

LES CONFIGURATIONS A LOCALISATION DEGRADEE

- III. 1. Configurations AAA, un produit, localisation dégradée.....
- III. 2. Configurations AAA, 4 produits, localisation dégradée.....
- III. 3. Configurations à efficacité homogène, quatre produits, localisation dégradée.....

III. 1. Configurations AAA, un produit, localisation dégradée

Les 22 configurations à localisation dégradée que nous étudions à présent sont les suivantes :

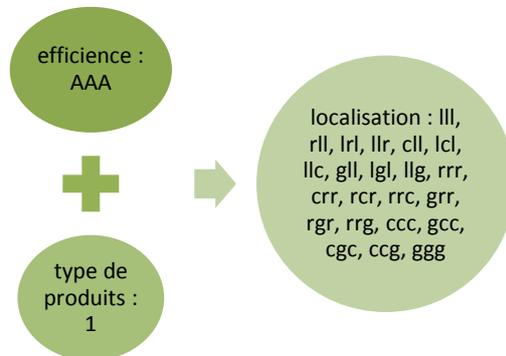


Figure 62 : Dégradation des localisations

Nous effectuons une analyse en composantes principales sur les quatre critères suivants: émissions dues au stockage et au transport, nombre de produits stockés, nombre de kilomètres.

La variance est expliquée ci -dessous :

	f1	f2	f3	f4
Valeur propre	2,934	1,013	0,052	0,000
% expliqué	91.60%	8.17%	0.23%	0,000%
% cumulé	91.60%	99.77%	100,000%	100,000%

Tableau 36 : Valeurs propres

Nous considérons d'après les trois critères de l'analyse que les deux premières valeurs propres sont suffisantes. Les contributions aux deux axes sont les suivantes :

	Axe 1 (+91.60%)	Axe 2 (+8.17%)
CONTRIBUTIONS POSITIVES	émissions dues au transport	+27,0%
	émission dues au stockage	+26,0%
CONTRIBUTIONS NEGATIVES		nombre de produits stockés
		émission dues au stockage

Tableau 37: Contributions aux axes

Le premier axe représente les émissions donc les critères environnementaux et l'axe 2 oppose les critères financiers. Sur ces deux axes, les projections sont les suivantes :

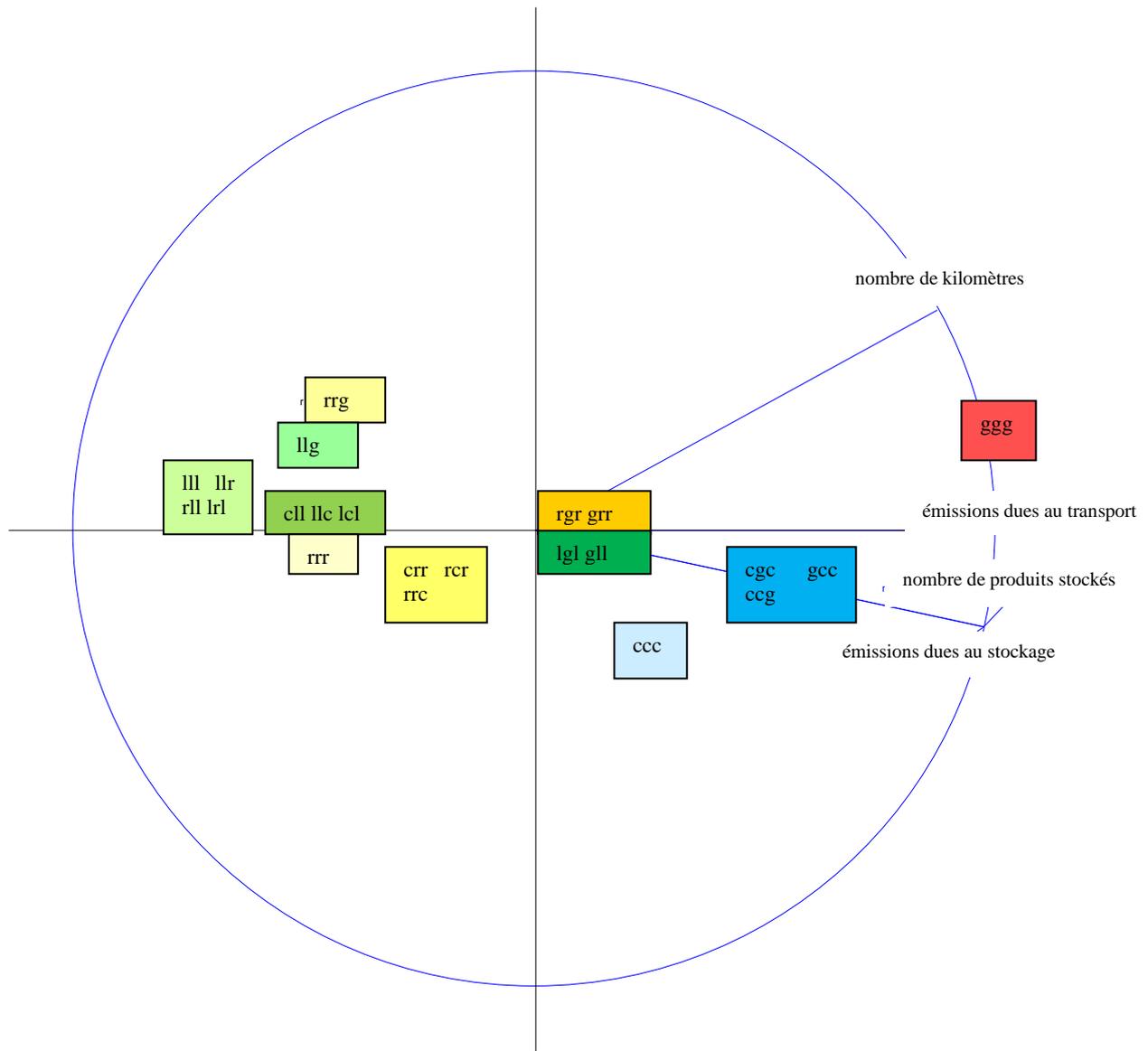


Figure 63: Représentation des 22 configurations sur les axes 1 et 2

Sur la figure 63, nous confirmons que les configurations en lll et ses dégradations avec une localisation r émettent moins que les autres configurations. De même, la configuration globale est celle qui émet le plus.

