



Tests de cohérence pour le développement d'un modèle stratégique de simulation des déplacements

Vincent Lichère

► To cite this version:

Vincent Lichère. Tests de cohérence pour le développement d'un modèle stratégique de simulation des déplacements. 1996. halshs-00849109

HAL Id: halshs-00849109

<https://shs.hal.science/halshs-00849109>

Submitted on 30 Jul 2013

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

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



Ministère
de l'Équipement,
des Transports
et du Tourisme

DRAST

TESTS DE COHÉRENCE POUR LE DÉVELOPPEMENT D'UN MODÈLE STRATÉGIQUE DE SIMULATION DES DÉPLACEMENTS

Rapport final

Décision d'aide à la recherche n° 95 MT 0046

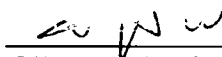
Ce document a été :

Établi par :



Vincent LICHÈRE

Vérifié par :



Gilles AUTUORI

SOMMAIRE

1. RÉSUMÉ	3
2. INTRODUCTION	4
3. LE PROCESSUS DE PAS À PAS	5
3.1. Principe et problématique	5
3.2. Ajustements préalables du processus de distribution	8
3.2.1. Fonctionnement initial	8
3.2.2. Test de neutralisation de la distribution	9
3.2.3. Distribution des temps de réaction	9
3.2.4. Coefficients correcteurs	10
3.3. Tests	11
3.3.1. Profils d'évolution	11
3.3.2. Sensibilité à la valeur du pas	11
4. LE DÉCOUPAGE GÉOGRAPHIQUE	12
4.1. Définition des découpages	12
4.2. Tests	13
5. LES FONCTIONS DE RÉSISTANCE	13
5.1. Définition des fonctions de résistance	13
5.2. Tests	14
6. CONCLUSION	14

ANNEXE 1 : graphiques et résultats numériques

ANNEXE 2 : article de synthèse

1. RÉSUMÉ

La vocation d'un *modèle stratégique* de transport est d'évaluer de façon simple et rapide, en ordre de grandeur, les conséquences globales de politiques de déplacements (infrastructures, exploitation, réglementation, tarification) et leurs liens avec le développement urbain. En application de ces principes, un prototype a été développé en 1995 sur l'agglomération lyonnaise. Ses principales caractéristiques sont un fonctionnement sur tableur, un découpage géographique très agrégé (18 zones pour 1,2 millions d'habitants), une projection dans l'avenir effectuée en *pas à pas*. Trois tests ont été réalisés pour mesurer la cohérence des choix spécifiques à ce modèle.

Le premier test concerne le *pas de calcul* adopté. Le paramètre sous-jacent est en fait le délai entre une modification des conditions de transport et l'ajustement consécutif de la structure des déplacements. Moyennant l'utilisation d'une distribution, même très sommaire, de ce *temps de réaction*, on vérifie que les résultats d'une projection à 20 ans sont du même ordre de grandeur pour des pas de calcul de 1, 2 ou 4 ans.

Le second test permet de vérifier que les résultats ne sont pas affectés sensiblement par une modification du découpage géographique, à nombre de zones constant.

Le dernier test concerne la distribution géographique des déplacements. Le modèle gravitaire utilisé se fonde sur une *moyenne pondérée* des temps généralisés de parcours voiture particulière et transport collectif. On vérifie que fonder le modèle sur *le plus court* de ces deux temps ne change pas l'ordre de grandeur des résultats. Cela conduit cependant à une structure de déplacements plus *orientée VP*, et donc à une part modale des transports collectifs légèrement plus faible.

2. INTRODUCTION

En 1995, le LET et la SEMALY ont mené à bien une étude de conception d'un outil de modélisation stratégique des déplacements. Cette étude, cofinancée par la DRAST et le Grand Lyon et pilotée par la DRE Rhône Alpes et la DDE 69, a permis de concevoir et de développer un prototype appliqué à l'agglomération lyonnaise.

Ce prototype, développé sous le tableur Excel, permet de répondre de façon novatrice à des problèmes se posant de façon récurrente au "planificateur des transports" et portant sur l'évolution globale du système de transport en fonction de l'évolution de l'occupation du sol et des habitudes de déplacements.

L'outil développé, par son approche globale (on ne modélise pas de réseau détaillé, on se cantonne à un nombre restreint de zones), permet de prendre du recul par rapport à cette problématique complexe.

Plusieurs innovations, comme le fonctionnement en "pas à pas" ou encore la prise en compte d'actions sur la demande de déplacements à long terme (péage urbain, politique de stationnement) permettent de mesurer l'impact de politiques de transport à un niveau stratégique.

Le prototype obtenu, qui d'ores et déjà fournit des résultats provisoires sur l'agglomération lyonnaise, mériterait d'être amélioré suivant les trois directions suivantes :

- validation des concepts développés précédemment notamment par la prise en compte des résultats de la nouvelle enquête ménage 1995 portant sur l'agglomération lyonnaise ;
- amélioration de la conception informatique du produit (optimisation des temps de calcul, interface plus conviviale) ;
- organisation d'une recherche à caractère opérationnel sur les interactions entre occupation du sol et infrastructures de transport.

Avant de s'engager dans cette seconde phase de travaux, et sur une commande de la DRAST, il a été convenu de vérifier le bien-fondé de certaines spécificités méthodologiques de l'outil proposé. La vérification concerne d'une part le processus de pas à pas, d'autre part le choix du découpage géographique, enfin la définition des fonctions de résistance (temps généralisés utilisés dans l'étape de distribution géographique) :

- le mécanisme de pas à pas n'induit-il pas des incertitudes qui, cumulées au fil des pas, pourraient conduire à des divergences importantes ? On vérifiera notamment que les résultats finaux ne dépendent pas trop fortement du pas de calcul adopté ;
- les résultats produits par le modèle sont-ils suffisamment indépendants du zonage et du réseau adoptés ? On vérifiera, en modifiant le zonage et par conséquent le réseau,

que l'on retrouve bien les principales conclusions (flux par grandes liaisons, part de marché des TC) ;

- changer la définition des fonctions de résistance utilisées pour la distribution influe-t-il sur le résultat ?

Les graphiques et les valeurs numériques associées sont données en annexe.

3. LE PROCESSUS DE PAS À PAS

3.1. Principe et problématique

Dans le mécanisme traditionnel des modèles, on procède à un calage sur une situation enquêtée, puis on se projette directement à l'horizon étudié. Par rapport à cette méthode, le mécanisme de pas à pas cherche à apporter les améliorations suivantes :

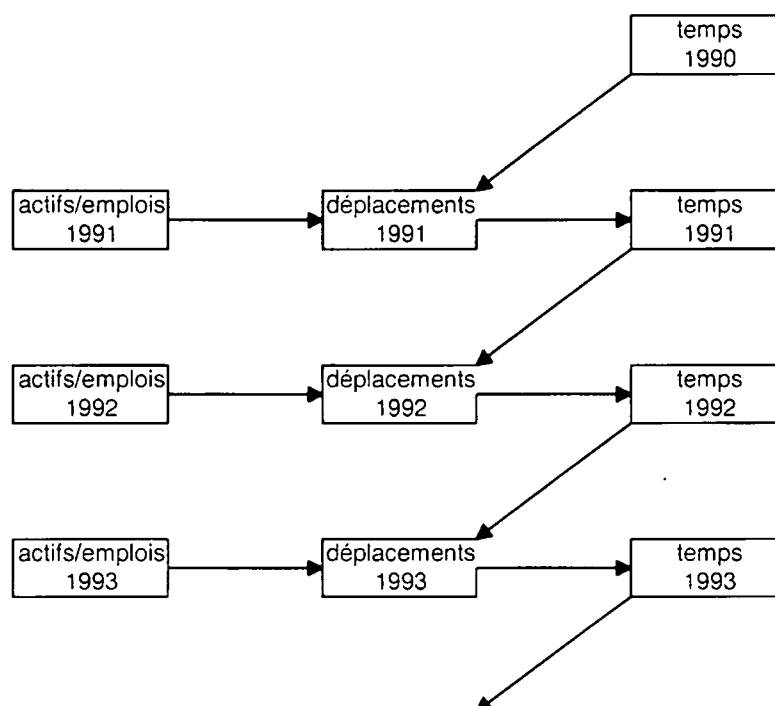
- explicitation de l'aspect dynamique des évolutions (par quelles étapes intermédiaires passe-t-on de la situation d'origine à la situation projetée ?), avec notamment la possibilité de prendre en compte le peuplement progressif d'un nouveau quartier, la date de mise en service d'une infrastructure... ;
- meilleure prise en compte de l'influence des conditions de transport sur les comportements en matière de choix du mode, de choix des destinations, voire de choix résidentiel, en explicitant notamment des hypothèses de *temps de réaction* (combien de temps faut-il pour qu'une nouvelle infrastructure modifie les comportements ?).

On le voit, il s'agit surtout **d'expliciter des hypothèses qui sont implicitement contenues dans les méthodes traditionnelles**. Les expliciter permet d'en discuter, au besoin de les contester, de les modifier, de tester leur sensibilité. Ce processus devrait en outre aider à reconstituer l'équilibre final entre offre et demande de transport.

Le principe de base du mécanisme est un calcul de proche en proche. Prenons l'exemple d'un pas de calcul de 1 an, à partir d'une situation d'enquête 1990. La situation 90 sert au calcul de la situation 91, qui elle-même va servir au calcul de la situation 92, etc. jusqu'à l'horizon final considéré (2010, par exemple).

Le schéma ci-dessous donne une image simplifiée du processus utilisé dans le prototype de modèle stratégique mis au point en 1995.

PRINCIPE DU PAS À PAS AVEC TEMPS DE RÉACTION DE 1 AN

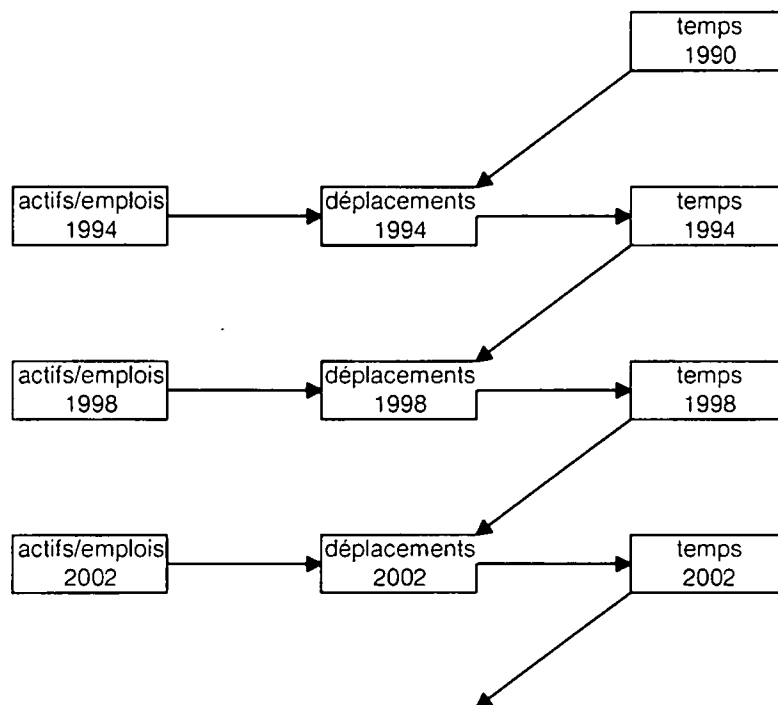


L'évolution de la localisation de la population et des emplois est ici une hypothèse ex-trinsèque. On suppose dans ce cas simplifié que les voyageurs de 1991 choisissent leurs destinations et leurs modes de transport en fonction des conditions de transport (en pratique ici, les temps généralisés de parcours) de l'année précédente. Ceci est justifié par la non-connaissance en temps réel des changements de conditions de transport, par le poids des habitudes, enfin par les contraintes extérieures qui pèsent sur les déplacements (rigidité évidente du lieu de travail, mais aussi de toute l'organisation de la vie quotidienne individuelle).

Cette structure de déplacements 1991, obtenue par les étapes de génération, distribution et répartition modale, entraîne par affectation sur les réseaux de nouvelles conditions de transport, correspondant à la situation de 1991. Associées aux hypothèses de population et d'emploi 92, ces conditions de transport 91 vont alors permettre d'estimer la structure des déplacements de 1992, et ainsi de suite.

L'exemple ci-dessus suppose un pas de calcul de 1 an. Le prototype permet tout aussi bien de choisir une autre valeur de pas. Le schéma suivant donne l'exemple d'un pas de 4 ans.

PRINCIPE DU PAS À PAS AVEC TEMPS DE RÉACTION DE 4 ANS



On voit bien dans ces deux exemples que la valeur du pas n'est pas un simple intermédiaire de calcul. **La valeur du pas suppose celle du temps de réaction des déplacements aux conditions d'offre.** D'un point de vue strictement théorique, changer le pas revient à modifier une hypothèse comportementale, et **il n'est donc pas du tout nécessaire qu'on aboutisse au même résultat.**

Cette constatation renvoie immédiatement au calage du temps de réaction. Si le résultat change selon la valeur choisie, comment savoir quel est le résultat à retenir ?

Or ce calage est difficile. Pour s'en tenir au choix de la destination du déplacement, le temps de réaction dépend du motif : long pour les déplacements domicile-travail, plus court pour les domicile-achats... Dans le premier cas, on peut analyser les mobilités résidentielle et professionnelle et leurs motivations telles qu'elles apparaissent dans certaines enquêtes-ménages. Pour le reste, on peut peut-être s'en tenir à des hypothèses de bon sens. Ce calage comportera inévitablement de larges zones d'incertitude, d'où le risque de se tromper sur le temps de réaction. La question qui se pose alors est celle-ci : **quelle est la sensibilité des résultats du modèle au(x) temps de réaction supposé(s) ?** Si cette sensibilité est grande, l'incertitude forte sur le temps de réaction entraîne une incertitude forte sur les résultats. Et cette conclusion n'affecterait pas seulement les modèles stratégiques, mais aussi les autres modèles de long terme, puisqu'ils comportent tous, implicitement, des hypothèses de temps de réaction.

L'objet des tests effectués est d'évaluer cette sensibilité.

3.2. Ajustements préalables du processus de distribution

3.2.1. Fonctionnement initial

Pour que des tests de sensibilité aient un sens, encore faut-il disposer d'un processus de calcul suffisamment stabilisé. Or le prototype auquel s'applique cette étude est un premier jet, le résultat de recherches par tâtonnements et approximations successives. En l'état, il est donc loin d'être optimisé.

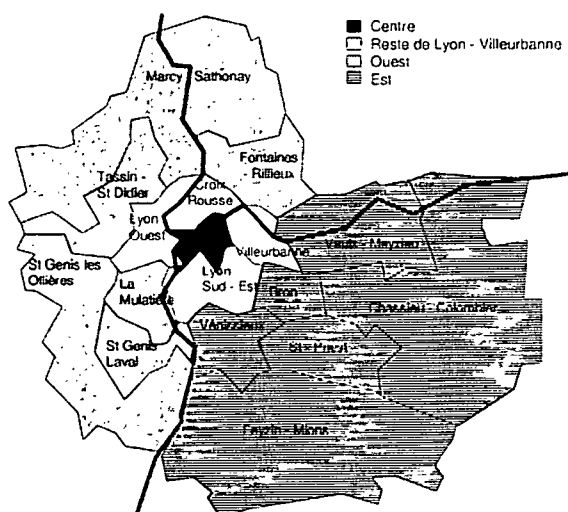
Un important travail de remise au propre du prototype a d'abord été nécessaire : recalage sur les données 1990, corrections d'erreurs ou d'incohérences dans les feuilles de calcul.

À cette étape néanmoins, avant que l'on puisse s'engager dans les tests, il subsistait un problème d'instabilité calculatoire. Ceci pouvait être constaté par le test suivant :

- le modèle est calé pour reconstituer correctement la situation 1990 ; c'est-à-dire qu'en partant des données population/emplois et temps de transport 90, en y appliquant les étapes de génération, distribution, répartition modale et affectation, on retrouve en sortie, par recalcul, les temps de parcours 90 ;
- ces temps de parcours recalculés sont alors réinjectés en entrée du processus de calcul ; on refait donc en théorie exactement le même calcul que précédemment, et on doit retrouver en sortie toujours les mêmes temps de parcours 90.

Or en répétant cette opération, si l'on observait par exemple le nombre de déplacements motorisés par grandes liaisons (voir découpage ci-dessous), des oscillations apparaissaient au bout de quelques itérations (graphique n° 1). Cela révélait une instabilité de l'équilibre calculatoire, ce qu'il a fallu diagnostiquer et corriger.

DÉCOUPAGE DE LA ZONE D'ÉTUDE EN GRANDS SECTEURS



3.2.2. Test de neutralisation de la distribution

En figeant la matrice tous modes dans le processus itératif précédent (donc en neutralisant l'étape de distribution), on observait une parfaite stabilité non seulement du nombre de déplacements par liaison (par construction), mais aussi de tous les autres produits du modèle : parts modales, temps de parcours. L'instabilité venait donc de cette étape.

Deux causes ont été diagnostiquées :

- l'une concernant justement le temps de réaction ;
- l'autre concernant des coefficients de calage.

3.2.3. Distribution des temps de réaction

Dans le traitement du pas à pas illustré par les schémas ci-dessus, le temps de réaction est le même pour tous les déplacements. Cela revient à considérer que tout le monde réagit en même temps, comme un seul homme, aux variations de l'offre. On voit bien dès lors le mécanisme modélisé :

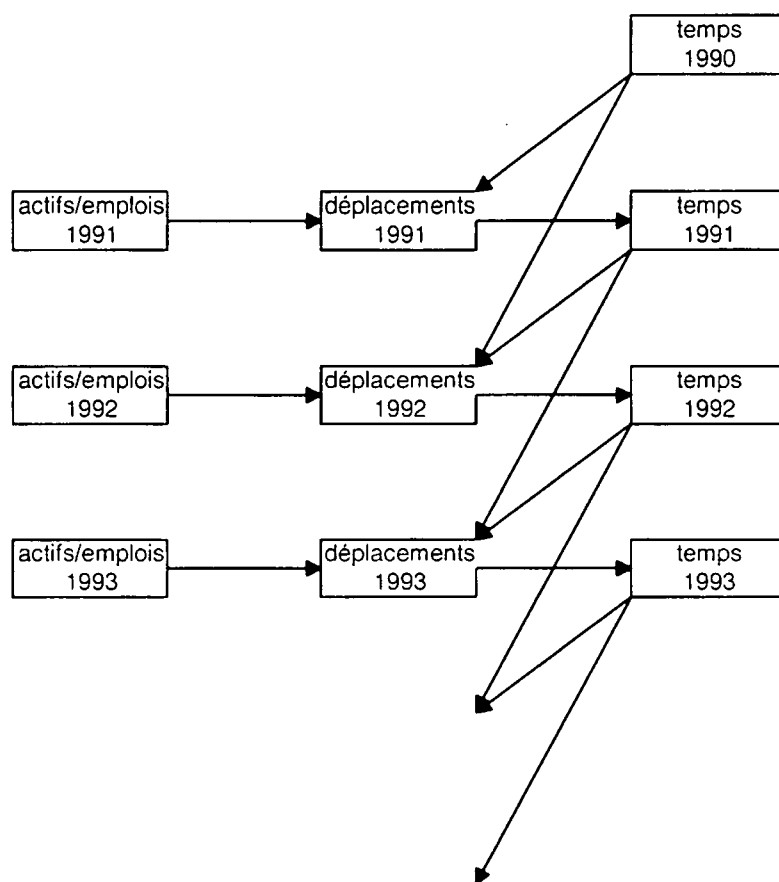
- une liaison performante attire soudain un vaste trafic ;
- supportant un vaste trafic, la liaison n'est plus du tout performante et rejette le trafic sur les liaisons concurrentes ;
- ayant rejeté le trafic, la liaison redevient performante, etc..

Les oscillations sont alors inévitables.

Les phénomènes réels sont évidemment plus complexes. Le temps de réaction est très variable d'un individu et d'un motif de déplacement à l'autre. Il faudrait dans l'absolu considérer une *distribution* continue des temps de réaction.

En première approche, on a choisi d'intégrer au prototype la distribution des temps de réaction la plus simple : on considère que la moitié des déplacements réagissent au bout d'un pas de calcul, l'autre moitié ne réagissant qu'au bout de 2 pas de calcul. Ceci est illustré par le schéma ci-dessous, dans le cas d'un pas de calcul de 1 an.

PRINCIPE DU PAS À PAS AVEC TEMPS DE RÉACTION MIXTE 1 AN / 2 ANS



Ceci permet d'éliminer l'essentiel des phénomènes oscillatoires observés (graphique n° 2).

3.2.4. Coefficients correcteurs

Le modèle de distribution du prototype est assez sommaire et surtout imparfaitement calé sur la situation de référence 1990. La variation de flux zone à zone non expliquée par le modèle gravitaire utilisé est reconstituée par des coefficients d'ajustement, comme schématisé ci-dessous.

