme » pour traiter du planning des activités. Ces militaires ont eu un rôle important, vu que la plupart des événements qui ont abouti dans la création de la Programmation Mathématique se sont passés pendant la Seconde Guerre Mondiale. En fait, George B. Dantzig a utilisé le terme « Programmation Lineaire » (plus spécifiquement *Programming in a linear Structure*, plus tard résumé en *Linear Programming* et, généralisé comme *Mathematical Programming*) pour analyser un problème de planning de la force aérienne américaine.

Selon l'EPA<sup>53</sup> (2013), les stratégies d'optimisation sont les efforts visant, n'importe quelle phase, à identifier et à mettre en œuvre des actions spécifiques qui améliorent l'efficacité et la relation coût-efficacité. Ainsi, l'optimisation concentre ces efforts sur l'efficacité, la rentabilité, l'amélioration technique et le progrès (qualitative et/ou quantitative).

Rao (1979) a souligné qu'optimiser est l'acte d'obtenir les meilleurs résultats dans n'importe quelle circonstance. En outre, selon Brighenti (2006), optimiser c'est améliorer, ou en d'autres termes, déterminer la meilleure configuration pour un système sans qu'il soit nécessaire de tester toutes les possibles, en réduisant le temps pour avoir le meilleur résultat. Avec un système d'optimisation, nous avons la possibilité de traiter simultanément une grande quantité des variables et des restrictions qui seraient difficiles de visualiser simultanément.

---

<sup>53</sup> Environmental Protection Agency- site <http://www.epa.gov> - Consulté le 29/04/2014

Ainsi, la définition est souvent croisées avec des procédures comme celle d'identifier le minimum ou le maximum d'une fonction définie comme la fonction objective. Et, pour que le résultat soit considéré une solution optimale, il doit aussi satisfaire un ensemble des spécifications ou des impositions connues comme étant des restrictions (PEDROSA et ROMERO, 2012).

Le problème d'optimisation consiste alors à déterminer les variables de décision conduisant aux meilleures conditions de fonctionnement du système (ce qui revient à minimiser ou maximiser la fonction objective), tout en respectant les contraintes d'utilisation (BOYD et VANDENBERGH, 2004). Autrement dit, le problème d'optimisation est de choisir une bonne solution, si possible optimale, par rapport à un ensemble de critères d'évaluation ou de déterminer les meilleures solutions pour les problèmes définis par la mathématique. Ces problèmes peuvent (et doivent) être, souvent, une représentation d'un modèle réel (FLETCHER, 1980).

Dans ce contexte, Paschos (2005) affirme que l'optimisation est l'art de comprendre un problème réel et de pouvoir le transformer en un modèle mathématique que nous pourrions étudier afin d'en extraire les propriétés structurelles et de caractériser les solutions du problème. C'est l'art d'exploiter cette caractérisation afin de déterminer des algorithmes qui les calculent, mais aussi de mettre en évidence les limites sur l'efficacité et l'efficacité de ces algorithmes. Et, dans les algorithmes, le modèle mathématique d'optimisation englobe la représentation d'un problème ou d'une situation à travers d'un ensemble de relations mathématiques comme : équations, inéquations et fonctions.

Selon Cardoso (2011), schématiquement, un modèle mathématique peut être visualisé comme une boîte noire (Schéma 3.1). Les variables doivent être insérées à l'entrée et ensuite, la procédure consiste à faire émerger la solution du problème ou le résultat de la décision. Autrement dit, le modelage d'un problème englobe le développement, à travers des expressions mathématiques, d'une représentation par un processus ou un système. Tel modèle doit mettre en relation les variables d'entrée (*inputs*) et les variables de sortie (*outputs*) et ajouter les restrictions imposées au système.

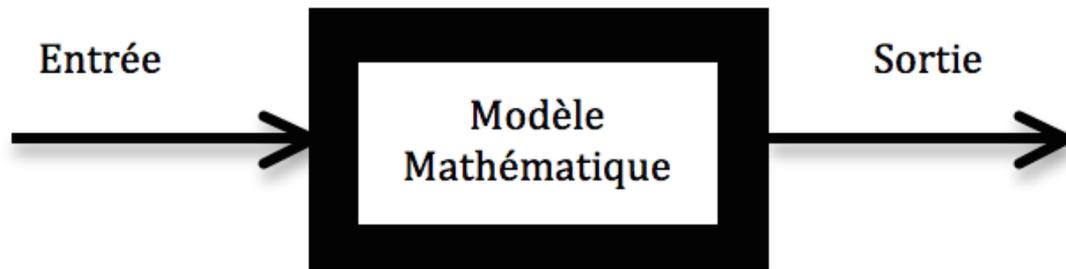


Schéma 3.1 – La méthodologie d'un modèle mathématique.  
Source: Elaboration personnelle

Il est utile de noter que les modèles mathématiques utilisés dans le planning de production sont généralement des modèles d'optimisation qui cherchent à obtenir des décisions optimales destinées à minimiser le coût et/ou maximiser le profit de la production. Comme Cardoso (2011) l'a souligné, les entreprises qui utilisent des outils de programmation mathématique ont facilement des réductions des coûts d'ordre de 1% à 5%, pouvant arriver, dans certains cas, jusqu'à 15% de réductions.

Les buts sont soit la réduction de coûts, soit l'augmentation de profits, mais d'après Ticona (2003), la plupart des problèmes d'optimisation recherche l'obtention des plusieurs buts qui doivent être clairs et conquis simultanément, bien qu'ils soient souvent contradictoires. En fait, il n'existe pas de solution unique et optimale pour tous les objectifs. Ainsi, pour telle classe de problèmes, nous devons chercher un ensemble de solutions efficaces. Les problèmes de cette nature sont connus comme ceux d'optimisation multi-objective parce que ils englobent la minimisation (ou la maximisation) simultanée d'un ensemble d'objectifs.

Enfin, pour la plupart des applications, l'optimisation mathématique est utilisée en tant qu'aide pour un décideur humain, le concepteur du système, qui supervise le processus, qui vérifie les résultats et qui modifie le problème (ou l'approche de la solution) lorsque cela est nécessaire (BOYD et VANDENBERGH, 2004).

Ce décideur humain utilise également des outils pour l'aider à prendre les décisions, à l'instar de l'ordinateur, qui a considérablement évolué ces dernières années. Par le biais de cet outil, et après avoir étudié un phénomène physique, l'avoir mis en équation, avoir

étudié ces équations et avoir montré que nous pourrions calculer les solutions, nous commençons à optimiser le système en changeant certains paramètres pour mener la solution dans un sens désiré (GOURNAY et RONDEPIERRE, 2008).

### **3.1.1 Le rôle des outils computationnels dans les problèmes et les fonctions mathématiques d'optimisation**

D'après Pedrosa et Romero (2012), le progrès des techniques d'optimisation numérique est récent et est en relation avec la croissance et la disponibilité des ressources computationnelles. L'auteur affirme encore que, actuellement, ces techniques sont aussi à développer et à adapter aux problèmes d'optimisation.

En fait, les méthodes d'essais et erreurs sont trop fastidieuses et peuvent prendre beaucoup de temps pour aboutir à un résultat. De plus, à la fin, il se peut qu'elles ne donnent pas toujours le résultat optimum. A leur tour, l'utilisation des outils computationnels (softwares de modelage et de résolution) peuvent (et doivent) accélérer les processus en apportant légitimité et crédibilité aux résultats.

Selon Williams (1990), il y a plusieurs outils computationnels de caractère général et spécifique qui peuvent contribuer au processus de construction et solution des modèles d'optimisation. L'auteur divise ces outils en deux blocs : les outils de modelage et les outils de résolution. Dans le premier bloc, il existe les programmes de langage de programmation (C, C++, FORTRAN), de tableur de calcul (EXCEL, Lotus 123) et de langage algébrique de modelage (LAM). De l'autre côté, dans les outils de résolution, il y a aussi les programmes de langage de programmation utilisés aux fins de l'implémentation des algorithmes, et également les systèmes de résolution commerciale et de recherche (LINDO).

Dans ces deux blocs, nous trouvons des outils d'optimisation ainsi que des outils de simulation. Selon Brighent (2006), jusqu'à la dernière décennie, simulation et optimisation ont été traitées séparément dans la pratique. Cependant, le fait de les intégrer apporte des avantages significatifs dans les phases de planning d'un projet tout

en permettant la prise de décision.

Les modèles mathématiques peuvent être d'optimisation ou de simulation, mais notre recherche sera concentrée sur les modèles d'optimisation, c'est-à-dire, des modèles mathématiques d'un problème réel représenté par des expressions mathématiques qui décrivent son essence. Les contraintes et les limitations qui seront apportées aux variables sont exprimées par des équations et inéquations, appelées « restrictions ». Et, l'objectif auquel il faudrait arriver est formulé comme une fonction appelée « fonction objective ».

Ainsi, pour l'exécution d'un problème d'optimisation, il faut appliquer une séquence d'opérations mathématiques. Selon Deb et Goldeberg (1989), généralement, un problème d'optimisation multi-objective peut être représenté formellement de la façon suivante :

$$\text{Minimiser / Maximiser : } Z = f(x) = ( f_1(x), f_2(x), \dots , f_M(x) ) \quad (3.1)$$

$$\text{Subject à : } g(x) = ( g_1(x), g_2(x), g_3(x), \dots , g_r(x) ) \leq b \quad (3.2)$$

$$\text{Où : } x = (x_1, x_2, x_3, \dots , x_n) \in X \quad (3.3)$$

$$z = (z_1, z_2, z_3, \dots , z_r) \in Z \quad (3.4)$$

$x$  est le vecteur de décision ;

$M$  est le numéro des objects ;

$z$  est le vecteur objectif ;

$X$  limite l'espace de recherche des décisions ;

$z = f(x)$  est l'image de  $X$ , appelée « espace objectif » .

L'ensemble des restrictions  $g(x) \leq b \mid b \in \mathbb{R}^+$  et l'espace  $X$  limitent l'ensemble des solutions viables :  $X^* = \{x \in X \mid g(x) \leq b\}$ .

Coello (1999) souligne que les fonctions, qui représentent l'optimisation multi-objective, forment une description mathématique du critère d'optimisation. L'auteur affirme encore que le terme « optimiser » signifie trouver un ensemble de solutions qui ne peuvent pas être améliorés simultanément par l'analyste.

Selon HARREL et al. (2000), l'optimisation est le processus qui tente plusieurs combinaisons de valeurs pour des variables qui peuvent être contrôlées, tout en cherchant celle qui sera la plus adéquate à ce que l'on désire. La plupart du temps, ce processus consistant à essayer différentes combinaisons entre les variables est très difficile voire impossible à réaliser dans un système réel et, ainsi, il vaut mieux le faire avec des modèles et en utilisant des outils computationnels, par exemple, des logiciels (ou logiciels) comme AutoStat, OPTMIZ, SimRunner, WITNESS Optimizier et LINDO permettent la réalisation de l'optimisation.

Finalement, pour Edgar et Himmelblau (2001), il n'existe pas une méthode ou un algorithme qui puisse être appliqué pour tous les problèmes. En outre, bien que, dans la grande partie de cas, il soit difficile de trouver la réponse optimisée, le résultat de la fonction objective apportée par les calculs numériques répétitifs, pour une solution optimale sera la meilleure alternative.

### **3.2. La Recherche Opérationnelle**

Fulconis et Paché (2011), en citant Scheid (1991)<sup>54</sup> et Simon (1958)<sup>55</sup>, ont distingué deux catégories opposées de décisions : les « décisions non programmables » et les « décisions programmables ». Selon eux, les premières se réfèrent à des problèmes de gestion qualifiés de non-structurés et font appel à des techniques de prise de décision s'appuyant sur le jugement, l'intuition ou la créativité, voire sur des règles empiriques ou technique heuristiques. Cependant, les secondes concernent des procédures répétitives et routinières pour lesquelles les techniques de prise de décisions reposent sur l'habitude, des procédures standard ou des structures d'organisation et sur la

---

54 Scheid J.-C. (1991), « Les grands auteurs en organisation », Dunod, Paris, 2e éd.

55 Simon H. (1958), « The role of expectations in an adaptive or behavioristic model », in Bowman M. (éd.), Expectations. Uncertainty and business behavior, Social Science Research Council, New York (NY), p. 49-58.

recherche opérationnelle (analyse mathématique, modèles, simulation) et l'ordinateur.

En effet, la puissance de calcul des ordinateurs, habilement mise en valeur par les principes de la recherche opérationnelle, permet d'utiliser des stratégies de résolution qui exigeraient un temps de réflexion excessivement long de la part d'un être humain. La recherche opérationnelle (RO), convenablement appuyée par l'informatique, propose donc des solutions d'un type nouveau, souvent nettement moins coûteuses que les solutions traditionnellement utilisées (YVES, 2002).

Selon Sniedovich (2002), la discipline de l'optimisation est le cœur de la recherche opérationnelle. Cet terme « *Operational Research* », selon Cardoso (2011), a été créé par le mathématicien russe Leonid Kantorovich dans son travail de 1939 intitulé « Méthodes mathématiques dans l'organisation et dans le planning de la production », considérée comme l'un des pionniers sur la RO.

Cependant, pour la plupart des auteurs, le terme « *Operational Research* » a été utilisé par la première fois en Grande-Bretagne en 1938 pour désigner les études systématiques des problèmes stratégiques et tactiques des opérations militaires. A l'époque, un groupe de spécialistes (mathématiciens, physiques, ingénieurs, ...) a été choisi pour analyser et repositionner adéquatement les radars du système de défense aérienne de la Grande-Bretagne avant et pendant la Seconde Guerre Mondiale. Son but a été de déterminer la meilleure utilisation effective des ressources militaires qui étaient extrêmement limitées (MONTEVECHI, 2000).

A l'époque, en 1941, l'Angleterre inaugure la Section de Recherche Opérationnelle du Commande de la Force Aérienne de Combat pour résoudre les problèmes des opérations de guerre, de maintenance et d'inspection des avions, d'amélioration dans la destruction des sous-marins ennemis, de contrôle et de dimensionnement des troupes, entre autres (CARDOSO, 2011).

Peu après, l'évolution rapide de la recherche opérationnelle, dans la post-guerre, a eu lieu grâce surtout à deux événements. Le premier a été le développement d'un algorithme simple connu comme la méthode Simplex et proposé, par George Dantzig en 1947, pour résoudre des problèmes de programmation linéaire. Le deuxième a été le grand progrès dans le développement des ordinateurs avec des processeurs de plus en

plus puissants.

Dans les universités, l'expansion de la RO a commencé dans les départements d'ingénierie industriel et d'ingénierie de production, et dans les écoles d'administration des universités américaines. Au Brésil, l'Ecole Polytechnique de l'Université de Sao Paulo, en 1957, a créé le premier cours d'Ingénierie de Production en niveau de graduation. En 1958, le même cours est inauguré à l'Institut Technologique d'Aéronautique (ITA). Dans ces cours, ont été introduites les disciplines de programmation linéaire, théorie des jeux, simulation et statistiques. Dans les entreprises, à partir des années 60, une tendance à former des groupes dédiés à la RO a eu lieu en vue de résoudre les problèmes stratégiques et tactiques. Le premier groupe dédié à la RO créé au Brésil a été celui de la Petrobrás, en 1965.

Face à son caractère multidisciplinaire, actuellement les contributions de la RO passent par pratiquement tous les domaines de l'activité humaine, de l'ingénierie à la médecine, en passant par l'économie et par la gestion des entreprises. Selon Cardoso (2011), le terme RO désigne un ensemble des disciplines parfois isolées parfois rassemblées. Les domaines les plus importantes développées en recherche opérationnelle sont :

<b>Programmation Mathématique</b>	<b>Les autres ramifications</b>
Programmation Linéaire	Analyse Statistique
Programmation Non-Linéaire	Théorie des Jeux
Programmation Dynamique	Théorie des files
Programmation Entière	Théorie des graphes
Optimisation Globale	Simulation

Schéma 3.2 – La méthodologie de la recherche opérationnelle.

Source: Elaboration personnelle

La recherche opérationnelle offre une gamme intéressante des zones, des modèles et des algorithmes qui permettent à l'administrateur de prendre une décision dans des problèmes complexes. La RO est un domaine de l'ingénierie de production qui donne aux gestionnaires des informations organisées et consistantes qui peuvent contribuer à

gérer les ressources humaines, matérielles et financières d'une organisation. Il s'agit de l'application de la méthode scientifique, par des équipes interdisciplinaires, à des problèmes de contrôles des systèmes organisés (homme-machine) afin d'obtenir les solutions qui répondent au mieux aux objectifs de l'organisation. La RO tente d'éviter des incertitudes, toutefois il est impossible de les éliminer.

Yves (2002) souligne que la recherche opérationnelle est un outil conceptuel puissant qui permet d'accroître la productivité sans qu'il soit nécessaire de sacrifier les aspects qualitatifs. Elle requiert des investissements relativement faibles et offre des rendements souvent très élevés.

Selon Montevechi (2000), la RO est l'application des analyses quantitatives à des problèmes de gestion avec pour objectif l'analyse et la résolution des problèmes. Ou, comme l'auteur l'a résumé, elle est la préparation scientifique pour les décisions, en cherchant la modification du binôme « Expérience – Intuition » par « Information – Rationalité ».

En bref, Moreira (2010) affirme que le principal but de la recherche opérationnelle est de déterminer la programmation optimisée des activités et/ou des ressources, en fournissant un ensemble de procédures et de méthodes quantitatives pour les traiter de façon systématisée. Tout cela, pour arriver à la dernière phase qui consiste en l'implantation de la solution finale et optimale.

### **3.2.1. La Programmation Linéaire**

Comme nous l'avons vu depuis le début de ce chapitre, quand il y a un certain nombre d'activités à réaliser avec la possibilité de chemins alternatifs pour le faire et des ressources ou moyens limités pour les exécuter, il y a un problème d'allocation des ressources. Le problème est alors de combiner les activités avec les ressources d'une façon optimale pour que toute l'efficacité soit maximisée, autrement dit que le profit soit maximum et le coût minimum. C'est ce que l'on appelle la « programmation mathématique » (MONTEVECHI, 2000).

De fait, la programmation linéaire est une sous-classe des problèmes de modélisation

de la programmation mathématique. En fait, si les problèmes sont entièrement exprimés par des équations linéaires, ils doivent être appelés de la programmation linéaire (PL). Ces problèmes recherchent la distribution efficiente des ressources limitées pour atteindre un objectif qui, généralement, est de maximiser les profits et/ou minimiser les coûts mais, dans le cas de la programmation linéaire, cet objectif est exprimé à travers une fonction linéaire, appelée aussi de « fonction objective ».

En fait, Anastacio (2003) ainsi que Bronson et Naadimuthu (1997), affirment qu'un modèle de PL est vraiment un problème d'optimisation et qu'il est composé, en général, de trois éléments :

- 1) Une fonction-objective – il s'agit de la fonction linéaire (l'équation linéaire du problème) des variables de décisions qui doivent être maximisées ou minimisées ;
- 2) Les variables de décision – il s'agit des équations linéaires qui représentent les choix (exemple : fermer ou pas un centre de distribution);
- 3) Les restrictions – il s'agit des équations linéaires qui représentent les limitations ou les réquisits (exemple : les quantités à produire plus ou conformément à la demande qui ne devront pas être des variables négatives). Les restrictions limitent une région appelée de « Ensemble Viable ».

Patunza Junior (2011) poursuit dans le même contexte en affirmant que la programmation linéaire cherche fondamentalement la meilleure solution pour les problèmes qui ont leurs modèles représentés par des expressions linéaires. Sa tâche consiste dans la maximisation ou la minimisation d'une fonction linéaire, appelée la fonction objective, en respectant un système linéaire des égalités et des inégalités qui reçoit le nom de « Restrictions du Modèle ».

Le terme « programmation » signifie qu'il existe un planning des activités, tandis que le terme « linéaire » signifie la linéarité dans les équations du modelage du problème. Mais, quelle est la différence entre équation linéaire et équation non-linéaire?

- Equation Linéaire

$$2x - 1 = 0$$

Variables : x

(3.5)

ou

$$2x + y = 5 \quad \text{Variables : } x \text{ et } y \quad (3.6)$$

ou

$$x - 3y - 5z = 7 \quad \text{Variables : } x, y \text{ et } z \quad (3.7)$$

Toutes ces équations sont linéaires, parce que les variables ont leur exposant égal à 1. Autrement dit, pour être une équation ou inéquation linéaire il faut que toutes les variables aient les exposants égaux à 1.

- Equation Non-linéaire

$$2x^2 - 1 = 0 \quad \text{Variables : } x \quad (3.8)$$

ou

$$4x^3 + y = 5 \quad \text{Variables : } x \text{ et } y \quad (3.9)$$

ou

$$x - \log x = -3 \quad \text{Variables : } x \quad (3.10)$$

Pour être une équation non-linéaire ou inéquation non-linéaire, il faut qu'il y ait, au moins, une seule variable avec son exposant différent de 1.

Encore, selon Ravindran *et al* (1987), la construction d'un modèle de programmation linéaire suit trois étapes de base :

Etape I – Identifier les variables des décisions et les représenter à travers des symboles algébriques ( $x$  et  $y$  ou  $x_1$  ou  $y_1$ ) ;

Etape II – Lister toutes les restrictions des problèmes et les exprimer comme des équations ( $=$ ) ou inéquations ( $<$ ,  $>$ ,  $\leq$  ou  $\geq$ ) linéaires en termes des variables de décision.

Etape III – Identifier l'objectif ou critère d'optimisation du problème, le représentant comme une fonction linéaire avec le but de maximiser ou minimiser.

Pour conclure, si les restrictions sont exprimées comme des équations linéaires, elles sont appelées de « programmation linéaire », mais, si les restrictions sont exprimées avec des équations non-linéaires, elles sont appelées de « programmation non-linéaire » (MONTEVECHI, 2000). Ceci posé, pour résoudre ces problèmes de programmation linéaire, nous présenterons la méthode Simplex, qui a été développée par George B. Dantzig en 1947 et qui est utilisée pour trouver, algébriquement, la solution optimale d'un problème de PL.

### **3.2.1.1. La méthode *Simplex* et le programme computationnel L.I.N.D.O.**

L'utilisation de la programmation linéaire est recommandée pour les problèmes de grande envergure avec plusieurs variables et plusieurs restrictions. Ainsi, les chercheurs ont toujours des problèmes à propos du développement des algorithmes computationnels les plus efficaces et les plus précis.

Gavira (2003) a remarqué que la simulation computationnelle a été développée premièrement en utilisant des langages de programmation formelle, principalement le FORTRAN et le PASCAL, pendant les décennies de 50 et 60. Cependant, avec des systèmes chaque fois plus complexes, des limitations ont commencé à apparaître dans le modelage ainsi que dans l'exécution et résolution de ces langages.

En 1947, les Etats-Unis ont implanté le projet SCOP (*Scientific Computation of Optimal Programs*) avec le but de supporter les décisions des opérations de la force aérienne américaine. Il a été coordonné par un économiste et par le mathématicien George B Dantzig qui a développé et formalisé la méthode Simplex pour résoudre les problèmes d'optimisation linéaire (CARDOSO, 2011)

Selon Moreira (2010), le Simplex est une méthodologie qui englobe une séquence des calculs répétitifs pour arriver à la solution d'un problème de programmation linéaire. Cette séquence de calcul est appelée d'*algorithme*. Autrement dit, le Simplex est seulement une séquence des calculs simples qui nous apporte la solution optimale d'un problème de programmation linéaire.

Même si les calculs sont simples, ils sont fastidieux et demandent beaucoup des travaux. Par exemple, un problème avec trois ou plus de variables, peut demander beaucoup de travail et d'attention sur les chiffres. Si nous n'utiliserons pas un outil computationnel, nous risquons de faire des erreurs et de perdre tout le travail.

En fait, il existe, généralement, deux façons de formuler et résoudre un problème de programmation linéaire :

- 1) La Méthode Traditionnelle : où nous pouvons utiliser :
  - 1.1. La méthode graphique (jusqu'à deux variables) ;
  - 1.2. La méthode Simplex (3 ou plus des variables).
  
- 2) La Méthode Computationnelle : où il existe des programmes spécifiques pour résoudre des problèmes de PL :
  - 2.1. LINDO ;
  - 2.2. EXCEL ;
  - 2.3. LOTUS 1-2-3.

Cependant, il faut noter que nous pouvons exécuter l'algorithme Simplex avec la méthode computationnelle dans des programmes spécifiques aussi. Comme nous l'avons souligné, la méthode simplex est simplement une séquence de calculs simples qui peuvent être exécutés par plusieurs programmes computationnels. Par exemple, les plus connus sont : le *LINDO*, le programme *What's Best* et, aussi, Excel qui dispose d'une routine d'optimisation linéaire, appelée aussi de *Solver*.

Selon Montevechi (2000), tous ces programmes, au-delà de leur apparence simple, sont des outils très puissants. Précisément, *LINDO* (*Linear Interactive and Discrete Optimizer*) qui a été développé par Linus Schrage, en 1986, est un programme d'ordinateur qui peut être utilisé pour résoudre plusieurs problèmes de programmation linéaire. Pour illustrer la formulation d'un problème sur le *LINDO*, nous présentons un exemple :

$$\text{Maximiser/Minimiser } Z = C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n \quad (3.11)$$

subject a:

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \quad (3.12)$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \quad (3.13)$$

$$a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + \dots + a_{3n}X_n \quad (3.14)$$

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n \quad (3.15)$$

$$X_1, X_2, X_3, X_n \geq 0$$

Pour insérer au LINDO, nous devons faire de la façon suivante :

$$\max Z = 3X_1 + 2X_2 \quad (3.16)$$

ST:

$$2X_1 + X_2 < 100 \quad (3.17)$$

$$X_1 + X_2 < 80 \quad (3.18)$$

$$X_1 < 40 \quad (3.19)$$

$$X_1 \geq 0 \quad (3.20)$$

$$X_2 \geq 0 \quad (3.21)$$

END

Le programme exige que toutes les variables ne soient pas négatives. Ainsi, en utilisant le programme, il n'est pas nécessaire de taper les variables négatives. En plus, le LINDO n'accepte pas des parenthèses ou des virgules, nous devons mettre une équation comme  $400(X_1+X_2)$  de la façon suivante :  $400X_1+400X_2$ . Nous pouvons voir cet exemple dans le Figure 3.1.

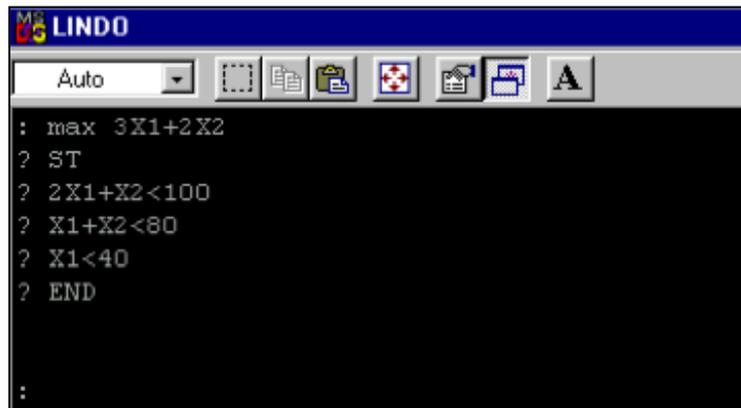


Figure 3.1 – Le software LINDO.  
Source: système LINDO

### 3.2.1.2. Les problèmes de transport et le problème de localisation des installations optimisés

D'après Moreira (2010), il existe plusieurs problèmes d'intérêt spécifique en programmation linéaire qui méritent une étude plus concentrée en raison du nombre d'applications qu'ils représentent. Ils sont parfois appelés problèmes classiques de RO.

Selon Goldberg et Pacca Luna (2005), ces problèmes classiques sont les problèmes de transport, les problèmes de séquence de processus, les problèmes de localisation des installations optimisés, les problèmes de routerisation (définition de routes) de véhicules, les problèmes des emballages.

Notre thèse explore plus particulièrement le problème de localisation des installations optimisées sur une carte géo-spatiale. Pour donner un exemple, c'est comme lorsqu'il s'agit de trouver le meilleur endroit pour construire un centre de distribution ou même un magasin. Avec des variables données qu'il faudra organiser et entrer, le système computationnel doit trouver, en respectant toutes les contraintes, l'endroit optimum.

Cependant, avant de passer à notre problème de localisation des installations optimisées en logistique inversée, il est important d'en donner un exemple sur le problème de transport, sans doute, le problème le plus connu dans la recherche opérationnelle et la programmation linéaire pour la logistique. Nous utiliserons un exemple utilisé par Yves (2002) dans son article. Selon l'auteur, si nous demandons à un programmeur, qui n'est

pas versé en recherche opérationnelle, de trouver un itinéraire dans le schéma 3.3, dans bien des cas, il cherchera à joindre le point courant à son voisin immédiat.

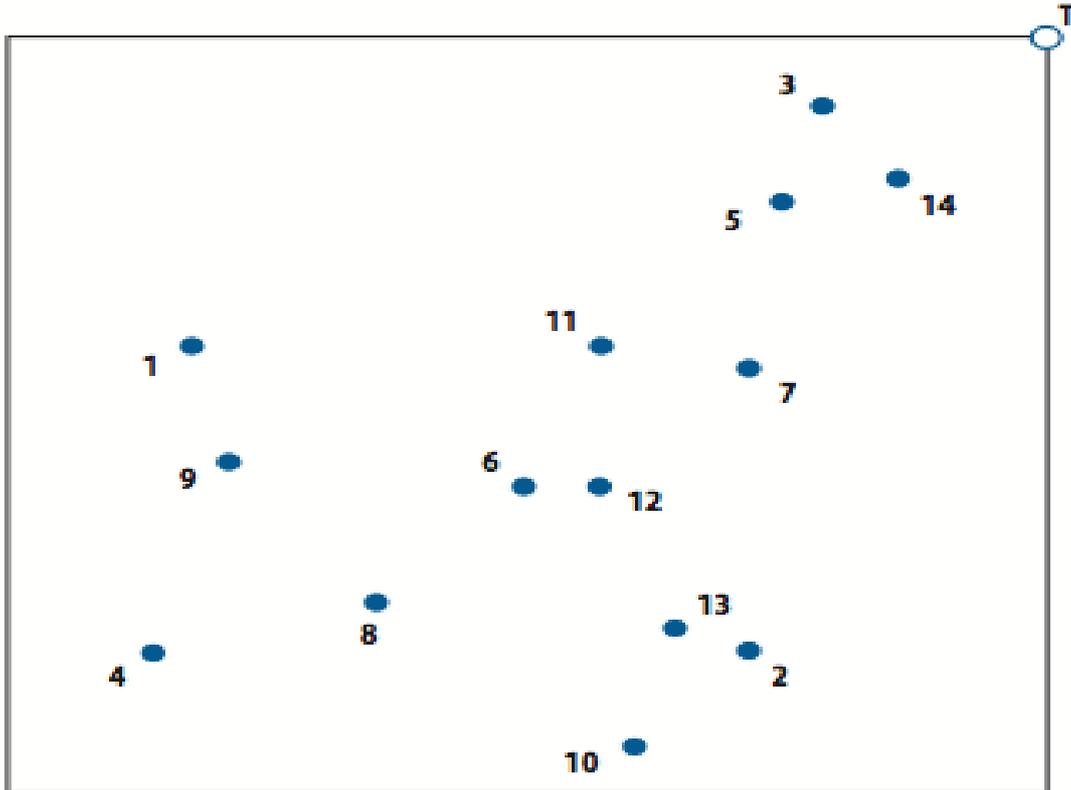


Schéma 3.3 – Des clients à visiter par la région attendue par le centre de distribution T.  
Source: YVES (2002)

Client	Coordonnées	Client
Terminus	28	32
1	5	19
2	20	6
3	22	29
4	4	6
5	21	25
6	14	13
7	20	18
8	10	8
9	6	14
10	17	2
11	16	19
12	16	13
13	18	7
14	24	26

Tableau 3.1 – Les clients avec ses coordonnées.

Source: YVES (2002)

Dans l'exemple des données du tableau 3.1, le camion partirait du terminus T, puis se rendrait successivement aux points 3, 14, 5, 7, 11, 12 et 6. Le choix entre 8 et 13 comme prochain client à visiter n'est pas évident visuellement et il faut calculer les distances pour départager les deux candidats. Il s'avère que c'est le 8 qui est le plus près et qui, par conséquent, sera la prochaine étape de notre itinéraire. Celui-ci se poursuit avec les clients 4, 9 et 1. Là, le camion est coincé et il lui faudra aller loin pour trouver le plus près des clients qui n'ont pas encore été visités. Ce sera le client 13. L'itinéraire se termine avec les points 2, 10 et le terminus T auquel il faut nécessairement revenir.

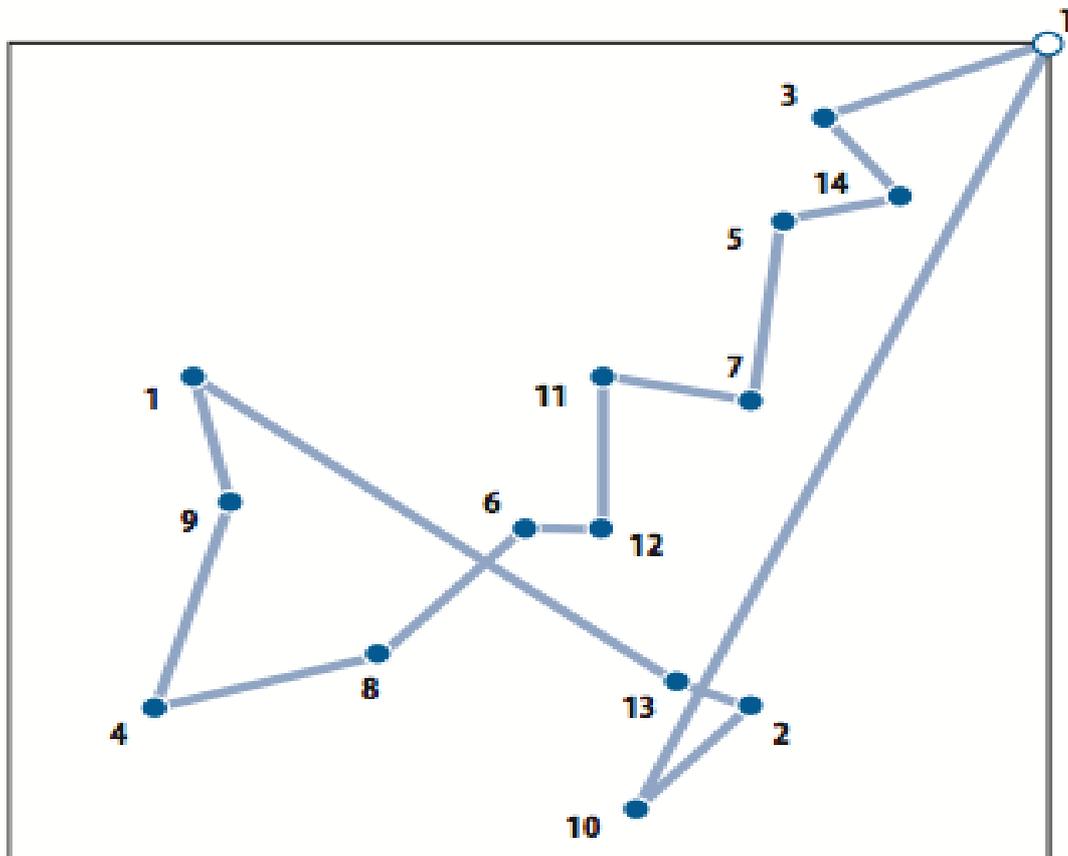


Schéma 3.4 – 1<sup>ème</sup> option d'itinéraire trouvée à partir du critère du client voisin immédiat.

Source: YVES (2002)

Ainsi, nous voyons sur le schéma 3.4 l'itinéraire qui résulte du critère du voisin immédiat utilisé ici :

T – 3 – 14 – 5 – 7 – 11 – 12 – 6 – 8 – 4 – 9 – 1 – 13 – 2 – 10 – T.

La longueur totale de cet itinéraire est d'environ 117 unités.

L'auteur affirme qu'il serait facile d'améliorer cette solution : par exemple, il serait plus efficace, une fois que nous sommes chez le client 13, de visiter le client 10 avant le client 2, puis de retourner au terminus. Mais un tel changement requiert une intervention humaine et, comme nous l'avons mentionné précédemment, nous préférons confier la construction d'itinéraires à un outil computationnel, puisque l'approche intuitive donne des itinéraires inefficaces. La solution consiste alors à utiliser un modèle linéaire approprié, que nous trouvons chez le software LINDO. Pour l'exemple numérique du tableau 3.1, un itinéraire optimal, obtenu de LINDO, est le suivant :

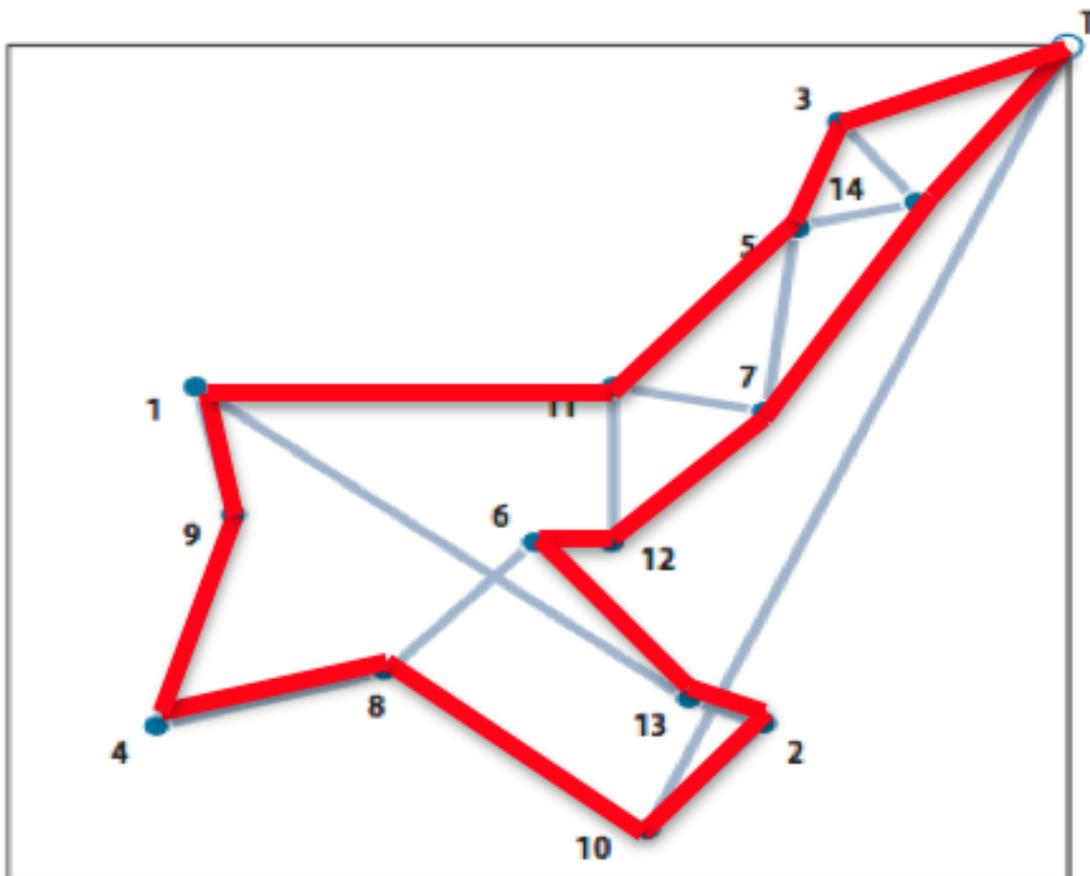


Schéma 3.5 – 2<sup>ème</sup> option d'itinéraire trouvée à partir du LINDO.  
Source: YVES (2002)

T – 14 – 7 – 12 – 6 – 13 – 2 – 10 – 8 – 4 – 9 – 1 – 11 – 5 – 3 – T.

La longueur totale est d'environ 98 unités.

Ainsi, le critère du voisin immédiat donne ici un itinéraire (schéma 3.4), dont la longueur totale représente 120 % de la longueur optimale (schéma 3.5). Comme nous l'avons remarqué, il est souvent possible d'améliorer manuellement l'itinéraire fourni par le critère du voisin immédiat, mais il est beaucoup plus facile – et efficace – de recourir à des logiciels et des programmes spécialisés.

Autrement dit, il nous semble chaque fois plus claire qu'il faut adopter des logiciels et des outils informatiques spécialisés dans les activités, soit de la logistique traditionnelle soit de la logistique inversée des déchets.

### **3.3. Logistique Inversée x Recherche Opérationnelle**

Historiquement, la logistique d'entreprise s'est construite sur une application rigoureuse de techniques mathématiques, au premier rang desquelles la programmation linéaire et l'optimisation de critères sous contrainte de ressources rares. Cependant, au fil du temps, de nombreux chercheurs ont éprouvé une insatisfaction grandissante d'y voir évacué le jeu des acteurs dans la définition et le fonctionnement de chaînes logistiques plus ou moins performantes. Par exemple, comment expliquer que des décisions logistiques soient souvent prises localement par un acteur selon ses propres objectifs d'efficacité, obligeant les autres acteurs à s'adapter dans des conditions parfois peu satisfaisantes ? Seul un recours à des concepts béhavioristes comme la dépendance et le pouvoir, directement issus de la métaphore politique, peuvent apporter ici un début de réponse, et il faut admettre que cette voie a été négligée jusqu'à présent, à des rares exceptions près (FULCONIS et PACHE, 2011).

En effet, la logistique, soit traditionnelle soit inversée, a besoin de la recherche opérationnelle. Nous pouvons même dire qu'elles sont nées presque ensemble et en complémentarité. Les deux sont souvent reconnues comme ayant leurs racines dans les questions militaires pendant la Seconde Guerre Mondiale.

Un des points les plus importants pour les deux disciplines a été le développement méthodologique de la post-guerre apporté par George Dantzig en 1947 avec la résolution des problèmes d'optimisation. Un autre aspect important importante sera

l'apparition des ordinateurs pendant la décennie de 1950 qui a entraîné la possibilité de résoudre beaucoup des problèmes, de plus en plus complexes, avec une grande aisance.

Un peu plus tard, la logistique inversée commence à être reconnue. Beaucoup d'organisations qui n'avaient pas d'intérêts pour un flux reverse commencent à y faire attention. Ces entreprises spécialisées en logistique inversée expérimentent une évolution sur la demande des services et, les compagnies ont commencé à reconnaître la valeur stratégique d'un système de gestion de logistique inversée (ROGERS et TIBBEN-LEMBKE, 1998).

Selon Anastacio (2003), cette logistique inversée se trouve entre deux extrêmes : d'un côté, avec la définition de Stock (1992) qui est plus concentrée sur les questions de l'environnement, de gestion et traitement des déchets, de l'autre côté, avec la définition de Rogers et Tibben-Lembke (1998) qui conçoit la logistique plutôt comme un flux de produits pour une chaîne de production. Et, entre ces deux extrêmes, Fleischmann (2001) aborde les questions environnementales ainsi que les questions organisationnelles, gestionnaires et des entreprises.

Sans négliger ces définitions, nous avons porté notre attention sur les problèmes des déchets lesquels, à cause de la croissance de la population urbaine, arrivent à des volumes très importants. La pollution, la disposition inadéquate et irrégulière, le gaspillage des ressources sont quelques problèmes engendrés par les déchets. Alors, la construction d'un réseau inversé permettant la réutilisation ou le recyclage des déchets contribuera à résoudre tous les problèmes qui peuvent en apparaître, en réduisant les dispositions environnementales inadéquates.

Dans ce contexte, nous avons pris la décision de traiter de la logistique inversée d'une façon environnementale et également organisationnelle. Nous voudrions aborder la logistique inversée d'un point de vue post-consommation avec la possibilité de réutilisation des produits. Nous avons donc besoin de considérer le côté environnemental en ce qui concerne le traitement et la destination des produits en fin de vie, mais aussi trouver une issue qui soit différente du stockage final dans les CET ou les incinérateurs. Autrement dit, les recycler et les réintroduire dans la chaîne de production d'une façon organisée et optimisée.

Comme Rogers et Tibben-Lembke (1998) l'ont souligné, le grand problème commun à toutes les activités de la logistique inversée est de savoir comment l'organisation doit transporter les produits d'un lieu où ils ne sont pas désirés, d'une façon efficiente et efficace, vers un endroit où ils peuvent être repris, réutilisés et/ou récupérés.

Pour atteindre ce but, il faut bien connaître les étapes et le système de la logistique inversée. Selon Rogers et Tibben-Lembke (1999), il peut avoir une plus grande ou une plus petite efficacité grâce à des facteurs critiques qui conditionnent le système :

- Le contrôle d'entrée (*Gatekeeping*);
- La compréhension et la formalisation du processus ;
- Le temps de cycle des produits ;
- Les systèmes d'information ;
- L'infrastructure logistique ;
- Les relations entre les clients et fournisseurs.

Selon Anastacio (2003), les éléments principaux qui font partie d'un réseau de logistique inversée sont :

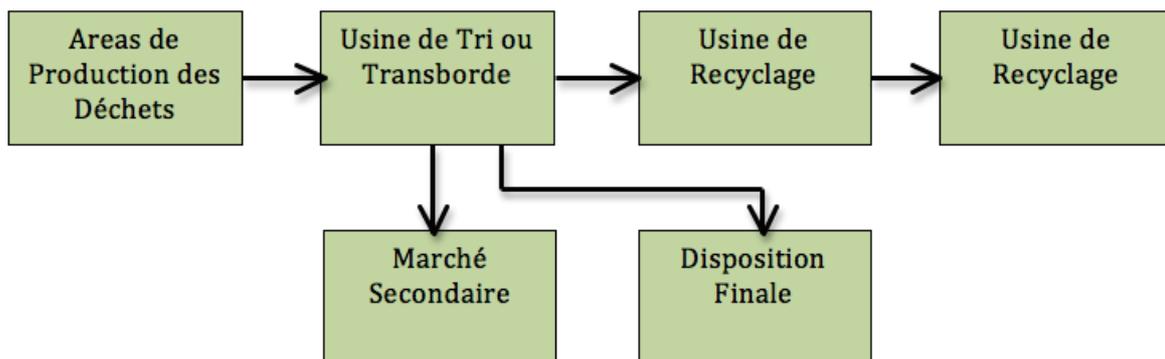


Schéma 3.6 – Eléments d'un réseau de logistique inversée.  
Source: Adaptée de Anastacio (2003)

Ou, comme Fleischmann (2001) le soutient, le réseau de distribution reverse est structuré de la façon suivante :

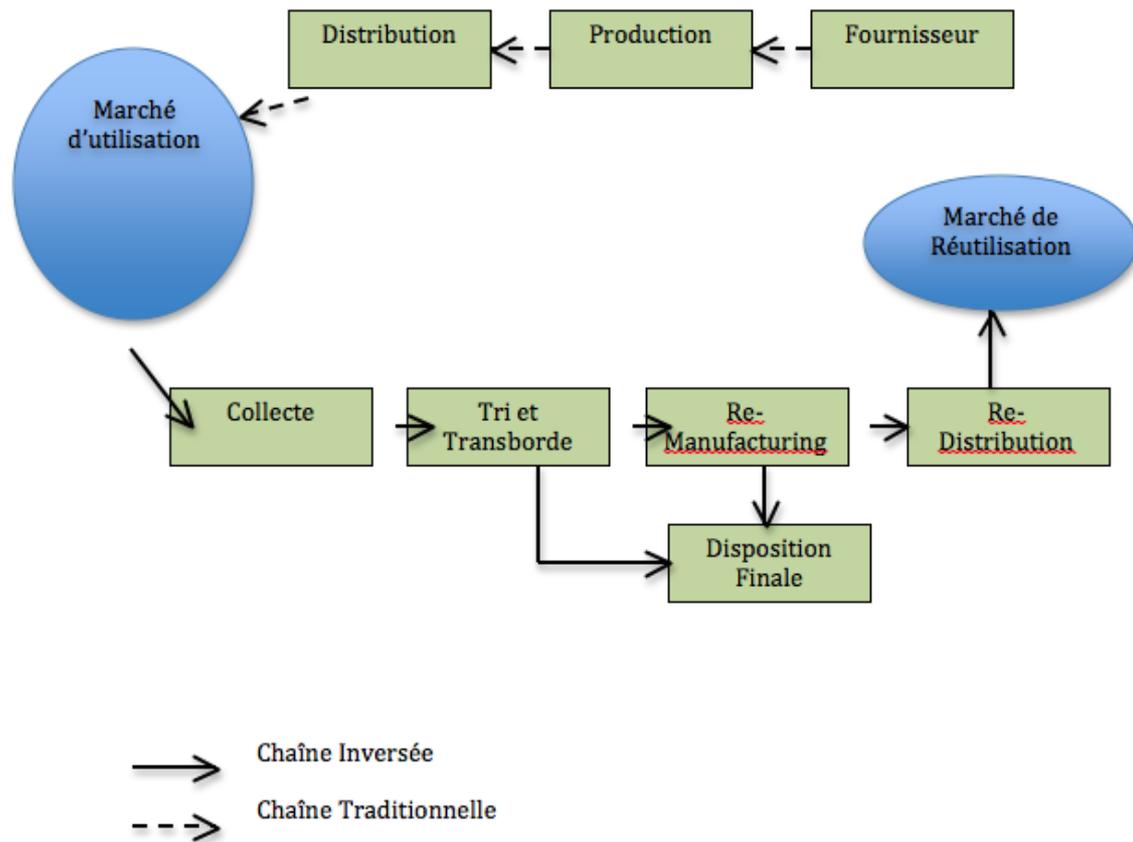


Schéma 3.7 – La Chaîne Traditionnelle et la Chaîne Inversée.  
Source: Adaptée de Fleischmann (2001)

Comme nous l'avons déjà évoqué au début de ce chapitre, pour optimiser il faut connaître les variables et le problème. Ainsi, connaître les activités et le réseau de la logistique inversée est très important pour commencer à structurer le problème et connaître ses variables et ses restrictions. Comme Gonçalves et Marins (2006) assurent, une étape importante pour l'implantation de la logistique inversée est la cartographie et la compréhension des processus.

Le schéma 3.7 de Fleischmann (2001) représente mieux la chaîne inversée. Il montre les installations de transbordement, les installations de recyclage, les zones de consommation et de production et, enfin, les Centres d'Enfouissement Technique. En plus, il montre également les flux directs et les flux reverses du système.

Finalement, l'objectif est de réfléchir sur la façon d'appliquer des outils issus de la recherche opérationnelle dans la logistique inversée. Comme Fulconis et Paché (2011) l'ont souligné, les décisions majeures à prendre concernent toujours l'implantation de

méthodes d'optimisation sous contraintes pour faciliter l'acheminement des produits, d'un point d'origine à un point de destination. Cette logique d'optimisation ne représente de ce fait que l'une des facettes du management et des processus de prise de décision qui le sous-tend.

Selon Gonçalves et Marins (2006), un facteur relevant de la recherche en logistique inversée a été exactement les recherches et développement des modèles quantitatifs et des algorithmes de la recherche opérationnelle. Cependant, malheureusement, il n'existe pas beaucoup des systèmes capables d'opérer la quantité, la complexité et la flexibilité des variables présentes dans un réseau de logistique inversée.

Finalement, il est vrai que nous pouvons rencontrer dans la littérature l'application de la recherche opérationnelle à la logistique inversée en développant des modèles mathématiques qui améliorent des activités plus spécifiques (KUSUMASTUTI, PIPLANI et LIM, 2008). Cependant, pour mettre ces modèles mathématiques et d'optimisation, il faut l'adoption des modèles de gestion capables d'assurer la performance et les résultats issues de ces outils mathématiques. Ce modèle, lequel nous irons explorer, est le modèle de gestion de partenariat public-privé qui nous semble favoriser et poursuivre les résultats optimes pour les services de la logistique inversée des déchets.

## **CHAPITRE IV - LE MODELE DE PARTENARIAT PUBLIC-PRIVE DANS LES SERVICES PUBLICS**

#### 4.1. Le management public

La notion de management public est considérée par des auteurs, à l'instar d'Auby (1996), comme une idée assez récente. En revanche, les auteurs comme Mercier (2002), Santo et Verrier (2007) ainsi qu'Huron et Spindler (1998), affirment que c'est une erreur de la considérer comme un phénomène récent. Pour soutenir cette affirmation, Mercier (2002) a mentionné certains exemples comme ceux de la Chine antique qui possédait une véritable élite de fonctionnaires, ou de l'Égypte qui mettait en œuvre de grands travaux d'irrigation, ainsi que la longue durée de vie de l'Empire romain qui serait en partie attribuée au succès de sa bureaucratie de type professionnel.

En ce qui concerne le terme « management », une divergence persiste. Des auteurs comme Auby (1996) assurent qu'il s'agit d'un terme d'origine anglo-saxonne qui désigne sur un plan général la manière de conduire une structure dans l'espace de son marché et de son environnement. Il souligne encore qu'il n'existe pas d'une bonne transcription en français du terme « management », malgré la possibilité d'employer le terme « gestion » qui peut être utilisé dans le même sens. Toutefois, il faut remarquer que celui-ci est souvent compris en tant qu'ensemble des actes relatifs aux recettes et aux dépenses d'une entreprise. Au contraire d'Auby, Huron et Spindler (1998)<sup>56</sup> avancent la théorie selon laquelle il est incorrect de prononcer le mot « management » à l'anglo-saxonne, puisque son origine remonte au vieux français « *ménagement* » qui signifiait « *l'art de conduire, de diriger, de manier... les esprits, comme les affaires* ».

Selon Santo et Verrier (2007), les signes d'une introduction du management dans les organisations publiques se multiplient depuis une dizaine d'années, soutenus par un relatif consensus qui se résume par l'aphorisme suivant : « *Il faut gérer les services publics comme l'on gère une entreprise* ». Cette idée qui associe les thèmes de l'efficacité industrielle à ceux du service public, a émergé dès le début du siècle avec H. Fayol<sup>57</sup> à partir de l'expression « *Il faut industrialiser l'Etat* »<sup>58</sup>.

---

<sup>56</sup> Huron et Spindler (1998), en ce qui concerne la terminologie économique et financière, définissent le management comme l'ensemble des techniques d'organisation et de gestion de l'entreprise.

<sup>57</sup> Cité par Mercier (2002), Henri Fayol publie, en 1916, à l'âge vénérable de 75 ans, son classique *Administration industrielle et générale*, qui vise alors à formuler des règles de ce que nous pourrions appeler une « administration générique » s'appliquant à n'importe quelle organisation.

Fayol, selon Mercier (2002), met l'accent sur le fonctionnement et la gestion du management public<sup>59</sup> en se fondant sur son expérience importante en matière de gestion dans le secteur privé. Il résume la fonction administrative en cinq mots : prévoir, organiser, commander, coordonner et contrôler.

Santo et Verrier (2007) rajoutent que la fonction administrative consiste à modifier un environnement économique, social, culturel, industriel ou, éventuellement, de le préserver. L'administration publique<sup>60</sup> a comme ambition d'établir une exacte corrélation entre l'utilité de l'action publique et les moyens permettant leur mise en œuvre. Elle devient un agent de changement, un agent de développement économique et social (MERCIER, 2002).

Ce changement et ce développement du management public, selon Auby (1996), s'est accompagné de l'introduction dans les techniques de gestion publique, des techniques et méthodes développées au sein des entreprises privées. Cependant, ce n'est pas pour autant que le management public se confond désormais avec le management privé. Le contexte, les objectifs, les attentes ne sont pas comparables ainsi que les approches et les méthodes qui ne peuvent pas l'être. Le management public constitue plutôt une discipline autonome qui combine des exigences publiques qui se traduisent par des règles d'organisation et de fonctionnement particulières globalement liées à la notion de service public.

En fait, il faut remarquer que les entreprises privées se développent avec le secteur public, et non à son encontre ou à sa place. Le secteur public crée des infrastructures physiques (routes, ponts, aéroports) et non physiques (système d'éducation) qui contribuent au développement du secteur privé. Selon Mercier (2002), des ressemblances entre les deux secteurs sont à souligner. Nous pouvons les constater en adoptant une perspective historique que nous trouvons chez M. Weber<sup>61</sup>. Selon l'auteur,

---

<sup>58</sup> Cité par Santo et Verrier en 2007, H. Fayol, *L'incapacité de l'Etat : les PTT*, Paris, Ed. Centre d'études administratives, 1921.

<sup>59</sup> L'emploi du mot « public » dans l'expression « management public » constitue la traduction un peu inexacte du terme « *public* » en anglais. D'ailleurs, il s'oriente aujourd'hui beaucoup plus vers un terme collectif, c'est-à-dire, un management du collectif.

<sup>60</sup> Certains auteurs utilisent l'expression « administration publique », tandis que d'autres utilisent l'expression « management public ».

<sup>61</sup> Max Weber est considéré par plusieurs auteurs comme le plus grand auteur des sciences sociales. De même, il peut être considéré comme un fondateur de la science du management public.

le mandat de l'Etat s'avère beaucoup plus large que celui d'une entreprise privée et son objectif est de satisfaire l'intérêt public, tel qu'il est défini, entre autres, par la Constitution et par les lois.

De plus, le management public – et c'est sa chance – est issu d'une formidable diaspora scientifique : économistes, gestionnaires, juristes, politiques, historiens, sociologues, philosophes, praticiens ou universitaires réunis sur un territoire commun (Santo et Verrier, 2007), dans lequel la majorité des fonds qui arrivent pour maintenir cette structure publique implantée et ces fonctionnaires proviennent d'impôts, de taxes, de redevances, de droits, qui, ensemble, constituent les fonds généraux d'un gouvernement (Mercier, 2002).

Ce gouvernement est divisé d'une façon systématique par Chappoz (2008) entre le management des organisations publiques et le management des politiques publiques. Le premier concerne la gestion interne des organisations publiques, autrement dit, il consiste à optimiser les moyens financiers, humains, matériels dont elles disposent pour atteindre les missions qui leurs ont été fixées. Ces missions, à leur tour, concernent le management des politiques publiques qui se traduit par une capacité des administrations à agir sur leur environnement, à l'organiser et à contrôler les actions publiques dirigées vers les citoyens.

Ainsi, vu que notre thèse traite de la politique publique concernant les déchets urbains qui sont à la charge de la ville, selon les termes de la Constitution Fédérale du Brésil, nous aborderons plutôt les services publics locaux.

#### **4.1.1. Le pouvoir dans les services publics locaux**

Pour rester dans une sphère plus limitée du management public, nous traiterons brièvement de la ville pour proposer quelques définitions. D'une façon simple et directe, Godard (2006) considère la ville comme « *un emblème de pouvoirs et d'outils pour son exercice quotidien* ». Au contraire, Lacasse et Thoenig (1996) soutiennent une définition plus complète de la ville, en tant qu'institution collective où ses membres sont des citoyens, porteurs certes d'intérêts mais aussi titulaires de droits et

d'obligations reflétant des valeurs ou des principes collectifs et partagés. D'une façon aussi plus précise, ils ont défini la ville comme « *une collectivité dans la mesure où des institutions formelles, d'une part, organisent des procédures publiques de débats et de décisions ou de contrôle et, d'autre part, permettent aux citoyens – ou à leurs représentants – d'exercer leurs droits et leurs obligations* ».

En ce sens, pour que le management public soit qualifié de local, Huron et Spindler (1998) affirment qu'il doit se rapporter à une collectivité décentralisée, autrement dit, un pouvoir politique local. Un pouvoir qui est nécessaire pour que le management public soit capable de mettre en œuvre sa capacité d'organiser, de réglementer et aussi de surveiller. Ce pouvoir politique apparaît comme une force d'interposition dont la double action vient d'être évoquée – réglementer et surveiller – et qui a finalement pour résultat d'assurer une véritable régulation du système économique et social.

D'une façon très simple, Noireaux (2006), en faisant référence aux auteurs comme Dahl (1971)<sup>62</sup> et Filser (1989)<sup>63</sup> pour décrire une relation de pouvoir, considère généralement un sujet A et un sujet B, A disposant d'un avantage de pouvoir sur B. Elle souligne la définition suivante : « *A exerce un pouvoir sur B dans la mesure où il peut obtenir de B que celui-ci fasse des choses qu'il ne ferait pas autrement* ». Autrement dit, le pouvoir réside dans la capacité à dominer une volonté qui pourrait être désobéissante et pas dans une situation où B est toujours soumis à A.

Cité par Galavielle (2008), le pape Jean-Paul II, dans le chapitre V de l'encyclique 'Centesimus annus' (1991), nous a donné un sens plutôt sociologique du pouvoir. Il souligne qu' « *il est préférable que tout pouvoir soit équilibré par d'autres pouvoirs et par d'autres compétences qui le maintiennent dans de justes limites... [et que] l'Etat a par ailleurs le devoir de surveiller et de conduire l'application des droits humains dans le secteur économique ; dans ce domaine, toutefois, la première responsabilité ne revient pas à l'Etat mais aux individus et aux différents groupes ou associations qui composent la société* ».

---

<sup>62</sup> DAHL, R.A. (1971), « Qui gouverne ? », Armand Colin, traduction de 1961, Paris.

<sup>63</sup> FILSER, M. (1989), « Canaux de distribution » Coll. Gestion, Vuibert.

Ainsi, dans le contexte du management public, ce pouvoir peut être perçu principalement comme le pouvoir de légiférer, d'exécuter et de juger. Et ces trois sortes de pouvoir, issus de la décision publique, cherchent, par essence, à maximiser la richesse et le bien-être d'une Nation, Région, Etat et/ou collectivité, en tenant compte toujours la contrainte budgétaire. Autrement dit, il s'agit d'une optimisation sous contrainte en mariant le but (maximisation du bien-être, grandeur économique) avec la contrainte (limitation d'investissements pour les services publics) (SAINT-ETIENNE et PIRON, 2006).