Par contre, les autres classes méritent des explications car les résultats ne sont pas forcément triviaux. Les configurations dégradées en c de lll sont équivalentes à une configuration entièrement régionale. Si, nous nous intéressons aux configurations continentales, nous voyons que dès que celle-ci est dégradée avec une localisation globale le nombre de kilomètres et les émissions augmentent quelle que soit la place de la dégradation de même la configuration régionale et ses dégradations avec une configuration continentale. Les dégradations des configurations locale et régionale avec une configuration globale apportent une information intéressante : les configurations où la localisation globale est en position finale sont moins émettrices que les configurations où cette localisation est en amont.

en tonne équivalent CO₂

CLASSIFICATION	émission dues au stockage	émissions dues au transport	nombre de km	nombre de produits stockés
rrg llg	19,16	606,00	28867835,00	1485,00
grg grr lgl gll	21,75	3796,00	34620397,50	1685,25
cll llc lcl rrr	20,04	1092,25	6318787,50	1553,75
lll llr rll lrl	18,88	47,50	1840347,50	1463,00
ggg	24,57	7379,00	92113600,00	1904,00
cgc gcc ccg	23,75	5187,67	42784853,33	1840,33
crr rcr rrc	20,89	1427,67	9879180,00	1619,33
ccc	23,05	4101,00	18393280,00	1786,00

Tableau 38: Classification des 22 configurations par ACP

Nous réalisons un focus sur ces configurations à la figure 64, zoom de la figure 63. Nous voyons alors nettement d'après le tableau 38 que les configurations ayant un g en dernière position émettent environ 6 fois moins que les mêmes configurations ayant un g positionné en première ou deuxième position. De même, leur nombre de kilomètres est moindre. Nous pouvons l'expliquer de la manière suivante. Nous avons paramétré notre modèle pour un taux de service de 100%. Les stocks et les niveaux de sécurité de ceux-ci sont paramétrés en conséquence. Lorsque la localisation globale se situe en première ou seconde position, les transports express, plus émetteurs que les transports classiques, se déclenchent pour livrer la dernière entreprise afin que celle-ci puisse livrer à l'heure le client final. Lorsque le client final se situe très loin de la dernière entreprise, nous pouvons émettre l'hypothèse suivante. S'il y a rebuts, les commandes de produits se répercutent sur les entreprises précédentes. Celles-ci sont susceptibles d'accuser des retards. Si leur localisation n'est pas continentale ou globale, il n'y a pas de transports express. Les stocks de la dernière entreprise en localisation globale sont quant à eux dimensionnés pour assurer un taux de service de 100%. Si quelques transports express peuvent se déclencher, ils sont cependant marginaux. D'autres hypothèses de départ auraient pu être choisies et feront l'objet d'un développement dans les perspectives de recherches.

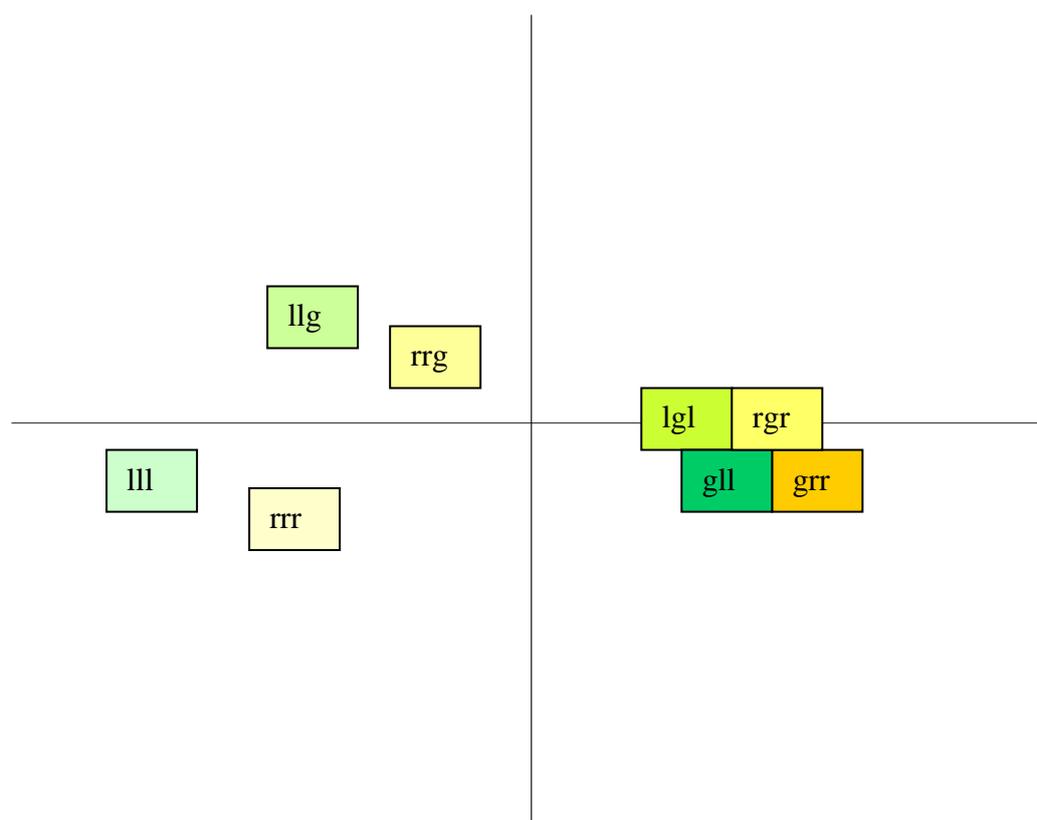


Figure 64 : Zoom sur 8 configurations sur les axes 1 et 3

Nous élargissons ces 22 configurations aux quatre produits possibles.