**DÉPLACEMENTS CALCULÉS
PAR LE MODÈLE**

	1	2	3	...	18
1					
2			D		
3					
...					
18					

**x COEFFICIENTS
D'AJUSTEMENT**

	1	2	3	...	18
1					
2			k		
3					
...					
18					

**= DÉPLACEMENTS OBSER-
VÉS PAR ENQUÊTE**

	1	2	3	...	18
1					
2			D x k		
3					
...					
18					

L'incertitude est évidemment la plus forte sur les liaisons à faible trafic, puisque l'imprécision du modèle se cumule avec celle, statistique, des enquêtes. Sur ces liaisons, certains coefficients d'ajustement sont très éloignés de 1, parfois de l'ordre de plusieurs dizaines. Ces coefficients pèsent très peu sur le flux total, mais ils peuvent avoir pour effet d'amplifier de petites oscillations résiduelles.

Afin de pouvoir isoler les effets propres du processus de pas à pas, on a choisi pour ces tests de supprimer les coefficients d'ajustement. On a alors un modèle mal calé sur la situation de référence, mais cohérent et stable dans son processus calculatoire.

À cette étape, on peut refaire le test évoqué en 3.2.1 et illustré par le graphique n°1. On n'observe plus alors d'oscillations notables. Il y a par contre le saut initial important (entre situation d'enquête et premier pas de calcul effectif) dû à l'absence des coefficients d'ajustement, et une tendance à la hausse ou à la baisse sur certaines liaisons, correspondant à la recherche d'un nouvel équilibre global (graphique n° 3).

3.3. Tests

3.3.1. Profils d'évolution

Les tests se sont basés sur les 2 premiers scénarios définis en phase 1 :

- un scénario *fil de l'eau* qui consiste à laisser évoluer l'occupation du sol sans développer l'offre de transport ;
- un scénario *stationnement payant* qui consiste à pénaliser de 30 F (soit 30 minutes pour une valeur du temps de 60 F/h), dès le premier pas de calcul, les déplacements VP à destination du centre.

Les graphiques 4 et 5 montrent les profils d'évolution 1991-2010 des déplacements motorisés. Il n'y a pas là de comparaison entre différents pas de calcul, mais ces graphiques permettent de visualiser les résultats intermédiaires du processus de calcul, et de vérifier que la représentation des évolutions n'apparaît pas aberrante.

Outre les décalages observables entre les deux scénarios, on peut noter que les principales tendances modélisées sont un accroissement marqué des flux périphériques (voir les courbes est-est et ouest-ouest) et un tassement des déplacements internes au centre de l'agglomération.

3.3.2. Sensibilité à la valeur du pas

Les graphiques 6 à 9 donnent la comparaison des résultats selon 3 pas de calcul : 1, 2 et 4 ans, correspondants donc respectivement à des temps de réactions de 1-2 ans, 2-4 ans et 4-8 ans.

On note dans l'ensemble une très bonne cohérence des résultats, d'autant que l'ambition du modèle est de cerner des ordres de grandeur. Les écarts observés pourraient être analysés plus finement, mais ils sont probablement peu significatifs.

Au-delà de l'aspect rassurant de ces résultats, une aussi bonne cohérence pourrait faire craindre un manque de sensibilité des résultats aux temps de parcours. Les phénomènes oscillatoires observés au départ montrent qu'il n'en est rien, bien au contraire. Plusieurs explications peuvent être avancées :

1. la distribution des temps de réaction constitue en elle-même un amortissement, un lissage des résultats. Par ailleurs, elle implique un recouplement des différents pas de calcul ; par exemple, le temps de réaction de 2 ans est utilisé aussi bien avec le pas de calcul de 1 an qu'avec celui de 2 ans.

2. travailler sur de grandes zones implique un amortissement des saturations routières, puisqu'on traite les voies non individuellement mais par faisceau ; cela se justifie d'ailleurs dans la démarche générale, qui s'attache non à une voie donnée mais à la *perméabilité* des limites de zones ; cela correspond aussi au principe de Wardrop qui veut que les différents itinéraires utilisés pour une origine-destination donnée soient équilibrés en temps ; cela demande par contre un travail spécifique sur les courbes débit-vitesse utilisées, qui doivent moyenner les disparités géométriques des voies.

3. à réseau constant, les temps de parcours ne sont susceptibles d'évoluer sensiblement que là où la congestion apparaît, c'est-à-dire sur les liaisons qui impliquent le centre. Or l'urbanisation, paramètre seul susceptible dans nos tests de faire varier les trafics générés, est à peu près stable dans cette zone.

4. dans le contexte de croissance raisonnable de l'urbanisation (+ 1,5 % par an en moyenne), la structure des temps de parcours évolue très progressivement ; dans ce contexte, changer le temps de réaction n'affecte pas les évolutions structurelles, cela ne fait que les décaler dans le temps. On arrive alors en 2010 avec les mêmes flux totaux (puisque même module de génération), et des structures (géographiques et modales) de déplacements décalées de 4 ans au maximum, donc très peu différentes.

4. LE DÉCOUPAGE GÉOGRAPHIQUE

LABORATOIRE D'ÉCONOMIE DES TRANSPORTS

M.R.A.S.H.

14, avenue Berthelot
69363 LYON CEDEX 07

Tél. 72.72.64.03

4.1. Définition des découpages

Dans tout modèle, la définition du découpage recouvre une large part d'arbitraire. La sensibilité peut pourtant y être forte, notamment vis-à-vis du réseau de transport collectif : sous-découper une zone pour isoler l'aire d'influence pédestre d'une gare peut conduire à réévaluer sensiblement le trafic potentiel de cette gare. Dans le cas du modèle stratégique, l'échelle très macroscopique permet d'éviter cet arbitraire-là, mais pose évidemment d'autres questions. Qu'en est-il si l'on remplace les grandes zones définies par d'autres contours, tout aussi défendables ? On peut ainsi changer notablement la physio-

nomie du découpage, et donc la représentation des liaisons entre zones, jusqu'à ne conserver presque rien en commun avec le découpage initial. Ne risque-t-on pas ce faisant de bouleverser les résultats par de simples effets calculatoires ? C'est ce que nous nous sommes attachés à tester ici.

Le découpage géographique utilisé dans le prototype comportait 18 zones internes. On a défini pour les besoins de ces tests un second découpage, en 18 zones et également raisonnable (cartes ci-après). Afin que les comparaisons soient possibles, les 2 découpages sont cohérents avec le macro-zonage en 4 zones.

4.2. Tests

Les graphiques n° 10 à 17 donnent les résultats des tests de découpage alternatif. On a testé les deux scénarios décrits en 3.3.1. Les résultats observés sont le nombre de déplacements motorisés et la part modale TC, au total ou par grandes liaisons géographiques (voir carte en 3.2.1).

On observe une très bonne cohérence d'ensemble des résultats. Les écarts principaux apparaissent sur les liaisons qui concernent l'est. Cela se comprend bien dans la mesure où c'est précisément à l'est que se trouvent les zones les plus étendues, et donc les imprecisions les plus fortes. Mais les écarts observés semblent permettre de conclure que le choix relativement arbitraire du découpage ne pèse pas trop sensiblement sur les résultats.

5. LES FONCTIONS DE RÉSISTANCE

LABORATOIRE D'ÉCONOMIE DES TRANSPORTS

M.R.A.S.H.

14, avenue Berthelot

69863 LYON CEDEX 07

Tél. 72.72.64.03

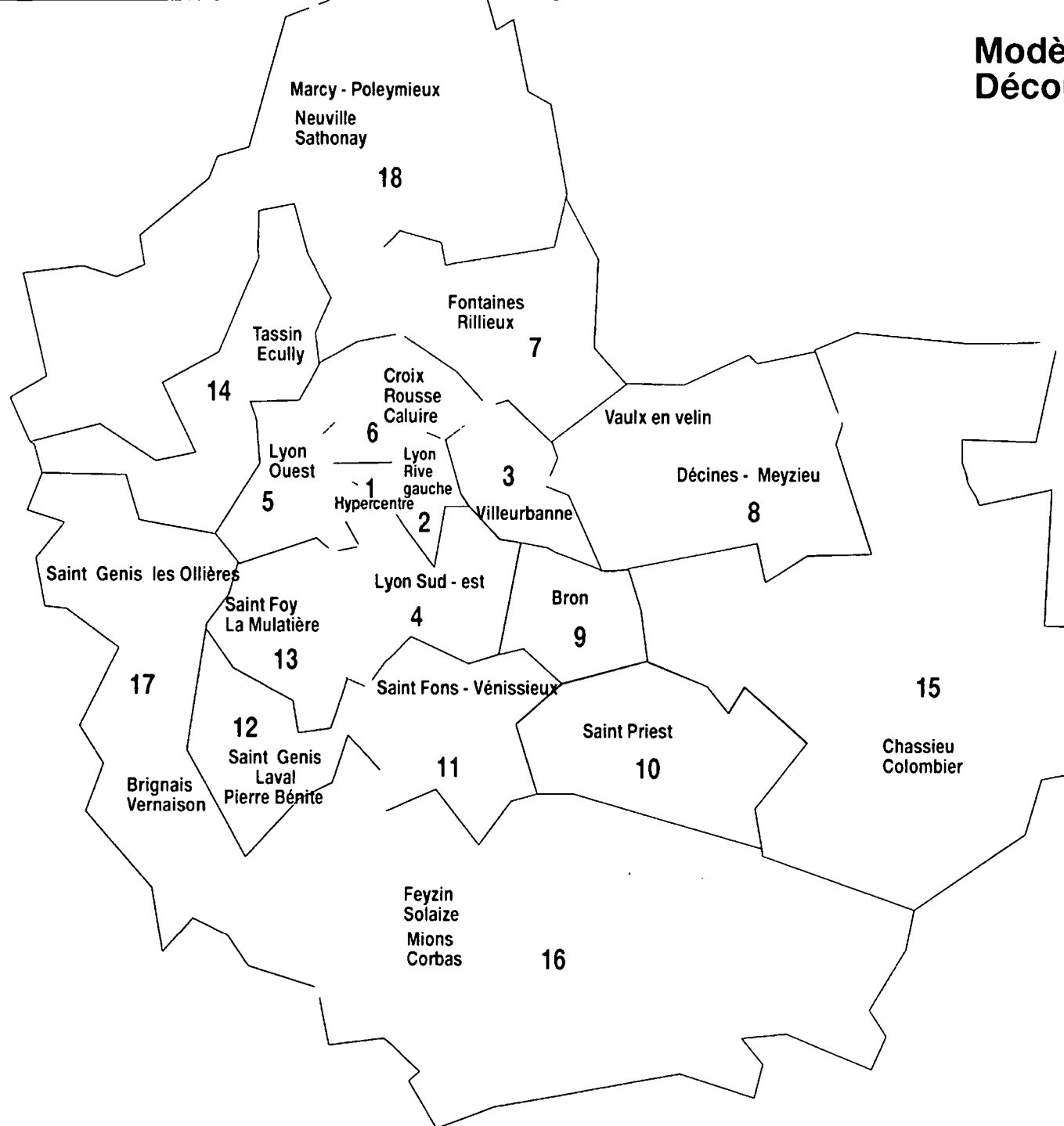
5.1. Définition des fonctions de résistance

Dans le prototype, l'étape de distribution géographique des déplacements est effectuée par un modèle de type gravitaire exponentiel. Cette formulation n'est pas la seule envisageable, mais le point commun de toutes les méthodes classiques est de considérer plus ou moins explicitement une *fonction de résistance*, qui représente la difficulté, le "coût", que demande un déplacement, et qui permet de modéliser le fait que l'on choisit de préférence, à service équivalent, une destination proche à une destination éloignée. Dans le cas du modèle gravitaire classique, cette fonction prend la forme d'une exponentielle négative du temps généralisé de parcours (rapporté à un coefficient de conductance).

L'étape de distribution se faisant avant celle de partage modal, elle ne peut se fonder que sur des temps généralisés censés être représentatifs de l'ensemble des modes.

Le prototype utilisait pour cela une moyenne, pondérée par les flux, des temps généralisés VP et TC. L'objectif du test est de mesurer la sensibilité du modèle à cette définition, en en choisissant une autre, tout aussi défendable : *le temps généralisé le plus court entre les deux modes* ("temps minimum" contre "temps moyen").

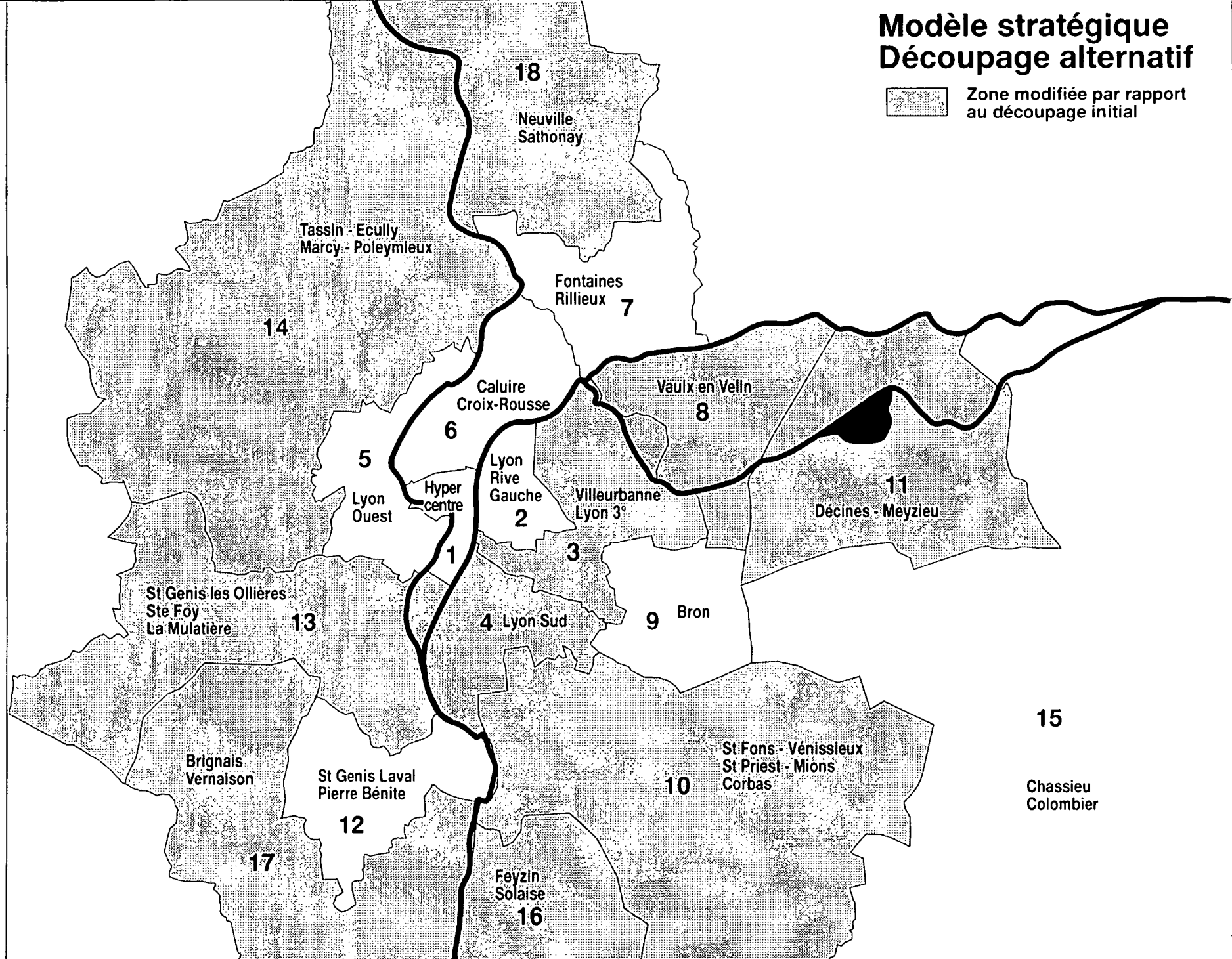
Modèle stratégique Découpage initial



Modèle stratégique Découpage alternatif



Zone modifiée par rapport
au découpage initial



5.2. Tests

Les graphiques 18 à 25 donnent les résultats des tests. On a à nouveau testé les deux scénarios décrits en 3.3.1. Les résultats observés sont le nombre de déplacements motorisés et la part modale TC, au total ou par grandes liaisons géographiques (voir carte en 3.2.1).

On observe là encore une concordance très correcte des résultats. L'écart le plus important s'observe pour les parts de marché TC. Ceci peut se comprendre dans la mesure où le temps minimum est dans la grande majorité des cas le temps VP. La structure de matrice induite par cette définition est donc plus "orientée VP" que la première, c'est-à-dire qu'elle renforce les flux sur les liaisons où l'offre routière est performante. Il est donc logique que la part de marché TC modélisée soit légèrement inférieure dans ce cas. L'écart observé ne remet cependant pas en cause l'ordre de grandeur des résultats.

6. CONCLUSION

Les conclusions que l'on peut tirer suite à ces trois séries de tests sont évidemment relatives au contexte dans lequel elles ont été effectuées : il ne s'agit que de quelques contrôles (on est loin d'avoir épuisé tous ceux imaginables, même sur les trois sujets concernés), effectués sur un prototype rustique et non optimisé. Cela ne saurait dispenser d'effectuer un ensemble de tests de sensibilité sur le modèle, dans une version mieux finalisée, avant de l'utiliser en vraie grandeur.

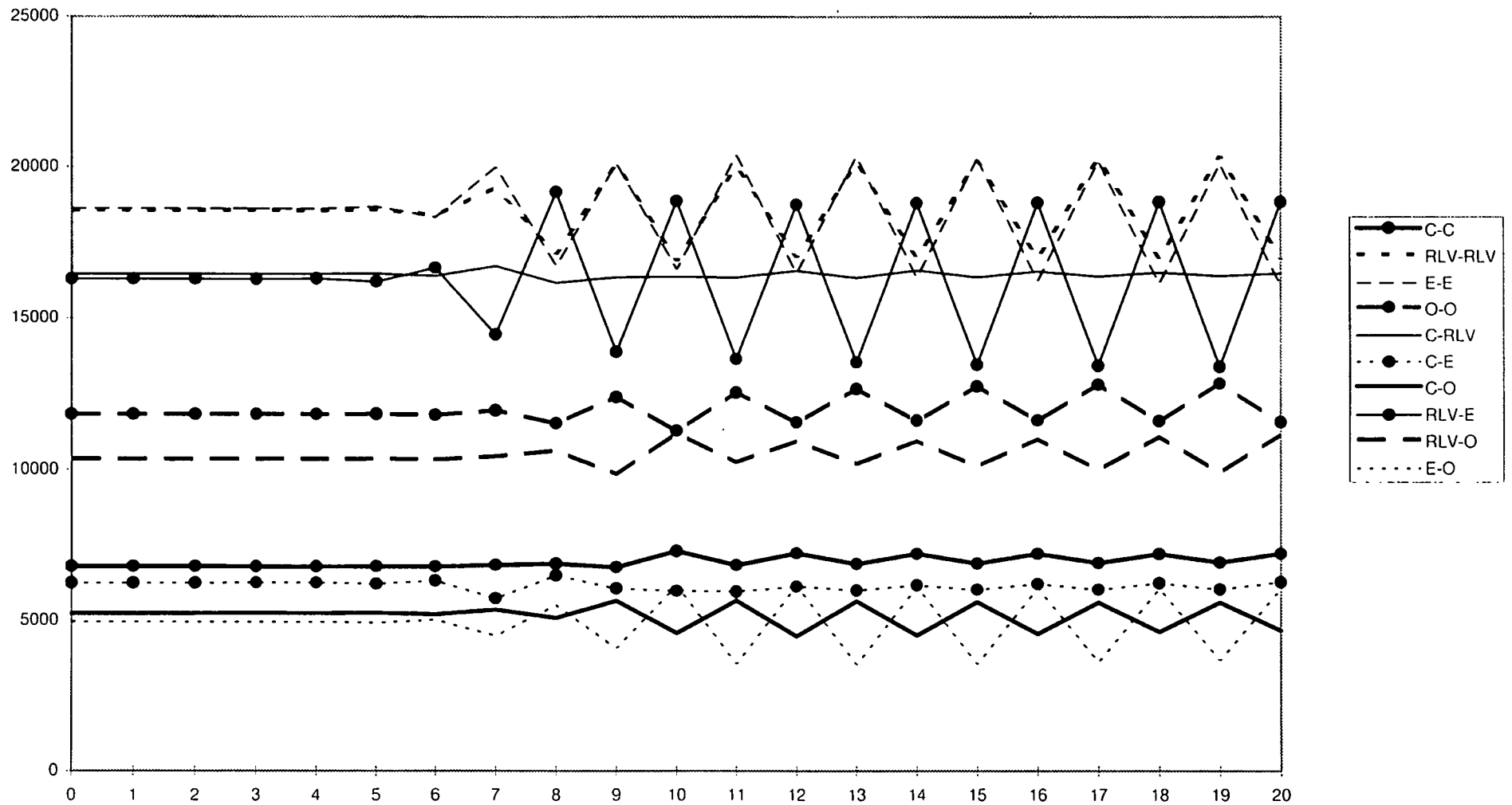
On peut pourtant en tirer des conclusions rassurantes par rapport aux questions initiales : le modèle n'est pas hyper-sensible aux paramètres relativement arbitraires avec lesquels on l'alimente. Il résiste bien à un changement de pas de calcul, de découpage géographique ou de définition des fonctions de résistance au déplacement.