Selon Marques Neto (2005), toute offre de service public apporte des avantages globaux pour la communauté, au-delà du bénéfice apporté directement à l'utilisateur. Par exemple, une société avec une faible offre de services publics de télécommunication présente des faibles niveaux de développement économique. Une société sans les services d'électricité adéquats présente une faible capacité de tirer le profit des nouvelles technologies.

En fait, il n'existe pas de développement économique sans services publics ou infrastructures de qualité. Le bon fonctionnement des services publics constitue une autre composante majeure de la qualité de la vie urbaine. Cependant, selon Bailly et al. (2000), pour le secteur public le défi est difficile : fournir des services de qualité, selon des critères précis, avec des ressources en baisse, autrement dit, « *Faire plus avec moins !* ».

En fait, les milieux libéraux souhaiteraient que les services publics se comportent comme des entreprises privées, mais leur mission est très souvent non rentable. Il faut remarquer que tous les services publics ne peuvent pas être considérés comme des entreprises lucratives. Il y a ceux qui, par leur nature, en devenant rentables leurs caractéristiques. C'est le cas de la sécurité publique et des services judiciaires (MARQUES NETO, 2005). C'est pourquoi l'auteur divise le service public en deux parties : fonction publique et activité économique, qui sont loin d'être antagonistes ou exclusives.

La Constitution Fédérale du Brésil suit cette division et souligne les deux notions de « service public » : le *Concept Organique* – qui concerne l'appareil administratif de

l'Etat (articles 37, 39, 40, 136, 198) – et le *Concept Objectif* – qui se réfère à un type d'activité technique de nature publique, une activité spécifique de l'Etat ou une tâche administrative (articles 21, 30, 37, 54, 61, 139, 145, 175, 202, 223 et 241).

Modesto (2005) soutient que la notion de « *service public* » est nécessairement plus restreinte pour être fonctionnelle. Dans ce contexte, l'auteur le définit comme « *l'activité de prestation administrative matérielle, directe ou immédiatement à la charge de l'Etat ou de ses délégués, mise effectivement à la disposition des usagers déterminés ou indéterminés, sous le régime de droit public, de manière obligatoire, égalitaire et continue, en vue de répondre aux besoins collectifs, sous la propriété/titularisation du Pouvoir Public* », ou encore, il s'agit « *des activités considérées comme essentielles ou prioritaires à la communauté, non titularisées par l'Etat, dont la régularité, l'accessibilité et la discipline dépassent nécessairement la dimension individuelle, ce qui oblige le Pouvoir Public à les contrôler, les surveiller et les encourager de manière plus particulièrement intense* ».

En fait, il y a eu près d'un siècle de débats pour tenter de définir à quoi pouvait correspondre la notion de service public. Selon Guyot et al. (2008), les juristes recourent actuellement à la définition du Professeur Chapus<sup>64</sup> qui considère qu'il s'agit d' « *une activité d'intérêt général qui est assurée ou assumée par une personne publique* ». Le terme « assurée » signifie que la personne publique prend en charge cette activité. En outre, le terme « assumée » indique que la personne publique a pris l'initiative de la création de l'activité et du contrôle de son déroulement, mais elle externalise sa gestion auprès d'une personne privée.

Toutefois, quand la gestion est externalisée, il la figure de l'entrepreneur apparaît et il a comme but, le profit. Ainsi, si le fonctionnement de l'entreprise est mauvais, le résultat pénalise l'entrepreneur privé. Au contraire, lorsque le service public est effectué, soit par le Pouvoir Public, soit par une personne privée, l'État assume toutes les pénalisations. Par conséquent, ces pertes sont supportées par les coffres publics et, donc, le dysfonctionnement de l'entreprise étatique pénalise la communauté elle-même.

---

<sup>64</sup> Professeur Chapus est professeur émérite à l'Université Paris 2 Panthéon-Assas. Il est spécialisé en droit public français.

Alors, ces personnes privées ne peuvent agir dans le domaine des services publics qu'en tant que *déléguées de l'Etat*, soumises aux clauses des contrats de *concession* et de *permission de service*, au respect des droits des usagers, à la politique tarifaire et à l'obligation de maintenir un service adéquat, sous la tutelle constante de l'Etat.

De ce fait, quelle que soit la forme, centralisée ou décentralisée, l'activité de l'Administration Publique peut être exercée directement, par ses propres organismes (centralisation administrative ou Administration directe), ou indirectement, par le transfert des responsabilités à d'autres personnes, physiques ou morales, publiques ou privées (décentralisation administrative ou Administration indirecte) (DI PIETRO, 2006). Autrement dit, la décentralisation administrative implique le transfert de la gestion d'un service public.

Comme l'affirme la Constitution Fédérale (1988), dans ses articles 21 et 175, les services publics doivent être fournis par les Pouvoirs Publics, directement ou indirectement, par le biais de la permission ou de la concession. La Constitution indique également la façon dont la décentralisation est admise, précisément en raison du fait que les instituts choisis (permission et concession) ne soustraient pas du Pouvoir Public la propriété du service et, en même temps, lui permettent un plus grand contrôle sur l'entité décentralisée, au-delà de la reprise immédiate du service public lorsque son exécution se révèle contraire à l'intérêt public.

Enfin, Di Pietro (2006) conclut qu'il serait préférable que les services publics commerciaux et industriels menés par l'Etat soient décentralisés par le biais des contrats de « concession » ou de « permission », où l'entreprise, sans les entraves du système juridique administratif, doit respecter, en ce qui concerne le service public, certaines règles qui sont imposées par le pouvoir sur la réglementation du service fourni.

#### **4.2. Les formes de délégation du service public : l'évolution de la « concession » vers le partenariat public-privé**

Dès la période romaine, des formes contractuelles de « concession » sont organisées par l'Empire (BERGERE *et al*, 2007). Selon Benzacon (1996), le sens premier du mot « concession » est « mettre à la place de » (du latin *concedere*) et l'une de ses caractéristiques principales est de partager le coût final d'un investissement lourd à la charge d'un usager du service public et de l'Administration Publique.

A l'époque de l'Etat libéral<sup>65</sup>, dont l'activité se limitait presque exclusivement à la défense extérieure et à la sécurité intérieure, services généralement intransmissibles, car ils impliquent une certaine autorité sur l'individu au profit de l'intérêt général, il n'y avait pas un grand besoin de décentraliser les activités administratives. Cependant, à mesure que l'Etat prenait d'autres charges dans les domaines sociaux et économiques, la nécessité de trouver des nouvelles façons de gérer la fonction publique s'est fait sentir (GROTTI, 2005).

La procédure initialement utilisée a été la délégation de l'exécution des services publics à des entreprises privées, par le biais de la «concession », dont l'avantage était la possibilité pour l'Etat de fournir le service public essentiel, sans la nécessité d'engager les ressources publiques ni de s'exposer aux risques de l'entreprise.

Toutefois, dans la mesure où le Pouvoir Public intervenait dans l'activité de l'entreprise concessionnaire en vue d'assurer la réalisation de l'intérêt général, un accroissement de son aide financière était nécessaire. Et ainsi, lorsque l'Etat a commencé à participer aux risques de l'entreprise, la « concession » a perdu, peu à peu son intérêt, et des nouvelles formes de décentralisation ont été recherchées (DI PIETRO, 2006).

« La concession » a une autre caractéristique : l'objet du contrat n'ayant pas pour vocation de réaliser les travaux publics, on peut confier la gestion du service public à un opérateur privé, dans le cas où il s'agit d'un service public « déléguable » qui, selon

---

<sup>65</sup> L'Etat Libéral a ses bases intellectuelles dans les thèses de John Lock (1632-1704). Il est connu par sa critique autour du pouvoir absolutiste du roi.

Sestier *et al.* (2008), est un service public que nous déléguons ou que nous pouvons déléguer.

Huron et Spindler (1998) enrichissent cette information en affirmant qu'il existe trois modes de gestion dans le management public local. Le premier est le recours au « tout public », où tous les montants sont issus de l'Etat. Le deuxième consiste dans la collaboration de l'Etat avec les collectivités locales, par laquelle, par exemple, villes et Etat qui peuvent travailler ensemble en vue d'aboutir à un même but ou de réaliser un même projet. Enfin, le troisième modèle de gestion dans le management public local se rapporte au triomphe de « l'économie mixte ».

La société d'économie mixte est la traduction institutionnelle d'une des caractéristiques essentielles de la plupart des économies modernes. Présenté comme une troisième voie entre la domination du marché et celle de la planification, le concept d'économie mixte évoque une idée de modération, de synthèse entre des systèmes extrêmes dont on ne prendrait que la meilleure part. Il remplace la confrontation par une logique de coopération et de travail en commun où chacun, les intérêts privés et la puissance publique, apporte le meilleur de ses compétences (DURAND, 1996).

Comme nous l'avons déjà évoqué, cette coopération public-privé dans les projets locaux de développement n'est pas un phénomène nouveau. Mais ce qui est nouveau, depuis la moitié des années 1970 aux Etats-Unis et depuis le début des années 1980 dans les pays industriels de l'Europe, c'est la variété des modes de coopération: ils prennent corps à partir des spécificités de chaque pays, et se développent selon des formes globales et transversales (HEINZ, 1994).

Selon Di Pietro (2006), cette coopération sert à réduire la taille de l'appareil étatique, dans la mesure où il délègue au secteur privé quelques activités qui, à l'heure actuelle, sont exécutées par l'Administration, avec pour conséquences, une extinction ou une diminution des organismes publics et une diminution de l'encadrement par les fonctionnaires publics. Elle sert également à stimuler l'initiative privée de façon à aider à la réalisation des activités d'intérêt public et aussi à être plus efficace.

En fait, Saint-Etienne et Piron (2006) affirment que, en donnant à construire un équipement à celui qui doit le faire fonctionner et le maintenir pendant une longue

période, nous l'obligeons à rechercher les meilleures fonctionnalités de l'équipement qui soient en même temps les plus faciles à maintenir. L'opérateur privé sera naturellement conduit à retenir les normes de construction conduisant aux économies d'énergie les plus fortes possibles et aux risques environnementaux les plus faibles possibles.

Les auteurs soulignent encore que ces contrats de coopération et partenariat ont été conçus comme « *un accélérateur de croissance de l'économie et de modernisation de l'Etat et des collectivités locales* ». Accélérateur de croissance, car le contrat de partenariat vise avant tout à démultiplier l'impact des fonds publics, à la fois en servant de catalyseur à des investissements privés dans le secteur public, et également en ciblant ce que les Britanniques appellent la « *Best Value for Money* ».

Enfin, c'est un outil de modernisation de l'Etat ainsi que des collectivités locales, car ces contrats sont porteurs d'une nouvelle conception de l'action publique, orientée sur le long terme, obligeant à un partage des risques et capables d'encourager la participation du secteur privé dans le financement des infrastructures publiques. Grâce à eux, l'Etat peut transférer le fardeau du financement aux personnes privées, surmontant ainsi les limites de l'endettement du secteur public (MONTEIRO, 2005).

#### **4.2.1. Le Partenariat Public-Privé**

Les contrats désignés comme des « Contrats de Concession » sont aussi bien ceux qui impliquent le transfert de l'exécution des services publics que ceux qui confèrent droit à l'utilisation exclusive de biens publics par des particuliers. La caractéristique commune de ces types de contrats est la longue durée, justifiée par la nécessité de permettre l'amortissement des investissements du concessionnaire (SUNDFELT, 2005).

Parmi ces contrats de concession, le mécanisme connu sous le nom de partenariat public-privé – PPP – est relativement ancien. Nous connaissons la complémentarité qui peut exister par le biais du financement privé d'un ouvrage public depuis le simple recours jusqu'aux « concessions du service public (SESTIER *et al.*, 2008). Ce sont des contrats de longue durée et, donc, ils sont davantage pratiqués par les Etats que par le gouvernement fédéral du Brésil.

Selon Le Gales (1996), le partenariat public-privé constitue l'une des tentatives d'organisation de formes d'action collective qui pourrait compléter ou remplacer l'action de l'Etat. Cette forme d'action s'inscrit souvent dans une perspective néolibérale de réduction du rôle de l'Etat et de contrôle de l'action publique par les acteurs privés ou en introduisant les mécanismes du marché.

Comme nous l'avons déjà évoqué, ce recours à la sphère privée est apparu dès l'Antiquité pour la construction des cités et des voies gallo-romaines. Mais c'est au Moyen-âge, et surtout à partir du XVII<sup>e</sup> siècle, sous l'impulsion de Colbert<sup>66</sup>, et au XIX<sup>ème</sup> siècle<sup>67</sup>, avec la naissance d'une administration organisée et le développement de l'interventionnisme de l'Etat, que le partenariat public-privé a pris sa pleine dimension (UBALDEBORDE, 1996).

Parallèlement, Bo (2008) ratifie qu'au-delà de la « nouveauté de l'expression », le phénomène de PPP a une histoire très ancienne. Il fait remarquer que dès l'époque antique, des travaux publics, comme la construction de ports et d'infrastructures collectives, étaient réalisés sous la forme de concessions par des opérateurs privés. Ce mode de réalisation d'infrastructures à caractère public a disparu avec la chute de l'Empire romain au V<sup>ème</sup> siècle et n'est réapparu qu'au Moyen Âge avec la construction de fortifications dans le sud-ouest de la France.

En vrai, des auteurs comme Iossa et al. (2008) soutiennent que la France est le berceau d'une longue tradition de contrats avec le secteur privé pour la fourniture de services publics, voire la construction d'infrastructures nécessaires à leur production. Un exemple c'est le Canal du Midi<sup>68</sup> car en 1666, le royaume de France en avait appelé au secteur privé pour le financer et le construire.

Ainsi, selon Ubaldeborde (1996), l'histoire des PPPs n'a pas été linéaire. Elle s'est faite par des mouvements de flux et de reflux, par étapes successives au gré du contexte historique, des choix politiques et idéologiques, des difficultés et des contraintes économiques et financières, de la pression des circonstances, de l'évolution de l'offre et

---

<sup>66</sup> Jean-Baptiste Colbert (1619-1683) a été est l'un des principaux ministres de Louis XIV, contrôleur général des finances de 1665 à 1683 et secrétaire d'État de la Maison du Roi.

<sup>67</sup> L'apparition des grands réseaux électriques et des chemins de fer, des canaux, des ponts, etc.

<sup>68</sup> Le canal du Midi ou canal des Deux-Mers est un canal français qui relie la Garonne à la mer Méditerranée.

de la demande de services et d'équipements publics, de la capacité à y répondre de la part de la sphère publique en termes techniques.

Par exemple, au début du XX<sup>e</sup> siècle, nous avons assisté à un mouvement de reflux du partenariat public-privé lié notamment à une certaine hostilité des communes vers le secteur privé qui s'est traduite par le développement du socialisme municipal et la légalisation de certaines activités de nature économique des communes. Postérieurement, au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, l'urbanisation accélérée et la nécessité de la reconstruction rapide ont conduit à sa réapparition, cependant, encore timide, en raison du fort contenu idéologique qui opposait le « tout public » au « tout privé ».

Cependant, dans les années 1970, et surtout 1980, nous assistons à une relance plus forte du partenaire public-privé qui s'inscrit ainsi dans un mouvement qui, s'il ne semble pas obéir à une logique préconçue, est fortement ancré dans l'histoire. Selon Camara (2005), ce nouveau modèle de relation entre l'Etat et les particuliers est survenu en Grande-Bretagne. Il résulte du programme gouvernemental appelé « *Private Finance Initiative* » (PFI), qui a débuté en 1992, à l'époque du gouvernement du Premier-ministre John Major<sup>69</sup>.

Aujourd'hui, nous observons notamment un élargissement du champ d'action des partenariats public-privés vers presque tous les domaines d'activité et de compétence du développement urbain. Toutefois, il est vrai que les partenariats public-privés sont encore beaucoup plus nombreux et plus variés dans des pays riches et développés comme les Etats-Unis (HEINZ, 1994).

Ascher (1994) confirme cet affirmation en soulignant que le partenariat public-privé semble être plus développé dans les zones en croissance. Même si nous trouvons des exemples de partenariat public-privé dans d'autres pays, nous les trouvons très rarement dans des zones en crise. En fait, dans les pays en crise, les investisseurs privés sont beaucoup plus prudents et sceptiques par rapport à des nouveaux investissements.

---

<sup>69</sup> Premier Ministre du Royaume Uni de 1990 à 1997.

En fait, ce partenariat permet de faire appel à l'expertise et à la capacité de montage et de financement du secteur privé pour rénover des équipements existants, faire naître des équipements nouveaux ou fournir des services de qualité afin d'améliorer la compétitivité économique des territoires et le bien-être des populations (SAINT-ETIENNE et PIRON, 2006).

Bergère *et al.* (2007) confirment cette affirmation en soulignant que l'intérêt de ces types de contrats est multiple pour la collectivité. Les auteurs affirment que la mise en œuvre de ces formes contractuelles de « partenariat » :

- Oblige la personne publique à effectuer une réflexion en amont sur le service à créer, un diagnostic de son patrimoine et à prévoir les sommes obligatoires affectées tant en entretien et maintenance qu'en renouvellement;
- Permet une optimisation du coût global comprenant l'investissement et le fonctionnement d'un service public, en raison de la prise en compte de tous ces éléments dans ce type de contrat;
- Evite de constituer des équipes en régie qui constituent des postes fixes et pluriannuels, voire perpétuels de dépenses, sans remise en compétition;
- Permet une accélération considérable de la réalisation des travaux.

Enfin, Iossa *et al.* (2008) assurent que, même si les PPP sont des formes contractuelles traditionnellement utilisées dans les secteurs des transports, de l'énergie et des services environnementaux, leur champ d'application s'est récemment étendu à des domaines tels que les technologies de l'information, la gestion des prisons, la gestion des déchets et des centres des hôpitaux.

#### **4.2.2. La définition et les objectifs du Partenariat Public-Privé**

Selon Lichère (2009) l'expression « *public private partnerships* » apparaît dans les années 70-80 aux Etats-Unis avant d'être reprise en Angleterre dans les années 90 dans un sens largement différent. Elle vise les hypothèses dans lesquelles les partenaires

privés sont associés aux projets de l'Administration Publique et à leur exécution (d'où l'expression de *partnership*, du latin *partitio*, qui signifie « partage »).

Les partenariats public-privé constituent un modèle de gestion qui se développe dans beaucoup des pays afin d'augmenter la participation privée dans la prestation de services publics. À cet égard, Lignières (2000) définit les PPP d'une façon très simple : « *toutes les formes de collaboration entre, d'une part, les pouvoirs publics et, d'autre part, les entreprises privées* ».

Huron et Spindler (1998), en citant Patrice Noisette, définissent le partenariat public-privé comme « *l'association de décisions et de moyens publics et privés au sein d'un même système d'action dont l'objectif est de satisfaire simultanément l'attente du consommateur et du citoyen* ». Cette définition insiste sur la reconnaissance mutuelle et la solidarité des objectifs, sur le partage proportionné des risques et des rémunérations et sur l'adaptation permanente de l'articulation entre les secteurs public et privé à leur environnement.

D'ailleurs, le partenariat public-privé se distingue des relations publiques-privées en général par le « *principe d'association et de partage* » quant à la définition des objectifs, aux bénéfices et aux risques (Huron et Spindler, 1998). En comparaison avec le mode contractuel traditionnel, ce contrat implique, pour les PPP, un transfert d'une partie significative des risques<sup>70</sup> financiers et opérationnels.

En droit français, Lichère (2009) souligne que le PPP est avant tout « *une opération d'externalisation de la personne publique laissant à une personne privée la charge de diverses prestations à différents stades du projet, où, le partenaire privé prend en charge tout ou partie des prestations à différents stades du projet: conception, financement, entretien, maintenance, exploitation technique ou commerciale* ». Ainsi, sa durée est relativement longue avec une répartition des risques entre la personne publique et le partenaire privé. La rémunération du partenaire privé peut être faite soit

---

<sup>70</sup> Annexe A

par l'usager final (cas des DSP<sup>71</sup>), soit par la personne publique (cas des BEA<sup>72</sup> et AOT<sup>73</sup>) ou encore regrouper ces deux types de ressources.

En Europe, le Livre Vert de la Commission Européenne du 30 avril 2004 donne une définition très large du PPP. En effet, il cite des éléments qui caractérisent les opérations d'une PPP:

- La durée relativement longue de la relation, impliquant une coopération entre le partenaire public et le partenaire privé;
- Le mode de financement du projet, assuré en partie par le secteur privé bien des financements publics peuvent néanmoins venir s'ajouter aux financements privés;
- Le partenaire public se concentre essentiellement sur la définition des objectifs à atteindre en termes d'intérêt public, de qualité des services offerts, de politique des prix, et assure le contrôle du respect de ces objectifs;
- La répartition des risques entre le partenaire public et le partenaire privé. Les PPPs n'impliquent pas nécessairement que le partenaire privé assume tous les risques.

Au Brésil, la Loi n° 11.079/2004 a apporté une définition des PPP qui sont soumis à ses règles. Et elle l'a fait (article 2) en marquant son caractère contractuel et en attachant la nature du contrat de PPP au régime général des concessions. En ce sens, la loi a défini deux types de concessions :

- Concessions Atypiques
  - Parrainée ;
  - Administrative.
- Concession Commune – celle-ci est considérée comme la concession dans laquelle le prestataire de service est rémunéré entièrement par le tarif payé

---

<sup>71</sup> Délégation de Service Public.

<sup>72</sup> Bail Emphytéotique Administratif.

<sup>73</sup> Autorisation d'Occupation Temporaire.

directement par leurs usagers. Cette mode de concession continue à être régie par une législation spécifique – Loi n° 8.987/1995.

Caldas (2011) confirme cette division quand il affirme, dans son article, qu'un PPP « *est un contrat entre l'administration public et une personne privée, dont l'objectif est : la délégation de service public avec une rémunération partiellement ou entièrement financée par les fonds publics (Concession Parrainée) ou, la réalisation d'un travail nécessaire à la prestation d'un service, dont le paiement se prolonge pendant la période de la garantie (Concession Administrative) ».*

La Loi n° 11.079/2005 appelle le partenariat public-privé « *le contrat spécial de concession qui établit une valeur pécuniaire payée par le partenaire public au partenaire privé, sous deux types: concession parrainée et concession administrative. Il s'agit d'un contrat à long terme et à caractère extraordinaire, applicable uniquement à des ajustements de grande valeur, dont le montant est égal ou supérieur à 20 millions de reais, avec une durée d'au moins 5 ans (mais non supérieure à 35 ans) et implique un partage des risques entre le partenariat public et le partenariat privé, notamment la couverture des risques contre les événements fortuits, la force majeure, le fait du prince et les aléas économiques extraordinaires ».*

Modesto (2005), à son tour, avance une définition du PPP en tant que « *contrat administratif à long terme, conclu dans un régime de partage de risques, dont la rémunération prend place après l'offre effective de travail ou de service de la part du partenaire privé, qui, lui, est responsable pour l'investissement, la construction, l'opération et la maintenance de l'ouvrage ou du service, en contrepartie des garanties de rentabilité et exploitation économique assurées par le Pouvoir public ».*

Dans le même esprit, Marques Neto (2005) définit le PPP comme « *un ajustement signé entre l'Administration Publique et l'initiative privée, dans le but de mettre en œuvre et d'offrir une entreprise destinée à l'utilisation directe ou indirecte de la communauté, en laissant à la charge de l'initiative privée sa conception, sa structuration, son financement, son exécution, sa conservation et son opération tout au long de la période prévue pour elle, et au Pouvoir Public la charge d'assurer les conditions d'exploitation et de rémunération pour le partenariat privé, dans les termes*

*accordés, tout en respectant les parties du risque assumées par l'un et l'autre des partenaires ».*

Plus récemment, Di Pietro (2006) définit le partenariat public-privé comme « *un contrat administratif de concession qui vise à:*

- *L'exécution de service public, précédée ou non de travail public, rémunérée par le tarif payé de la part de l'utilisateur et par une contrepartie pécuniaire de la part du partenaire public ;*
- *La prestation de service dont l'Administration Publique est l'utilisateur direct ou indirect, avec ou sans l'exécution de travail, la fourniture et l'installation de biens, à travers une contrepartie du partenaire public ».*

De plus, parallèlement à la définition, il apparaît primordial de relever les véritables objectifs poursuivis dans le cadre d'une externalisation ou de la recherche d'un PPP pour le montage d'un projet ou le déploiement d'un équipement. Lichère (2009) en a présenté quelques-uns:

- Optimiser le financement et favoriser l'investissement public;
- Accélérer la réalisation d'un projet;
- Externaliser une série de prestations;
- Favoriser une relation de partenariat.

Selon Sundfelt (2005), vu que le concédant réalisera des investissements tout au début de l'exécution et sera rémunéré par la suite, deux objectifs sont à l'œuvre : empêcher que l'administrateur compromette, de manière irresponsable, les ressources publiques futures, ainsi qu'offrir des garanties qui convaincront le particulier à investir.

Cependant, tous ces objectifs ne seront pas conquis sans contrôle. Lichère (2009) affirme que, sans surveillance et sans contrôle, la personne publique ne peut pas externaliser valablement et gagner en efficacité financière et opérationnelle. Donc, il ne faut pas perdre de vue que le but affirmé est de faciliter l'achat, par les personnes publiques, au meilleur rapport qualité/prix, autrement dit, la notion britannique de « *Best Value for Money* ».

Enfin, Coutinho (2005) souligne que ces partenaires ont leurs vertus (efficacité des dépenses publiques, l'utilisation de l'*expertise* spécifique du secteur privé) et leurs faiblesses (manque de légitimité démocratique, difficultés d'organisation, problèmes de coordination, risques). Cependant, l'intérêt fondamental est la recherche de l'efficacité qui est considérée plus élevée dans le secteur privé.

### **4.2.3. Les expériences internationales de Partenariat Public-Privé**

Les partenariats public-privé sont utilisés et développés dans plusieurs pays. Nous avons choisi parmi eux, les cas le plus significatifs historiquement par rapport au développement de ce modèle de gestion.

#### **4.2.3.1. Les Etats-Unis**

Selon Carrol et Steane (2000), les Etats-Unis ont une longue histoire de partenariat entre les gouvernements (à des différents niveaux, mais surtout ceux au niveau local) et les organismes privés, lucratifs ou non. En fait, malgré leur rhétorique d'économie libérale classique, les Etats-Unis jouissent d'une longue histoire de chevauchement entre le secteur public et le secteur privé (BARKENOV et RICH, 1989).

Dans la décennie de 1980, pour la première fois, depuis la Seconde Guerre mondiale, le niveau de vie des américains cessa de s'améliorer. En conséquence, les régimes politiques conservateurs entament une réaction en restructurant le système fédéral pour engager des politiques qui allaient à l'encontre des programmes du gouvernement national, mais qui encourageaient fortement à la fois la privatisation et les partenariats public-privé conduits par le secteur privé au niveau infranational (FAINSTEIN, 1994).

Coutinho (2005) remarque qu'aux Etats-Unis il existe une particularité spécifique. Il y a une participation très marquée des organisations non gouvernementales ou sans but

lucratif au sein des partenariats public-privé dans la prestation de services sociaux, par exemple, l'éducation et la santé.

Selon Moulton et Anheier (2000), ces organisations sans but lucratif gèrent, actuellement la moitié des hôpitaux, écoles et universités du pays et, pour environ, 60% des agences des services sociaux. Ainsi, nous pouvons affirmer que la forme la plus expressive de PPP aux Etats-Unis n'implique pas directement l'industrie ou les prestataires corporatifs de services. Il s'agit plutôt d'un modèle de partenariat où les acteurs principaux sont le gouvernement fédéral, des Etats et locaux, d'une part, et le secteur « *non-profit*<sup>74</sup> », de l'autre.

Par exemple, en 1989, le secteur « *non-profit* » a été le destinataire de 50% des dépenses fédérales consacrées aux services sociaux. Ce pourcentage était proche de zéro en 1960 et, aujourd'hui la relation de dépendance du secteur « *non-profit* » par rapport au secteur public est tellement intense que le premier s'organise de plus en plus pour, à travers les *lobbies*, obtenir des ressources pour leurs activités en établissant une concurrence dans le secteur *non-profit* en vue d'obtenir des ressources publiques (COUTINHO, 2005).

Bref, tous ces instruments font partie du grand mouvement américain qui veut « réinventer le secteur public » (OSBORNE et GAEBLER, 1992) et qui, à l'heure actuelle, utilise les PPP dans plusieurs domaines comme de logement, de développement urbain, de transports (parkings des aéroports, exploitation du péage et le contrôle du trafic), de l'eau et de l'assainissement<sup>75</sup>, au-delà du complexe militaro-industriel qui offre un exemple d'un tel partenariat dans lequel des entreprises privées jouent un rôle essentiel à tous les stades de développement des systèmes d'armement.

---

<sup>74</sup> Les organismes « *non-profit* » sont soumis à un Etat qui agit plus comme un sponsor que comme un partenaire. Les PPP aux Etats-Unis ne pallient pas l'absence de l'Etat mais sont plutôt gestionnaires de service.

<sup>75</sup> Ils sont responsables de la transaction du volume le plus grand des ressources [www.ncppp.org](http://www.ncppp.org) - *National Council for Public-Private Partnerships* consulté le 16/01/2013.

#### 4.2.3.2. Le Royaume-Uni

En Grande-Bretagne, le contexte social, politique et économique de la politique urbaine dans son ensemble s'est considérablement transformé durant les années 1980. Les mutations économiques, la centralisation et la privatisation de la politique urbaine sont au cœur des principales orientations stratégiques de l'intervention dans les villes durant les années 1980.

Un premier aspect est l'expérience américaine en matière de partenariats. Les politiques urbaines ont toujours été influencées par l'innovation aux Etats-Unis. Beaucoup des développements clefs au Royaume-Uni doivent leur origine, au moins en partie, à l'initiative américaine, comme l'implication de groupes d'entreprises dans les affaires urbaines. (LAWLESS, 1994).

Jusqu'en mai 1989, la conception de partenariat du gouvernement britannique a été fondée sur les principes énoncés dans les *Ryrie-Rules*<sup>76</sup>, moment où John Major<sup>77</sup>, encore le secrétaire au Trésor de Margaret Thatcher<sup>78</sup>, a décidé de leur extinction, en avançant le fait qu'elles avaient perdu leur utilité. Dès ce moment, les impératifs d'efficacité et de « *good value for money* » ont été incorporés dans le discours britannique (COUTINHO, 2005).

Ensuite, en 1992, la Grande-Bretagne a engagé un vaste programme qualifié de « *Private Finance Initiative* » (PFI) qui consistait à créer un type de contrat afin de rénover les services publics britanniques. Ce programme, selon Camara (2005), cherchait à atteindre trois buts principaux:

- L'emploi efficace des techniques de gestion privée dans l'entreprise publique, impliquant la responsabilité *de facto* des particuliers sur le contrôle des projets à mettre en œuvre ;

---

<sup>76</sup> Un ensemble de règles et directives qui déterminait la responsabilité du pouvoir public dans certains projets comme les constructions des routes, des bâtiments et des hôpitaux.

<sup>77</sup> John Major succède Margaret Thatcher comme Premier ministre le 28 novembre 1990 et reste jusqu'au 2 mai 1997.

<sup>78</sup> Margaret Thatcher (1925-2013) a été le Premier ministre du Royaume-Uni du 4 mai 1979 au 28 novembre 1990.

- Transfert des risques économiques concernant les projets aux particuliers – le secteur privé devrait prendre en charge les risques des projets, sans aucune garantie contre les pertes ;
- Une plus grande efficacité dans l'utilisation des ressources économiques et financières nécessaires à la réalisation des projets (résumé dans l'expression « *good value for money* »).

Postérieurement, à la fin des années 90, le gouvernement britannique – cette fois, sous l'administration du travailleur Tony Blair<sup>79</sup> – a procédé aux changements du modèle PFI. Devant la nécessité d'équilibrer la participation privée avec la participation publique, afin que le particulier ne soit plus le seul responsable pour les projets, les Pouvoirs Publics prennent également en charge une partie des risques. La *Public-Private Partnership* – PPP – est donc née (COUTINHO, 2005).

Dans les années suivantes, les acteurs ont constaté l'élargissement de ce modèle de gestion. Les données de 2003 indiquent qu'il y avait plus de 600 projets<sup>80</sup> dans le cadre de la PPP, dont la somme de tous, en termes de capital en cause, était de plus de £50 milliards. Parmi ces projets, 275 étaient en phase opérationnelle en 2005 dans les secteurs des transports, éducation, santé, prisons, défense, loisirs, environnement, logement et travaux publics en général. De plus, du côté des dépenses publiques, les PPP ont représenté 11% des investissements du secteur public au cours de la période 1998-2004<sup>81</sup>.

Finalement, si aux Etats-Unis le PPP constituait plutôt une façon de « miser » sur l'initiative et les logiques privées pour assurer une partie importante du développement urbain, la politique britannique s'inspirait du modèle français de concession, où le PPP était souvent une sorte de sous-traitance: le public s'appuyait sur le privé pour faire réaliser des tâches et des opérations que ses moyens techniques et financiers ne lui permettait pas de réaliser directement (ASCHER, 1994).

---

<sup>79</sup> Tony Blair a été le Premier ministre du Royaume-Uni du 2 mai 1997 au 27 juin 2007.

<sup>80</sup> Le projet individuel britannique de PPP le plus grand a été la ligne de train du « Channel », Canal de la Manche. Il a coûté l'équivalent à plus de £ 4 milliards

<sup>81</sup> Une moyenne de 80 contrats par an.

#### 4.2.3.3. La France

Bien que la France possède une longue expérience des partenariats public-privé dans le cadre de services de l'eau potable et de ceux liés aux services à l'environnement: service de l'assainissement, de la collecte et du traitement des déchets, etc (SAINT-ETIENNE et PIRON, 2006), elle n'a mis en place sa législation PPP qu'en 2002-2004.

En vrai, au XVII<sup>ème</sup> siècle, deux contrats importants sont créés en France dans le domaine du pavement des rues de Paris et de l'enlèvement des ordures ménagères<sup>82</sup>. Henry IV, excédé de la malpropreté de la ville, entend transformer les vieilles obligations médiévales, jamais respectées, d'enlever ses ordures et de paver les rues, par un service public organisé et régulier confié à une personne privée capable d'en répondre pendant une vingtaine d'années contre un paiement effectué par le roi lui-même. Ces contrats sont exécutés avec succès et se poursuivent jusqu'en 1830 (BERGERE *et al.*, 2007).

La ville de Marseille, par exemple, a signé en 1890 un contrat de concession de cinquante ans confiant à un entrepreneur le soin de préfinancer, réaliser et entretenir les égouts de la ville pendant cette longue période. Aujourd'hui, ces contrats seraient qualifiés de partenariat.

Selon Ascher (1994), les facteurs qui ont favorisé le développement du partenariat public-privé en France sont multiples: certains sont anciens comme la faiblesse des moyens des collectivités locales et la lourdeur administrative de leurs interventions; d'autres sont plus récents comme la décentralisation qui a donné de nouveaux pouvoirs aux élus locaux.

Ainsi, l'Etat français a commencé un développement de partenariat dans plusieurs domaines. Par exemple, les infrastructures de transport où, depuis le début des années 1970, la plupart des autoroutes françaises interurbaines ont été concédées au secteur privé. Même si le tracé était étudié par les pouvoirs publics, une partie déterminante du financement, de la réalisation et de la gestion était confiée à des sociétés privées.

---

<sup>82</sup> Le Baux de Claude Voisin en 1604 et de Le Duchat en 1607.

Deux autres exemples de ce type de contrat : le tunnel sous la Manche et l'opération Euro-Disney<sup>83</sup>. Elles sont, sans conteste, les plus importantes opérations d'urbanisme partenarial en France.

En fait, le partenariat public-privé se distingue des relations public-privé en général par le principe d'association et de partage: par la définition des objectifs, par les « bénéfiques » et par les risques. Et donc, la simple commande publique d'une prestation à un acteur privé ne relève pas du partenariat public-privé (ASCHER, 1994).

En France, Douat (1996) souligne que les collectivités locales doivent gérer les services publics pour la satisfaction de l'intérêt général. Ces services publics locaux peuvent être gérés directement par les collectivités locales ou confiés unilatéralement à une personne privée. Entre ces deux solutions extrêmes, il existe une gradation de solutions de plus en plus publiques ou de plus en plus privées selon l'orientation choisie. Douat les divise de la façon suivante :

#### A) Le service public géré en régie

Il s'agit des services publics locaux gérés par la collectivité locale elle-même. Les opérateurs privés n'ont pas à intervenir. Ce choix permet aux collectivités locales de maîtriser le fonctionnement du service public.

#### B) Le service public personnalisé

Il s'agit des établissements publics spécialisés dans un domaine correspondant à la gestion d'un service. L'exemple le plus clair concerne les établissements publics d'enseignement: les écoles primaires sont rattachées aux communes, les collèges aux départements et les lycées à la région.

---

<sup>83</sup> En 1985, la Walt Disney Company cherchait un site en Europe pour y implanter un de ses gigantesques complexes touristiques. Elle a choisi la région d'île de France à 32 Km de Paris.

### C) Le service public géré par une personne privée

Cette modalité permet à la collectivité locale de se décharger de la gestion du service public sur un opérateur privé. L'exploitant privé perçoit une rémunération forfaitaire de la collectivité ou une rémunération comprenant le produit d'une redevance fixe et un pourcentage sur les résultats de l'exploitation. Dans ces deux cas, l'exploitation privée exploitera des équipements qui seront financés aux seuls risques de la collectivité locale.

### D) Le service public délégué

Les collectivités locales manquent souvent de moyens pour gérer les services publics. Elles ont alors recours à des opérateurs privés qui leur apportent leur « savoir-faire ». Le danger de cette technique étant la corruption, tout se passe bien si le service public est géré honnêtement. Il existe deux grands types de contrats de délégation de service public:

#### D.1) L'affermage

La collectivité locale passe un contrat avec un partenaire privé. Les ouvrages nécessaires à l'exploitation du service public ne sont ni construits ni financés par le fermier, mais par la collectivité publique. Le fermier se rémunère directement auprès des usagers. Le fermier doit verser à la collectivité publique une redevance ou surtaxe destinée à couvrir les dépenses engagées par la collectivité pour l'établissement ou l'extension des ouvrages affermés. La durée d'un contrat d'affermage est en général courte.

#### D.2) La concession

Une personne publique (le concédant) confie contractuellement à une personne privée (le concessionnaire) la réalisation d'investissements importants et la gestion du service sur une longue période. En échange, le concessionnaire peut se faire rémunérer par les usagers à travers la collecte de redevances.

Pour distinguer le contrat de concession du contrat d'affermage, le juge administratif a été conduit à utiliser le critère des investissements: si les investissements sont à la charge de la personne privé, il s'agit d'une concession. En revanche, si ces investissements sont supportés par la collectivité locale, il ne peut que s'agir d'un affermage. De plus, les contrats de concession sont en général de longue durée pour permettre d'amortir les investissements, alors que les contrats d'affermage sont en général d'une durée inférieure à trois ans.

#### 4.2.4. Les Partenariats Public-Privé au Brésil

L'Etat brésilien a suivi – bien que souvent avec un certain retard – le modèle des pays capitalistes avancés d'Europe continentale dans ses relations avec l'Economie. Dans les années 20 du dernier siècle, il a été initié un processus de décentralisation de l'Etat, avec la création des « *autarquias*<sup>84</sup> » et la concession au profit des personnes privées, ce qui s'est renforcé après la Révolution de 30<sup>85</sup>.

Bien après, dans les années 70 du dernier siècle, l'idée selon laquelle l'Etat, est responsable de l'intérêt général, et qu'il a la charge du fonctionnement de la machine publique et de tous les services s'y rapportant était en cours. De ce fait, l'investissement nécessaire pour le développement des services publics et sociaux était de la responsabilité de l'Etat.

Au début des années 80, Coutinho (2005) ajoute que, dans le cas brésilien, il est clair que les PPP ont acquis une importance particulière en raison de l'accroissement des stocks pour la réalisation des infrastructures dans lesquelles l'Etat investissait peu. A la fin de la période de la dictature militaire et, spécialement, avec la promulgation de la

---

<sup>84</sup> Autarquia, dans le management public, est une entité autonome, auxiliaire et décentralisée du management public. Cependant, elle est surveillée et tutorée par l'Etat, avec patrimoine propre et pour finalité d'exécuter les services d'intérêt général

<sup>85</sup> La Révolution de 30 a été une révolution exécutée par les Etats de Minas Gerais, Paraíba et Rio Grande do Sul avec le but de déposer le présidente de la république de l'époque, Washington Luis (Souza, 2012).

Constitution de 1988, le pays est entré dans une période de valorisation de la « licitation »<sup>86</sup> pour les contrats publics (SUNDFELT, 2005).

Grotti (2005) affirme que le terme de PPP est apparu au Brésil avec le programme de Réforme de l'Etat<sup>87</sup> développé à partir du début des années 90 et qui a pris son essor à l'époque du gouvernement du président Fernando Henrique Cardoso (1994-2002) – FHC –, avec la privatisation des grandes entreprises publiques, la flexibilisation de monopoles des services publics et le soutien au troisième secteur.

Dans le gouvernement de Fernando Henrique Cardoso, un groupe de travail a été créé relevant du Ministère de la Planification pour servir de centrale de renseignements concernant les PPP. Depuis lors, une série d'études a été élaborée jusqu'à l'adoption de la Loi fédérale n° 11.079 du 30/12/2004 qui établit les règles générales pour les appels d'offres et l'engagement du partenariat public-privé au sein de l'Administration Publique. En fait, un mélange de la Loi n° 8.987/1995 (Loi de Concession) et la Loi n° 8.666/1993 (Loi de Licitacion), avec quelques pincées de modernité (MONTEIRO, 2005).

La Loi sur les PPP a été adoptée pour créer des alternatives de financement privé pour la mise en œuvre et l'expansion des infrastructures publiques. L'intention était d'obtenir des financements sans engendrer le traditionnel endettement public. Ainsi, pour atteindre les objectifs politiques du programme PPP, les contrats ne peuvent pas se limiter exclusivement à l'exécution des travaux ou des services, ils devront nécessairement inclure l'investissement privé (SUNDFELT, 2005).

L'Etat a besoin de partenaires qui apportent un financement pour mettre en œuvre l'infrastructure. Il ne sera plus possible de l'interdire, comme l'avait fait la Loi des Licitations, ou de les mettre de côté, comme l'avait fait la Loi des Concessions. En réalité, quand on a dit que le Brésil avait besoin d'une législation de PPP afin d'adopter des pratiques réussies en Europe et au Chili, c'était une erreur. Le Brésil l'avait déjà. Ce

---

<sup>86</sup> « Licitacion est le processus administratif formel selon lequel l'administration publique fixe des contrats des services ou d'acquisition des matériaux selon la loi 8.666/93

<sup>87</sup> L'expression « Réforme de l'Etat » désigne la tendance, aujourd'hui presque universelle, de réformer l'appareil de l'Etat, en particulier l'appareil administratif, représenté par l'Administration Publique au sens large, englobant tous les organes, des trois pouvoirs, qui exercent la fonction administrative ainsi que les organismes de l'Administration indirecte (DI PIETRO, 2006).

qui a été proposé n'était pas de créer un concept de PPP, la question était beaucoup plus simple : compléter la législation existante pour rendre viables les *contrats spécifiques* (SUNDFELT, 2005).

Ainsi, la Loi Fédérale n° 11.079 des PPP a eu alors comme but restreint d'établir les règles manquantes. Comme la garantie de paiement additionnel de tarif dans les contrats régissant l'offre du concédant au concessionnaire de service ou des travaux publics. Elle limite l'utilisation du terme partenariat public-privé à deux types de contrats spécifiques des partenariats. Dans l'article 2, « partenariat public-privé est le contrat administratif de concession, sous la forme parrainée ou administrative » :

- Article 2, I – La Concession parrainée est « la concession des services publics ou travaux publics (traitée par la Loi n° 8.987), quand elle implique, en complément du tarif facturé aux usagers, une valeur pécuniaire payée par le partenariat public au partenariat privé » ;
- Article 2, II – La Concession administrative est « le contrat de prestation de services dont l'administration publique est l'utilisateur direct ou indirect, même lorsque cela implique l'exécution des travaux ou la fourniture et l'installation des biens ».

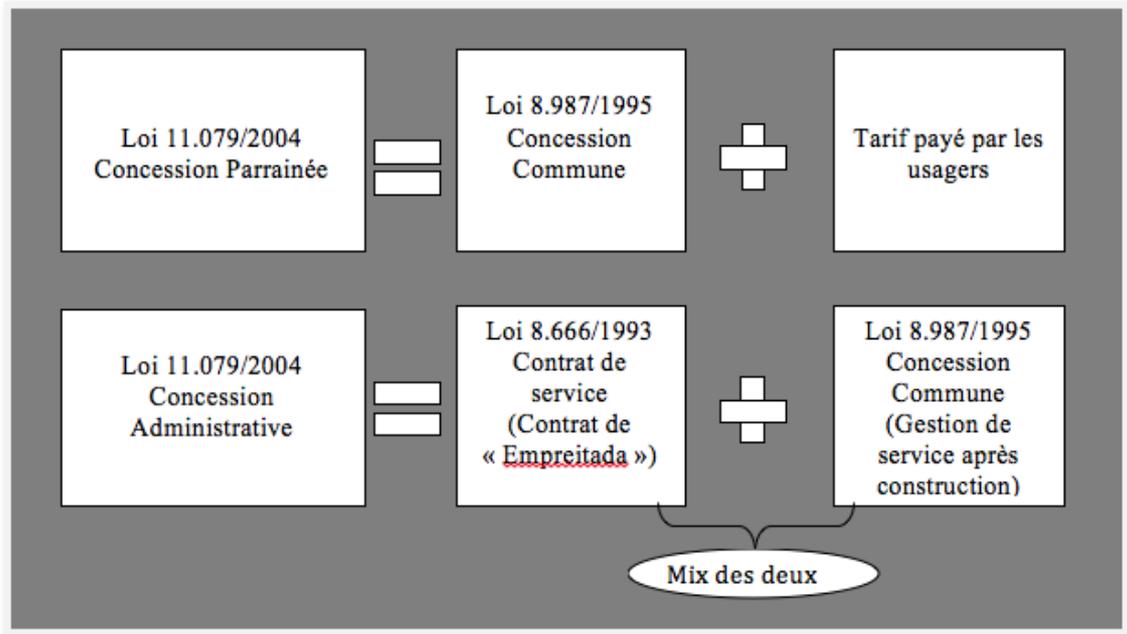


Schéma 4.1 : Les mélanges des lois qui donnent naissance à la loi sur le PPP  
Source : Elaboration Personnelle

Di Pietro (2006) observe que la concession administrative ne constitue pas une expression adéquate, car, en premier lieu, toutes les concessions conclues par l'Administration Publique sont administratives ; en deuxième lieu, la concession administrative se rapproche, dans certains aspects, des « contrats de *empreitada*<sup>88</sup> », restant au milieu du chemin entre la concession de service public et la « *terceirização*<sup>89</sup> ». En plus, la concession administrative constitue un PPP sans la participation des usagers dans la rémunération payée au partenaire privé.

Enfin, au-delà du champ fédéral, quelques Etats aux Brésil ont ajusté leurs lois au sujet des PPP (MONTEIRO, 2005). La première loi au Brésil concernant les PPP a été celle de l'Etat du Minas Gerais (Loi n°. 14.868 de 16/12/2003), qui a été suivie par celle de l'Etat de Santa Catarina (Loi n° 12.930 de 04/02/2004), ensuite par les lois de l'Etat de São Paulo (Loi n° 11.688 de 19/05/2004), de l'Etat de Goiás (Loi n° 14.910 de 11/08/2004), de l'Etat de Bahia (Loi n° 9.290 de 27/12/2004) et de l'Etat du Ceará (Loi n° 13.557 de 30/12/2004).

<sup>88</sup> En France, la traduction est Externalisation.

<sup>89</sup> En France, la traduction est Externalisation.

Le retard dans l'approbation de la loi fédérale peut être expliqué car ce projet se heurtait à une forte résistance dans le Congrès National tout au long de sa votation. Elle n'apparaît que le 30.12.2004 comme la Loi n° 11.079, appelée « Loi des PPP ».

<b>Etat</b>	<b>Loi</b>	<b>Date</b>
<b>Minas Gerais</b>	14.868	16/12/2003
<b>Santa Catarina</b>	12.930	04/02/2004
<b>São Paulo</b>	11.688	19/05/2004
<b>Goiás</b>	14.910	11/08/2004
<b>Bahia</b>	9.290	27/12/2004
<b>Ceará</b>	13.557	30/12/2004
<b>Brésil - Loi Fédérale</b>	<b>11.079</b>	<b>30/12/2004</b>
<b>Rio Grande do Sul</b>	12.234	13/01/2005

Tableau 4.1 : Les lois régionales de PPP et leurs dates de promulgation  
Source : Elaboration Personnelle

#### **4.2.5. Les Contrats de Concessions et leurs Rémunérations au Brésil**

Les concessions de services publics, dont l'article 175 de la Constitution traite, constituent un genre qui se caractérise par son objet: l'attribution au concessionnaire de la charge de l'exécution des services publics. Aujourd'hui, en ce qui concerne le régime de rémunération, il y a trois espèces possibles : la concession commune, la concession parrainée et la concession administrative.

##### **A) La Concession Commune**

Conformément à l'article 2 de la Loi 11.079/2004<sup>90</sup> sur les PPP, la concession commune est celle où le concédant ne paie pas la contre-prestation pécuniaire au concessionnaire. La rémunération du concessionnaire pourra inclure à la fois la perception des tarifs et d'autres recettes alternatives, à condition que celles-ci n'impliquent pas des paiements de nature pécuniaire du concédant. C'est pour cela que les concessions communes ne sont pas comprises parmi les contrats de PPP.

#### B) La Concession Parrainée

La concession parrainée est – avec la concession commune – une espèce du genre « concession de service public ». Ce qui la distingue est son régime de rémunération, qui devra inclure à la fois le tarif facturé aux usagers et la contrepartie pécuniaire du concédant<sup>91</sup>.

#### C) La Concession Administrative

C'est lorsque dans la concession, le concessionnaire ne facture pas les usagers, ayant une rémunération à travers la subvention accordée par le concédant.

Ainsi, la Loi 11.079/2004 des PPP n'est pas une loi générale au sujet des partenariats, mais une loi sur deux types de concession: la *concession parrainée* et la *concession administrative*. La concession parrainée était déjà viable auparavant, car les frais supplémentaires pouvaient être payés comme recette complémentaire (Loi 8.987/1995 des Concessions, article 11). Toutefois, la concession administrative n'existait pas. L'obtention des services par l'Administration n'était viable que par le biais d'un contrat

---

<sup>90</sup> [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/lei/111079.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/111079.htm) - Consulté le 13/09/2013

<sup>91</sup> La contre-prestation pécuniaire du partenaire public est celle qui se fait par «ordre bancaire» ou par «cession des crédits non tributaires».

administratif de services de la Loi de Licitations (Loi 8.666/1993 de Licitations, articles 7 et 57).

La concession administrative est une nouvelle forme de contrat par lequel l'Administration obtient des services auparavant impossible à obtenir : celui dans lequel l'individu investit financièrement dans la création d'une infrastructure publique nécessaire à l'existence du service et aide à la concevoir (SUNDFELT, 2005). Au surplus, la Loi des PPP a surmonté une insuffisance de la législation antérieure qui était le manque d'un système bien organisé et la garantie des engagements financiers à long terme de l'Etat.

Au-delà des tarifs facturés par les usagers et des autres recettes alternatives complémentaires, comme les formes principales de rémunération consacrées par la Loi Fédérale des Concessions<sup>92</sup>, les lois sur les PPPs prévoient d'autres formes de rémunération du partenaire privé, qui peuvent ou non se cumuler avec les premières, à l'instar des paiements sur les ressources budgétaires ; des paiements en titres de dette publique ; de cession de crédits non tributaires ; transmission de biens mobiliers et immobiliers ; concession des droits face à l'Administration publique ; cession des droits relatifs à l'exploitation de biens publics matériels ou immatériels - parmi d'autres<sup>93</sup> (SOUZA, 2005).

Comme l'a été bien remarqué par Di Pietro (2006), l'article 7 de la Loi des PPP souligne que la contrepartie du Pouvoir Public ne commencera que lorsque le service, objet du contrat, devient entièrement ou partiellement disponible. Ainsi, si la prestation du service dépend de l'exécution préalable des travaux publics et de la fourniture ou l'installation de biens, le partenaire privé devra accomplir ces tâches à ses propres frais, vu que le tarif payé par l'utilisateur ne peut pas, par sa nature même, être facturé avant que le service ne soit offert.

La conception idéologique qui imprègne toutes les normes de la Loi n° 11.079/2005, selon Modesto (2005), vient de l'intérêt public qui a besoin des travaux de construction,

---

<sup>92</sup> Loi 8.987/1995

<sup>93</sup> Loi Federale Art. 6; Loi Mineira Art. 15; Loi Paulista Art. 9; Loi Cearense Art. 12.

alors que le flux de trésorerie est incertain ou insuffisant. Pourtant, deux possibilités apparaissent :

- Le Pouvoir Public complète tout l'investissement du secteur privé, le travail en régime d' « empreitada » (régime traditionnel : risque intégral de l'Etat) ;
- Le Pouvoir Public partage les risques avec l'investisseur privé, assurant des subventions ou la stabilité dans le temps des recettes nécessaires à l'amortissement de l'investissement.

En fait, nous observons qu'au-delà d'une concession commune qui n'a pas de contre-prestation pécuniaire de la part du partenaire public vers le partenaire privé, les concessions parrainé et administrative – classifiées en tant que PPP – exigent toujours une valeur pécuniaire payée par le partenaire public au partenaire privé, soit de manière partielle (concession parrainée), soit de manière intégrale (concession administrative). Ainsi, la principale différence entre la concession commune de service public et les concessions parrainées et administrative c'est la forme de rémunération.

REMUNERATION \ CONCESSION		Usagers	Administration Publique	Outres Formes
Contrat de Concession	Concession Commune	tarification		Outres formes issues de l'exploration du service public
	Concession Parrainée	tarification	Subvention	
Contrat de PPP	Concession Administrative		Subvention	

Tableau 4.2 : Les rémunérations dans les contrats de concessions  
Source : Elaboration Personnelle



# **DEUXIÈME PARTIE**

## **PARTIE MANAGERIALE ET OPERATIONNELLE**

*« L'essence de l'Ingénierie de l'optimisation est concentrée sur la construction et l'utilisation de modèles » (STAMM, 1998).*

**CHAPITRE V** - LE DESIGN DE LA THÈSE ET SA  
METHODOLOGIE

### 5.1. L'identification de la problématique

La croissance rapide de la population, l'urbanisation, l'industrialisation et le développement économique apportèrent, comme résultat, la production d'un énorme volume des déchets dans les zones résidentielles partout dans le monde, et particulièrement, dans les grandes villes. La gestion inadéquate des déchets dans ces villes crée des problèmes de santé et, aussi, engendre des sérieux problèmes économiques, environnementaux et biologiques, et exigent des réponses difficiles et complexes de la part des autorités locales (AFROZ et MASUD, 2011).

Selon O'Connell (2011), la population augmente exponentiellement, avec une perspective de vie chaque fois plus grande et en utilisant plus de ressources naturelles. O'Connell (2011) souligne aussi que les informations diffusées seules ne seront pas capables de changer les attitudes, il faudrait une transformation des postures, des pratiques et des comportements.

Fulconis et al. (2011) ajoutent que les sociétés contemporaines génèrent un volume sans cesse croissant de déchets de toutes sortes, posant la question de leur valorisation en vue d'économiser des ressources dont la rareté chronique n'échappe plus à l'opinion publique. Par exemple, une estimation a été faite en 2006 et, selon Visvanathan (2011), 2 milliards de tonnes de déchets ont été produits par une population mondiale d'environ 6,5 milliards. Autrement dit, une moyenne de production de déchets de 0,85<sup>94</sup> Kg par personne et par jour.

Particulièrement au Brésil, la production de déchets était, en 2010, d'environ 61 millions de tonnes de déchets municipaux pour une population de 165 millions d'habitants, autrement dit, une moyenne de production de déchets de 1,05<sup>95</sup> Kg par brésilien par jour. Tandis que, en France, la moyenne est pratiquement le double. En 2007, l'ADEME a annoncé le chiffre annuel de 46,5 millions de tonnes de déchets municipaux pour une population de 63.601 millions d'habitants<sup>96</sup>, ce qui fait une

---

<sup>94</sup> Calcule: 2 milliards de tonnes/6,5 milliards d'habitantes = 0,30769 tonnes par personne par an/365 jours = 0,00084 tonnes par personne par jour \* 1000 = 0,85 Kg par personne par jour

<sup>95</sup> Panorama des Résidus Solides au Brésil en 2010.

<sup>96</sup> Site Institute National de la Statistique et des Etudes Economiques, consulté le 10/11/2012 - [http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg\\_id=0&ref\\_id=NATnon02151](http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=0&ref_id=NATnon02151) .

moyenne de production de déchets en France de 2,00 Kg par français par jour. Toutefois, il faut énoncer que la mesure de la production des déchets municipaux est une tâche difficile, vu le un manque de crédibilité par rapport aux données, particulièrement dans les pays en développement.

La Commission européenne annonce que l'utilisation des ressources naturelles sera multipliée par quatre dans les 20 prochaines années, si la tendance actuelle de consommation présentée dans les pays industrialisés est diffusée et adoptée dans le monde entier (HUBER-HUMER et LECHNER, 2011). Brunel (2008) fait une observation à ce sujet : « Imaginez ce qui se passerait si les Chinois prétendaient égaler notre niveau occidental de vie, s'ils avaient tous une voiture, par exemple : la planète implorerait ».

De plus, la durée de vie des produits est devenue de plus en plus courte et, ainsi, les produits deviennent obsolètes plus rapidement. Cela, associé au « *boom* » économique de ces dernières années, suivi de la croissance dans la production des marchandises, a amené à une production absurde des déchets, engendrant ainsi un déséquilibre entre les quantités rejetées et les quantités réutilisées.

Devant la diversité de ces problèmes nous nous demandons : que font les autorités publiques pour gérer tous les déchets qui sont « en train d'arriver »? Et nous nous sentons responsables aussi, donc nous avons décidé de faire cette recherche à partir de la problématique suivante : comment gérer et organiser, de façon la plus performante possible, la logistique des déchets ?

Pour Visvanathan (2011), il faudrait un changement de mentalité et des processus. Les déchets doivent être considérés comme des ressources et, donc, nous devons gérer des « ressources » et pas des « déchets ». Ce changement de mentalité est parfois amorcé : selon Kamuk et James (2011), il est possible d'observer, de nouvelles politiques, de nouvelles stratégies et de nouvelles technologies liées à la gestion des déchets.

## 5.2. Le management public face à la logistique inversée

Depuis le début de notre recherche nous avons pu remarquer l'importance de l'Etat (les Pouvoirs Publics) dans ses actions concernant une région. Quelle soit une petite agglomération, une ville, ou un grand territoire comme un pays, le management public se trouve toujours présent dans les questions relatives à l'environnement.

Par exemple, la crise financière et économique actuelle précipite des millions de personnes dans la pénurie, particulièrement celles qui sont les plus vulnérables dans le tiers monde, et cela exige une action de l'Etat pour y remédier. En outre, la nécessité de faire face aux besoins urgents dans des domaines comme la santé, la pauvreté, l'éducation et la dégradation environnementale, exige que les gouvernements poursuivent une croissance économique allant dans le sens d'un développement durable.

Ce développement durable, appuyé sur les piliers économiques, sociaux et environnementaux requiert des formations à de nouvelles compétences professionnelles. Autrement dit, toutes les parties prenantes doivent redoubler d'efforts pour assurer une formation à différents niveaux de qualification afin de trouver des solutions pour les problèmes pertinents qui concernent notre environnement. Ainsi, l'Etat, nommé comme une des parties prenantes, est souvent cité par les auteurs en vertu de sa participation qualifiée de nécessaire et d'indispensable dans l'instauration d'une politique de développement durable sur un territoire donné.

Ce déséquilibre engendre plusieurs problèmes comme la pollution, la raréfaction des matières, le changement climatique entre autres, qui sont, actuellement, objets de débats entre les chefs d'Etats, dans la mesure où ces problèmes peuvent affecter l'économie mondiale en touchant des secteurs importants comme l'agriculture, l'espace des forêts, la pêche, le tourisme et l'infrastructure de transport, et peuvent, ainsi, apporter des conséquences sur le commerce international<sup>97</sup>.

---

<sup>97</sup> [http://www.wto.org/french/news\\_f/pres09\\_f/pr559\\_f.htm](http://www.wto.org/french/news_f/pres09_f/pr559_f.htm) - Consulté le 26/06/2009 - Dans cet article « Le monde ne peut pas continuer à faire comme si de rien n'était et il est absolument nécessaire de mener à bien les négociations en cours sur le changement climatique et sur l'ouverture du commerce », Pascal Lamy (directeur général de l'OMC) et Achim Steiner (directeur exécutif du PNUE) affirment que l'OMC et le PNUE sont partenaires dans l'action en faveur du développement durable. Ils ont affirmé que « Face à un défi d'une telle ampleur, la coopération multilatérale est essentielle, et la conclusion réussie

En fait, nous avons constaté que la plupart des auteurs affirment que la gestion de l'environnement doit faire partie intégrante du développement économique et, c'est pour cela que la préservation de l'environnement, tout en maintenant la croissance économique, est devenue une priorité pour de nombreux pays.

