# Prise en compte de scénarios d'aménagement dans un modèle de projection démographique à micro-échelle

Pierre Desgagnés,
Direction de la planification
Ministère des Transports du Québec

Exposé préparé pour la séance
«***Meilleures pratiques de planification des transports urbains***»
du congrès annuel de 2004 de
l'Association des transports du Canada
à Québec (Québec)

# PROLOGUE

Il y a une dizaine d'années, dans le cadre des travaux liés au plan de transports de l'agglomération de Québec, nous avons été confrontés aux cas de certaines localités de banlieues, exposées à de fortes perspectives de croissances, mais dont les territoires étaient déjà très largement urbanisés. Malgré le soin apporté à la préparation des projections, l'exercice se révélait soudainement suspect puisque les territoires disponibles ne semblaient pas pouvoir recevoir tous les ménages prévus.

Nous venions de toucher aux limites propres des modèles strictement démographiques qui découlent simplement de leur complète «insensibilité» vis à vis divers aspects de la réalité dont certaines contraintes matérielles. Or, si le problème peut paraître évident après-coup, on doit constater qu'il ne devient manifeste que dans certaines circonstances assez particulières.

Pour que de tels problèmes puissent se révéler il faut en effet travailler à une échelle suffisamment fine : localité ou zone de planification, et il faut traduire en termes de «ménages» les perspectives d'évolution de la population.

Il faut aussi, bien entendu, qu'en des points quelconque, les perspectives de croissance débordent effectivement des possibilités de développement et il faut une très bonne connaissance du territoire et des contraintes d'aménagement.

Lorsque nous avons voulu formaliser l'identification de «plafonds de développement» nous avons dû constater cependant que ce n'était pas la même chose, ni sur le plan technique, ni sur le plan «politique», d'identifier des potentiels que de déterminer des plafonds de développement et que l'idée de plafonds uniques de développement devait être écartée parce que trop simpliste. Même dans les cas limites de localités de banlieue dont les territoires seraient entièrement développés, on doit en effet admettre que des opérations de densification ou de redéveloppement restent toujours «possibles», même si elles sont «improbables», et qu'à ce titre, tout plafond de développement repose sur certaines hypothèses…

Quelques années plus tard, quand nous avons entrepris d'implémenter les fonctions relatives aux contraintes d'aménagement dans notre modèle de projection, nous les avons donc tout de suite conçues comme des éléments d'un module de scénarisation permettant de considérer différents plafonds de développement correspondant à divers niveaux de contraintes. Quoique nous ayons dû la nuancer, l'idée qu'il y aurait des limites «matérielles» au développement nous a cependant fortement orienté dans notre recherche des principes et des mécanismes devant être appliqués à la réallocation des ménages. En corollaire de la prise en compte de contraintes strictement «objectives», nous souhaitions en effet développer, pour la réallocation des ménages, une approche et des procédures qui seraient les plus neutres possibles au regard des tendances observées et c'est cette neutralité, croyons-nous, qui fait tout l'intérêt de notre modèle comme outil d'évaluation de scénarios d'aménagement.

# 1. LE MODÈLE ES-3

## 1.1 PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Développé au MTQ au milieu des années 90 afin de fournir des intrants démographiques adaptés à la prévision de la demande en transport, le modèle **ES-3,** pour *Entrants - Sortants,* à *3 niveaux*, est un modèle de projection produisant des perspectives détaillées selon le sexe et l'âge, à l'échelle des municipalités ou zones de planification pour l'ensemble de la province.

Sa principale caractéristique est d'appliquer directement à micro-échelle la méthode classique des composantes. Partant des populations recensées par municipalités ou zones inframunicipales, les effectifs pour chaque bond de projection sont en effet générés par un calcul détaillé des effets de la mortalité et de la fécondité, des pertes migratoires (sortants) et des apports de population (entrants).

Sur le plan théorique il repose sur l'hypothèse que, malgré des problèmes de bruit et l'imperfection des données, les particularités démographiques observables à l'échelle locale sont significatives dans la mesure où elles peuvent être rapportées à la place ou au rôle de chaque localités dans l'organisation spatiale régionale et la dynamique démographique métropolitaine. Qu'il s'agisse de quartiers urbains centraux, de banlieues anciennes ou de nouveaux développements résidentiels à la marge des agglomérations, on peut en effet constater des particularités propres à chaque zone et qui se retrouvent d'une région à l'autre et d'une période à l'autre. Ainsi, les zones de banlieue et les zones centrales présentent des profils migratoires tout à fait caractéristiques, comme des signatures, qui correspondent au fait banal qu'il y a des âges pour arriver en ville et d'autres pour aller s'installer en banlieue. De même, pour la fécondité, si le clivage historique entre les régions rurales et les régions urbaines s'est substantiellement estompé, on trouve certaines variations locales très marquées (quartiers urbains centraux, zones de banlieue, communautés autochtones) qui sont, quant à nous, tout à fait significatives.

Le modèle repose aussi sur l'hypothèse qu'il existe des régions «réelles», constituant l'espace de référence significatif pour les mouvements de population, et qui permet notamment de distinguer les migrations inter régionales de mouvements infra régionaux qui s'expliqueraient principalement par les décisions de localisation résidentielle des ménages.

Dans **ES-3,** ces mouvements de population sont représentés par deux grandeurs distinctes, des «taux de sortie» exprimant, en proportion, le manque à gagner entre la population attendue et la population non-migrante, et des «parts de pools de migrants» correspondant, pour chaque groupe d'âge et sexe, au rapport entre les migrants dénombrés dans chaque localité et la somme des migrants de chaque «région» considérée.

Maintenus constants, à l'intérieur d'un même scénario, pour tous les bonds de projection, ces «taux de sortie» et «parts de pools» permettent d'entretenir des mouvements d'entrée et de sortie de population dont les volumes et l'orientation varient principalement en fonction de l'évolution de la structure d'âge.

Derrière le système des pools, l'idée de base est que les localités d'une région sont, de fait, en «concurrence» les unes par rapport aux autres sous l'angle des décisions de localisation résidentielle des ménages et donc des migrants. La répartition, au dernier recensement, est ainsi considérée comme «indicative» de l'attractivité relative de chaque localité au regard des divers groupes de migrants. Pour certains groupes d'âge, les mouvements de population sont clairement orientés vers les zones centrales, pour d'autres, vers la périphérie et pour d'autres encore vers les localités ou zones résidentielles d'urbanisation moins récente et les mieux situées.