La sensibilité du modèle est bien sûr en elle-même un paramètre à caler, et certainement pas le plus facile. Il ne suffit donc pas de s'assurer que le modèle *n'est pas trop sensible*. L'objectif à rechercher est qu'il ait *le bon niveau de sensibilité*. Là réside toute la difficulté des opérations de calage.

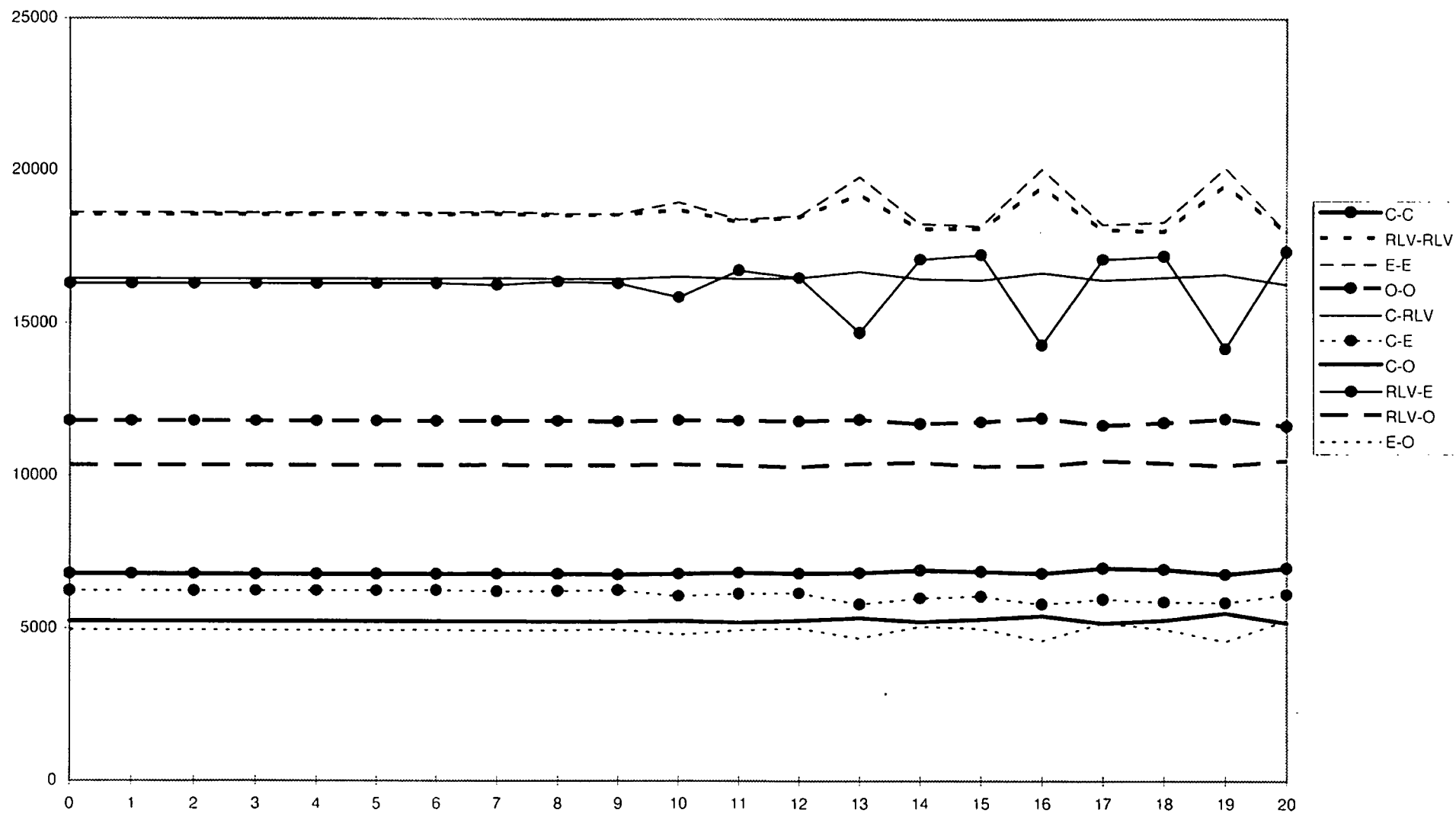
ANNEXE 1

GRAPHIQUES ET RÉSULTATS NUMÉRIQUES

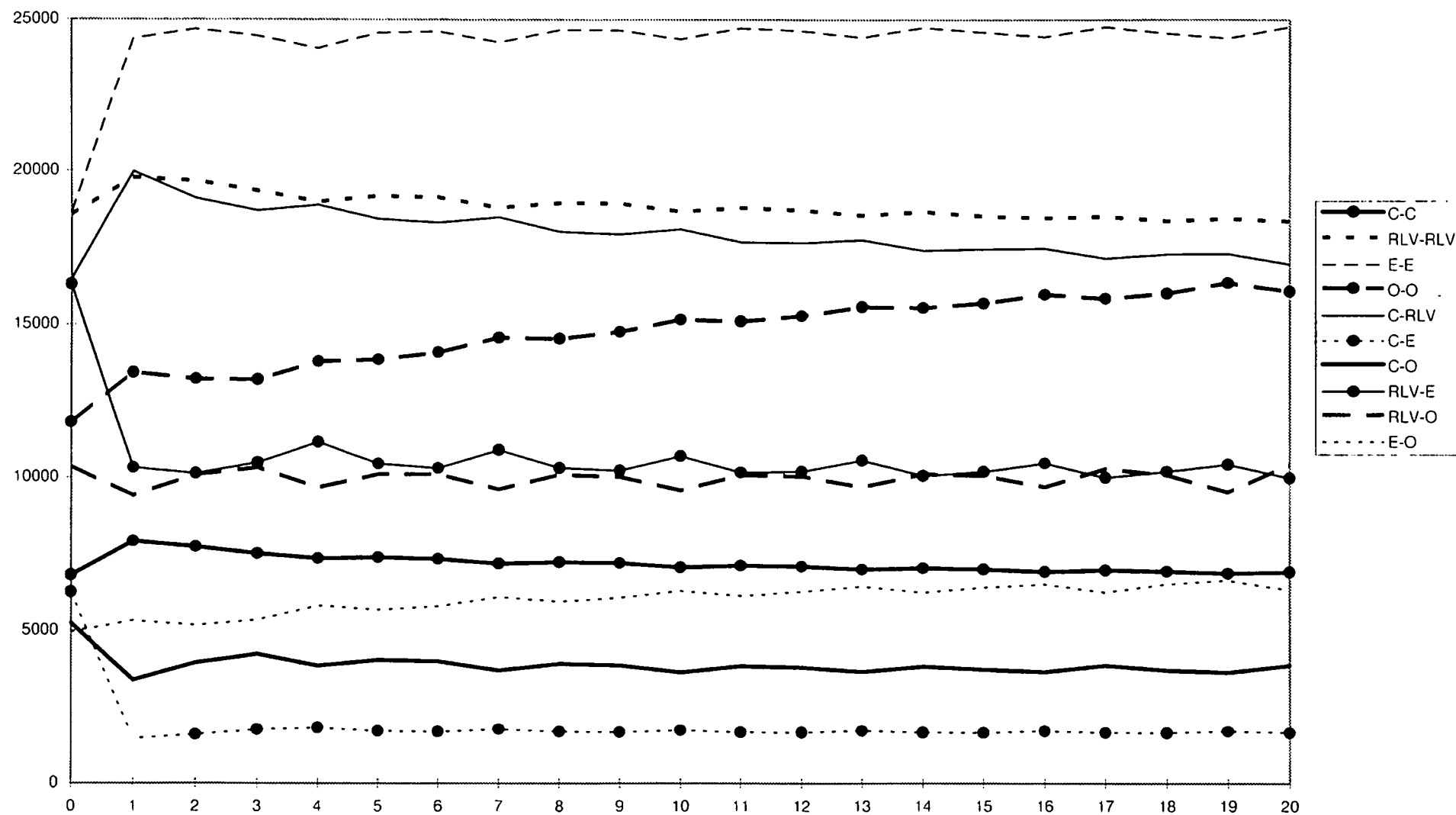
graphique n° 1 - AJUSTEMENTS PRÉALABLES
déplacements motorisés - itérations sur la situation 1990 - fonctionnement initial



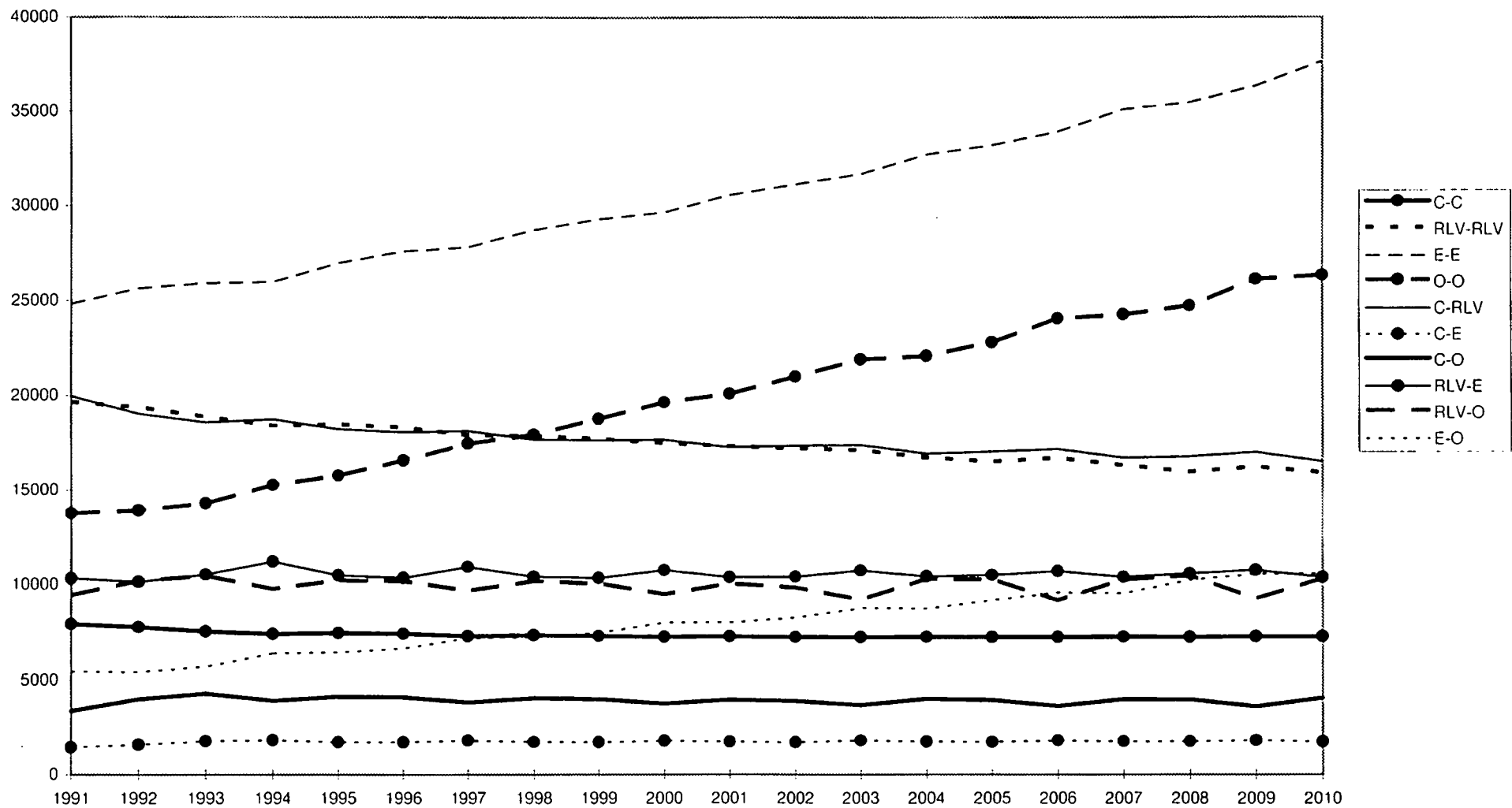
graphique n° 2 - AJUSTEMENTS PRÉALABLES
déplacements motorisés - itérations sur la situation 1990 - distribution mixte



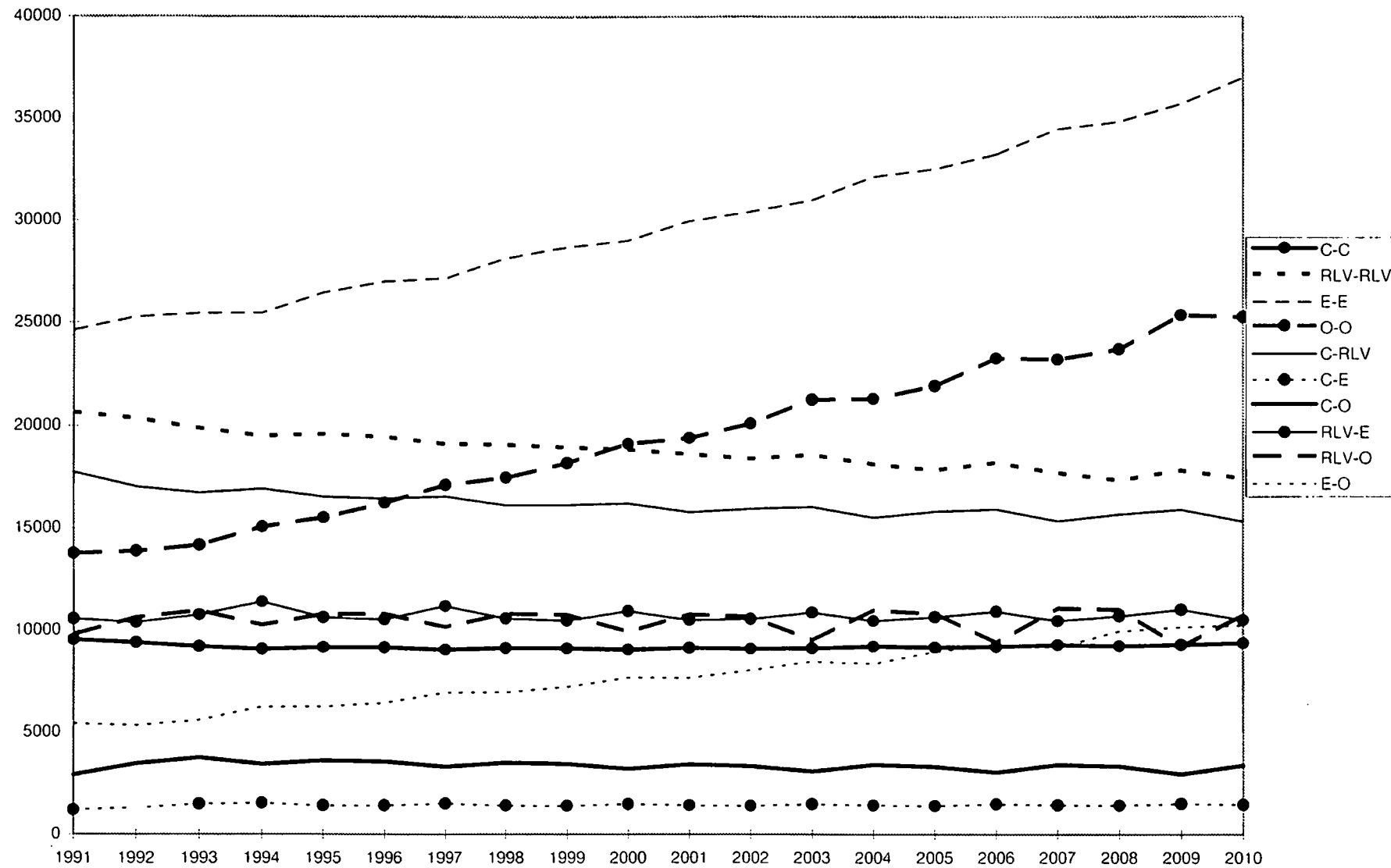
graphique n° 3 - AJUSTEMENTS PRÉALABLES
déplacements motorisés - itérations sur la situation 1990 - distribution mixte, sans coefficients d'ajustement



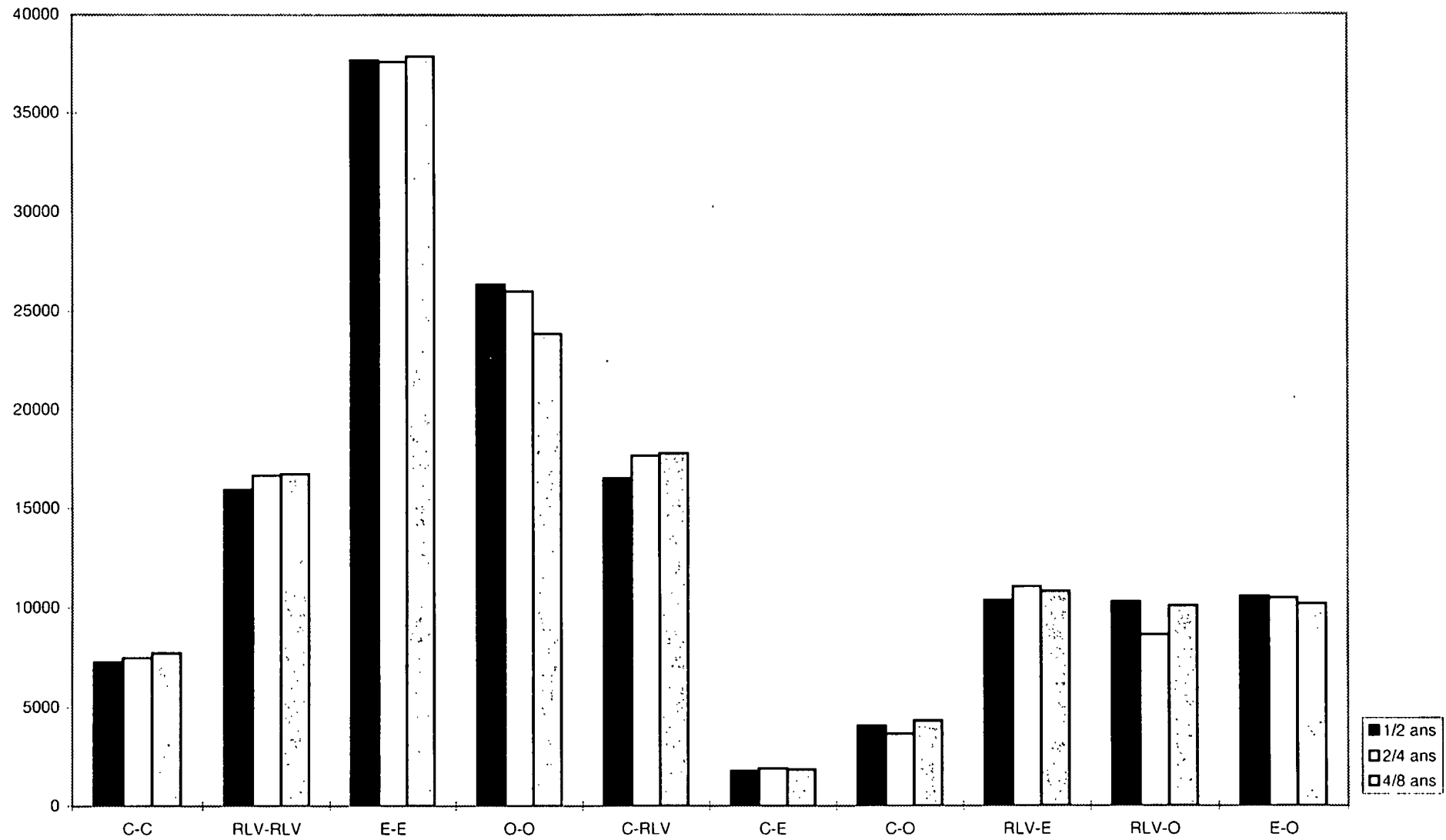
graphique n° 4 - TESTS DE PAS À PAS
déplacements motorisés - scénario fil de l'eau - pas de 1 an / 2 ans