Un rôle qui dès le début était lié à l'intérêt public et cela nous amène à montrer la relation légitime entre la logistique inversée et le management public dans un contexte de développement durable. Autrement dit, si la logistique inversée apparaît en premier lieu, comme un processus essentiel pour le management public en ce qui concerne le thème des déchets depuis leur collecte jusqu'à leur destination finale, dans un second lieu, elle apparaît comme une façon de préserver les matériaux qui ont encore de la valeur, ainsi que d'empêcher le rejet des déchets dans des endroits inadéquats.

Le management public se montrera fort s'il remplit correctement son rôle d'application et de contrôle des diverses lois et normes, et s'il construit les structures devant améliorer la vie des citoyens.

Bien que la réglementation, la production et la compétitivité des secteurs soient toujours évoquées par les différents écrits relatifs à la logistique inversée, la réglementation est la plus souvent mentionnée par la majorité des auteurs. En fait, elle est généralement reconnue comme ayant une influence majeure sur les entreprises en matière de logistique inversée. Ces réglementations sont indispensables, parce que si les problèmes engendrés par les entreprises et leurs déchets restent sous leur responsabilité, il est probable que leurs intérêts financiers étant en jeu, ces problèmes seront traités en priorité.

Ainsi, afin d'associer les intérêts publics et privés dans une même organisation ou projet, nous décidons d'explorer le modèle de gestion des partenariats public-privé (PPP) qui apparaît comme un modèle capable de travailler les questions souvent controversées et d'encourager des investissements importants. Ce modèle a comme caractéristiques principales le partage des risques et la capacité d'investir des sommes plus grandes par le biais du financement privé.

---

des négociations en cours sur le changement climatique serait un premier pas sur la voie d'un développement durable pour les générations futures ».

Avec un modèle de gestion de PPP, les services publics ont une possibilité de recevoir des apports financiers plus importants et une gestion plus performante. Cependant, il ne faut pas que l'Etat, ou le partenaire public, perde sa place d'intéressé et de législateur de l'espace et de l'environnement.

Par exemple, la crise mondiale déclenchée à partir du second semestre de l'année 2008 a sollicité la présence de l'Etat et son intervention dans l'économie, mais, parallèlement, elle a montré aussi la faiblesse de l'Etat par rapport à sa capacité de réaliser des investissements dans des périodes de crise.

Au contraire, nous observons que la participation du secteur privé n'a pas cessé d'être importante et, est même devenue encore plus indispensable. Car, si les dépenses du secteur public ont déjà une tendance à augmenter et si les recettes ne suivent pas la même tendance, le résultat sera une baisse dans la capacité de l'Etat à investir dans ses services publics.

Pour conclure, notons l'efficacité que le modèle de gestion des partenariats public-privé pourrait avoir dans la gestion des déchets d'un territoire. Un modèle qui serait capable de prendre en compte les intérêts économiques et financiers des entreprises mais qui aurait aussi, en contrepartie, la participation de l'Etat comme agent associé qui jouerait un rôle indispensable en matière d'intérêts environnementaux et sociaux. Et, principalement, un modèle capable de générer des investissements nécessaires pour fournir et maintenir des services de base pour la population.

### **5.2.1. La problématique des déchets au Brésil**

Selon le PRSB<sup>98</sup> (2011), le Brésil produit environ 200 mil tonnes de déchets urbains<sup>99</sup> par jour, valeur bien inférieure à d'autres pays comme les Etats-Unis (865 mille tonnes/jour). En plus, environ 60% des déchets collectés sont destinés aux Centres d'Enfouissement Technique, cependant approximativement 80 mille tonnes des déchets urbains par jour sont destinés à des endroits inadéquats.

---

<sup>98</sup> PRSB – Panorama des déchets urbains du Brésil.

<sup>99</sup> Les déchets urbains peuvent être dénommés au Brésil comme RSU – Résides Solides Urbains.

REGION	2010	2011		
	Déchets Urbain Produits / Indice	Population Urbaine (hab)	Déchets Urbain (ton/jour)	Indice (Kg/hab.jour)
<b>NORD</b>	12.920 / 1,108	11.833.104	13.658	1,154
<b>NORD EST</b>	50.045 / 1,289	39.154.163	50.962	1,302
<b>CENTRE</b>	15.539 / 1,245	12.655.100	15.824	1,250
<b>SUD EST</b>	96.134 / 1,288	75.252.119	97.293	1,293
<b>SUD</b>	20.452 / 0,879	23.424.082	20.777	0,887
<b>BRÉSIL</b>	195.090 / 1,213	162.318.568	196.514	1,223

Tableau 5.1. – La production des déchets urbains / Indice de production per capita.  
Source: PRSB (2011)

Ensuite, comme nous l'observons dans le schéma 5.1., la production de déchets urbains au Brésil est d'approximativement 62 millions des tonnes par an, ou une production per capita de 382 Kg/hab.an. Autrement dit, le Panorama des déchets urbains du Brésil (2011) montre que la quantité moyenne de déchets produits par habitant dans les villes brésiliennes est de 1,223 kg/hab.jour.

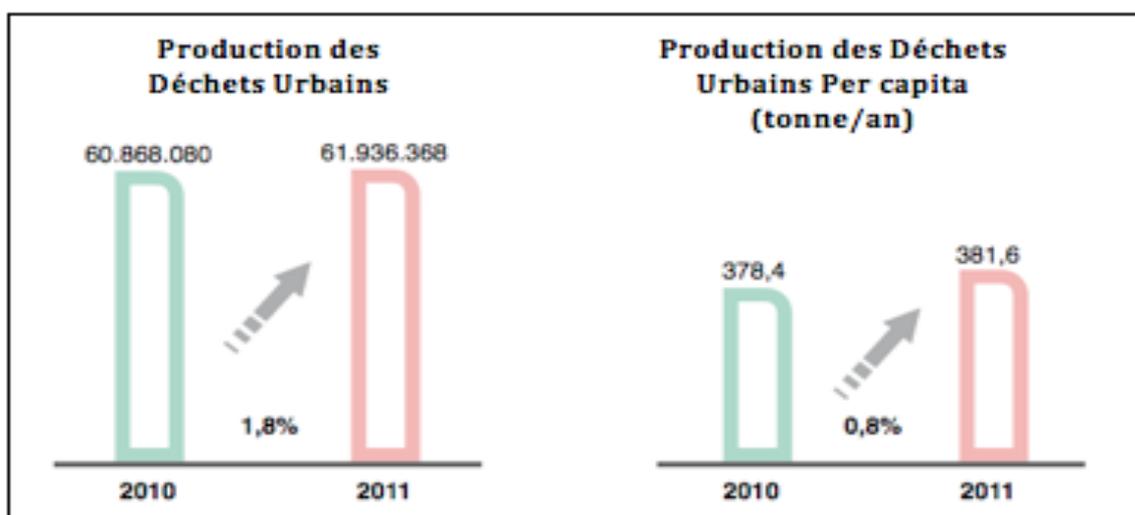


Schéma 5.1 – La production des déchets au Brésil.  
Source: PRSB (2011)

Comme nous le remarquons dans le schéma 5.2., même avec une production des déchets urbains d'environ 62 mille tonnes par an, seulement 55 mille tonnes sont collectées par an. C'est-à-dire, autour de 12% des déchets produits ne sont même pas encore collectés par les services de collecte et de nettoyage urbain public. Cela peut être justifié par des diverses raisons, comme par le manque d'un système de collecte sélective. Actuellement, nous avons un peu plus de la moitié – 58% – de villes brésiliennes qui disposent des systèmes de collecte sélective des déchets (Schéma 5.3.).

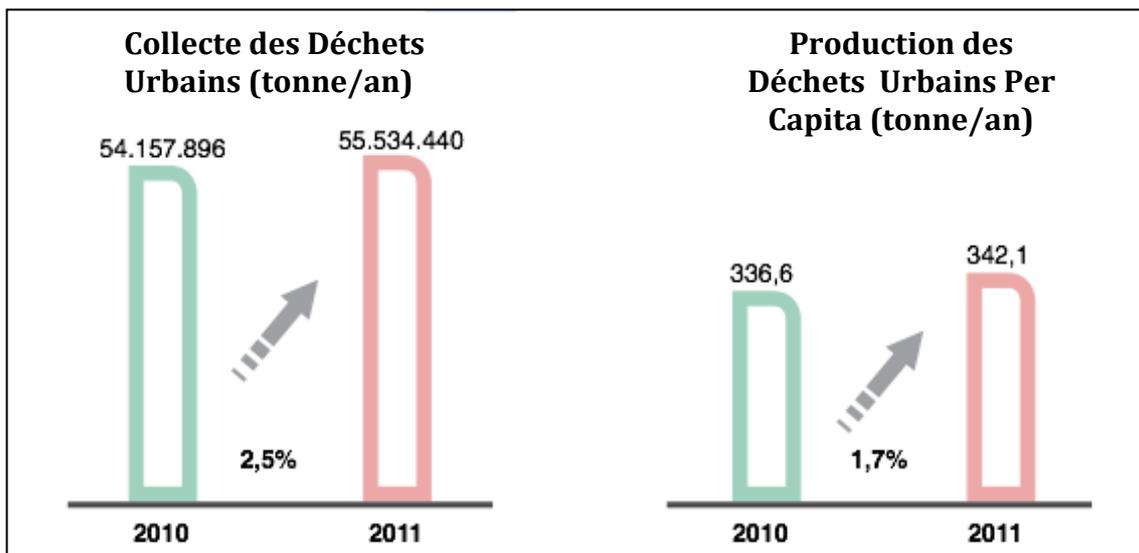


Schéma 5.2 – La collecte des déchets au Brésil.  
Source: PRSB (2011)

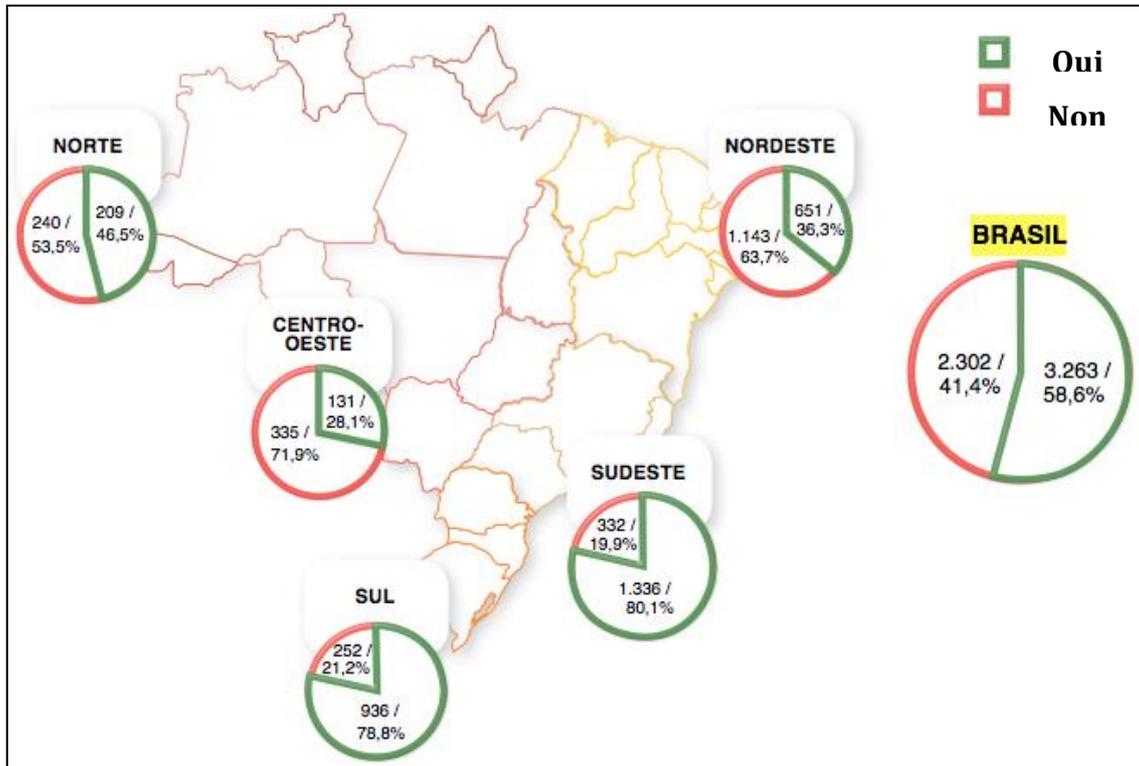


Schéma 5.3 – La quantité des villes où il y a des systèmes des collectes sélectives  
Source: PRSB (2011)

Enfin, pour montrer que notre système de logistique inversée des déchets urbains doit encore s'améliorer, nous utilisons des données qui démontrent la situation de destination finale des déchets urbains au Brésil. Aujourd'hui, même avec 88% des déchets collectés, presque la moitié des déchets urbains sont stockés de façon inadéquate (Schéma 5.4.). Autrement dit, ils sont laissés à ciel ouvert, souvent dans les rues, dans les rivières, dans les lacs, polluant ainsi l'environnement et engendrant des problèmes d'ordre social, environnemental et économique. Ainsi, bien que ce chiffre s'améliore à chaque année, il reste encore très insignifiant.

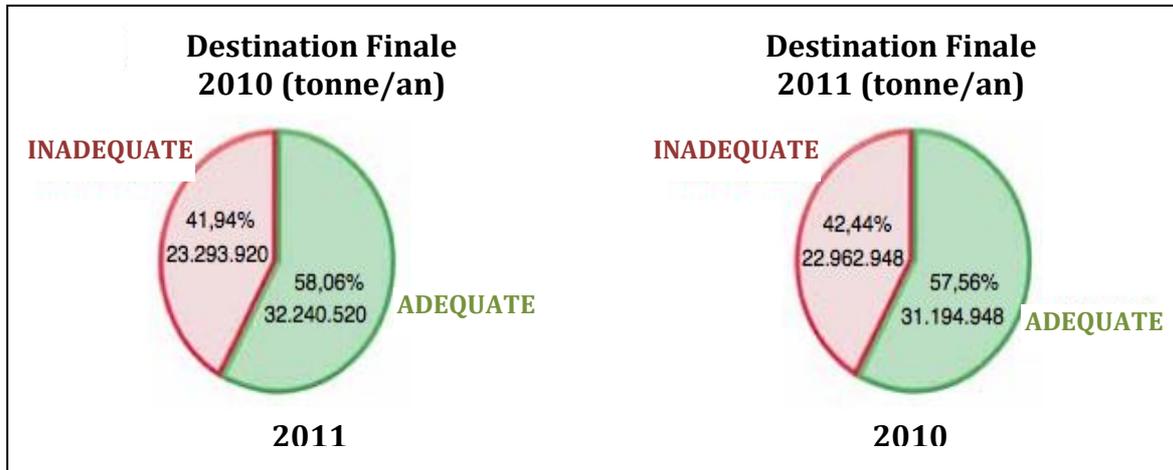


Schéma 5.4 – La relation entre la destination finale adéquate et inadéquate des déchets au Brésil.

Source: PRSB (2011)

### 5.3. Les objectifs de la recherche

Vu que notre thèse est faite sous un régime de codirection entre les Universités Aix-Marseille – France – et Université Fédérale du Ceará – Brésil –, nous sommes tenus de présenter des parties plus opérationnelles avec des parties plus managériales. Autrement dit, notre recherche dans l'Université française est basée plutôt sur une optique de gestion et stratégie managériale tandis que dans l'Université brésilienne elle doit être fondée sur une optique ingénierie et mathématique.

Ainsi, dans le sixième chapitre – l'optimisation par l'outil mathématique –, l'objectif est de bâtir un modèle mathématique pour localiser, de façon optimale, les endroits où devront être installés les Points de Collecte Volontaire – les Ecopoints – dans une ville. Cet outil mathématique nous apportera des résultats qui nous seront très utiles dans la construction d'une infrastructure plus performante pour la logistique inversée des déchets. Nous utiliserons comme terrain les villes de Fortaleza et d'Osasco.

Ensuite, dans le septième chapitre – la démarche organisationnelle PPP – l'objectif est d'analyser le modèle de gestion de partenariat public-privé dans la gestion des déchets urbains d'une ville et d'identifier les contraintes et les recettes (ou les formules et les

étapes) pour bâtir un modèle de gestion de PPP dans une autre ville. Le cas analysé, et le seul actuellement existant au Brésil, est celui de la ville d'Osasco / SP.

Pour ce chapitre managériale, la présente thèse cherche à répondre à la question suivante:

**« *Le modèle de gestion de Partenariat Public-Privé peut-il faire évoluer les choix d'optimisation de la logistique inversée ?* »**

Ou, d'une façon plus précise : **L'adoption d'un modèle de gestion de PPP pourrait-elle modifier la quantité d'Ecopoints installés par la municipalité?**

En résumé, suite à la construction de l'outil mathématique, nous devons identifier, sur le terrain de la ville d'Osasco, les acteurs publics et privés. Qui sont les parties prenantes présentes dans ce modèle ? Ensuite, nous devons spécifier quels sont leurs rôles et leurs compétences. Finalement, nous devons formuler des étapes ou des formules qu'il faudrait suivre pour arriver à un modèle de gestion de PPP.

Cette optimisation, à la fois quantitative et qualitative, sera présentée de la façon suivante : la partie opérationnelle devra être validée grâce au modèle mathématique qui montrera empiriquement les endroits où devront être installés les points de collecte de façon optimisée ; la partie managériale devra à partir d'une étude de cas, identifier les conditions de réussite d'un partenariat public-privé appliquée à la collecte des déchets.

### **5.3.1. Les objectifs spécifiques de la recherche**

Pour atteindre l'objectif général, il est nécessaire de commencer aux objectifs spécifiques suivants:

- Construire un programme computationnel (ou un outil mathématique) capable de reconnaître les informations censitaires issues du site IBGE de façon à les exporter vers le programme computationnel L.I.N.D.O. ;

- Développer un modèle mathématique-computationnel, en utilisant les techniques de programmation linéaire optimisée et le programme computationnel L.I.N.D.O.<sup>100</sup> pour déterminer la localisation optimisée des Ecopoints dans une area géographique ;
- Localiser les implantations optimales pour l'installation des Ecopoints à Fortaleza et à Osasco.
- Analyser le modèle de gestion de partenariat public-privé dans la ville d'Osasco ;
- Identifier les conditions, leurs contraintes et leurs compétences, pour formuler un cahier de charge pour aboutir à un partenariat public-privé ;

#### 5.4. Le terrain

Les entreprises responsables de la gestion des déchets sont :

À Fortaleza, la gestion des déchets est réalisée par l'entreprise Ecofor ;

À Osasco, la gestion des déchets est réalisée par l'entreprise EcoOsasco.

Pourquoi choisir spécifiquement ces deux villes ? En fait, ces deux villes ont des entreprises de gestions des déchets urbains différentes, toutefois ces entreprises, Ecofor et EcoOsasco, font partie du même Groupe Marquise<sup>101</sup>.

Ce Groupe, formé par dix entreprises différentes, intervient dans plusieurs secteurs : dans l'ingénierie de construction civile, dans l'infrastructure, dans les services environnementaux, dans le bâtiment, dans les finances et « *factoring* », dans l'hôtellerie, dans la communication – radio et télévision – et dans les centres commerciaux. Le groupe, avec plus de 36 ans d'existence, emploie actuellement plus de 5.000 personnes.

Ainsi, deux raisons principales justifient le choix des deux villes de Fortaleza et d'Osasco. Premièrement, parce que la ville d'Osasco est la seule actuellement à avoir un modèle de partenariat public-privé dans les services de gestion des déchets urbains au

---

<sup>100</sup> *Linear, Interactive, and Discrete Optimizer* - <http://www.lindo.com/>

<sup>101</sup> <http://www.marquise.com.br> - Consulté le 23/05/2013

Brésil ; deuxièmement, les entreprises responsables de la gestion de déchets dans les deux villes font partie du même groupe, dont le siège se trouve à Fortaleza, notre ville natale, ce qui facilite l'accès aux données.



Carte 5.1 – Les villes de Fortaleza et d’Osasco sur la carte du Brésil.  
Source: Personnelle

Situées à une distance de 2 974Km, la ville de Fortaleza et la ville d’Osasco se trouvent respectivement dans la région du Nord-est et Sud-est du Brésil. Actuellement, Fortaleza est la cinquième ville du pays la plus peuplée et la deuxième de la région nord-est du pays : 2 452 185 habitants. Osasco, qui se désigne comme « une ville à la campagne » se trouve dans l’Etat de São Paulo, elle est la vingt sixième ville la plus peuplée du pays<sup>102</sup>, avec une population de 666 740 habitantes (Tableau 5.1.).

<sup>102</sup> Au Brésil, il existe aujourd’hui 5.564 villes. (IBGE, 2010)

**Tabela 1.14 - Municípios com população residente superior a 50 000 pessoas, em ordem decrescente de população residente - 2010**

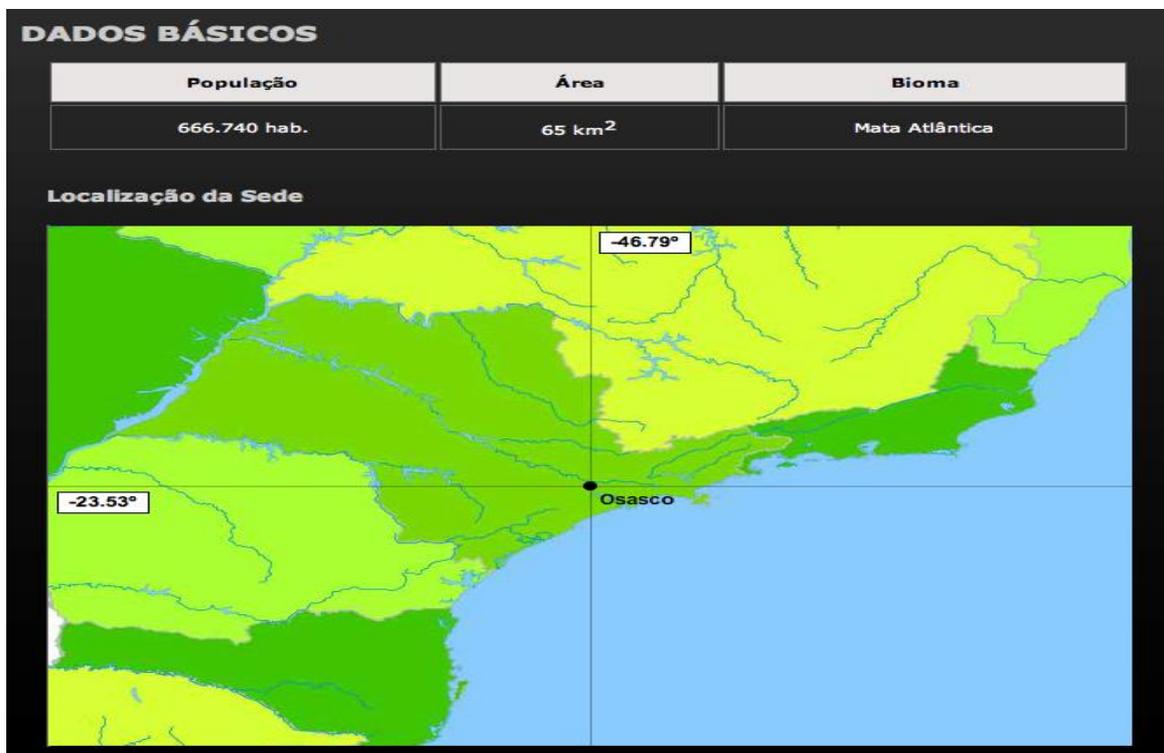
(continua)					
Número de ordem	Municípios	População residente	Número de ordem	Municípios	População residente
1	São Paulo - SP	11 253 503	58	Olinda - PE	377 779
2	Rio de Janeiro - RJ	6 320 446	59	Jundiaí - SP	370 126
3	Salvador - BA	2 675 656	60	Carapicuíba - SP	369 584
4	Brasília - DF	2 570 160	61	Piracicaba - SP	364 571
5	Fortaleza - CE	2 452 185	62	Montes Claros - MG	361 915
6	Belo Horizonte - MG	2 375 151	63	Maringá - PR	357 077
7	Manaus - AM	1 802 014	64	Cariacica - ES	348 738
8	Curitiba - PR	1 751 907	65	Bauru - SP	343 937
9	Recife - PE	1 537 704	66	Rio Branco - AC	336 038
10	Porto Alegre - RS	1 409 351	67	Anápolis - GO	334 613
11	Belém - PA	1 393 399	68	São Vicente - SP	332 445
12	Goiânia - GO	1 302 001	69	Pelotas - RS	328 275
13	Guarulhos - SP	1 221 979	70	Vitória - ES	327 801
14	Campinas - SP	1 080 113	71	Caucaia - CE	325 441
15	São Luís - MA	1 014 837	72	Canoas - RS	323 827
16	São Gonçalo - RJ	999 728	73	Itaquaquecetuba - SP	321 770
17	Maceió - AL	932 748	74	Franca - SP	318 640
18	Duque de Caxias - RJ	855 048	75	Caruaru - PE	314 912
19	Teresina - PI	814 230	76	Ponta Grossa - PR	311 611
20	Natal - RN	803 739	77	Blumenau - SC	309 011
21	Nova Iguaçu - RJ	796 257	78	Vitória da Conquista - BA	306 866
22	Campo Grande - MS	786 797	79	Paulista - PE	300 466
23	São Bernardo do Campo - SP	765 463	80	Ribeirão das Neves - MG	296 317
24	João Pessoa - PB	723 515	81	Uberaba - MG	295 988
25	Santo André - SP	676 407	82	Petrópolis - RJ	295 917
26	Osasco - SP	666 740	83	Santarém - PA	294 580
27	Jaboatão dos Guararapes - PE	644 620	84	Petrolina - PE	293 962
28	São José dos Campos - SP	629 921	85	Guarujá - SP	290 752
29	Ribeirão Preto - SP	604 682	86	Cascavel - PR	286 205
30	Uberlândia - MG	604 013	87	Boa Vista - RR	284 313
31	Contagem - MG	603 442	88	Taubaté - SP	278 686
32	Sorocaba - SP	586 625	89	Limeira - SP	276 022
33	Aracaju - SE	571 149	90	São José dos Pinhais - PR	264 210
34	Feira de Santana - BA	556 642	91	Governador Valadares - MG	263 689
35	Cuiabá - MT	551 098	92	Suzano - SP	262 480
36	Juiz de Fora - MG	516 247	93	Praia Grande - SP	262 051
37	Joinville - SC	515 288	94	Santa Maria - RS	261 031
38	Londrina - PR	506 701	95	Mossoró - RN	259 815
39	Niterói - RJ	487 562	96	Volta Redonda - RJ	257 803

Tableau 5.1 – Le ranking démographique des villes au Brésil.  
Source: IBGE (2010)

### 5.4.1. La ville d'Osasco

En 2010, sa population était estimée à 666.740 habitants (IBGE, 2010). Osasco est la sixième plus grande ville de l'état de Sao Paulo et son territoire s'étend sur 65 km<sup>2</sup> à une distance d'environ 16 km à l'ouest de la capitale São Paulo.

La densité de sa population est de 10.411,79 hab/km<sup>2</sup>. Les habitants ont une espérance de vie moyenne de 71,35 ans et un taux d'alphabétisation de 94,24%. Enfin, son indice de développement humain – IDH – est de 0,8187<sup>103</sup>, le IDH-Education est de 0,913 et le IDH-Rend est de 0,769.



Carte 5.2 – Carte Osasco.  
Source: Site IBGE (2010)<sup>104</sup>

<sup>103</sup> Située comme à la 255<sup>ème</sup> place du ranking des villes au Brésil..

<sup>104</sup> <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=230440#> \_ Consulté le 23/05/2013

### 5.4.2. La ville de Fortaleza

La ville de Fortaleza est la capitale de l'Etat du Ceará. Elle a la plus grande densité démographique du Brésil. Elle est située dans la région Nord-Est et est localisée sur la côte de l'océan Atlantique avec 34 km de plages et est soumise à l'influence d'un climat tropical. Sa superficie est de 313,8 km<sup>2</sup> et sa population est d'à-peu-près 2,5 millions d'habitants. Elle est encore la ville la plus peuplée de l'Etat du Ceará et la cinquième plus peuplée du Brésil. De plus, elle est encore considérée comme un important centre industriel, commercial et touristique du pays.

La densité de sa population est de 7.819 hab/km<sup>2</sup>. Les habitants ont une espérance de vie moyenne de 71 ans et un taux d'alphabétisation de 93,4%. Enfin, son indice de développement humain – IDH – est de 0,786<sup>105</sup>, le IDH-Education est de 0,884 et le IDH-Rend est de 0,729.



Carte 5.3 – Carte Fortaleza.  
Source: Site IBGE (2010)<sup>106</sup>

<sup>105</sup> IBGE, (2000)

<sup>106</sup> <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=230440#> \_ Consulté le 23/05/2013

## 5.5. La méthodologie de la thèse

### 5.5.1. La Méthodologie pour la partie Quantitative

Pour la partie Optimisation Quantitative, nous développons un modèle mathématique qui permet de faire une simulation pour les villes de Fortaleza et d'Osasco. Cette simulation utilise les données fournies par le site IBGE<sup>107</sup>, sur le nombre de personnes qui habitent dans chaque secteur (ou zone) censitaire. Ce modèle mathématique s'appuie sur la Recherche Opérationnelle ce qui nous donne la possibilité d'une étude optimale de programmation linéaire pour optimiser la localisation des endroits d'installation des Points de Collecte – Ecopoints – en visant améliorer la logistique inversée des déchets.

La recherche opérationnelle utilise des notions telles que la conduite, la coordination des opérations et les processus dans une organisation. Par le biais technique, comme le modelage mathématique qui analyse les situations complexes, la recherche opérationnelle fournit, aux exécutifs, le pouvoir de prendre des décisions plus efficaces et de construire des systèmes plus productifs. Selon Moreira (2010), elle cherche à obtenir la meilleure solution – ou solution optimale – pour un problème. Cet optimum est déterminé du point de vue mathématique, et souvent il n'est pas possible d'analyser des variables d'ordre comportemental. Autrement dit, une fois la solution optimale découverte, du point de vue mathématique, il faudra encore une analyse de viabilité d'implantation.

La recherche opérationnelle est un outil souvent utilisé par la logistique traditionnelle. Pour optimiser espace et temps, cet outil travaille toujours sur la baisse de coûts et la réduction des déplacements. Plusieurs problèmes de logistique sont résolus par la recherche opérationnelle, comme, par exemple, les problèmes de transport, les « *Traveling Salesman Problem (TSP)* », les « *Flowshop Scheduling Problem (FSP)* », les problèmes de « *routing* » de véhicules et, aussi, les problèmes de localisation des installations « *Capacity Facility Location Problem (CLP)* ». Cependant, soit sur le

---

<sup>107</sup> Institute Brésilien de Statistique et Géographique.

terrain, soit dans la littérature, la recherche opérationnelle, en général, n'est pas beaucoup employée, dans la logistique inversée.

Ainsi, pendant cette recherche nous sommes penchés sur le Modèle de Localisation des installations dans la logistique inversée. Notre objectif est la recherche optimale des endroits pour installer des Points de Collectes – Ecopoints – sur les régions de Fortaleza et d'Osasco. En fait, ce modèle pourra être utilisé pour localiser des Ecopoints sur toutes les régions de ces villes, et aussi dans d'autres villes au Brésil. Ou encore, ce même modèle servira pour localiser aussi l'installation des Usines de Tri et des Centres d'Enfouissement Technique dans une ville ou dans un Etat. Il faudrait juste « alimenter » le système avec les données spécifiques de chaque région ou de chaque ville.

Ainsi, pour résoudre cette optimisation, en plus du site IBGE dans lequel les informations sont distribuées gratuitement, nous utiliserons dans cette recherche trois programmes computationnels. Un de ces programmes computationnels est utilisé et commercialisé par le marché – LINDO – pour résoudre des problèmes de logistique traditionnelle et nous l'adapterons pour résoudre un problème de logistique inversée. Les deux autres programmes sont exclusifs et seront élaborés spécifiquement pour cette thèse et ils pourraient être commercialisés à la fin du travail de recherche.

Le premier programme computationnel est le *QUARIECOS* (QUAntification de Rotes Interlignant ECOpoints et Secteurs censitaires) codifié en langage computationnel *FORTTRAN* (FORmula TRANSlation) 03 et développé exclusivement dans cette recherche avec le but de :

- a) Lire, reconnaître et manipuler les informations censitaires issues du site IBGE référents aux secteurs censitaires. Ces secteurs sont considérés comme la plus petite unité territoriale de collecte des informations censitaires avec des limites bien définies ;
- b) Engendrer un document capable d'être reconnu par le programme computationnel LINDO afin d'exécuter la tâche de détermination de la localisation optimisée d'Ecopoints à installer ;

Pour la formulation du modèle et pour l'exécution du programme QUARIECOS, il faudrait trouver (ou fournir) les variables suivantes :

1. CUT - Coût Unitaire de Transport des déchets entre le secteur censitaire producteur des déchets et le secteur censitaire où il existe l'Ecopoint – unité R\$/Kg/Km ;
2. DR - Demande Résidentielle des déchets ou quantité produit de déchets – unité Kg/hab.jour ;
3. CCI - Coût de Construction et d'Installation de chaque Ecopoint – unité R\$ ;
4. CE - Capacité de chaque Ecopoint – unité Kg ;
5. NE - Nombre d'Ecopoints à installer
6. GE – Géocode de chaque secteur censitaire (fournir par le site IBGE) ;
7. NP – Numéro d'habitants résidents dans chaque secteur censitaire (fournir par le site IBGE) ;
8. CG – Coordonnées géographiques (latitude et longitude) des secteurs censitaires (fournit par le site IBGE).

Le deuxième programme computationnel est le *L.I.N.D.O.* (*Linear, Interactive, and Discrete Optimizer*<sup>108</sup>) qui a été développé par le LINDO Systems, Inc., Illinois, USA. Ce deuxième software s'occupe du traitement et de l'optimisation des données afin de fournir les endroits optimums d'installation des Ecopoints. Il est souvent utilisé pour des problèmes de logistique traditionnelle comme pour localiser les endroits d'installation des centres de distribution ou des magasins, mais n'est pas encore utilisé dans la logistique inversée.

Finalement, le troisième programme computationnel, également construit pendant notre thèse, est le *QUARIECOSpontos*. Il est aussi codifié par le langage FORTRAN 03 et a été développé spécifiquement et exclusivement pour cette recherche. Ce programme produira un fichier capable d'identifier les emplacements optimisés à installer dans une région géographique donnée.

---

<sup>108</sup> <http://www.lindo.com/>

### 5.5.2. La Méthodologie de la partie Qualitative

Pour la partie managériale de la thèse, nous évaluerons le modèle de partenariat public-privé dans la gestion des déchets urbains. Notre objectif est de réunir des informations, des conseils ou même des processus qui pourront guider l'implantation d'un modèle de gestion de partenariat public-privé (PPP) pour la gestion des déchets urbains à Fortaleza.

Pour trouver ces éléments, nous ferons un travail d'analyse sur le terrain, à savoir, la ville d'Osasco. Cette ville a signé, à la fin 2007, un contrat de partenariat public-privé pour les services de collecte et de transport des déchets domiciliaires. Ce type de contrat pour ces services a été le premier (et le seul, jusqu'à l'heure actuelle) signé au Brésil. Son montant total était de R\$834,6 millions pour un délai de 30 ans (2007 – 2037).

Notre recherche adopte la méthode hypothétique-déductive qui est, selon Karl R. Popper (apud LAKATOS et MARCONI, 2001), une méthode scientifique qui part d'un problème (P1), à propos duquel on émet des hypothèses ou des propositions qui constituent une solution provisoire (théorie tentative – TT). Ensuite, cette solution doit être critiquée (élimination d'erreur – EE) et ce processus devra (ou pas) se renouveler donnant naissance à de nouveaux problèmes (P2).

P1 ----- TT ----- EE ----- P2 ...

Popper (1968) confirme cette démarche par l'adage : « la science commence et termine avec des problèmes », ce qui veut dire que la croissance de connaissance avance en partant des vieux problèmes vers des nouveaux problèmes par les biais des conjectures et des réfutations. Autrement dit, « tout apprentissage est une modification d'une connaissance antérieure ».

Donc, c'est à partir de l'identification d'un problème qu'il faut suggérer une solution provisoire qui consiste dans des hypothèses (ou propositions) qui doivent être testées par des tentatives de réfutation. Si les hypothèses répondent aux tests de vérification, elles seront corroborées et donc, la recherche sera confirmée. Cependant, si les hypothèses ne répondent pas aux tests de vérification, il faudra reformuler le problème

et les hypothèses jusqu'à ce que soit surmonté le facteur qui bloquait. Nous le comprendrons mieux à travers du schéma 5.5.

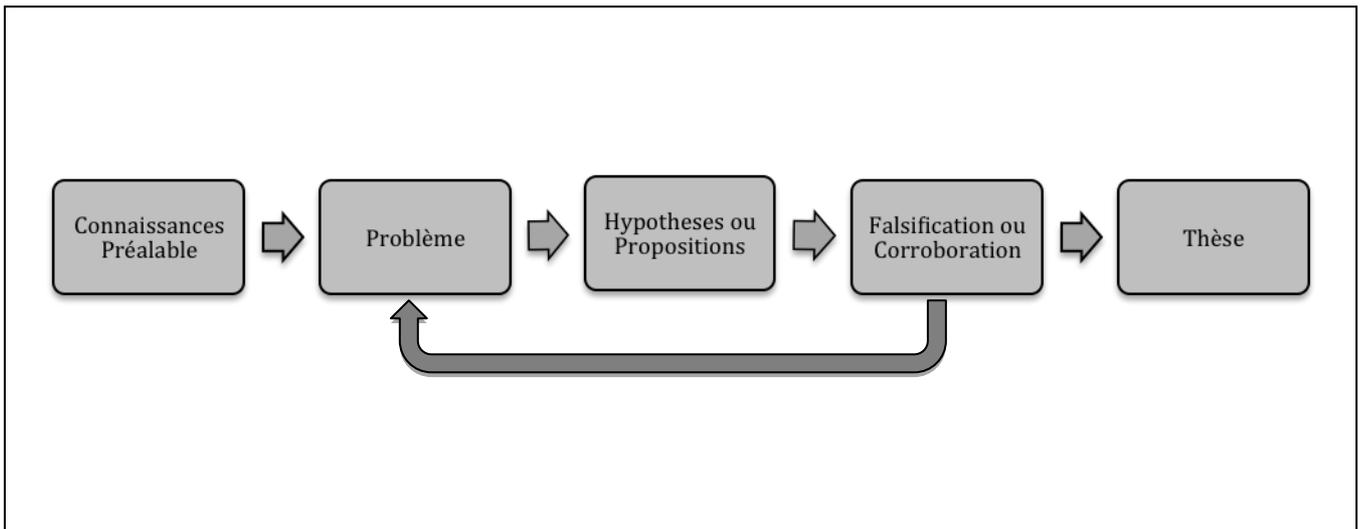


Schéma 5.5 – Identification et résolution d'un problème  
Source: Lakatos et Marconi (1985)

Selon Lakatos et Marconi (2001), pour tester les hypothèses et/ou les propositions, nous avons quatre techniques de recherche possibles : la documentation directe, la documentation indirecte, l'observation directe intensive et l'observation directe extensive. Les techniques de recherche sont un ensemble de processus et normes que la science utilise. Les auteurs soulignent encore que la technique de l'observation directe extensive est divisée en questionnaires et formulaires, tandis que la technique de l'observation directe intensive peut être réalisée par deux méthodes différentes : l'observation et l'entretien.

Au vu de ces normes, nous pouvons affirmer que nous avons initié notre recherche par le biais de la documentation indirecte, avec l'accès aux documents dans les sources primaires et secondaires. Ces informations issues de ces documents ont été croisées avec les connaissances préalables pour la formulation du problème de notre recherche.

Ensuite, nous utilisons la technique de l'observation directe intensive, plus précisément, l'entretien. Selon Best (1972), l'entretien est plusieurs fois supérieur à d'autres systèmes d'obtention des données, une fois que l'intervieweur est en face à face, et de manière méthodique, pour formuler les questions exactes pour obtenir les informations nécessaires sur le problème ou le sujet.

Lakatos et Marconi (1985) soulignent qu'il existe trois types d'entretien :

- Entretien Structuré – l'intervieweur suit un circuit préalablement structuré et les questions sont prédéterminées, semblablement à un formulaire.
- Entretien Non-Structuré – l'intervieweur a la liberté pour développer l'entretien dans la direction qu'il trouve la plus adéquate.
- Entretien Tableau – l'intervieweur répète les mêmes questions, mais dans des temps différents afin de vérifier l'évolution des avis.

Nous avons mené des entretiens qui peuvent être considérés comme non-structurés. D'abord avec le directeur de l'entreprise privé EcoOsasco qui est le responsable de la gestion de tous les déchets urbains de la ville d'Osasco. Ensuite, nous avons mené un entretien avec le secrétaire des travaux publics de la municipalité d'Osasco. Par ailleurs, ce secrétaire a été le promoteur de l'adoption du modèle de gestion de partenariat public-privé dans les services de gestion des déchets à Osasco, le premier au Brésil.

Nous avons choisi ces deux « gestionnaires » pour pouvoir entendre et mieux comprendre les deux opinions différentes à propos de la situation de la gestion des déchets urbains à Osasco. En fait, entretenir, d'un côté le partenaire public et de l'autre côté le partenaire privé, nous semble plus légitime pour pouvoir tester nos propositions avec une vision plus globale du modèle de gestion de partenariat public-privé.

### **5.5.2.1. Les Propositions**

Finalement, pour conduire notre recherche jusqu'à la prochaine étape, nous élaborerons deux propositions qualifiées plutôt de qualitatives, mais qui peuvent (et doivent) aussi intervenir sur le côté quantitatif de la thèse. En fait, même si la partie quantitative consiste plus précisément en une solution mathématique, nous verrons qu'elle comporte dans sa formulation huit variables (voir le point 5.5.2) qui pourront être modifiées selon les conclusions qualitatives.

En fait, notre question de recherche cherche à voir si le modèle de PPP peut-il faire évoluer les choix d'optimisation de la logistique inversée. Ou, en d'autres termes, est-ce

qu'un modèle PPP dans la gestion des déchets, fait changer la variable du Nombre d'Ecopoints – NE<sup>109</sup> – à installer dans une ville? Plus précisément, est-ce que avoir un modèle de PPP serait un motif pour augmenter ou diminuer le nombre d'Ecopoints à installer ?

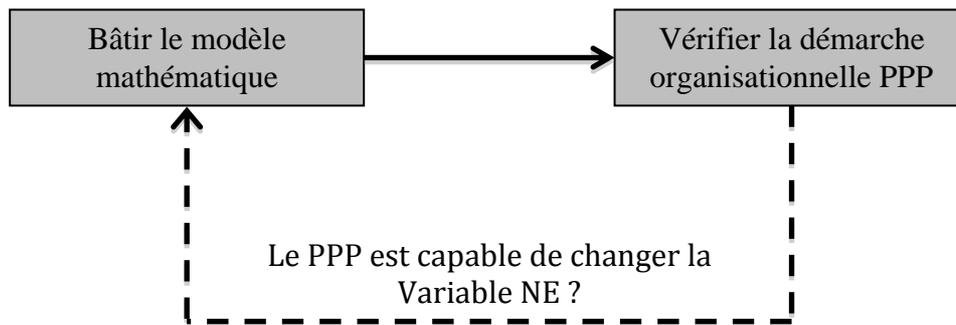


Schéma 5.6 – Processus de la Recherche  
Source: Élaboration personnelle

Pour discuter ces questionnements, nous formulerons les deux propositions suivantes qui, comme Thiétart (1999) l'a souligné, nous servent comme « un énoncé déclaratif susceptible d'être vrai ou faux, indépendamment de toute référence au contexte et au moment et au lieu de l'énonciation. Il s'agit d'une forme logiquement structurée d'un jugement, qui peut faire l'objet d'un degré d'acceptation plus ou moins élevé ».

Ainsi, la première proposition élaborée concentre l'attention principalement sur la relation entre les parties prenantes, la logistique inversée et le développement durable. En fait, comme l'ont souligné Igalens et Point (2009), Mccarney, Halfani et Rodriguez (1995), Martinet et Reynaud (2004) et Bailly et al. (2000), l'intervention des *stakeholders* favorise un équilibre entre les intérêts environnementaux, économiques et sociaux dans un territoire. Cet équilibre, selon Faucheux et Joumini (2005), Monnet (2007), Demaria (2004), Dontenwill (2005) et Durif et al (2009), est essentiel pour améliorer la qualité de vie et assurer les besoins futurs. Autrement dit, diminuer la consommation exacerbée, la dégradation environnementale, le gaspillage et préserver les matières premières en assurant la croissance économique nous permet d'intégrer l'écologie dans l'économie. (GONÇALVES, 2007 ; DION et al., 2008 ; JAMES, 1991 ;

---

<sup>109</sup> Voir le point 5.5.2.

DUMMONT et PAQUET, 1988 ; BRUNTLAND, 1987 ; SHRIVASTAVA et HART, 1996 ; BOIRAL, 2005 et BÜRGENMEIER, 2008).

En plus, Bowersox (2010), Ballou (2011), Tixier et al. 1996), Bastos (2003), Marchal (2006), Leite (2003), Monnet (2007), Stock (1992, 1998), Carter et Ellram (1998) et Lima (1991) affirment que la logistique inversée, concernant les déchets, bénéficie au développement économique, social et environnemental surtout si on cherche à gérer au mieux ces retours.

Ainsi, en croisant toutes ses théories et les mots clés soutenus par chaque auteur, nous arrivons à la proposition 1 qui affirme :

***Proposition 1*** : **L'implantation d'une logistique inversée par les parties prenantes, appliquée aux déchets, contribue à l'effort du développement durable.**

Ensuite, notre deuxième proposition fait émerger légèrement le côté quantitatif de la thèse. Cette proposition soutient une relation entre l'utilisation d'un modèle de gestion de partenariat public-privé et une optimisation dans la performance des ressources financières.

En s'appuyant sur l'idée de Fayol (1916) qui a soutenu qu'il faudrait « industrialiser l'Etat », des auteurs comme Auby (1996), Mercier (2002), Huron et Spindler (1998), Heinz (1994), Durand (1996), Bailly et al. (2000), Santo et Verrier (2007) et Monteiro (2005) soutiennent aussi qu'il faut une participation chaque fois plus forte et plus significative des acteurs privés dans les services publics.

En fait, cette participation privée est celle qui se manifeste dans les systèmes de concession et de décentralisation qui sont souvent soulignés par des auteurs comme Le Gales (1996), Ubaldeborde (1996), Ascher (1994), Saint-Etienne et Piron (2006), Bergère et al (2007), Lichère (2009), Coutinho (2005), Sundfelt (2005) et Di Pietro (2006). Ces auteurs affirment encore que, parmi les systèmes de concession, le modèle de Partenariat public-privé devrait être le plus utilisé grâce à ses caractéristiques d'optimisation du financement et pour favoriser l'investissement public qui accélère la réalisation des projets.

Ainsi, notre proposition 2 croise ces théories et construit l'affirmation suivante :

***Proposition 2 : Le modèle de gestion de Partenariat Public-Privé permet d'améliorer l'optimisation financière et, par conséquent la réalisation d'une logistique inversée des déchets.***

### 5.5.1.2. Le Pré-Modèle Qualitative

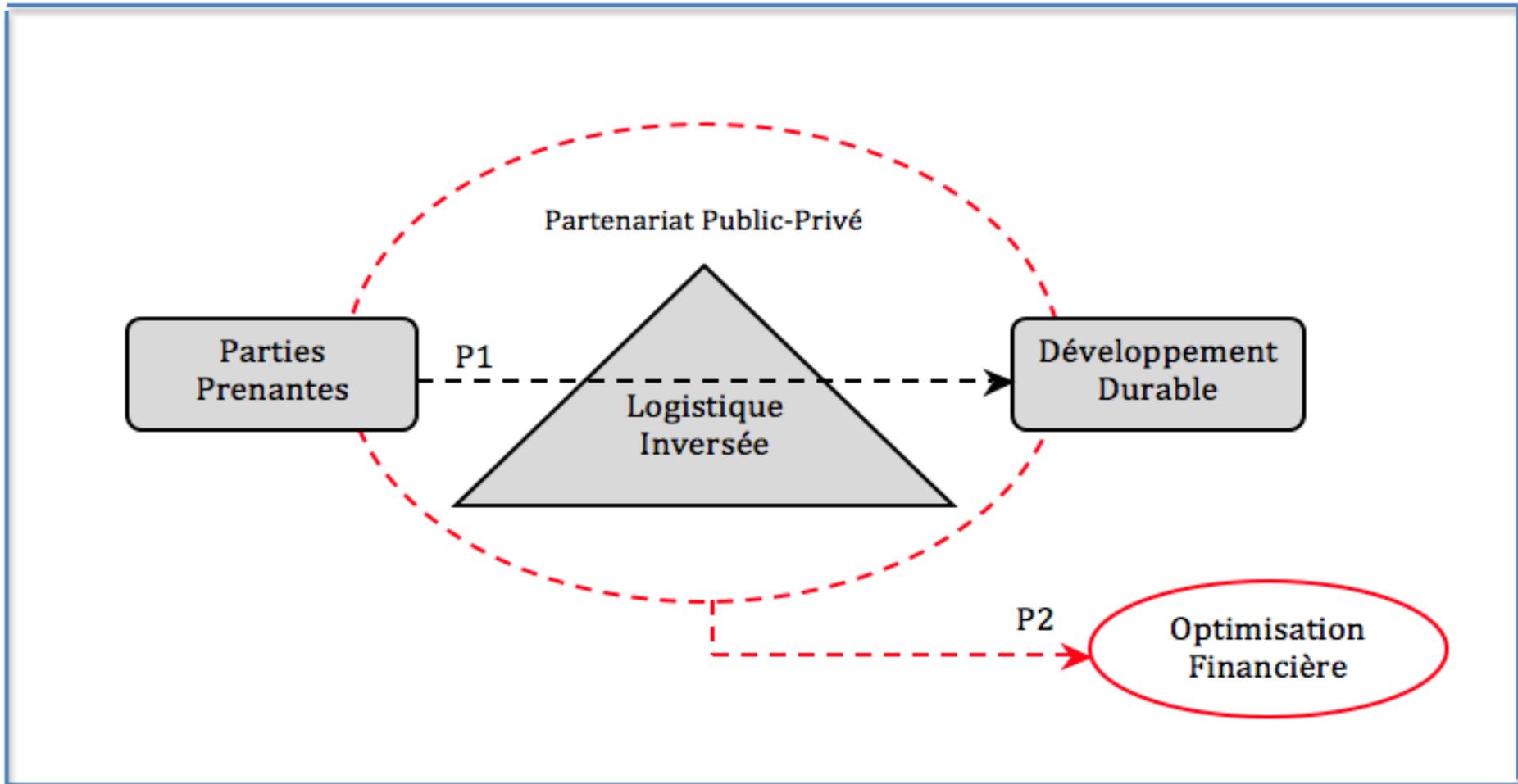


Schéma 3.7 – Le Pré-Modèle Qualitative  
Source: Elaboration Personnelle

## **CHAPITRE VI - L'OPTIMISATION QUANTITATIVE**

## 6.1. La formulation du problème

Pour optimiser la logistique inversée dans le contexte de la collecte et du transport des déchets, il convient d'utiliser un outil largement employé dans la recherche opérationnelle, c'est-à-dire, la technique mathématique de la programmation linéaire. La formulation mathématique de la programmation linéaire peut être efficacement employée pour obtenir des solutions optimisées de problèmes pratiques qui sont raisonnablement exprimés à travers des équations et des inéquations linéaires.

La formulation consiste à établir un ensemble de variables de décisions, de définir une fonction objective linéaire indiquant la contribution de chaque variable pour la solution souhaitée du problème, ainsi que d'imposer un ensemble de restrictions linéaires en décrivant les limites auxquelles les variables sont soumises. La solution du problème consiste alors à obtenir un ensemble de valeurs des variables de décision qui résultent de la meilleure valeur, soit maximum ou minimum, de la fonction objective étant toujours compatibles avec toutes les restrictions imposées.

Ceci posé, l'objectif de cette analyse quantitative est de déterminer la localisation optimisée des Ecopoints à installer dans une région géographique spécifique. Dans le processus de formulation du problème, les étapes suivantes doivent être exécutées:

1. L'identification des variables – point 6.3 ;
2. La formulation de la fonction objective – point 6.4 ;
3. L'identification et la formulation des restrictions – point 6.5 ;
4. La formulation du modèle – point 6.6.

Toutefois, avant de procéder à la formulation du problème, il est important de faire connaissance de la région géographique à étudier pour qu'il soit possible d'identifier, d'établir, et de définir des variables de décision et des contraintes réalistes ainsi que de formuler une fonction objective plus adéquate.

## 6.2. La détermination des secteurs géographiques à étudier

Les outils de calcul pour le géo-traitement ou, plus largement la, géo-informatique permettent l'exécution d'analyses importantes et complexes visant à la prise de décisions sur les plus différents problèmes urbains, ruraux et particulièrement environnementaux dans un pays de grandes dimensions territoriales comme le Brésil. Ces outils composent ce que nous appelons le Système d'Information Géographique – SIG (*Geographic Information System – GIS*) et sont utilisés pour, stocker, manipuler et analyser des informations géographiques, ayant pour but d'aider à la prise de décisions de gestion dans ses plus diverses applications.

Cependant, dans certaines situations pratiques, l'ensemble de méthodes, techniques, concepts, procédures et analyse impliqués dans le processus peut exiger de considérables efforts et un savoir spécialisé afin d'obtenir des données, de les éditer, et de les manipuler jusqu'à l'obtention des résultats. Dans ce cas, on peut avoir recours à l'IBGE (2010) qui dispose d'une immense quantité d'informations et qui peut être utilisé au niveau national, dans le but de résoudre les problèmes essentiels de la ville, sans avoir besoin d'impliquer des procédures qui requièrent un haut degré de complexité mathématique/informatique.

Il faut savoir que tout le territoire national brésilien est divisé en secteurs de recensement et, par conséquent, tous les villes brésiliennes et leurs découpages territoriales internes — districts et sous-districts — ont leurs réseaux de secteurs du recensement enregistrés. Pour la réalisation du Recensement 2010, le Territoire National Brésilien a été divisé en 316.574 secteurs de recensement.

Ces secteurs du recensement sont délimités par l'IBGE selon quelques critères opérationnels de collecte de données par le recenseur considérant la région parcourue, le temps d'exécution des services d'assemblage de données et le nombre de domiciles devant être recensés. Un secteur du recensement est, ainsi, une unité territoriale de collecte des opérations de recensement possédante des limites physiques bien identifiées. Selon l'IBGE (2010), « le secteur du recensement est la plus petite unité territoriale, formée par zone continue, intégralement présentée en zone urbaine ou

rurale, avec dimension adéquate à l'opération de recherche et dont l'ensemble couvre la totalité du Territoire National, ce qui permet d'assurer la pleine couverture du Pays ».

La zone géographique à étudier correspond pour nous à une région urbaine de la municipalité de Fortaleza et une région urbaine de la municipalité d'Osasco.

Selon l'IBGE, le code du secteur du recensement (par exemple, 230440075130405), indique le code numérique complet du secteur du recensement et possède 15 chiffres divisés de la façon suivante:

23      04400      75      13      0405

UF      MMMMM      DD      SD      SSSS, où :

UF = Unité de la Fédération (= 23 pour L'État du Ceará)

MMMMM = Ville (= 04400 pour la ville de de Fortaleza)

DD = District (= 75 District utilisé dans cette recherche)

SD = Sous-district (= 13 Sub-District utilisé dans cette recherche)

SSSS = Secteur du recensement (= 0405 Secteur utilisé dans cette recherche)

Ainsi, pour Fortaleza, le code du secteur du recensement commence toujours avec 2304400 qui représente 23 = État du Ceará et 04400 = Ville de Fortaleza.

Le recensement de 2010 considère 5 districts à Fortaleza, autrement dit, le DD à Fortaleza peut avoir les codes suivants:

05: District de Fortaleza

60: District de Antônio Bezerra

65: District de Messejana

70: District de Mondubim

75: District de Parangaba

Le recensement de 2010 considère 9 sous-districts à Fortaleza, en d'autres termes, le SD à Fortaleza peut avoir les codes suivants :

06: Sous-district Antônio Bezerra

07: Sous-district Barra do Ceará

08: Sous-district Centro

09: Sous-district Cidade dos Funcionários

10: Sous-district Conjunto Ceará

11: Sous-district Messejana

12: Sous-district Mucuripe

13: Sous-district Parangaba

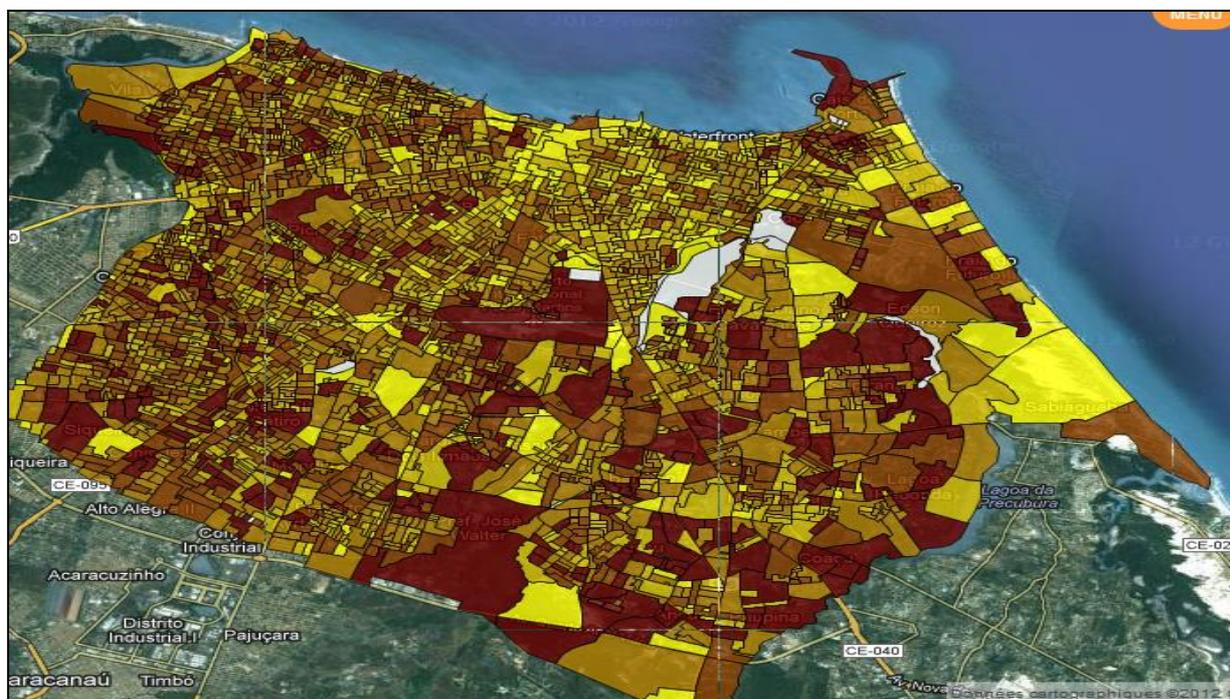
14: Sous-district Prefeito José Walter Mondubim

Le recensement de 2010 considère un total de 3020 secteurs du recensement dans la ville de Fortaleza (Carte 6.1), distribués en sous-districts (Tableau 6.1).

Code du sous-district	Nom du sous-district	Quantité de secteurs du recensement au sous-district
06	Antônio Bezerra	280
07	Barra do Ceará	393
08	Centro	343
09	Cidade dos Funcionários	195
10	Conjunto Ceará	381
11	Messejana	304
12	Mucuripe	334
13	Parangaba	399
14	Prefeito José Walter Mondubim	391
<b>Total de secteurs censitaires dans la ville de Fortaleza:</b>		<b>3020</b>

Tableau 6.1 – Secteurs du recensement dans la ville de Fortaleza distribués en sous-districts.

Source: IBGE (2010)



Carte 6.1 – Les secteurs du recensement de la ville de Fortaleza.

Source: IBGE (2010)

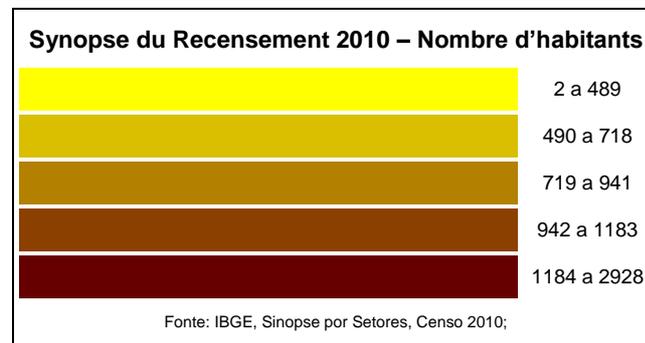


Schéma 6.1 – La quantité de résidents dans les secteurs du recensement de la ville de Fortaleza.

Source: IBGE (2010)

### 6.3. L'identification des variables

Les variables représentent un ensemble de quantités qui doivent être déterminées pour que nous puissions avoir la solution du problème. Celle-ci est obtenue quand les meilleures valeurs des variables sont identifiées. Les variables sont aussi dénommées variables de décision afin que la solution décide la valeur que chaque variable doit assumer.