III. 2. Configurations AAA, 4 produits, localisation dégradée

Nous reprenons donc les 22 configurations précédentes en les appliquant aux quatre types de produits. Si nous effectuons une classification par analyse des composantes principales, nous obtenons les résultats suivants (tableaux 39 à 41 et figure 65). Nous concluons que les deux premières valeurs propres, d'après les trois critères nécessaires et suffisants (variance, scree test, test de Kaiser), sont assez représentatives comme l'indique le tableau 39.

	f1	f2	f3	f4
Valeur propre	2,035	1,323	0,530	0,112
% expliqué	50,860%	33,05%	13,25%	2,84%
% cumulé	50,860%	83,91%	97,16%	100,00%

Tableau 39 : Valeurs propres

Nous gardons ainsi deux axes dont les contributions sont les suivantes :

Evaluation des impacts simultanés de la localisation, de l'efficacité et du type de produits fabriqués sur les performances environnementales et financières d'une chaîne logistique

	Axe 1 (+50.86%)		Axe 2 (+33.05%)	
CONTRIBUTIONS POSITIVES	nombre de produits stockés	+35,0%	nombre de km	+56,0%
	émissions dues au stockage	+33,0%	nombre de produits stockés	+12,0%
CONTRIBUTIONS NEGATIVES			émissions dues au transport	-17,0%
			émissions dues au stockage	-14,0%

Tableau 40 : Contributions aux axes

L'axe 1 caractérise le stockage tandis que l'axe 2 oppose les facteurs financiers aux facteurs environnementaux. Après projection sur ces axes, nous répartissons les 88 configurations entre cinq classes. Le tableau 41 indique leurs caractéristiques :

CLASSIFICATION	en tonne équivalent CO ₂		nombre de km	nombre de produits stockés
	émissions dues au stockage	émissions dues au transport		
produits 1+2 dégradation en c de III-rrr	10,21	618,00	7844670,00	1581,86
produits 1+2 ccc, produits 3+4	1930,06	16903,59	18393280,00	1786,00
produits 1+2 ggg	12,29	3689,50	92113600,00	1904,00
produits 1+2 dégradation en r de III	9,48	27,30	2250590,00	1469,60
produits 1+2 dégradation en g de III-rrr-ccc	11,13	1928,81	37189631,25	1724,88

Tableau 41 : Classification des 88 configurations par ACP

Nous représentons ces cinq classes sur la figure 65. Nous constatons que le type de produits est très influent. Les produits 1 et 2 sont dans les mêmes classes. Puis plus la dégradation est forte plus les classes se translatent vers le haut et la droite. Les résultats des émissions des produits 3 et 4 sont très importants et prennent le dessus par rapport aux autres facteurs. Un point est à noter : la présence dans la même classe des produits 1 et 2 en configuration ccc et des produits 3 et 4. Nous pouvons expliquer ce point par le nombre de kilomètres parcourus en camion et non en bateau comme dans la configuration ggg. En effet, le bateau émet du CO₂ en quantité moindre par rapport au camion. Le type de produits ne compense pas cette différence. Par exemple, une configuration cgc avec le produit 1 émettra donc moins en terme d'émissions dues au transport qu'une configuration ccc. En simplifiant, nous aurions 8000 kilomètres multipliés par un facteur d'émissions de 3.57 soit 28 560 contre 1600 kilomètres par 74.90 soit 119 840.