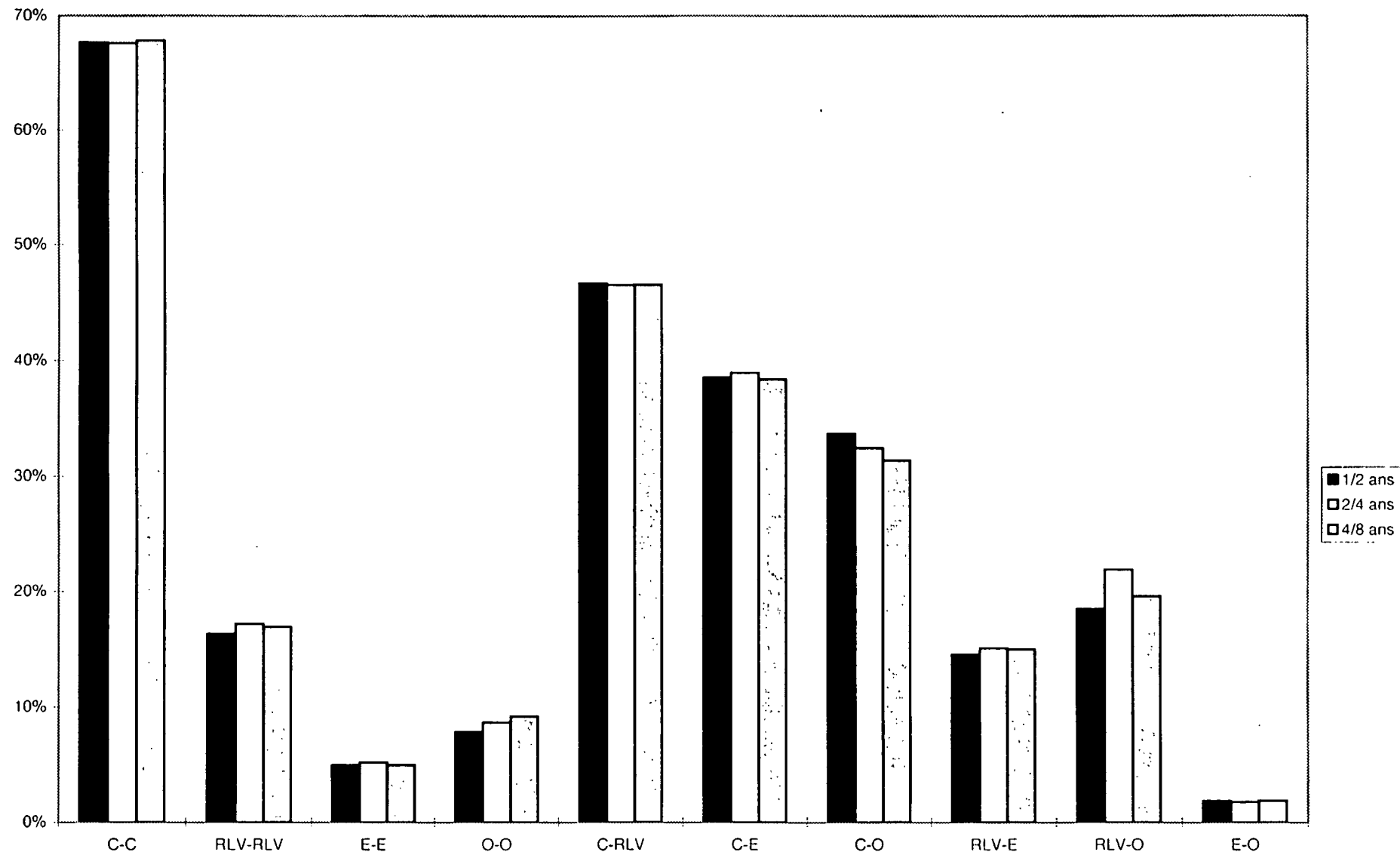
graphique n° 5 - TESTS DE PAS À PAS
déplacements motorisés - scénario stationnement payant - pas de 1 an / 2 ans



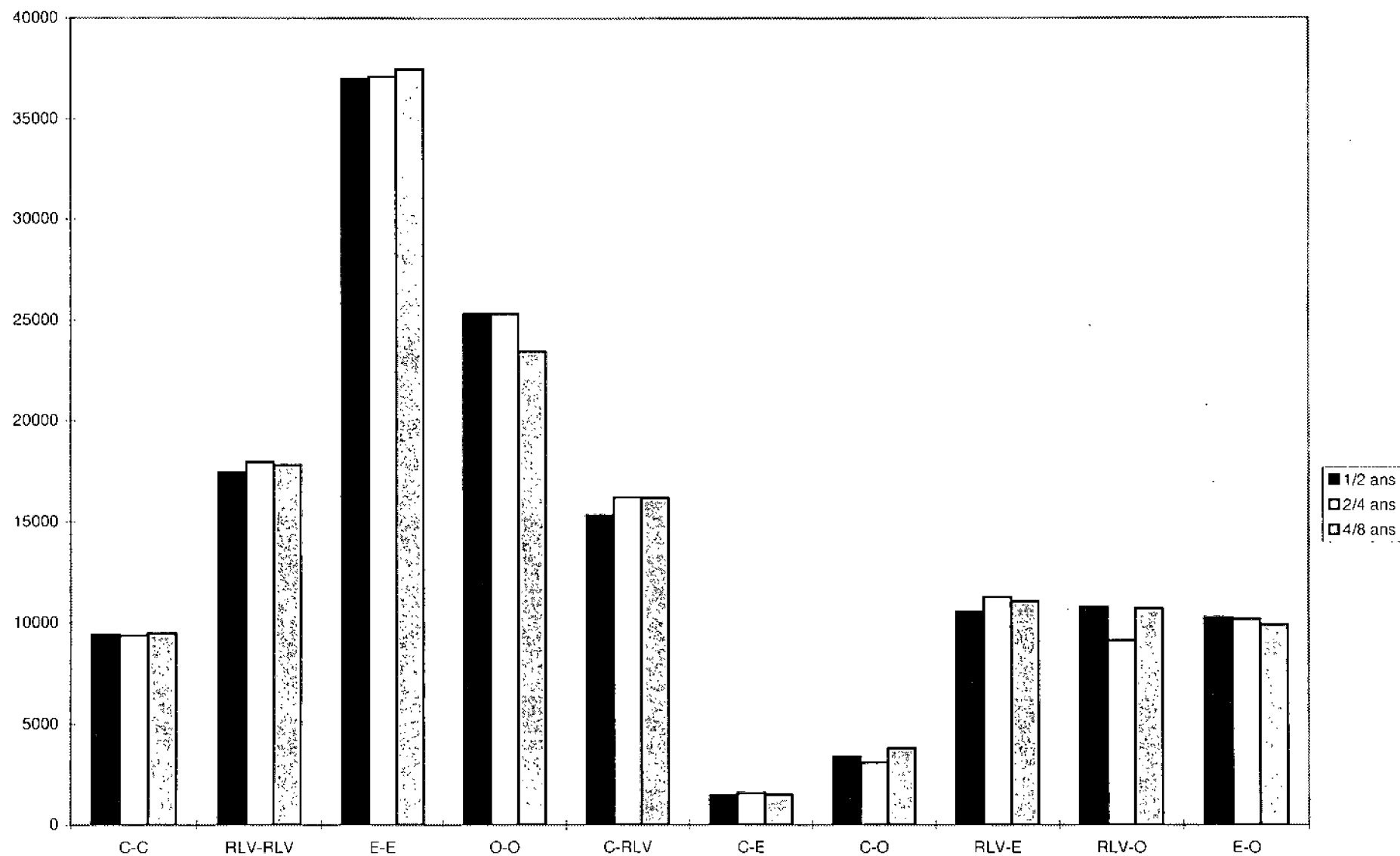
graphique n° 6 - TESTS DE PAS À PAS
déplacements motorisés 2010 - scénario fil de l'eau



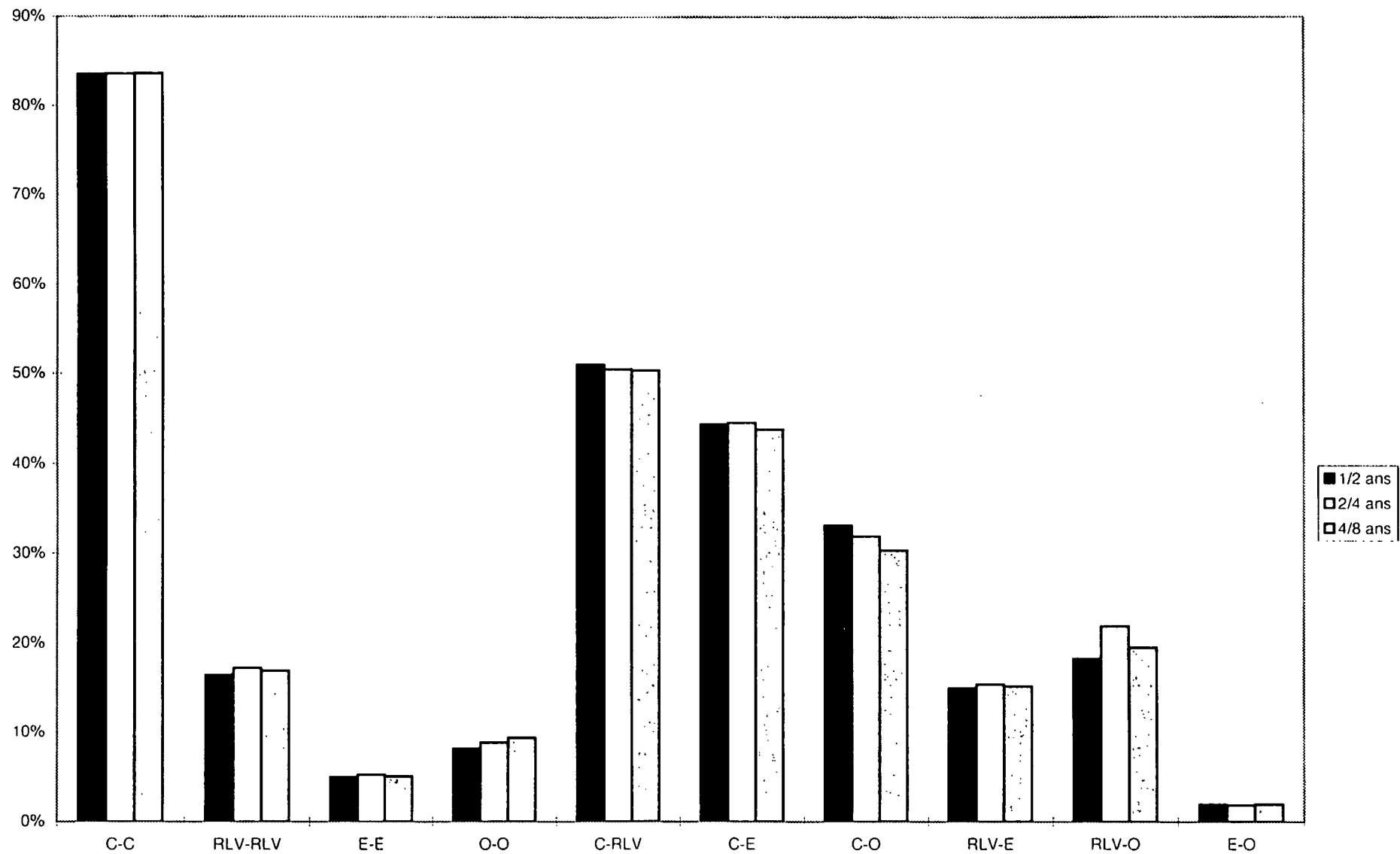
graphique n° 7 - TESTS DE PAS À PAS
part modale TC 2010 - scénario fil de l'eau



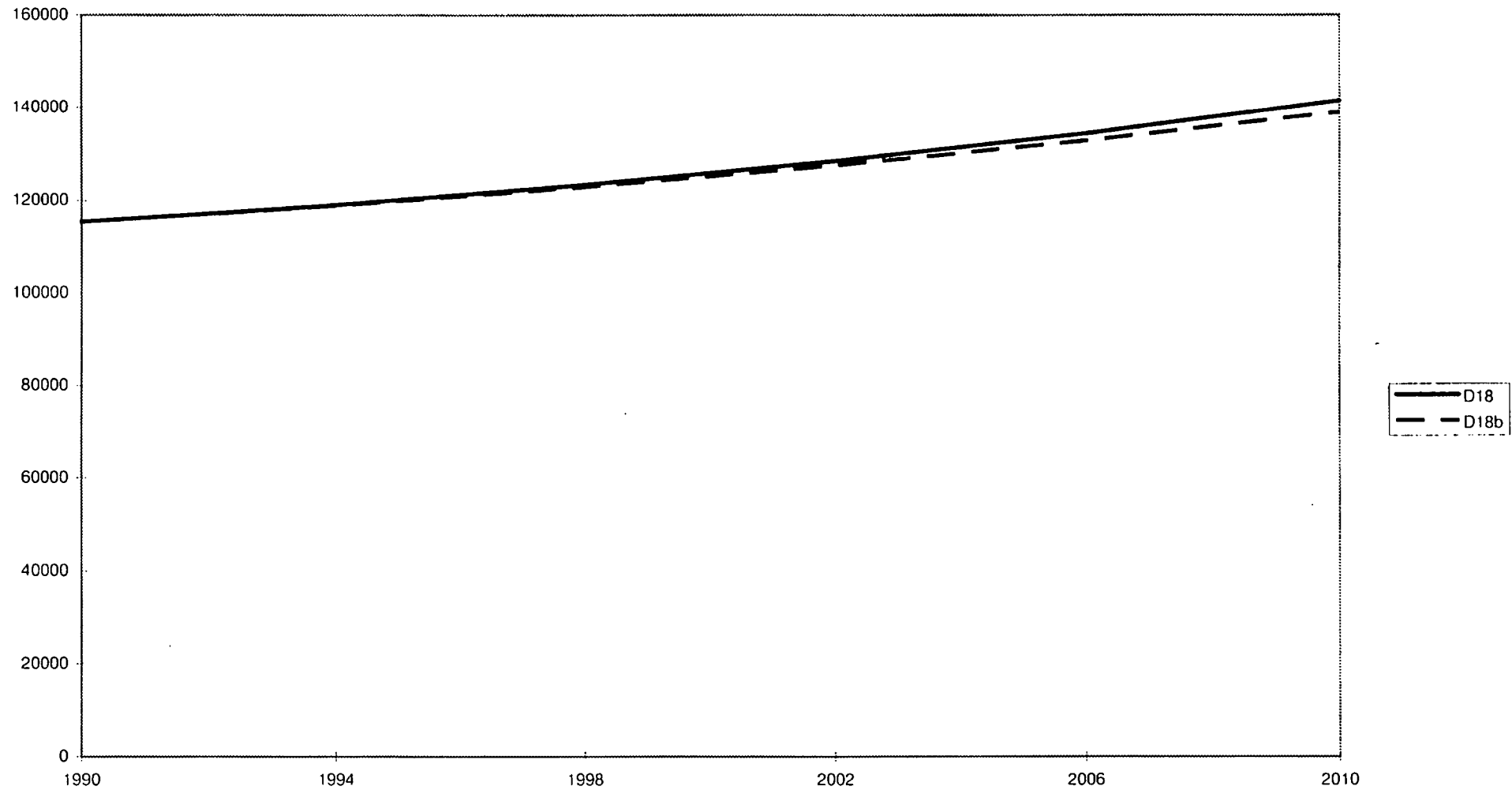
graphique n° 8 - TESTS DE PAS À PAS
déplacements motorisés 2010 - scénario stationnement payant



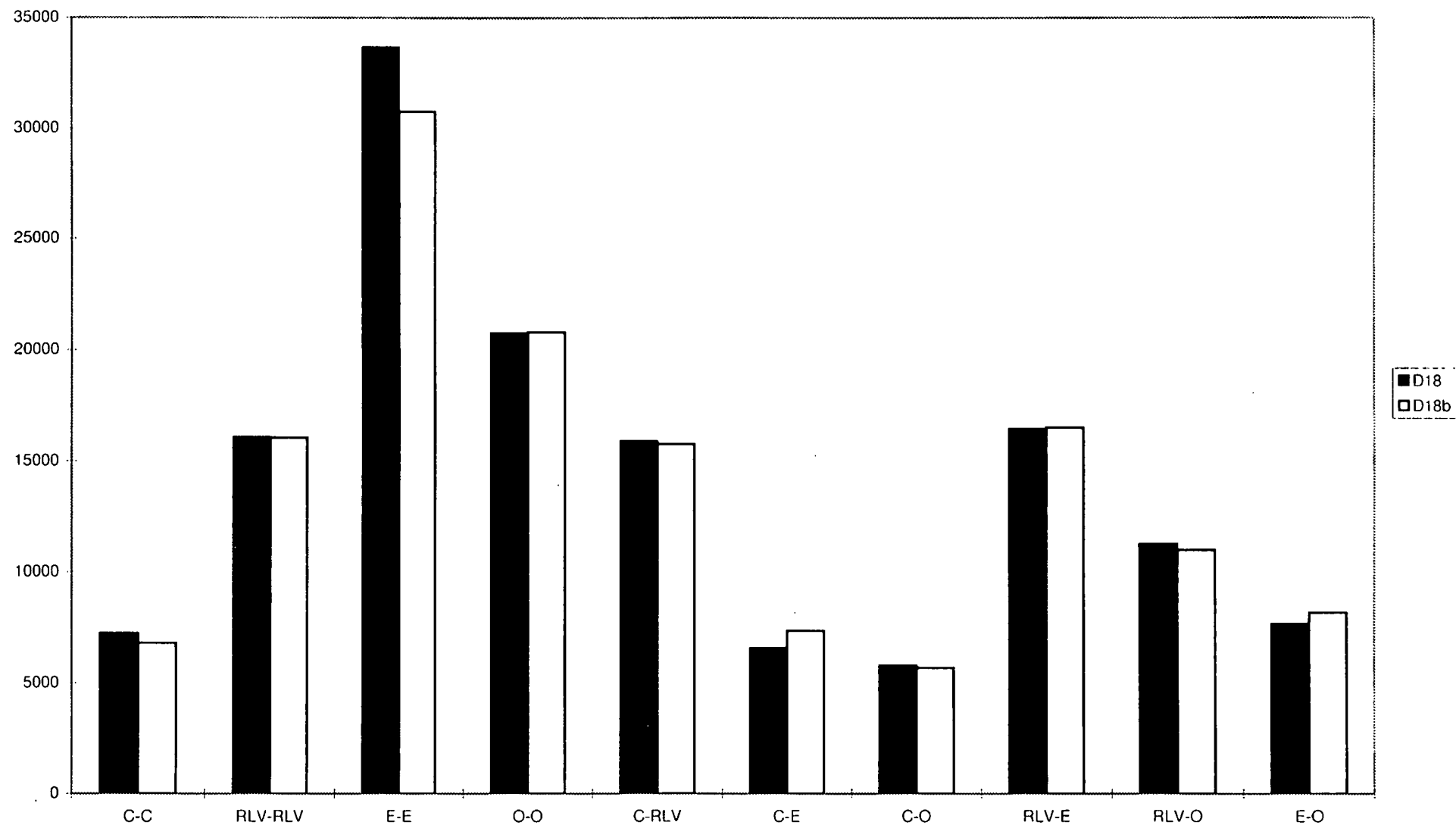
graphique n° 9 - TESTS DE PAS À PAS
part modale TC 2010 - scénario stationnement payant



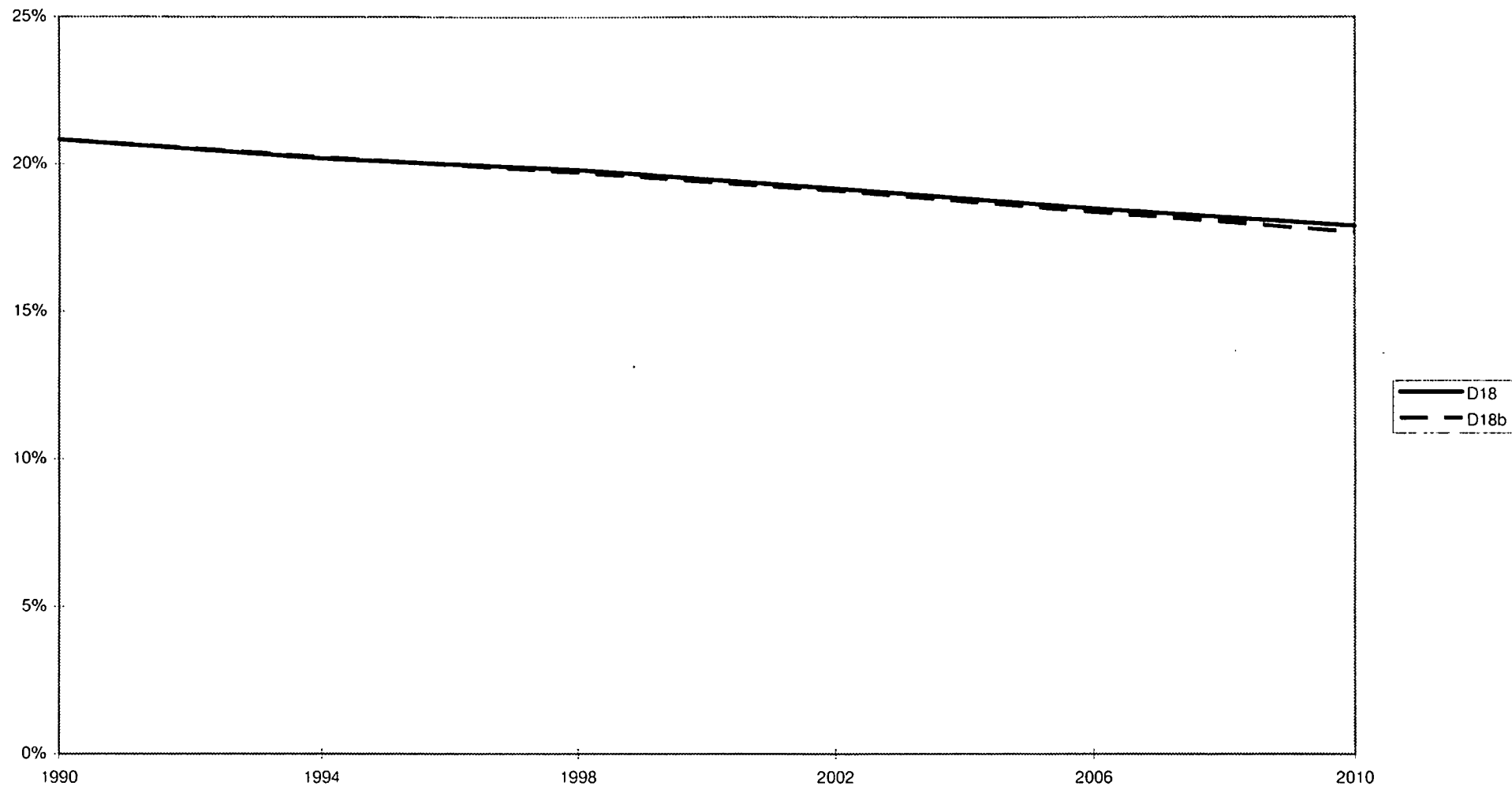
graphique n° 10 - TESTS DE DÉCOUPAGE ALTERNATIF
déplacements motorisés - scénario fil de l'eau