Comme nous l'avons déjà fait remarquer, l'objectif de cette analyse quantitative est de déterminer la localisation optimisée d'Ecopoints à installer sur une région géographique déterminée pour répondre à la demande de disposition de déchets solides des domiciles.

Les décisions de gestion à prendre sont : établir dans quels secteurs du recensement nous devons installer les Ecopoints et quelle serait la quantité des déchets transportés des domiciles situés dans chaque secteur du recensement vers chaque Ecopoint installé.

Dans la modélisation du problème, une importante variable de décision est la variable binaire  $y_i$  ainsi définie:

$y_i = 1$ , si dans le secteur du recensement  $i$ , un Ecopoint est installé;

$y_i = 0$ , si dans le secteur du recensement  $i$ , un Ecopoint n'est pas installé;

Pour  $i = 1, 2, \dots, n$ , en étant  $n$  le nombre de secteurs du recensement dans la région étudiée.

Le caractère binaire, ou bivalent de la variable  $y_i$ , est évident, vu qu'il n'y a que deux valeurs uniques que la variable peut prendre : 0 (l'Ecopoint n'est pas installé) ou 1 (l'Ecopoint est installé)

L'autre variable importante dans la solution du problème est la variable  $x_{ij}$  qui représente la quantité (kg) de déchets solides transportés des domiciles générateurs de déchets et qui se trouvent dans le secteur du recensement  $j$  vers un Ecopoint installé (si il a été installé) dans le secteur du recensement  $i$ , pour  $i = 1, 2, \dots, n$  et  $j = 1, 2, \dots, n$ . Comme la variable  $x_{ij}$  représente la quantité de déchets transportés, nous considérons, évidemment,  $x_{ij} \geq 0$ .

#### 6.4. La formulation de la fonction objective

La fonction objective indique comment une variable contribue à la valeur à optimiser dans la solution du problème. En face des variables déjà définies, à savoir,  $y_i$  et  $x_{ij}$ , la fonction objective doit incorporer les coûts considérés importants dans la prise de décisions de gestion, en ajoutant le coût d'installation ainsi que le coût opérationnel des plusieurs Ecopoints installés, et le coût de transport des déchets des domiciles générateurs vers eux:-

La fonction objective  $F$  est ainsi exprimée selon

$$F = \sum_{i=1}^n c_i y_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}, \quad (6.1),$$

Là, chaque coefficient  $ci_i$  représente le coût d'installation plus le coût opérationnel d'un Ecopoint installé dans le secteur du recensement  $i$ ; et chaque coefficient  $ct_{ij}$  représente le coût unitaire du transport des déchets des domiciles situés dans le secteur du recensement  $j$  vers un Ecopoint installé dans le secteur du recensement  $i$ .

En considérant une région géographique avec  $n$  secteurs du recensement, la fonction objective possède, dans son développement, un total de  $n(n+1)$  termes, correspondant  $n$  termes pour les coûts d'installation plus le coût opérationnel des Ecopoints et  $n^2$  termes pour le coût de transports des déchets des domiciles vers les Ecopoints.

Les coefficients  $ci_i$  sont donnés en R\$ ; les unités des coefficients  $ct_{ij}$  sont en R\$/kg ; l'unité des variables de décision  $x_{ij}$  est kg et la fonction objective  $F$  est en R\$. Chacun des coefficients  $ci_i$  e  $ct_{ij}$  représente la contribution pour la fonction objective  $F$  d'une unité de valeur de la variable correspondante.

L'objectif de la présente formulation est de minimiser la valeur de la fonction objective  $F$  qui incorpore les coûts considérés importants dans la prise de décisions pour l'installation optimisée d'Ecopoints sur une région géographique déterminée.

### **6.5. L'identification et la formulation des restrictions**

Les restrictions déterminent et limitent les valeurs possibles que les variables d'un problème formulé peuvent assumer en utilisant la technique mathématique de la programmation linéaire.

Les restrictions suivantes, exprimées sous la forme d'équations et inéquations linéaires, établissent les limites auxquelles les variables sont soumises:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} - c_i y_i \leq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6.2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = q_j, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (6.3)$$

$$\sum_{i=1}^n y_i = ne \quad (6.4)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n \quad (6.5)$$

$$y_i = 0 \text{ ou } 1, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6.6)$$

Là,  $c_i$  représente la capacité en kg de déchets de l'Ecopoint installé dans le secteur censitaire de recensement  $i$  (au cas où l'Ecopoint soit installé);  $q_j$  est la quantité (kg) de déchets produits dans les domiciles situés au secteur du recensement  $j$ ; et  $ne$  représente pas le nombre total d'Ecopoints à installer dans la région géographique étudiée.

Les restrictions au-dessus établissent que :

- 1) les quantités des déchets transportés des domiciles situés dans les différents secteurs du recensement  $j$  ne dépassent pas la capacité de l'Ecopoint installé dans le secteur du recensement  $i$  (si l'Ecopoint est installé) – (2) ;
- 2) Les quantités  $q_j$  des déchets générés par les domiciles situés dans chaque secteur du recensement  $j$  soient transportées à tous les Ecopoints installés – (3) ;
- 3) Les déchets générés ne sont transportés que vers les secteurs du recensement possédant des Ecopoints installés – (3) ;
- 4) Le nombre total d'Ecopoints installés est égal à une valeur préétablie – (4) ;
- 5) Les variables de décisions  $x_{ij}$  ne sont pas négatives – (5) ;
- 6) La décision pour l'installation d'un Ecopoint est binaire dans la forme oui ou non – (6) ;

7) quand l'Ecopoint n'est pas installé, nous avons  $y_i = 0$  et, effectivement, aucune quantité de déchets ne sera transportée vers lui – (6);

8) quand l'Ecopoint est installé, nous aurons  $y_i = 1$  et la quantité des déchets solides transportés vers lui ne doit pas dépasser sa capacité – (6) et (2).

En considérant une région géographique avec  $n$  secteurs du recensement, les restrictions à propos de la capacité des Ecopoints installés sont exprimées par  $n$  inéquations, chacune avec  $n + 1$  termes pendant son développement. À propos de la production de déchets, les restrictions sont exprimées par  $n$  équations avec  $n + 1$  termes.

### 6.6. La formulation du modèle

En composant la fonction objective et les restrictions, nous arrivons, finalement, au modèle suivant pour la solution du problème:

$$\text{minimiser } F = \sum_{i=1}^n c_i y_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}, \quad (6.7)$$

sujet à

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} - c_i y_i \leq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6.8)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = q_j, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (6.9)$$

$$\sum_{i=1}^n y_i = ne \quad (6.10)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n \quad (6.11)$$

$$y_i = 0 \text{ ou } 1, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6.12)$$

### 6.7. La solution du modèle

Pour obtenir la solution du système d'équations et d'inéquations représentatives des restrictions imposées et optimiser la fonction objective, le programme d'ordinateur

LINDO (*Linear INteractive and Discrete Optimizer*) sera utilisé. Il est considéré comme un puissant et efficace outil mathématique/numérique capable d'exécuter des procédures visant à optimiser des solutions de modèles de programmation linéaire. Le modèle LINDO se présente sous une forme assez simple, semblable à la forme conventionnelle qui présente formulations exprimées par des équations et des inéquations (LINDO, 2003; SCHRAGE, 2006).

Trois composantes sont nécessaires pour la formulation d'un modèle LINDO, à savoir :

- 1) une fonction objective;
- 2) les variables;
- 3) les restrictions.

Essentiellement, dans la syntaxe d'un modèle LINDO, nous devons maximiser ou minimiser une fonction objective, en observant un ensemble de restrictions préétablies.

Dans l'analyse présentée, la modélisation doit contenir les blocs suivants:

1. La fonction objective suivant juste après la commande « MIN », déterminant que la fonction objective devra être MINimisée;
2. La déclaration « SUBJECT TO » ou, alternativement, seulement « ST », et, juste après, la déclaration de restriction du problème;
3. La commande « END »;
4. La commande « INT » <Variable>, dont la fonction est de faire devenir binaire la variable spécifiée, cela veut dire, imposer que la variable n'assume que les deux valeurs 0 ou 1.

Il est toujours mieux d'insérer la commande « TITLE » <Titre> juste au début de la formulation modèle, avant la commande MIN de la fonction objective, pour associer un titre descriptif au modèle. Le Titre est n'importe quelle information alphanumérique pertinente, avec un maximum de 74 caractères.

Des commentaires explicatifs peuvent être intercalés n'importe où tout au long de la formulation du modèle, dès que certains commentaires soient précédés d'un point d'exclamation « ! ». Toute information après un point d'exclamation dans une ligne déterminée du modèle sera considérée seulement comme un commentaire. La fonction objectif et les restrictions peuvent être présentées dans une seule ligne ou peuvent être distribuées en plusieurs lignes.

Le programme LINDO est capable d'optimiser des problèmes qui englobent des milliers de restrictions et des centaines de milliers de variables, comme dans le cas de l'optimisation de l'emplacement d'Écopoints, par exemple, dans le sous-district Mucuripe de la ville de Fortaleza, considérant que tous leurs 334 secteurs du recensement qui participent du même (Tableau 6.1.).

Après l'incorporation de tous les blocs, composantes et commandes mentionnées ci-dessus, la disposition générale du modèle LINDO sera formulée et résolue selon l'analyse suivante :

TITLE<Titre>! Titre descriptif alphanumérique avec un maximum de 74 caractères

MIN ! Minimise la fonction objective

! Définit la fonction objective

! Termes correspondants au coût d'installation plus coût opérationnel des  
! écopoint

$$\sum_{i=1}^n c_i y_i +$$

! Termes correspondants au coût du transport de déchets solides  
! au long des voies

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

SUBJECT TO

! Établit les restrictions

! Termes correspondants à la capacité des écopoints

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} - c_i y_i \leq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

! Termes correspondants à la génération des déchets

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = q_j, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

! Termes correspondants à la quantité d'écopoints à installer

$$\sum_{i=1}^n y_i = ne$$

END

! Restreint la valeur des variables assumées seulement 0 ou 1, cela veut dire qu'elles deviennent binaires

$$\text{INT } y_i \quad i = 1, 2, \dots, n$$

! FIN DES DONNÉES

### 6.8. Le programme computationnelle QUARIECOS - La ville de Fortaleza

Le programme d'ordinateur QUARIECOS (QUAntification des Routes Interliquant le Ecopoint et les Secteurs censitaires), codé de langage FORTRAN 03 (ADAMS et al., 2009) et développé particulièrement pour cette recherche, a été utilisé dans le but de:

a) lire, reconnaître et manipuler les informations du recensement produites et documentées par l'Institut Brésilien de Géographie et Statistique (IBGE), relatives aux différents secteurs du recensement, considérés comme la moindre unité territoriale de collecte des opérations du recensement, avec les limites bien fixées;

b) créer un fichier avec une syntaxe appropriée, et être reconnu comme modèle de programmation linéaire par le programme d'ordinateur LINDO, en vue de détermination de l'emplacement optimisé d'Écopoints à installer dans une certaine zone géographique, pour répondre à la demande des domiciles dans la disposition de leurs déchets solides.

Dans la lecture et reconnaissance des données du recensement, les caractéristiques des secteurs du recensement sont identifiées, à savoir, l'unité de la fédération, la ville, le district, le sous-district et le secteur, dans son géo-codage. Par ailleurs, le nombre de personnes résidant dans chaque secteur du recensement est obtenu et, aussi, les coordonnées géographiques (latitude et longitude) des frontières physiques des éléments rectangulaires qui composent le réseau municipal numérique de secteurs du recensement, associés au système de référence SIRGAS (Système de Référence Géocentrique pour les Amériques).

Le réseau municipal numérique des secteurs du recensement est composé des éléments rectangulaires dont les sommets sont identifiés par le numéro 1, 2, 3 et 4 et, donc, pour définir l'élément rectangulaire dans le réseau numérique, seules les coordonnées géographiques de deux sommets opposés 1 et 4 ont besoin d'être fournies comme entrées du programme d'ordinateur QUARIECOS. Les coordonnées géographiques des deux autres sommets 2 et 3 de l'élément du réseau numérique sont créées à partir des coordonnées géographiques des sommets 1 et 4.

Ce sont des données essentielles d'entrée initiales pour la conception du modèle : le coût unitaire du transport des déchets au long de la voie entre le secteur du recensement où se trouve le domicile générateur des déchets et l'Ecopoint installé, en R\$/km.kg; la demande des domiciles dans la disposition de ses déchets en kg/personne.jour; le coût d'installation plus le coût opérationnel de l'Ecopoint installé, en R\$; la capacité de l'Ecopoint en kg de déchets; et le nombre d'Ecopoints à installer dans la région géographique analysée.

La région géographique analysée est décomposée par un réseau qui établit un lien entre les points centraux des différents secteurs du recensement. Ensuite, les distances orthogonales entre ces points sont déterminées pour générer les coûts du transport au long des différentes voies, ce qui permet la génération des éléments de la matrice des coefficients  $c_{ij}$  en représentant le coût unitaire du transport des déchets solides des domiciles situés dans le secteur du recensement  $j$  à un Ecopoint installé dans le secteur du recensement  $i$ . La matrice des coefficients  $c_{ij}$  est symétrique.

Enfin, le modèle LINDO est créé en tenant compte de la fonction objective, des restrictions imposées et des conditions binaires de la variable  $y_i$ , en la soumettant à la syntaxe du programme d'ordinateur LINDO, comme nous l'avons vu sur le point 6.7.

### **6.8.1. Notre apport scientifique personnel**

Finalement, pour résumer notre apport scientifique sur le programme QUARIECOS, notre Schéma 6.2 condense le pas-a-pas de cette partie quantitative. En fait, comme nous considérons comme variable principale la « population » (quantité d'habitantes résidents par région), nous commençons notre résolution quantitative avec l'utilisation du site IBGE qui donne toutes les statistiques du Brésil, qui a été actualisé en 2010 et qui divise le territoire brésilien en 316.574 secteurs censitaires.

Ce site fournit la quantité d'habitants par région (ou par zone) et dans chaque ville brésilienne. Cette information, à propos de la population, peut être fournie par le site dans un tableau Excel. Cependant, pour que ces valeurs soient reconnues par le programme d'ordinateur de traitement et d'optimisation des données – LINDO –, il faudrait un programme capable de lire, reconnaître et créer un fichier, à partir du tableau Excel, compatible pour la lecture du software LINDO. Et, pour faciliter et favoriser la lecture entre des programmes différents, nous avons dû construire, pendant cette thèse, le programme QUARIECOS.

Pour l'élaboration du programme, il a fallu choisir le langage d'écriture. En fait, actuellement, il y a beaucoup de systèmes computationnels et, par conséquent, beaucoup de langages que ces programmes utilisent pour faire fonctionner les systèmes. Dans cette thèse, notre programme exclusif et spécifique – QUARIECOS – a été fait en utilisant le code de langage FORTRAN 03. Ce langage est peut-être le plus connu et le plus utilisé par les ingénieurs qui cherchent à construire des modèles mathématiques et des programmes computationnelles.

En fait, le compilateur FORTRAN 03 est nécessaire seulement quand nous sommes en train d'écrire le programme en langage FORTRAN. Pour écrire le programme, il faut installer le compilateur FORTRAN 03. Il faut aussi faire attention pour installer le compilateur compatible avec le système de notre ordinateur. Par exemple, si le système

opérationnel de notre ordinateur est le Windows, il faut un compilateur FORTRAN compatible avec ce système. Ensuite l'écriture du programme, le propre compilateur FORTRAN engendre un fichier exécutable avec l'extension .EXE (dans notre recherche, nous avons construit le programme QUARIECOS.exe) qui peut être exécuté par tous les ordinateurs.

Une expression FORTRAN est définie comme une combinaison d'items syntactiques. Autrement dit, une expression mathématique (avec des inéquations et équations) que peut constituer une seule constante et une seule variable pour trouver un seul élément ou, un ensemble de constantes et un ensemble de variables pour trouver un ou plusieurs solutions. Ces expressions FORTRAN peuvent être compilées dans plusieurs systèmes opérationnels (Windows, Linux, Mac os x), il faut juste télécharger la version du compilateur compatible avec votre système et l'installer. Dans notre cas, nous avons utilisé la version pour Windows.

Ainsi, comme nous l'avons exposé dans la partie méthodologie quantitative, notre thèse, pour arriver à une optimisation de la logistique inversée, va utiliser, en plus du site IBGE, trois programmes computationnels : l'un est déjà présent sur le marché et les deux autres ont été créés exclusivement pour cette thèse. Donc le processus d'optimisation de la logistique inversée que nous proposons passe alors par la séquence d'exécution des programmes : Site IBGE, QUARIECOS, LINDO et QUARIECOSpontos.

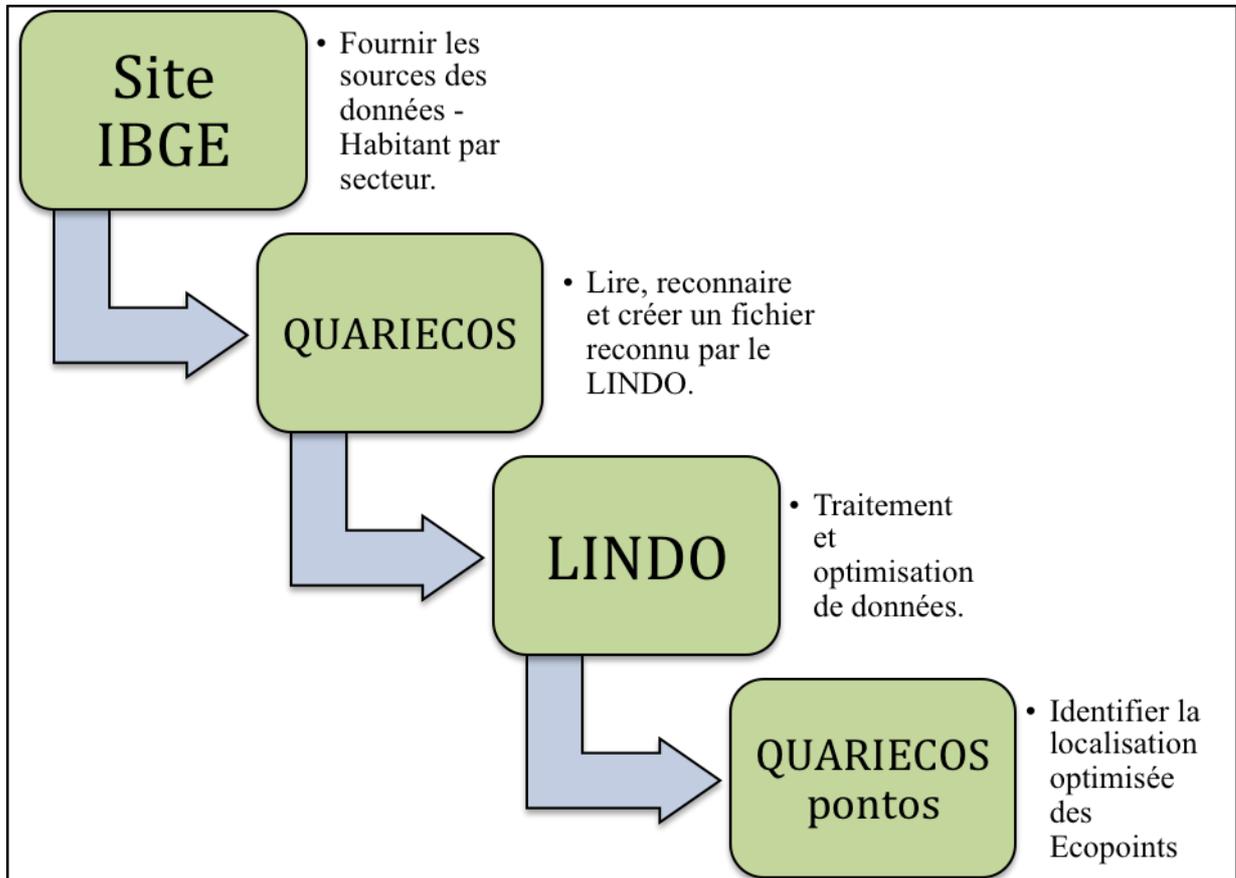


Schéma 6.2 – Les systèmes utilisés pour le traitement des données.

Source: Elaboration Personnelle

La première étape, concernant l'importation des données issues du site IBGE, le programme QUARIECOS.exe, grâce à la discrimination d'une aire géographique prédéterminée et analysée par un réseau interconnectant les points centraux de chaque secteur censitaire, détermine les distances orthogonales entre les points centraux et, par conséquent, les coûts de transport entre les secteurs censitaires.

Cette deuxième étape, d'exécution du programme QUARIECOS.exe, va engendrer le fichier **MODELO\_OTIMIZACAO.ltx**<sup>110</sup>. Ce fichier obéit à une syntaxe reconnue automatiquement par le programme LINDO parce qu'il élabore les expressions mathématiques appelés « *fonction objective* » qui seront traitées automatiquement par LINDO. Ces expressions sont utilisées dans la logistique traditionnelle mais dans notre recherche nous avons les adaptées pour traiter les problèmes de logistique inversée. Le programme QUARIECOS est assorti du fichier **SAIDA.txt**<sup>111</sup> dans lequel il enregistre

<sup>110</sup> APENDICE C – Fichier MODELO\_OTIMIZACAO.ltx

<sup>111</sup> APENDICE B – Fichier SAIDA.ltx

les données du projet analysé, les distances des routes entre les secteurs censitaires et les coûts de transports intersectoriel.

La troisième étape est l'introduction du fichier MODELO\_OTIMIZACAO.ltx dans le programme LINDO qui va produire un autre fichier appelé RESULTADOS.ltx<sup>112</sup> qui est le résultat de l'optimisation.

Finalement, après l'exécution du programme LINDO, le fichier RESULTADOS.ltx est introduit dans le programme QUARIECOSpontos qui est aussi codifié par le langage FORTRAN 03 et qui va engendrer le fichier ECOPONTOS.txt<sup>113</sup> afin de consolider l'identification et la localisation optimisée des Ecopoints à installer dans l'aire géographique analysée.

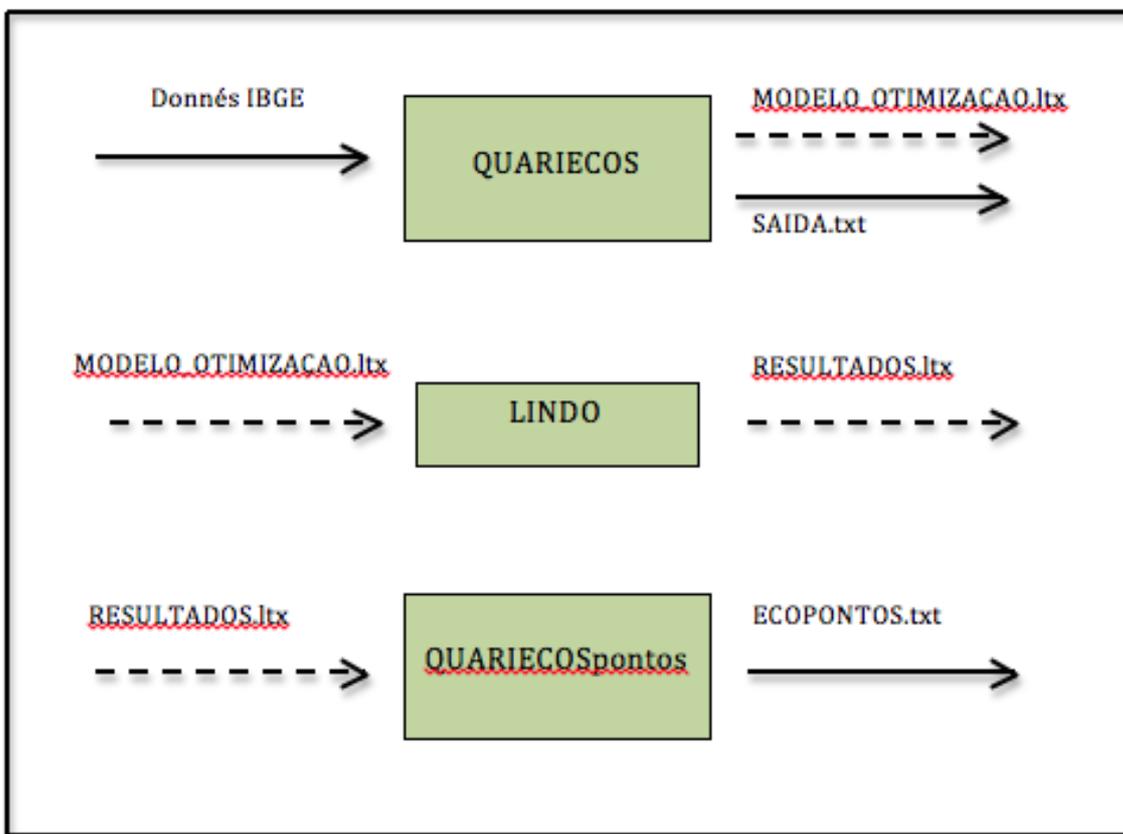


Schéma 6.3 – La séquence de traitement des données pour trouver la solution optimale.  
Source: Elaboration Personnelle

<sup>112</sup> APENDICE D – Fichier RESULTADOS.ltx

<sup>113</sup> Les Cartes 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.9, 5.10, 5.11, 5.12, 5.13

Ainsi, au-delà l'idée de construire une logistique inversée légitimée par le caractère objectif et quantitatif, notre contribution de thèse a été la construction de programmes computationnels spécifiques apportant aux préfectures la possibilité d'une utilisation généralisée pour optimiser leurs chaînes de logistique inversée surtout lorsque une fois que le site IBGE sera ouvert à tous sachant que le programme LINDO est déjà commercialisé librement. Et, pour démontrer la polyvalence et l'efficacité de cette relation créée entre le site IBGE et les programmes d'ordinateurs QUARIECOS, LINDO et QUARIECOSpontos, nous présentons ci-après la procédure pour la modélisation et la solution d'un problème réel et pratique.

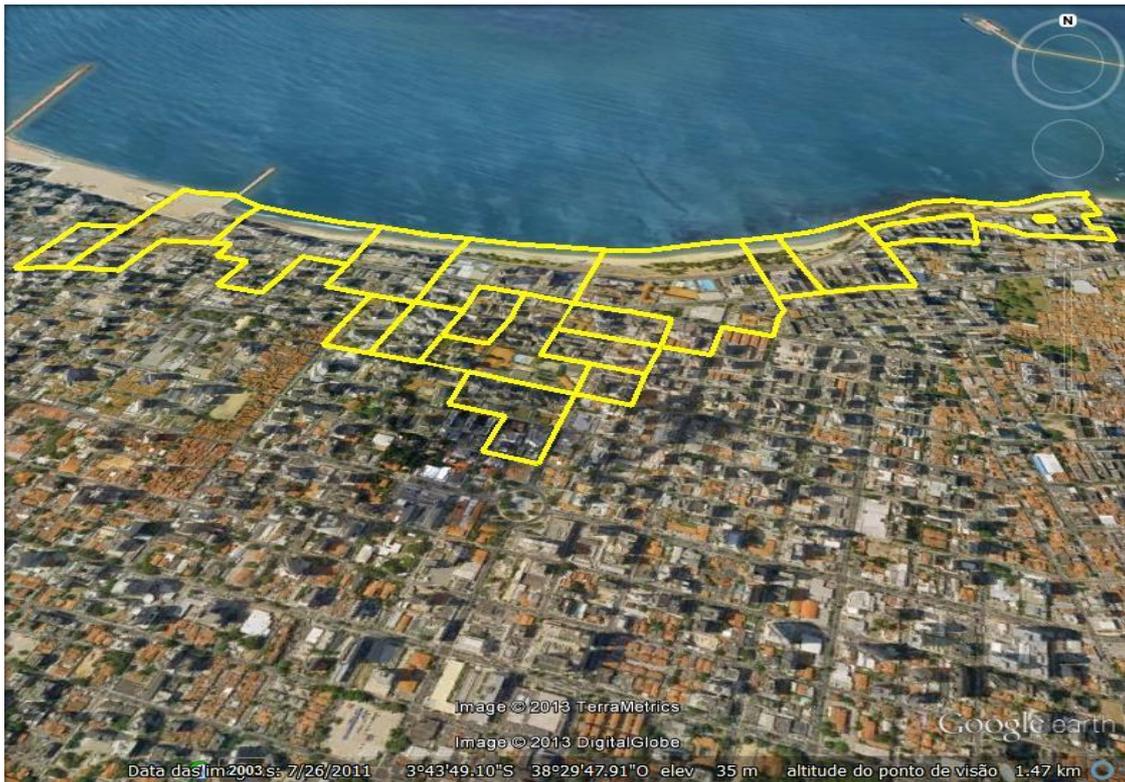


Figure 6.1 – Lay-out du programme QUARIECOS et QUARIECOSpontos.  
Source: Elaboration Personnelle

### 6.8.2. La ville de Fortaleza

Pour des raisons de limitation d'espace, l'exemple démonstratif formulé ne concerne que 16 des 334 secteurs du recensement du sous-district Mucuripe, de la ville de Fortaleza (Carte 6.2). La description des 16 secteurs du recensement considérés dans la simulation est exposée dans l'Appendice A, qui montre de façon séquentielle le point de départ, le parcours, les voiries, les accidents topographiques, les points de référence, les toponymes, la délimitation, le contour, le périmètre et le point final de chaque secteur du recensement. Le géocodage des 16 secteurs de recensement vu dans l'exemple est montré dans le Tableau 6.2, parallèlement à un nombre de personnes résidentes dans

chaque secteur. Ces informations sont obtenues directement des données disponibles dans le recensement de 2010 de l'IBGE<sup>114</sup>.



Carte 6.2 – Les 16 secteurs du recensement dans le sous-district Mucuripe de la ville de Fortaleza.

Source: IBGE (2010)

---

<sup>114</sup> <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/> - Consulté le 10/08/2013

<b>Numération interne du secteur censitaire</b>	<b>GéoCodage du secteur du recensement</b>	<b>Nombre de personnes résidentes (hab)</b>
101	230440005120358	526
102	230440005120359	567
103	230440005120360	284
104	230440005120365	804
105	230440005120373	170
106	230440005120381	575
107	230440005120608	883
108	230440005120609	600
109	230440005121063	658
110	230440005121064	697
111	230440005121065	670
112	230440005121066	598
113	230440005121072	510
114	230440005121073	562
115	230440005121074	573
116	230440005121076	967

Tableau 6.2 – Secteurs du recensement concernés dans la simulation.  
Source: IBGE (2010)

Dans l'Appendice B, nous présentons une reproduction de la liste du rapport enregistré dans le fichier *saida.ltx* créé par le programme d'ordinateur QUARIECOS, en enregistrant les données essentielles du projet analysé, y compris le géocodage des secteurs du recensement montré dans la simulation, le nombre de personnes résidentes dans chaque secteur, la quantité de déchets solides produits, les coordonnées géographiques (latitude et longitude), le nombre d'Ecopoints installés, la longueur des voies entre les différents secteurs du recensement et le coût du transport intersectoriel de déchets solides au long des voies.

Dans l'Appendice C, nous exposons la liste du modèle LINDO créé par le programme d'ordinateur préprocesseur QUARIECOS et, finalement, la solution du problème fournie par le programme d'ordinateur LINDO est dans l'Appendice D.

Dans l'exemple montré, nous considérons les données essentielles d'entrée:

1. Coût unitaire du transport de déchets au long de la voie entre le secteur du recensement et l'Ecopoint: R\$ 30,00/km.kg;
2. Production de déchets = 1.2 kg/personne.jour;

3. Coût d'installation plus coût opérationnel de chaque Ecopoint installé = R\$ 40.000,00;
4. Capacité de l'Ecopoint = 15.000 kg de déchets;
5. Nombre d'Ecopoints à installer dans la région géographique étudiée = 2.

À l'intérieur, le programme QUARIECOS adopte, pour les secteurs du recensement, une numérotation séquentielle propre — différente de la numérotation qui ressort dans l'identification du secteur dans le géocodage —, qui débute par le numéro 101. Donc, les secteurs du recensement de l'exemple ci-dessus sont identifiés par la numérotation de 101 à 116.

Le résultat de la simulation réalisée et présentée dans l'Appendice D, en utilisant les recours disponibles dans les programmes d'ordinateur QUARIECOS et LINDO, montre que les endroits idéaux pour l'installation des deux Ecopoints pour répondre aux besoins des déchets produits dans les 16 secteurs du recensement choisis dans le sous-district Mucuripe, dans la ville de Fortaleza, se situent dans les secteurs du recensement identifiés par les variables  $y_{107}$  e  $y_{112}$  correspondant, respectivement, aux secteurs du recensement avec le géocodage 230440005120608 e 230440005121066 (Carte 6.3).

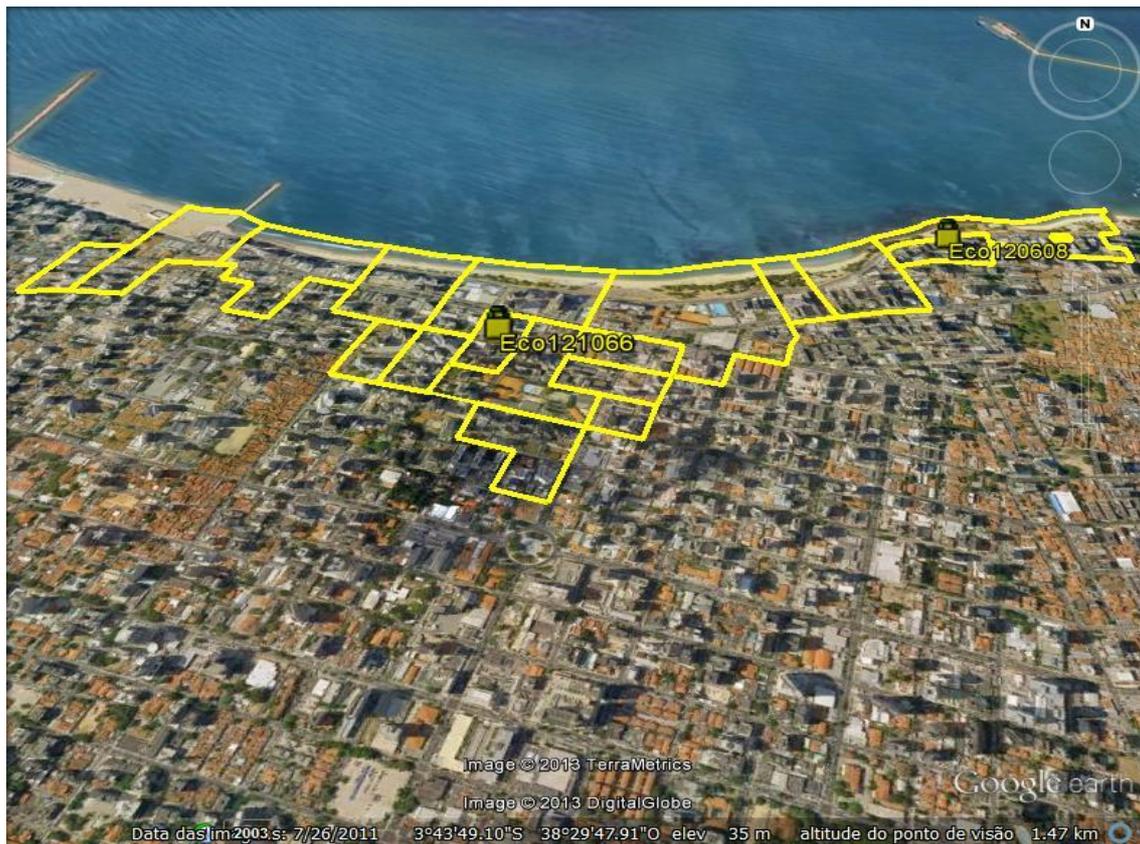
Les variables qui ne sont pas nulles  $x_{ij}$  et les coefficients correspondants  $ct_{ij}$  ont leurs valeurs enregistrées dans les Appendices C et D, et montrées dans le Tableau 6.3. Sur la base de l'Équation 1 et en utilisant les valeurs des variables  $x_{ij}$  et les coefficients correspondants  $ct_{ij}$ , la fonction objectif F assume donc la valeur minimale dans la solution de la simulation:

$$F = \sum_{i=1}^{16} ci_i y_i + \sum_{i=1}^{16} \sum_{j=1}^{16} ct_{ij} x_{ij} = R\$ 80.000,00 + R\$ 153.620,00 = R\$ 233.620,00,$$

Pour  $ci_{107} = ci_{112} = R\$ 40.000,00$ ,  $y_{107} = y_{112} = 1$  e  $y_i = 0$ , pour  $i \neq 107$  et  $i \neq 112$ .

Variáveis $X_{i,j}$	Valeur de $X_{i,j}$ (kg)	Coefficients $c_{i,j}$ (R\$/kg)
$X_{107105}$	204	17,10
$X_{107106}$	690	10,60
$X_{107107}$	1059	3,00
$X_{107108}$	720	7,40
$X_{112101}$	631	23,60
$X_{112102}$	680	13,40
$X_{112103}$	340	7,40
$X_{112104}$	964	16,20
$X_{112105}$	789	8,80
$X_{112110}$	836	5,10
$X_{112111}$	804	6,50
$X_{112112}$	717	3,00
$X_{112113}$	612	36,60
$X_{112114}$	674	39,80
$X_{112115}$	687	12,00
$X_{112116}$	1160	13,90

Tableau 6.3 – Valeurs des variables  $X_{i,j}$  et des coefficients  $c_{i,j}$  pour la simulation.  
Source: IBGE (2010)



Carte 6.3 – L'emplacement de 2 Ecopoints dans la simulation.  
Source: Conçue par l'auteur

De ce fait, en observant les résultats montrés dans le Tableau 6.3 ci-dessus, nous constatons que les déchets produits dans les domiciles situés dans les secteurs du recensement identifiés par **Y<sub>105</sub>**, **Y<sub>106</sub>**, **Y<sub>107</sub>** e **Y<sub>109</sub>** sont transportés à l'écopoint installé dans le secteur du recensement **Y<sub>107</sub>** (230440005120608) et les déchets produits dans les domiciles situés dans les autres secteurs sont transportés à l'Ecopoint installé dans le secteur du recensement **Y<sub>112</sub>** (230440005121066).

Du total de 11.567 kg de déchets solides produits par les 16 secteurs du recensement, 2.673 kg (23,1%) sont transportés à l'Ecopoint installé dans le secteur du recensement 230440005120608 et 8.894 kg (76,9%) sont transportés à l'Ecopoint installé dans le secteur du recensement 230440005121066.

Les coordonnées géographiques (latitude et longitude) des endroits où nous devons installer les deux Ecopoints de la simulation sont enregistrées sur le rapport enregistré dans le fichier *saída.txt* créé par le programme d'ordinateur QUARIECOS et inclus dans l'Appendice B. Pour l'Ecopoint situé dans le secteur du recensement de géocodage 230440005120608 les coordonnées géographiques sont  $-3^{\circ}43'26''$  ( $-3.72389^{\circ}$ ) de latitude et  $-38^{\circ}29'18''$  ( $-38.48833^{\circ}$ ) de longitude. Pour l'Ecopoint situé dans le secteur du recensement de géocodage 230440005121066 les coordonnées géographiques sont  $-3^{\circ}43'39''$  ( $-3.72736^{\circ}$ ) de latitude et  $-38^{\circ}29'54''$  ( $-38.49820^{\circ}$ ) de longitude.

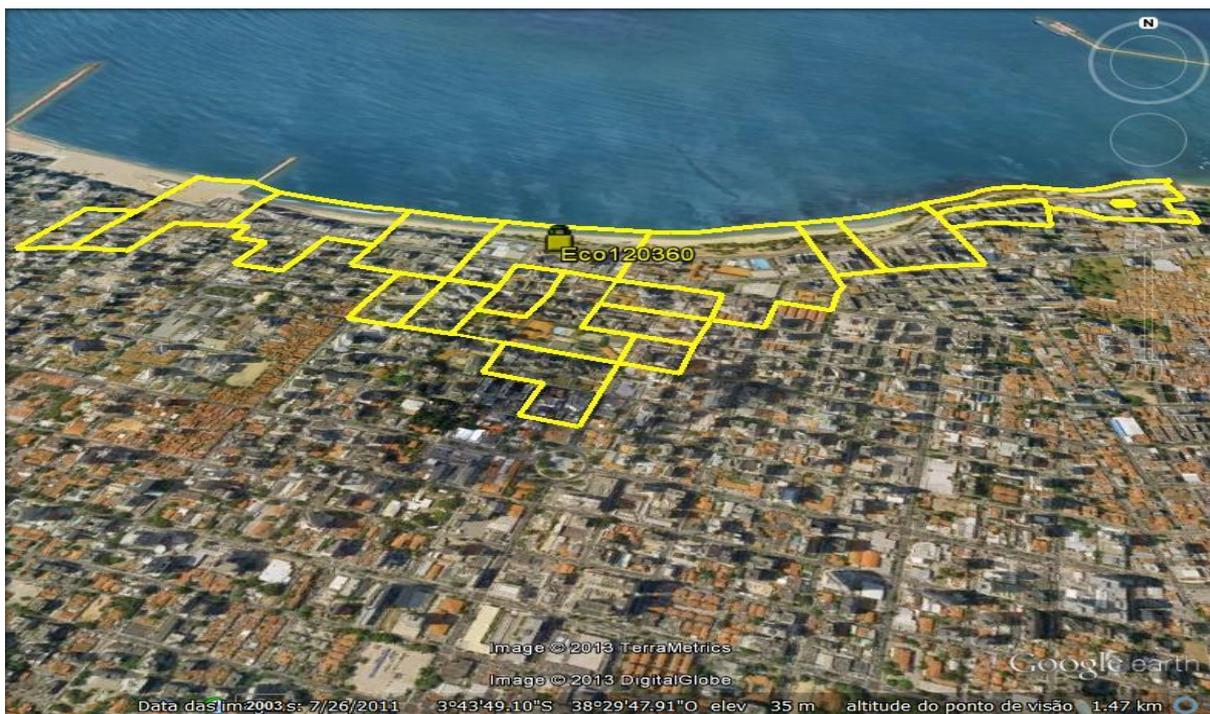
Dans la simulation illustrée, la modélisation est faite pour l'installation de 2 Ecopoints dans la région géographique analysée. Ainsi, il n'y a pas de difficulté pour une nouvelle modélisation du même projet qui détermine l'installation d'autre quantité différente d'Ecopoints, simplement en modifiant les données d'entrée du programme d'ordinateur QUARIECOS.

Le Tableau 6.4 illustre des situations où nous avons examinés les résultats pour des différents nombres d'Ecopoints à être installés dans la région géographique occupée par les 16 secteurs du recensement du sous-district Mucuripe de la simulation présentée précédemment. Les résultats montrent les secteurs du recensement où les Ecopoints doivent être installés et la valeur optimisée de la fonction objective pour les cas

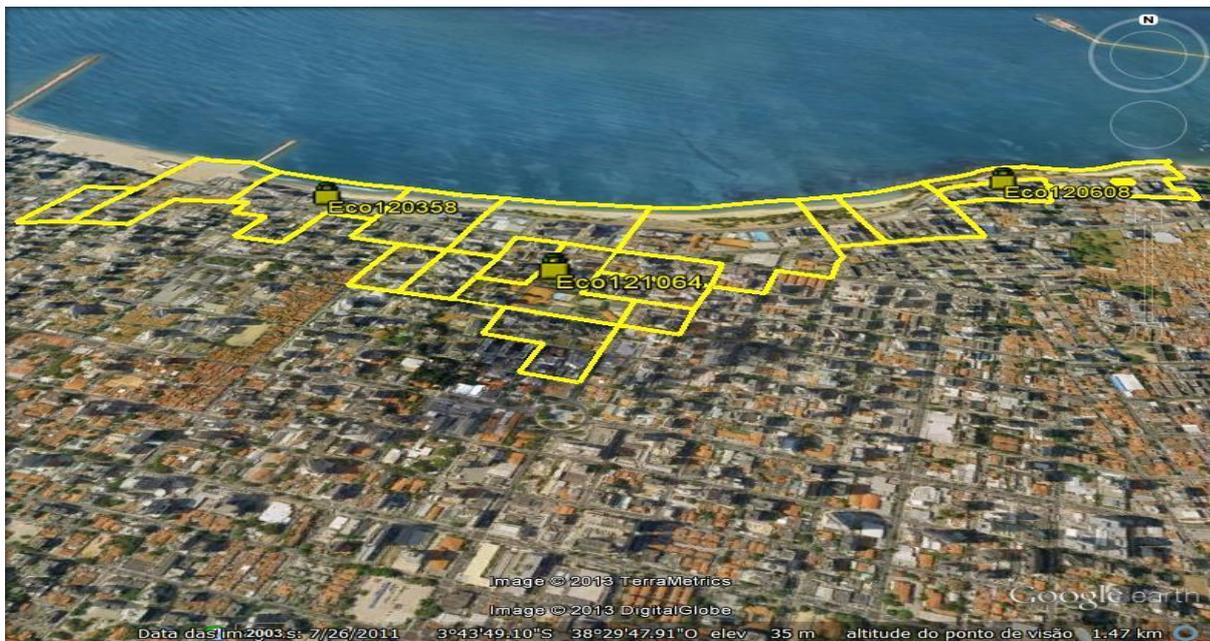
d'installation de 1, 3, 4 et 5 Ecopoints dans le même projet, permettant une évaluation précise et la prise de décision consécutive (Cartes 6.4, 6.5, 6.6, 6.7).

Quantité d'ecopoints installés	Secteur du recensement où les ecopoints sont installés	Coordonnées Géographiques des Ecopoints intallés Latitude et longitude	Valeur optimisée (R\$) de la fonction objective
1-(Eco120360)	230440005120360	-3°43'32", -38°29'52"	278.873,90
3-(Eco120358) (Eco120608) (Eco121064)	230440005120358	-3°43'28", -38°30'09"	222.388,10
	230440005120608	-3°43'26", -38°29'18"	
	230440005121064	-3°43'42", -38°29'52"	
4-(Eco120358) (Eco120365) (Eco120608) (Eco121064)	230440005120358	-3°43'28", -38°30'09"	247.089,70
	230440005120365	-3°43'35", -38°29'39"	
	230440005120608	-3°43'26", -38°29'18"	
	230440005121064	-3°43'42", -38°29'52"	
5-(Eco120365) (Eco120608) (Eco121063) (Eco121064) (Eco121072)	230440005120365	-3°43'35", -38°29'39"	273.725,00
	230440005120608	-3°43'26", -38°29'18"	
	230440005121063	-3°43'40", -38°30'02"	
	230440005121064	-3°43'42", -38°29'52"	
	230440005121072	-3°43'25", -38°30'20"	

Tableau 6.4 – Résultats pour des différentes quantités d'Ecopoints installés.  
Source: Élaboration Personnelle



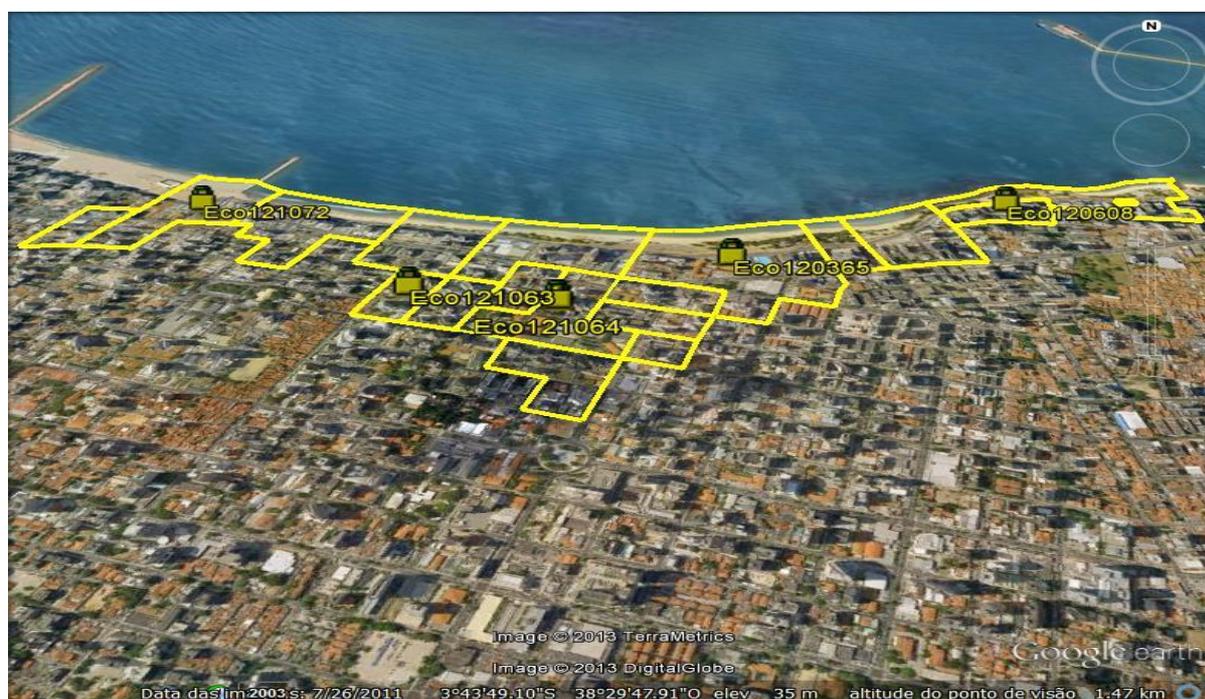
Carte 6.4 – L'emplacement de 1 Eco-point dans la simulation.  
Source: Conçue par l'auteur



Carte 6.5 – L'emplacement de 3 Ecopoints dans la simulation.  
Source: Conçue par l'auteur



Carte 6.6 – L'emplacement de 4 Ecopoints dans la simulation.  
Source: Conçue par l'auteur



Carte 6.7 – L'emplacement de 5 Ecopoints dans la simulation.

Source: Conçue par l'auteur

Finalement, bien que nous n'ayons considéré que 16 secteurs du recensement dans le sous-district Mucuripe, le programme d'ordinateur QUARIECOS a une capacité suffisante pour créer le modèle LINDO en tenant compte tous les 334 secteurs du recensement de ce sous-district, en englobant 111.556 éléments dans la matrice des coefficients  $c_{ij}$  et aussi 111.556 éléments dans la matrice des variables  $x_{ij}$ .

Comme préprocesseur, le programme QUARIECOS est un outil de calcul important qui fournit une interface efficace et polyvalente avec l'utilisateur dans la préparation, la maîtrise des paramètres de simulation et la création du modèle en vue d'une utilisation rigoureuse du programme d'ordinateur LINDO, dans le but de déterminer l'emplacement optimisé d'écopoints à installer dans une région géographique donnée.

En fait, le programme d'ordinateur QUARIECOS peut être un préprocesseur important, au vue de sa vaste applicabilité, puisque nous utiliserons l'immense quantité d'informations du recensement toujours disponibles par l'IBGE à l'échelon national brésilien, concernant tous les 5.565 villes (ce qui résulte dans une population totale,

selon le recensement de 2010 de l'IBGE, de 190.755.799 d'habitants) et tous les 316.574 secteurs du recensement, à fort impact socio-économique-écologique dans la gestion de déchets solides au Brésil.

### 6.8.3. La ville d'Osasco

La deuxième région géographique à analyser est la région urbaine de la ville d'Osasco. Les 16 secteurs censitaires du municípe d'Osasco peuvent être visualisés dans la carte 6.8 et le tableau 6.5, avec ses géocodes et les quantités de personnes résidentes. Toutes ces informations sont aussi issues du site IBGE.

Dans la situation de l'exemple pour la ville d'Osasco, nous simulerons l'installation de 1, 2, 3, 4 ou 5 Ecopoint(s) dans la région de 16 secteurs censitaires. Nous utiliserons aussi le programme computationnel QUARIECOS et, ensuite, le programme computationnel LINDO. Les résultats de la simulation peuvent être visualisés dans le tableau 6.6.



Carte 6.8 – Les secteurs du recensement de la ville d'Osasco.  
Source: IBGE (2010)

Numération interne du secteur censitaire	GéoCodage du secteur du recensement	Nombre des personnes résidentes (hab)
101	353440105000116	623
102	353440105000171	575
103	353440105000115	743
104	353440105000170	404
105	353440105000068	779
106	353440105000067	568
107	353440105000114	710
108	353440105000169	466
109	353440105000168	311
110	353440105000167	746
111	353440105000066	666
112	353440105000113	682
113	353440105000112	565
114	353440105000111	534
115	353440105000110	1008
116	353440105000109	741

Tableau 6.5 – Secteurs du recensement concernés dans la simulation.

Source: IBGE (2010)

Quantité d'Ecopoint installé(s)	Secteur censitaire où l'Ecopoint a été installé(s)	Coordonnées géographiques des Ecopoint installé(s). (Latitude, longitude)	Valeur optimisé de la fonction objective (R\$)
1-(Eco000113)	353440105000113	-23°31'37", -46°46'11"	244.234,00
2-(Eco000170)	353440105000170	-23°31'44", -46°45'50"	219.091,00
(Eco000113)	353440105000113	-23°31'37", -46°46'11"	
3-(Eco000170)	353440105000170	-23°31'44", -46°45'50"	231.409,00
(Eco000067)	353440105000067	-23°31'48", -46°46'10"	
(Eco000111)	353440105000111	-23°31'29", -46°46'13"	
4-(Eco000170)	353440105000170	-23°31'44", -46°45'50"	256.984,00
(Eco000067)	353440105000067	-23°31'48", -46°46'10"	
(Eco000113)	353440105000113	-23°31'37", -46°46'11"	
(Eco000110)	353440105000110	-23°31'21", -46°46'12"	
5-(Eco000170)	353440105000170	-23°31'44", -46°45'50"	283.472,00
(Eco000067)	353440105000067	-23°31'48", -46°46'10"	
(Eco000113)	353440105000113	-23°31'37", -46°46'11"	
(Eco000110)	353440105000110	-23°31'21", -46°46'12"	
(Eco000109)	353440105000109	-23°31'25", -46°46'29"	

Tableau 6.6 – Résultat pour des différentes quantités d'Ecopoints à être installés.

Source: Élaboration Personnelle

Finalement, dans les cartes 6.9, 6.10, 6.11, 6.12 et 6.13, nous pouvons visualiser la localisation optimisée des Ecopoints dans les 16 secteurs censitaires de la ville d'Osasco. Chaque carte présente la quantité de 1, 2, 3, 4 et 5 d'Ecopoint(s) installé(s) respectivement.



Carte 6.9 – L'emplacement de 1 Ecopoint dans la simulation.

Source: Conçue par l'auteur



Carte 6.10 – L'emplacement de 2 Ecopoints dans la simulation.

Source: Conçue par l'auteur



Carte 6.11 – L'emplacement de 3 Ecopoints dans la simulation.  
Source: Conçue par l'auteur



Carte 6.12 – L'emplacement de 4 Ecopoints dans la simulation.  
Source: Conçue par l'auteur



Carte 6.13 – L'emplacement de 5 Ecopoints dans la simulation.  
Source: Conçue par l'auteur

## **CHAPITRE VII - LA DEMARCHE ORGANISATIONNELLE**

**PPP DE COLLECTE DES DECHETS PAR UN MODELE PPP**

**ETABLI EN UTILISANT UN OUTIL MATHEMATIQUE**

### 7.1. L'actuel contexte brésilien sur les déchets urbains

Actuellement, nous observons des crises financières qui balayent les économies les plus fortes de la planète. En 2008, les Etats Unis se sont effondrés ; ce fut la deuxième plus grande crise de son histoire après la crise de 1930. Leurs effets se font encore sentir aujourd'hui et les spécialistes assurent que les conséquences subsisteront pour une assez longue période de temps.

En Europe, la situation est la même. A partir de 2009, les pays de la « zone euro » ont commencé à souffrir à cause de la crise américaine et les pays les plus fragiles ont connu une récession. C'est le cas des pays comme le Portugal, l'Irlande, la Grèce et l'Espagne – PIGS – qui ont, actuellement, des taux de chômage d'à-peu-près 25% de la population jeune<sup>115</sup>.

Tout ce contexte nous présente la fragilité économique et financière actuelle des pouvoirs publics, même dans les pays considérés comme les plus riches. En fait, si la crise touche les pays les plus développés, il faut voir que dans les pays en développement la situation est aussi difficile. Cette fragilité touche directement la capacité d'investissement des Etats.

Cependant, les besoins sociaux et communautaires de la population ne peuvent pas ne pas être couverts. Les services publics, principalement les services considérés comme essentiels, ne peuvent pas être menacés par un manque de ressources financières, physiques et/ou processuelles issues des pouvoirs publics. Autrement dit, des outils et des mécanismes capables d'assurer la prestation et la fourniture des services publics, doivent être adoptés par les pouvoirs publics en vue de garantir la satisfaction et les exigences de base des citoyens.

Parmi ces services essentiels, nous avons exploré dans cette thèse, les services de l'assainissement environnemental, plus précisément, la collecte et la destination finale des déchets urbains. Selon le Panorama National des Résidus Solides 2012, la valeur d'investissement dans les services de l'assainissement environnemental augmente

---

<sup>115</sup> [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY\\_PUBLIC/3-02042013-AP/FR/3-02042013-AP-FR.PDF](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_PUBLIC/3-02042013-AP/FR/3-02042013-AP-FR.PDF) - Consulté le 15/05/2013.

chaque année. Cependant, est-ce que ces valeurs de croissance sont suffisantes pour régler les problèmes cumulatifs des décennies de manques de services adéquats ?

Nous observons, dans les schémas 7.1 et 7.2, que la valeur d'investissement dans les services de nettoyage public<sup>116</sup> et de collecte<sup>117</sup> par habitant au Brésil a augmenté de 2009 à 2010. Soit dans les services de nettoyage public en général, soit dans les services de collecte, la valeur *per capita* par an (R\$/hab.an) a augmenté de façon considérable. Dans le cas des services de nettoyage public, l'augmentation a été d'approximativement 6,50%, tandis que, dans le cas des services de collecte, l'accroissement a été de 8,80%.

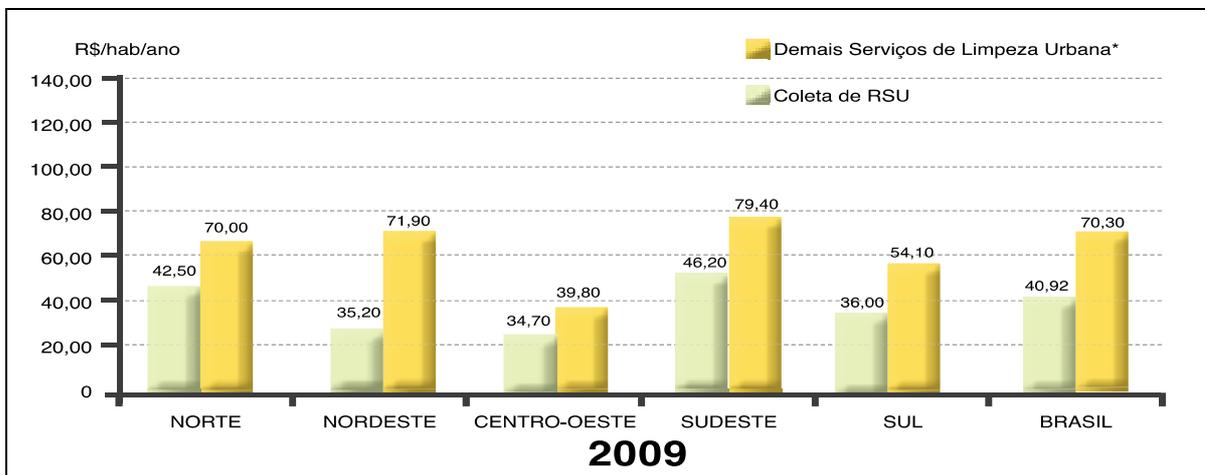


Schéma 7.1 – Valeur d'investissement dans les services de nettoyage public et de collecte par habitant au Brésil en 2009.

Source: PRSB (2010)

<sup>116</sup> Le service de nettoyage public sont, aux Brésil, les services de nettoyage dans les rues. Une traduction au Français pourrait être les déchets urbains qui sont nettoyés par le service public de la préfecture.

<sup>117</sup> Le service de collecte aux Brésil sont les services exécutés par la préfecture de ramassage des déchets issus de chaque résidence ou des magasins. Ce sont les déchets organiques (les ordures ménagères) et aussi les plastiques, les verres et les papier.

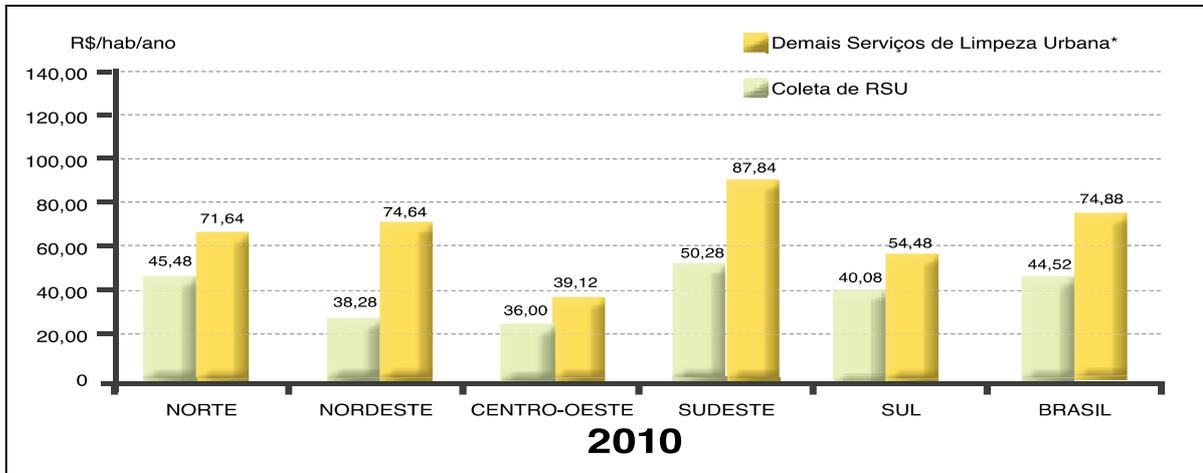


Schéma 7.2 – Valeur d'investissement dans les services de nettoyage public et collecte par habitant au Brésil en 2010.