Si rien de tout cela n'est fixe non plus qu'absolu, il reste que les mouvements de population captés dans les taux de sortie et les parts de pools de migrants correspondent généralement à ce qui semble «normal» au regard de ce que nous connaissons de la trajectoire résidentielle des ménages. Ce qui est crucial c'est de distinguer, à micro-échelle et en fonction de l'âge, les apports et les pertes de population et de les resituer dans un cadre régional adéquat.

Cela dit, aucune région n'est un système clos et c'est encore plus vrai des régions métropolitaines dont les échanges de populations avec l'extérieur peuvent être extrêmement importants. Le système

développé pour «gérer» les mouvements de population intra-métropolitains devait donc être rattaché à un modèle plus général ou à des projections démographiques préétablies.

En pratique, comme nous butions sur diverses difficultés d'appariement géographique et d'ajustement des données, il nous est apparu plus avantageux d'ajouter un étage régional au modèle et de l'appliquer à l'ensemble du Québec, plutôt que de nous évertuer de rattacher nos projections à des perspectives préétablies.

Les régions se trouvant les unes par rapport aux autres, à l'échelle du Québec, dans une sorte de concurrence assez semblable à celle qui s'exerce entre les localités d'une même région, le même dispositif a donc appliqué aux régions (taux de sortie, formation de « pools », parts d'entrants, etc.) pour reproduire les migrations interrégionales. Avant redistribution, le pool provincial est cependant ajusté sur le solde migratoire apparent du Québec, calculé pour la période de référence ce qui permet de tenir compte des pertes migratoires et aussi du sous-dénombrement et du cumul des effets d'arrondissement sur l'ensemble des localités considérées dans le modèle.

## 1.2 PROCÉDURE DE PROJECTION

Le modèle de projections utilise en entrée les données de population détaillées selon le groupe d'âge quinquennal (0-4, 5-9, ..., 90et+) et le sexe ainsi qu'un ensemble de taux et parts calculés à partir des chiffres de population des deux derniers recensement et des données sur le «statut de mobilité – 5 ans auparavant». À l'étape de calibrage du modèle, ces données de mobilité sont d'abord «ajustées» à toutes les échelles et pour chaque groupe d'âge, de manière à assurer la cohérence des liens entre les effectifs des mêmes cohortes entre les deux derniers recensement (ex : 20-24 de 1996 → 25-29 de 2001) compte tenu des apports de population, des taux de mortalité (pour l'ensemble de la province) ainsi que de la répartition des pensionnaires d'établissements institutionnels. Les données sur les migrants externes sont rajustées sur le chiffre total de migrants et des taux locaux de fécondité sont estimés en rapportant les effectifs des 0-4 ans à la population féminine d'âge fécond de chaque zone.

Dans sa version de base la procédure est une grande boucle composée de trois blocs principaux :

- *calcul des populations attendues ;*
- *calcul des effectifs de 5 ans et plus (formation et distribution des pools, ajout des migrants externes) ;*
- *calcul des 0-4 ans et totalisations.*

Le premier bloc, le calcul des populations attendues, consiste simplement à faire changer les effectifs de groupe d'âge (0-4 ans -> 5-9 ans) en leur appliquant les taux de survie par groupe d'âge correspondant à l'espérance de vie propre à chaque période. Le cas échéant, c'est la somme de la population attendue des zones inframunicipales qui donne la population attendue des municipalités et c'est la somme des populations attendues des municipalités qui détermine celle de chaque région.

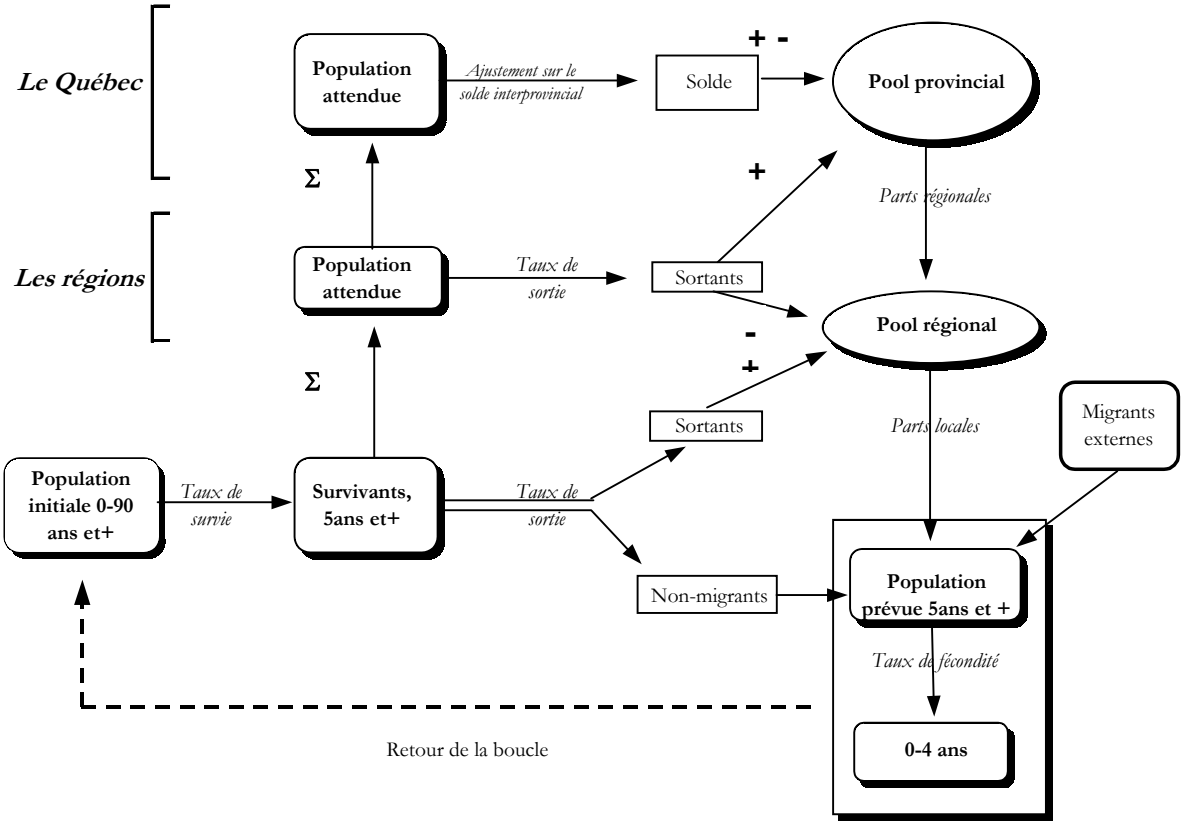
Le deuxième bloc, celui du calcul des effectifs de 5 ans et plus, est une étape plus complexe qui se divise en plusieurs boucles secondaires visant notamment la formation et la distribution des pools. Pour chaque groupe d'âge et chaque région, le volume de sortants est d'abord calculé en appliquant, aux populations attendues, des taux de sortie propres à chaque âge, sexe et région. Un pool provincial est alors formé en additionnant les sortants de chaque région, dont on soustrait l'équivalent du solde de la balance migratoire du Québec pour la période de référence. C'est ce pool provincial, redistribué entre les régions selon leur part relative au dernier recensement, qui détermine en fait leur solde migratoire pour la période.