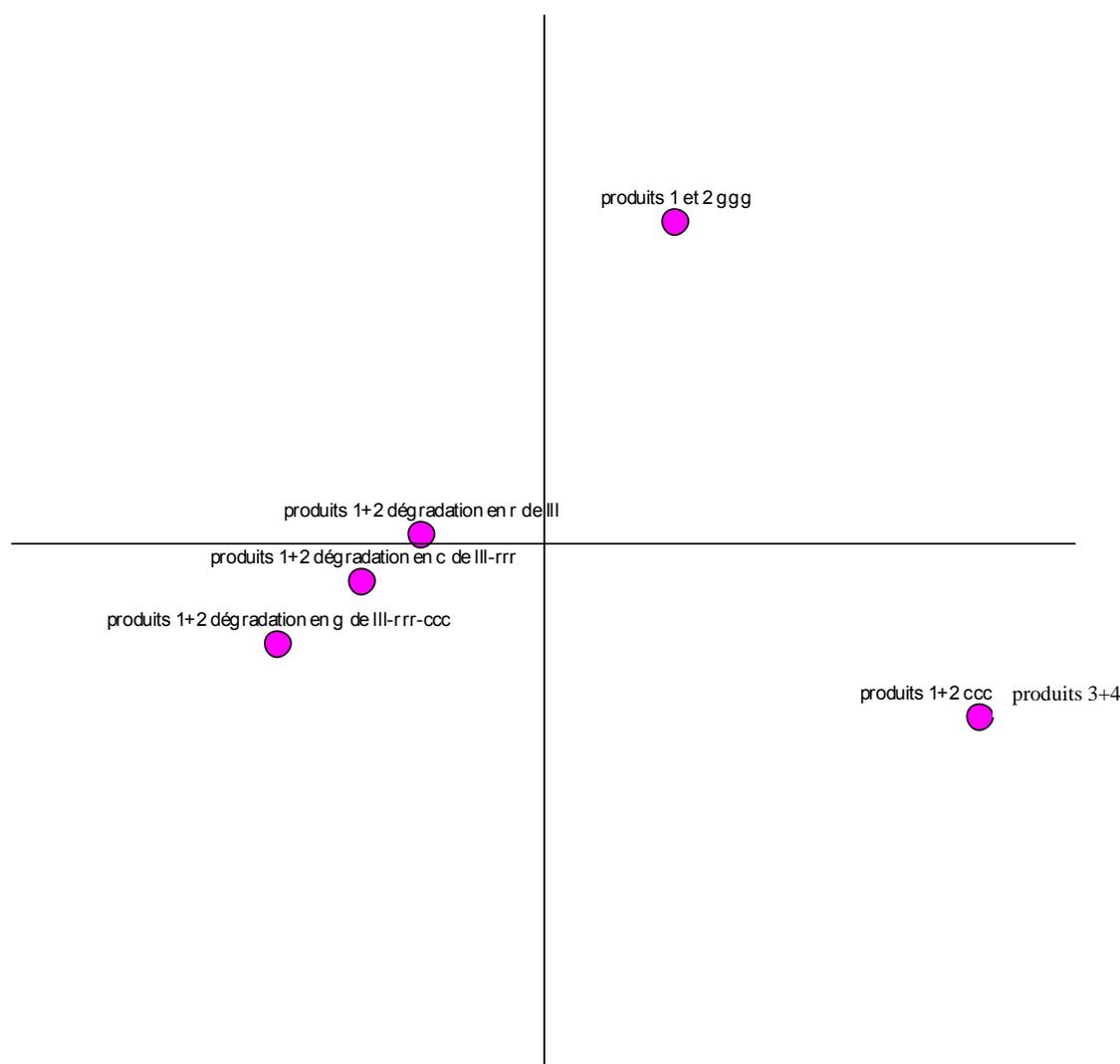


Figure 65 : Représentation des 88 configurations

Nous avons étudié l'influence des produits dans les résultats des configurations à localisation dégradée. Nous allons à présent étudier l'influence de l'efficacité.

III. 3. Configurations à efficacité homogène, quatre produits, localisation dégradée

Nous traitons les 352 simulations avec une classification hiérarchique sur les quatre critères quantitatifs suivants : émissions dues au transport et au stockage, nombre de kilomètres et nombre de produits stockés. Si nous établissons une classification hiérarchique uniquement pour les configurations à efficacité AAA et DDD, nous obtenons cinq classes dont les barycentres sont décrits dans le tableau 42.

Classe	stockage	transport	nombre de km	nombre de produits stockés
1	2455,530	17869,135	18399018,667	1807,831
2	14,796	2275,662	40642240,000	2293,489
3	12,691	431,753	5857898,636	1967,182
4	15,609	3665,546	92536000,000	2419,400
5	12,990	954,131	30176727,500	2013,550

Tableau 42 : Barycentres des 5 classes

La figure 66 représente le dendrogramme des 352 configurations.

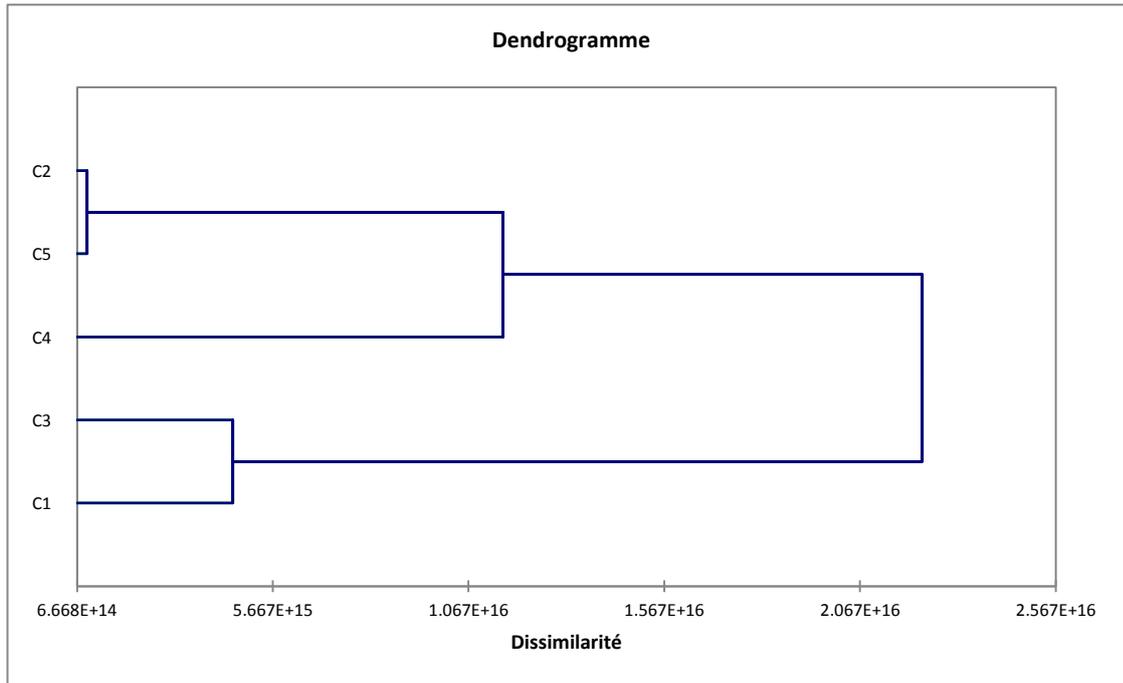


Figure 66 : dendrogramme des 352 configurations

Les classes sont réparties de la manière suivante :

Classe	1	2	3	4	5
	1AAAacc	1AAAaccg	1AAAacl	1AAAagg	1AAAagl
	2AAAacc	2AAAaccg	2AAAacl	2AAAagg	2AAAagl
	3AAAacc	1AAAaccg	1AAAacr	1DDDggg	1AAAigl
	4AAAacc	2AAAaccg	2AAAacr	2DDDggg	2AAAigl
	3AAAaccg	1AAAagr	1AAAicl		1AAAilg
	4AAAaccg	2AAAagr	2AAAicl		2AAAilg
	3AAAaccg	1AAAarg	1AAAilc		1AAAarrg
	4AAAaccg	2AAAarg	2AAAilc		2AAAarrg
	3AAAacl	1DDDccg	1AAAill		1DDDigl
	4AAAacl	2DDDccg	2AAAill		2DDDigl
	3AAAacr	1DDDcgc	1AAAilr		1DDDilg
	4AAAacr	2DDDcgc	2AAAilr		2DDDilg
	3AAAagg	1DDDgcc	1AAAirl		1DDDrrg
	4AAAagg	2DDDgcc	2AAAirl		2DDDrrg
	3AAAagl	1DDDgll	1AAAarc		1DDDrrg