Source: PRSB (2010)

Cependant, même avec l'augmentation de la population<sup>118</sup> et l'accroissement du PIB<sup>119</sup> entre 2010 et 2011, l'évolution de l'investissement dans ces deux services essentiels a connu une petite atténuation. Ces investissements sont tombés, par rapport à 2009 et 2010, de 6,5% pour 3% dans le nettoyage public et de 8,80% pour 6% dans la collecte des déchets urbains (Schéma 7.3.).

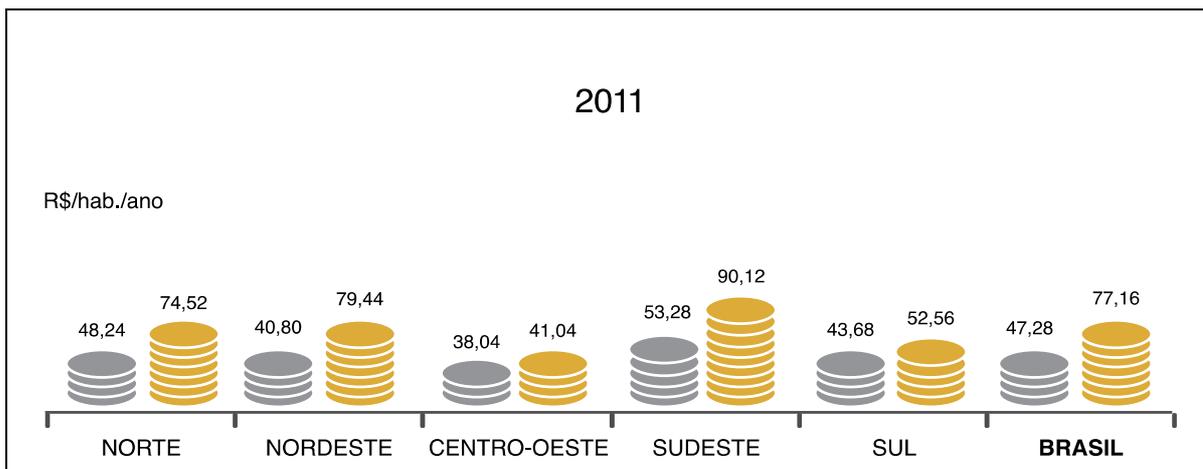


Schéma 7.3 – Valeur d'investissement dans les services de nettoyage public et de collecte par habitant au Brésil en 2011.

Source: PRSB (2012)

<sup>118</sup> Population brésilienne en 2009 = 158 687 000 et Population brésilienne en 2010 = 160 879 000 – Source : PNRS (2010)

<sup>119</sup> PIB 2009 = R\$ 3,143 et PIB 2010 = R\$ 3,675 – Source : IBGE (2010)

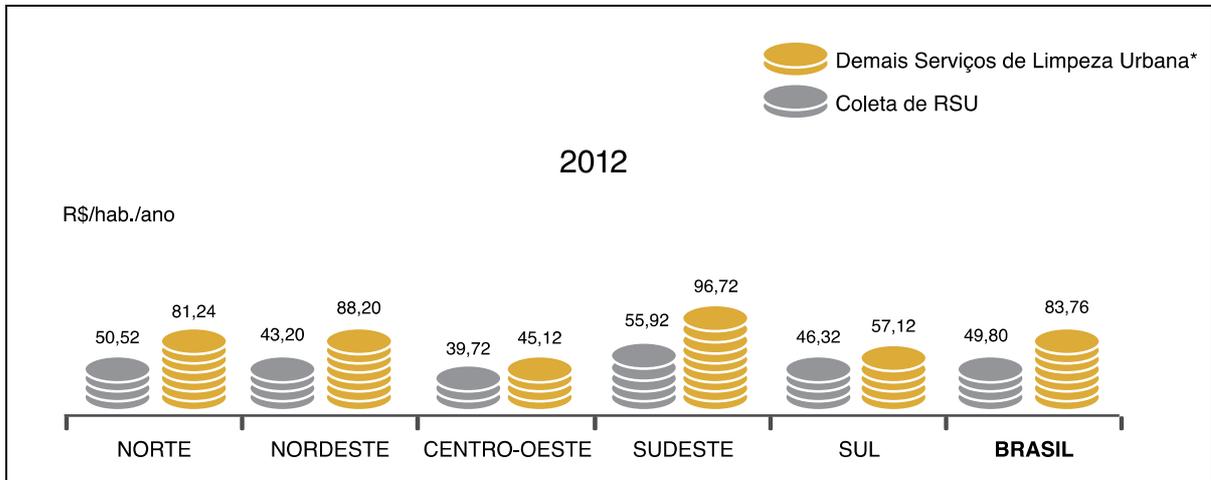
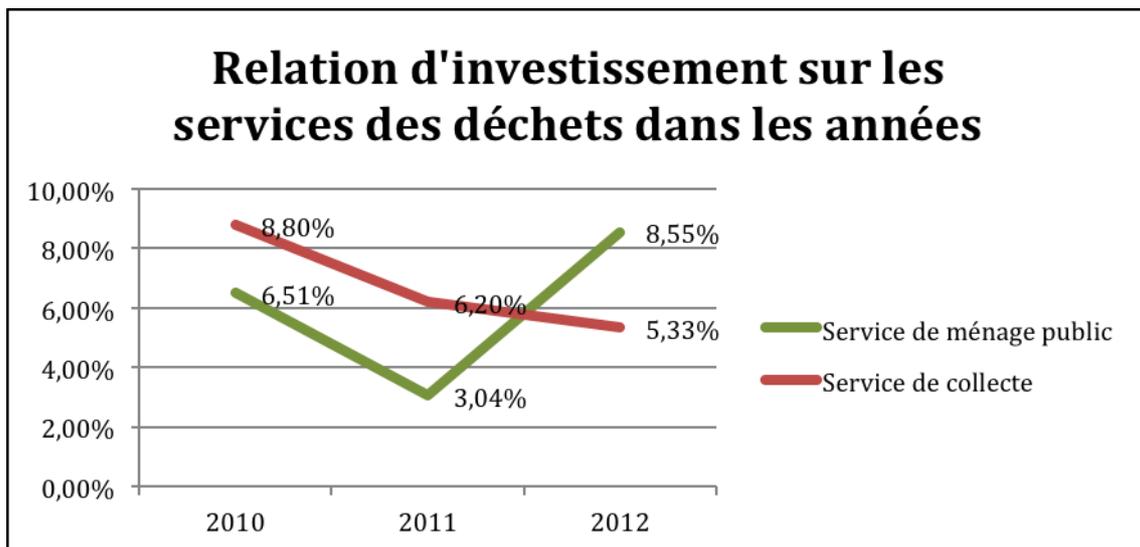


Schéma 7.4 – Valeur d'investissement dans les services de nettoyage public et de collecte par habitant au Brésil en 2012.

Source: PRSB (2012)

En 2012, comme nous observons dans le schéma 7.4., il y a eu une relance dans l'élargissement des investissements dans les services de nettoyage public. La valeur investie par habitant par an a été de R\$ 83,76, ce qui représente un renforcement de 8,55% entre 2012 et 2011. Cependant, le service de collecte ne suit pas la même tendance. Au contraire, ce service, même en enregistrant une augmentation de 5,3% par rapport à l'année de 2011, a souffert d'une diminution du pourcentage investi. En plus, cette diminution de pourcentage investi arrive dans une évolution déjà négative depuis 2009.



Graphique 7.1 – Relation d'investissement sur les services des déchets dans les années 2010-2012 au Brésil

Source: Elaboration Personnelle

Alors, est-ce que cette diminution est une démonstration de faiblesse du pouvoir d'investissement de l'Etat ? Est-elle une conséquence des crises que nous venons de mentionner ?

De plus, comme nous pouvons remarquer sur le schéma 7.5 et 7.6, la relation entre la production des déchets et la collecte des déchets s'améliore chaque année. En 2011, la production des déchets urbains au Brésil était de 198.514 tonnes des déchets urbains par jour, tandis que 177.995 tonnes étaient collectés, autrement dit, 89,66% des déchets produits ont été collectés. En 2012, la production des déchets urbains au Brésil était de 201.058 tonnes et 181.288 tonnes d'entre ceux-ci étaient collectés, c'est-à-dire, 90,16% des déchets produits ont été collectés. Cependant, ces chiffres, même en étant en progression, montrent une amélioration (0,5% entre 2012 et 2011) faible et insuffisante.

Regiões	2011		2012	
	RSU Gerado (t/dia) / Índice (Kg/hab./dia)	População Urbana (hab.)	RSU Gerado (t/dia)	Índice (Kg/hab./dia)
Norte	13.658 / 1,154	12.010.233	13.754	1,145
Nordeste	50.962 / 1,302	39.477.754	51.689	1,309
Centro-Oeste	15.824 / 1,250	12.829.644	16.055	1,251
Sudeste	97.293 / 1,293	75.812.738	98.215	1,295
Sul	20.777 / 0,887	23.583.048	21.345	0,905
<b>BRASIL</b>	<b>198.514 / 1,223</b>	<b>163.713.417</b>	<b>201.058</b>	<b>1,228</b>

Schéma 7.5 – Production des déchets urbains en 2011 et 2012.  
Source: PRSB (2012)

Regiões	2011		2012	
	RSU Coletado (t/dia) / Índice (Kg/hab./dia)	RSU Coletado (t/dia)	RSU Coletado (t/dia)	Índice (Kg/hab./dia)
Norte	11.360 / 0,960	11.585	11.585	0,965
Nordeste	39.092 / 0,998	40.021	40.021	1,014
Centro-Oeste	14.449 / 1,142	14.788	14.788	1,153
Sudeste	93.911 / 1,248	95.142	95.142	1,255
Sul	19.183 / 0,819	19.752	19.752	0,838
<b>BRASIL</b>	<b>177.995 / 1,097</b>	<b>181.288</b>	<b>181.288</b>	<b>1,107</b>

Schéma 7.6 – Collecte des déchets urbains en 2011 et 2012.  
Source: PRSB (2012)

Ainsi, nous poursuivrons notre questionnement : les investissements appliqués actuellement sont-ils vraiment suffisants pour organiser la logistique inversée des déchets urbains dans les villes au Brésil ?

Notre thèse soutient que le partenariat public-privé apparaît comme une possibilité d'accentuer les apports financiers dans quelques services publics. Par le biais de ce modèle de gestion, nous observons la possibilité qu'a l'Etat d'être rémunéré par l'utilisateur comme nous l'avons observé dans le point 4.2.5 de cette thèse. Aussi, si l'Etat partage les dépenses avec les institutions privées, il est évident qu'elles seront moins lourdes pour toutes les parties prenantes.

Au-delà de ce positionnement financier, ce modèle de gestion nous apporte la possibilité d'utiliser un management privé plus performant que le management public dans certains services. Selon le PRSB (2012), il y a une forte tendance à l'accroissement de l'adoption des concessions dans les services publics relatifs aux déchets urbains. Cette volonté peut être constatée dans les schémas 7.7 et 7.8.

Região	População Urbana 2010	Mercado de Serviços de Limpeza Urbana (R\$ milhões/ano)					
		2010			2009		
		Origem		Total	Origem		Total
Norte	11.663.184	Público	404	1.367	Público	315	1.275
		Privado	963		Privado	960	
Nordeste	38.816.895	Público	989	4.385	Público	885	3.927
		Privado	3.396		Privado	3.042	
Centro-Oeste	12.479.872	Público	411	938	Público	447	897
		Privado	527		Privado	450	
Sudeste	74.661.877	Público	3.115	10.311	Público	2.993	9.131
		Privado	7.196		Privado	6.138	
Sul	23.257.880	Público	518	2.197	Público	580	2.243
		Privado	1.679		Privado	1.663	
<b>BRASIL</b>	<b>160.879.708</b>	<b>Público</b>	<b>5.437</b>	<b>19.198</b>	<b>Público</b>	<b>5.220</b>	<b>17.473</b>
		<b>Privado</b>	<b>13.761</b>		<b>Privado</b>	<b>12.253</b>	

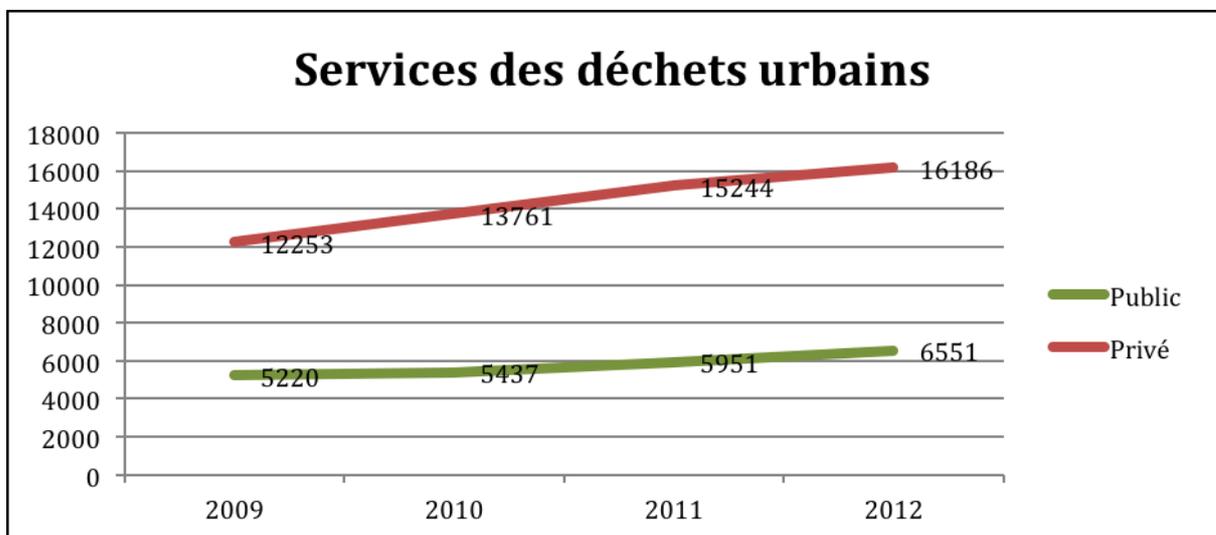
Schéma 7.7 – Investissement public et privé dans le nettoyage des déchets urbains au Brésil.

Source: PRSB (2010)

Regiões	Mercado de Serviços de Limpeza Urbana (R\$ milhões/ano)					
	2011			2012		
	Origem	Total		Origem	Total	
Norte	Público	427	1.498	Público	475	1.619
	Privado	1.071		Privado	1.144	
Nordeste	Público	1.054	4.843	Público	1.169	5.262
	Privado	3.789		Privado	4.093	
Centro-Oeste	Público	419	951	Público	465	1.032
	Privado	532		Privado	567	
Sudeste	Público	3.421	11.453	Público	3.745	12.193
	Privado	8.032		Privado	8.448	
Sul	Público	630	2.450	Público	697	2.631
	Privado	1.820		Privado	1.934	
BRASIL	Público	5.951	21.195	Público	6.551	22.737
	Privado	15.244		Privado	16.186	

Schéma 7.8 – Investissement public et privé dans le service urbain des déchets au Brésil.

Source: PRSB (2012)



Graphique 7.2 – Investissement Public x Investissement Privé sur les services des déchets urbains au Brésil

Source: Elaboration Personnelle

Finalement, dans ces deux derniers schémas et dans le graphique 7.2., nous remarquons que les entreprises privées ont financé en 2012, en moyenne, R\$16.186.000,00 (ou environ 5.395.335€) pour les services de nettoyage urbain, tandis que les pouvoirs publics n'ont investi que R\$ 6.551.000,00 (ou environ 2.183.665€). Si nous examinons l'évolution pendant les quatre dernières années, l'investissement privé a augmenté 32,1% , alors que les pouvoirs publics ont porté ces investissements à 25%.

## **7.2. La démarche organisationnelle PPP pour les services de collecte**

Comme nous l'avons évoqué dans le point 5.3, pour arriver à l'objectif de notre thèse, nous devons lier notre partie quantitative et opérationnelle avec le contexte managérial et organisationnel de PPP pour les services de collecte des déchets urbains.

En fait, notre thèse soutient que pour faire fonctionner l'outil mathématique (notre modèle quantitative), qui a été bâti dans le chapitre VI, il faut des acteurs publics et des acteurs privés. Les acteurs publics garantissent la performance (l'efficacité) environnementale et sociale tandis que les acteurs privés vont garantir la performance (l'efficacité) économique.

Autrement dit, l'efficacité environnementale et sociale est celle qui tient compte des conditions de travail, du chômage, de la qualité de vie dans les villes, etc. L'efficacité économique justifie sa place parce qu'elle apporte non seulement des ressources financières mais aussi des acteurs privés ayant des compétences techniques et humaines pour les services de collecte, de tri et de traitement. De plus, cette efficacité économique, trouvera ses recettes dans la rentabilité liée à la facturation (vers les usagers ou l'administration publique) mais aussi dans la rentabilité liée à la valorisation des déchets.

Ainsi, nous allons « créer » (ou élaborer un « cahier des charges ») un « acteur juridique » qui sera responsable du modèle économique compatible avec les exigences des acteurs publics quant à la performance environnementale et sociale ainsi qu'avec les exigences économiques des acteurs privés. La crédibilité de cet acteur permettra de mettre en œuvre l'outil mathématique qui, à son tour, permettra de rationaliser et minimiser les coûts de la gestion des déchets urbains.

Finalement, pour créer ce cahier des charges, nous commencerons avec les entretiens menés dans l'entreprise Ecoosasco pour identifier les contraintes et les bonnes pratiques. Ensuite, nous analyserons le seul contrat de PPP existant actuellement à Fortaleza pour identifier aussi les contraintes et les bonnes pratiques. Ce contrat a été élaboré pour la réforme et la construction du stade du Castelão pour l'occasion de la

Coupe du Monde 2014. Ce stade recevra des matches de la Coupe, mais aussi d'autres spectacles et des activités en dehors des jeux.

### **7.2.1. Le modèle de gestion d'Osasco**

Selon le PRSB<sup>120</sup> (2007), actuellement environ 30 millions de brésiliens, distribués dans 29 municipalités du pays, ont des services de gestion des déchets urbains réalisés grâce à des contrats des concessions octroyés à des entreprises privées. Ces ressources, qui ensemble sont supérieures à R\$ 3 milliards de reais, sont issues des contrats ayant pour objectifs la collecte, le transport des déchets urbains et leur destination finale dans des centres d'enfouissement techniques.

Le PRSB (2007) souligne encore tendance à l'accroissement des contrats par les biais des concessions à l'initiative privée pour les services publics relatifs à la gestion des déchets urbains et apporte des bons exemples comme ceux des villes de Curitiba et Belo Horizonte. Cependant, ces exemples restent des concessions traditionnelles. Et, dans les concessions traditionnelles, que nous avons évoquées dans le point 6.2.2., il n'y a pas de partage de risque, et les investissements sont généralement à la seule charge de l'Etat.

La ville d'Osasco est aussi un exemple significatif de concession, toutefois elle utilise un modèle de partenariat public-privé. En fait, c'est la seule ville au Brésil à avoir concédé les services de déchets urbain à un partenariat public-privé (PPP) dans le modèle de concession administrative.

En fait, avant de commencer nos entretiens avec le directeur de l'entreprise EcoOsasco, nous avons eu des petits entretiens avec des gérants des secteurs de l'entreprise. D'abord, nous avons dialogué avec Monsieur Juscelino VILELA, gérant du Centre d'Enfouissement Technique d'Osasco, qui nous a fourni des informations sur la destination finale des déchets urbains d'Osasco.

Par exemple, le Centre d'Enfouissement Technique d'Osasco n'a pas la licence délivrée par l'organisme environnemental responsable de la ville, car le terrain où il est localisé,

---

<sup>120</sup> Panorama des Résidus Solides au Brésil en 2007.

n'a pas les documentations de régularisation. Autrement dit, il manque la documentation du terrain où le CET est logé. Ce document, qui au Brésil s'appelle « *Matricula do Terreno* », contient le nom du propriétaire du terrain, le type d'usage à laquelle le terrain sera destiné, la zone du terrain, etc. Ce document est nécessaire aux organismes environnementaux responsables pour émettre la licence d'ouverture. Cependant, comme il n'y a pas d'autre solution actuellement, l'entreprise EcoOsasco a été obligée de demander une autorisation à la préfecture pour continuer à déposer les déchets urbains au CET.

Le CET d'Osasco est une déchetterie depuis 1989. Aujourd'hui, même sans pouvoir être considéré vraiment comme un Centre d'Enfouissement Technique, car il manque des documents, le « CET » répond à toutes les normes et règles nécessaires à un CET. Il reçoit, par jour, environ 1000 tonnes des déchets et emploie 46 fonctionnaires directs. Sa vie utile est prévisible jusqu'en 2017.

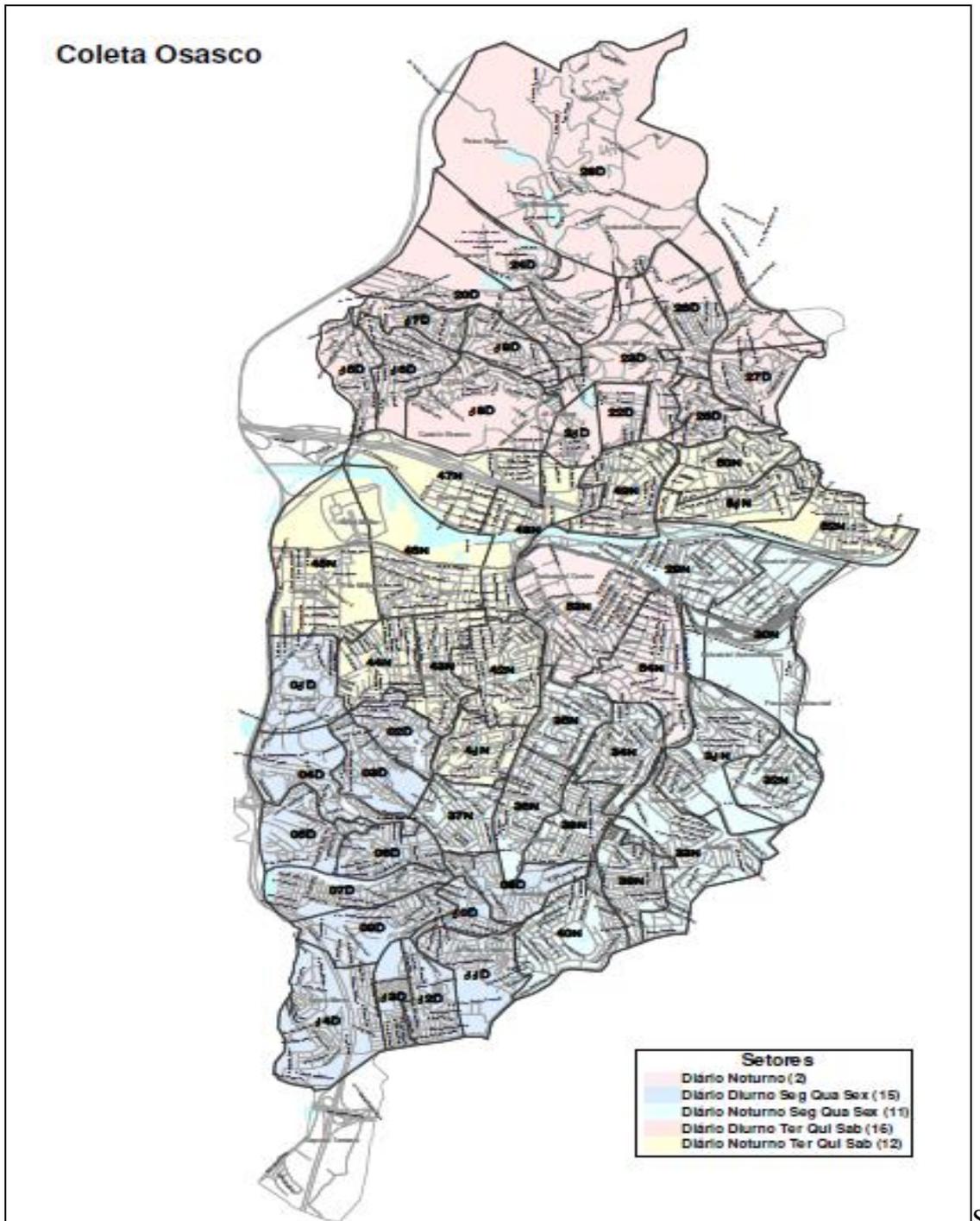
Suite à cette conversation, nous avons eu un petit entretien avec le gérant opérationnel d'EcoOsasco. L'ingénieur civil, David AVELINO, nous a expliqué en bref les opérations journalières de l'EcoOsasco, au-delà des chiffres référents aux équipements.

Par exemple, conformément au schéma 7.9, la ville d'Osasco est divisée en 16 secteurs de collecte journée et 15 secteurs de collecte nuit. Ces secteurs sont divisés de façon à optimiser la collecte et à avoir le moins d'équipements possible, mais, en même temps, à répondre à l'exigence du contrat, qui requiert que la collecte de tous les déchets de la ville soit faite dans le maximum de 72 heures. Et, pour faire cette logistique inversée, l'entreprise EcoOsasco possède 27 camions – 20 camions compresseurs et 7 camions basculants – avec une capacité moyenne de 19 m<sup>3</sup> chacun.

Avelino souligne encore que la ville est divisée en une zone nord et une zone sud, délimitées par le fleuve Tiêtê. Pour améliorer la logistique locale, la municipalité a créé deux centres de recyclage dans chaque zone et a utilisé les coopératives des collecteurs de la ville. Le pouvoir public fournit alors tous les équipements et les infrastructures nécessaires aux travaux des collecteurs.

A la fin de la conversation, nous avons commencé à évoquer le modèle de PPP dans la gestion des déchets urbains d'Osasco. Le gérant et ingénieur Avelino remarque: « *Bien*

que nous soyons un PPP, la gestion des déchets urbains ne sera pas durable s'il n'existe pas la volonté politique. Le choix d'un PPP n'est pas un facteur déterminant pour que la logistique inversée soit optimisée ou engendrée de façon adéquate ». Et, le gérant finalise en affirmant qu'actuellement il n'existe pas de système ou de programme informatique pour faire l'optimisation des circuits sur la ville d'Osasco.



chéma 7.9 – Carte des secteurs d'Osasco.  
Source: Documents de l'entreprise EcoOsasco

## 7.2.2. Les entretiens

Comme nous l'avons déjà exposé, pour tester nos propositions, nous nous sommes entretenus avec deux directeurs et responsables du fonctionnement de la logistique inversée des déchets urbains de la ville d'Osasco. Nos entretiens avec le partenaire privé ainsi qu'avec le partenaire public doivent apporter plus de légitimité aux résultats de notre recherche.

### 7.2.2.1. Le Partenaire Privé – Le directeur de l'entreprise

#### EcoOsasco

Notre premier entretien a été avec le directeur général de l'entreprise EcoOsasco, Monsieur Rogélio LINARES. L'entretien a été fait à Osasco le 18/06/2013 avec cet ingénieur civil qui a plus de 15 ans d'expérience comme directeur en gestion des déchets urbains. Dans le passé, il a travaillé avec des contrats de concession traditionnels et aujourd'hui il est responsable pour le premier cas de partenariat public-privé dans la gestion des déchets urbains au Brésil.

Questionné sur les principales différences entre les deux contrats, Linares commence par affirmer que : « *Bien au fond, il n'y a pas beaucoup de différences.* » Il complète cette pensée en disant : « *Dans les deux cas, nous avons une longévité de contrats, avec des contrats de longue durée. Actuellement, la plupart des contrats est encore réglé par la Loi 8.666<sup>121</sup> avec des délais de 60 mois, et, dans le cas de PPP, nous avons des contrats beaucoup plus longs et cela nous aide beaucoup avec la construction de nos budgets, nos plannings et nos plans des affaires, ce qui est très important.* »

Il souligne encore que « *le PPP facilite les recettes issues de l'Etat, autrement dit, la municipalité arrive à organiser le montant spécifique pour payer le concessionnaire de la gestion des déchets urbains avec plus de facilité que dans une concession traditionnelle. Une des différences de rémunération par rapport à la concession traditionnelle est que, dans le contrat de PPP, le concessionnaire a plus de garanties et*

---

<sup>121</sup> Voir le Schéma 6.1.

*donc a plus de possibilités de recevoir les paiements. Cependant, les PPPs ont davantage d'obligations comptables auprès des organes qui fiscalisent les comptes publics – le Tribunal de Comptes et le Parquet Public – mais la qualité et la condition de travail, principalement due aux recettes, sont meilleures que dans un contrat de concession traditionnel. »*

Toutefois, selon Linares « à propos de la partie opérationnelle de la gestion de la logistique inversée, au jour le jour, le fait d'être un PPP ne change pas le résultat opérationnel. En fait, la différence est principalement sur les questions comptables et sur la question de longévité qui est comparable à des contrats de 5 ans. »

Linares affirme en outre qu' « il est aussi intéressant pour les fonctionnaires qui travaillent dans une entreprise comme EcoOsasco. Ils n'ont pas le risque d'être licenciés, sauf s'ils ont des problèmes personnels de qualité de service, mais sinon, ils ont leur boulot pendant toute la période du contrat, dans ce cas, pendant les 30 ans. »

Dans le contrat de licitation que l'entreprise EcoOsasco a signé, il y a plusieurs exigences de la municipalité vers le concessionnaire, en d'autres termes, des obligations du concessionnaire. Une de ces obligations porte sur l'éducation environnementale dans les écoles qui, selon Linares, font partie des « missions des contrats » ayant des délais précis pour être accomplies. Et le rôle de la municipalité est de fiscaliser l'exécution de ces missions qui doivent être exécutées par le concessionnaire : « Il faut exécuter ces missions et ces exigences sinon nous aurons des problèmes avec la fiscalisation du Tribunal de Comptes et du Parquet Public ».

De plus, et peut être, l'une des particularités les plus importantes d'un contrat de PPP est celle de l'acquisition des équipements et des terrains. Linares souligne que « tous les équipements qui sont achetés pendant le contrat sont réversibles vers la ville. Autrement dit, à la fin du contrat tout l'investissement que l'entreprise a fait reste à la ville. Contrairement au contrat de concession traditionnel, où tout le patrimoine d'équipement construit pendant le contrat reste à l'entreprise, dans le modèle de PPP, tout le patrimoine qui est acquis pendant la durée du contrat retourne à la ville »

Linares souligne qu' « il faudrait remarquer aussi que le PPP oblige à l'acquisition de nouveaux équipements. » Cependant, il affirme qu' « il existe un côté négatif dans ces

*acquisitions car une fois que l'entreprise a fait un gros apport d'investissement, et même avec toutes les garanties fournies par la municipalité, l'entreprise peut attendre beaucoup pour recevoir la rémunération et cela compromet son flux de caisse. »*

Également, *« les camions, les tracteurs, les meubles et les terrains achetés par l'entreprise EcoOsasco pendant le contrat seront rémunérés par la municipalité d'Osasco et, à la fin des 30 ans de contrat, ils appartiendront à la ville d'Osasco. C'est le cas d'un terrain acheté pour construire un Centre d'Enfouissement Technique, qui a coûté approximativement R\$ 30 millions, qui va appartenir à la ville d'Osasco. Différemment de Fortaleza, où l'entreprise Ecofor<sup>122</sup> a acheté un terrain pour construire un CET qui sera utilisé par la ville de Fortaleza, mais qui appartiendra toujours à l'entreprise Ecofor. »*

Linares affirme qu' *« en résumé, dans les activités de logistique inversée des déchets urbains, le point le plus important pour l'entreprise est le flux de caisse de la municipalité vers l'entreprise, autrement dit, le paiement ordonné. Et donc, si la municipalité répond à cette ordonnance de paiement, l'entreprise arrive à diluer les coûts dans une longue période de contrats et, ainsi, elle trouve son point d'équilibre de rentabilité de façon plus vite et plus organisée. »*

Dans le cas d'EcoOsasco, une filiale du Groupe Marquise, qui en est actuellement à 5 ans de contrats, elle est déjà arrivée au point d'équilibre de rentabilité et, donc, l'entreprise est 100% stabilisée. Maintenant, la tendance est d'améliorer encore le résultat, puisque elle est arrivée au point d'équilibre et il manque encore 25 ans pour la fin du contrat de 30 ans.

Cependant, aujourd'hui, selon Linares, le résultat de l'entreprise EcoOsasco est moins performant que le résultat de l'entreprise Ecofor cela est dû aux prix que l'EcoOsasco a « licité » avec la municipalité d'Osasco. En fait, pour gagner le contrat de gestion des déchets urbains à Osasco, l'entreprise EcoOsasco a baissé beaucoup les prix de vente, et donc il est évident que pour arriver au même niveau de performance de Fortaleza cela va prendre plus de temps. Au-delà de ce détail, M. Linares remarque encore que le

---

<sup>122</sup> Entreprise du Groupe Marquise qui fait la gestion de déchets urbains de Fortaleza.

Groupe Marquise a commencé ce type de service à Fortaleza avec l'entreprise Ecofor et, ainsi, il est clair que cette entreprise a beaucoup plus de temps et plus d'expertise.

Finalement, Linares fait une remarque semblable à celle que l'ingénieur gérant opérationnel Avelino avait faite : « *dans le cas d'un PPP, il est clair qu'il existe un engagement plus grand de la partie de la ville/comune, même en ayant le manque de la volonté politique.* »

#### **7.2.2.2. Le Partenaire Public – Le secrétaire des travaux publics de la municipalité d'Osasco**

Notre deuxième entretien a été mené avec le secrétaire des travaux publics de la municipalité d'Osasco, Monsieur Waldyr RIBEIRO FILHO. M.Ribeiro est diplômé est en ingénierie civile et travaille dans le secteur public depuis plus de 20 ans. Actuellement, il est responsable des travaux publics, des transports et de la mobilité urbaine de la ville d'Osasco. Il est l'un des principaux responsables du premier contrat de partenariat public-privé dans la gestion des déchets urbains au Brésil, à savoir dans la ville d'Osasco.

M. Ribeiro commence l'entretien en rappelant que ce contrat de PPP dans la gestion de déchets urbains à Osasco a été le premier du Brésil. Et pour cela, un nouveau mécanisme de gestion pour les déchets urbains a été introduit et, par conséquent, plusieurs questions bureaucratiques jamais soulevées auparavant ont dû être résolues.

M. Ribeiro souligne « *qu'à présent la municipalité d'Osasco commence l'implantation d'une Usine de Tri et de Traitement qui traitera les déchets avant leur destination vers le CET. Ces investissements ne sont pas insignifiants et, il est sûr que la municipalité n'aurait pas eu la capacité financière de mettre en œuvre ce projet dans un si court délai comme il est fait actuellement. De ce fait, le PPP apporte déjà certaines différences positives et significatives à la ville d'Osasco* ».

Le secrétaire observe encore que, bien que ces investissements initiaux soient faits par le partenaire privé, la ville paiera ce montant tout au long des 30 ans du contrat de PPP.

Par exemple, actuellement la ville paie chaque mois les services de collecte et de la gestion du CET, et amortit les investissements que l'entreprise a fait au début du contrat avec l'acquisition des nouveaux équipements. C'est le cas des camions qui, depuis le début du contrat, sont toujours renouvelés, comme récemment quand l'entreprise a renouvelé toute la flotte. M. Ribeiro affirme que *« ce type d'investissement qui est fait régulièrement par le partenaire privé ne pourrait pas être fait par la municipalité toute seule »*.

Un autre point souligné par M. Ribeiro est la question de l'aide technique que la municipalité fournit au partenaire privé, notamment sur les documents et les licences environnementales et juridiques. Concernant le travail d'éducation institutionnelle que le partenaire privé doit exécuter auprès des écoles et des institutions publiques avec le but de promouvoir le recyclage et la réduction des déchets, il affirme que *« la municipalité pourrait exécuter ces services d'éducation institutionnelle, mais jamais avec l'agilité et l'efficacité que possède le partenaire privé »*.

Toujours sur les questions de rémunération, M. Ribeiro confirme ce que M. Linares avait affirmé : *« Il est évident que, dans un PPP, le paiement envers le partenaire privé est plus organisé et ordonné, lorsque ce contrat oblige la municipalité à donner des garanties des paiements, comme les hypothèques de terrains, de bâtiments, d'immeubles, etc. Dans le cas d'Osasco, la municipalité a aliéné un terrain en garantie de paiement qui peut être actionnée par l'entreprise si la municipalité ne règle pas ses factures envers son partenaire privé. »*

En plus, le secrétaire observe que le grand avantage du contrat de PPP est que *« ce contrat peut être réévalué de temps en temps, ou à certains moments, par l'une des parties intéressées, pour l'ajuster. Par exemple, la municipalité peut demander des nouveaux investissements et services qui n'ont pas été prévus ainsi que supprimer des services qui ne sont plus nécessaires. Pour les deux cas, il faudrait juste un réajustement de la contre-prestation de la valeur initiale. Ainsi, cette capacité de réévaluation est très importante, pour améliorer la prestation d'un service pendant la durée d'un contrat »*.

Interrogé sur les indicateurs, M. Ribeiro dit qu'il n'existe pas encore d'historique pour évaluer les résultats de manière objective. Mais il assure qu'actuellement il arrive plus des déchets dans les usines de traitement et qu'il existe déjà une réduction du volume de ce qui arrive au CET. Autrement dit, davantage de déchets sont collectés et ils commencent à prendre un chemin correct de recyclage ou de réutilisation avant d'aller vers le CET. M. Ribeiro affirme, de façon très objective et pratique, que « *Osasco n'aurait pas un nouveau CET en construction s'il n'avait pas un PPP* ».

Après cette affirmation, nous lui posons directement notre question sur les Ecopoints : est-ce que le fait d'être un PPP intervient sur la quantité d'Ecopoints à installer dans la ville ? Il nous répond : « *Sans doute ! En fait dans le cadre du PPP, nous pouvons prévoir les constructions des Ecopoints et aussi des Usines de Tri et de Traitement, car la municipalité n'aurait pas la capacité financière pour faire cet investissement* ».

Nous continuons avec la question suivante : Alors, la quantité d'Ecopoints à installer a une relation directe avec le modèle de gestion de PPP ? « *Sans doute ! Sans doute que le nombre d'Ecopoints sera supérieur ! Parce qu'avec le PPP, la municipalité a un plus grand pouvoir d'investissement.* »

M Ribeiro utilise l'exemple des deux centres de recyclage qui existent aujourd'hui à Osasco que M. Avelino nous a montrés, et affirme que « *si la municipalité exige davantage de centres ou si l'entreprise présente un projet qui justifie l'augmentation du nombre de centres, il est clair que cela sera plus facile des deux côtés grâce au modèle de PPP qui apporte la sécurité au partenaire privé car il a la garantie de voir ses investissements remboursés. Ce type de contrat de PPP facilite beaucoup le dialogue entre la partie publique et la partie privée, parce que il y a toujours plus de flexibilité* ».

Par rapport à la volonté politique, soulignée par M. Linares, M. Ribeiro affirme que « *la volonté politique est prépondérante dans tous les projets du management public. S'il n'existe pas de volonté politique, le contrat peut être un PPP, une concession traditionnelle, une concession privée, une convention, etc., mais s'il n'existe pas la volonté politique de faire, rien ne va marcher ! La volonté politique est prépondérante pour que le projet ait du succès dans ses actions* ».

M. Ribeiro finalise en affirmant que « *la question de l'investissement est vraiment le point nodal du modèle de PPP, parce que même les actions parallèles qui apparemment sont moins importantes ou plus petites fonctionnent aussi car le contrat PPP crée un réflexe positif.* ».

### **7.3. L'identification des contraintes et des performances**

#### **7.3.1. Un exemple de contrat PPP – Le Stade de Football Castelão à Fortaleza**

Le 26 novembre 2010, d'une façon pionnière dans l'Etat du Ceara, le contrat de concession administrative numéro 001/2010<sup>123</sup> a créé la société de composition spécifique – SPE<sup>124</sup> – ARENA CASTELAO OPERADORA DE ESTADIO S.A., une société anonyme classifiée comme « Concessionnaire » où les actionnaires et contrôleurs sont les sociétés anonymes Galvão Engenharia S.A., Serveng Civilsan S.A. et BWA Tecnologia et Sistema em Informatica LTDA.

Cette SPE a été créée parce que la ville de Fortaleza a été choisie, parmi des villes brésiliennes, pour recevoir des matches de la Coupe du Monde de 2014. Alors la *Fédération Internationale de Football Association* – FIFA – a exigé des interventions en vue de moderniser et d'agrandir le stade pour répondre à des exigences internationales afin de recevoir ce championnat.

Selon le préambule 3 du contrat 001/2010, dont la finalité est de garantir la meilleure efficacité dans les interventions qui doivent rendre adéquat le stade de Castelao tout en préservant les ressources publiques afin d'effectuer d'autres investissements nécessaires à l'Etat du Ceara, le modèle de gestion de partenariat public-privé est apparu comme le plus viable pour le pouvoir « concédant », à savoir le gouvernement de l'Etat du Ceara.

---

<sup>123</sup> Site <http://transparencia.ce.gov.br/static/planejamento-e-execucao-orcamentaria/contratos>, consulté en 13/05/2014.

<sup>124</sup> Société d'Objective Spécifique – Une entreprise créée spécifiquement pour une activité déjà élaborée et spécifique.

Selon l'Article 4, le contrat avait une durée de 96 mois (ou 8 ans), et les services afférents à la construction devaient être finalisés avant le 30 avril de 2013. Cependant, même si la durée du contrat semble courte pour un contrat de partenariat public-privé, l'article 5 souligne que 180 jours avant la fin du contrat, les parties devront négocier la continuité de la concession de prestation de service.

Le service, ou l'objet, est présent dans l'article 6 et comprend:

- a) Elaboration des projets exécutifs pour la réalisation des interventions exigées par la FIFA ;
- b) Bâtir, reformer, adapter et faire fonctionner le stade avec le but de recevoir les matches de la Coupe du Monde 2014 ;
- c) Bâtir et faire fonctionner le parking ;
- d) Maintenir le stade et le parking dans de bonnes conditions d'usage pendant toute la durée du contrat ;
- e) Maintenir un agenda d'événements, soit de football soit de spectacles différents, dans le stade.

L'article 6 assure aussi que le pouvoir concédant a le droit de surveiller à n'importe quel moment ou à n'importe quelle époque les structures ainsi la partie financière avec l'accompagnement des bilans financiers. Encore, le point 6.10 affirme que le concessionnaire assure dans l'intégralité toute la responsabilité des risques à l'exécution de l'objet du contrat.

Selon l'article 7, les contrôleurs ou les actionnaires sont les responsables des investissements nécessaires pour que les concessionnaires répondent à toutes les obligations exigées dans le contrat.

L'article 8 signale les devoirs du partenaire public, le pouvoir concédant. De ce fait, le concédant est chargé d'effectuer les paiements dans les délais établis par le contrat par le biais d'une contre-prestation mensuelle et d'une rémunération fixe. De plus, le concédant doit aider le concessionnaire sur la partie administrative : documents et licences exigés par le contrat.

Le concessionnaire devra recevoir au-delà de la contre-prestation mensuelle et de la rémunération fixe, toutes les recettes issues de l'utilisation du stade par des événements de football ou hors football. Toutefois, selon l'article 9, ces valeurs doivent être déclarées au concédant pour qu'il fasse une réduction sur le montant de la contre-prestation mensuelle. En fait, cet article garantit la répartition des risques entre les parties, ce qui constitue un des piliers du partenariat public-privé.

L'article 10, d'une façon plus empirique, établit que le concédant a le droit de recevoir 50% des gains si la recette du concessionnaire dépasse la valeur de la contre-prestation ainsi que de limiter l'utilisation du stade à 60 événements de football par an.

Dans l'article 12, la valeur du contrat est établie en R\$518.606.000,00 et peut être encore réajustée et, comme garantie d'exécution du contrat, le concessionnaire doit « payer »<sup>125</sup> 5% de cette valeur (R\$26.000.000,00) au concédant (Article 21). Dans le même contexte, dans l'article 13, la valeur qui doit être payée par le concédant comme la contre-prestation, jusqu'au cinquième jour de chaque mois, est de R\$407.000,00 pécuniaires pendant toute la validité de la période du contrat. De plus, cette contre-prestation sera payée avec une partie fixe de 62% en fonction des investissements réalisés et une partie variable jusqu'à 38% en fonction de la performance de l'opération. Cette performance est mesurée à partir des étapes qui sont analysées par le biais d'une évaluation de critères sur la qualité des services.

Par rapport aux pénalités, l'article 19 souligne que le pouvoir concédant peut utiliser les sanctions suivantes :

- a) Avertissement;
- b) Amende ;
- c) Réduction de la contre-prestation ;
- d) Suspension temporaire de participation dans des *licitations* ;
- e) Déclaration de légitimité pour participer aux concurrences ou faire de contrat avec l'Etat ;

---

<sup>125</sup> Ce paiement peut être à travers de caution avec l'argent, caution avec de titres de dette public, assurance-garantie ou un financement bancaire.

Finalement, et peut-être, l'un des points les plus caractéristiques de ce modèle de gestion est présent dans l'article 25 où le contrat assure que tous les biens reviendront au pouvoir concédant, c'est-à-dire que bien que le concessionnaire exploite le stade et le parking durant toute la durée du contrat, à la fin, tous les bienfaits retournent à l'Etat avec toutes les améliorations apportées.

### **7.3.2. L'élaboration d'un cahier des charges avec les contraintes de la Loi 11.079/2004**

Pour identifier les principales contraintes de ce modèle, nous citerons quelques exigences et obligations présentes dans la loi 11.079/2004 qui devront servir pour élaborer tous les contrats de partenariat public-privé. Cependant, parmi les 30 articles de la Loi, certains méritent un peu plus d'attention.

L'un des articles que nous semble être important pour un cahier des charges est le deuxième qui affirme qu'une concession ne peut pas être un PPP s'il n'existe pas une contre-prestation pécuniaire du partenaire public vers le partenaire privé. L'article exige encore un contrat avec une valeur supérieure à R\$20.000.000,00, une période de contrat supérieure à 5 ans et que l'objet de ce contrat ne concerne pas seulement l'utilisation et fourniture de main-d'œuvre ou des équipements.

Ensuite, dans l'article 5, la loi répète l'information à propos de la période minimale d'un contrat qui ne peut pas être inférieure à 5 ans pour qu'un amortissement des investissements soit possible ainsi qu'il ne peut pas être supérieur à 35 ans même avec les prolongations possibles.

Dans l'article 6, la loi cite les types de contre-prestation permis :

- a) Ordre bancaire ;
- b) Cession de crédits ;
- c) Concession de droits face à l'administration publique ;
- d) Concession de droits dans des biens publics prédéterminés ;

L'article 9 exige la constitution d'une société de composition spécifique – SPE – dans la construction du partenariat. En fait, une nouvelle « Entreprise » sera créée avec la participation du partenaire public et du partenaire privé pour faire l'implantation et gérer l'objet du contrat.

Finalement, l'article 10, exige que avant la constitution d'un partenariat public-privé, il y ait une entente sur les prix afin d'analyser l'élaboration des impacts financiers, ainsi qu'une déclaration selon laquelle les dépenses seront compatibles avec le budget public annuel et si l'estimation des ressources publics seront suffisantes pour remplir les exigences et les délais du contrat.

### **7.3.3. Etablir le cahier des charges**

Notre thèse arrive au but qualitatif qui est d'établir un cahier des charges concernant un modèle de gestion Partenariat Public-privé dans les services de collecte et traitement des déchets. Dans cette partie de la thèse il faut extraire les informations issues du seul cas de PPP présent dans les services de déchets au Brésil – les cas de la ville d'Osasco – et les informations issues du seul cas de PPP présent dans l'Etat du Ceara qui est la construction, la coordination et la gestion du Stade de Football Castelão.

En fait, l'apport qualitatif principal de cette thèse est de montrer que, au-delà l'existence de plusieurs modèles quantitatifs spécifiques à la logistique traditionnelle, notre modèle quantitatif, construit dans cette thèse pour la logistique inversée des déchets, nécessite la mise en œuvre d'une organisation particulière pour qu'il fonctionne de façon efficiente et efficace. Et cette organisation particulière est le PPP.

Premièrement, il faut observer que nous avons fait une analyse sur un cas réel – celui de la ville d'Osasco – et sur un cas potentiel –celui de la ville de Fortaleza –. Il faut mettre en évidence comment, dans le cadre de Fortaleza, nous pouvons mettre en œuvre une collecte de déchets sur un modèle PPP, modèle qui fonctionne actuellement dans le cadre d'Osasco. Ensuite, essayer de généraliser, à travers d'un cahier des charges, un

modèle qui pourra être (re)utilisé dans d'autres villes brésiliennes. Cependant, il faut noter qu'il y aura des particularités pour chaque ville.

Par rapport à législation, le Brésil, qui est un pays de régime Fédéral, peut avoir des lois locales mais aussi fédérales qui doivent être respectées par tout le pays. Comme nous l'avons déjà exposé, la loi 11.079/2004 est une loi récente et fédérale selon laquelle toutes les municipalités et villes du pays doivent respecter les accords et les contrats qui sont gérés à partir des articles présents dans cette loi. En plus, concernant les déchets, et comme nous l'avons aussi déjà exposé, la Constitution Fédérale du Brésil assure que la gestion des déchets est à la charge de chaque municipalité. Autrement dit, nous traitons aussi d'une autre loi (la constitution ou la loi magna) fédérale que toutes les municipalités et villes du pays doivent respecter.

Cependant, les caractéristiques d'une PPP au Brésil sont variables par rapport au contrat ou à l'accord. Chaque contrat peut (et doit) avoir des particularités mais qui seront normalement négociées et limitées par les articles présentes dans la loi 11.079/2004. Par exemple, dans le cas des services de gestion de déchets, les villes peuvent ajouter des particularités présentes dans son territoire mais toujours en suivant les caractéristiques principales d'une PPP. Ainsi, alors que nous traitons des accords au niveau de la municipalité, nous pourrions observer des interventions au niveau politique de la région

Même avec ces particularités locales présentes dans les contrats, nous soutenons qu'il existe un modèle de gestion mixte, à savoir public-privé particulier, qu'il est possible de développer en respectant les intérêts de chacune des parties. Autrement dit, le public d'une part qui rentre dans le cadre de l'intérêt général, (avec des soucis sociaux et environnementaux), et le privé qui doit assurer la rentabilité des investissements qu'il apporte.

Il est clair que le privé est gagnant car il peut faire des investissements en comptant sur les rémunérations et le public gagne aussi car, grâce aux investissements privés, il sait que la collecte et le traitement des déchets seront efficaces donc respectueux des législations environnementales et sociales.

En fait, l'inquiétude du partenaire privé, par exemple dans ce cas l'entreprise Marquise, est de se demander à quoi sert faire des investissements s'il n'y a pas de rentabilité. Par exemple, dans le cas d'Osasco, nous avons observé qu'il y avait certains investissements qui ne pouvaient pas être fait par la municipalité parce qu'elle n'avait pas les moyens. Cependant, l'entreprise privé – Ecoosasco – ayant la capacité financière, a fait les investissements parce qu'elle avait des garanties, assurées par le contrat de PPP, de retour sur rentabilité investie. Autrement dit, le partenaire privé ne va pas rentrer dans une affaire quand il ne sait pas s'il va y avoir rentabilité. Il faut donc le choix effectué en matière de réseaux de collecte de déchets remplisse les objectifs de la municipalité mais aussi finance les investissements de l'entreprise.

En résumé, si l'entreprise toute seule s'occupe des déchets ce sera mal fait parce que l'entreprise n'osera pas trop investir à cause de sa peur d'entrer dans un marché qui pourrait ne pas être très rentable. Et, la municipalité, toute seule, n'aura pas les moyens financiers ni les compétences technique pour mettre en place un réseau performant.

Dans ce contexte, au-delà de la capacité financière, nous devons aussi nous intéresser aux compétences techniques. Tandis que le privé est une institution qui cherche éternellement le profit, il est clair que ses compétences seront plus efficaces, efficientes et optimisées s'il a la nécessité d'atteindre des performances. Alors que le secteur public est une institution qui cherche d'abord le bien commun, le bien général et, ainsi, ses efforts porte sur des compétences plus généraliste et globales qu'une institution privé plus spécifique et ponctuelle.

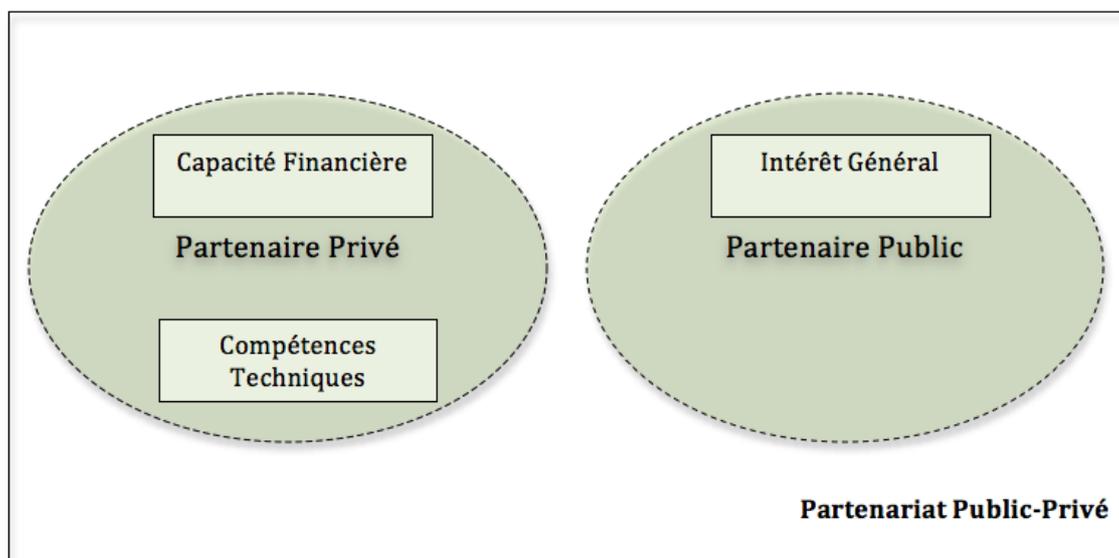


Schéma 7.10 – Particularités de chaque partenaire.  
Source: Elaboration Personnelle

Ainsi, nous avons identifié les conditions, déduire du cas du PPP concernant les déchets d'Osasco, pour voir comment cette pratique de PPP pourra marcher concernant les déchets de Fortaleza. Avec notre étude de cas à Osasco, nous avons analysé si nous pouvons mettre en œuvre un modèle de PPP pour la gestion des déchets à Fortaleza ? Et, si oui, dans quelles conditions ?

Premièrement, dans le cas de Fortaleza, il est clair qu'il faudrait que :

- a) La municipalité doit acquérir des compétences pour être capable de mettre en oeuvre un modèle de PPP ;
- b) Identifier quelle est la volonté politique de travailler en partenariat avec une entreprise. S'il existe un risque que cette entreprise privilégie le profit au dépend des résultats sociaux et environnementaux

Schéma 7.11 – Les conditions nécessaire pour l'installation d'un PPP .  
Source: Elaboration Personnelle

De plus, les examens du cas d'Osasco nous ont permis de construire une sorte de « cahier des charges » idéal pour que le modelé de gestion de partenariat public-privé puisse marcher dans les services des gestion des déchets. En fait, il faut :

1. Avoir la Volonté Politique ;
2. Avoir un partenaire privé avec des ressources financières ;
3. Avoir un bureau (ou secrétariat) public responsable pour l'élaboration des contrats spécifiques de PPP et de leur suivi ;
4. Avoir des compétences techniques chez le partenaire public afin d'être capable de surveiller un contrat spécifique de PPP ;
5. Avoir un partenaire privé ayant de l'expertise et du « *savoir-faire* » pour ce marché spécifique ;
6. Avoir la nécessité d'une longévité dans le contrat ;
7. Avoir des allocations des ressources financières spécifiques par le partenaire public ;
8. Avoir des garanties financières ou matérielles (comme des terrains publics) données par le partenaire public;
9. Avoir un partenaire privé capable de supporter une quantité importante de bureaucratie de la part des organismes de surveillance des ministères publics ;
10. Avoir des facilités comptable ;
11. Avoir un partenaire privé capable de supporter une quantité plus importantes d'obligations environnementales et sociales qui seront surveillées par le ministère public ;
12. Avoir un partenaire public avec flux de caisse financier plus organisé et planifié;
13. Avoir la nécessité d'une courbe de rentabilité plus rapide ;

Schéma 7.12 – Le « Cahier des charges » pour la réussite d'une PPP .

Source: Elaboration Personnelle

Enfin, selon l'analyse politique de la situation de la PPP que nous avons faite à Fortaleza, dans le cas du Stade de Football, nous arrivons à la conclusion que la ville a

encore besoin de construire des conditions particulières pour respecter certaines conditions pour gérer un contrat de PPP concernant les déchets. Il faudrait :

1. Avoir un bureau public responsable de l'élaboration des contrats spécifiques de PPP et sa surveillance,
2. Avoir un partenaire public avec davantage de compétences techniques pour surveiller un contrat spécifique de PPP,
3. Avoir des partenaires privés qui ont le « *savoir-faire* » dans les services spécifiques de gestion des déchets,
4. Avoir un partenaire public capable de donner des garanties matérielles,
5. Avoir un partenaire public avec un flux de caisse financier plus organisé et planifié.

Schéma 7.13 – Les conditions nécessaires pour la ville de Fortaleza réussir à un PPP .  
Source: Elaboration Personnelle

Nous en concluons que tout cela n'est pas si difficile à réaliser s'il existe néanmoins l'élément principal qui a été le plus évoqué pendant nos entretiens : la Volonté Politique. Grâce à la volonté politique tous les points faibles qui existent à Fortaleza pourraient être résolus. Ce point essentiel dépassé permettrait de construire une organisation qui pourrait mettre en œuvre, en termes de coût et d'efficacité ainsi qu'en termes de performance sociale et environnementale, une PPP concernant la gestion des déchets à Fortaleza.

#### **7.4. La question de recherche et la validation des propositions : confirmées ou pas ?**

Après notre constat littéraire, et notre étude sur le terrain, nous pouvons conclure que l'utilisation d'une démarche organisationnelle de PPP dans la logistique inversée des déchets urbains fait bouger les lignes d'optimisation. Comme les entretiens l'ont bien

montré, l'utilisation d'un PPP garantit plus d'investissements et, par conséquent, permet le développement d'une chaîne plus structurée.

Dans notre question de recherche, nous avons aussi suggéré que l'utilisation d'un PPP pourrait changer la variable du nombre d'Ecopoints. Soit en l'augmentant, si le responsable de la logistique inversée a davantage de facilités financières, soit en le diminuant si le responsable a moins de facilités financières. Ou encore, si la logistique inversée est très performante, le responsable pourrait, par sa gestion, diminuer le nombre d'Ecopoints, en gérant mieux sa chaîne.

Pour finir, nous allons vérifier nos propositions élaborées dans le chapitre V. Comme nous l'avons exposé dans notre plan méthodologique, pour tester nos propositions, nous utiliserons les documents auxquels nous avons eu accès soit dans la littérature pertinente sur les trois grands domaines de notre recherche, à savoir le développement durable, la logistique inversée et le partenariat public privé, soit dans les documents de l'entreprise EcoOsasco et des municipalités des villes d'Osasco et de Fortaleza.

#### **7.4.1. Proposition 1**

Notre première proposition nous conduit à une réflexion sur la relation entre le développement durable et la logistique inversée. Plus théorique, cette proposition s'interrogeait sur les conséquences de l'adoption d'une logistique inversée adéquate dans la gestion des déchets.

**Proposition 1**

**L'implantation d'une logistique inversée par les parties prenantes, appliquée aux déchets, contribue à l'effort du développement durable.**

Alors, est-ce que cette proposition est vraie ou fausse ? En fait, à partir de notre recherche, plutôt littéraire, il nous semble que l'adoption d'une logistique inversée adéquate est une condition *sine qua non* pour un développement durable des déchets. Le gaspillage des produits qui sont jetés dans une chaîne inversée déstructurée conduit à des pertes et à un manque d'opportunité de réutilisation des produits et des ressources qui ont encore de la valeur.

De plus, l'adoption d'une logistique inversée des déchets est économiquement viable socialement responsable et saine pour l'environnement : ce sont justement les trois les trois piliers du développement durable (CAPRON et QUAIREL, 2004).

Il nous semble difficile de comprendre une chaîne économiquement viable si les produits ou les ressources qui peuvent encore être utilisés sont simplement gaspillés. Aussi, par conséquent, il est inconcevable d'exploiter les matières premières de la nature qui se raréfient pendant que des matériaux qui peuvent être encore utiles sont perdus.