Parallèlement, les sortants de chaque région sont soustraits des pools régionaux correspondants qui se voient ainsi attribués des valeurs initiales négatives. Ces valeurs négatives sont ensuite graduellement compensées par l'ajout des sortants de chaque municipalité et la redistribution du pool provincial.

À l'échelle locale, qui est l'échelle de base de notre modèle, les taux de sortie sont aussi appliqués aux populations attendues, non seulement pour déterminer le volume de sortants à ajouter aux pools régionaux, mais aussi pour établir les effectifs de non migrants (population de base dans le calcul des effectifs de 5 ans et plus). En fin de boucle, quand tous les sortants ont été calculés et que les pools régionaux peuvent être consolidés, ces pools sont redistribués entre les municipalités, les effectifs répartis

s'ajoutant aux non migrants. L'addition des migrants externes (effectifs, structure d'âge et répartition géographique au dernier recensement ) permet de compléter le calcul de la population de 5 ans et plus.

**Figure 1 : Procédure de projection, version de base**




À l'échelle inframunicipale c'est, à deux différences près, un système identique qui est appliqué. À cette échelle, c'est en effet la municipalité qui joue le rôle de la région pour ses zones inframunicipales et les mouvements de population sont gérés à travers deux pools distincts, un pour les migrants et un autre pour ceux qui déménagent sans changer de municipalité. La procédure de projection pour les zones inframunicipales est en fait, imbriquée dans la procédure principale. Plutôt qu'une boucle distincte, ce sont donc des étapes supplémentaires qui sont ajoutées à la boucle principale, lorsque le programme rencontre une municipalité découpée en zones.

Enfin, dans le dernier bloc, les taux de fécondité sont appliqués, par zone ou municipalité, à la population féminine d'âge fécond pour produire les 0-4 ans répartis en garçons et filles selon un taux moyen de masculinité de 0,51. Les effectifs pour tous les groupes d'âge étant déterminés, on peut reprendre toute la procédure pour avancer d'une autre bond de cinq ans.

On trouve à la Figure 1, une représentation schématique de la procédure dans sa version de base. Rappelons que même si nous parlons de pool au singulier il s'agit toujours de pools au pluriel, puisqu'il y en a 36, pour les 2 sexes et les 18 groupes (5-9 à 90 ans et+) considérés dans les calculs.

# 2. GESTION DES CONTRAINTES D'AMÉNAGEMENT

## 2.1 PROBLÉMATIQUE

Sachant que la formation des ménages constitue en quelque sorte l'interface entre l'évolution démographique et la croissance urbaine, il est intéressant de transposer les projections de population en projections de ménages. Or, partant de projections démographiques suffisamment détaillées on peut obtenir, assez facilement, de bonnes estimations de l'évolution probable du nombre de ménages en utilisant la méthode dite des «taux de chefs» qui consiste à appliquer aux effectifs prévus à différents horizons des taux dérivés des proportions de «principaux soutiens de ménage» à différents groupes d'âge observées dans les derniers recensement. Comme elle exploite les particularités des structures d'âge, cette méthode permet en effet d'obtenir des résultats assez réalistes selon lesquels l'évolution du nombre de ménages peut être substantiellement différente de celle de la population totale tout en restant entièrement tributaire des données de population.

Il peut arriver cependant qu'à micro-échelle, la simple traduction des projections démographiques en projections de ménages débouche sur des résultats inacceptables ou très improbables au regard des possibilités réelles d'expansion du tissu urbain ou du fonctionnement normal du marché du logement.

En l'occurrence, il peut d'abord arriver qu'en raison de contraintes physiques, les superficies disponibles se révèlent insuffisantes à certains endroits pour accueillir les nouvelles constructions requise pour les ménages prévus. Dans de telles situations il est bien évident que les projections démographiques seraient en défaut et que les ménages qui ne pourraient pas s'installer dans une localité soumise à des contraintes, trouveraient ailleurs où se loger.

Ensuite, dans des cas où les données locales débouchent sur des perspectives de décroissance de la population, il peut arriver que les pertes d'effectifs finissent par se répercuter aussi sur les ménages et conduisent à la formation de surplus de logements. Dans plusieurs régions périphériques et communautés rurales en décroissance c'est déjà le cas depuis quelques années et, si l'on peut trouver cela regrettable, c'est un résultat qui ne dénote en rien un défaut dans les prévisions. Par contre, si cela se présente pour des localités situées dans des zones en croissance, l'affaire peut être assez problématique puisque la formation d'un surplus «local» de logements est une perspective qui semble bien improbable dans des zones ou des régions où la formation de nouveaux ménages exigerait la production de nouvelles unités de logement.

Les projections démographiques seraient donc encore ici en défaut puisque, malgré les imperfections du marché (segmentation) et les possibilités de reconversion des logements ou d'augmentation de la consommation des ménages, la redistribution de la population en fonction des disponibilités en logement est une issue bien plus plausible que la formation de surplus localisés de logements.

Plus concrètement, même si c'étaient les problèmes liés aux contraintes d'aménagement qui avaient d'abord attirés notre attention, nous avons dû constater, qu'en pratique, les problèmes du deuxième type (surplus de logements) étaient bien plus fréquents que ceux du premier.