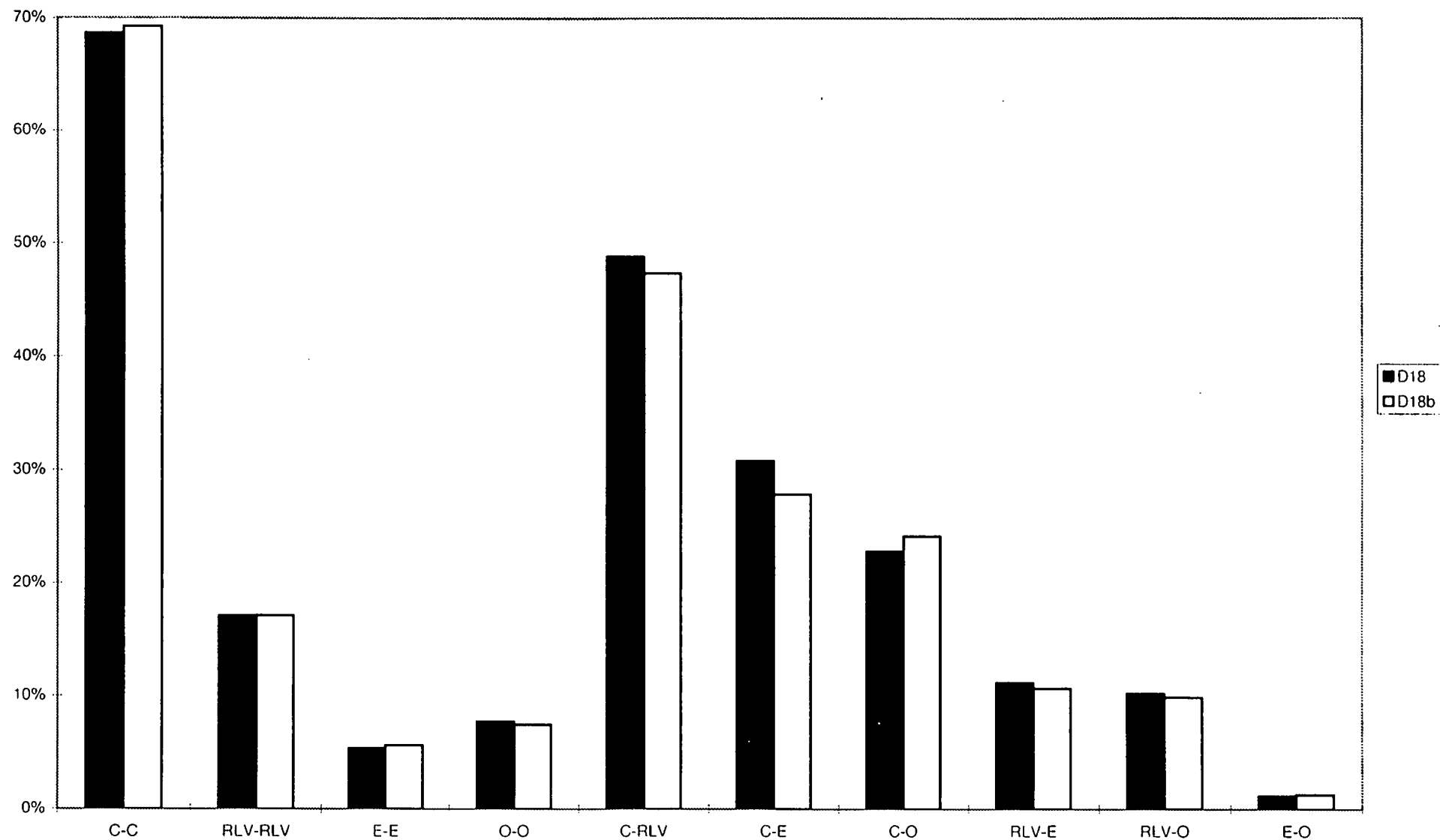
graphique n° 11 - TESTS DE DÉCOUPAGE ALTERNATIF
déplacements motorisés 2010 - scénario fil de l'eau



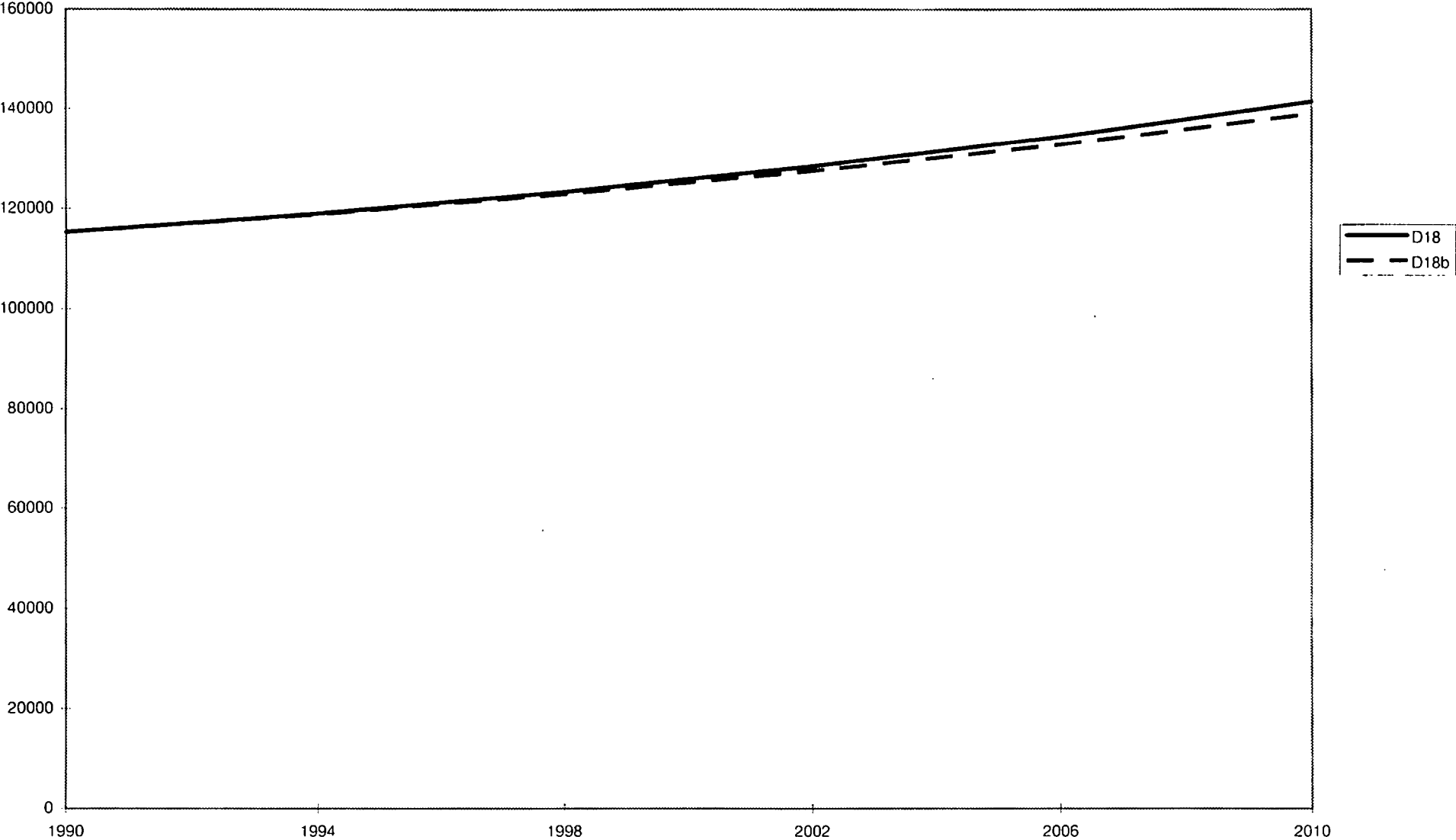
graphique n° 12 - TESTS DE DÉCOUPAGE ALTERNATIF
part modale TC - scénario fil de l'eau



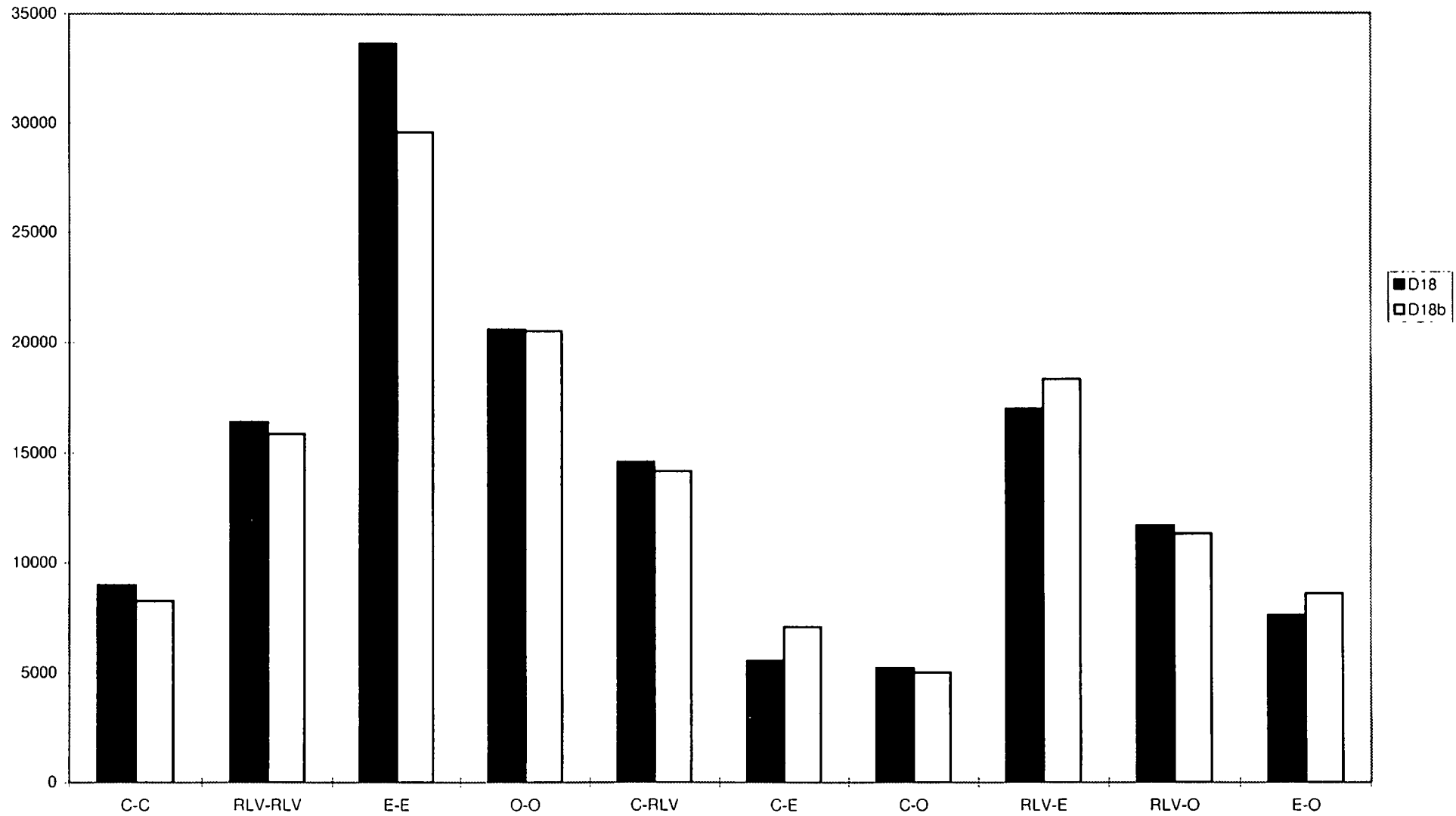
graphique n° 13 - TESTS DE DÉCOUPAGE ALTERNATIF
part modale TC 2010 - scénario fil de l'eau



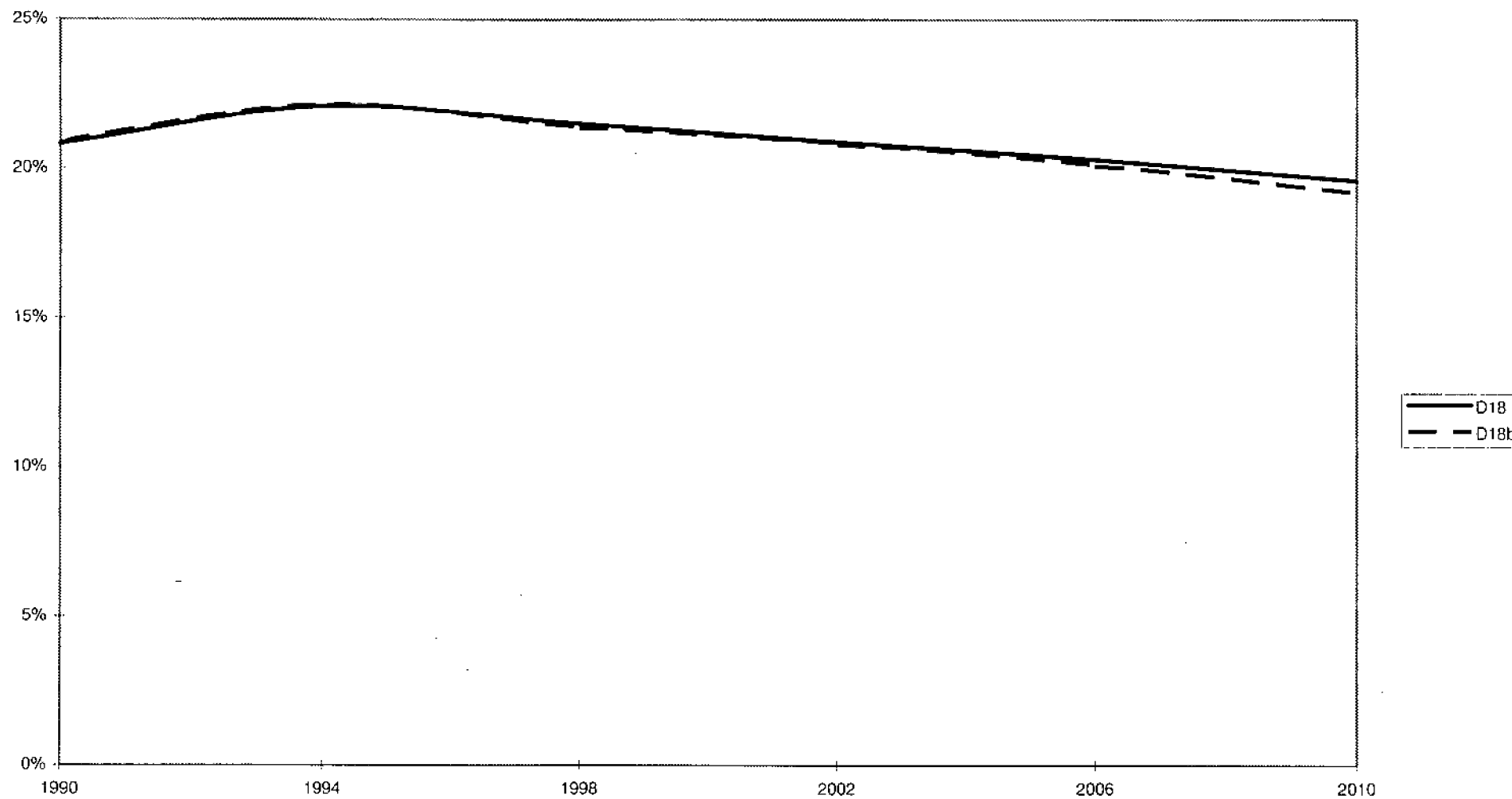
graphique n° 14 - TESTS DE DÉCOUPAGE ALTERNATIF
déplacements motorisés - scénario stationnement payant



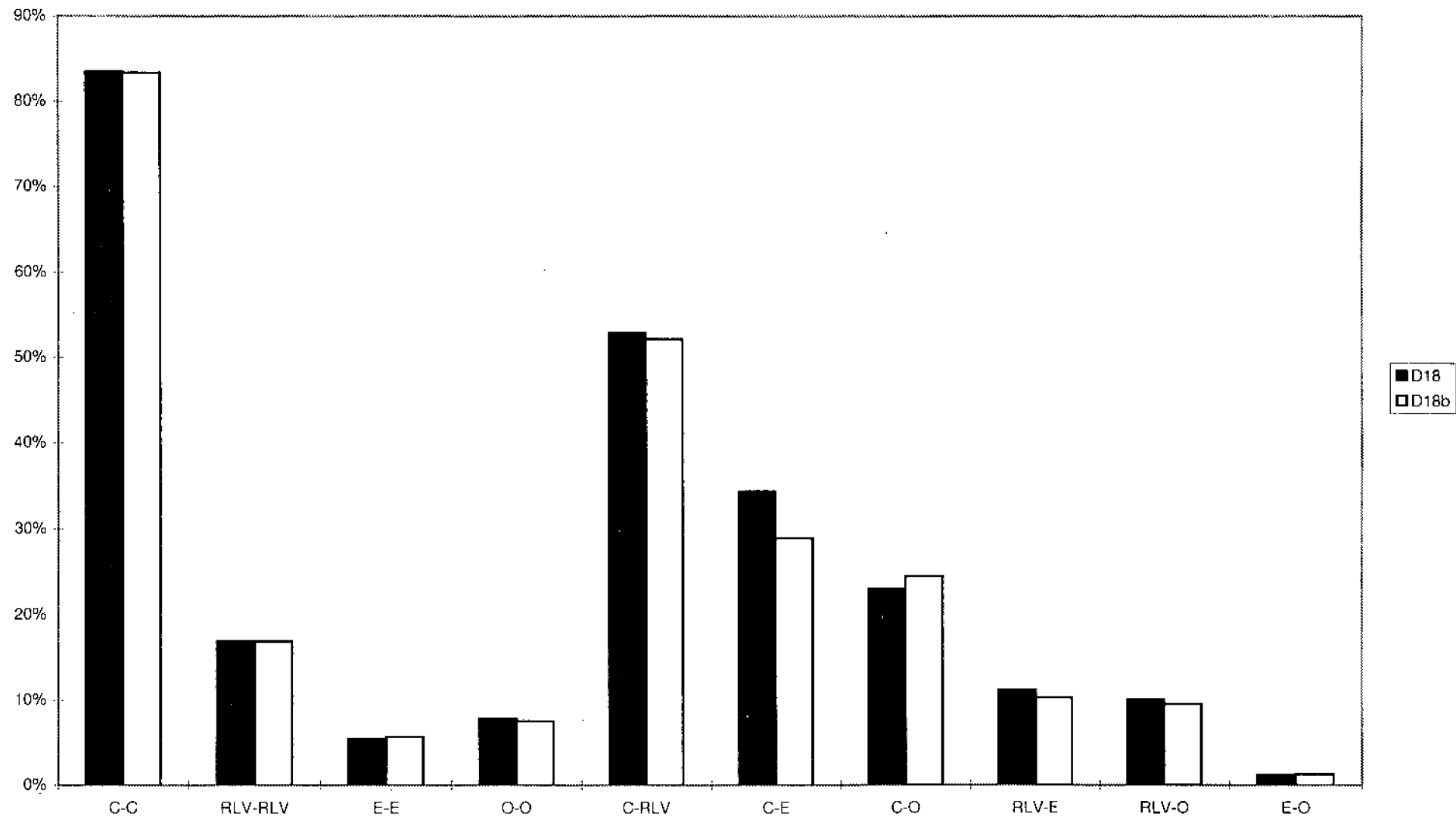
graphique n° 15 - TESTS DE DÉCOUPAGE ALTERNATIF
déplacements motorisés 2010 - scénario stationnement payant