Comme nous l'avons remarqué dans le chapitre II, la structuration d'une chaîne de logistique inversée des déchets adéquate demande des activités et/ou étapes indispensables. Ces activités pour être exécutées ont besoin de main d'œuvre pas trop qualifiée ou spécialisée comme c'est le cas dans un centre de tri ou dans une usine de transbordement. Et ainsi, il est évident que la structuration d'une chaîne de logistique inversée crée d'emploi et, par conséquent, intervient dans les chiffres du chômage d'une région.

Enfin, il nous semble que la proposition 1 doit être considérée vraie, une fois que l'implantation d'une logistique inversée structurée intervient directement dans la gestion des déchets d'une ville et, donc, va de pair avec l'idée et la philosophie du développement durable concernant les déchets et leur gestion. Elle est alors corroborée.

#### **7.4.2. Proposition 2**

Notre deuxième proposition nous conduit aux questionnements à propos du modèle de gestion de partenariat public-privé. Maintenant que notre recherche sur le terrain (de la

ville d'Osasco) nous a montré un modèle de gestion des déchets de partenariat public-privé unique au Brésil, nous pouvons affirmer :

**Proposition 2**

***Le modèle de gestion de Partenariat Public-Privé permet d'améliorer l'optimisation financière et, par conséquent, la réalisation d'une logistique inversée des déchets.***

Afin de récapituler les points principaux du PPP (vu dans le chapitre IV), nous pouvons dire que c'est un mécanisme de gestion, adopté par le management public, relativement ancien, bien que sa législation et sa réglementation soient bien actuelles. Et aussi qu'il ne doit pas être un abandon de responsabilités par le secteur public, ou même un « transfert » de responsabilités ou de compétences, mais un véritable partenariat entre le secteur public et le secteur privé.

Ce mécanisme permet d'optimiser l'emploi des investissements autant publics que privés, car il diminue la concentration de dépenses de chaque partenaire. Ce partage de coûts et d'investissements encourage l'implantation de projets nouveaux et de projets plus complets et de meilleure qualité. De plus, ce modèles de contrats de longue durée permet un amortissement d'investissement long et encourage également les entreprises à participer à des projets plus audacieux.

Cependant, notre entretien avec le directeur de l'entreprise EcoOsasco montre que, malgré l'obligation des financements venant de la municipalité, la réalité est un peu différente. Même si la législation assure un partage de coûts et de risques et, par conséquent, une optimisation financière de la logistique inversée, le directeur assure que le fonctionnement opérationnel de la logistique inversée ne change pas quelle que soit la forme de contrat.

Toutefois, il nous semble que cette dernière affirmation du directeur peut-être remise en cause. Autrement dit, si l'entreprise ne reçoit pas ses financements de façon correcte, il est évident que la qualité des services est compromise. Il est clair que l'entreprise ne va

pas conduire la prestation d'un service pour lequel elle n'est pas rémunérée. Au contraire, si l'entreprise reçoit chaque mois sa rémunération, il est incontestable que la municipalité pourra l'obliger à fournir la prestation adéquate et prévue dans le contrat signé par l'entreprise.

Somme toute, nous pouvons affirmer que le modèle de gestion de partenariat public privé apporte un niveau d'optimisation financière à la gestion de la logistique inversée des déchets. Même si cette optimisation ne peut pas être observée de façon directe, il nous semble indiscutable qu'il existe une différence positive apportée par ce modèle. Cette différence soit seulement par rapport à la stabilité que ce modèle apporte aux gérants et directeurs, qui savent que les financements vont être corrects, ainsi qu'aux fonctionnaires, qui ont une garantie d'emploi pendant toute la période de contrat. Nous pouvons donc affirmer que cette proposition est aussi vrai.

### **7.5. Le Modèle Qualitatif**

En définitive, après ce contrôle de la validité de nos propositions, notre Pré-modèle Qualitatif reste similaire. Cependant, nous trouvons pertinent d'inclure la notion qui, selon nos entretiens, fait une grand différence dans le fonctionnement de la logistique inversée : la volonté politique.

La volonté politique nous semble être un sujet très subjectif que nous n'irons pas explorer dans cette thèse. En fait, il faudrait une recherche plus approfondie sur ce sujet, qui nous semble un peu distante de notre ligne de recherche. De toute façon, cette notion existe et il nous faut l'ajouter dans notre modèle qualitatif.



L'optimisation de la logistique inversée des déchets urbains passe impérativement par l'utilisation d'un outil mathématique dans une démarche de partenariat public-privé.

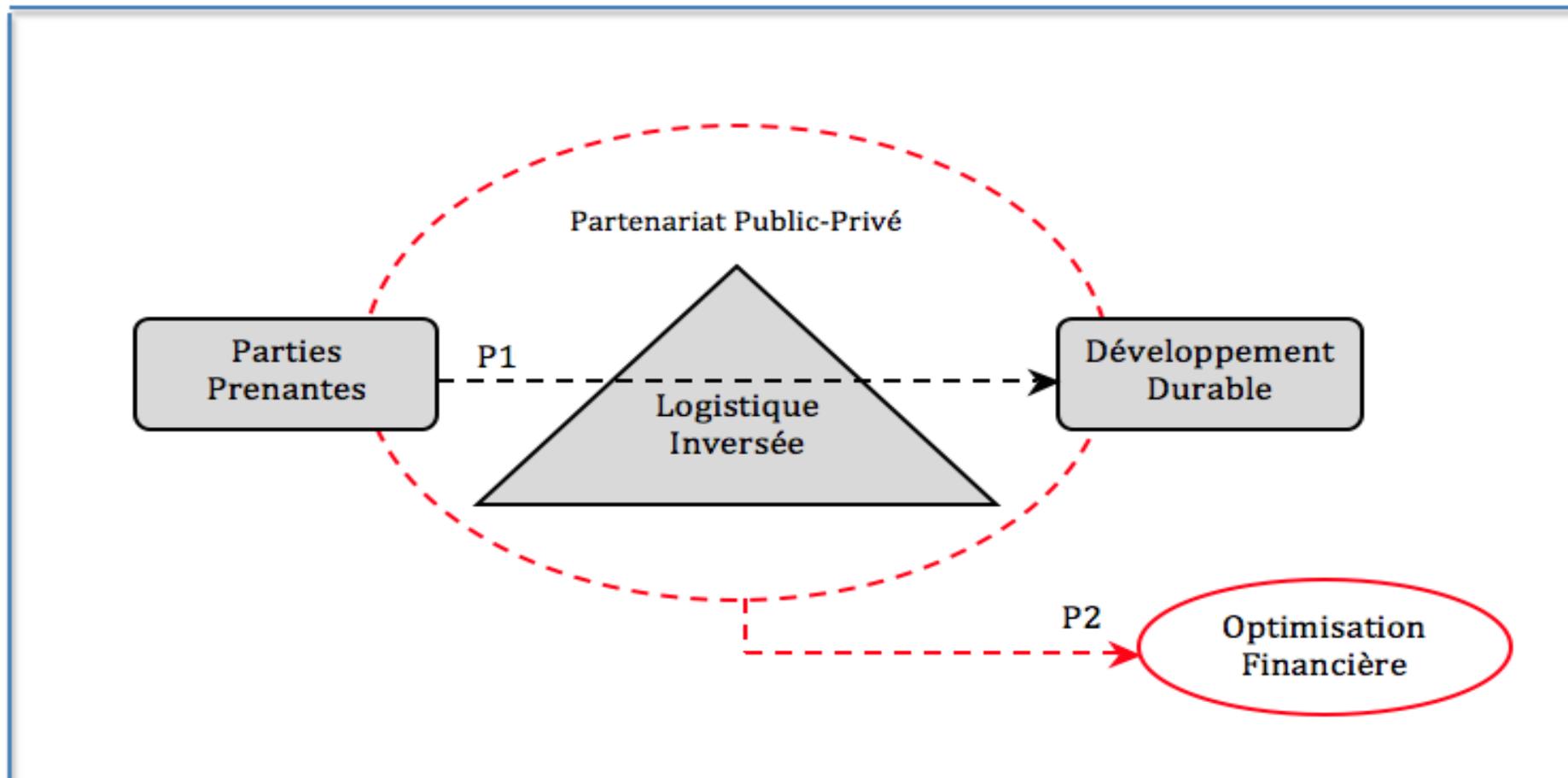


Schéma 7.14 – Le Pré-Modèle Qualitatif.  
Source: Elaboration Personnelle

L'optimisation de la logistique inversée des déchets urbains passe impérativement par l'utilisation d'un outil mathématique dans une démarche de partenariat public-privé.

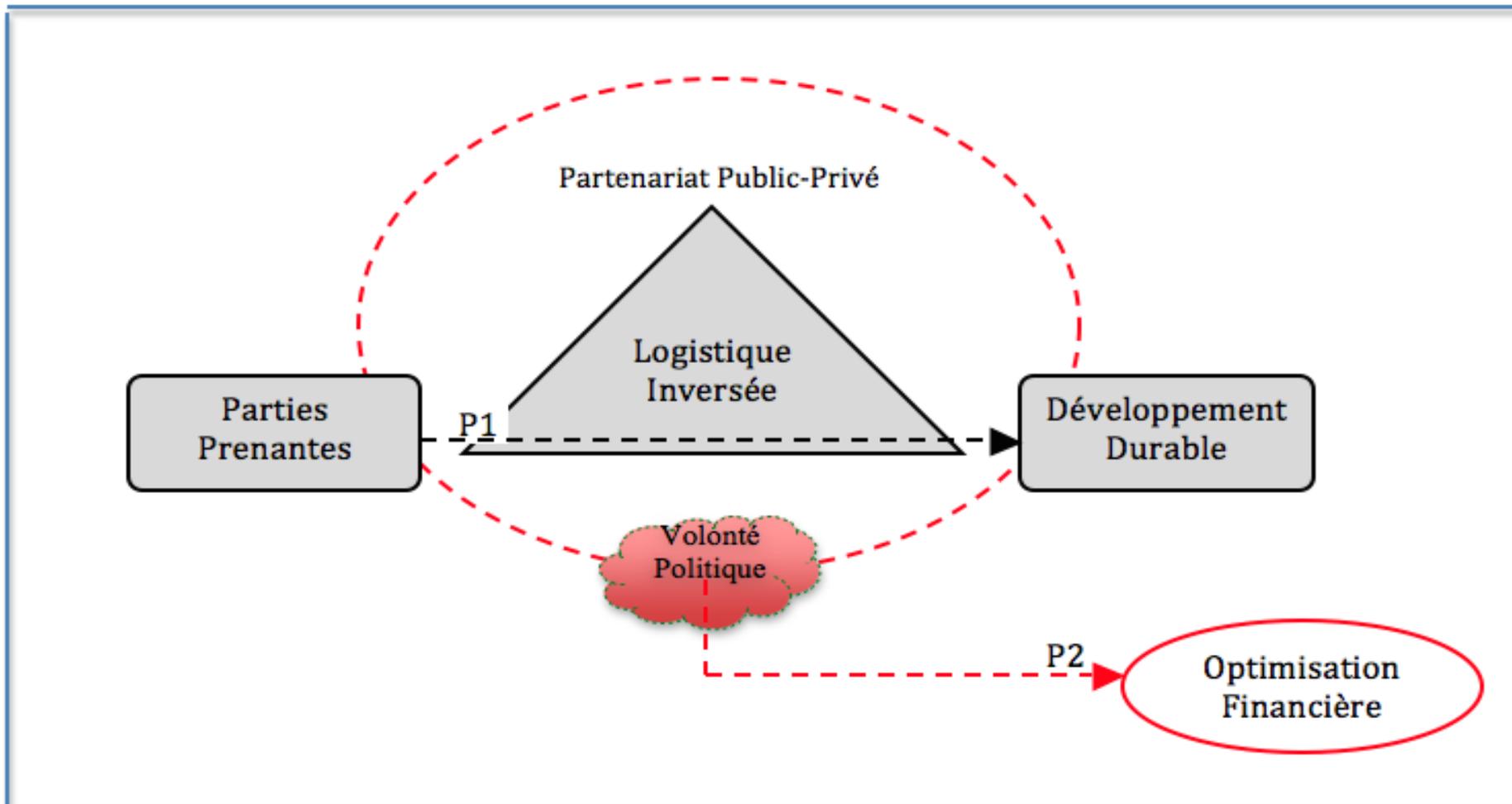


Schéma 7.15 – Le Modèle Qualitatif.  
Source: Elaboration Personnel

L'optimisation de la logistique inversée des déchets urbains passe impérativement par l'utilisation d'un outil mathématique dans une démarche de partenariat public-privé.

---

## **CONCLUSION GENERALE**

## **CONCLUSION**

## 1. La synthèse de la recherche

Nous pouvons dire que notre thèse a commencé quand nous étions encore en licence d'ingénierie civile. C'est à ce moment-là que nous avons eu la possibilité de constater les problèmes ordinaires de la gestion des déchets dans les villes au Brésil. Nous avons un cours « d'assainissement environnemental » et nous avons alors remarqué des déchetteries ouvertes sans aucune surveillance ni contrôle ; des gaspillages de produits qui avaient encore de la valeur et qui étaient jetés dans des poubelles sans aucun tri ni sélection ; et surtout des citoyens pauvres qui habitaient souvent à côté de ces déchetteries et passaient leur temps à rechercher des produits de valeur pour les vendre ou même pour les manger.

Ainsi, à partir de ces observations sur le terrain et de nombreuses lectures, ajoutées à la volonté de contribuer à la résolution d'un problème constant présent dans notre pays, nous avons commencé à nous intéresser à la question posée aux pouvoirs publics par les déchets. Nous avons alors décidé de faire un travail académique capable d'apporter des changements et des solutions à cette situation.

Au cours de notre Master II Recherche, nous avons rassemblé les principales références bibliographiques sur le sujet pour légitimer notre thèse d'abord à partir de la littérature puis sur le terrain.

Nous avons alors décidé de concentrer notre recherche sur une approche associant la logistique inversée et le management public dans un contexte de développement durable, et plus précisément sur la question des déchets.

Nous pouvons affirmer qu'il existe un consensus selon lequel la logistique inversée peut être un instrument important d'équilibre entre les réglementations environnementales et les intérêts économiques concernés. Dans le concept de logistique inversée, la compatibilité entre la valeur, l'efficacité et le recyclage demeure implicite. Cependant, il faut que toutes les réglementations environnementales soient prises en compte lors de la mise en place d'un programme optimisé d'activités de logistique inversée dans la collecte et le recyclage des déchets. Une telle gestion optimisée de la logistique inversée

est alors susceptible d'engendrer des gains pour la population, pour l'Etat et pour toutes les parties prenantes.

Pour parvenir à cette gestion optimisée de la logistique inversée, il apparaît nécessaire de combiner une approche « qualitative » avec une optimisation quantitative. En fait, il s'agit d'associer une démarche managériale, cherchant un modèle de gestion des déchets plus performant, et l'utilisation d'outils quantitatifs, capables de trouver des solutions techniques optimales et précises. S'agissant de la démarche managériale, nous proposons que le modèle de Partenariat Public-Privé soit le modèle idéal pour optimiser la gestion de la logistique inversée et mettre en œuvre un outil mathématique, que nous avons construit, susceptible d'optimiser la localisation précise des points d'apport de déchets.

L'un des apports de notre recherche est que, en termes de coût/bénéfices, un modèle de partenariat public-privé, fonctionnant de manière décentralisée avec des objectifs d'efficience et de qualité des services, peut être mis en œuvre par un partenaire privé, « surveillé » par le partenaire public. Le partenaire privé d'un partenariat public privé peut alors procéder aux lourds investissements nécessaires car ils sont « sécurisés » par un engagement à long terme du partenaire public adossé à des recettes fiscales (mise à disposition de terrains, rémunérations des services réalisés etc.). Il faut cependant que le management public local soit suffisamment mûr pour être préparé à assumer cet engagement sans prendre trop de risques.

Nous proposons aussi qu'il est nécessaire de disposer d'un outil mathématique pour optimiser la gestion des déchets : il existe en effet de moins en moins d'espaces disponibles pour positionner les points de collecte des déchets et on ne peut plus faire d'erreur dans la recherche des meilleurs emplacements pour éviter tout gaspillage. Cela peut être apporté par des outils d'optimisation capables de supprimer toutes les frais non nécessaires. Notre outil mathématique et computationnel, bâti tout au long de cette thèse, sert précisément à éviter la perte de temps et le gaspillage des ressources concernant les infrastructures de la logistique inversée des déchets.

Nous voudrions maintenant présenter les apports de notre recherche, en exposer les limites et formuler quelques perspectives pour une étude future. Cela dit, si notre sujet

est intéressant, moderne et pertinent, beaucoup de pistes n'ont pas été explorés : elles pourraient constituer autant d'approfondissements ultérieurs.

## **2. Les apports de la recherche**

### **2.1. Les apports opérationnels et managériaux**

Dans la partie optimisation quantitative de notre recherche, les trois programmes computationnels utilisés dans cette thèse sont suffisants pour trouver les solutions optimales relatives à la localisation des infrastructures nécessaires à la logistique inversée des déchets dans toutes les villes brésiliennes. En fait, les deux programmes – QUARIECOS et QUARIECOSpontos – ont été élaborés dans notre recherche et nous avons adapté un troisième – LINDO – qui est déjà commercialisé et utilisé par la logistique traditionnelle, pour l'utiliser dans la logistique inversée des déchets.

En résumé, notre apport opérationnel et managérial est précisé ci-dessous:

- Le développement (et non la création) d'un outil mathématique, normalement adopté par la logistique traditionnelle et reconnu par le programme computationnel LINDO, que nous avons adapté à la logistique inversée des déchets et qui pourra être utilisé au Brésil pour résoudre des problèmes de gestion des déchets des villes;
- La construction de deux programmes computationnels capables d'optimiser le processus de lecture des informations et de déterminer précisément la localisation optimale des Ecopoints, des Usines de Tri et des Centres d'Enfouissement Techniques qui doivent être installés dans une ville ou dans une région. Ces programmes computationnels, associés au modèle d'optimisation, pourront être utilisés par toutes les municipalités brésiliennes. Il suffira d'alimenter le programme par les valeurs trouvées dans le site du IBGE ;
- La construction d'un cahier des charges et l'identification des conditions nécessaires pour qu'une ville puisse adopter un modèle « type idéal » de gestion des services de la logistique inversée des déchets urbains. Nous

avançons que ce modèle de gestion idéal est celui d'un partenariat public-privé, qui pourrait aussi être adopté dans d'autres villes brésiliennes pour perfectionner leurs services de gestion de des déchets et potentialiser la performance de notre modèle mathématique.

## **2.2. Les apports théoriques**

En fait, notre objectif a toujours été d'optimiser la logistique inversée des déchets. Pour parvenir à ce but, nous avons mené une revue de littérature sur les principaux domaines théoriques abordés dans cette thèse. Par conséquent, notre apport théorique peut être compris comme une rencontre entre des sujets et des domaines qui n'ont jamais été traités de façon complètement homogène. Nos apports théoriques peuvent être résumés en trois points :

- L'introduction du sujet « optimisation » dans le domaine de la logistique inversée concernant les déchets ;
- L'introduction de la logistique inversée dans les problèmes de recherche opérationnelle ;
- L'introduction d'une approche partenariat public privé dans la gestion des activités et des services de la logistique inversée, sous un angle plus théorique qu'empirique, sans aller jusqu'à la construction d'un modèle.

## **3. Les Limites de la recherche**

Tout au long de notre recherche, nous avons été confrontés à trois grandes limites. La première limite nous semble plutôt méthodologique et structurelle, tandis que les deux autres concernent plutôt les objectifs pratiques de la thèse :

- La limite méthodologique de la recherche :
  - La première et sûrement la principale limite de cette thèse est d'avoir fait le choix risqué de se lancer dans une recherche qui associe une thématique d'optimisation de la localisation de sites logistiques, d'ordre

ingénierique et opérationnel, avec une thématique de gestion d'une activité logistique en proposant un modèle de partenariat public privé, d'ordre managérial. Une thèse en Sciences de Gestion s'adosse à une démarche théorique pour ensuite construire un modèle explicatif ou prescriptif, voire normatif, qui est ensuite confronté à un terrain empirique pour faire émerger des propositions d'ordre managérial. Par contre, une thèse en ingénierie est consacrée simplement à trouver une solution à problème précis. Ainsi, il est évident que de tenter de répondre aux attentes, en partie divergentes, d'une thèse en Ingénierie et d'une autre en Sciences de Gestion relève d'un défi particulièrement difficile à surmonter et se traduit le plus souvent par un déséquilibre entre les résultats obtenus.

➤ Les limites liées aux objectifs de la recherche :

- Il a été compliqué d'aller profondément et de façon très rigoureuse dans toutes les théories évoquées dans cette thèse. En fait, notre thèse, en associant deux champs – management et ingénierie –, a exploré plusieurs théories dans la vaste littérature existante, et certaines références n'ont pas pu être citées faute évidemment de temps et d'espace pour les aborder.
- Si le traitement des déchets constitue un service placé sous la responsabilité de la municipalité, le plus souvent, ce service est concédé à une entreprise qui appartient à un grand groupe économique et financier, car il est nécessaire de faire appel à des levées de fonds importants. Aussi, il se révèle très difficile d'entrer dans ce « cartel » et, par conséquent, d'avoir accès aux données, tout particulièrement à celles relatives aux performances de la gestion des déchets.
- La quasi inexistence d'exemples de partenariat public-privé dans les services de logistique inversée des déchets (il n'y a que le cas d'Osasco au Brésil), ainsi que le manque d'exemples de partenariat public-privé, même dans d'autres services relevant de la responsabilité de la ville de

Fortaleza, que nous avons choisie comme terrain de validation empirique (le seul cas actuel de PPP est celui du stade de football Castelão), constituent autant de difficultés pour collecter des informations pertinentes sur notre sujet très exploratoire. C'est aussi un obstacle pour être en mesure d'identifier les opportunités et les risques associés au choix de faire appel à un partenariat public privé pour la gestion de la logistique inversée des déchets urbains. En fait, nous avons dû observer des expériences de partenariats publics privés présents au Brésil dans d'autres secteurs comme l'assainissement, les réseaux de distribution de l'eau etc., faute d'en avoir trouvé dans les services de collecte et traitement des déchets urbains.

#### **4. Les Perspectives de la recherche**

Finalement, notre travail de recherche nous a permis d'ouvrir quelques perspectives de recherches futures. Cependant, nous savons que la revue de littérature abordée dans cette thèse est particulièrement vaste et que le terrain sur lequel nous travaillons reste encore très largement à explorer, principalement dans des pays comme le Brésil. Nous pouvons identifier quelques perspectives pour des recherches ultérieures comme :

- La poursuite d'une revue de littérature pour explorer d'autres champs théoriques qui sont pertinents pour notre sujet, à l'instar de la performance, du leadership et du pouvoir et du secteur de la prestation de service logistique (inversée)
- Concernant les déchets, nous pourrions choisir d'autres types de déchets dans une nouvelle recherche. En fait, cette thèse n'a exploré que les déchets urbains, à savoir ceux qui sont collectés par la municipalité. Nous savons que chaque type de déchets relève de la mise en œuvre d'une chaîne inversée spécifique, qui doit être aussi optimisée de façon particulière.
- Toujours sur le sujet des déchets, il nous semble important aussi de mieux explorer la question de la classification actuelle des déchets. Ils sont souvent classifiés selon leur origine et leur type et non par destination. Il nous semblerait particulièrement intéressant de s'appuyer sur une classification par

rapport au type de traitement ou de destination, en vue de faciliter la chaîne inversée pour créer de la valeur.

Néanmoins, malgré toutes ces limites et ces insuffisances, cette thèse m'a apporté une grande satisfaction : celle d'avoir un petit peu contribué au développement de mon pays en respectant le développement durable, donc d'être un microélément de la régulation de la planète.



## **BIBLIOGRAPHIE**

- ABNT NBR 10004 (2004), « Norme brésilienne sur les déchets ».
- ADAMS, J.C.; BRAINERD, W.S.; HENDRICKSON, R.A.; MAINE, R.E.; MARTIN, J.T.; SMITH, B.T.. The Fortran 2003 Handbook: The Complete Syntax, Features and Procedures. Springer, 2009
- Associação Brasileira de Normas Técnicas BNT 10004, (2004) “Resíduos Sólidos: Classificação” Rio de Janeiro: ABNT
- ADDOU, A. (2009), « Développement durable – Traitement des déchets – Valorisation, élimination », *Ellipses Editions Marketing*, pp. 1-284.
- AFROZ, R. et MASUD, M. M. (2011), “Using a contingent valuation approach for improved solid waste management facility: Evidence from Kuala Lumpur, Malaysia.” *Waste Management*, Vol. 31, No. 4, pp. 800-808;
- ANASTACIO, A. F., (2003), « Proposta de uma sistemática para estruturar uma rede logística reversa de distribuição para o sistema de coleta, processamento e recuperação de resíduos da construção civil – caso do município de Curitiba », Dissertação Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Engenharia de Produção.
- ASCHER, F. (1994), " Le partenariat public-privé dans le "(re)développement". Le cas de la France" in HEINZ, W. (1994), "Partenariats public-privé dans l'aménagement urbain", L'Harmattan, pp. 1-295.
- AVENIER M.-J. (1989), « Méthodes de terrain et recherche en management stratégique », *Economies et Sociétés, Série Sciences de Gestion*, n°14, décembre, pp. 199-218.
- AUBY, J. F. (1996), « Management public – Introduction générale », *Sirey, Paris*, pp. 1-118.
- AYRES R., SIMONIS U., (1994), « *Industrial Metabolism: Restructuring for sustainable development* », United Nations University Press, Tokyo.
- BACKER, P. (1998), « Le management vert », *Dunod, Paris*, pp. 1-265.
- BALET, J-M. (2008), « Aide Mémoire – Gestion des déchets », *Dunod Paris*, pp. 1-239.
- BAILLY, A. et al. (2000), « Développement social durable des villes – Principes et pratiques », *Edition Economica*, pp. 1-170.
- BALLOU, R. H. (2011), “ Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial ”, 5a. edição. Porto Alegre: Bookman Editora, 616 p.

- BARKENOV, S. et RICH, D. (1989), "Privatism and the limits of local economic development policy", *Urban Affairs Quarterly*, vol. 25, n° 2, December, pp. 212-238.
- BARRETO, J.M. (1976), « Uma definição de otimização de sistemas », *Revista do Circulo de Engenharia Militar*, 79, pp. 179-183.
- BARRETO, J.M., MACHADO, M.A.S. et LIMA, C.G. (1988), « Otimização Vetorial pela Matematica Nebulosa », *Pesquisa Naval*, Vol 1, pp. 49-61.
- BASTOS, M. M. M., (2009), “ Notas de Aula – Doutorado em Transporte”, Universidade Federal do Ceara, Departamento de Transporte.
- BEAULIEU, M., MARTIN, R. et LANDRY, S. (1999), « Logistique à rebours : un portrait nord-américain », *Logistique & Management*, Vol. 7, N° 2, pp. 5-14.
- BENZANCON, X. (1996), "Une Approche Historique du Partenariat Public-Privé" in UBALDEBORDE, J-M. (1996), "Partenariat Public-Privé et Développement Territorial", *Adagp*, Paris, pp. 1-398.
- BERGERE, F. *et al.* (2007), "Le guide opérationnel des PPP", *Guides Juridiques*, Editions Le Moniteur, pp. 1-357.
- BERNIER, L.L. (1996), "Partenariat public-privé et reconquête urbaine aux Etats-Unis" in UBALDEBORDE, J-M. (1996), "Partenariat Public-Privé et Développement Territorial", *Adagp*, Paris, pp. 1-398.
- BEST, J.W. (1972), « Como investigar en educación », 2 ed., Madrid : Morata.
- BO, D. (2008), « La gouvernance des partenariats public-privé : L'étude des ports de plaisance français » in *Le management public en mutation coordonné* par HURON, D. et SPINDLER, J. L'Harmattan, Paris, pp. 209-222.
- BOIRAL, O. (2005), « Concilier environnement et compétitivité, ou la quête de l'écocoefficiency », *Revue française de gestion*, N° 158, pp. 163-186.
- BONCOEUR, J. et THOUEMENT, H., (2003), « Histoire des idées économique de Platon à Marx » – Armand Colin – pp. 1 - 234
- BOYD, S. et VANDENBERGHE, L. (2004), « Convex Optimization », Cambridge University Press, New York.
- BRIGHENTI, J. R. N. (2006), « Simulação e otimização de uma linha de manufatura de projeto », *Dissertação mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá*, 113p.

- BRODHAG, C. (2006), « Eléments du débat international sur la responsabilité sociétale et le développement durable », *Economie et management*, pp. 1-19.
- BRONSON, R. et NAADIMUTHU, G. (1997), « Operations Research », 2eme Ed. New York : McGraw-Hill.
- BRUNEL, S. (2008), « A qui profite le développement durable ? » Ed. Larousse – pp. 1- 155
- BRUNTLAND, G. H. (1987), « Notre avenir à tous », *United Nations*, pp. 1-374.
- BÜRGENMEIER, B. (2005), « Economie du développement durable », *de boeck*, pp. 1-285.
- BÜRGENMEIER, B. (2008), « Politiques économiques du développement durable », *de boeck*, pp. 1-280.
- CAMARA, J. A. (2005), "A experiência brasileira nas concessões de serviço publico e as parcerias publico-privadas" in SUNDFELD, C. A. (2005), "Parcerias Publico-Privada", Malheiros Editores, SBDP, FGV, pp.1-606.
- CALDAS, R. (2011), "Parceria Publico Privada e meio ambiente", *Revista de Estudos Constitucionais, Hermeneutica e Teoria do Direito*, jan-jun 2011, pp. 65-74.
- CANEL DEPITRE, B., (2006), « La logistique inversée : réponse efficace a un consommateur et au citoyen », 4ème Congrès Les tendances du marketing en Europe, pp. 1-21.
- CAPRON, M. et F. QUAIREL-LANOIZELEE (2004), *Mythes et réalités de l'entreprise responsable*, La Découverte, Paris.
- CARDOSO, A. (2011), "Fundamentos da Pesquisa Operacional", Unifal-MG.
- CARROLL, P. et STEANE, P. (2000), "Public-private partnership: sectorial perspectives" in OSBORNE, S. P. (2000), "Public-private partnership - theory and practice in international perspective", *Routledge Advances in Management and Business Studies*.
- CARTER, C.R. et ELLRAM, L.M. (1998), « Reverse logistics: a review of the literature and framework for future investigation », *Journal of business logistics*, Vol. 19, N° 1, pp. 85-102.
- CARVALHO JR, F.H. (2013), « Estudo de indicadores de sustentabilidade e sua correlação com a geração de resíduos sólidos urbanos na cidade de Fortaleza », Thèse

soutenu en Ingénierie Civil par le Département d'Ingénierie Hydraulique et Environnemental - UFC

- CEMPRE, (1998), « Lixo Municipal : Manual de Gerenciamento Integrado », IPT, pp. 278 ;
- CEMPRE, (2011) consulté sur [http://www.cempre.org.br/servicos\\_eventos.php](http://www.cempre.org.br/servicos_eventos.php);
- CHAPPOZ, Y. (2008), « Les politique contractuelles de développement territorial et le jeu des acteurs » in *Le management public en mutation* coordonné par HURON, D. et SPINDLER, J. *L'Harmattan, Paris*, pp. 223-237.
- CLERC, M. (2005), « L'optimisation par essais particuliers – versions paramétriques et adaptatives », Lavoisier, pp. 1 – 265;
- COELLO, C.A.C. (1999), « An updated survey of ga-based multiobjective optimization techniques : state of the art and future trends », vol. 1.
- COELLO, C.A.C., LAMONT, G.B. et VELDHUIZEN, D.A.V. (2007), « Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems », Springer.
- COLIN, J. (1996), « La logistique : histoire et perspectives », *Logistique & Management*, vol. 4, N° 2, pp. 97-110.
- COLIN, J. (2005), « Le supply chain management existe-t-il réellement ? », *Revue française de gestion*, N° 156, pp. 135-149.
- COM 2004/327, "Le Livre Vert da la Commission Européenne du 30 avril 2004".  
Site????
- COTRIM, G. (2002), « História Global: Brasil e Geral », São Paulo: Editora Saraiva.
- COUTINHO, D. R. (2005), " Parcerias publico-privadas: Relatos de algumas experiências internacionais" in SUNDFELD, C. A. (2005), "Parcerias Publico-Privada", Malheiros Editores, SBDP, FGV, pp.1-606.
- DAFFLON, B. (1996), "Quatre degrés de privatisation de la gestion publique: réflexions sur la situation en Suisse" in UBALDEBORDE, J-M. (1996), "Partenariat Public-Privé et Développement Territorial", Adagp, Paris, pp. 1-398.
- DEB, K. et GOLDBERG, D.E. (1989), « An investigation of niche and species formation in genetic function optimization. », Proceedings of the Third International Conference on Genetic Algorithms, p. 42-50.
- DEMARIA, C. (2004), « Développement durable et finance », *Maxima Paris*, pp. 1-255.

- DEKKER, R., BLOEMHOF-RUWAARD, J., FLEISCHMANN, M., VAN DER LAAN, E. A., VAN NUNEN, J. et VAN WASSENHOVE, L. N. (1998), « Operational Research in reversed logistics: some recent contributions. International », *Journal of Logistics: Research and Applications*, Vol. 1, n. 2, p. 141-155.
- DI PIETRO, M. S. Z. (2006), "Parcerias na administração publica - concessão, permissão, franquia, terceirização, ppp e outras forma", Editora Atlas S.A., pp. 1-449.
- DION, M. et al. (2008), « Le développement durable – théories et applications au management », *Dunod Paris*, pp. 1-246.
- DONTENWILL, E. (2005), « Comment la théorie des parties prenantes peut-elle permettre d’opérationnaliser le concept de développement durable dans les entreprises », *Revue des sciences de gestion : Direction et gestion*, Vol. 40, N° 211, pp. 85-95.
- DORNIER, P. P. et FENDER, M. (2008), « La logistique globale et le supply chain management », *Eyrolles, Paris*, pp. 1-501.
- DOWLATSHAHI, S. (2000), « Developing a theory of reverse logistics », *Interfaces*, Vol. 30, N° 3, pp. 143-155.
- DOUAT, E. (1996), "Les différentes formes de partenariat public-privé en France" in UBALDEBORDE, J-M. (1996), "Partenariat Public-Privé et Développement Territorial", Adagp, Paris, pp. 1-398.
- DUMONT R. et PAQUET C. (1988), « Un monde intolérable, le libéralisme en question, » Paris, Edition du Seuil, 1988.
- DURAN, P. (1996), "Le partenariat public-privé entre réglementation et régulation" in UBALDEBORDE, J-M. (1996), "Partenariat Public-Privé et Développement Territorial", Adagp, Paris, pp. 1-398.
- DURAND, G. (1996), "L'avenir des sociétés d'économie mixte locales" in UBALDEBORDE, J-M. (1996), "Partenariat Public-Privé et Développement Territorial", Adagp, Paris, pp. 1-398.
- DURIF, F., BROSSEAU, A., TURCOTTE, C. et WOLFF, L. (2009), « L’opérationnalisation des principes du développement durable », *Revue française de gestion*, N° 190, pp. 57-75.

- EDGAR, T.F et HIMMELBLAU, D. M., (2001), « Optimization of chemical processes », New Your, McGraw-Hill.
- EPA (2013), « Remediation Optimization : Definition, Scope and Approach », United States Environmental Protection Agency – Office of Solid Waste and Emergency Response.
- ETNER, F. (2000), « Histoire de la pensée économique » Editions ECONOMICA – pp. 1 - 369
- FAINSTEIN, N. et S. (1994), "Le partenariat public-privé dans le développement économique aux Etats-Unis" in HEINZ, W. (1994), "Partenariats public-privé dans l'aménagement urbain", L'Harmattan, pp. 1-295.
- FAUCHEUX, S. et JOUMNI, H. (2005), « Economie et politique des changements climatiques », *La Découverte*, pp. 1-123.
- FLEISCHMANN, M. (2001), « Quantitative models for reverse logistics », Thèse à l'University Rotterdam, Germany.
- FLETCHER, R. (1980), "Methods of optimization. Unconstrained Optimization", Vol. 1, Wiley.
- FMI, (2004), " Public-Private Partnerships - Prepared by fiscal affairs department.
- FONSECA, C.M. et FLEMING, P.J. (1993), « Genetic algorithms for multiobjective optimization : Formulation, discussion and generalization », Proceeding of the Fourth International Conference on Evolutionary Programming, p.355-365.
- FONSECA, C.M. et FLEMING, P.J. (1995), « An overview of evolutionary algorithms in multiobjective optimization », *Evolutionary Computation*, vol. 3, n. 1.
- FULCONIS, F. et al. (2009), "Le prestataire de services logistique, acteur clé du système de logistique inversée", *Management & Avenir*, pp. 83-102.
- FULCONIS, F. et PACHE, G. (2011), "Entre innovation et optimization: La decision en logistique à la croisée des chemins", *Management et Avenir*, n° 48, p. 158-178.
- FULDA, F. (2001), « La théorie kantienne de la séparation des pouvoirs », *Les études philosophiques*, N° 56, pp. 3-18.
- FREEMAN, E. (1984), « *Strategic Management a stakeholder approach* », Pitman.
- FU, M. C., (2002), "Optimization for Simulation: Theory vs. Practice", *Journal on Computing*, vol 14, n3. In BRIGHENTI, J. R. N. (2006), « Simulação e otimização de

- uma linha de manufatura de projeto », Dissertação mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá, 113p.
- GALAVIELLE, J.-P. (2008), « Gouvernance, marché et régulation sociétale », 3<sup>ème</sup> *Congrès de réseaux international de recherche sur les organisations et le développement durable*, pp. 1-21.
  - GAUCHON, P. et TELLENNE, C. (2005), « Géopolitique du développement durable », *Presses Universitaires de France*, pp. 1-365.
  - GAVIRA, M. O. (2003), “Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento”, Dissertação de mestrado em engenharia de produção. USP, São Carlos, SP, 2003.
  - GOLDBARG, M.C. et PACCA LUNA, H. (2005), “Otimização Combintorioa e Programação Linear”, Editora Campus, 536p.
  - GONÇALVES, S. C. (2007), “Tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos”, CREA-CE, pp. 1-138.
  - GONÇALVES, M. A. et MARINS, F.A.S. (2006), “Logística reversa numa empresa de laminação de vidros – Um estudo de caso”, *Revista Gestao &Produção*, v. 13, n 3, p. 397-410.
  - GOURNAY, F et RONDEPIERRE, A., (????), “ Introduction à l’Optimisation Numérique”, INSA Toulouse, Département STPI – 3ème année.
  - GROSELLI, R. (2010), “A Parceria Publico privada no setor de infraestrutura em saneamento: um analise da relação entre o Estado e a iniciativa privada”, dissertação de mestrado UFRGS - Porto Alegre / Brasil.
  - GROTTI, D. A. M. (2005), "A Experiencia Brasileira nas concessões de serviço publico" in SUNDFELD, C. A. (2005), "Parcerias Publico-Privada", Malheiros Editores, SBDP, FGV, pp.1-606.
  - GUYOT, G. *et al.* (2008), "Réforme de l'Etat et décentralisation" in MEAN, J.-P. (2008), "Modernisation des services publics - Fécondité des partenariats public-privé", ISEOR, Economica, pp. 1-286.
  - KUSUMASTUTI, R. D., PIPLANI, R. et LIM, G. H. (2008), « Redesigning closed-loop service network at a computer manufacturer: A case study. », *International Journal Production Economics*, Vol.111, p. 244–260.

- HARREL, C.R., GHOSH, B..K. et BOWDEN, R. (2000), "Simulation Using ProModel", McGraw-Hill
- HEINZ, W. (1993), "Public Private Partnership - ein neuer Weg zur Stadtentwicklung?" Stuttgart/Berlin/Köln: Kohlhammer.
- HEINZ, W. (1994), "Partenariats public-privé - La perspective allemand" in HEINZ, W. (1994), "Partenariats public-privé dans l'aménagement urbain", L'Harmattan, pp. 1-295.
- HELD, G. (1994), "Partenariats public-privé dans le redéveloppement urbain en Espagne" in HEINZ, W. (1994), "Partenariats public-privé dans l'aménagement urbain", L'Harmattan, pp. 1-295.
- HIRIART-URRUTY, J.-B. (1996), "L'optimisation", Presses Universitaires de France, pp. 1-127;
- HOFFMANN-MARTINOT, V. et UTERWEDDE, H. (1996), "Primauté et adaptation graduelle du secteur public en Allemagne" in UBALDEBORDE, J.-M. (1996), "Partenariat Public-Privé et Développement Territorial", Adagp, Paris, pp. 1-398.
- HORN, J. (1997), "Handbook of evolutionary computation", vol. 1, Oxford University Press, England.
- HUBER-HUMER, M. et LECHNER, P. (2011). "Sustainable landfilling or sustainable society without landfilling?", Waste Management, Vol. 31, No. 7, pp. 1427-1428.
- HURON, D. et SPINDLER, J. (1998), « Le management public local », *L.G.D.J., Paris*, pp. 1-117.
- IBGE (2011), « Pesquisa Nacional de Saneamento Básico », Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- IBGE (2010), « Pesquisa Nacional de Saneamento Básico », Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
- IBGE (2010), « Sinopse do Censo IBGE 2010 », Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - <http://censo2010.ibge.gov.br/resultados>;
- IGALENS, J. et POINT, S. (2009) « VERS UNE NOUVELLE GOUVERNANCE DES ENTREPRISES – L'entreprise face à ses parties prenantes » – DUNOD, Paris – pp. 1- 211
- IOSSA, E., MARTIMORT, D. et POUYET, J. (2008), « Partenariats public-privé. Quelques réflexions », *Revue économique*, Vol. 59, pp. 437-449.

- JAMES, B. (1991), "Recycling: our green world", East Sussex: Wayland Publ., pp 48.
- LACASSE, F. et THOENIG, J-C. (1996), « L'action publique », *L'Harmattan, Paris*, pp. 1-401.
- LACERDA, L. (2004), "Logística Reversa – Uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais", Centro de Estudos em Logística – COPPEAD.
- LALLEMENT, J. (2010), "Pauvreté et économie au XIXe Siècle", *Cahiers d'économie politique / Papers in Political Economy*, N° 59, PP. 119 – 140
- LAKATOS, E. M. et MarCONI, M. A., (2001), « Metodologia científica ». 3. ed., São Paulo: Atlas.
- LAWLESS, P. (1994), "Partenariats public-privé au Royaume-Uni: analyse et critique" in HEINZ, W. (1994), "Partenariats public-privé dans l'aménagement urbain", *L'Harmattan*, pp. 1-295.
- LE BOT, J-M. (2002), « Du développement durable au bien public », *L'Harmattan*, pp. 1-297.
- LE GALES, P. (1996), "Aspects idéologiques et politiques du partenariat public-privé" in UBALDEBORDE, J-M. (1996), "Partenariat Public-Privé et Développement Territorial", *Adagp, Paris*, pp. 1-398.
- LEITE, P.R., (2003), « Logística Reversa : meio ambiente e competitividade », Editora Prentice Hall, São Paulo.
- LICHERE, F. *et al* (2009), "Pratique des partenariats public-privé - choisir, évaluer, monter et suivre son PPP", *LexisNexis Litec*, pp. 1-268.
- LIGNIERES, P. (2000), « Partenariats public privés », *Lite, Paris*, pp. 1-361.
- LIMA, L.M.Q. (1991), "Tratamento de Lixo", *Hemus editor limitada*, pp. 240.
- LINDO User's Manual. LINDO Systems, Inc., Illinois, USA, 2003.
- LÒSS, Z.E. (1981), "O Desenvolvimento da Pesquisa Operacional no Brasil", *Dissertação de mestrado Universidade Federal do Rio de Janeiro / COPPE*.
- KAMUK, B. et JAMES, P. (2011). "Energy from residual waste," *Waste Management & Research*, Vol. 29, No. 10, Supplement, pp. 1-2.
- KOKKINAKI, A.I., DEKKER, R., VAN NUNEN, J. et PAPPIS, C. (1999), « Etude exploratoire sur le commerce électronique lié à la reverse logistique », *Logistique & Management*, Vol. 7, N° 2, pp. 27-36.
- MARCHAL, A. (2006), « Logistique globale », *Ellipses, Paris*, pp. 1-365.

- MARLER, R.T. et ARORA, J.S. (2004), "Survey of multi-objective optimization methods for engineering", *Struct Multidisc Optim* 26, pp. 369-395.
- MARQUES NETO, F. A. (2005), "As Parcerias Publico-Privadas no Saneamento Ambiental" in SUNDFELD, C. A. (2005), "Parcerias Publico-Privada", Malheiros Editores, SBDP, FGV, pp.1-606.
- MARTINET, A.C., (1993), « Stratégie et pensée complexe », *Revue française de gestion*, mars-avril-mai, pp. 31-45.
- MARTINET, A. CH., et REYNAUD, E. (2004), « Entreprise durable, finance et stratégie », *Revue française de gestion*, Vol. 30, N° 152, pp. 121-135.
- MELLO, M. (2005), "Privatização no setor de saneamento no Brasil: Quatro experiências e muitas lições", *Revista Economia Aplicada*, São Paulo, Vol. 9, N°. 3, pp. 495-517.
- MERCIER, J. (2002), « L'administration publique », *Les presses de l'Université Laval, Canada*, pp. 1-512.
- MICHOT, D., BELAN, J., PAILLAT, J.-M. et HUET, S. (2008), « Gestion des déchets », *Cours du CIRM – Université de Rennes 1*, pp.1-76.
- MIGUEL, G. (1999), « Recyclage et valorisation des déchets ménagers », *Rapport 415 – Office parlementaire d'évaluations des choix scientifiques*, pp.1-186.
- MODESTO, P. (2005), "Reforma do Estado, formas de prestação de serviços ao publico e parcerias publico-privadas: demarcando as fronteiras dos conceitos de "serviço publico", "serviços de relevância publica" e "serviços de exploração economica" para as parcerias publico-privada in SUNDFELD, C. A. (2005), "Parcerias Publico-Privada", Malheiros Editores, SBDP, FGV, pp.1-606.
- MONNET, M. (2005), « Les parties prenantes d'un contexte de développement durable », *Conférence internationale de management stratégique*, pp. 1-20.
- MONNET, M. (2007), « L'intermédiation du prestataire des services logistiques dans une supply chain en contexte de développement durable », *Thèse de doctorat en sciences de gestion – Université de la Méditerranée*.
- MONTEIRO, V. (2005), "Legislação de parceria publico-privada no Brasil - Aspectos fiscais desse novo modelo de contratação" in SUNDFELD, C. A. (2005), "Parcerias Publico-Privada", Malheiros Editores, SBDP, FGV, pp.1-606.

- MONTEVECHI, J. A. B. (2000), "Pesquisa Operacional – Programação Linear", Escola Federal de Engenharia Itajubá.
- MOREIRA, D. A. (2010) , « Pesquisa Operacional – Curso Introdutorio », Cengage Learning – pp. 1-356
- MOTA, S., (2010), Introdução à Engenharia Ambiental, Editora ABES.
- MOULTON, L. et ANHEIER, H. K. (2000), "Public-Private partnership in the United States: historical patterns and current trends" in OSBORNE, S. P. (2000), "Public-private partnership - theory and practice in international perspective", Routledge Advances in Management and Business Studies.
- NOIREAUX, V. (2006), « L'émergence du leadership reconnu dans le canal de distribution inversée : le cas des déchets industriels », *Thèse de doctorat en sciences de gestion – Université de la Méditerranée*.
- NOISETTE, P. (1996), Partenariat public-privé et marketing urbain. In: Le partenariat public privé.... Lausanne (Suisse) : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- OCDE, (2004), "*Economic Survey of Portugal 2004: the Public Administration Reform*. September
- O'CONNELL, E. (2011). "Overcoming the fear of waste," *Waste Management*, Vol. 31, No. 11, pp. 2201-2202.
- OSBORNE, D. et GAEBLER, T. (1992), "Reinventing Government: How the entrepreneurial spirit es transforming the public sector", Reading, MA: Addison Wesley.
- PASCHOS, V. TH. (2005), « Optimisation Combinatoire : concepts fondamentaux », Hermès Science Publication, p. 17-60, Lavoisier.
- PARETO, V. (1896), « Cours d'Economie Politique », vol 1, F. Rouge in PANTUZA JUNIOR, G. (2011), « Métodos de otimização multiobjetivo e de simulação aplicados ao problema de planejamento operacional de lavra em minas a céu aberto », Mémoire Escola de Mina da Universidade Federal de Ouro Preto – Engenharia Mineral.
- PATUNZA JUNIOR, G., (2011), « Metodos de otimização multiobjetivo e de simulação aplicados ao problema de planejamento operacional de lavra em minas a céu aberto », Tese de doutorado pela Universidade Federal de Ouro Preto

- PEDROSA, H. R. et ROMERO, J.F.A. (2012), « Algoritmo para automação dos processos de planejamento da produção na area grafica – job shop. » Instituto Tecnológico de Aeronautica – Divisao de Engenharia Eletronica.
- PERTHUIS, C. (2003), " La génération future a-t-elle un avenir?", Belin, pp. 1-191
- PIMOR, Y. et FENDER, M. (2008), « Logistique », *Dunod, Paris*, pp. 1-750.
- POPPER, K. R., (1968), « Conjectures and refutation », New York: Harper and Row.
- POULALION, G. (1995) « Histoire de la pensée économique - des origines à nos jours » Editions L'HERMES – pp. 1 - 240
- RAO, S. S. (1979), "Optimization: Theory and Application", Wiley Eastern Limited, India.
- ROBLES, R., VIGNOLI, F. H. *et al.* (2008), « Exame da participação do setor privado na provisao dos serviços de abastecimento de agua e de esgotamento sanitario no Brasil », Sao Paulo : FGV/INECON, disponível em : <http://www.cidades.gov.br> consultado em 31/01/2013.
- ROGERS, D. S. et TIBBEN-LEMBKE R. S. (1998), « Going back words; reverse logistics trends and practices », University of Nevada: Reno, Center of Logistics Management, Reverse Logistics Executive Council.
- ROGERS, D.S. et TIBBEN-LEMBKE, R. (2001), « An examination of reverse logistics practices », *Journal of business logistics*, Vol. 22, N° 2, pp. 129-148.
- SAINT-ETIENNE, C. et PIRON, V. (2006), "Les partenariats public-privé, leviers pour l'investissement, l'activité et l'emploi", La documentation française, Paris, pp. 1-223.
- SANTO, M. V. et VERRIER, P. E. (2007), « Le management public », *Presses universitaires de France*, pp.1-127.
- SCHRAGE, L. (1997), « Optimization Modeling with LINDO », 5th Ed., Pacific Grove (CA): Duxbury Press.
- SCHRAGE, L. (2006), "Optimization Modeling with LINDO", LINDO Systems, Inc., Illinois, USA.
- SESTIER, J.-F. *et al.* (2008), "Services public-privés: entre concurrence, coopération et complémentarité" in MEAN, J.-P. (2008), "Modernisation des services publics - Fécondité des partenariats public-privé", ISEOR, Economica, pp. 1-286.
- SHRIVASTAVA, P. et HART, S. (1996), «Demain, l'entreprise durable?», Revue française de gestion, pp. 110-122.

- SILVA, E. L. et MENEZES, E. M., (2005), “Metodologia de pesquisa e elaboração da dissertação”, 4<sup>a</sup> Edição, Florianópolis, UFSC.
- SNIEDOVICH, M. (2002), “OR/MS games: 1. A neglected education resource”, *Informations Transactions on Education*.
- SOUZA R. P. (2005), "A experiência brasileira nas concessões de saneamento básico" in SUNDFELD, C. A. (2005), "Parcerias Público-Privada", Malheiros Editores, SBDP, FGV, pp.1-606.
- SOUZA, R. (2012), « A Revolução de 1930: Principais fatos da Revolução de 1930. » *Brasil Escola*.
- STAMM, H. (1998), “Simulação Industrial: uma avaliação de sua utilização no sudeste e sul do Brasil”, Dissertação de mestrado em engenharia de produção, UFSC, Florianópolis.
- STOCK, J. R. (1992), “ Reverse logistics”, *Council of Logistics Management: Oak Brook, IL*.
- STOCK, J. R. (1998), “Development and Implementation of Reverse Logistics Programs”, *Council of Logistics Management*, p. 247.
- SUNDFELD, C. A. (2002), "Parceria Público-Privada - PPP. Estudo de Caso. Saneamento Básico", *Travail de consultorie pour le Ministère du Planning Brésilien*
- SUNDFELD, C. A. (2005), "Guia Jurídico das Parcerias Público-Privadas" in SUNDFELD, C. A. (2005), "Parcerias Público-Privada", Malheiros Editores, SBDP, FGV, pp.1-606.
- TEIXEIRA, I. (2011), *Ministère d’Environnement du Brésil*
- TESTA, F. et CONSIGLIO, S. (1996), "Le partenariat public-privé dans la réalisation et la gestion des services publics locaux en Italie" in UBALDEBORDE, J-M. (1996), "Partenariat Public-Privé et Développement Territorial", *Adagp, Paris*, pp. 1-398.
- THIETART R-A. et coll. (1999), « Méthodes de recherche en management », *Dunod, Paris*.
- TIBBEN-LEMBKE, R.S. (2002), « Life after death: reverse logistics and the product life cycle », *International journal of physical distributions and logistics management*, Vol. 32, N° 3, pp. 223-244.
- TICONA, W.G.C. (2003), « Algoritmos evolutivos multi-objetivo para a reconstrução de arvores filogenéticas », *Thèse de doctorat USP – ICMC Sao Carlos*.

- TIXIER, D., MATHE, H. et COLIN, J. (1996), « La logistique d'entreprise », *Dunod, Paris*, pp. 1-287.
- UBALDEBORDE, J-M. (1996), "Partenariat Public-Privé et Développement Territorial", Adagp, Paris, pp. 1-398.
- UNEP, (2005), « Integrated Waste Management Scoreboard », *Union Nations Environment Programme*, pp. 1-57.
- VALIER, J., (2005), « Brève histoire de la pensée économique - d'Aristote à nos jours » – Editions Flammarion, Paris; Champs essais – pp. 1 - 241
- VIEITEZ, L.C. (1996), "Partenariat Public-Privé et développement territoriale en Espagne" in UBALDEBORDE, J-M. (1996), "Partenariat Public-Privé et Développement Territorial", Adagp, Paris, pp. 1-398.
- VISVANATHAN, C. (2011). "Business and employment opportunities in waste management and recycling in Asia," *Waste Management*, Vol. 31, No. 8, pp. 1083-1084.
- WILLIAMS, H.P. (1990), "Model Building In Mathematical Programming" John Wiley & Sons.
- WINSTON, W.L. (1994), "Operations Research, Applications and Algorithm, 3rd Ed., Belmont (CA): Duxburry Press.
- WOLFF, J. (1993), « Les pensées économiques - des origines à nos jours », Ed. ECONOMICA – pp. 1 - 111
- YVES, N. (2002), "Le secteur du transport interurbain et la recherche opérationnelle: une synergie méconnue à exploiter", *HEC Montréal / Gestion*, vol. 27, p. 38-45.
- WU, H.J. et DUNN, S.C. (1995), « Environmentally responsible logistics systems », *International journal of physical distribution and logistics management*, Vol. 25, N° 2, pp. 20-38.
- ZITZLER, E. (1999), "Evolutionary algorithms for multiobjective optimization: methods and applications", PhD thesis, Federal Institute of Technology Zurich, Swiss.



## **APENDICES**

## **APPENDICE A – DESCRIPTION DES 16 SECTEURS DU RECENSEMENT CONSIDÉRÉS DANS LA SIMULATION POUR LA VILLE DE FORTALEZA**

Les 16 secteurs du recensement, situés dans le Sous-district Mucuripe de la ville de Fortaleza, considérés dans la simulation ci-dessus exposée en utilisant les programmes d'ordinateurs **QUARIECOS** et **LINDO**, pour l'emplacement optimisé d'Écopoints en utilisant des techniques de programmation linéaire, le point de départ, le parcours, la voirie, les accidents topographiques, les points de référence, les toponymes, la délimitation, le contour, le périmètre et le point final sont décrits ci-après.

uf = Unité de la Fédération  
mun = Commune  
distr = District  
sdist = Sous-district  
setor = Secteur du Recensement

Géocodage            uf   mun   distr   sdist   setor

230440005120358    23 04400 05    12    0358

POINT DE DÉPART: INCIDENCE DE LA RUE FRANCISCO DIAS RIBEIRO SUR L'AVENUE MONSENHOR TABOSA.

DU POINT DE DÉPART, ON SUIV DANS LA RUE FRANCISCO DIAS RIBEIRO, AU BORD DE MER, RUE JOSE VILAR, AVENUE ANTONIO JUSTA, RUE SILVA PAULET, RUE DOUTOR TOMAZ POMPEU, AVENUE BARAO DE STUDART, RUE ANTONLE BEZERRA, RUE ANTONIO LIMA, AVENUE MONSENHOR TABOSA JUSQU'AU POINT DE DÉPART.

230440005120359    23 04400 05    12    0359

POINT DE DÉPART: INCIDENCE DE LA RUE JOSE VILAR AU BORD DE MER.

DU POINT DE DÉPART ON SUIV AU BORD DE MER, RUE TIBURCIO CAVALCANTE, RUE SILVA JATAHY, RUE JOSE VILAR JUSQU'AU POINT DE DÉPART.

230440005120360    23 04400 05    12    0360

POINT DE DÉPART: INCIDENCE DE LA RUE TIBURCIO CAVALCANTE AU BORD DE MER.

DU POINT DE DÉPART ON SUIV AU BORD DE MER, RUE VISCONDE DE MAUA, AVENUE DA ABOLIÇÃO, RUE JOAQUIM NABUCO, RUE SILVA JATAHY, RUE TIBURCIO CAVALCANTE JUSQU'AU POINT DE DÉPART.

230440005120365    23 04400 05    12    0365

POINT DE DÉPART: CROISEMENT DE L'AVENUE DA ABOLIÇÃO AVEC LA RUE VISCONDE DE MAUA.

DU POINT DE DÉPART ON SUIT DANS LA RUE VISCONDE DE MAUA, AU BORD DE MER, RUE PAULA BARROS, RUE VICENTE LEITE, AVENUE ANTONIO JUSTA, RUE LEONARDO MOTA, RUE SILVA JATAHI, RUE BARBOSA DE FREITAS, AVENUE ANTONIO JUSTA, AVENUE DA ABOLIÇÃO JUSQU'AU POINT DE DÉPART.

230440005120373 23 04400 05 12 0373

POINT DE DÉPART: CROISEMENT DE L'AVENUE DA ABOLIÇÃO AVEC LA RUE PAULA BARROS.

DU POINT DE DÉPART ON SUIT DANS LA RUE PAULA BARROS, AU BORD DE MER, RUE JULIO IBIAPINA , AVENUE DA ABOLICAO JUSQU'AU POINT DE DÉPART.

230440005120381 23 04400 05 12 0381

POINT DE DÉPART: CROISEMENT DE L'AVENUE DA ABOLIÇÃO AVEC LA RUE JULIO IBIAPINA.

DU POINT DE DÉPART ON SUIT DANS LA RUE JULIO IBIAPINA, TOUT DROIT AU BORD DE MER, BORD DE MER JUSQU'À CONFRONTER LA RUE FREI MANSUETO, RUE FREI MANSUETO, AVENUE DA ABOLIÇÃO JUSQU'AU POINT DE DÉPART.

230440005120608 23 04400 05 12 0608

POINT DE DÉPART: CROISEMENT DE LA RUE DA PAZ AVEC RUE FREI MANSUETO.

DU POINT DE DÉPART ON SUIT DANS LA RUE FREI MANSUETO, AVENUE BEIRA MAR, RUE MANOEL JACARE, JUSQU'AU POINT DE DÉPART.

230440005120609 23 04400 05 12 0609

POINT DE DÉPART: CROISEMENT DE LA RUE TEREZA HINKO AVEC RUE SENADOR MACHADO.

DU POINT DE DÉPART ON SUIT DANS LA RUE SENADOR MACHADO, RUE MANOEL JACARE, AVENUE BEIRA MAR, RUE FREI MANSUETO, TOUT DROIT AU BORD DE MER, BORD DE MER, TOUT DROIT À LA RUE TEREZA HINKO JUSQU'AU POINT DE DÉPART.

230440005121063 23 04400 05 12 1063

POINT DE DÉPART: CROISEMENT DE LA RUE SILVA JATAHY AVEC RUE NUNES VALENTE.

DU POINT DE DÉPART ON SUIT DANS LA RUE SILVA JATAHY, RUE TIBURCIO CAVALCANTE, RUE CANUTO DE AGUIAR, RUE NUNES VALENTE JUSQU'AU POINT DE DÉPART.

230440005121064 23 04400 05 12 1064

POINT DE DÉPART: CROISEMENT DE LA RUE OSVALDO CRUZ AVEC L'AVENUE ABOLIÇÃO.

DU POINT DE DÉPART ON SUIT DANS L'AVENUE ABOLIÇÃO, RUE VISCONDE DE MAUA, RUE ANA BILHAR, AVENUE DESEMBARGADOR MOREIRA, RUE CANUTO DE AGUIAR, RUE JOAQUIM NABUCO, RUE ANA BILHAR, RUE OSVALDO CRUZ JUSQU'AU POINT DE DÉPART.

230440005121065 23 04400 05 12 1065

POINT DE DÉPART: CROISEMENT DE LA RUE TIBURCIO CAVALCANTE AVEC RUE SILVA JATAHY.

DU POINT DE DÉPART ON SUIT DANS LA RUE SILVA JATAHY, RUE JOAQUIM NABUCO, RUE CANUTO DE AGUIAR, RUE TIBURCIO CAVALCANTE JUSQU'AU POINT DE DÉPART.