4AAAgll	2DDDgll	2AAArcr	2DDDrrg
3AAAgrr	1DDDgrr	1AAArll	
4AAAgrr	2DDDgrr	2AAArll	
3AAAlcl		1AAArcc	
4AAAlcl		2AAArcc	
3AAAlgl		1AAArrr	
4AAAlgl		2AAArrr	
3AAAlc		1DDDcll	
4AAAlc		2DDDcll	
3AAAlg		1DDDcrr	
4AAAlg		2DDDcrr	
3AAAll		1DDDIcl	
4AAAll		2DDDIcl	
3AAAlr		1DDDIc	
4AAAlr		2DDDIc	
3AAAlrl		1DDDIll	
4AAAlrl		2DDDIll	
3AAArcr		1DDDIlr	
4AAArcr		2DDDIlr	
3AAArgr		1DDDIrl	
4AAArgr		2DDDIrl	
3AAArll		1DDDrcr	
4AAArll		2DDDrcr	
3AAArcc		1DDDrl	
4AAArcc		2DDDrl	
3AAArrg		1DDDrrc	
4AAArrg		2DDDrrc	
3AAArrr		1DDDrrr	
4AAArrr		2DDDrrr	
1DDDccc			
2DDDccc			
3DDDccc			
4DDDccc			
3DDDccg			
4DDDccg			
3DDDcgc			
4DDDcgc			
3DDDcll			
4DDDcll			
3DDDcrr			
4DDDcrr			
3DDDgcc			
4DDDgcc			
3DDDggg			
4DDDggg			
3DDDgll			
4DDDgll			
3DDDgrr			
4DDDgrr			

3DDDIcl
 4DDDIcl
 3DDDIgl
 4DDDIgl
 3DDDIlc
 4DDDIlc
 3DDDIlg
 4DDDIlg
 3DDDIll
 4DDDIll
 3DDDIlr
 4DDDIlr
 3DDDIrl
 4DDDIrl
 3DDDr cr
 4DDDr cr
 3DDDrgr
 4DDDrgr
 3DDDrll
 4DDDrll
 3DDDr rc
 4DDDr rc
 3DDDr rg
 4DDDr rg
 3DDDr rr
 4DDDr rr

Tableau 43 : Classement des 352 configurations

Si nous résumons ce classement, nous obtenons :

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

Tableau 44 : Résumé du classement des 352 configurations

D'après ce tableau, nous tirons les conclusions suivantes :

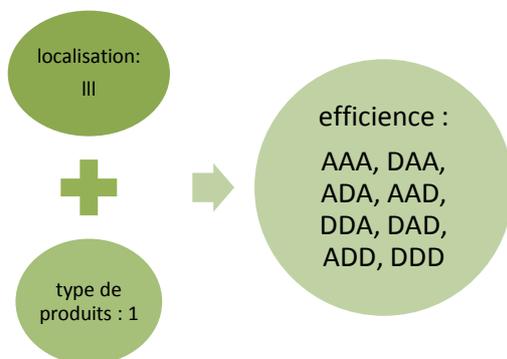
- le produit 4 est celui qui émet le plus d'équivalent CO2 suivi du produit 3. Les produits 1 et 2 sont proches.
- nous nous apercevons que les efficacités ont moins d'influence que les types de produits sur les émissions d'équivalent CO₂.

Chapitre IV CONFIGURATIONS A EFFICACITE DEGRADEE

- III. 1. Configurations AAA, un produit, localisation dégradée
- III. 2. Configurations AAA, 4 produits, localisation dégradée
- III. 3. Configurations à efficacité homogène, quatre produits, localisation dégradée.....

IV. 1. 8 configurations III, produit 1 à efficacité dégradée

Les huit configurations sont dues à l'introduction dans une chaîne AAA d'un maillon dégradé D, puis de deux maillons dégradés DD, puis de trois DDD :



Les résultats de la classification par la méthode des centres mobiles sont donnés au tableau 45 et à la figure 67 selon :

- les émissions dues au stockage en tonnes équivalent CO₂
- les émissions dues au transport en tonnes équivalent CO₂.

en tonne équivalent CO ₂		
CLASSIFICATION	émission dues au stockage	émissions dues au transport
DDA	26.39	21.00
AAA	18.49	23.00
ADD	21.86	20.00
DDD	28.77	22.00
AAD+DAD	20.18	25.00
ADA	21.87	22.00
DAA	22.57	22.00
TOTAL	22.54	22.50