Pourquoi ? D'abord, parce que les perspectives de croissance restent généralement bien en deçà des seuils problématiques… Les perspectives de croissance sont en effet plutôt modestes et il semble aussi que les apports de population diminuent «naturellement» à l'approche de ces seuils, l'existence de contraintes d'aménagement se répercutant donc dans les données qui servent de référence aux projections. En fait, dans les cas à risques, là où l'on trouverait une croissance rapide jumelée à des faibles superficies disponibles, les problèmes ne peuvent se manifester que dans une période très brève, avant que le rythme de croissance n'ait trop entamé les possibilités résiduelles de développement et ne s'en trouve par là même affecté.

Ensuite, il appert que les chances de tomber sur des perspectives de formation de surplus de logement sont, au contraire, beaucoup plus élevées puisque de telles perspectives s'inscrivent dans le simple prolongement du processus normal de maturation de plusieurs quartiers résidentiels ou localités de banlieue. Du point de vue des données démographiques, des quartiers résidentiels où les gens se plaisent et où la population est stable, vont se caractériser en effet, à maturité, par de faibles pertes mais

aussi de faibles apports migratoires. Or, projetée à long terme, la combinaison d'une migration faible et du vieillissement de la population débouche naturellement (pour cause de mortalité), sur une décroissance des effectifs appelée à s'accélérer avec le temps et à entraîner, à plus long terme, une diminution marquée du nombre de ménages à mesure des décès de leurs derniers survivants.

Bref, à l'échelle de quartiers ou petites localités de banlieue assez homogènes, l'utilisation des données démographiques courantes peut non seulement déboucher sur des perspectives de décroissance de la population, tout à fait réalistes, mais aussi se traduire en prévisions de diminutions du nombre de ménages, nettement improbables…

Au regard des projections de population à l'échelle locale, l'implémentation de fonctionnalités permettant de disposer des problèmes de ménages excédentaires et de surplus de logements, constituait donc un moyen d'améliorer la plausibilité de nos résultats.

C'est cependant du point de vue du développement du modèle que l'affaire présentait le plus grand intérêt puisque, comme il s'agissait d'y introduire des fonctions supportant (ou simulant) une variation dynamique des paramètres de projection, les changements structurels qu'elle impliquait permettraient de transformer le modèle de projection en un modèle de simulation.

Qui plus est, si les cas de limites physiques au développement sont, en réalité, exceptionnels, il reste que des contraintes légales ou réglementaires, fonctionnellement équivalentes, peuvent être imposées par les pouvoirs publics et qu'il s'agit en fait d'un de leurs principaux modes d'intervention en matière d'aménagement. Ainsi, même si l'on peut douter de la valeur prédictive à long terme de ce type de contraintes puisqu'elles peuvent être amendés ou adaptées (et que c'est dans leur nature de l'être!), il peut être utile et particulièrement intéressant d'apprécier les impacts éventuels de leur maintien, de leur resserrement ou de leur allègement. En adaptant le modèle à la prise en compte des limites physiques au développement nous nous trouverions donc à lui permette de s'ajuster à divers scénarios d'aménagement.

## 2.2 ORIENTATIONS

Pour s'intégrer «harmonieusement» dans le modèle sur le plan de l'approche (philosophie sous-jacente) et sur le plan du fonctionnement (contraintes logiques et informatiques de mise en œuvre) la formule recherchée pour assurer la prise en compte des contraintes d'aménagement devait présenter certaines caractéristiques particulières.

Parce qu'il ne comporte aucune opération qui ne peut pas être rapportée à un phénomène réel sur le plan de la démographie **ES-3** peut être considéré comme un modèle «réaliste». De fait, toutes ses fonctions sont l'expression, dans un langage de manipulation des données, de certaines hypothèses relatives aux composantes et aux paramètres déterminants de l'évolution de la population à l'échelle locale.

Comme il n'y a pour ainsi dire jamais une seule et bonne manière de représenter un phénomène et de le traduire en langage de manipulation de données, et comme il y a toujours des risques d'erreurs de programmation, le principal test auquel il peut-être soumis est celui d'une généralisation systématique de ses procédures. Certes, le fait qu'une procédure produise des résultats cohérents et plausibles lorsqu'elle est appliquée systématiquement à toutes les municipalités du Québec ne constitue pas une preuve qu'elle est adéquate. Mais la réciproque est vraie, à telle enseigne que nous avons dû revoir, corriger ou remplacer bon nombre de formules qui, même si elles nous paraissaient logiques et tout à fait convenables a priori, produisaient à divers endroits des résultats inexplicables ou aberrants.

Appliquées au traitement du problème des surplus de ménages et de logements, ces considérations militaient donc en faveur de la recherche d'une formule «réaliste», c'est-à-dire aussi près que possible de l'exposé du problème en langage clair, et «généralisable», c'est-à-dire qui pourrait être étendue à toutes les localités de toutes les régions.

Or, comme nous l'avons évoqué plus haut, même si la formation de surplus de logements peut être considérée comme une aberration dans la plupart des zones en expansion, c'est une éventualité tout à fait plausible et pratiquement même une certitude pour bon nombre de petites localités dans des régions en décroissance. La formule recherchée devait donc pouvoir «gérer» convenablement les surplus de

logements dans une variété de contextes en les éliminant lorsque possible et raisonnable, et en les conservant lorsque requis.

À l'opposé, les perspectives de formation de surplus de ménages (qu'on pourrait exprimer comme l'apparition de «crises du logement») semblent tout à fait exclues des éventualités concrètes et le sont certainement, dans l'absolu, à moins de s'étendre à toutes les localités d'une même grande zone.

La formule recherchée devait donc être plus efficace, ou beaucoup plus «agressive», dans la réallocation des ménages excédentaires que dans l'élimination des surplus de logements.

D'autre part, bien qu'il eut été certainement possible d'assurer la gestion des ces surplus avec une formule quelconque de redistribution-récupération des parts de pools de migrants, il nous semblait qu'aucune région n'était assez homogène et intégrée pour qu'il soit raisonnable d'éliminer tous les surplus de logements de n'importe quelle localité en y «détournant» des parts supplémentaires des pools de migrants. Pour éviter de générer des aberrations plus importantes que les problèmes qu'elle visait à régler, la formule employée pour le traitement des surplus de logements devait donc comprendre la délimitation d'un espace de référence pertinent au regard des localités où se produisent ces surplus.