230440005121066 23 04400 05 12 1066

POINT DE DÉPART: DE L'AVENUE DA ABOLIÇÃO AVEC RUE JOAQUIM NABUCO.

DU POINT DE DÉPART ON SUIT DANS L'AVENUE DA ABOLIÇÃO, RUE OSVALDO CRUZ, RUE ANA BILHAR, RUE JOAQUIM NABUCO JUSQU'AU POINT DE DÉPART.

230440005121072 23 04400 05 12 1072

POINT DE DÉPART: INCIDENCE DE LA RUE MOSENHOR BRUNO AU BORD DE MER.

DU POINT DE DÉPART ON SUIT AU BORD DE MER, RUE FRANCISCO DIAS RIBEIRO, AVENUE MONSENHOR TABOSA, AVENUE RUI BARBOSA, RUE DOUTOR TOMAZ POMPEU, RUE MONSENHOR BRUNO JUSQU'AU POINT DE DÉPART.

230440005121073 23 04400 05 12 1073

POINT DE DÉPART: INCIDENCE DE LA RUE DOUTOR TOMAZ POMPEU DANS LA RUE CARLOS VASCONSELOS.

DU POINT DE DÉPART ON SUIT DANS LA RUE CARLOS VASCONCELOS, RUE DOUTOR ATUALPA B. LIMA, RUE MOSENHOR BRUNO, RUE DOUTOR TOMAZ POMPEU JUSQU'AU POINT DE DÉPART.

230440005121074 23 04400 05 12 1074

POINT DE DÉPART: CROISEMENT DE LA RUE VISVONDE DE MAUA AVEC RUE SILVA JATAHY.

DU POINT DE DÉPART ON SUIT DANS LA RUE SILVA JATAHY, RUE BARBOSA DE FREITAS, RUE ANA BILHAR, RUE VISCONDE DE MAUA JUSQU'AU POINT DE DÉPART.

230440005121076 23 04400 05 12 1076

POINT DE DÉPART: CROISEMENT DE LA RUE CANUTO DE AGUIAR AVEC RUE OSWALDO CRUZ.

DU POINT DE DÉPART ON SUIT DANS LA RUE CANUTO DE AGUIAR, AVENUE DESEMBARGADOR MOREIRA, RUE PEREIRA VALENTE, RUE VISCONDE DE MAUA, RUE REPUBLICA DO LIBANO, RUE OSWALDO CRUZ JUSQU'AU POINT DE DÉPART.

## **APPENDICE B – FICHIER SAIDA.Itx**

### **EXEMPLE DE LA LISTE DU RAPPORT CRÉÉ PAR LE PROGRAMME D'ORDINATEUR QUARIECOS**

Le programme d'ordinateur **QUARIECOS**, codé en langage FORTRAN 03 et développé pour cette recherche, est un préprocesseur qui vise l'utilisation du programme d'ordinateur **LINDO** pour déterminer l'emplacement optimisé d'Ecopoints dans une région géographique spécifique selon les techniques de programmation linéaire.

Nous présentons une reproduction de la lista du rapport enregistré dans le fichier **saída.itx** créé par le programme d'ordinateur **QUARIECOS**, en enregistrant les données essentielles du projet analysé, y compris le géocodage des secteurs du recensement considérés dans la simulation, le nombre de résidants en chaque secteur, la quantité de déchets solides produite, les coordonnées géographiques (latitude et longitude) associées au système de référence SIRGAS (Système de Référence Géocentrique pour les Amériques), le nombre d'Ecopoints installés, la longueur des voies entre les différents secteur du recensement et le coût du transport intersectoriel de déchets solides au long des voies.

PROGRAMA QUARIECOS

QUANTIFICACAO DE ROTAS INTERLIGANDO ECOPONTOS E SETORES CENSITARIOS

JOSE CARNEIRO DE ANDRADE FILHO

Centre de Recherche sur le Transport et la Logistique (CRET-LOG)

AIX-MARSEILLE UNIVERSITE - FRANCE

Departamento de Engenharia Hidraulica e Ambiental  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARA - FORTALEZA, BRASIL

Dezembro 2012

DESCRICAO DO PROJETO: Simulacao considerando 16 setores censitarios no Subdistrito Mucuripe, Municipio de Fortaleza, Ceara, Brasil

ESTE PROGRAMA GERA O COMPRIMENTO (km) DA ROTA (X + Y) ENTRE OS PONTOS CENTRAIS DE TODOS OS SETORES CENSITARIOS, O CUSTO (R\$) DO TRANSPORTE DOS RESIDUOS SOLIDOS AO LONGO DE CADA ROTA, BEM COMO A QUANTIDADE ESTIMADA DE RESIDUOS SOLIDOS PRODUZIDA POR CADA SETOR CENSITARIO. COM OS DEMAIS DADOS AQUI APRESENTADOS (CUSTO DE INSTALACAO, CUSTO OPERACIONAL E CAPACIDADE DOS ECOPONTOS), ESTE PROGRAMA PERMITE A FORMULACAO DE UM MODELO PARA SER RESOLVIDO USANDO TECNICAS DE PROGRAMACAO LINEAR OTIMIZADA.

-----  
PROGRAMA QUARIECOS pag.

2

QUANTIFICACAO DE ROTAS INTERLIGANDO ECOPONTOS E SETORES CENSITARIOS  
JOSE CARNEIRO DE ANDRADE FILHO  
AIX-MARSEILLE UNIVERSITE (CRET-LOG) - FRANCE  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARA - BRASIL

DESCRICAO DO PROJETO: Simulacao considerando 16 setores censitarios no Subdistrito Mucuripe, Municipio de Fortaleza, Ceara, Brasil

DADOS BASICOS DO PROJETO

Coluna (1): CODIGO DOS SETORES CENSITARIOS

Coluna (2): PESSOAS RESIDENTES

Coluna (3): DEMANDA DE RESIDUOS (Kg)

Colunas (4), (5), (6), (7): LATITUDE E LONGITUDE DOS VERTICES 1 E 4 DO ELEMENTO RETANGULAR DA MALHA DIGITAL DE SETORES CENSITARIOS, EM GRAUS° MINUTOS: SEGUNDOS:

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)		
NO.									
23	4400	512	358	526	631.	-3°43:19:	-38°30:16:	-3°43:38:	-38°30: 2:
101									
23	4400	512	359	567	680.	-3°43:24:	-38°30: 6:	-3°43:38:	-38°29:55:
102									

**L'importance de l'optimisation de la logistique inversée. Une analyse qualitative et quantitative de la collecte des déchets urbains dans deux villes brésiliennes.**

---

23	4400	512	360	284	341.	-3°43:26:	-38°30: 2:	-3°43:39:	-38°29:41:
103									
23	4400	512	365	804	965.	-3°43:24:	-38°29:48:	-3°43:46:	-38°29:31:
104									
23	4400	512	373	170	204.	-3°43:26:	-38°29:35:	-3°43:37:	-38°29:27:
105									
23	4400	512	381	575	690.	-3°43:23:	-38°29:31:	-3°43:36:	-38°29:21:
106									
23	4400	512	608	883	1060.	-3°43:23:	-38°29:23:	-3°43:29:	-38°29:13:
107									
23	4400	512	609	600	720.	-3°43:17:	-38°29:24:	-3°43:30:	-38°29: 1:
108									
23	4400	512	1063	658	790.	-3°43:36:	-38°30: 5:	-3°43:44:	-38°29:58:
109									
23	4400	512	1064	697	836.	-3°43:34:	-38°29:58:	-3°43:50:	-38°29:45:
110									
23	4400	512	1065	670	804.	-3°43:37:	-38°30: 1:	-3°43:45:	-38°29:55:
111									
23	4400	512	1066	598	718.	-3°43:34:	-38°29:57:	-3°43:43:	-38°29:50:
112									
23	4400	512	1072	510	612.	-3°43:16:	-38°30:26:	-3°43:34:	-38°30:13:
113									
23	4400	512	1073	562	674.	-3°43:24:	-38°30:30:	-3°43:33:	-38°30:23:
114									
23	4400	512	1074	573	688.	-3°43:40:	-38°29:51:	-3°43:47:	-38°29:40:
115									
23	4400	512	1076	967	1160.	-3°43:45:	-38°29:55:	-3°43:57:	-38°29:47:
116									

NUMERO TOTAL DE SETORES CENSITARIOS NO PROJETO = 16

NUMERO TOTAL DE PESSOAS RESIDENTES NO PROJETO = 9644

CUSTO (R\$/km.kg) DO TRANSPORTE DE RESIDUOS AO LONGO DA ROTA = 30.00  
 GERACAO DE RESIDUOS SOLIDOS (kg) POR PESSOA E POR DIA = 1.200  
 PRECO DE INSTALACAO E CUSTO OPERACIONAL (R\$) DO ECOPONTO = 40000.00  
 CAPACIDADE DO ECOPONTO EM kg DE RESIDUOS SOLIDOS = 15000.  
 NUMERO DE ECOPONTOS A SEREM INSTALADOS = 2

PROGRAMA QUARIECOS

pag. 3

QUANTIFICACAO DE ROTAS INTERLIGANDO ECOPONTOS E SETORES CENSITARIOS  
 JOSE CARNEIRO DE ANDRADE FILHO  
 AIX-MARSEILLE UNIVERSITE (CRET-LOG) - FRANCE  
 UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARA - BRASIL

DESCRICAO DO PROJETO: Simulacao considerando 16 setores censitarios no Subdistrito Mucuripe, Municipio de Fortaleza, Ceara, Brasil

COORDENADAS GEOGRAFICAS EM GRAUS

COLUNA (1): COLUNAS (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8), (9):  
 CODIGO DO SETOR LATITUDE E LONGITUDE DOS VERTICES 1,2,3,4 DE  
 CADA ELEMENTO DA MALHA DIGITAL DE SETORES CENSITARIOS

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(9) NO.							

L'importance de l'optimisation de la logistique inversée. Une analyse qualitative et quantitative de la collecte des déchets urbains dans deux villes brésiliennes.

23 4400 512 358 -3.722 -38.504 -3.722 -38.501 -3.727 -38.504 -3.727 -38.501 101  
 23 4400 512 359 -3.723 -38.502 -3.723 -38.499 -3.727 -38.502 -3.727 -38.499 102  
 23 4400 512 360 -3.724 -38.501 -3.724 -38.495 -3.727 -38.501 -3.727 -38.495 103  
 23 4400 512 365 -3.723 -38.497 -3.723 -38.492 -3.729 -38.497 -3.729 -38.492 104  
 23 4400 512 373 -3.724 -38.493 -3.724 -38.491 -3.727 -38.493 -3.727 -38.491 105  
 23 4400 512 381 -3.723 -38.492 -3.723 -38.489 -3.727 -38.492 -3.727 -38.489 106  
 23 4400 512 608 -3.723 -38.490 -3.723 -38.487 -3.725 -38.490 -3.725 -38.487 107  
 23 4400 512 609 -3.721 -38.490 -3.721 -38.484 -3.725 -38.490 -3.725 -38.484 108  
 23 4400 5121063 -3.727 -38.501 -3.727 -38.499 -3.729 -38.501 -3.729 -38.499 109  
 23 4400 5121064 -3.726 -38.499 -3.726 -38.496 -3.731 -38.499 -3.731 -38.496 110  
 23 4400 5121065 -3.727 -38.500 -3.727 -38.499 -3.729 -38.500 -3.729 -38.499 111  
 23 4400 5121066 -3.726 -38.499 -3.726 -38.497 -3.729 -38.499 -3.729 -38.497 112  
 23 4400 5121072 -3.721 -38.507 -3.721 -38.504 -3.726 -38.507 -3.726 -38.504 113  
 23 4400 5121073 -3.723 -38.508 -3.723 -38.506 -3.726 -38.508 -3.726 -38.506 114  
 23 4400 5121074 -3.728 -38.498 -3.728 -38.494 -3.730 -38.498 -3.730 -38.494 115  
 23 4400 5121076 -3.729 -38.499 -3.729 -38.496 -3.733 -38.499 -3.733 -38.496 116

PROGRAMA QUARIECOS

pag. 4

QUANTIFICACAO DE ROTAS INTERLIGANDO ECOPONTOS E SETORES CENSITARIOS  
 JOSE CARNEIRO DE ANDRADE FILHO  
 AIX-MARSEILLE UNIVERSITE (CRET-LOG) - FRANCE  
 UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARA - BRASIL

DESCRICAO DO PROJETO: Simulacao considerando 16 setores censitarios no Subdistrito Mucuripe, Municipio de Fortaleza, Ceara, Brasil

COORDENADAS GEOGRAFICAS EM GRAUS

COLUNA (1): COLUNAS (2), (3):  
 CODIGO DO SETOR LATITUDE E LONGITUDE DO PONTO CENTRAL DE CADA ELEMENTO DA MALHA DIGITAL DE SETORES CENSITARIOS

(1)	(2)	(3)	NO.
23 4400 512 358	-3.72458	-38.50250	101
23 4400 512 359	-3.72528	-38.50014	102
23 4400 512 360	-3.72569	-38.49764	103
23 4400 512 365	-3.72639	-38.49430	104
23 4400 512 373	-3.72542	-38.49194	105
23 4400 512 381	-3.72486	-38.49055	106

L'importance de l'optimisation de la logistique inversée. Une analyse qualitative et quantitative de la collecte des déchets urbains dans deux villes brésiliennes.

23 4400 512 608	-3.72389	-38.48833	107
23 4400 512 609	-3.72319	-38.48681	108
23 4400 5121063	-3.72778	-38.50042	109
23 4400 5121064	-3.72833	-38.49764	110
23 4400 5121065	-3.72806	-38.49944	111
23 4400 5121066	-3.72736	-38.49820	112
23 4400 5121072	-3.72361	-38.50542	113
23 4400 5121073	-3.72458	-38.50736	114
23 4400 5121074	-3.72875	-38.49597	115
23 4400 5121076	-3.73083	-38.49750	116

PROGRAMA QUARIECOS

pag. 5

QUANTIFICACAO DE ROTAS INTERLIGANDO ECOPONTOS E SETORES CENSITARIOS  
 JOSE CARNEIRO DE ANDRADE FILHO  
 AIX-MARSEILLE UNIVERSITE (CRET-LOG) - FRANCE  
 UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARA - BRASIL

DESCRICAO DO PROJETO: Simulacao considerando 16 setores censitarios no Subdistrito Mucuripe, Municipio de Fortaleza, Ceara, Brasil

COMPRIMENTO (km) DAS ROTAS ENTRE OS SETORES CENSITARIOS

COLUNA (1): SETOR I

COLUMNAS (2), (4), (6), (8), (10), (12), (14): SETOR J

COLUMNAS (3), (5), (7), (9), (11), (13), (15):

COMPRIMENTO DAS ROTAS ENTRE OS SETORES CENSITARIOS I E J

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
(I)	(J)	(km)	(J)	(km)	(J)	(km)	(J)	(km)	(J)	(km)	(J)	(km)	(J)	(km)
101	101	.10	102	.34	103	.66	104	1.11	105	1.27	106	1.36	107	1.65
101	108	1.90	109	.59	110	.96	111	.73	112	.79	113	.43	114	.54
101	115	1.19	116	1.25										
102	102	.10	103	.32	104	.77	105	.93	106	1.11	107	1.47	108	1.71
102	109	.31	110	.62	111	.39	112	.45	113	.77	114	.88	115	.85
102	116	.91												
103	103	.10	104	.45	105	.66	106	.88	107	1.23	108	1.48	109	.54
103	110	.29	111	.46	112	.25	113	1.10	114	1.20	115	.53	116	.59
104	104	.10	105	.37	106	.59	107	.94	108	1.19	109	.83	110	.59
104	111	.76	112	.54	113	1.54	114	1.65	115	.45	116	.85		

L'importance de l'optimisation de la logistique inversée. Une analyse qualitative et quantitative de la collecte des déchets urbains dans deux villes brésiliennes.

105	105	.10	106	.22	107	.57	108	.82	109	1.20	110	.96	111
1.13													
105	112	.91	113	1.70	114	1.81	115	.82	116	1.22			
106	106	.10	107	.35	108	.60	109	1.42	110	1.17	111	1.34	112
1.13													
106	113	1.79	114	1.90	115	1.03	116	1.44					
107	107	.10	108	.25	109	1.77	110	1.53	111	1.70	112	1.48	113
1.93													
107	114	2.19	115	1.39	116	1.79							
108	108	.10	109	2.02	110	1.78	111	1.94	112	1.73	113	2.11	114
2.44													
108	115	1.64	116	2.04									
109	109	.10	110	.37	111	.14	112	.29	113	1.02	114	1.13	115
.60													
109	116	.66											
110	110	.10	111	.23	112	.17	113	1.39	114	1.50	115	.23	116
.29													
111	111	.10	112	.22	113	1.16	114	1.27	115	.46	116	.53	
112	112	.10	113	1.22	114	1.33	115	.40	116	.46			
113	113	.10	114	.32	115	1.62	116	1.68					
114	114	.10	115	1.73	116	1.79							
115	115	.10	116	.40									
116	116	.10											

COMPRIMENTO MAXIMO DE ROTA X + Y ENTRE SETORES CENSITARIOS = 2.44 km,

ENTRE OS SETORES CENSITARIOS 108 E 114

PROGRAMA QUARIECOS

pag. 6

QUANTIFICACAO DE ROTAS INTERLIGANDO ECOPONTOS E SETORES CENSITARIOS  
JOSE CARNEIRO DE ANDRADE FILHO  
AIX-MARSEILLE UNIVERSITE (CRET-LOG) - FRANCE  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARA - BRASIL

DESCRICAO DO PROJETO: Simulacao considerando 16 setores censitarios no Subdistrito Mucuripe, Municipio de Fortaleza, Ceara, Brasil

CUSTO (R\$/kg) DO TRANSPORTE DE RESIDUOS SOLIDOS INTERSETORIAL AO LONGO DAS ROTAS

COLUNA (1): SETOR I

COLUNAS (2), (4), (6), (8), (10), (12), (14): SETOR J

COLUNAS (3), (5), (7), (9), (11), (13), (15):

CUSTO DO TRANSPORTE DE RESIDUOS ENTRE OS SETORES CENSITARIOS I E J

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
(14)	(15)												
(J)	(R\$)	(J)	(R\$)	(J)	(R\$)	(J)	(R\$)	(J)	(R\$)	(J)	(R\$)	(J)	(R\$)
	101	101	3.0	102	10.2	103	19.9	104	33.3	105	38.0	106	40.7
107	49.5												
	101	108	56.9	109	17.6	110	28.7	111	21.8	112	23.6	113	13.0
114	16.2												
	101	115	35.7	116	37.6								
	102	102	3.0	103	9.7	104	23.1	105	27.8	106	33.3	107	44.0
108	51.4												
	102	109	9.3	110	18.5	111	11.6	112	13.4	113	23.2	114	26.4
115	25.5												

L'importance de l'optimisation de la logistique inversée. Une analyse qualitative et quantitative de la collecte des déchets urbains dans deux villes brésiliennes.

	102	116	27.4										
	103	103	3.0	104	13.4	105	19.9	106	26.4	107	37.0	108	44.4
109	16.2												
	103	110	8.8	111	13.9	112	7.4	113	32.9	114	36.1	115	15.8
116	17.6												
	104	104	3.0	105	11.1	106	17.6	107	28.2	108	35.6	109	25.0
110	17.6												
	104	111	22.7	112	16.2	113	46.3	114	49.5	115	13.4	116	25.5
	105	105	3.0	106	6.5	107	17.1	108	24.5	109	36.1	110	28.7
111	33.8												
	105	112	27.3	113	50.9	114	54.2	115	24.6	116	36.6		
	106	106	3.0	107	10.6	108	18.0	109	42.6	110	35.2	111	40.3
112	33.8												
	106	113	53.7	114	56.9	115	31.0	116	43.1				
	107	107	3.0	108	7.4	109	53.2	110	45.8	111	50.9	112	44.5
113	57.9												
	107	114	65.7	115	41.7	116	53.7						
	108	108	3.0	109	60.7	110	53.3	111	58.3	112	51.9	113	63.4
114	73.1												
	108	115	49.1	116	61.1								
	109	109	3.0	110	11.1	111	4.2	112	8.8	113	30.6	114	33.8
115	18.1												
	109	116	19.9										
	110	110	3.0	111	6.9	112	5.1	113	41.7	114	44.9	115	6.9
116	8.8												
	111	111	3.0	112	6.5	113	34.7	114	38.0	115	13.9	116	15.8
	112	112	3.0	113	36.6	114	39.8	115	12.0	116	13.9		
	113	113	3.0	114	9.7	115	48.6	116	50.5				
	114	114	3.0	115	51.9	116	53.7						
	115	115	3.0	116	12.0								
	116	116	3.0										

PROGRAMA QUARIECOS

pag. 7

QUANTIFICACAO DE ROTAS INTERLIGANDO ECOPONTOS E SETORES CENSITARIOS  
 JOSE CARNEIRO DE ANDRADE FILHO  
 AIX-MARSEILLE UNIVERSITE (CRET-LOG) - FRANCE  
 UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARA - BRASIL

DESCRICAO DO PROJETO: Simulacao considerando 16 setores censitarios no Subdistrito Mucuripe, Municipio de Fortaleza, Ceara, Brasil

AREA GEOGRAFICA DO PROJETO

A MALHA DIGITAL DE SETORES ONDE SE SITUA O PROJETO TEM COMO LIMITES:

LATITUDE -3.72111° LATITUDE -3.73250°

LONGITUDE -38.48972° LONGITUDE -38.50639°

CORRESPONDENDO ONDE SE SITUAM OS SEGUINTESE SETORES CENSITARIOS:

SETOR CENSITARIO NUMERO 113 CODIGO 23 4400 5121072

L'importance de l'optimisation de la logistique inversée. Une analyse qualitative et quantitative de la collecte des déchets urbains dans deux villes brésiliennes.

---

SETOR CENSITARIO NUMERO 116 CODIGO 23 4400 5121076

SETOR CENSITARIO NUMERO 107 CODIGO 23 4400 512 608

SETOR CENSITARIO NUMERO 114 CODIGO 23 4400 5121073

## **APPENDICE C – FICHER MODELO\_OTIMIZACAO.ltx**

### **LISTE DE LA FONCTION OBJECTIF ET RESTRICTIONS DU MODÈLE CRÉÉ PAR LE PROGRAMME D'ORDINATEUR QUARIECOS**

Le programme d'ordinateur **QUARIECOS** a créé le modèle, avec syntaxe appropriée pour être utilisé dans le programme d'ordinateur **LINDO**, y compris la fonction objectif et les restrictions imposées, afin de déterminer l'emplacement optimisé d'Ecopoints dans une région géographique spécifique, en utilisant les techniques de programmation linéaire.

Nous présentons, ci-après, la liste du fichier **modelo\_otimizacao.ltx** créée par le programme d'ordinateur **QUARIECOS** qui enregistre le modèle à être utilisé par le programme d'ordinateur **LINDO** dans l'analyse de la simulation vue dans cette enquête, pour la détermination de l'emplacement optimisé d'Ecopoints à être installés dans la zone géographique occupée par 16 secteurs du recensement situés dans le Sous-district Mucuripe, à la ville de Fortaleza, État du Ceará, Brésil.

L'importance de l'optimisation de la logistique inversée. Une analyse qualitative et quantitative de la collecte des déchets urbains dans deux villes brésiliennes.

```

TITLE Simulacao considerando 16 setores censitarios no Subdistrito
Mucuripe, Municipio de Fortaleza, Ceara, Brasil
! Modelo gerado pelo programa computacional QUARIECOS
MIN
!
! Funcao objetivo
!
! Termos correspondentes ao custo da instalacao e custo operacional
dos
! ecopontos
!
40000Y101+ 40000Y102+ 40000Y103+ 40000Y104+ 40000Y105+
40000Y106+
40000Y107+ 40000Y108+ 40000Y109+ 40000Y110+ 40000Y111+
40000Y112+
40000Y113+ 40000Y114+ 40000Y115+ 40000Y116+
!
! Termos correspondentes ao custo do transporte dos residuos solidos
ao
! longo das rotas
!
3.0X101101+ 10.2X101102+ 19.9X101103+ 33.3X101104+ 38.0X101105+
40.7X101106+ 49.5X101107+ 56.9X101108+ 17.6X101109+ 28.7X101110+
21.8X101111+ 23.6X101112+ 13.0X101113+ 16.2X101114+ 35.7X101115+
37.6X101116+
10.2X102101+ 3.0X102102+ 9.7X102103+ 23.1X102104+ 27.8X102105+
33.3X102106+ 44.0X102107+ 51.4X102108+ 9.3X102109+ 18.5X102110+
11.6X102111+ 13.4X102112+ 23.2X102113+ 26.4X102114+ 25.5X102115+
27.4X102116+
19.9X103101+ 9.7X103102+ 3.0X103103+ 13.4X103104+ 19.9X103105+
26.4X103106+ 37.0X103107+ 44.4X103108+ 16.2X103109+ 8.8X103110+
13.9X103111+ 7.4X103112+ 32.9X103113+ 36.1X103114+ 15.8X103115+
17.6X103116+
33.3X104101+ 23.1X104102+ 13.4X104103+ 3.0X104104+ 11.1X104105+
17.6X104106+ 28.2X104107+ 35.6X104108+ 25.0X104109+ 17.6X104110+
22.7X104111+ 16.2X104112+ 46.3X104113+ 49.5X104114+ 13.4X104115+
25.5X104116+
38.0X105101+ 27.8X105102+ 19.9X105103+ 11.1X105104+ 3.0X105105+
6.5X105106+ 17.1X105107+ 24.5X105108+ 36.1X105109+ 28.7X105110+
33.8X105111+ 27.3X105112+ 50.9X105113+ 54.2X105114+ 24.6X105115+
36.6X105116+
40.7X106101+ 33.3X106102+ 26.4X106103+ 17.6X106104+ 6.5X106105+
3.0X106106+ 10.6X106107+ 18.0X106108+ 42.6X106109+ 35.2X106110+
40.3X106111+ 33.8X106112+ 53.7X106113+ 56.9X106114+ 31.0X106115+
43.1X106116+
49.5X107101+ 44.0X107102+ 37.0X107103+ 28.2X107104+ 17.1X107105+
10.6X107106+ 3.0X107107+ 7.4X107108+ 53.2X107109+ 45.8X107110+
50.9X107111+ 44.5X107112+ 57.9X107113+ 65.7X107114+ 41.7X107115+
53.7X107116+
56.9X108101+ 51.4X108102+ 44.4X108103+ 35.6X108104+ 24.5X108105+
18.0X108106+ 7.4X108107+ 3.0X108108+ 60.7X108109+ 53.3X108110+
58.3X108111+ 51.9X108112+ 63.4X108113+ 73.1X108114+ 49.1X108115+
61.1X108116+
17.6X109101+ 9.3X109102+ 16.2X109103+ 25.0X109104+ 36.1X109105+
42.6X109106+ 53.2X109107+ 60.7X109108+ 3.0X109109+ 11.1X109110+
4.2X109111+ 8.8X109112+ 30.6X109113+ 33.8X109114+ 18.1X109115+

```

L'importance de l'optimisation de la logistique inversée. Une analyse qualitative et quantitative de la collecte des déchets urbains dans deux villes brésiliennes.

```

19.9X109116+
28.7X110101+ 18.5X110102+ 8.8X110103+ 17.6X110104+ 28.7X110105+
35.2X110106+ 45.8X110107+ 53.3X110108+ 11.1X110109+ 3.0X110110+
6.9X110111+ 5.1X110112+ 41.7X110113+ 44.9X110114+ 6.9X110115+
8.8X110116+
21.8X111101+ 11.6X111102+ 13.9X111103+ 22.7X111104+ 33.8X111105+
40.3X111106+ 50.9X111107+ 58.3X111108+ 4.2X111109+ 6.9X111110+
3.0X111111+ 6.5X111112+ 34.7X111113+ 38.0X111114+ 13.9X111115+
15.8X111116+
23.6X112101+ 13.4X112102+ 7.4X112103+ 16.2X112104+ 27.3X112105+
33.8X112106+ 44.5X112107+ 51.9X112108+ 8.8X112109+ 5.1X112110+
6.5X112111+ 3.0X112112+ 36.6X112113+ 39.8X112114+ 12.0X112115+
13.9X112116+
13.0X113101+ 23.2X113102+ 32.9X113103+ 46.3X113104+ 50.9X113105+
53.7X113106+ 57.9X113107+ 63.4X113108+ 30.6X113109+ 41.7X113110+
34.7X113111+ 36.6X113112+ 3.0X113113+ 9.7X113114+ 48.6X113115+
50.5X113116+
16.2X114101+ 26.4X114102+ 36.1X114103+ 49.5X114104+ 54.2X114105+
56.9X114106+ 65.7X114107+ 73.1X114108+ 33.8X114109+ 44.9X114110+
38.0X114111+ 39.8X114112+ 9.7X114113+ 3.0X114114+ 51.9X114115+
53.7X114116+
35.7X115101+ 25.5X115102+ 15.8X115103+ 13.4X115104+ 24.6X115105+
31.0X115106+ 41.7X115107+ 49.1X115108+ 18.1X115109+ 6.9X115110+
13.9X115111+ 12.0X115112+ 48.6X115113+ 51.9X115114+ 3.0X115115+
12.0X115116+
37.6X116101+ 27.4X116102+ 17.6X116103+ 25.5X116104+ 36.6X116105+
43.1X116106+ 53.7X116107+ 61.1X116108+ 19.9X116109+ 8.8X116110+
15.8X116111+ 13.9X116112+ 50.5X116113+ 53.7X116114+ 12.0X116115+
3.0X116116+
!
! Termo correspondente a ajuste na variavel X criada artificialmente
! durante a geracao do modelo
!
!
X
!
SUBJECT TO
!
!
! Restricoes
!
! Termos correspondentes a capacidade dos ecopontos
!
+ X101101+ X101102+ X101103+ X101104+ X101105+ X101106+
X101107+ X101108
+ X101109+ X101110+ X101111+ X101112+ X101113+ X101114+
X101115+ X101116
- 15000Y101 <= 0
+ X102101+ X102102+ X102103+ X102104+ X102105+ X102106+
X102107+ X102108
+ X102109+ X102110+ X102111+ X102112+ X102113+ X102114+
X102115+ X102116
- 15000Y102 <= 0
+ X103101+ X103102+ X103103+ X103104+ X103105+ X103106+
X103107+ X103108
+ X103109+ X103110+ X103111+ X103112+ X103113+ X103114+
X103115+ X103116
- 15000Y103 <= 0
+ X104101+ X104102+ X104103+ X104104+ X104105+ X104106+
X104107+ X104108

```

**L'importance de l'optimisation de la logistique inversée. Une analyse qualitative et quantitative de la collecte des déchets urbains dans deux villes brésiliennes.**

---

```

+ X104109+ X104110+ X104111+ X104112+ X104113+ X104114+
X104115+ X104116
- 15000Y104 <= 0
+ X105101+ X105102+ X105103+ X105104+ X105105+ X105106+
X105107+ X105108
+ X105109+ X105110+ X105111+ X105112+ X105113+ X105114+
X105115+ X105116
- 15000Y105 <= 0
+ X106101+ X106102+ X106103+ X106104+ X106105+ X106106+
X106107+ X106108
+ X106109+ X106110+ X106111+ X106112+ X106113+ X106114+
X106115+ X106116
- 15000Y106 <= 0
+ X107101+ X107102+ X107103+ X107104+ X107105+ X107106+
X107107+ X107108
+ X107109+ X107110+ X107111+ X107112+ X107113+ X107114+
X107115+ X107116
- 15000Y107 <= 0
+ X108101+ X108102+ X108103+ X108104+ X108105+ X108106+
X108107+ X108108
+ X108109+ X108110+ X108111+ X108112+ X108113+ X108114+
X108115+ X108116
- 15000Y108 <= 0
+ X109101+ X109102+ X109103+ X109104+ X109105+ X109106+
X109107+ X109108
+ X109109+ X109110+ X109111+ X109112+ X109113+ X109114+
X109115+ X109116
- 15000Y109 <= 0
+ X110101+ X110102+ X110103+ X110104+ X110105+ X110106+
X110107+ X110108
+ X110109+ X110110+ X110111+ X110112+ X110113+ X110114+
X110115+ X110116
- 15000Y110 <= 0
+ X111101+ X111102+ X111103+ X111104+ X111105+ X111106+
X111107+ X111108
+ X111109+ X111110+ X111111+ X111112+ X111113+ X111114+
X111115+ X111116
- 15000Y111 <= 0
+ X112101+ X112102+ X112103+ X112104+ X112105+ X112106+
X112107+ X112108
+ X112109+ X112110+ X112111+ X112112+ X112113+ X112114+
X112115+ X112116
- 15000Y112 <= 0
+ X113101+ X113102+ X113103+ X113104+ X113105+ X113106+
X113107+ X113108
+ X113109+ X113110+ X113111+ X113112+ X113113+ X113114+
X113115+ X113116
- 15000Y113 <= 0
+ X114101+ X114102+ X114103+ X114104+ X114105+ X114106+
X114107+ X114108
+ X114109+ X114110+ X114111+ X114112+ X114113+ X114114+
X114115+ X114116
- 15000Y114 <= 0
+ X115101+ X115102+ X115103+ X115104+ X115105+ X115106+
X115107+ X115108
+ X115109+ X115110+ X115111+ X115112+ X115113+ X115114+
X115115+ X115116
- 15000Y115 <= 0
+ X116101+ X116102+ X116103+ X116104+ X116105+ X116106+
X116107+ X116108

```

**L'importance de l'optimisation de la logistique inversée. Une analyse qualitative et quantitative de la collecte des déchets urbains dans deux villes brésiliennes.**

---

```

+ X116109+ X116110+ X116111+ X116112+ X116113+ X116114+
X116115+ X116116
- 15000Y116 <= 0

```

!

! Termos correspondentes a geracao dos residuos

!

```

+ X101101+ X102101+ X103101+ X104101+ X105101+ X106101+
X107101+ X108101
+ X109101+ X110101+ X111101+ X112101+ X113101+ X114101+
X115101+ X116101
= 631

```

```

+ X101102+ X102102+ X103102+ X104102+ X105102+ X106102+
X107102+ X108102
+ X109102+ X110102+ X111102+ X112102+ X113102+ X114102+
X115102+ X116102
= 680

```

```

+ X101103+ X102103+ X103103+ X104103+ X105103+ X106103+
X107103+ X108103
+ X109103+ X110103+ X111103+ X112103+ X113103+ X114103+
X115103+ X116103
= 340

```

```

+ X101104+ X102104+ X103104+ X104104+ X105104+ X106104+
X107104+ X108104
+ X109104+ X110104+ X111104+ X112104+ X113104+ X114104+
X115104+ X116104
= 964

```

```

+ X101105+ X102105+ X103105+ X104105+ X105105+ X106105+
X107105+ X108105
+ X109105+ X110105+ X111105+ X112105+ X113105+ X114105+
X115105+ X116105
= 204

```

```

+ X101106+ X102106+ X103106+ X104106+ X105106+ X106106+
X107106+ X108106
+ X109106+ X110106+ X111106+ X112106+ X113106+ X114106+
X115106+ X116106
= 690

```

```

+ X101107+ X102107+ X103107+ X104107+ X105107+ X106107+
X107107+ X108107
+ X109107+ X110107+ X111107+ X112107+ X113107+ X114107+
X115107+ X116107
= 1059

```

```

+ X101108+ X102108+ X103108+ X104108+ X105108+ X106108+
X107108+ X108108
+ X109108+ X110108+ X111108+ X112108+ X113108+ X114108+
X115108+ X116108
= 720

```

```

+ X101109+ X102109+ X103109+ X104109+ X105109+ X106109+
X107109+ X108109
+ X109109+ X110109+ X111109+ X112109+ X113109+ X114109+
X115109+ X116109
= 789

```

```

+ X101110+ X102110+ X103110+ X104110+ X105110+ X106110+
X107110+ X108110
+ X109110+ X110110+ X111110+ X112110+ X113110+ X114110+
X115110+ X116110
= 836

```

```

+ X101111+ X102111+ X103111+ X104111+ X105111+ X106111+
X107111+ X108111

```

L'importance de l'optimisation de la logistique inversée. Une analyse qualitative et quantitative de la collecte des déchets urbains dans deux villes brésiliennes.

---

```
+ X109111+ X110111+ X111111+ X112111+ X113111+ X114111+
X115111+ X116111
= 804
+ X101112+ X102112+ X103112+ X104112+ X105112+ X106112+
X107112+ X108112
+ X109112+ X110112+ X111112+ X112112+ X113112+ X114112+
X115112+ X116112
= 717
+ X101113+ X102113+ X103113+ X104113+ X105113+ X106113+
X107113+ X108113
+ X109113+ X110113+ X111113+ X112113+ X113113+ X114113+
X115113+ X116113
= 612
+ X101114+ X102114+ X103114+ X104114+ X105114+ X106114+
X107114+ X108114
+ X109114+ X110114+ X111114+ X112114+ X113114+ X114114+
X115114+ X116114
= 674
+ X101115+ X102115+ X103115+ X104115+ X105115+ X106115+
X107115+ X108115
+ X109115+ X110115+ X111115+ X112115+ X113115+ X114115+
X115115+ X116115
= 687
+ X101116+ X102116+ X103116+ X104116+ X105116+ X106116+
X107116+ X108116
+ X109116+ X110116+ X111116+ X112116+ X113116+ X114116+
X115116+ X116116
= 1160
!
! Termos correspondentes a quantidade de ecopontos a serem instalados
!
+ Y101+ Y102+ Y103+ Y104+ Y105+ Y106+ Y107+ Y108+ Y109
+ Y110+ Y111+ Y112+ Y113+ Y114+ Y115+ Y116+ Y
= 2
!
! Termos correspondentes a ajustes nas variaveis X e Y criadas
! artificialmente durante a geracao do modelo
!
X = 0
Y = 0
!
END
!
INT Y101
INT Y102
INT Y103
INT Y104
INT Y105
INT Y106
INT Y107
INT Y108
INT Y109
INT Y110
INT Y111
INT Y112
INT Y113
INT Y114
INT Y115
INT Y116
! FIM DOS DADOS
```

## **APPENDICE D – FICHIER RESULTADOS.Itx**

### **RÉSULTATS DE L'ANALYSE DU MODÈLE PAR LE PROGRAMME D'ORDINATEUR LINDO**

Premièrement, le programme d'ordinateur **QUARIECOS** a exécuté dûment la manipulation des données essentielles initiales empruntées aux informations disponibles dans le recensement de 2010 de l'IBGE, concernant au géocodage, à la population résidante, à la production de déchets solides et aux coordonnées géographiques (latitude et longitude) — associées au système de référence SIRGAS — des limites physiques des éléments rectangulaires qui composent le réseau municipal numérique de secteurs du recensement, utilisés dans la discrétisation de la zone géographique à être analysée.

Ensuite à la manipulation ci-dessus signalée, le programme d'ordinateur **QUARIECOS** a créé le modèle pour être utilisé par le programme d'ordinateur **LINDO**.

Finalement, nous présentons la liste des résultats fournis par le programme d'ordinateur **LINDO** dans la solution du modèle créé par le préprocesseur **QUARIECOS** dans l'emplacement optimisé d'Ecopoints dans la région géographique définie par 16 secteurs du recensement situés dans le Sous-district Mucuripe de la ville de Fortaleza.

L'importance de l'optimisation de la logistique inversée. Une analyse qualitative et quantitative de la collecte des déchets urbains dans deux villes brésiliennes.

---

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 35  
 OBJECTIVE VALUE = 114701.000

SET Y113 TO <= 0 AT 1, BND= -0.1188E+06 TWIN=-0.1147E+06  
 67  
 SET Y110 TO >= 1 AT 2, BND= -0.1188E+06 TWIN=-0.1206E+06  
 75  
 SET Y105 TO >= 1 AT 3, BND= -0.2564E+06 TWIN=-0.1195E+06  
 111

NEW INTEGER SOLUTION OF 256429.500 AT BRANCH 3 PIVOT  
 111  
 BOUND ON OPTIMUM: 114701.0  
 FLIP Y105 TO <= 0 AT 3 WITH BND= -119515.40  
 SET Y114 TO <= 0 AT 4, BND= -0.1304E+06 TWIN=-0.2832E+06  
 149  
 SET Y115 TO <= 0 AT 5, BND= -0.1331E+06 TWIN=-0.3210E+06  
 192  
 SET Y102 TO <= 0 AT 6, BND= -0.1374E+06 TWIN=-0.2867E+06  
 233  
 SET Y111 TO <= 0 AT 7, BND= -0.1384E+06 TWIN=-0.3123E+06  
 286  
 SET Y101 TO <= 0 AT 8, BND= -0.1702E+06 TWIN=-0.2801E+06  
 342  
 SET Y107 TO >= 1 AT 9, BND= -0.2412E+06 TWIN=-0.1749E+06  
 381

NEW INTEGER SOLUTION OF 241157.000 AT BRANCH 9 PIVOT  
 381  
 BOUND ON OPTIMUM: 114701.0  
 FLIP Y107 TO <= 0 AT 9 WITH BND= -174865.70  
 SET Y112 TO <= 0 AT 10, BND= -0.1764E+06 TWIN=-0.3165E+06  
 433  
 SET Y104 TO <= 0 AT 11, BND= -0.1864E+06 TWIN=-0.2777E+06  
 483  
 SET Y109 TO <= 0 AT 12, BND= -0.1996E+06 TWIN=-0.3028E+06  
 525  
 SET Y108 TO <= 0 AT 13, BND= -0.2138E+06 TWIN=-0.2493E+06  
 555  
 SET Y106 TO >= 1 AT 14, BND= -0.2494E+06 TWIN=-0.2797E+06  
 592  
 DELETE Y106 AT LEVEL 14  
 DELETE Y108 AT LEVEL 13  
 DELETE Y109 AT LEVEL 12  
 DELETE Y104 AT LEVEL 11  
 DELETE Y112 AT LEVEL 10  
 DELETE Y107 AT LEVEL 9  
 DELETE Y101 AT LEVEL 8  
 DELETE Y111 AT LEVEL 7  
 DELETE Y102 AT LEVEL 6  
 DELETE Y115 AT LEVEL 5  
 DELETE Y114 AT LEVEL 4  
 DELETE Y105 AT LEVEL 3  
 FLIP Y110 TO <= 0 AT 2 WITH BND= -120557.00  
 SET Y101 TO >= 1 AT 3, BND= -0.1206E+06 TWIN=-0.1251E+06  
 646  
 SET Y106 TO <= 0 AT 4, BND= -0.1230E+06 TWIN=-0.2963E+06  
 686

L'importance de l'optimisation de la logistique inversée. Une analyse qualitative et quantitative de la collecte des déchets urbains dans deux villes brésiliennes.

```

SET      Y107 TO <=      0 AT      5, BND= -0.1276E+06 TWIN=-0.3014E+06
727
SET      Y112 TO <=      0 AT      6, BND= -0.1316E+06 TWIN=-0.2822E+06
771
SET      Y105 TO <=      0 AT      7, BND= -0.1410E+06 TWIN=-0.2977E+06
819
SET      Y111 TO <=      0 AT      8, BND= -0.1426E+06 TWIN=-0.3064E+06
881
SET      Y114 TO <=      0 AT      9, BND= -0.1535E+06 TWIN=-0.4053E+06
937
SET      Y109 TO <=      0 AT     10, BND= -0.1644E+06 TWIN=-0.3224E+06
1022
SET      Y115 TO <=      0 AT     11, BND= -0.1722E+06 TWIN=-0.2873E+06
1072
SET      Y102 TO <=      0 AT     12, BND= -0.1840E+06 TWIN=-0.3317E+06
1125
SET      Y104 TO <=      0 AT     13, BND= -0.1961E+06 TWIN=-0.2816E+06
1177
SET      Y108 TO >=      1 AT     14, BND= -0.3145E+06 TWIN=-0.2631E+06
1228
DELETE   Y108 AT LEVEL    14
DELETE   Y104 AT LEVEL    13
DELETE   Y102 AT LEVEL    12
DELETE   Y115 AT LEVEL    11
DELETE   Y109 AT LEVEL    10
DELETE   Y114 AT LEVEL     9
DELETE   Y111 AT LEVEL     8
DELETE   Y105 AT LEVEL     7
DELETE   Y112 AT LEVEL     6
DELETE   Y107 AT LEVEL     5
DELETE   Y106 AT LEVEL     4
FLIP     Y101 TO <=      0 AT      3 WITH BND=  -125100.20
SET      Y115 TO >=      1 AT      4, BND= -0.1251E+06 TWIN=-0.1313E+06
1283
SET      Y108 TO <=      0 AT      5, BND= -0.1283E+06 TWIN=-0.2861E+06
1329
SET      Y112 TO <=      0 AT      6, BND= -0.1323E+06 TWIN=-0.3091E+06
1379
SET      Y109 TO <=      0 AT      7, BND= -0.1332E+06 TWIN=-0.2970E+06
1435
SET      Y106 TO <=      0 AT      8, BND= -0.1356E+06 TWIN=-0.2863E+06
1489
SET      Y105 TO <=      0 AT      9, BND= -0.1401E+06 TWIN=-0.2973E+06
1544
SET      Y104 TO <=      0 AT     10, BND= -0.1514E+06 TWIN=-0.3116E+06
1604
SET      Y116 TO <=      0 AT     11, BND= -0.1618E+06 TWIN=-0.3542E+06
1676
SET      Y114 TO <=      0 AT     12, BND= -0.1858E+06 TWIN=-0.2955E+06
1717
SET      Y102 TO <=      0 AT     13, BND= -0.2090E+06 TWIN=-0.2896E+06
1758
SET      Y103 TO <=      0 AT     14, BND= -0.2176E+06 TWIN=-0.3020E+06
1802
SET      Y107 TO <=      0 AT     15, BND= -0.3042E+06 TWIN=-0.2780E+06
1851
DELETE   Y107 AT LEVEL    15
DELETE   Y103 AT LEVEL    14
DELETE   Y102 AT LEVEL    13
DELETE   Y114 AT LEVEL    12

```

L'importance de l'optimisation de la logistique inversée. Une analyse qualitative et quantitative de la collecte des déchets urbains dans deux villes brésiliennes.

```

DELETE      Y116 AT LEVEL      11
DELETE      Y104 AT LEVEL      10
DELETE      Y105 AT LEVEL       9
DELETE      Y106 AT LEVEL       8
DELETE      Y109 AT LEVEL       7
DELETE      Y112 AT LEVEL       6
DELETE      Y108 AT LEVEL       5
FLIP        Y115 TO <=      0 AT      4 WITH BND=   -131283.20
SET         Y102 TO >=      1 AT      5, BND=  -0.1313E+06 TWIN=-0.1394E+06
1904
SET         Y111 TO <=      0 AT      6, BND=  -0.1322E+06 TWIN=-0.3019E+06
1949
SET         Y104 TO <=      0 AT      7, BND=  -0.1401E+06 TWIN=-0.2763E+06
1994
SET         Y105 TO <=      0 AT      8, BND=  -0.1430E+06 TWIN=-0.2657E+06
2041
SET         Y114 TO <=      0 AT      9, BND=  -0.1670E+06 TWIN=-0.3253E+06
2086
SET         Y107 TO <=      0 AT     10, BND=  -0.1717E+06 TWIN=-0.2564E+06
2120
SET         Y112 TO <=      0 AT     11, BND=  -0.1779E+06 TWIN=-0.2937E+06
2149
SET         Y108 TO <=      0 AT     12, BND=  -0.1921E+06 TWIN=-0.2645E+06
2175
SET         Y109 TO <=      0 AT     13, BND=  -0.2030E+06 TWIN=-0.3151E+06
2211
SET         Y103 TO <=      0 AT     14, BND=  -0.2137E+06 TWIN=-0.2884E+06
2244
SET         Y106 TO <=      0 AT     15, BND=  -0.3036E+06 TWIN=-0.2594E+06
2292
DELETE      Y106 AT LEVEL      15
DELETE      Y103 AT LEVEL      14
DELETE      Y109 AT LEVEL      13
DELETE      Y108 AT LEVEL      12
DELETE      Y112 AT LEVEL      11
DELETE      Y107 AT LEVEL      10
DELETE      Y114 AT LEVEL       9
DELETE      Y105 AT LEVEL       8
DELETE      Y104 AT LEVEL       7
DELETE      Y111 AT LEVEL       6
FLIP        Y102 TO <=      0 AT      5 WITH BND=   -139353.20
SET         Y105 TO >=      1 AT      6, BND=  -0.1394E+06 TWIN=-0.1401E+06
2343
SET         Y116 TO <=      0 AT      7, BND=  -0.1520E+06 TWIN=-0.3044E+06
2398
SET         Y112 TO <=      0 AT      8, BND=  -0.1592E+06 TWIN=-0.2502E+06
2443
SET         Y114 TO <=      0 AT      9, BND=  -0.1936E+06 TWIN=-0.3312E+06
2493
SET         Y108 TO <=      0 AT     10, BND=  -0.1968E+06 TWIN=-0.3817E+06
2540
SET         Y104 TO <=      0 AT     11, BND=  -0.2049E+06 TWIN=-0.3298E+06
2580
SET         Y103 TO <=      0 AT     12, BND=  -0.2086E+06 TWIN=-0.2641E+06
2626
SET         Y111 TO <=      0 AT     13, BND=  -0.2232E+06 TWIN=-0.2488E+06
2657
SET         Y107 TO <=      0 AT     14, BND=  -0.2389E+06 TWIN=-0.3802E+06
2722

```

L'importance de l'optimisation de la logistique inversée. Une analyse qualitative et quantitative de la collecte des déchets urbains dans deux villes brésiliennes.

```

SET      Y109 TO >=      1 AT   15, BND= -0.2528E+06 TWIN=-0.3935E+06
2778
DELETE   Y109 AT LEVEL   15
DELETE   Y107 AT LEVEL   14
DELETE   Y111 AT LEVEL   13
DELETE   Y103 AT LEVEL   12
DELETE   Y104 AT LEVEL   11
DELETE   Y108 AT LEVEL   10
DELETE   Y114 AT LEVEL   9
DELETE   Y112 AT LEVEL   8
DELETE   Y116 AT LEVEL   7
FLIP     Y105 TO <=      0 AT    6 WITH BND=  -140067.20
SET      Y111 TO >=      1 AT    7, BND= -0.1401E+06 TWIN=-0.1410E+06
2820
SET      Y109 TO <=      0 AT    8, BND= -0.1413E+06 TWIN=-0.3392E+06
2882
SET      Y103 TO <=      0 AT    9, BND= -0.1441E+06 TWIN=-0.2950E+06
2936
SET      Y112 TO <=      0 AT   10, BND= -0.1501E+06 TWIN=-0.3165E+06
2971
SET      Y107 TO >=      1 AT   11, BND= -0.2384E+06 TWIN=-0.1548E+06
2994

NEW INTEGER SOLUTION OF      238440.406      AT BRANCH      64 PIVOT
2994
BOUND ON OPTIMUM:  114701.0
FLIP     Y107 TO <=      0 AT   11 WITH BND=  -154787.91
SET      Y104 TO <=      0 AT   12, BND= -0.1690E+06 TWIN=-0.2695E+06
3027
SET      Y108 TO <=      0 AT   13, BND= -0.1832E+06 TWIN=-0.2465E+06
3058
SET      Y114 TO <=      0 AT   14, BND= -0.2256E+06 TWIN=-0.3073E+06
3108
SET      Y106 TO >=      1 AT   15, BND= -0.2418E+06 TWIN=-0.3336E+06
3151
DELETE   Y106 AT LEVEL   15
DELETE   Y114 AT LEVEL   14
DELETE   Y108 AT LEVEL   13
DELETE   Y104 AT LEVEL   12
DELETE   Y107 AT LEVEL   11
DELETE   Y112 AT LEVEL   10
DELETE   Y103 AT LEVEL   9
DELETE   Y109 AT LEVEL   8
FLIP     Y111 TO <=      0 AT    7 WITH BND=  -141032.00
SET      Y104 TO >=      1 AT    8, BND= -0.1410E+06 TWIN=-0.1511E+06
3193
SET      Y106 TO <=      0 AT    9, BND= -0.1472E+06 TWIN=-0.3165E+06
3252
SET      Y116 TO <=      0 AT   10, BND= -0.1599E+06 TWIN=-0.3132E+06
3318
SET      Y109 TO <=      0 AT   11, BND= -0.1666E+06 TWIN=-0.2699E+06
3381
SET      Y108 TO <=      0 AT   12, BND= -0.1697E+06 TWIN=-0.3134E+06
3432
SET      Y103 TO <=      0 AT   13, BND= -0.1737E+06 TWIN=-0.2837E+06
3481
SET      Y112 TO <=      0 AT   14, BND= -0.2425E+06 TWIN=-0.2715E+06
3532
DELETE   Y112 AT LEVEL   14
DELETE   Y103 AT LEVEL   13

```

L'importance de l'optimisation de la logistique inversée. Une analyse qualitative et quantitative de la collecte des déchets urbains dans deux villes brésiliennes.

```

DELETE      Y108 AT LEVEL      12
DELETE      Y109 AT LEVEL      11
DELETE      Y116 AT LEVEL      10
DELETE      Y106 AT LEVEL       9
FLIP        Y104 TO <=          0 AT      8 WITH BND=   -151057.59
SET         Y112 TO >=          1 AT      9, BND=  -0.1511E+06 TWIN=-0.1573E+06
3579
SET         Y114 TO <=          0 AT     10, BND=  -0.1855E+06 TWIN=-0.2818E+06
3628
SET         Y107 TO >=          1 AT     11, BND=  -0.2336E+06 TWIN=-0.1902E+06
3661

NEW INTEGER SOLUTION OF      233620.000      AT BRANCH      78 PIVOT
3661
BOUND ON OPTIMUM:  114701.0
FLIP        Y107 TO <=          0 AT     11 WITH BND=   -190150.59
SET         Y108 TO <=          0 AT     12, BND=  -0.2043E+06 TWIN=-0.2417E+06
3701
SET         Y106 TO >=          1 AT     13, BND=  -0.2419E+06 TWIN=-0.2702E+06
3736
DELETE      Y106 AT LEVEL      13
DELETE      Y108 AT LEVEL      12
DELETE      Y107 AT LEVEL      11
DELETE      Y114 AT LEVEL      10
FLIP        Y112 TO <=          0 AT      9 WITH BND=   -157305.59
SET         Y108 TO >=          1 AT     10, BND=  -0.1573E+06 TWIN=-0.1605E+06
3772
SET         Y106 TO <=          0 AT     11, BND=  -0.1647E+06 TWIN=-0.4298E+06
3844
SET         Y103 TO <=          0 AT     12, BND=  -0.1814E+06 TWIN=-0.2519E+06
3904
SET         Y116 TO <=          0 AT     13, BND=  -0.2071E+06 TWIN=-0.3049E+06
3970
SET         Y107 TO <=          0 AT     14, BND=  -0.2184E+06 TWIN=-0.5208E+06
4062
SET         Y114 TO >=          1 AT     15, BND=  -0.4095E+06 TWIN=-0.2528E+06
4096
DELETE      Y114 AT LEVEL      15
DELETE      Y107 AT LEVEL      14
DELETE      Y116 AT LEVEL      13
DELETE      Y103 AT LEVEL      12
DELETE      Y106 AT LEVEL      11
FLIP        Y108 TO <=          0 AT     10 WITH BND=   -160473.59
SET         Y109 TO >=          1 AT     11, BND=  -0.1605E+06 TWIN=-0.1790E+06
4171
SET         Y106 TO <=          0 AT     12, BND=  -0.1679E+06 TWIN=-0.2458E+06
4221
SET         Y116 TO <=          0 AT     13, BND=  -0.1874E+06 TWIN=-0.3365E+06
4271
SET         Y103 TO <=          0 AT     14, BND=  -0.2103E+06 TWIN=-0.2960E+06
4328
SET         Y107 TO >=          1 AT     15, BND=  -0.2447E+06 TWIN=-0.3278E+06
4382
DELETE      Y107 AT LEVEL      15
DELETE      Y103 AT LEVEL      14
DELETE      Y116 AT LEVEL      13
DELETE      Y106 AT LEVEL      12
FLIP        Y109 TO <=          0 AT     11 WITH BND=   -178959.20
SET         Y103 TO >=          1 AT     12, BND=  -0.1790E+06 TWIN=-0.2084E+06
4461

```

L'importance de l'optimisation de la logistique inversée. Une analyse qualitative et quantitative de la collecte des déchets urbains dans deux villes brésiliennes.

```

SET      Y107 TO <=      0 AT   13, BND= -0.1946E+06 TWIN=-0.2448E+06
4490
SET      Y116 TO <=      0 AT   14, BND= -0.2142E+06 TWIN=-0.2993E+06
4516
SET      Y106 TO <=      0 AT   15, BND= -0.2800E+06 TWIN=-0.2530E+06
4542
DELETE   Y106 AT LEVEL   15
DELETE   Y116 AT LEVEL   14
DELETE   Y107 AT LEVEL   13
FLIP     Y103 TO <=      0 AT   12 WITH BND=  -208435.41
SET      Y107 TO >=      1 AT   13, BND= -0.2084E+06 TWIN=-0.2241E+06
4593
SET      Y114 TO >=      1 AT   14, BND= -0.3891E+06 TWIN=-0.2818E+06
4650
DELETE   Y114 AT LEVEL   14
FLIP     Y107 TO <=      0 AT   13 WITH BND=  -224115.80
SET      Y116 TO >=      1 AT   14, BND= -0.2241E+06 TWIN=-0.3518E+06
4757
SET      Y114 TO >=      1 AT   15, BND= -0.3422E+06 TWIN=-0.2974E+06
4801
DELETE   Y114 AT LEVEL   15
DELETE   Y116 AT LEVEL   14
DELETE   Y107 AT LEVEL   13
DELETE   Y103 AT LEVEL   12
DELETE   Y109 AT LEVEL   11
DELETE   Y108 AT LEVEL   10
DELETE   Y112 AT LEVEL   9
DELETE   Y104 AT LEVEL   8
DELETE   Y111 AT LEVEL   7
DELETE   Y105 AT LEVEL   6
DELETE   Y102 AT LEVEL   5
DELETE   Y115 AT LEVEL   4
DELETE   Y101 AT LEVEL   3
DELETE   Y110 AT LEVEL   2
FLIP     Y113 TO >=      1 AT   1 WITH BND=  -114701.00
SET      Y104 TO <=      0 AT   2, BND= -0.1225E+06 TWIN=-0.2927E+06
4894
SET      Y105 TO <=      0 AT   3, BND= -0.1254E+06 TWIN=-0.3249E+06
4932
SET      Y110 TO <=      0 AT   4, BND= -0.1272E+06 TWIN=-0.2816E+06
4981
SET      Y107 TO <=      0 AT   5, BND= -0.1319E+06 TWIN=-0.3704E+06
5027
SET      Y114 TO <=      0 AT   6, BND= -0.1364E+06 TWIN=-0.5232E+06
5077
SET      Y109 TO <=      0 AT   7, BND= -0.1373E+06 TWIN=-0.3262E+06
5132
SET      Y116 TO <=      0 AT   8, BND= -0.1478E+06 TWIN=-0.3384E+06
5180
SET      Y112 TO <=      0 AT   9, BND= -0.1518E+06 TWIN=-0.2802E+06
5236
SET      Y111 TO <=      0 AT  10, BND= -0.1634E+06 TWIN=-0.3057E+06
5304
SET      Y103 TO <=      0 AT  11, BND= -0.1689E+06 TWIN=-0.2784E+06
5355
SET      Y115 TO <=      0 AT  12, BND= -0.2170E+06 TWIN=-0.2924E+06
5408
SET      Y102 TO >=      1 AT  13, BND= -0.3257E+06 TWIN=-0.2716E+06
5449
DELETE   Y102 AT LEVEL   13

```

L'importance de l'optimisation de la logistique inversée. Une analyse qualitative et quantitative de la collecte des déchets urbains dans deux villes brésiliennes.

```

DELETE      Y115 AT LEVEL      12
DELETE      Y103 AT LEVEL      11
DELETE      Y111 AT LEVEL      10
DELETE      Y112 AT LEVEL       9
DELETE      Y116 AT LEVEL       8
DELETE      Y109 AT LEVEL       7
DELETE      Y114 AT LEVEL       6
DELETE      Y107 AT LEVEL       5
DELETE      Y110 AT LEVEL       4
DELETE      Y105 AT LEVEL       3
DELETE      Y104 AT LEVEL       2
DELETE      Y113 AT LEVEL       1
ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 111 PIVOTS= 5449

```

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND  
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 233620.0

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
Y101	0.000000	-314017.093750
Y102	0.000000	-161017.093750
Y103	0.000000	-26017.099609
Y104	0.000000	-158017.093750
Y105	0.000000	-171517.093750
Y106	0.000000	-119017.101562
Y107	1.000000	39982.898438
Y108	0.000000	-26017.099609
Y109	0.000000	-50017.101562
Y110	0.000000	-36517.101562
Y111	0.000000	-29017.099609
Y112	1.000000	39982.898438
Y113	0.000000	-464017.093750
Y114	0.000000	-512017.093750
Y115	0.000000	-95017.101562
Y116	0.000000	-123517.101562
X101101	0.000000	3.000000
X101102	0.000000	20.400000
X101103	0.000000	36.099998
X101104	0.000000	40.700001
X101105	0.000000	44.500000
X101106	0.000000	53.700001
X101107	0.000000	70.099998
X101108	0.000000	73.099998
X101109	0.000000	32.400002
X101110	0.000000	47.200001
X101111	0.000000	38.899998
X101112	0.000000	44.200001
X101113	0.000000	0.000000
X101114	0.000000	0.000001
X101115	0.000000	47.299999
X101116	0.000000	47.299999
X102101	0.000000	0.000000
X102102	0.000000	3.000000
X102103	0.000000	15.700000
X102104	0.000000	20.300001
X102105	0.000000	24.099998
X102106	0.000000	36.099998

L'importance de l'optimisation de la logistique inversée. Une analyse qualitative et quantitative de la collecte des déchets urbains dans deux villes brésiliennes.