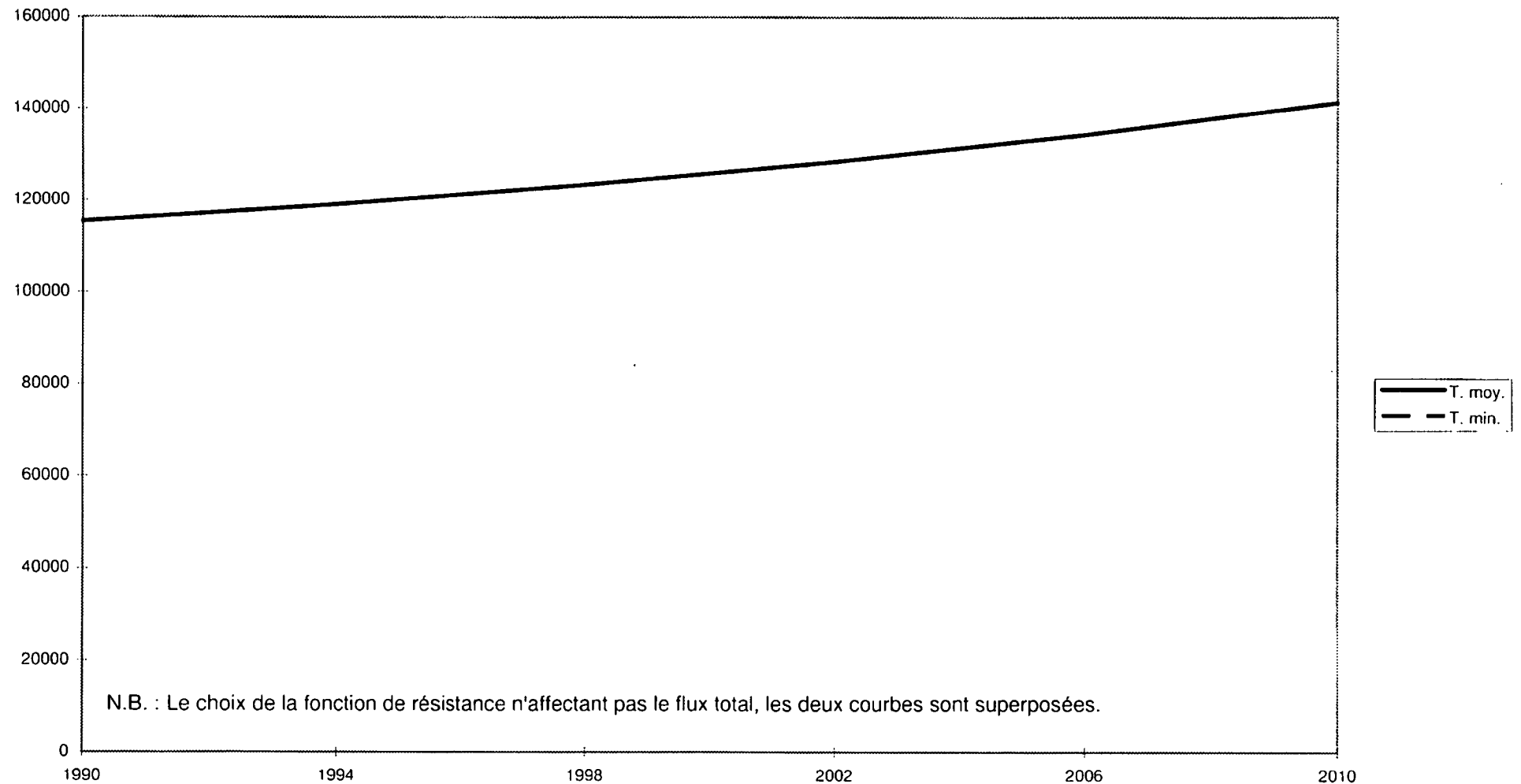
graphique n° 16 - TESTS DE DÉCOUPAGE ALTERNATIF
part modale TC - scénario stationnement payant



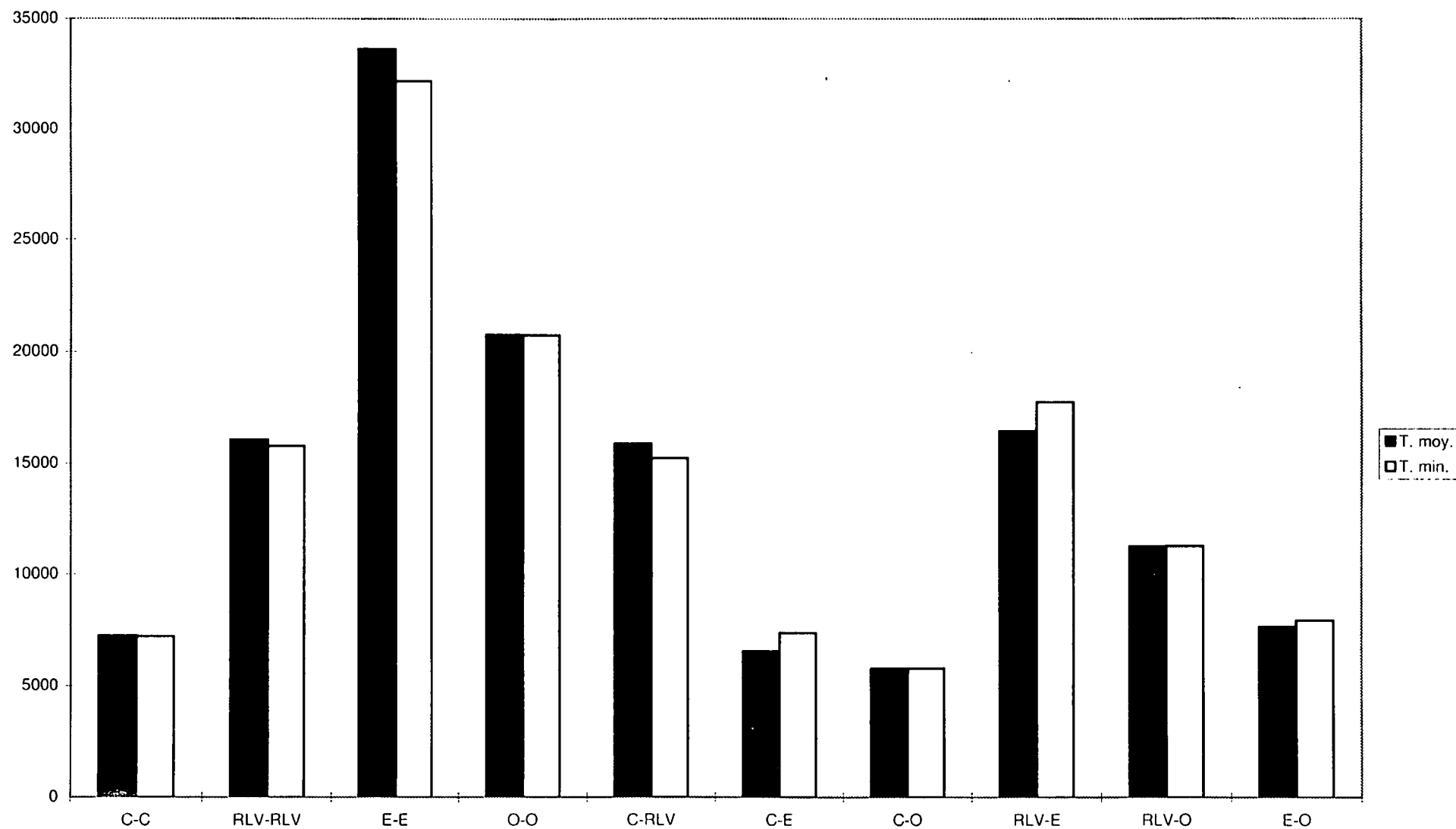
graphique n° 17 - TESTS DE DÉCOUPAGE ALTERNATIF
part modale TC 2010 - scénario stationnement payant



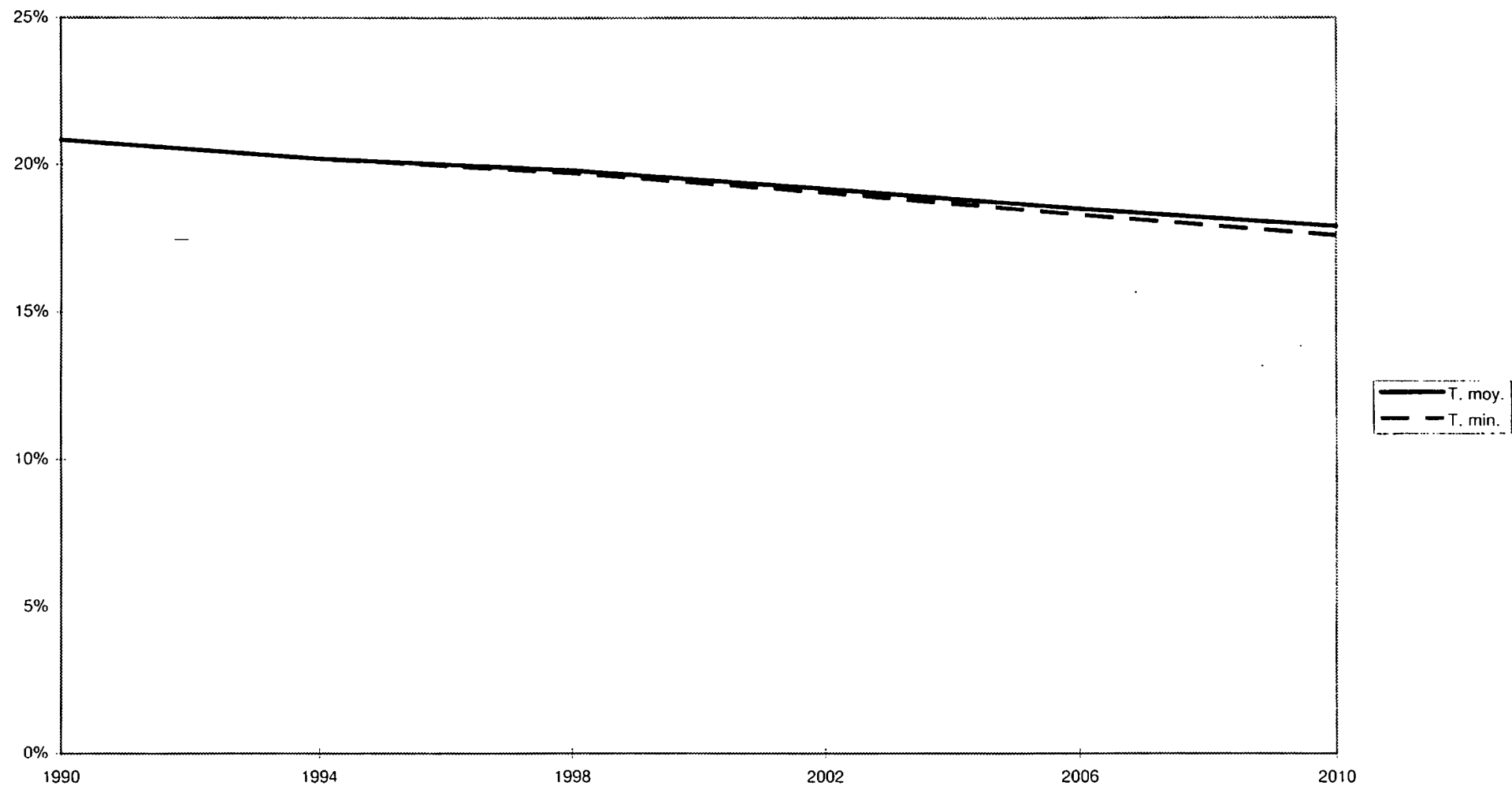
graphique n° 18 - TESTS DE FONCTIONS DE RÉSISTANCE
déplacements motorisés - scénario fil de l'eau



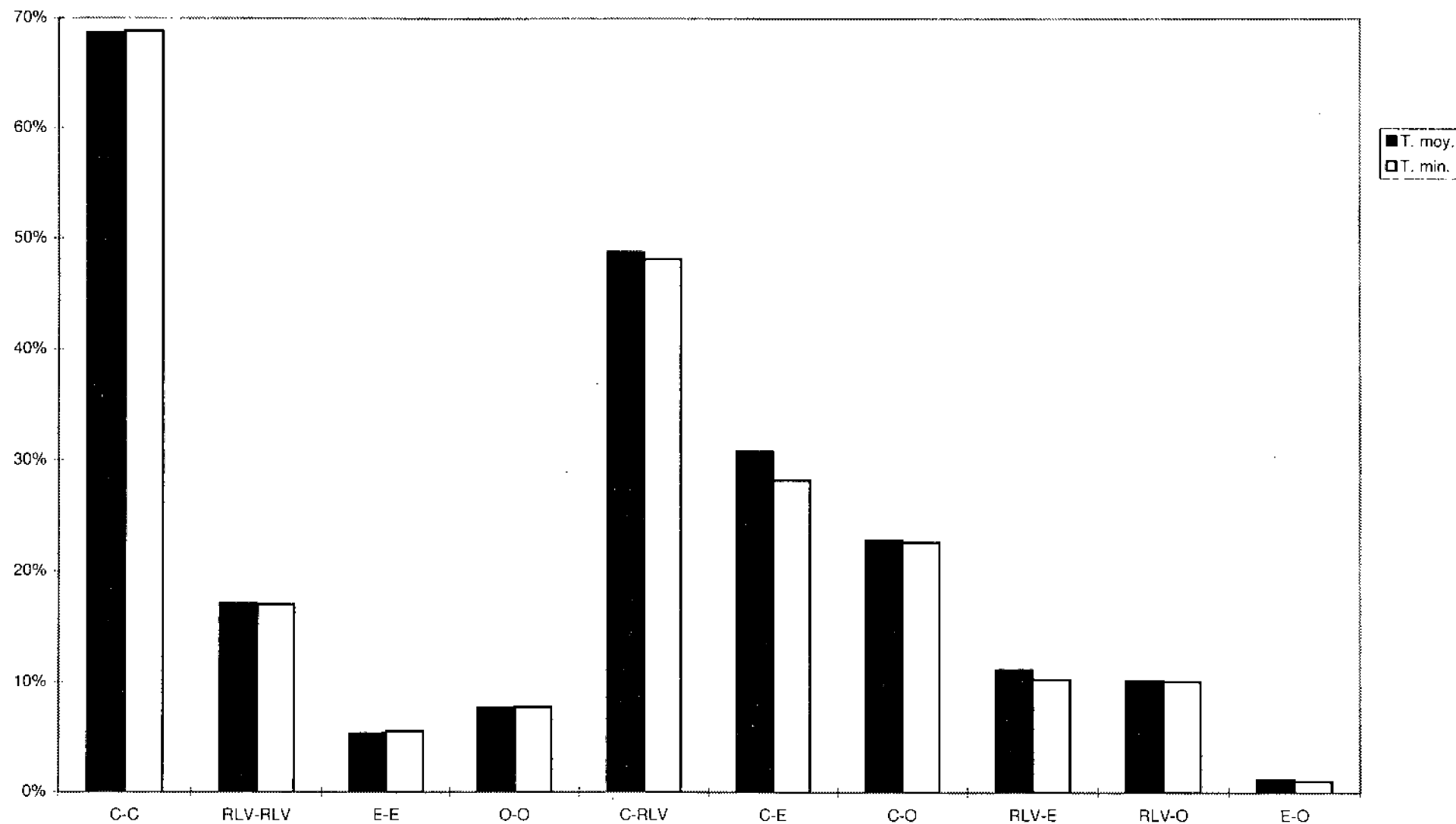
graphique n° 19 - TESTS DE FONCTIONS DE RÉSISTANCE
déplacements motorisés 2010 - scénario fil de l'eau



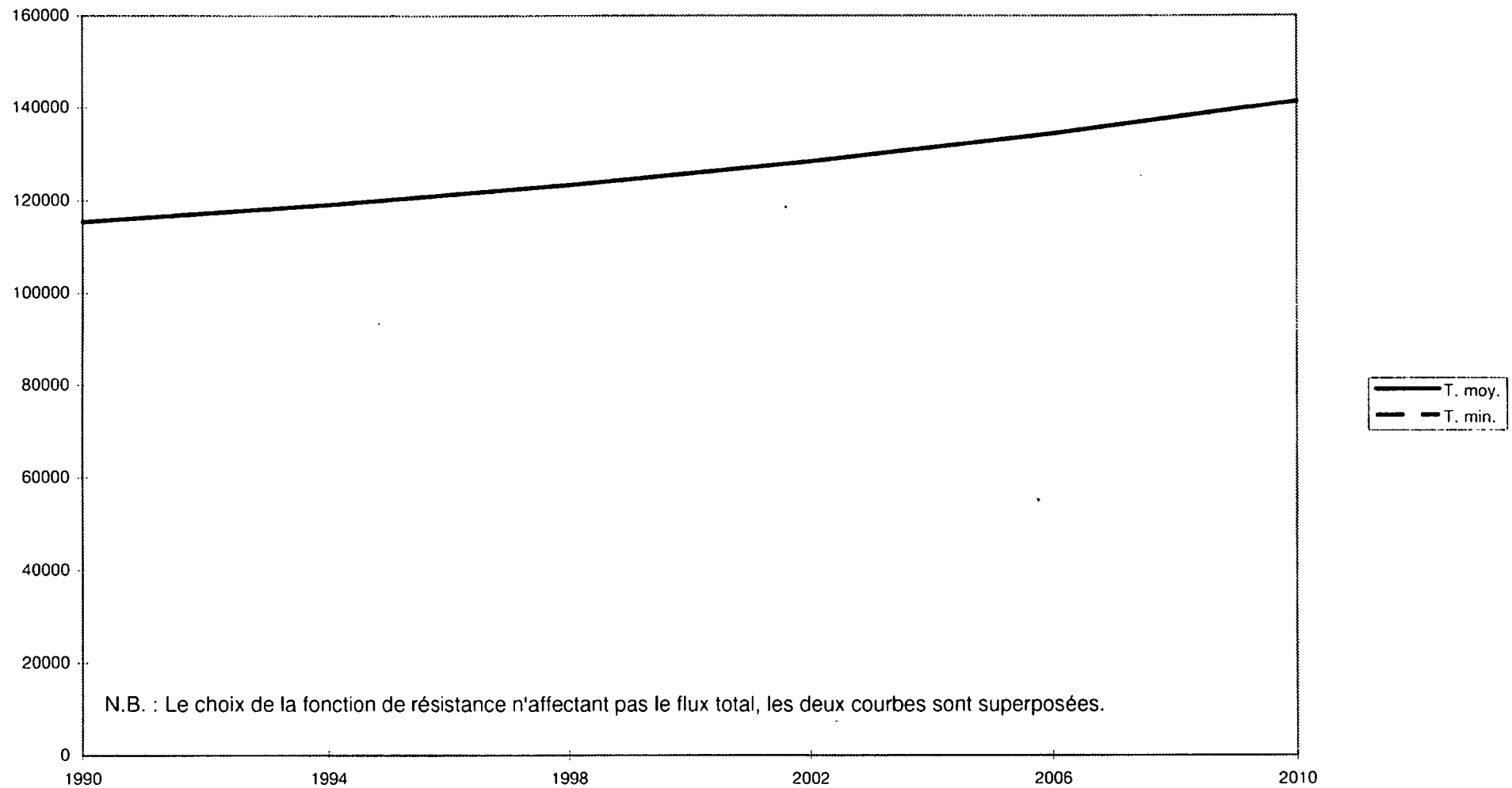
graphique n° 20 - TESTS DE FONCTIONS DE RÉSISTANCE
part modale TC - scénario fil de l'eau