Or, si la détermination de tels espaces, dans l'absolu, aurait posé tout le problème de la délimitation de régions «objectives» et du traitement des zones à la marge et des superpositions, il nous est apparu qu'un espace de référence spécifique pouvait certainement être déterminé pour chacune des localités concernées en dressant pour chacune d'entre elles une liste de localités de substitution ordonnée selon un degré de ressemblance.

Pour le traitement des surplus de logements, la formule retenue devait donc pouvoir s'accommoder de références «relatives», avec les conséquences (complications) que cela impliquait sur le plan de la programmation, mais en considérant qu'il y avait là une opportunité de maintenir l'uniformité du traitement des surplus de ménages et de logements dans une approche plus réaliste. Outre l'ajustement du modèle et le développement de procédures pertinentes, il allait aussi falloir capter les préférences des ménages dans une ou des mesures convenables pour déterminer quelles localités seraient les plus susceptibles de constituer des «alternatives» acceptables dans les divers cas où les contraintes d'aménagement exigeraient une réorientation des migrants.

## 2.3 RÉORIENTATION DES MÉNAGES ET DE LA POPULATION : CADRE GÉNÉRAL ET PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT

Quoique le modèle ne considère en matière de mobilité que des individus groupés selon l'âge et le sexe, il est bien évident que la plus grande partie des mouvements de population sont en réalité des mouvements de ménages déjà constitués, ou qui se forment à l'occasion du déménagement. Les pools régionaux de migrants, que le modèle répartit entre les localités, contiennent donc, du moins virtuellement, des ménages.

Sur ces ménages nous ne disposons d'aucune information directe (autre que la répartition par âge et sexe des personnes qui les composent) mais, en supposant que l'ensemble des ménages, dans les localités de destination, est à peu près représentatif des ménages qui vont s'y installer, il est possible d'organiser en «ménages» les effectifs compris dans les pools de migrants, et de leur attribuer des patterns de fécondité, en leur appliquant les taux de chefs et de fécondité correspondant à leur localité de destination.

Eu égard à la distribution infra-régionale des migrants, il s'agit donc de traduire les pools de migrants en un nombre déterminé de ménages virtuels, qui sont en quelque sorte à la recherche d'un logement.

Dans certains cas, en raison de contraintes d'aménagement, ces ménages ne pourront pas s'installer dans leur localité «originale» de destination et devront donc être dirigés vers une autre localité. Dans d'autres cas, en l'absence de toute contrainte, ils pourraient être attirés par une autre localité présentant des surplus de logements et dévier ainsi de leur destination «originale».

La question ici, dans tous les cas, est évidemment d'identifier les «alternatives» pertinentes. Or, si la distance est certainement importante, on peut considérer que c'est le «degré» de similarité entre deux localités qui devrait déterminer si et dans quelle mesure elles peuvent représenter l'une pour l'autre des destinations de substitution réellement acceptables. En plus de nous fournir les caractéristiques des

ménages, les localités originales de destination nous donnent en effet «une» réponse à la question de leurs préférences de localisation résidentielle puisque, par définition, chaque localité originale de destination, satisfait ces préférences. Entre deux localités immédiatement voisines, qui seraient identiques en tous points, on peut donc raisonnablement supposer que la formation éventuelle d'un surplus de logements dans l'une ou l'autre de ces localités devrait y provoquer une réorientation des mouvements de population jusqu'à l'atteinte d'un équilibre.

De façon similaire, dans l'éventualité où des contraintes d'aménagement exigeraient une réorientation des mouvements de population, on peut supposer qu'ils se dirigeraient vers les localités les plus semblables et les plus proches. Bref, sans égard au contenu d'une mesure de similarité, on peut poser que c'est toujours au regard des localités originales de destination que devrait se déterminer la possibilité ou la nécessité d'une réorientation des mouvements de population et s'apprécier les alternatives.

### 2.3.1 Composition d'un indice de similarité

Sans prétendre élucider les mécanismes des décisions de localisation résidentielle, il nous est apparu que deux localités auraient d'autant plus de chance d'être des substituts acceptables qu'elles seraient plus proches et plus semblables au regard d'un ensemble de caractéristiques socio-économiques de base.

**Tableau 1: Composition de l'indice de similarité**

| Type[1] | Nom symbolique | Description |
|---|---|---|
| **Groupes de variables et modes de calculs** | | |
| **Provenance et structure d'âge des migrants** | | |
| **A** | mig_prov | Répartition des migrants et des mobiles non-migrant selon leur SDR ( 384 localités de 2500 habitants et plus ), leur DR (99) ou leur province ou RMR de résidence en 1996, ou leur statut de mobilité pour les migrants externes |
| **A** | mig_age | Migrants de 5 ans et plus selon le groupe d'âge quinquennal (18) et le sexe (2) |
| **Revenu moyen et distribution des ménages par revenus** | | |
| **B** | rev_moyen | Revenu moyen des ménages $ |
| **A** | rev_distri | Ménages selon la tranche de revenus (11) (Moins de 10 000$ à 100 000$ et plus). |
| **Types, coûts et modes d'occupation des logements** | | |
| **A** | log_type | Logements occupés selon le type de construction (8) |
| **A** | log_tenure | Ménages selon le mode d'occupation des logements (2) |
| **B** | log_cout | Loyer brut moyen ou principales dépenses de propriété moyennes $ (2) |
| **A** | dep_30pc | Pourcentage des ménages (locataires ou propriétaires) consacrantt 30% ou plus de leurs revenus aux coûts d'habitation (2) |
| **Langue maternelle, minorité visible et population autochtone** | | |
| **A** | langue | Population selon la langue maternelle (4) (Fançais, anglais, langues non-officielles, réponses multiples) |
| **A** | minor_vis | Population selon l'appartenance à une minorité visible ou le statut d'autochtone (3) |
| **Desserte du transport en commun** | | |
| **C** | tc | Niveau de desserte du transport en commun |
| **Lieux de travail** | | |
| **A** | ldt | Répartition des actifs occupés selon la SDR ou le quartier (groupe de SR ou de ZP) du lieu de travail (1316) |
| **Temps de trajet entre les localités** | | |
| **D** | temps | Temps de trajet entre chaque paire de localités calculé selon les distances itinéraires sur le réseau supérieur pour des conditions optimales (y compris les délais d'attente et les temps de traverses si l'itinéraire optimal suppose l'utilisation d'un traversier) |

(1) **A** = distribution; **B** = moyenne; **C** = indice, **D** = temps

Parallèlement à des mesures directes de similarité consistant donc à comparer toutes les paires de localités au regard de diverses variables potentiellement significatives (revenus des ménages, coût et composition du stock de logements, répartition des lieux de travail, niveaux de desserte du transport en commun, langue maternelle, minorité visible et population autochtone, etc.) nous avons aussi intégré des mesures indirectes exploitant les particularités des patterns de mobilité (structures d'âge et distribution des migrants selon leur lieu de provenance). Que deux localités «attirent» des migrants des mêmes âges et d'un même groupe de localités de provenance, nous paraissait en effet fournir l'indication d'une ressemblance suffisante pour se traduire dans une similarité des mouvements de population.