---

X102107	0.000000	54.400002
X102108	0.000000	57.400002
X102109	0.000000	13.900001
X102110	0.000000	26.799999
X102111	0.000000	18.500000
X102112	0.000000	23.799999
X102113	0.000000	0.000001
X102114	0.000000	0.000000
X102115	0.000000	26.900000
X102116	0.000000	26.900000
X103101	0.000000	0.700000
X103102	0.000000	0.700000
X103103	0.000000	0.000000
X103104	0.000000	1.600000
X103105	0.000000	7.200000
X103106	0.000000	20.199999
X103107	0.000000	38.400002
X103108	0.000000	41.400002
X103109	0.000000	11.800001
X103110	0.000000	8.100000
X103111	0.000000	11.799999
X103112	0.000000	8.800000
X103113	0.000000	0.700002
X103114	0.000000	0.699998
X103115	0.000000	8.200000
X103116	0.000000	8.100000
X104101	0.000000	22.900000
X104102	0.000000	22.900000
X104103	0.000000	19.199999
X104104	0.000000	0.000000
X104105	0.000000	7.200000
X104106	0.000000	20.200001
X104107	0.000000	38.400002
X104108	0.000000	41.399998
X104109	0.000000	29.400000
X104110	0.000000	25.700001
X104111	0.000000	29.400002
X104112	0.000000	26.400002
X104113	0.000000	22.900000
X104114	0.000000	22.900000
X104115	0.000000	14.599999
X104116	0.000000	24.799999
X105101	0.000000	28.500000
X105102	0.000000	28.500000
X105103	0.000000	26.600000
X105104	0.000000	9.000000
X105105	0.000000	0.000000
X105106	0.000000	10.000000
X105107	0.000000	28.200001
X105108	0.000000	31.200001
X105109	0.000000	41.399998
X105110	0.000000	37.700001
X105111	0.000000	41.399998
X105112	0.000000	38.399998
X105113	0.000000	28.400002
X105114	0.000000	28.500000
X105115	0.000000	26.700001
X105116	0.000000	36.799999
X106101	0.000000	27.700001
X106102	0.000000	30.500000

L'importance de l'optimisation de la logistique inversée. Une analyse qualitative et quantitative de la collecte des déchets urbains dans deux villes brésiliennes.

---

X106103	0.000000	29.600000
X106104	0.000000	12.000000
X106105	0.000000	0.000000
X106106	0.000000	3.000000
X106107	0.000000	18.200001
X106108	0.000000	21.200001
X106109	0.000000	44.399998
X106110	0.000000	40.700001
X106111	0.000000	44.399998
X106112	0.000000	41.399998
X106113	0.000000	27.700001
X106114	0.000000	27.700001
X106115	0.000000	29.600000
X106116	0.000000	39.799999
X107101	0.000000	25.900000
X107102	0.000000	30.600000
X107103	0.000000	29.600000
X107104	0.000000	12.000001
X107105	204.000000	0.000000
X107106	690.000000	0.000000
X107107	1059.000000	0.000000
X107108	720.000000	0.000000
X107109	0.000000	44.400002
X107110	0.000000	40.700001
X107111	0.000000	44.400002
X107112	0.000000	41.500000
X107113	0.000000	21.300001
X107114	0.000000	25.899998
X107115	0.000000	29.700001
X107116	0.000000	39.799999
X108101	0.000000	37.700001
X108102	0.000000	42.400002
X108103	0.000000	41.400002
X108104	0.000000	23.799999
X108105	0.000000	11.800000
X108106	0.000000	11.800000
X108107	0.000000	8.800000
X108108	0.000000	0.000000
X108109	0.000000	56.299999
X108110	0.000000	52.599998
X108111	0.000000	56.200001
X108112	0.000000	53.300003
X108113	0.000000	31.200001
X108114	0.000000	37.699997
X108115	0.000000	41.500000
X108116	0.000000	51.599998
X109101	0.000000	0.000000
X109102	0.000000	1.900000
X109103	0.000000	14.800001
X109104	0.000000	14.800000
X109105	0.000000	24.999998
X109106	0.000000	38.000000
X109107	0.000000	56.200001
X109108	0.000000	59.299999
X109109	0.000000	0.200000
X109110	0.000000	12.000000
X109111	0.000000	3.700000
X109112	0.000000	11.800000
X109113	0.000000	0.000000
X109114	0.000000	0.000000

L'importance de l'optimisation de la logistique inversée. Une analyse qualitative et quantitative de la collecte des déchets urbains dans deux villes brésiliennes.

---

X109115	0.000000	12.100000
X109116	0.000000	12.000000
X110101	0.000000	10.200001
X110102	0.000000	10.200000
X110103	0.000000	6.500000
X110104	0.000000	6.500000
X110105	0.000000	16.700001
X110106	0.000000	29.700001
X110107	0.000000	47.899998
X110108	0.000000	51.000000
X110109	0.000000	7.400001
X110110	0.000000	3.000000
X110111	0.000000	5.500000
X110112	0.000000	7.200000
X110113	0.000000	10.200001
X110114	0.000000	10.200002
X110115	0.000000	0.000000
X110116	0.000000	0.000000
X111101	0.000000	2.799999
X111102	0.000000	2.800000
X111103	0.000000	11.099999
X111104	0.000000	11.100000
X111105	0.000000	21.299999
X111106	0.000000	34.299999
X111107	0.000000	52.500000
X111108	0.000000	55.500000
X111109	0.000000	0.000000
X111110	0.000000	6.400000
X111111	0.000000	1.100000
X111112	0.000000	8.100000
X111113	0.000000	2.700001
X111114	0.000000	2.800000
X111115	0.000000	6.500000
X111116	0.000000	6.500000
X112101	631.000000	0.000000
X112102	680.000000	0.000000
X112103	340.000000	0.000000
X112104	964.000000	0.000000
X112105	0.000000	10.199999
X112106	0.000000	23.199999
X112107	0.000000	41.500000
X112108	0.000000	44.500000
X112109	789.000000	0.000000
X112110	836.000000	0.000000
X112111	804.000000	0.000000
X112112	717.000000	0.000000
X112113	612.000000	0.000000
X112114	674.000000	0.000000
X112115	687.000000	0.000000
X112116	1160.000000	0.000000
X113101	0.000000	23.000000
X113102	0.000000	43.400002
X113103	0.000000	59.100002
X113104	0.000000	63.700001
X113105	0.000000	67.400002
X113106	0.000000	76.699997
X113107	0.000000	88.500000
X113108	0.000000	89.599998
X113109	0.000000	55.400002
X113110	0.000000	70.199997

L'importance de l'optimisation de la logistique inversée. Une analyse qualitative et quantitative de la collecte des déchets urbains dans deux villes brésiliennes.

---

X113111	0.000000	61.799999
X113112	0.000000	67.199997
X113113	0.000000	0.000000
X113114	0.000000	3.500000
X113115	0.000000	70.199997
X113116	0.000000	70.199997
X114101	0.000000	29.400002
X114102	0.000000	49.799999
X114103	0.000000	65.500000
X114104	0.000000	70.099998
X114105	0.000000	73.900002
X114106	0.000000	83.099998
X114107	0.000000	99.500000
X114108	0.000000	102.500000
X114109	0.000000	61.799999
X114110	0.000000	76.599998
X114111	0.000000	68.300003
X114112	0.000000	73.599998
X114113	0.000000	9.900000
X114114	0.000000	0.000000
X114115	0.000000	76.700005
X114116	0.000000	76.599998
X115101	0.000000	21.100000
X115102	0.000000	21.100000
X115103	0.000000	17.400000
X115104	0.000000	6.200000
X115105	0.000000	16.500000
X115106	0.000000	29.400000
X115107	0.000000	47.700001
X115108	0.000000	50.699997
X115109	0.000000	18.300001
X115110	0.000000	10.800000
X115111	0.000000	16.400000
X115112	0.000000	18.000000
X115113	0.000000	20.999998
X115114	0.000000	21.100002
X115115	0.000000	0.000000
X115116	0.000000	7.100000
X116101	0.000000	24.899998
X116102	0.000000	24.900000
X116103	0.000000	21.100000
X116104	0.000000	20.200001
X116105	0.000000	30.399998
X116106	0.000000	43.399998
X116107	0.000000	61.600002
X116108	0.000000	64.599998
X116109	0.000000	22.000000
X116110	0.000000	14.600000
X116111	0.000000	20.200001
X116112	0.000000	21.799999
X116113	0.000000	24.799999
X116114	0.000000	24.800001
X116115	0.000000	10.900000
X116116	0.000000	0.000000
X	0.000000	1.000000
Y	0.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	23.600000

L'importance de l'optimisation de la logistique inversée. Une analyse qualitative et quantitative de la collecte des déchets urbains dans deux villes brésiliennes.

---

3)	0.000000	13.400000
4)	0.000000	4.400000
5)	0.000000	13.200000
6)	0.000000	14.100000
7)	0.000000	10.600000
8)	12327.000000	0.000000
9)	0.000000	4.400000
10)	0.000000	6.000000
11)	0.000000	5.100000
12)	0.000000	4.600000
13)	6106.000000	0.000000
14)	0.000000	33.599998
15)	0.000000	36.799999
16)	0.000000	9.000000
17)	0.000000	10.900000
18)	0.000000	-23.600000
19)	0.000000	-13.400000
20)	0.000000	-7.400000
21)	0.000000	-16.200001
22)	0.000000	-17.100000
23)	0.000000	-10.600000
24)	0.000000	-3.000000
25)	0.000000	-7.400000
26)	0.000000	-8.800000
27)	0.000000	-5.100000
28)	0.000000	-6.500000
29)	0.000000	-3.000000
30)	0.000000	-36.599998
31)	0.000000	-39.799999
32)	0.000000	-12.000000
33)	0.000000	-13.900000
34)	0.000000	-17.100000
35)	0.000000	0.000000
36)	0.000000	17.100000

NO. ITERATIONS= 5500  
BRANCHES= 111 DETERM.= 1.000E 0

## **ANNEXES**

## ANNEXE A - RISQUES D'UNE PPP

### GRILLE CHRONOLOGIQUE

#### 1) Risques de Conception

- Défaillance de la conception;
- Optimisation insuffisante;
- Modification du projet, soit à la demande de l'autorité publique donneuse d'ordre ou des autorités administratives, soit à la demande du constructeur;
- Retard dans la mise au point du projet;
- Résultats de la consultation des usagers;
- Degré de fiabilité des techniques utilisées;
- Incapacité à construire suivant e cahier des charges.

#### 2) Risques de Construction

- Surcoût;
- Malfaçon;
- Sécurité, sûreté du site;
- Risques:
  - archéologique
  - géologique
  - météorologique
- Retard:
  - de délivrance des permis et autorisations;
  - d'accès au site et/ou à des terrains adjacents;
  - de mise à disposition de carrières ou de décharges;
  - de livraison.
- Plaintes de tiers
- Défaillance du constructeur;
- Refus d'acceptation, total ou partiel, des ouvrages par la personne publique.

#### 3) Risques d'exploitation/maintenance

- Défaut du partenaire ou de ses sous-traitants dans l'exploitation et /ou la maintenance de l'ouvrage;
- Mise en œuvre des garanties biennales et/ou décennales;
- Grève et/ou de désordres sociaux;
- Dysfonctionnement ou indisponibilité des ouvrages, équipements, fournitures;
- Mauvaises estimations des recettes annexes;
- Coûts d'exploitation/maintenance supérieurs aux prévisions.

### **GRILLE PAR NATURE**

#### **1) Risque Contractuel**

- Risque de requalification;
- Risque d'annulation;
- Risque de force majeure, sujétions imprévues, imprévision;
- Risque lié à la procédure de résolution des litiges;
- Risque de résiliation et/ou de déchéance et d'indemnisation correspondante.

#### **2) Risque Environnemental**

#### **3) Risque Législatif et Réglementaire**

#### **4) Risque Economique**

#### **5) Risque de demande**

#### **6) Risque Technique et d'Obsolescence**

#### **7) Risque Financier**

**REMARQUE:** Un regroupement de ces risques peut être opéré sous les rubriques plus générales: risques stratégiques, risques opérationnels, risques endogènes-exogènes, risques naturels-comportementaux, etc.

## ANNEXE B - OTIMISATION DANS LE SIMULATION DE LA REGION AVEC 12 QUARTIER

*Pour Installer 1 Ecopoint: k=1*

Fonction Objective

Min  $30000Y1 + 30000Y2 + 30000Y3 + 30000Y4 + 30000Y5 + 30000Y6 + 30000Y7 + 30000Y8 + 30000Y9 + 30000Y10 + 30000Y11 + 30000Y12 + 1X11 + 2X12 + 3X13 + 4X14 + 2X15 + 3X16 + 4X17 + 5X18 + 3X19 + 4X110 + 5X111 + 6X112 + 2X21 + 1X22 + 2X23 + 3X24 + 3X25 + 2X26 + 3X27 + 4X28 + 4X29 + 3X210 + 4X211 + 5X212 + 3X31 + 2X32 + 1X33 + 2X34 + 4X35 + 3X36 + 2X37 + 3X38 + 5X39 + 4X310 + 3X311 + 4X312 + 4X41 + 3X42 + 2X43 + 1X44 + 5X45 + 4X46 + 3X47 + 2X48 + 6X49 + 5X410 + 4X411 + 3X412 + 2X51 + 3X52 + 4X53 + 5X54 + 1X55 + 2X56 + 3X57 + 4X58 + 2X59 + 3X510 + 4X511 + 5X512 + 3X61 + 2X62 + 3X63 + 4X64 + 2X65 + 1X66 + 2X67 + 3X68 + 3X69 + 2X610 + 3X611 + 4X612 + 4X71 + 3X72 + 2X73 + 3X74 + 3X75 + 2X76 + 1X77 + 2X78 + 4X79 + 3X710 + 2X711 + 3X712 + 5X81 + 4X82 + 3X83 + 2X84 + 4X85 + 3X86 + 2X87 + 1X88 + 5X89 + 4X810 + 3X811 + 5X812 + 3X91 + 4X92 + 5X93 + 6X94 + 2X95 + 3X96 + 4X97 + 4X98 + 1X99 + 2X910 + 3X911 + 4X912 + 4X101 + 3X102 + 4X103 + 5X104 + 3X105 + 2X106 + 3X107 + 4X108 + 2X109 + 1X1010 + 2X1011 + 3X1012 + 5X111 + 4X112 + 3X113 + 4X114 + 4X115 + 3X116 + 2X117 + 3X118 + 3X119 + 2X1110 + 1X1111 + 2X1112 + 6X121 + 5X122 + 4X123 + 3X124 + 5X125 + 4X126 + 3X127 + 2X128 + 4X129 + 3X1210 + 2X1211 + 1X1212$

ST

- 1)  $X11 + X12 + X13 + X14 + X15 + X16 + X17 + X18 + X19 + X110 + X111 + X112 \leq 5000Y1$
- 2)  $X21 + X22 + X23 + X24 + X25 + X26 + X27 + X28 + X29 + X210 + X211 + X212 \leq 5000Y2$
- 3)  $X31 + X32 + X33 + X34 + X35 + X36 + X37 + X38 + X39 + X310 + X311 + X312 \leq 5000Y3$
- 4)  $X41 + X42 + X43 + X44 + X45 + X46 + X47 + X48 + X49 + X410 + X411 + X412 \leq 5000Y4$
- 5)  $X51 + X52 + X53 + X54 + X55 + X56 + X57 + X58 + X59 + X510 + X511 + X512 \leq 5000Y5$
- 6)  $X61 + X62 + X63 + X64 + X65 + X66 + X67 + X68 + X69 + X610 + X611 + X612 \leq 5000Y6$
- 7)  $X71 + X72 + X73 + X74 + X75 + X76 + X77 + X78 + X79 + X710 + X711 + X712 \leq 5000Y7$
- 8)  $X81 + X82 + X83 + X84 + X85 + X86 + X87 + X88 + X89 + X810 + X811 + X812 \leq 5000Y8$
- 9)  $X91 + X92 + X93 + X94 + X95 + X96 + X97 + X98 + X99 + X910 + X911 + X912 \leq 5000Y9$
- 10)  $X101 + X102 + X103 + X104 + X105 + X106 + X107 + X108 + X109 + X1010 + X1011 + X1012 \leq 5000Y10$

$$11) X111 + X112 + X113 + X114 + X115 + X116 + X117 + X118 + X119 + X1110 + X1111 + X1112 \leq 5000Y11$$

$$12) X121 + X122 + X123 + X124 + X125 + X126 + X127 + X128 + X129 + X1210 + X1211 + X1212 \leq 5000Y12$$

$$13) X11 + X21 + X31 + X41 + X51 + X61 + X71 + X81 + X91 + X101 + X111 + X121 = 96$$

$$14) X12 + X22 + X32 + X42 + X52 + X62 + X72 + X82 + X92 + X102 + X112 + X122 = 118$$

$$15) X13 + X23 + X33 + X43 + X53 + X63 + X73 + X83 + X93 + X103 + X113 + X123 = 154$$

$$16) X14 + X24 + X34 + X44 + X54 + X64 + X74 + X84 + X94 + X104 + X114 + X124 = 253$$

$$17) X15 + X25 + X35 + X45 + X55 + X65 + X75 + X85 + X95 + X105 + X115 + X125 = 301$$

$$18) X16 + X26 + X36 + X46 + X56 + X66 + X76 + X86 + X96 + X106 + X116 + X126 = 436$$

$$19) X17 + X27 + X37 + X47 + X57 + X67 + X77 + X87 + X97 + X107 + X117 + X127 = 248$$

$$20) X18 + X28 + X38 + X48 + X58 + X68 + X78 + X88 + X98 + X108 + X118 + X128 = 501$$

$$21) X19 + X29 + X39 + X49 + X59 + X69 + X79 + X89 + X99 + X109 + X119 + X129 = 432$$

$$22) X110 + X210 + X310 + X410 + X510 + X610 + X710 + X810 + X910 + X1010 + X1110 + X1210 = 676$$

$$23) X111 + X211 + X311 + X411 + X511 + X611 + X711 + X811 + X911 + X1011 + X1111 + X1211 = 663$$

$$24) X112 + X212 + X312 + X412 + X512 + X612 + X712 + X812 + X912 + X1012 + X1112 + X1212 = 637$$

$$25) Y1+Y2+Y3+Y4+Y5+Y6+Y7+Y8+Y9+Y10+Y11+Y12=1$$

END

Combien d'Ecopoints doivent être installés (k) ?  
1, 2, 3, ...?

Alimenter le L.I.N.D.O.

Min

$$30000Y1+30000Y2+30000Y3+30000Y4+30000Y5+30000Y6+30000Y7+30000Y8+30000Y9+30000Y10+30000Y11+30000Y12+1X1_1+2X1_2+3X1_3+4X1_4+2X1_5+3X1_6+4X1_7+5X1_8+3X1_9+4X1_10+5X1_11+6X1_12+2X2_1+1X2_2+2X2_3+3X2_4+3X2_5+2X2_6+3X2_7+4X2_8+4X2_9+3X2_10+4X2_11+5X2_12+3X3_1+2X3_2+1X3_3+2X3_4+4X3_5+3X3_6+2X3_7+3X3_8+5X3_9+4X3_10+3X3_11+4X3_12+4X4_1+3X4_2+2X4_3+1X4_4+5X4_5+4X4_6+3X4_7+2X4_8+6X4_9+5X4_10+4X4_11+3X4_12+2X5_1+3X5_2+4X5_3+5X5_4+1X5_5+2X5_6+3X5_7+4X5_8+2X5_9+3X5_10+4X5_11+5X5_12+3X6_1+2X6_2+3X6_3+4X6_4+2X6_5+1X6_6+2X6_7+3X6_8+3X6_9+2X6_10+3X6_11+4X6_12+4X7_1+3X7_2+2X7_3+3X7_4+3X7_5+2X7_6+1X7_7+2X7_8+4X7_9+3X7_10+2X7_11+3X7_12+5X8_1+4X8_2+3X8_3+2X8_4+4X8_5+3X8_6+2X8_7+1X8_8+5X8_9+4X8_10+3X8_11+5X8_12+3X9_1+4X9_2+5X9_3+6X9_4+2X9_5+3X9_6+4X9_7+4X9_8+1X9_9+2X9_10+3X9_11+4X9_12+4X10_1+3X10_2+4X10_3$$

+5X10\_4+3X10\_5+2X10\_6+3X10\_7+4X10\_8+2X10\_9+1X10\_10+2X10\_11+3X10\_12  
+5X11\_1+4X11\_2+3X11\_3+4X11\_4+4X11\_5+3X11\_6+2X11\_7+3X11\_8+3X11\_9+2X  
11\_10+1X11\_11+2X11\_12+6X12\_1+5X12\_2+4X12\_3+3X12\_4+5X12\_5+4X12\_6+3X  
12\_7+2X12\_8+4X12\_9+3X12\_10+2X12\_11+1X12\_12

ST

X1\_1+X1\_2+X1\_3+X1\_4+X1\_5+X1\_6+X1\_7+X1\_8+X1\_9+X1\_10+X1\_11+X1\_12-  
5000Y1<=0

X2\_1+X2\_2+X2\_3+X2\_4+X2\_5+X2\_6+X2\_7+X2\_8+X2\_9+X2\_10+X2\_11+X2\_12-  
5000Y2<=0

X3\_1+X3\_2+X3\_3+X3\_4+X3\_5+X3\_6+X3\_7+X3\_8+X3\_9+X3\_10+X3\_11+X3\_12-  
5000Y3<=0

X4\_1+X4\_2+X4\_3+X4\_4+X4\_5+X4\_6+X4\_7+X4\_8+X4\_9+X4\_10+X4\_11+X4\_12-  
5000Y4<=0

X5\_1+X5\_2+X5\_3+X5\_4+X5\_5+X5\_6+X5\_7+X5\_8+X5\_9+X5\_10+X5\_11+X5\_12-  
5000Y5<=0

X6\_1+X6\_2+X6\_3+X6\_4+X6\_5+X6\_6+X6\_7+X6\_8+X6\_9+X6\_10+X6\_11+X6\_12-  
5000Y6<=0

X7\_1+X7\_2+X7\_3+X7\_4+X7\_5+X7\_6+X7\_7+X7\_8+X7\_9+X7\_10+X7\_11+X7\_12-  
5000Y7<=0

X8\_1+X8\_2+X8\_3+X8\_4+X8\_5+X8\_6+X8\_7+X8\_8+X8\_9+X8\_10+X8\_11+X8\_12-  
5000Y8<=0

X9\_1+X9\_2+X9\_3+X9\_4+X9\_5+X9\_6+X9\_7+X9\_8+X9\_9+X9\_10+X9\_11+X9\_12-  
5000Y9<=0

X10\_1+X10\_2+X10\_3+X10\_4+X10\_5+X10\_6+X10\_7+X10\_8+X10\_9+X10\_10+X10\_11  
+X10\_12-5000Y10<=0

X11\_1+X11\_2+X11\_3+X11\_4+X11\_5+X11\_6+X11\_7+X11\_8+X11\_9+X11\_10+X11\_11  
+X11\_12-5000Y11<=0

X12\_1+X12\_2+X12\_3+X12\_4+X12\_5+X12\_6+X12\_7+X12\_8+X12\_9+X12\_10+X12\_11  
+X12\_12-5000Y12<=0

X1\_1+X2\_1+X3\_1+X4\_1+X5\_1+X6\_1+X7\_1+X8\_1+X9\_1+X10\_1+X11\_1+X12\_1=96

X1\_2+X2\_2+X3\_2+X4\_2+X5\_2+X6\_2+X7\_2+X8\_2+X9\_2+X10\_2+X11\_2+X12\_2=118

X1\_3+X2\_3+X3\_3+X4\_3+X5\_3+X6\_3+X7\_3+X8\_3+X9\_3+X10\_3+X11\_3+X12\_3=154

X1\_4+X2\_4+X3\_4+X4\_4+X5\_4+X6\_4+X7\_4+X8\_4+X9\_4+X10\_4+X11\_4+X12\_4=253

X1\_5+X2\_5+X3\_5+X4\_5+X5\_5+X6\_5+X7\_5+X8\_5+X9\_5+X10\_5+X11\_5+X12\_5=301

X1\_6+X2\_6+X3\_6+X4\_6+X5\_6+X6\_6+X7\_6+X8\_6+X9\_6+X10\_6+X11\_6+X12\_6=436

X1\_7+X2\_7+X3\_7+X4\_7+X5\_7+X6\_7+X7\_7+X8\_7+X9\_7+X10\_7+X11\_7+X12\_7=248

X1\_8+X2\_8+X3\_8+X4\_8+X5\_8+X6\_8+X7\_8+X8\_8+X9\_8+X10\_8+X11\_8+X12\_8=501

X1\_9+X2\_9+X3\_9+X4\_9+X5\_9+X6\_9+X7\_9+X8\_9+X9\_9+X10\_9+X11\_9+X12\_9=432

X1\_10+X2\_10+X3\_10+X4\_10+X5\_10+X6\_10+X7\_10+X8\_10+X9\_10+X10\_10+X11\_10  
+X12\_10=676

X1\_11+X2\_11+X3\_11+X4\_11+X5\_11+X6\_11+X7\_11+X8\_11+X9\_11+X10\_11+X11\_11  
+X12\_11=663

X1\_12+X2\_12+X3\_12+X4\_12+X5\_12+X6\_12+X7\_12+X8\_12+X9\_12+X10\_12+X11\_12  
+X12\_12=637

Y1+Y2+Y3+Y4+Y5+Y6+Y7+Y8+Y9+Y10+Y11+Y12=1

END

INT Y1  
INT Y2  
INT Y3  
INT Y4  
INT Y5  
INT Y6  
INT Y7  
INT Y8  
INT Y9  
INT Y10  
INT Y11  
INT Y12

---

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 17442  
OBJECTIVE VALUE = 34515.0000

NEW INTEGER SOLUTION OF 41522.0000 AT BRANCH 0 PIVOT 29908  
BOUND ON OPTIMUM: 41522.00  
ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 29908

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND  
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 41522.00

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
Y1	0.000000	10000.000000
Y2	0.000000	15000.000000
Y3	0.000000	20000.000000
Y4	0.000000	15000.000000
Y5	0.000000	15000.000000
Y6	0.000000	20000.000000
Y7	0.000000	25000.000000
Y8	0.000000	20000.000000
Y9	0.000000	20000.000000
Y10	0.000000	25000.000000
Y11	1.000000	30000.000000
Y12	0.000000	25000.000000
X1_1	0.000000	0.000000
X1_2	0.000000	2.000000
X1_3	0.000000	4.000000
X1_4	0.000000	4.000000
X1_5	0.000000	2.000000
X1_6	0.000000	4.000000
X1_7	0.000000	6.000000

Installé sur le Quartier 11 !

X1_8	0.000000	6.000000
X1_9	0.000000	4.000000
X1_10	0.000000	6.000000
X1_11	0.000000	8.000000
X1_12	0.000000	8.000000
X2_1	0.000000	0.000000
X2_2	0.000000	0.000000
X2_3	0.000000	2.000000
X2_4	0.000000	2.000000
X2_5	0.000000	2.000000
X2_6	0.000000	2.000000
X2_7	0.000000	4.000000
X2_8	0.000000	4.000000
X2_9	0.000000	4.000000
X2_10	0.000000	4.000000
X2_11	0.000000	6.000000
X2_12	0.000000	6.000000
X3_1	0.000000	0.000000
X3_2	0.000000	0.000000
X3_3	0.000000	0.000000
X3_4	0.000000	0.000000
X3_5	0.000000	2.000000
X3_6	0.000000	2.000000
X3_7	0.000000	2.000000
X3_8	0.000000	2.000000
X3_9	0.000000	4.000000
X3_10	0.000000	4.000000
X3_11	0.000000	4.000000
X3_12	0.000000	4.000000
X4_1	0.000000	2.000000
X4_2	0.000000	2.000000
X4_3	0.000000	2.000000
X4_4	0.000000	0.000000
X4_5	0.000000	4.000000
X4_6	0.000000	4.000000
X4_7	0.000000	4.000000
X4_8	0.000000	2.000000
X4_9	0.000000	6.000000
X4_10	0.000000	6.000000
X4_11	0.000000	6.000000
X4_12	0.000000	4.000000
X5_1	0.000000	0.000000
X5_2	0.000000	2.000000
X5_3	0.000000	4.000000
X5_4	0.000000	4.000000
X5_5	0.000000	0.000000
X5_6	0.000000	2.000000
X5_7	0.000000	4.000000

X5_8	0.000000	4.000000
X5_9	0.000000	2.000000
X5_10	0.000000	4.000000
X5_11	0.000000	6.000000
X5_12	0.000000	6.000000
X6_1	0.000000	0.000000
X6_2	0.000000	0.000000
X6_3	0.000000	2.000000
X6_4	0.000000	2.000000
X6_5	0.000000	0.000000
X6_6	0.000000	0.000000
X6_7	0.000000	2.000000
X6_8	0.000000	2.000000
X6_9	0.000000	2.000000
X6_10	0.000000	2.000000
X6_11	0.000000	4.000000
X6_12	0.000000	4.000000
X7_1	0.000000	0.000000
X7_2	0.000000	0.000000
X7_3	0.000000	0.000000
X7_4	0.000000	0.000000
X7_5	0.000000	0.000000
X7_6	0.000000	0.000000
X7_7	0.000000	0.000000
X7_8	0.000000	0.000000
X7_9	0.000000	2.000000
X7_10	0.000000	2.000000
X7_11	0.000000	2.000000
X7_12	0.000000	2.000000
X8_1	0.000000	2.000000
X8_2	0.000000	2.000000
X8_3	0.000000	2.000000
X8_4	0.000000	0.000000
X8_5	0.000000	2.000000
X8_6	0.000000	2.000000
X8_7	0.000000	2.000000
X8_8	0.000000	0.000000
X8_9	0.000000	4.000000
X8_10	0.000000	4.000000
X8_11	0.000000	4.000000
X8_12	0.000000	5.000000
X9_1	0.000000	0.000000
X9_2	0.000000	2.000000
X9_3	0.000000	4.000000
X9_4	0.000000	4.000000
X9_5	0.000000	0.000000
X9_6	0.000000	2.000000
X9_7	0.000000	4.000000

X9_8	0.000000	3.000000
X9_9	0.000000	0.000000
X9_10	0.000000	2.000000
X9_11	0.000000	4.000000
X9_12	0.000000	4.000000
X10_1	0.000000	0.000000
X10_2	0.000000	0.000000
X10_3	0.000000	2.000000
X10_4	0.000000	2.000000
X10_5	0.000000	0.000000
X10_6	0.000000	0.000000
X10_7	0.000000	2.000000
X10_8	0.000000	2.000000
X10_9	0.000000	0.000000
X10_10	0.000000	0.000000
X10_11	0.000000	2.000000
X10_12	0.000000	2.000000
X11_1	96.000000	0.000000
X11_2	118.000000	0.000000
X11_3	154.000000	0.000000
X11_4	253.000000	0.000000
X11_5	301.000000	0.000000
X11_6	436.000000	0.000000
X11_7	248.000000	0.000000
X11_8	501.000000	0.000000
X11_9	432.000000	0.000000
X11_10	676.000000	0.000000
X11_11	663.000000	0.000000
X11_12	637.000000	0.000000
X12_1	0.000000	2.000000
X12_2	0.000000	2.000000
X12_3	0.000000	2.000000
X12_4	0.000000	0.000000
X12_5	0.000000	2.000000
X12_6	0.000000	2.000000
X12_7	0.000000	2.000000
X12_8	0.000000	0.000000
X12_9	0.000000	2.000000
X12_10	0.000000	2.000000
X12_11	0.000000	2.000000
X12_12	0.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	4.000000
3)	0.000000	3.000000
4)	0.000000	2.000000
5)	0.000000	3.000000

6)	0.000000	3.000000
7)	0.000000	2.000000
8)	0.000000	1.000000
9)	0.000000	2.000000
10)	0.000000	2.000000
11)	0.000000	1.000000
12)	485.000000	0.000000
13)	0.000000	1.000000
14)	0.000000	-5.000000
15)	0.000000	-4.000000
16)	0.000000	-3.000000
17)	0.000000	-4.000000
18)	0.000000	-4.000000
19)	0.000000	-3.000000
20)	0.000000	-2.000000
21)	0.000000	-3.000000
22)	0.000000	-3.000000
23)	0.000000	-2.000000
24)	0.000000	-1.000000
25)	0.000000	-2.000000
26)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 29958  
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

**Pour Installer 2 Ecopoints: k=2**

Min

30000Y1+30000Y2+30000Y3+30000Y4+30000Y5+30000Y6+30000Y7+30000Y8  
 +30000Y9+30000Y10+30000Y11+30000Y12+1X1\_1+2X1\_2+3X1\_3+4X1\_4+2X1\_5  
 +3X1\_6+4X1\_7+5X1\_8+3X1\_9+4X1\_10+5X1\_11+6X1\_12+2X2\_1+1X2\_2+2X2\_3+3X  
 2\_4+3X2\_5+2X2\_6+3X2\_7+4X2\_8+4X2\_9+3X2\_10+4X2\_11+5X2\_12+3X3\_1+2X3\_2+  
 1X3\_3+2X3\_4+4X3\_5+3X3\_6+2X3\_7+3X3\_8+5X3\_9+4X3\_10+3X3\_11+4X3\_12+4X4\_  
 1+3X4\_2+2X4\_3+1X4\_4+5X4\_5+4X4\_6+3X4\_7+2X4\_8+6X4\_9+5X4\_10+4X4\_11+3X  
 4\_12+2X5\_1+3X5\_2+4X5\_3+5X5\_4+1X5\_5+2X5\_6+3X5\_7+4X5\_8+2X5\_9+3X5\_10+4  
 X5\_11+5X5\_12+3X6\_1+2X6\_2+3X6\_3+4X6\_4+2X6\_5+1X6\_6+2X6\_7+3X6\_8+3X6\_9+  
 2X6\_10+3X6\_11+4X6\_12+4X7\_1+3X7\_2+2X7\_3+3X7\_4+3X7\_5+2X7\_6+1X7\_7+2X7\_  
 8+4X7\_9+3X7\_10+2X7\_11+3X7\_12+5X8\_1+4X8\_2+3X8\_3+2X8\_4+4X8\_5+3X8\_6+2  
 X8\_7+1X8\_8+5X8\_9+4X8\_10+3X8\_11+5X8\_12+3X9\_1+4X9\_2+5X9\_3+6X9\_4+2X9\_5  
 +3X9\_6+4X9\_7+4X9\_8+1X9\_9+2X9\_10+3X9\_11+4X9\_12+4X10\_1+3X10\_2+4X10\_3  
 +5X10\_4+3X10\_5+2X10\_6+3X10\_7+4X10\_8+2X10\_9+1X10\_10+2X10\_11+3X10\_12  
 +5X11\_1+4X11\_2+3X11\_3+4X11\_4+4X11\_5+3X11\_6+2X11\_7+3X11\_8+3X11\_9+2X  
 11\_10+1X11\_11+2X11\_12+6X12\_1+5X12\_2+4X12\_3+3X12\_4+5X12\_5+4X12\_6+3X  
 12\_7+2X12\_8+4X12\_9+3X12\_10+2X12\_11+1X12\_12

ST

X1\_1+X1\_2+X1\_3+X1\_4+X1\_5+X1\_6+X1\_7+X1\_8+X1\_9+X1\_10+X1\_11+X1\_12-  
 5000Y1<=0

$X2_1+X2_2+X2_3+X2_4+X2_5+X2_6+X2_7+X2_8+X2_9+X2_{10}+X2_{11}+X2_{12}-5000Y2 \leq 0$   
 $X3_1+X3_2+X3_3+X3_4+X3_5+X3_6+X3_7+X3_8+X3_9+X3_{10}+X3_{11}+X3_{12}-5000Y3 \leq 0$   
 $X4_1+X4_2+X4_3+X4_4+X4_5+X4_6+X4_7+X4_8+X4_9+X4_{10}+X4_{11}+X4_{12}-5000Y4 \leq 0$   
 $X5_1+X5_2+X5_3+X5_4+X5_5+X5_6+X5_7+X5_8+X5_9+X5_{10}+X5_{11}+X5_{12}-5000Y5 \leq 0$   
 $X6_1+X6_2+X6_3+X6_4+X6_5+X6_6+X6_7+X6_8+X6_9+X6_{10}+X6_{11}+X6_{12}-5000Y6 \leq 0$   
 $X7_1+X7_2+X7_3+X7_4+X7_5+X7_6+X7_7+X7_8+X7_9+X7_{10}+X7_{11}+X7_{12}-5000Y7 \leq 0$   
 $X8_1+X8_2+X8_3+X8_4+X8_5+X8_6+X8_7+X8_8+X8_9+X8_{10}+X8_{11}+X8_{12}-5000Y8 \leq 0$   
 $X9_1+X9_2+X9_3+X9_4+X9_5+X9_6+X9_7+X9_8+X9_9+X9_{10}+X9_{11}+X9_{12}-5000Y9 \leq 0$   
 $X10_1+X10_2+X10_3+X10_4+X10_5+X10_6+X10_7+X10_8+X10_9+X10_{10}+X10_{11}+X10_{12}-5000Y10 \leq 0$   
 $X11_1+X11_2+X11_3+X11_4+X11_5+X11_6+X11_7+X11_8+X11_9+X11_{10}+X11_{11}+X11_{12}-5000Y11 \leq 0$   
 $X12_1+X12_2+X12_3+X12_4+X12_5+X12_6+X12_7+X12_8+X12_9+X12_{10}+X12_{11}+X12_{12}-5000Y12 \leq 0$   
 $X1_1+X2_1+X3_1+X4_1+X5_1+X6_1+X7_1+X8_1+X9_1+X10_1+X11_1+X12_1=96$   
 $X1_2+X2_2+X3_2+X4_2+X5_2+X6_2+X7_2+X8_2+X9_2+X10_2+X11_2+X12_2=118$   
 $X1_3+X2_3+X3_3+X4_3+X5_3+X6_3+X7_3+X8_3+X9_3+X10_3+X11_3+X12_3=154$   
 $X1_4+X2_4+X3_4+X4_4+X5_4+X6_4+X7_4+X8_4+X9_4+X10_4+X11_4+X12_4=253$   
 $X1_5+X2_5+X3_5+X4_5+X5_5+X6_5+X7_5+X8_5+X9_5+X10_5+X11_5+X12_5=301$   
 $X1_6+X2_6+X3_6+X4_6+X5_6+X6_6+X7_6+X8_6+X9_6+X10_6+X11_6+X12_6=436$   
 $X1_7+X2_7+X3_7+X4_7+X5_7+X6_7+X7_7+X8_7+X9_7+X10_7+X11_7+X12_7=248$   
 $X1_8+X2_8+X3_8+X4_8+X5_8+X6_8+X7_8+X8_8+X9_8+X10_8+X11_8+X12_8=501$   
 $X1_9+X2_9+X3_9+X4_9+X5_9+X6_9+X7_9+X8_9+X9_9+X10_9+X11_9+X12_9=432$   
 $X1_{10}+X2_{10}+X3_{10}+X4_{10}+X5_{10}+X6_{10}+X7_{10}+X8_{10}+X9_{10}+X10_{10}+X11_{10}+X12_{10}=676$   
 $X1_{11}+X2_{11}+X3_{11}+X4_{11}+X5_{11}+X6_{11}+X7_{11}+X8_{11}+X9_{11}+X10_{11}+X11_{11}+X12_{11}=663$   
 $X1_{12}+X2_{12}+X3_{12}+X4_{12}+X5_{12}+X6_{12}+X7_{12}+X8_{12}+X9_{12}+X10_{12}+X11_{12}+X12_{12}=637$   
 $Y1+Y2+Y3+Y4+Y5+Y6+Y7+Y8+Y9+Y10+Y11+Y12=2$

END

INT Y1

INT Y2

INT Y3

INT Y4

INT Y5

INT Y6

INT Y7

INT Y8

INT Y9  
 INT Y10  
 INT Y11  
 INT Y12

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 2833  
 OBJECTIVE VALUE = 64515.0000

FIX ALL VARS.( 1) WITH RC > 7.16887

NEW INTEGER SOLUTION OF 68892.0000 AT BRANCH 0 PIVOT 7092  
 BOUND ON OPTIMUM: 68892.00  
 ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 7092

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND  
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 68892.00

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
Y1	0.000000	20002.000000
Y2	0.000000	25002.000000
Y3	0.000000	20002.000000
Y4	0.000000	20002.000000
Y5	0.000000	25002.000000
Y6	1.000000	30002.000000
Y7	0.000000	25002.000000
Y8	0.000000	25002.000000
Y9	0.000000	20002.000000
Y10	0.000000	25002.000000
Y11	0.000000	25002.000000
Y12	1.000000	30002.000000
X1_1	0.000000	0.000000
X1_2	0.000000	2.000000
X1_3	0.000000	2.000000
X1_4	0.000000	3.000000
X1_5	0.000000	2.000000
X1_6	0.000000	4.000000
X1_7	0.000000	4.000000
X1_8	0.000000	5.000000
X1_9	0.000000	2.000000
X1_10	0.000000	4.000000
X1_11	0.000000	5.000000
X1_12	0.000000	7.000000
X2_1	0.000000	0.000000
X2_2	0.000000	0.000000

Installé sur le Quartier 06 !

Installé sur le Quartier 12 !

X2_3	0.000000	0.000000
X2_4	0.000000	1.000000
X2_5	0.000000	2.000000
X2_6	0.000000	2.000000
X2_7	0.000000	2.000000
X2_8	0.000000	3.000000
X2_9	0.000000	2.000000
X2_10	0.000000	2.000000
X2_11	0.000000	3.000000
X2_12	0.000000	5.000000
X3_1	0.000000	2.000000
X3_2	0.000000	2.000000
X3_3	0.000000	0.000000
X3_4	0.000000	1.000000
X3_5	0.000000	4.000000
X3_6	0.000000	4.000000
X3_7	0.000000	2.000000
X3_8	0.000000	3.000000
X3_9	0.000000	4.000000
X3_10	0.000000	4.000000
X3_11	0.000000	3.000000
X3_12	0.000000	5.000000
X4_1	0.000000	3.000000
X4_2	0.000000	3.000000
X4_3	0.000000	1.000000
X4_4	0.000000	0.000000
X4_5	0.000000	5.000000
X4_6	0.000000	5.000000
X4_7	0.000000	3.000000
X4_8	0.000000	2.000000
X4_9	0.000000	5.000000
X4_10	0.000000	5.000000
X4_11	0.000000	4.000000
X4_12	0.000000	4.000000
X5_1	0.000000	0.000000
X5_2	0.000000	2.000000
X5_3	0.000000	2.000000
X5_4	0.000000	3.000000
X5_5	0.000000	0.000000
X5_6	0.000000	2.000000
X5_7	0.000000	2.000000
X5_8	0.000000	3.000000
X5_9	0.000000	0.000000
X5_10	0.000000	2.000000
X5_11	0.000000	3.000000
X5_12	0.000000	5.000000
X6_1	96.000000	0.000000
X6_2	118.000000	0.000000

X6_3	154.000000	0.000000
X6_4	0.000000	1.000000
X6_5	301.000000	0.000000
X6_6	436.000000	0.000000
X6_7	248.000000	0.000000
X6_8	0.000000	1.000000
X6_9	432.000000	0.000000
X6_10	676.000000	0.000000
X6_11	0.000000	1.000000
X6_12	0.000000	3.000000
X7_1	0.000000	2.000000
X7_2	0.000000	2.000000
X7_3	0.000000	0.000000
X7_4	0.000000	1.000000
X7_5	0.000000	2.000000
X7_6	0.000000	2.000000
X7_7	0.000000	0.000000
X7_8	0.000000	1.000000
X7_9	0.000000	2.000000
X7_10	0.000000	2.000000
X7_11	0.000000	1.000000
X7_12	0.000000	3.000000
X8_1	0.000000	3.000000
X8_2	0.000000	3.000000
X8_3	0.000000	1.000000
X8_4	0.000000	0.000000
X8_5	0.000000	3.000000
X8_6	0.000000	3.000000
X8_7	0.000000	1.000000
X8_8	0.000000	0.000000
X8_9	0.000000	3.000000
X8_10	0.000000	3.000000
X8_11	0.000000	2.000000
X8_12	0.000000	5.000000
X9_1	0.000000	2.000000
X9_2	0.000000	4.000000
X9_3	0.000000	4.000000
X9_4	0.000000	5.000000
X9_5	0.000000	2.000000
X9_6	0.000000	4.000000
X9_7	0.000000	4.000000
X9_8	0.000000	4.000000
X9_9	0.000000	0.000000
X9_10	0.000000	2.000000
X9_11	0.000000	3.000000
X9_12	0.000000	5.000000
X10_1	0.000000	2.000000
X10_2	0.000000	2.000000

X10_3	0.000000	2.000000
X10_4	0.000000	3.000000
X10_5	0.000000	2.000000
X10_6	0.000000	2.000000
X10_7	0.000000	2.000000
X10_8	0.000000	3.000000
X10_9	0.000000	0.000000
X10_10	0.000000	0.000000
X10_11	0.000000	1.000000
X10_12	0.000000	3.000000
X11_1	0.000000	3.000000
X11_2	0.000000	3.000000
X11_3	0.000000	1.000000
X11_4	0.000000	2.000000
X11_5	0.000000	3.000000
X11_6	0.000000	3.000000
X11_7	0.000000	1.000000
X11_8	0.000000	2.000000
X11_9	0.000000	1.000000
X11_10	0.000000	1.000000
X11_11	0.000000	0.000000
X11_12	0.000000	2.000000
X12_1	0.000000	3.000000
X12_2	0.000000	3.000000
X12_3	0.000000	1.000000
X12_4	253.000000	0.000000
X12_5	0.000000	3.000000
X12_6	0.000000	3.000000
X12_7	0.000000	1.000000
X12_8	501.000000	0.000000
X12_9	0.000000	1.000000
X12_10	0.000000	1.000000
X12_11	663.000000	0.000000
X12_12	637.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	2.000000
3)	0.000000	1.000000
4)	0.000000	2.000000
5)	0.000000	2.000000
6)	0.000000	1.000000
7)	2539.000000	0.000000
8)	0.000000	1.000000
9)	0.000000	1.000000
10)	0.000000	2.000000
11)	0.000000	1.000000
12)	0.000000	1.000000

13)	2946.000000	0.000000
14)	0.000000	-3.000000
15)	0.000000	-2.000000
16)	0.000000	-3.000000
17)	0.000000	-3.000000
18)	0.000000	-2.000000
19)	0.000000	-1.000000
20)	0.000000	-2.000000
21)	0.000000	-2.000000
22)	0.000000	-3.000000
23)	0.000000	-2.000000
24)	0.000000	-2.000000
25)	0.000000	-1.000000
26)	0.000000	2.000000

NO. ITERATIONS= 7113  
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

---

**Pour Installer 3 Ecopoints: k=3**

Min

30000Y1+30000Y2+30000Y3+30000Y4+30000Y5+30000Y6+30000Y7+30000Y8  
 +30000Y9+30000Y10+30000Y11+30000Y12+1X1\_1+2X1\_2+3X1\_3+4X1\_4+2X1\_5  
 +3X1\_6+4X1\_7+5X1\_8+3X1\_9+4X1\_10+5X1\_11+6X1\_12+2X2\_1+1X2\_2+2X2\_3+3X  
 2\_4+3X2\_5+2X2\_6+3X2\_7+4X2\_8+4X2\_9+3X2\_10+4X2\_11+5X2\_12+3X3\_1+2X3\_2+  
 1X3\_3+2X3\_4+4X3\_5+3X3\_6+2X3\_7+3X3\_8+5X3\_9+4X3\_10+3X3\_11+4X3\_12+4X4\_  
 1+3X4\_2+2X4\_3+1X4\_4+5X4\_5+4X4\_6+3X4\_7+2X4\_8+6X4\_9+5X4\_10+4X4\_11+3X  
 4\_12+2X5\_1+3X5\_2+4X5\_3+5X5\_4+1X5\_5+2X5\_6+3X5\_7+4X5\_8+2X5\_9+3X5\_10+4  
 X5\_11+5X5\_12+3X6\_1+2X6\_2+3X6\_3+4X6\_4+2X6\_5+1X6\_6+2X6\_7+3X6\_8+3X6\_9+  
 2X6\_10+3X6\_11+4X6\_12+4X7\_1+3X7\_2+2X7\_3+3X7\_4+3X7\_5+2X7\_6+1X7\_7+2X7\_  
 8+4X7\_9+3X7\_10+2X7\_11+3X7\_12+5X8\_1+4X8\_2+3X8\_3+2X8\_4+4X8\_5+3X8\_6+2  
 X8\_7+1X8\_8+5X8\_9+4X8\_10+3X8\_11+5X8\_12+3X9\_1+4X9\_2+5X9\_3+6X9\_4+2X9\_5  
 +3X9\_6+4X9\_7+4X9\_8+1X9\_9+2X9\_10+3X9\_11+4X9\_12+4X10\_1+3X10\_2+4X10\_3  
 +5X10\_4+3X10\_5+2X10\_6+3X10\_7+4X10\_8+2X10\_9+1X10\_10+2X10\_11+3X10\_12  
 +5X11\_1+4X11\_2+3X11\_3+4X11\_4+4X11\_5+3X11\_6+2X11\_7+3X11\_8+3X11\_9+2X  
 11\_10+1X11\_11+2X11\_12+6X12\_1+5X12\_2+4X12\_3+3X12\_4+5X12\_5+4X12\_6+3X  
 12\_7+2X12\_8+4X12\_9+3X12\_10+2X12\_11+1X12\_12

ST

X1\_1+X1\_2+X1\_3+X1\_4+X1\_5+X1\_6+X1\_7+X1\_8+X1\_9+X1\_10+X1\_11+X1\_12-  
 500000Y1<=0  
 X2\_1+X2\_2+X2\_3+X2\_4+X2\_5+X2\_6+X2\_7+X2\_8+X2\_9+X2\_10+X2\_11+X2\_12-  
 500000Y2<=0  
 X3\_1+X3\_2+X3\_3+X3\_4+X3\_5+X3\_6+X3\_7+X3\_8+X3\_9+X3\_10+X3\_11+X3\_12-  
 500000Y3<=0  
 X4\_1+X4\_2+X4\_3+X4\_4+X4\_5+X4\_6+X4\_7+X4\_8+X4\_9+X4\_10+X4\_11+X4\_12-  
 500000Y4<=0  
 X5\_1+X5\_2+X5\_3+X5\_4+X5\_5+X5\_6+X5\_7+X5\_8+X5\_9+X5\_10+X5\_11+X5\_12-  
 500000Y5<=0

$X6_1+X6_2+X6_3+X6_4+X6_5+X6_6+X6_7+X6_8+X6_9+X6_{10}+X6_{11}+X6_{12}-500000Y6 \leq 0$   
 $X7_1+X7_2+X7_3+X7_4+X7_5+X7_6+X7_7+X7_8+X7_9+X7_{10}+X7_{11}+X7_{12}-500000Y7 \leq 0$   
 $X8_1+X8_2+X8_3+X8_4+X8_5+X8_6+X8_7+X8_8+X8_9+X8_{10}+X8_{11}+X8_{12}-500000Y8 \leq 0$   
 $X9_1+X9_2+X9_3+X9_4+X9_5+X9_6+X9_7+X9_8+X9_9+X9_{10}+X9_{11}+X9_{12}-500000Y9 \leq 0$   
 $X10_1+X10_2+X10_3+X10_4+X10_5+X10_6+X10_7+X10_8+X10_9+X10_{10}+X10_{11}+X10_{12}-500000Y10 \leq 0$   
 $X11_1+X11_2+X11_3+X11_4+X11_5+X11_6+X11_7+X11_8+X11_9+X11_{10}+X11_{11}+X11_{12}-500000Y11 \leq 0$   
 $X12_1+X12_2+X12_3+X12_4+X12_5+X12_6+X12_7+X12_8+X12_9+X12_{10}+X12_{11}+X12_{12}-500000Y12 \leq 0$   
 $X1_1+X2_1+X3_1+X4_1+X5_1+X6_1+X7_1+X8_1+X9_1+X10_1+X11_1+X12_1=96$   
 $X1_2+X2_2+X3_2+X4_2+X5_2+X6_2+X7_2+X8_2+X9_2+X10_2+X11_2+X12_2=118$   
 $X1_3+X2_3+X3_3+X4_3+X5_3+X6_3+X7_3+X8_3+X9_3+X10_3+X11_3+X12_3=154$   
 $X1_4+X2_4+X3_4+X4_4+X5_4+X6_4+X7_4+X8_4+X9_4+X10_4+X11_4+X12_4=253$   
 $X1_5+X2_5+X3_5+X4_5+X5_5+X6_5+X7_5+X8_5+X9_5+X10_5+X11_5+X12_5=301$   
 $X1_6+X2_6+X3_6+X4_6+X5_6+X6_6+X7_6+X8_6+X9_6+X10_6+X11_6+X12_6=436$   
 $X1_7+X2_7+X3_7+X4_7+X5_7+X6_7+X7_7+X8_7+X9_7+X10_7+X11_7+X12_7=248$   
 $X1_8+X2_8+X3_8+X4_8+X5_8+X6_8+X7_8+X8_8+X9_8+X10_8+X11_8+X12_8=501$   
 $X1_9+X2_9+X3_9+X4_9+X5_9+X6_9+X7_9+X8_9+X9_9+X10_9+X11_9+X12_9=432$   
 $X1_{10}+X2_{10}+X3_{10}+X4_{10}+X5_{10}+X6_{10}+X7_{10}+X8_{10}+X9_{10}+X10_{10}+X11_{10}+X12_{10}=676$   
 $X1_{11}+X2_{11}+X3_{11}+X4_{11}+X5_{11}+X6_{11}+X7_{11}+X8_{11}+X9_{11}+X10_{11}+X11_{11}+X12_{11}=663$   
 $X1_{12}+X2_{12}+X3_{12}+X4_{12}+X5_{12}+X6_{12}+X7_{12}+X8_{12}+X9_{12}+X10_{12}+X11_{12}+X12_{12}=637$   
 $Y1+Y2+Y3+Y4+Y5+Y6+Y7+Y8+Y9+Y10+Y11+Y12=3$

END  
INT Y1  
INT Y2  
INT Y3  
INT Y4  
INT Y5  
INT Y6  
INT Y7  
INT Y8  
INT Y9  
INT Y10  
INT Y11  
INT Y12

---

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 27  
OBJECTIVE VALUE = 94515.0000

NEW INTEGER SOLUTION OF 97784.0000 AT BRANCH 0 PIVOT 283  
 BOUND ON OPTIMUM: 97784.00  
 ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 283

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND  
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 97784.00

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
Y1	0.000000	-970000.000000
Y2	0.000000	-470000.000000
Y3	0.000000	-970000.000000
Y4	0.000000	-970000.000000
Y5	0.000000	-470000.000000
Y6	1.000000	30000.000000
Y7	0.000000	-470000.000000
Y8	0.000000	-470000.000000
Y9	0.000000	-470000.000000
Y10	1.000000	30000.000000
Y11	0.000000	-470000.000000
Y12	1.000000	30000.000000
X1_1	0.000000	0.000000
X1_2	0.000000	2.000000
X1_3	0.000000	2.000000
X1_4	0.000000	3.000000
X1_5	0.000000	2.000000
X1_6	0.000000	4.000000
X1_7	0.000000	4.000000
X1_8	0.000000	5.000000
X1_9	0.000000	3.000000
X1_10	0.000000	5.000000
X1_11	0.000000	5.000000
X1_12	0.000000	7.000000
X2_1	0.000000	0.000000
X2_2	0.000000	0.000000
X2_3	0.000000	0.000000
X2_4	0.000000	1.000000
X2_5	0.000000	2.000000
X2_6	0.000000	2.000000
X2_7	0.000000	2.000000
X2_8	0.000000	3.000000
X2_9	0.000000	3.000000
X2_10	0.000000	3.000000

Installé sur le Quartier 06 !

Installé sur le Quartier 10 !

Installé sur le Quartier 12 !

X2_11	0.000000	3.000000
X2_12	0.000000	5.000000
X3_1	0.000000	2.000000
X3_2	0.000000	2.000000
X3_3	0.000000	0.000000
X3_4	0.000000	1.000000
X3_5	0.000000	4.000000
X3_6	0.000000	4.000000
X3_7	0.000000	2.000000
X3_8	0.000000	3.000000
X3_9	0.000000	5.000000
X3_10	0.000000	5.000000
X3_11	0.000000	3.000000
X3_12	0.000000	5.000000
X4_1	0.000000	3.000000
X4_2	0.000000	3.000000
X4_3	0.000000	1.000000
X4_4	0.000000	0.000000
X4_5	0.000000	5.000000
X4_6	0.000000	5.000000
X4_7	0.000000	3.000000
X4_8	0.000000	2.000000
X4_9	0.000000	6.000000
X4_10	0.000000	6.000000
X4_11	0.000000	4.000000
X4_12	0.000000	4.000000
X5_1	0.000000	0.000000
X5_2	0.000000	2.000000
X5_3	0.000000	2.000000
X5_4	0.000000	3.000000
X5_5	0.000000	0.000000
X5_6	0.000000	2.000000
X5_7	0.000000	2.000000
X5_8	0.000000	3.000000
X5_9	0.000000	1.000000
X5_10	0.000000	3.000000
X5_11	0.000000	3.000000
X5_12	0.000000	5.000000
X6_1	96.000000	0.000000
X6_2	118.000000	0.000000
X6_3	154.000000	0.000000
X6_4	0.000000	1.000000
X6_5	301.000000	0.000000
X6_6	436.000000	0.000000
X6_7	248.000000	0.000000
X6_8	0.000000	1.000000
X6_9	0.000000	1.000000
X6_10	0.000000	1.000000

X6_11	0.000000	1.000000
X6_12	0.000000	3.000000
X7_1	0.000000	2.000000
X7_2	0.000000	2.000000
X7_3	0.000000	0.000000
X7_4	0.000000	1.000000
X7_5	0.000000	2.000000
X7_6	0.000000	2.000000
X7_7	0.000000	0.000000
X7_8	0.000000	1.000000
X7_9	0.000000	3.000000
X7_10	0.000000	3.000000
X7_11	0.000000	1.000000
X7_12	0.000000	3.000000
X8_1	0.000000	3.000000
X8_2	0.000000	3.000000
X8_3	0.000000	1.000000
X8_4	0.000000	0.000000
X8_5	0.000000	3.000000
X8_6	0.000000	3.000000
X8_7	0.000000	1.000000
X8_8	0.000000	0.000000
X8_9	0.000000	4.000000
X8_10	0.000000	4.000000
X8_11	0.000000	2.000000
X8_12	0.000000	5.000000
X9_1	0.000000	1.000000
X9_2	0.000000	3.000000
X9_3	0.000000	3.000000
X9_4	0.000000	4.000000
X9_5	0.000000	1.000000
X9_6	0.000000	3.000000
X9_7	0.000000	3.000000
X9_8	0.000000	3.000000
X9_9	0.000000	0.000000
X9_10	0.000000	2.000000
X9_11	0.000000	2.000000
X9_12	0.000000	4.000000
X10_1	0.000000	1.000000
X10_2	0.000000	1.000000
X10_3	0.000000	1.000000
X10_4	0.000000	2.000000
X10_5	0.000000	1.000000
X10_6	0.000000	1.000000
X10_7	0.000000	1.000000
X10_8	0.000000	2.000000
X10_9	432.000000	0.000000
X10_10	676.000000	0.000000

X10_11	0.000000	0.000000
X10_12	0.000000	2.000000
X11_1	0.000000	3.000000
X11_2	0.000000	3.000000
X11_3	0.000000	1.000000
X11_4	0.000000	2.000000
X11_5	0.000000	3.000000
X11_6	0.000000	3.000000
X11_7	0.000000	1.000000
X11_8	0.000000	2.000000
X11_9	0.000000	2.000000
X11_10	0.000000	2.000000
X11_11	0.000000	0.000000
X11_12	0.000000	2.000000
X12_1	0.000000	3.000000
X12_2	0.000000	3.000000
X12_3	0.000000	1.000000
X12_4	253.000000	0.000000
X12_5	0.000000	3.000000
X12_6	0.000000	3.000000
X12_7	0.000000	1.000000
X12_8	501.000000	0.000000
X12_9	0.000000	2.000000
X12_10	0.000000	2.000000
X12_11	663.000000	0.000000
X12_12	637.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	2.000000
3)	0.000000	1.000000
4)	0.000000	2.000000
5)	0.000000	2.000000
6)	0.000000	1.000000
7)	498647.000000	0.000000
8)	0.000000	1.000000
9)	0.000000	1.000000
10)	0.000000	1.000000
11)	498892.000000	0.000000
12)	0.000000	1.000000
13)	497946.000000	0.000000
14)	0.000000	-3.000000
15)	0.000000	-2.000000
16)	0.000000	-3.000000
17)	0.000000	-3.000000
18)	0.000000	-2.000000
19)	0.000000	-1.000000
20)	0.000000	-2.000000

21)	0.000000	-2.000000
22)	0.000000	-2.000000
23)	0.000000	-1.000000
24)	0.000000	-2.000000
25)	0.000000	-1.000000
26)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 305

BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