Tableau 45 : Classification des 8 configurations

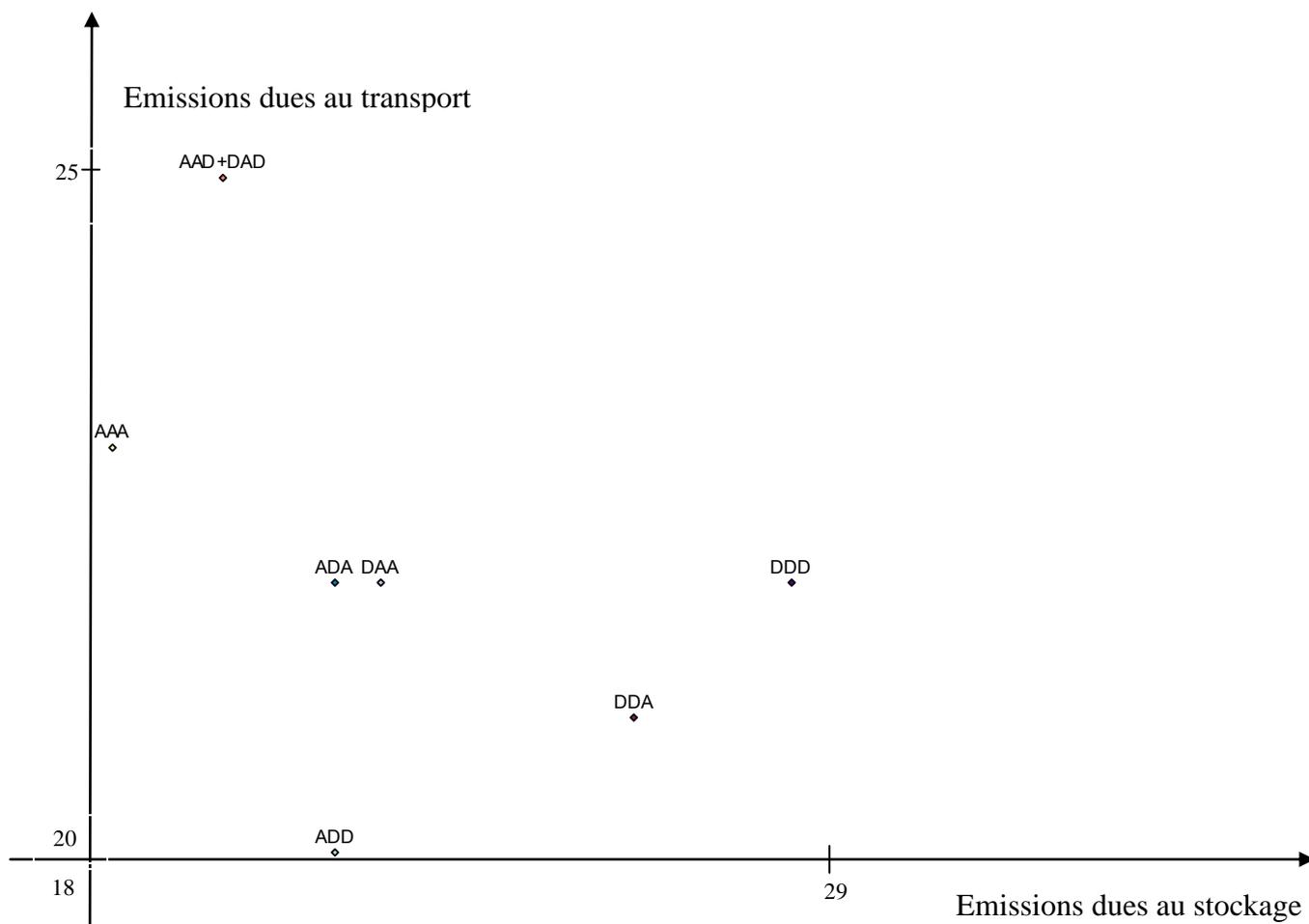


Figure 67 : Représentation graphique des 8 configurations

Sur la figure 67, la représentation des 8 configurations permet de conclure que, dès l'introduction d'un maillon dégradée, les émissions dues au stockage augmentent. Par contre, les conclusions sur les émissions dues au transport sont plus nuancées tout en ayant des écarts très faibles. Lorsque nous introduisons un maillon D dans la chaîne, cette introduction engendre une hausse des émissions dues au stockage. C'est un résultat logique puisque les stocks sont dimensionnés pour palier cette dégradation. Par contre, pour les émissions dues au transport, les écarts sont faibles et aucune conclusion n'est pertinente.

IV. 2. 32 configurations III, 4 produits, à efficacité dégradée

Nous reprenons les huit configurations ci-dessus mais en les étendant aux quatre types de produits. Une analyse en composantes principales selon les trois critères suivants a été réalisée : émissions dues au transport, émissions dues au stockage, m² de stockage. Nous n'avons pas utilisé le critère des nombres de kilomètres. Il ne nous a pas semblé pertinent puisque nous sommes toujours en configuration III. Nous avons gardé le niveau de stock car il reste un indicateur financier fort. Les résultats traités comme au chapitre précédent sont donnés aux tableaux et figure suivants :

Evaluation des impacts simultanés de la localisation, de l'efficacité et du type de produits fabriqués sur les performances environnementales et financières d'une chaîne logistique

	Axe 1 (+61.87%)	Axe 2 (+33.31%)
CONTRIBUTIONS POSITIVES	émission dues au stockage +49.0%	nombre de produits stockés +99.0%
	émissions dues au transport +49.0%	
CONTRIBUTIONS NEGATIVES		

Tableau 46 : Contributions aux axes des 32 configurations à efficacité dégradée

CLASSIFICATION	en tonne équivalent CO ₂		
	émission dues au stockage	émissions dues au transport	nombre de produits stockés
produits 1 et 2 ADA+DAA+ADD	11.05	10.67	1712.67
produit 4	2660.04	333.13	1797.38
produit 3	1657.61	35.75	1797.38
produits 1 et 2 DDD+DDA	13.79	10.75	2137.50
produits 1 et 2 AAD+DAD+AAA	9.81	12.17	1520.33
TOTAL	1085.05	97.84	1772.06