Dans sa forme actuelle, l'indice de similarité utilisé dans le modèle repose sur l'agrégation de 13 mesures distinctes organisées en 7 groupes (Tableau 1), dont les poids relatifs et les modes d'agrégation (produit ou moyenne des composantes) sont entièrement paramétrables.

S'agissant en quelque sorte de construire une grille d'évaluation multicritères nous souhaitions évidemment nous prémunir contre les inconsistances propres à ce genre de grilles et éviter les phénomènes de repêchage qui permettent de compenser les mauvais scores par des bons. Dès le départ nous avons donc pris une option en faveur d'une agrégation multiplicative c'est-à-dire que l'indice de similarité devait être (ou pouvoir être) le produit de diverses mesures individuelles, dont nous souhaitions qu'il s'agisse, autant que possible, de mesures «continues», indiquant donc, pour chaque paire de localité, un «degré» de correspondance par rapport à chacune des variables considérées.

Aussi, par souci d'homogénéité et pour permettre l'utilisation de divers modes ou de combinaisons de modes d'agrégation, nous souhaitions que toutes les mesures soient exprimées sur la même base, en l'occurrence par des grandeurs comprises entre 0 et 1, où l'unité correspondrait à une stricte équivalence.

Concrètement, compte tenu des caractéristiques des variables considérées et de certaines de leurs propriétés communes, nous avons retenu trois modes de calculs différents permettant de produire des résultats raisonnablement homogènes.

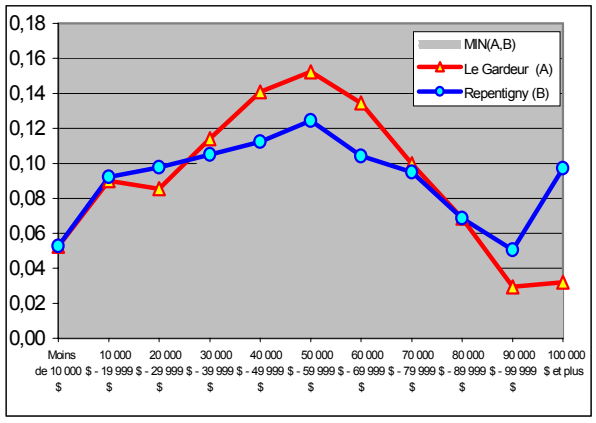
#### 2.3.1.1 Mesure de similarité pour les variables ayant la forme d'une distribution (type «A»)

Même si le nombre de catégories concernées est très différent selon qu'on compare deux localités sous l'angle de la répartition des migrants par municipalité de provenance ou sous celui de la répartition des ménages par tranche de revenus, il s'agit dans les deux cas de comparer des «distributions». Or, quelles que soient les grandeurs mises en cause (et le nombre de catégories concernées!), on peut toujours comparer des distributions en les exprimant en pourcentage ou en part du total et déterminer ensuite, s'il existe des similarités de structure.

Concrètement, en les représentant graphiquement (Figure 2) on peut poser que le degré de ressemblance entre deux distributions correspond en fait à la surface de l'aire commune sous les courbes c'est-à-dire à la somme de la plus petite part que représente chacune des catégories pour l'une ou l'autre des localités considérées.

**Figure 2 : Mesure de similarité entre deux localités sous l'angle de la distribution des ménages par tranche de revenus**

| | Le Gardeur (A) | | Repentigny (B) | | MIN(A,B) |
|---|---|---|---|---|---|
| | n | n/Total | n | n/Total | |
| Moins de 10 000 $ | 295 | 0,053 | 1 005 | 0,053 | 0,053 |
| 10 000 $ - 19 999 $ | 505 | 0,090 | 1 760 | 0,092 | 0,090 |
| 20 000 $ - 29 999 $ | 480 | 0,086 | 1 865 | 0,098 | 0,086 |
| 30 000 $ - 39 999 $ | 640 | 0,114 | 2 005 | 0,105 | 0,105 |
| 40 000 $ - 49 999 $ | 790 | 0,141 | 2 145 | 0,112 | 0,112 |
| 50 000 $ - 59 999 $ | 855 | 0,152 | 2 375 | 0,124 | 0,124 |
| 60 000 $ - 69 999 $ | 755 | 0,135 | 1 990 | 0,104 | 0,104 |
| 70 000 $ - 79 999 $ | 560 | 0,100 | 1 815 | 0,095 | 0,095 |
| 80 000 $ - 89 999 $ | 385 | 0,069 | 1 310 | 0,069 | 0,069 |
| 90 000 $ - 99 999 $ | 165 | 0,029 | 965 | 0,051 | 0,029 |
| 100 000 $ et plus | 180 | 0,032 | 1 855 | 0,097 | 0,032 |
| **Total** | **5 610** | **1,000** | **19 090** | **1,000** | **0,899** |




Ainsi, dans l'exemple ci-haut, on constate que, malgré des différences visibles, les deux localités considérées présentent néanmoins un assez haut degré de correspondance au regard de la distribution des ménages par tranche de revenus (aire commune sous les courbes), ce qui donne un indice assez élevé, soit 0,899. Bien que nous ne sachions rien, directement, de la distribution des revenus propre aux migrants, il reste que, sous cet angle, ces deux localités constituent certainement, l'une pour l'autre, des alternatives de localisation résidentielle plus plausibles qui si elles étaient moins «semblables» au titre de la distribution des ménages par tranche de revenus.