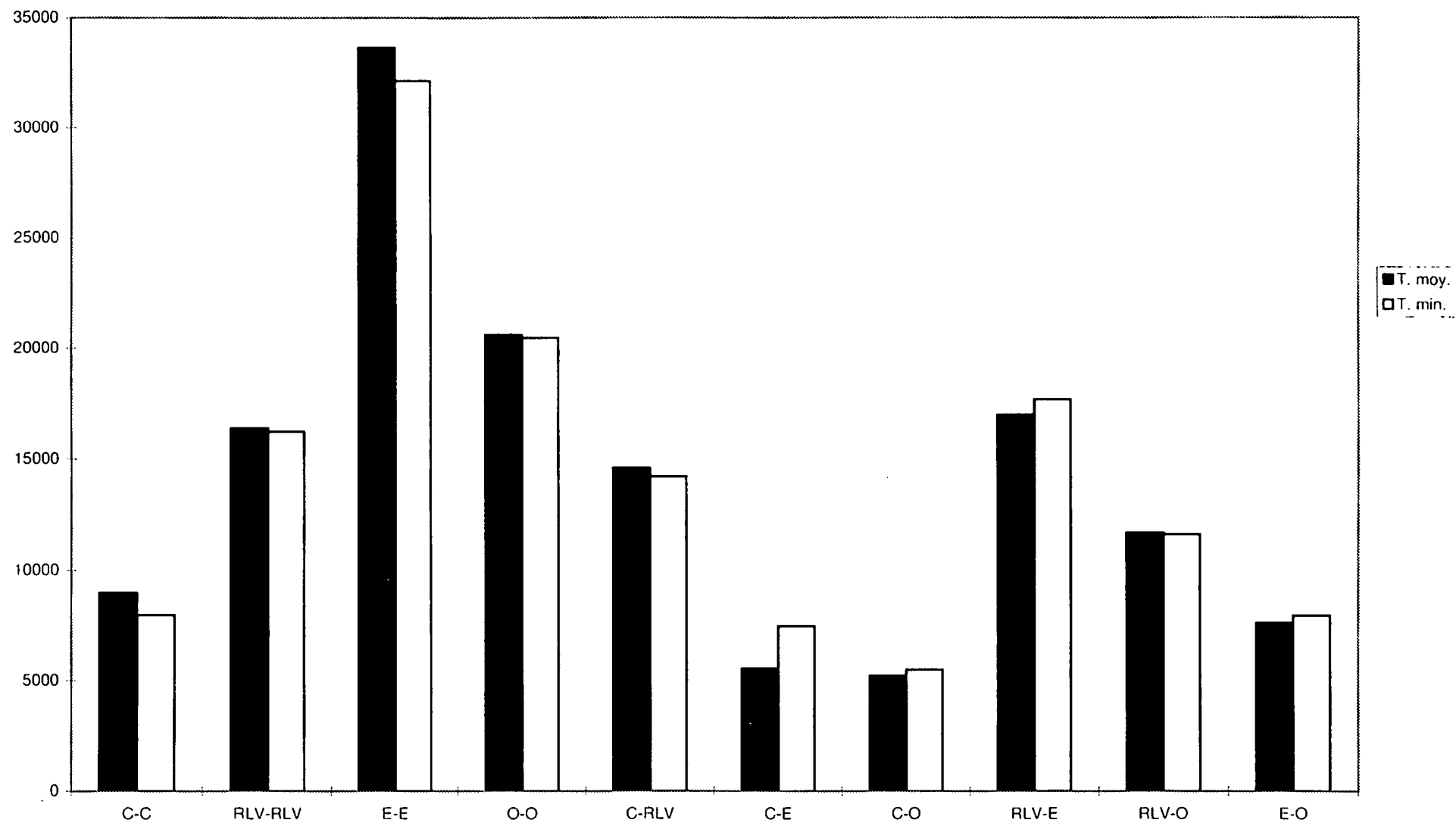
graphique n° 21 - TESTS DE FONCTIONS DE RÉSISTANCE
part modale TC 2010 - scénario fil de l'eau



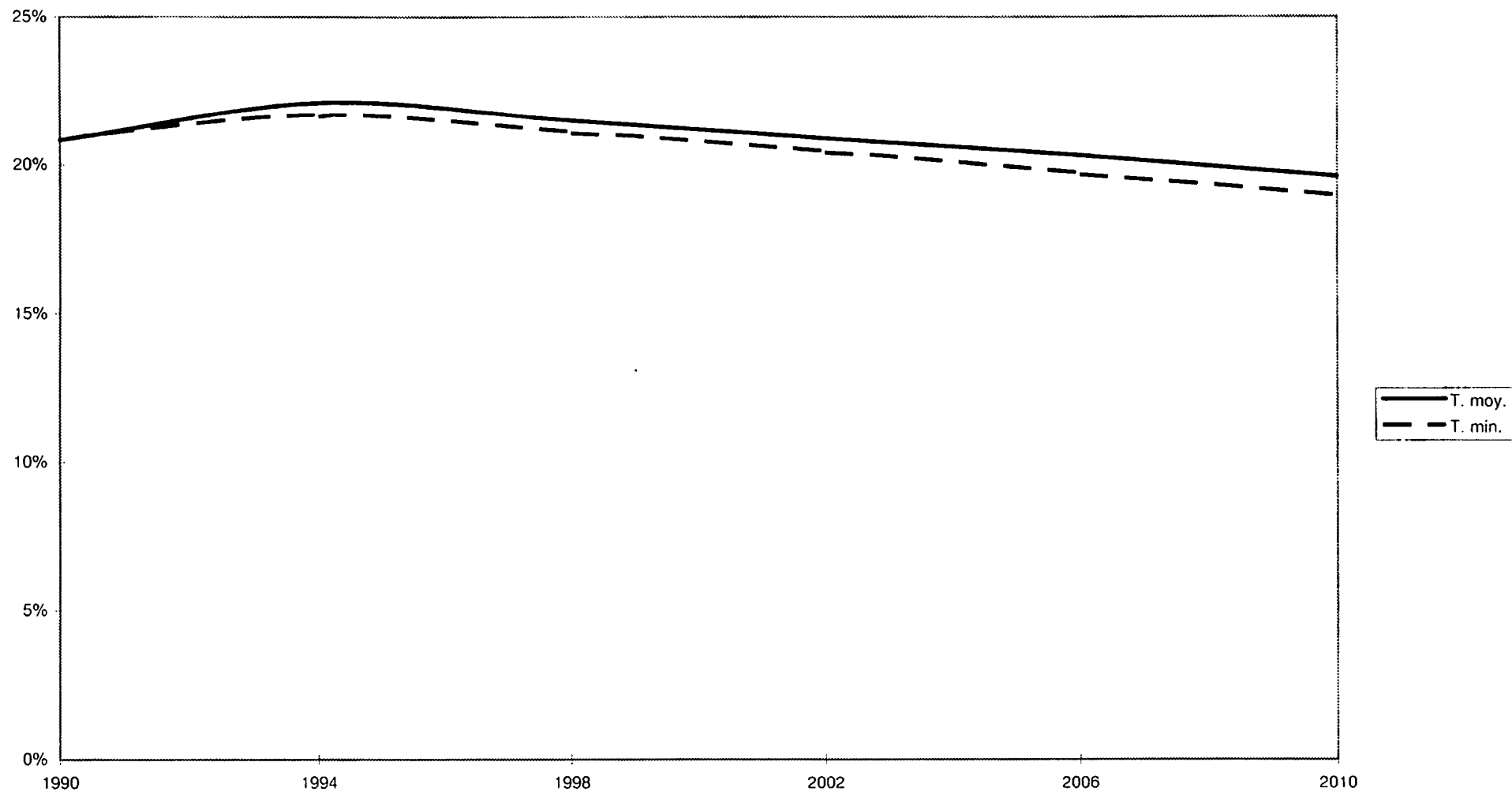
graphique n° 22 - TESTS DE FONCTIONS DE RÉSISTANCE
déplacements motorisés - scénario stationnement payant



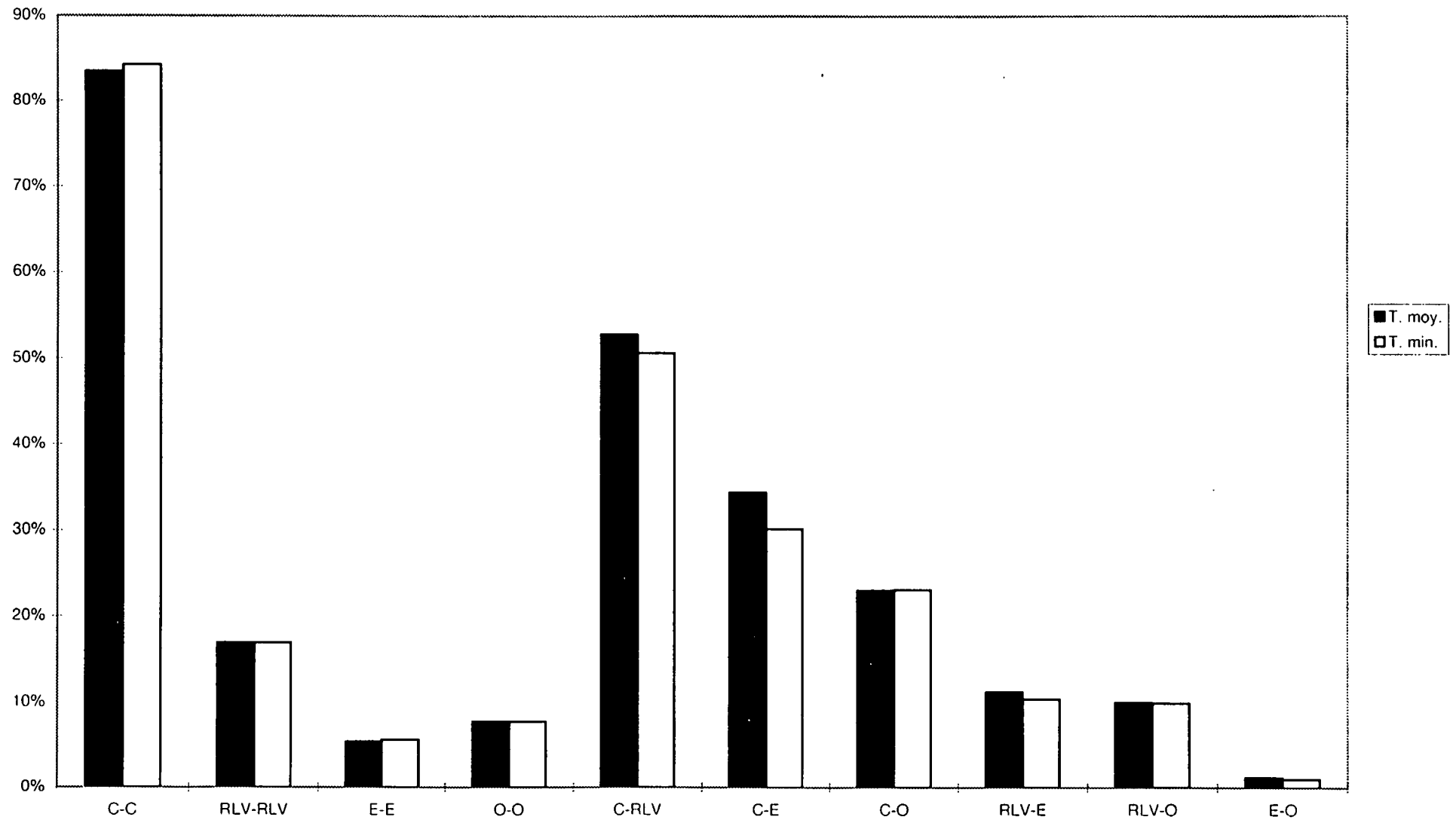
graphique n° 23 - TESTS DE FONCTIONS DE RÉSISTANCE
déplacements motorisés 2010 - scénario stationnement payant



graphique n° 24 - TESTS DE FONCTIONS DE RÉSISTANCE
part modale TC - scénario stationnement payant



graphique n° 25 - TESTS DE FONCTIONS DE RÉSISTANCE
part modale TC 2010 - scénario stationnement payant



AJUSTEMENTS PRÉALABLES

1. déplacements motorisés - itérations sur la situation 90 - fonctionnement initial

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
C-C	6791	6791	6791	6787	6789	6792	6791	6848	6884	6775	7313	6845	7238	6881	7221	6895	7218	6912	7214	6926	7217
RLV-RI	18566	18566	18566	18570	18561	18599	18409	19315	17110	20123	16887	20053	17006	20172	16986	20244	16981	20331	16973	20398	16968
E-E	18622	18622	18622	18623	18610	18689	18354	19999	16739	20121	16626	20416	16484	20365	16351	20291	16250	20196	16165	20117	16085
O-O	11811	11811	11811	11809	11810	11816	11796	11935	11519	12380	11281	12531	11552	12654	11615	12738	11628	12797	11600	12834	11560
C-RLV	16464	16464	16464	16462	16461	16476	16415	16733	16180	16366	16397	16373	16583	16349	16597	16377	16566	16402	16528	16423	16498
C-E	6243	6243	6243	6250	6252	6218	6324	5744	6498	6073	5994	5971	6133	6000	6176	6025	6214	6033	6245	6037	6271
C-O	5240	5240	5240	5243	5238	5251	5211	5370	5094	5665	4595	5673	4477	5650	4510	5622	4560	5608	4625	5601	4668
RLV-E	16302	16302	16302	16294	16314	16218	16676	14457	19178	13876	18883	13647	18766	13528	18814	13456	18839	13417	18857	13385	18864
RLV-O	10350	10350	10350	10352	10352	10355	10340	10443	10617	9870	11200	10260	10933	10202	10947	10139	11000	10019	11076	9934	11149
E-O	4950	4950	4950	4948	4953	4924	5023	4496	5520	4090	6164	3570	6167	3538	6124	3551	6083	3625	6053	3683	6057

2. déplacements motorisés - itérations sur la situation 90 - distribution mixte

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
C-C	6791	6791	6791	6789	6788	6789	6786	6794	6794	6779	6814	6843	6808	6828	6917	6871	6812	6982	6939	6782	6981
RLV-RI	18566	18566	18566	18567	18567	18567	18565	18582	18537	18565	18726	18346	18491	19216	18105	18120	19455	18085	18029	19528	18017
E-E	18622	18622	18622	18623	18621	18623	18613	18666	18588	18586	18980	18416	18525	19797	18270	18200	20051	18245	18326	20088	17986
O-O	11811	11811	11811	11810	11809	11810	11807	11816	11812	11795	11847	11832	11803	11854	11723	11783	11902	11670	11760	11880	11640
C-RLV	16464	16464	16464	16463	16462	16463	16460	16473	16461	16455	16543	16472	16482	16698	16462	16419	16664	16422	16511	16605	16279
C-E	6243	6243	6243	6247	6251	6248	6256	6225	6243	6275	6090	6161	6170	5809	6008	6065	5806	5963	5875	5852	6119
C-O	5240	5240	5240	5241	5241	5240	5240	5245	5238	5239	5271	5221	5264	5354	5227	5305	5422	5181	5277	5509	5185
RLV-E	16302	16302	16302	16298	16299	16297	16305	16254	16363	16317	15867	16741	16492	14697	17107	17254	14295	17104	17206	14174	17349
RLV-O	10350	10350	10350	10352	10353	10353	10352	10357	10352	10345	10388	10350	10296	10403	10449	10318	10333	10503	10431	10343	10510
E-O	4950	4950	4950	4949	4949	4948	4954	4928	4951	4981	4813	4958	5009	4684	5072	5004	4599	5184	4986	4578	5271

3. déplacements motorisés - itérations sur la situation 90 - distr. mixte, sans coef. d'ajustement

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
C-C	6791	7907	7725	7502	7346	7378	7327	7172	7225	7196	7065	7120	7084	6986	7037	6994	6917	6962	6923	6859	6904
RLV-RI	18566	19782	19672	19350	18990	19176	19140	18798	18944	18938	18679	18797	18719	18551	18673	18529	18469	18514	18379	18456	18368
E-E	18622	24371	24690	24462	24060	24566	24614	24259	24663	24646	24360	24718	24634	24413	24742	24594	24437	24763	24548	24400	24758
O-O	11811	13424	13219	13200	13788	13849	14092	14562	14534	14769	15166	15109	15277	15578	15549	15693	15984	15861	16026	16373	16091
C-RLV	16464	19981	19105	18700	18886	18429	18307	18485	18023	17938	18105	17691	17660	17755	17413	17465	17493	17168	17308	17320	16976
C-E	6243	1461	1587	1752	1807	1699	1687	1769	1686	1673	1737	1670	1662	1720	1661	1652	1711	1658	1644	1704	1657
C-O	5240	3370	3948	4224	3837	4033	3989	3699	3916	3867	3642	3846	3797	3651	3828	3739	3658	3863	3702	3628	3867
RLV-E	16302	10318	10132	10488	11156	10445	10298	10899	10309	10224	10706	10171	10197	10561	10065	10198	10473	10005	10200	10434	9982
RLV-O	10350	9404	10091	10316	9668	10096	10102	9607	10091	10017	9582	10080	10042	9686	10122	10063	9693	10292	10090	9526	10424
E-O	4950	5321	5171	5345	5801	5669	5783	6088	5948	6070	6297	6136	6268	6438	6249	6412	6505	6254	6519	6639	6311

TESTS DE PAS À PAS

4. déplacements motorisés - scénario fil de l'eau - pas de 1 an / 2 ans

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
C-C	7930	7763	7546	7402	7453	7415	7302	7350	7317	7269	7298	7264	7245	7259	7242	7249	7253	7246	7277	7269
RLV-RI	19644	19373	18882	18401	18469	18313	17901	17853	17713	17490	17338	17203	17120	16730	16519	16702	16322	15979	16243	15951
E-E	24833	25641	25918	25981	26974	27585	27799	28705	29278	29634	30555	31120	31651	32691	33198	33909	35093	35500	36369	37675
O-O	13763	13907	14283	15273	15779	16562	17445	17919	18763	19627	20088	20986	21890	22077	22811	24060	24278	24745	26145	26349
C-RLV	19949	19024	18574	18731	18216	18054	18116	17660	17621	17658	17277	17352	17376	16924	17031	17168	16707	16773	17013	16532
C-E	1465	1598	1775	1831	1733	1728	1820	1743	1729	1814	1748	1734	1817	1760	1747	1817	1762	1764	1823	1760
C-O	3392	3999	4302	3928	4144	4110	3848	4075	4023	3771	3996	3922	3695	4026	3960	3642	3999	3992	3622	4075
RLV-E	10323	10141	10527	11205	10485	10353	10927	10422	10353	10761	10405	10417	10740	10433	10495	10701	10396	10582	10749	10380
RLV-O	9434	10192	10451	9777	10212	10182	9683	10182	10067	9508	10070	9863	9211	10303	10266	9167	10263	10472	9250	10309
E-O	5449	5423	5710	6401	6461	6659	7196	7252	7468	8017	8041	8278	8768	8740	9167	9572	9529	10233	10548	10564

5. déplacements motorisés - scénario stationnement payant - pas de 1 an / 2 ans

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
C-C	9528	9399	9200	9084	9163	9147	9044	9131	9118	9070	9152	9121	9125	9208	9162	9196	9286	9236	9300	9392
RLV-RI	20637	20357	19881	19513	19591	19450	19108	19066	18938	18828	18626	18412	18582	18133	17856	18203	17698	17350	17834	17445
E-E	24620	25274	25447	25462	26444	26986	27141	28114	28665	29005	29981	30447	30997	32124	32509	33219	34469	34838	35722	37006
O-O	13754	13866	14171	15064	15508	16211	17091	17458	18168	19119	19412	20122	21261	21298	21933	23273	23220	23720	25382	25298
C-RLV	17730	17020	16721	16914	16521	16420	16540	16111	16114	16207	15781	15956	16040	15522	15810	15916	15350	15673	15912	15334
C-E	1207	1318	1483	1530	1410	1416	1513	1414	1398	1489	1419	1399	1483	1427	1406	1491	1441	1420	1506	1456
C-O	2941	3477	3764	3455	3624	3578	3327	3522	3467	3233	3457	3363	3108	3423	3328	3059	3429	3359	2971	3407
RLV-E	10555	10384	10762	11399	10629	10526	11177	10577	10479	10951	10518	10573	10884	10470	10653	10916	10467	10703	11022	10521
RLV-O	9792	10630	10961	10269	10788	10799	10165	10810	10762	9956	10798	10685	9548	10977	10823	9424	11080	11025	9232	10764
E-O	5418	5337	5588	6242	6247	6427	6933	6958	7221	7690	7672	8058	8484	8362	8956	9291	9162	9962	10159	10241

6. déplacements motorisés 2010 - scénario fil de l'eau

	1/2 ans	2/4 ans	4/8 ans
C-C	7269	7493	7729
RLV-RI	15951	16679	16745
E-E	37675	37598	37891
O-O	26349	25995	23864
C-RLV	16532	17679	17803
C-E	1760	1895	1853
C-O	4075	3667	4343
RLV-E	10380	11072	10853
RLV-O	10309	8639	10106
E-O	10564	10501	10203

7. part modale TC 2010 - scénario fil de l'eau

	1/2 ans	2/4 ans	4/8 ans
C-C	67.7%	67.6%	67.9%
RLV-RI	16.4%	17.2%	17.0%
E-E	5.0%	5.2%	5.0%
O-O	7.9%	8.7%	9.2%
C-RLV	46.7%	46.6%	46.6%
C-E	38.6%	39.0%	38.4%
C-O	33.7%	32.5%	31.4%
RLV-E	14.6%	15.2%	15.0%
RLV-O	18.5%	21.9%	19.6%
E-O	1.9%	1.8%	1.9%

8. déplacements motorisés 2010 - scénario stationnement payant

	1/2 ans	2/4 ans	4/8 ans
C-C	9392	9381	9477
RLV-RI	17445	17962	17809
E-E	37006	37096	37483
O-O	25298	25305	23457
C-RLV	15334	16235	16207
C-E	1456	1564	1496
C-O	3407	3104	3818
RLV-E	10521	11276	11050
RLV-O	10764	9119	10696
E-O	10241	10178	9898