Tableau 47 : Classification des 32 configurations

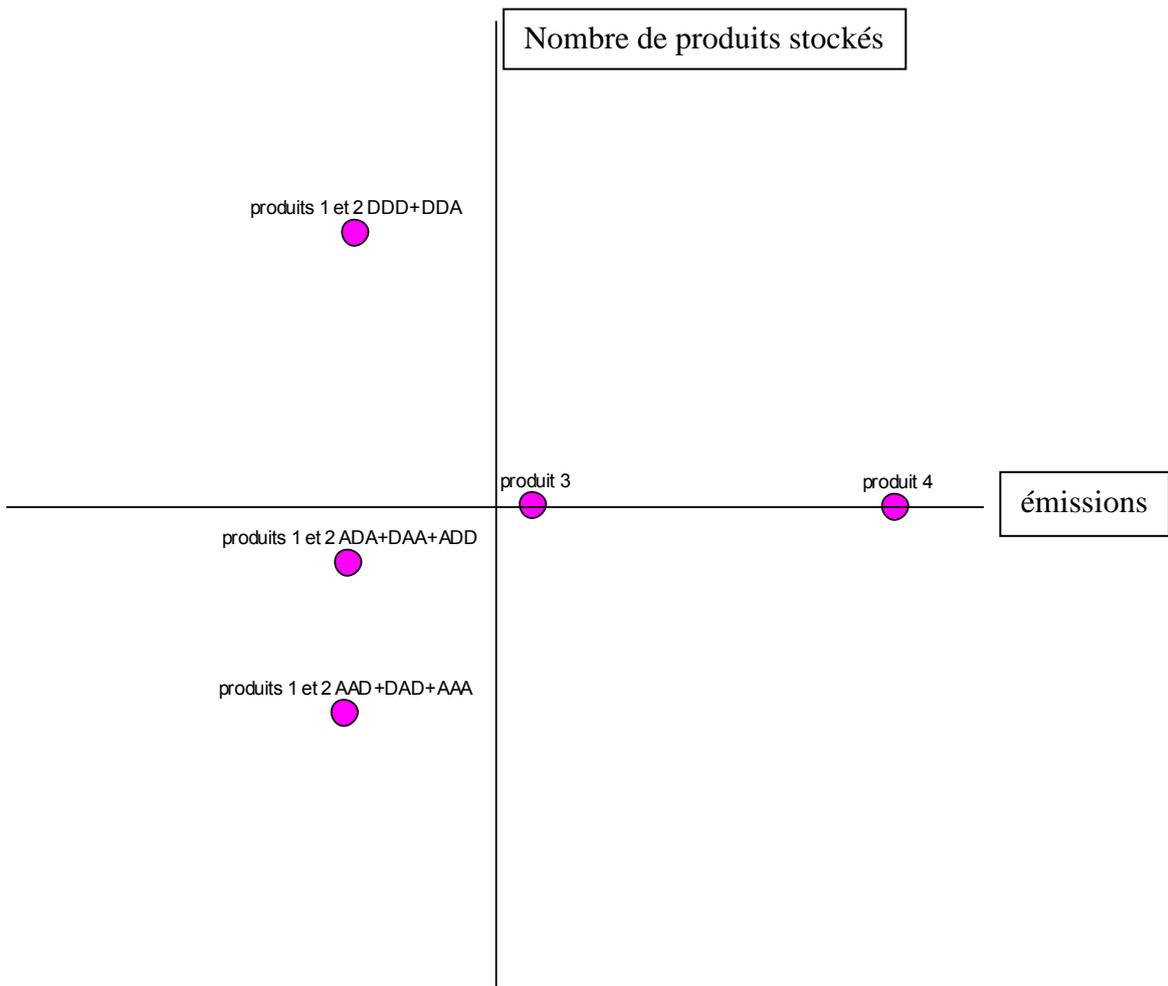


Figure 68 : Représentation des 32 configurations à efficacité dégradée

Nous notons comme au chapitre précédent l'importance du type de produit. Les deux premiers se classent dans la même catégorie. Sur la figure ci-dessus, nous remarquons

essentiellement le comportement des configurations DDD et DDA. Pour un même type de produits, elles émettent légèrement plus et surtout ont un niveau de stockage bien plus élevé.

IV. 3. 128 configurations à localisations homogènes, 4 produits et à efficacité dégradée

L'étude est encore étendue aux quatre localisations homogènes : III, rrr, ccc et ggg. Nous menons la même analyse en composantes principales que décrite ci-dessus mais nous ajoutons le critère nombre de kilomètres. Les résultats sont réunis dans les deux tableaux et la figure ci-dessous.

	Axe 1 (+38.99%)		Axe 2 (+36.41%)	
CONTRIBUTIONS POSITIVES	émission dues au stockage	+49.0%	nombre de km	+47.0%
	émissions dues au transport	+43.0%	nbre de produits stockés	+43.0%
CONTRIBUTIONS NEGATIVES	nbre de produits stockés	-4.0%		
	nombre de km	-2.0%		

Tableau 48 : Contributions aux axes de 128 configurations

CLASSIFICATION	en tonne équivalent CO ₂		nombre de km	nbre de produits stockés
	émission dues au stockage	émissions dues au transport		
rrr produits 1 et 2 et produits 3 et 4 AAA-DDD	492.42	245.10	567990.00	1880.00
ccc : produits 1+2+3+4 et III-rr-ggg : produits 3 et 4 autres	1890.17	18697.54	18402851.77	1894.44
ggg : produits 1et 2 AAD-DAD	11.99	5144.50	101606400.00	1859.00
III : produits 1+2 et produits 3+4 AAA-DDD	461.68	45.75	564398.00	1763.70
ggg : produits 1 et 2 DDA-ADD	17.01	3646.00	84770400.00	2635.50
ggg : produits 1+2 AAA-DDD-DAA-ADA et produits 3+4 AAA-DDD	1006.65	21770.83	91638400.00	2381.50
TOTAL	1248.51	12294.23	25167575.63	1939.47