Bien qu'elle puisse paraître extrêmement simple (après-coup), cette mesure s'est révélée satisfaire l'essentiel de nos objectifs initiaux et ne présenter aucune propriété mathématique fâcheuse. Nous l'avons donc utilisée systématiquement pour toutes les variables ayant la forme d'une distribution ou qui pouvaient être ramenées sur cette base.

#### 2.3.1.2 Mesure de similarité pour les variables exprimées sous forme d'une moyenne ( type «B»)

Même si la distribution des ménages par tranche de revenus fournissait une assez bonne base de caractérisation, il nous a semblé que le revenu moyen pouvait constituer un complément utile d'autant que la moyenne des revenus est, dans certaines localités, sensiblement supérieure à la tranche de revenus la plus élevée pour laquelle les données sont disponibles dans la série «Profils». Aussi, comme les seules données disponibles sur les coûts du logement étaient exprimées en dépenses moyennes de propriété ou en loyers moyens, il nous fallait une mesure permettant de comparer des moyennes si nous voulions intégrer ces considérations dans notre mesure globale de similarité.

Or, si des moyennes peuvent paraître a priori plus directement comparables que des distributions, le problème consistait à ramener les différences entre des moyennes sur une base constante ou suffisamment uniforme pour permettre d'apprécier les différences entre paires de localités, les unes par rapport aux autres, problème que nous avons résolu en rapportant les différences à l'écart maximal observé entre toutes les localités.

En l'occurrence, si nous prenons le cas le plus complexe, soit celui des variables liées aux dépenses de logement (loyer brut moyen et dépenses moyennes de propriété) la mesure consiste à rapporter les écarts mesurés pour chaque paire de localité aux écarts maximaux observés dans l'ensemble des localités.

Posons d'abord :

$X_A$ = Loyer brut moyen pour la localité A
$Y_A$ = Dépenses de propriété moyennes pour la localité A
$X_B$ = Loyer brut moyen pour la localité B
$Y_B$ = Dépenses de propriété moyennes pour la localité B
$\mu$ = Ensemble comprenant toutes les localités considérées
$X_{min} = \min_{M \in \mu} \{ X_M \}$
$X_{max} = \max_{M \in \mu} \{ X_M \}$
$Y_{min} = \min_{M \in \mu} \{ Y_M \}$
$Y_{max} = \max_{M \in \mu} \{ Y_M \}$
$D_X = X_{max} - X_{min}$
$D_Y = Y_{max} - Y_{min}$ .

On peut ensuite définir la mesure de similarité suivante, notée $SA \leftrightarrow B$ :

$$SA \leftrightarrow B = 1 - \{ [ ABS(X_A - X_B)/(2*D_X) ] + [ ABS(Y_A - Y_B)/(2*D_Y) ] \} .$$

On compare ainsi l'écart entre deux localités, en regard du loyer brut moyen et des dépenses moyennes de propriété, à l'écart maximum observé pour l'ensemble des localités. Notons que le facteur égal à 2, qu'on retrouve dans les deux termes au dénominateur et qui permet d'obtenir un indice compris entre 0 et 1, ne serait pas nécessaire si on comparait les deux localités du point de vue d'une seule moyenne. Ici, il semblait essentiel de conserver ensemble les deux moyennes (loyer brut et dépenses de propriété) puisqu'elles représentent deux composantes de la variable « dépenses de logement ».

#### 2.3.1.3 Desserte en transport en commun (type «C»)

S'agissant de rendre compte des différences importantes dans la desserte en transport en commun, un indice de desserte par transport collectif a d'abord été créé pour caractériser chaque zone, dans les régions de Montréal et de Québec, en fonction du niveau de service qu'on y retrouve.

Cet indice synthétique est calculé à partir des codifications disponibles des réseaux de transport en commun. Pour chaque point (nœud) de ces codifications, on estime l'offre en termes de capacité offerte (nombre de places - assises et debout) sur 24 heures. Selon les cas, un nœud peut représenter un arrêt, une intersection, etc. La capacité attribuée à un nœud dépend donc du nombre de voyages passant par ce nœud et de la capacité des véhicules effectuant ces voyages. Divers traitements géomatiques permettent ensuite de traduire cette information ponctuelle en information surfacique où on tient compte de la trame routière urbaine et d'une distance d'accès à pied. Pour Montréal, des ajustements sont faits pour pouvoir comparer efficacement les zones entre elles (et éviter que les comparaisons ne se résument qu'à savoir s'il s'agit d'une zone avec ou sans métro) tout en gardant la variabilité observée en réalité.

Contrairement aux autres mesures incorporées dans l'indice, il nous est apparu que ce n'était pas une similarité stricte qui devait être recherchée pour le transport en commun puisqu'il était assez difficile de trouver en quoi un meilleur niveau de service pourrait jouer «négativement». Certes, les zones où l'on retrouve les meilleurs niveaux de service TC présentent aussi généralement des caractéristiques de zones urbaines centrales qui peuvent en faire de «mauvais» substituts pour des zones de banlieue mais ces autres dimensions sont déjà largement couvertes par les autres composantes de l'indice.

Bref, pour l'indice TC nous avons utilisé une mesure qui considère équivalent (indice de 1) tout niveau de desserte égal ou supérieur à celui de la localité concerné et qui emploie, dans les autres cas, le rapport entre les indices TC (indice de la localité B / indice de la localité A, pour $i_A > i_B$) de chaque paire de localité. Dans l'état actuel du modèle, la mesure de desserte TC est donc la seule composante de l'indice de similarité à ne pas être strictement commutative.

#### 2.3.1.4 Transformation des temps de trajet (type «D»)

Pour ce qui concerne les distances nous avons eu la chance d'avoir accès dès le départ aux résultats du RRMQ[1] qui fournit pour presque tous les lieux habités du Québec, les distances itinéraires par paire de points et les temps de trajet à écoulement libre sur l'ensemble du réseau routier supérieur. Nous avions donc le choix entre deux mesures : les distances et les temps de trajet, et si nous avons privilégié la deuxième c'est notamment parce que certains itinéraires impliquaient l'utilisation de traversiers qui augmentaient beaucoup plus les temps de trajet (y compris les temps d'attente) que les distances.