9. part modale TC 2010 - scénario stationnement payant

	1/2 ans	2/4 ans	4/8 ans
C-C	83.5%	83.6%	83.6%
RLV-RI	16.4%	17.2%	16.9%
E-E	5.0%	5.3%	5.1%
O-O	8.2%	8.9%	9.4%
C-RLV	51.1%	50.6%	50.4%
C-E	44.4%	44.6%	43.8%
C-O	33.2%	31.9%	30.4%
RLV-E	15.0%	15.4%	15.2%
RLV-O	18.3%	21.9%	19.6%
E-O	1.9%	1.8%	1.9%

TESTS DE DÉCOUPAGE ALTERNATIF

10. déplacements motorisés - scénario fil de l'eau

	1990	1994	1998	2002	2006	2010
D18	115339	119030	123361	128441	134399	141390
D18b	115339	118860	122888	127509	132823	138952

11. déplacements motorisés 2010 - scénario fil de l'eau

	D18	D18b
C-C	7247	6805
RLV-RLV	16072	16049
E-E	33654	30784
O-O	20754	20799
C-RLV	15902	15788
C-E	6572	7352
C-O	5791	5693
RLV-E	16458	16513
RLV-O	11280	11007
E-O	7659	8162

12. part modale TC - scénario fil de l'eau

	1990	1994	1998	2002	2006	2010
D18	20.8%	20.2%	19.8%	19.2%	18.5%	17.9%
D18b	20.8%	20.2%	19.7%	19.1%	18.4%	17.7%

13. part modale TC 2010 - scénario fil de l'eau

	D18	D18b
C-C	68.7%	69.2%
RLV-RLV	17.1%	17.1%
E-E	5.4%	5.6%
O-O	7.7%	7.5%
C-RLV	48.9%	47.4%
C-E	30.8%	27.9%
C-O	22.8%	24.1%
RLV-E	11.2%	10.7%
RLV-O	10.2%	9.9%
E-O	1.2%	1.3%

14. déplacements motorisés - scénario stationnement payant

	1990	1994	1998	2002	2006	2010
D18	115339	119030	123361	128441	134399	141390
D18b	115339	118860	122888	127509	132823	138952

15. déplacements motorisés 2010 - scénario stationnement payant

	D18	D18b
C-C	8983	8279
RLV-RLV	16401	15879
E-E	33646	29607
O-O	20606	20541
C-RLV	14627	14213
C-E	5564	7096
C-O	5227	5046
RLV-E	17016	18353
RLV-O	11701	11341
E-O	7619	8597

16. part modale TC - scénario stationnement payant

	1990	1994	1998	2002	2006	2010
D18	20.8%	22.1%	21.5%	20.9%	20.3%	19.6%
D18b	20.8%	22.1%	21.3%	20.8%	20.1%	19.1%

17. part modale TC 2010 - scénario stationnement payant

	D18	D18b
C-C	83.5%	83.4%
RLV-RLV	16.9%	16.9%
E-E	5.4%	5.7%
O-O	7.8%	7.5%
C-RLV	52.9%	52.2%
C-E	34.4%	29.0%
C-O	23.0%	24.6%
RLV-E	11.2%	10.3%
RLV-O	10.0%	9.5%
E-O	1.2%	1.3%

TESTS DE FONCTIONS DE RÉSISTANCE

18. déplacements motorisés - scénario fil de l'eau

	1990	1994	1998	2002	2006	2010
T. moy.	115339	119030	123361	128441	134399	141390
T. min.	115339	119030	123361	128441	134399	141390

19. déplacements motorisés 2010 - scénario fil de l'eau

	T. moy.	T. min.
C-C	7247	7223
RLV-RLV	16072	15785
E-E	33654	32202
O-O	20754	20729
C-RLV	15902	15259
C-E	6572	7407
C-O	5791	5800
RLV-E	16458	17760
RLV-O	11280	11286
E-O	7659	7938

20. part modale TC - scénario fil de l'eau

	1990	1994	1998	2002	2006	2010
T. moy.	20.8%	20.2%	19.8%	19.2%	18.5%	17.9%
T. min.	20.8%	20.2%	19.7%	19.1%	18.3%	17.6%

21. part modale TC 2010 - scénario fil de l'eau

	T. moy.	T. min.
C-C	68.7%	68.6%
RLV-RLV	17.1%	17.0%
E-E	5.4%	5.6%
O-O	7.7%	7.8%
C-RLV	48.9%	48.2%
C-E	30.8%	28.3%
C-O	22.8%	22.7%
RLV-E	11.2%	10.3%
RLV-O	10.2%	10.1%
E-O	1.2%	1.0%

22. déplacements motorisés - scénario stationnement payant

	1990	1994	1998	2002	2006	2010
T. moy.	115339	119030	123361	128441	134399	141390
T. min.	115339	119030	123361	128441	134399	141390

23. déplacements motorisés 2010 - scénario stationnement payant

	T. moy.	T. min.
C-C	8983	7978
RLV-RLV	16401	16241
E-E	33646	32146
O-O	20606	20484
C-RLV	14627	14246
C-E	5564	7490
C-O	5227	5516
RLV-E	17016	17717
RLV-O	11701	11626
E-O	7619	7946

24. part modale TC - scénario stationnement payant

	1990	1994	1998	2002	2006	2010
T. moy.	20.6%	22.1%	21.5%	20.9%	20.3%	19.6%
T. min.	20.8%	21.6%	21.1%	20.4%	19.7%	18.9%

25. part modale TC 2010 - scénario stationnement payant

	T. moy.	T. min.
C-C	83.5%	84.3%
RLV-RLV	16.9%	16.9%
E-E	5.4%	5.6%
O-O	7.8%	7.8%
C-RLV	52.9%	50.7%
C-E	34.4%	30.2%
C-O	23.0%	23.1%
RLV-E	11.2%	10.4%
RLV-O	10.0%	10.0%
E-O	1.2%	1.0%

ANNEXE 2

ARTICLE DE SYNTHÈSE

1. QU'EST-CE QU'UN MODÈLE STRATÉGIQUE ?

Les démarches de planification urbaine (Schémas Directeurs, Plans de Déplacements Urbains, Dossiers de Voirie d'Agglomération) conduisent à proposer, comparer et évaluer des politiques de transport. Les considérations techniques, qui éclairent en la matière les choix politiques, se fondent avant tout sur la connaissance du contexte local et l'appréhension intuitive des phénomènes de déplacements.

Pourtant, la complexité de certains mécanismes de cause à effet, la coexistence de tendances contradictoires et les phénomènes d'effets pervers peuvent rendre difficile le recours au simple bon sens, et parfois même le prendre en défaut. Il faudrait alors affiner les analyses en se plongeant dans les résultats d'enquêtes qui permettent de connaître en détail, par une analyse statistique rigoureuse, les comportements individuels en matière de mobilité.

Un *modèle stratégique* n'est rien d'autre qu'un outil qui facilite ce travail. Fondé sur une analyse systématique des résultats d'enquêtes, il en identifie les principaux mécanismes et les schématise par une formalisation mathématique. On peut alors appliquer le *modèle* ainsi construit pour **évaluer en ordre de grandeur les conséquences d'hypothèses socio-économiques et politiques sur les conditions de déplacement**. Ce type d'outil est particulièrement adapté aux questions de politique globale de transport à moyen et long terme. Il répond de plus à un objectif de simplicité et de lisibilité, pour éviter l'aspect "boîte noire" des modèles traditionnels, et pour permettre le test rapide d'un grand nombre de scénarios.

En 1995, la SEMALY et le Laboratoire d'Économie des Transports ont développé une application expérimentale sur Lyon et ses environs. Cette étude a été financée par la DRAST (Ministère de l'Équipement) et par le Grand Lyon, et pilotée par la DRE Rhône-Alpes et la DDE du Rhône. Les principales caractéristiques du prototype développé sont :

- un fonctionnement sur tableur ;
- un découpage géographique très agrégé (18 zones pour 1,2 millions d'habitants) ;
- une projection dans l'avenir effectuée en *pas à pas*.

Avant de poursuivre le développement du modèle, et sur une commande de la DRAST, il a été convenu de vérifier le bien-fondé de certaines de ses particularités méthodologiques : le processus de pas à pas, le choix du découpage géographique, enfin la définition des fonctions de résistance (temps généralisés utilisés dans l'étape de distribution géographique).

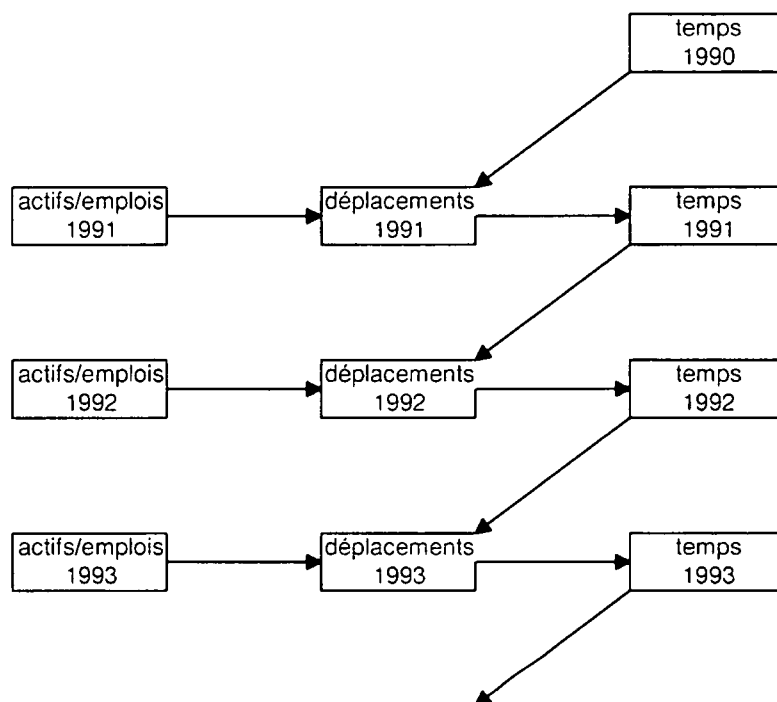
2. LE PROCESSUS DE PAS A PAS

Dans le mécanisme traditionnel des modèles, on procède à un calage sur une situation enquêtée, puis on se projette directement à l'horizon étudié. Par rapport à cette méthode, le mécanisme de pas à pas cherche à apporter les améliorations suivantes :

- explicitation de l'aspect dynamique des évolutions (par quelles étapes intermédiaires passe-t-on de la situation d'origine à la situation projetée ?), avec notamment la possibilité de prendre en compte le peuplement progressif d'un nouveau quartier, la date de mise en service d'une infrastructure... ;
- meilleure prise en compte de l'influence des conditions de transport sur les comportements en matière de choix du mode, de choix des destinations, voire de choix résidentiel, en explicitant notamment des hypothèses de *temps de réaction* (combien de temps faut-il pour qu'une nouvelle infrastructure modifie les comportements ?).

Le principe de base du mécanisme est un calcul de proche en proche. Le schéma ci-dessous donne une image simplifiée du processus utilisé dans le prototype de modèle stratégique mis au point en 1995, dans le cas d'un pas de calcul de 1 an (le prototype permet tout aussi bien de choisir une autre valeur de pas).

PRINCIPE DU PAS À PAS AVEC TEMPS DE RÉACTION DE 1 AN



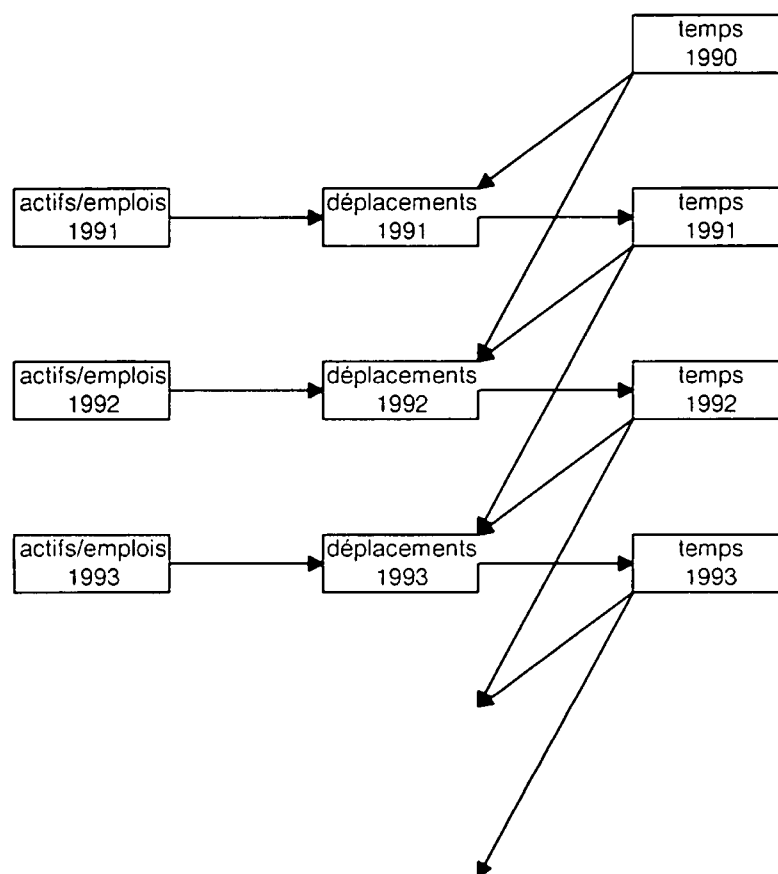
L'évolution de la localisation de la population et des emplois est ici une hypothèse ex-trinsèque. On suppose dans ce cas simplifié que les voyageurs de 1991 choisissent leurs destinations et leurs modes de transport en fonction des conditions de transport (en pratique ici, les temps généralisés de parcours) de l'année précédente. Ceci est justifié par la non-connaissance en temps réel des changements de conditions de transport, par le poids des habitudes, enfin par les contraintes extérieures qui pèsent sur les déplacements (rigidité évidente du lieu de travail, mais aussi de toute l'organisation de la vie quotidienne individuelle).

Cette structure de déplacements 1991, obtenue par les étapes de génération, distribution et répartition modale, entraîne par affectation sur les réseaux de nouvelles conditions de

transport, correspondant à la situation de 1991. Associées aux hypothèses de population et d'emploi 92, ces conditions de transport 91 vont alors permettre d'estimer la structure des déplacements de 1992, et ainsi de suite.

Les phénomènes réels sont évidemment bien plus complexes que le mécanisme décrit ci-dessus. Notamment, le temps de réaction est très variable d'un individu et d'un motif de déplacement à l'autre. Il faudrait dans l'absolu considérer une *distribution* continue des temps de réaction. En première approche, le modèle a été amélioré en y intégrant la distribution des temps de réaction la plus simple : on considère que la moitié des déplacements réagissent au bout d'un pas de calcul, l'autre moitié ne réagissant qu'au bout de 2 pas de calcul. Ceci est illustré par le schéma ci-dessous, dans le cas d'un pas de calcul de 1 an.

PRINCIPE DU PAS À PAS AVEC TEMPS DE RÉACTION MIXTE 1 AN / 2 ANS



Dans un cas comme dans l'autre, on voit bien que la valeur du pas n'est pas un simple intermédiaire de calcul. **La valeur du pas suppose celle du temps de réaction des déplacements aux conditions d'offre.** D'un point de vue strictement théorique, changer le pas revient à modifier une hypothèse comportementale, et **il n'est donc pas du tout nécessaire qu'on aboutisse au même résultat.**

Or le calage du temps de réaction est difficile. Pour s'en tenir au choix de la destination du déplacement, le temps de réaction dépend du motif : long pour les déplacements

domicile-travail, plus court pour les domicile-achats... Dans le premier cas, on peut analyser les mobilités résidentielle et professionnelle et leurs motivations telles qu'elles apparaissent dans certaines enquêtes-ménages. Pour le reste, on peut peut-être s'en tenir à des hypothèses de bon sens. Ce calage comportera inévitablement de larges zones d'incertitude, d'où le risque de se tromper sur le temps de réaction. Il est dès lors important de mesurer **la sensibilité des résultats du modèle au(x) temps de réaction supposé(s)**. Si cette sensibilité est grande, l'incertitude forte sur le temps de réaction entraîne une incertitude forte sur les résultats. Et cette conclusion n'affecterait pas seulement les modèles stratégiques, mais aussi les autres modèles de long terme, puisqu'ils comportent tous, implicitement, des hypothèses de temps de réaction.

Une comparaison a été faite entre des pas de calcul de 1, 2 et 4 ans, pour une application à l'horizon 2010 (année de calage : 1990) selon deux scénarios de transport : un scénario à offre inchangée, et un scénario à stationnement payant généralisé (30 F en moyenne par déplacement) dans le centre de Lyon (Presqu'île, Part-Dieu). On a considéré par ailleurs que l'urbanisation poursuivait les évolutions observées entre les derniers recensements. Les résultats analysés sont le nombre de déplacements motorisés et la part modale des transports collectifs, au total et par grandes liaisons géographiques.

On note dans l'ensemble une très bonne cohérence des résultats, en rapport avec l'ambition du modèle de cerner des ordres de grandeur : les écarts sont presque toujours inférieurs à 10 %, hormis quelques pointes autour de 20 %. Cette relative stabilité, rassurante, s'explique assez logiquement d'une part par le lissage inhérent aux méthodes employées (grandes zones, distribution des temps de réaction), d'autre part par le rythme assez lent d'évolution du contexte (urbanisation, transport) dans les scénarios testés. Notons qu'il n'est donc pas évident que ces observations soient valables pour tous les modèles, dans tous les scénarios...

3. LE DÉCOUPAGE GÉOGRAPHIQUE

Dans tout modèle, la définition du découpage recouvre une large part d'arbitraire. La sensibilité peut pourtant y être forte, notamment vis-à-vis du réseau de transport collectif : sous-découper une zone pour isoler l'aire d'influence pédestre d'une gare peut conduire à réévaluer sensiblement le trafic potentiel de cette gare. Dans le cas du modèle stratégique, l'échelle très macroscopique permet d'éviter cet arbitraire-là, mais pose évidemment d'autres questions. Qu'en est-il si l'on remplace les grandes zones définies par d'autres contours, tout aussi défendables ? On peut ainsi changer notablement la physiologie du découpage, et donc la représentation des liaisons entre zones, jusqu'à ne conserver presque rien en commun avec le découpage initial. Ne risque-t-on pas ce faisant de bouleverser les résultats par de simples effets calculatoires ?

Pour apporter des éléments de réponse à cette question, on a fait les mêmes tests que pour le pas à pas, mais en comparant cette fois deux découpages géographiques, tous deux en 18 zones, également raisonnables, mais aux contours différents.

On observe là aussi une très bonne cohérence d'ensemble des résultats : écarts très rarement supérieurs à 10 %. Les écarts principaux (ponctuellement jusqu'à 30 %, mais sur

de petits flux) apparaissent sur les liaisons qui concernent le secteur est de l'agglomération, c'est-à-dire là où se trouvent les zones les plus étendues, et donc logiquement les imprécisions les plus fortes. Mais les écarts observés semblent permettre de conclure que le choix relativement arbitraire du découpage ne pèse pas trop sensiblement sur les résultats.

4. LES FONCTIONS DE RÉSISTANCE

Dans le prototype de modèle stratégique développé en 1995, l'étape de distribution géographique des déplacements est effectuée par un modèle de type gravitaire exponentiel. Cette formulation n'est pas la seule envisageable, mais le point commun de toutes les méthodes classiques est de considérer plus ou moins explicitement une *fonction de résistance*, qui représente la difficulté, le "coût", que demande un déplacement, et qui permet de modéliser le fait que l'on choisit de préférence, à service équivalent, une destination proche à une destination éloignée. Dans le cas du modèle gravitaire classique, cette fonction prend la forme d'une exponentielle négative du temps généralisé de parcours (rapporté à un coefficient de conductance).

L'étape de distribution se faisant avant celle de partage modal, elle ne peut se fonder que sur des temps généralisés censés être représentatifs de l'ensemble des modes. Plusieurs définitions sont alors possibles. Sont-elles équivalentes ?

Dans le même cadre général que précédemment, on a cette fois comparé deux définitions, tout aussi défendables l'une que l'autre, de la fonction de résistance : d'une part *la moyenne*, pondérée par les flux, des temps généralisés VP et TC, d'autre part le temps généralisé *le plus court* entre les deux modes.

On observe là encore une concordance très correcte des résultats (mêmes ordres de grandeur des écarts que pour les tests de découpages). L'écart le plus important s'observe pour les parts de marché TC. Ceci peut se comprendre dans la mesure où le temps minimum est dans la grande majorité des cas le temps VP. La structure de matrice induite par cette définition est donc plus "orientée VP" que la première, c'est-à-dire qu'elle renforce les flux sur les liaisons où l'offre routière est performante. Il est donc logique que la part de marché TC modélisée soit légèrement inférieure dans ce cas. L'écart observé ne remet cependant pas en cause l'ordre de grandeur des résultats.

En conclusion, ces tests de cohérence sont plutôt encourageants. Leur portée peut toutefois difficilement être généralisée : ils s'appliquent à des méthodes et à un contexte spécifiques. Leur utilité principale est alors peut-être de rappeler que chaque modèle se fonde sur un certain nombre d'*a priori*, arbitraires, à la sensibilité desquels il est toujours souhaitable de s'intéresser.