Tableau 49 : Classification des 128 configurations

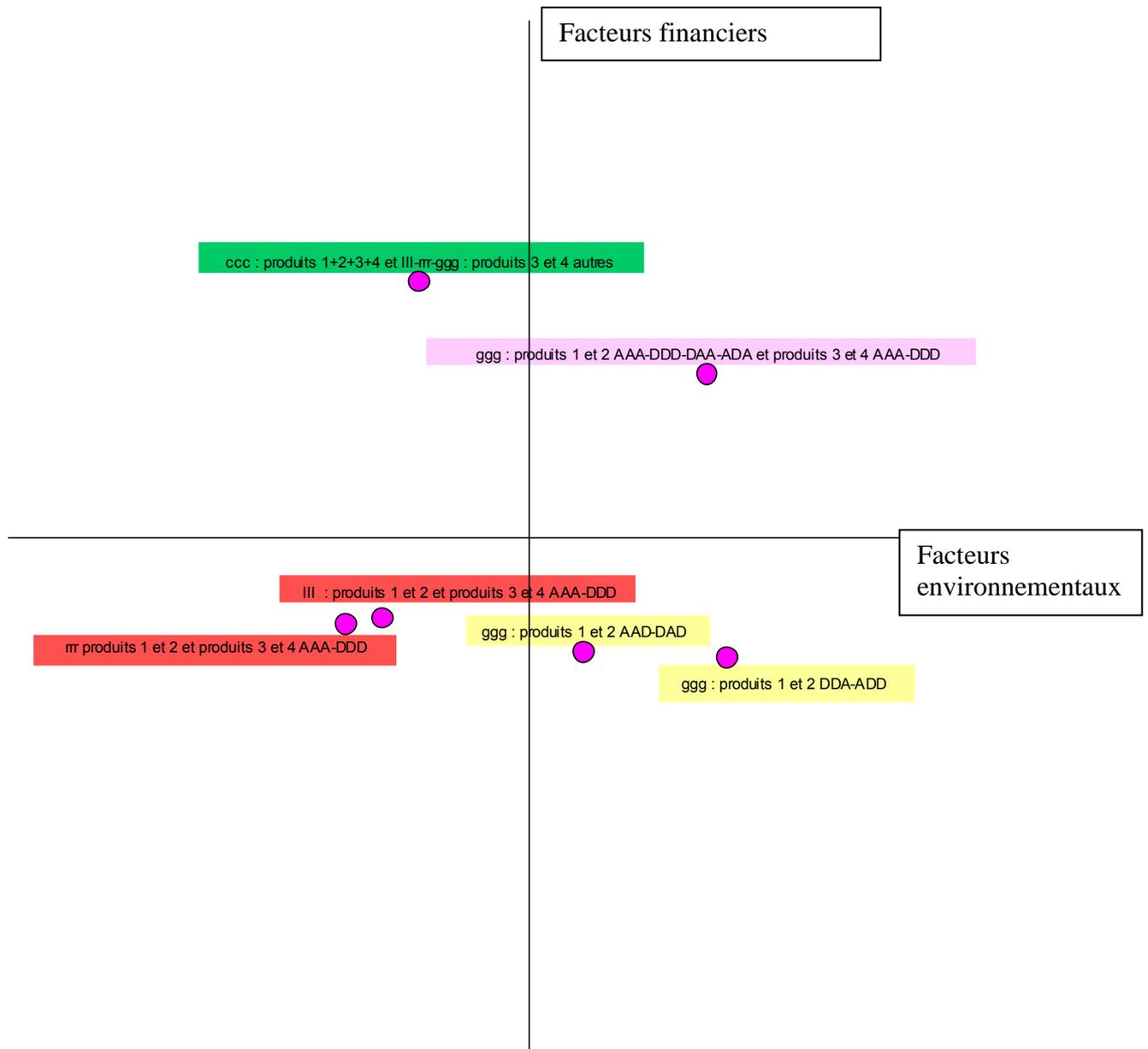


Figure 69 : Représentation des 128 configurations

Nous voyons que les localisations III et rrr forment deux classes bien distinctes : les émissions dues au transport sont multipliées par 5 pour une configuration 3r (en rouge au tableau 49).

L'hétérogénéité de l'efficacité dégrade la performance générale de la chaîne logistique notamment pour les configurations de produits 3 et 4. Les configurations de type III-rrr pour les produits 3 et 4 sont dans la même classe que les produits 1 et 2 si leurs efficacités sont homogènes. Par contre, si leurs efficacités sont hétérogènes, elles sont classées avec les configurations 3c (en vert au tableau 49). Le nombre de kilomètres est alors multiplié par 40 par rapport aux configurations 3l et par 4 par rapport aux configurations 3r. Les stocks sont légèrement plus élevés.

Les configurations ccc et ggg forment d'autres classes.. Trois classes sont définies pour les configurations ggg. Les produits 1 et 2 se classent ensemble (en jaune) pour des configurations hétérogènes. Les produits 3 et 4 en configurations homogènes se classent avec les produits 1 et 2 en configurations soit homogènes soit 2A (en rose).

IV.3.1 Analyse de la variance sur l'efficacité

Si nous menons une analyse de la variance sur l'efficacité avec comme paramètres : émissions dues au stockage, émissions dues au transport, nombre de kilomètres, nombre de produits stockés, nous approfondissons les conclusions précédentes. Le tableau 50 montre que plus la dégradation est en amont plus les émissions dues au stockage et le nombre de produits stockés sont importants a contrario pour les résultats des transports et inversement plus la dégradation est en aval.

efficacité	émissions dues au stockage	émissions dues au transport	nombre de km	nombre de produits stockés
AAA	1036.12	12038.01	29117931.09	1668.00
AAD	1055.89	16422.56	25268490.86	1742.87
DAA	1326.00	9229.96	23493533.83	1960.34
ADA	1167.63	10842.50	23445079.84	1832.82
DDD	1601.41	12311.75	29459041.41	2578.22
ADD	1169.57	11791.36	22306373.59	1834.90
DAD	1055.89	16422.56	25268490.86	1742.87
DDA	1581.18	9255.65	22932566.64	2165.81
TOTAL	1258.01	12297.52	25926147.66	1967.81

Tableau 50 : Résultats de l'analyse de la variance sur l'efficacité avec 2560 configurations

Plus le maillon dégradé est en amont de la chaîne, plus les émissions dues au stockage augmentent. A contrario, plus le maillon est en aval, plus les émissions dues au transport augmentent. Un résultat est plus surprenant. La configuration DDD est la plus émettrice au niveau de stocks mais n'est pas la plus émettrice au niveau du transport. La configuration DDA est très proche de la configuration DDD. Par contre, les deux autres configurations hétérogènes avec deux D sont nettement plus émettrices en termes de transport.

Nous pouvons donc en conclure que plus la chaîne logistique a des maillons à efficacité faible, plus elle a intérêt à être d'efficacité homogènes. Ses résultats environnementaux seront alors meilleurs a contrario de ses résultats financiers en termes notamment de stocks. Ceci peut s'expliquer de la manière suivante : une chaîne logistique à efficacité hétérogènes entraîne plus de transports express car les maillons sont tellement dissemblables qu'ils ne sont pas adaptés les uns aux autres. En effet, les tailles de lots sont différentes selon l'efficacité des entreprises. Par exemple, une entreprise d'efficacité A commande des lots de petite taille à une entreprise d'efficacité D qui travaille sur des tailles de lots plus importantes. Cette dernière va donc regrouper des commandes et pénaliser son client.