Quoiqu'elle présentait, a priori, l'essentiel des attributs recherchés (mesure continue et non ambiguë permettant de ranger toutes les paires de localité selon un degré exact de correspondance) la mesure des temps de trajet ne pouvait pas, dans sa forme initiale, être intégrée directement dans le calcul de notre indice de similarité. Il nous fallait en effet trouver une formule de transposition permettant de transformer une grandeur allant de zéro vers l'infini, en une grandeur «équivalente» mais partant de 1 et tendant vers zéro. Qui plus est, même s'il s'agissait d'une considération purement instrumentale, nous souhaitions que la formule de transposition puisse être appliquée directement dans notre logiciel de base de données, c'est donc dire qu'elle ne devait mettre en oeuvre que les fonctions mathématiques «de base» qui y étaient incorporées.

S'agissant donc de transformer les temps de trajet en une mesure pouvant s'intégrer dans le calcul de l'indice global nous avons appliqué la formule suivante :

$$\text{indice} = 1/(e^{(\text{temps}/B)})$$

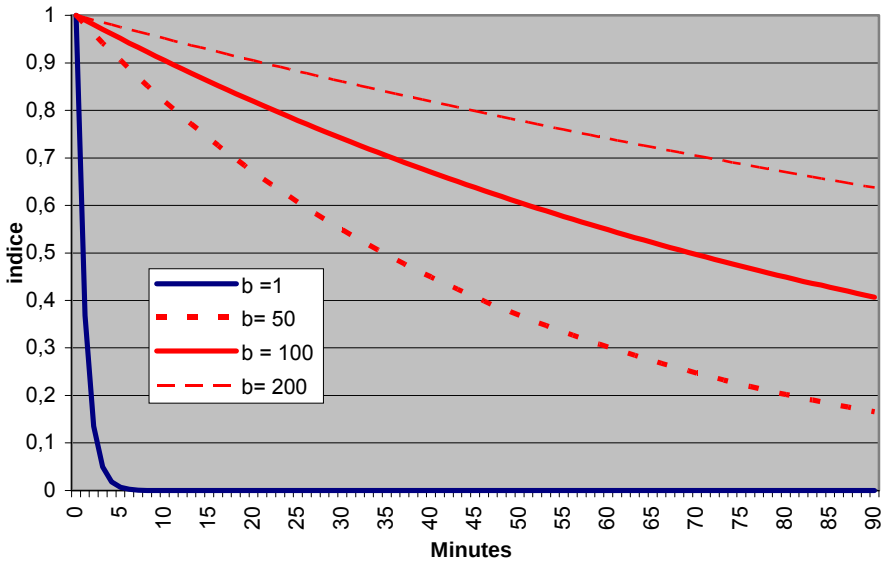
soit 1 divisé par l'exponentielle du temps de trajet divisé par un paramètre «*B*» dont l'objet est de redresser l'exponentielle.

Quoique la formule de base ($1/e^{(\text{temps})}$) permettait effectivement de transformer les temps de trajet en indices compris entre 0 et 1, la progression vers zéro était beaucoup trop rapide pour que la mesure puisse être utilisée directement. Or, comme on peut l'observer à la Figure 3, l'introduction du paramètre «*B*», qui divise les temps de trajet, permet de freiner le rythme de diminution de l'indice en fonction du temps, et d'obtenir une progression quasi linéaire (dans l'intervalle qui nous intéresse) pour des valeurs de «*B*» autour de 200.

---

[1] [1] Voir : http://www.mtq.gouv.qc.ca/fr/information/distances/index.asp

**Figure 3 :** Rôle du paramètre «*B*» dans le calcul de l'indice des temps de trajet




#### 2.3.1.5 Paramètres et calibrage de l'indice

À mesure que nous progressions dans le calcul des diverses composantes de notre indice de similarité, nous avons dû constater qu'il serait beaucoup plus discriminant que nous l'avions d'abord envisagé et que la formule d'agrégation que nous privilégions initialement (multiplication de tous les indices spécifiques pour produire l'indice global) risquait de se révéler trop sévère et de laisser plusieurs localités sans aucune localité de substitution.

À l'évidence il ne pouvait y avoir un et un seul «bon» indice déterminé a priori et il nous a fallu implémenter, dans le corps du modèle, des procédures de calcul dynamique de l'indice.

En l'occurrence, l'indice est donc paramétrable sur deux dimensions c'est-à-dire sur les poids relatifs de ses composantes et sur leur mode d'agrégation (moyenne ou produit). Qui plus est, sachant que plusieurs des variables considérées recoupaient de mêmes aspects de la réalité, en y apportant des éclairages «complémentaires», nous y avons vu l'opportunité de définir des «groupes» dont le mode d'agrégation interne pourrait être différent de la formule générale.

D'autre part, même si les contraintes matérielles liées à la taille des fichiers ont été considérablement réduites, il reste qu'un fichier portant sur un large ensemble de paires de localités doit être considéré encore aujourd'hui comme un très gros fichier dont l'exploitation risquait d'affecter les performances du modèle pour le temps nécessaire à la production d'un jeu complet de projections. Pour améliorer les temps de calculs en «éliminant» les alternatives les plus improbables nous avons donc ajouté un dernier paramètre permettant de fixer un seuil minimal de similarité en deçà duquel les possibilités de substitution de diverses paires de localités sont ignorées dans les procédures.

Au total, l'indice de similarité comporte donc 14 paramètres (modes de calcul des composantes et de l'indice global (5), poids relatifs des composantes (7), facteur de conversion pour les temps de trajets (1) et seuil d'inclusion (1)) qu'il s'agit de «calibrer».

Pour les fins de l'élaboration de scénarios «réalistes» il nous semble que la formule la plus prudente consiste à déterminer les paramètres de similarité les plus exigeants qui permettent de satisfaire les contraintes d'aménagement. En autant que ces contraintes restent modérées, la mécanique de réallocation permet en effet de réorienter les migrants excédentaires vers des localités de substitution présentant un degré élevé de ressemblance. S'agissant par contre d'utiliser le modèle comme un instrument de simulation permettant de tester des scénarios d'aménagement, ce peut être les paramètres de l'indice qui deviennent le principal output du modèle.

En supposant une totale indifférenciation de l'espace, il ressort en effet que la seule limite à respecter dans l'imposition de contraintes serait que l'espace total disponible reste suffisant. Ainsi, en ne laissant ouvertes au développement que quelques zones bien ciblées on pourrait «théoriquement» contraindre les ménages à s'y localiser. En pratique cependant, nous savons que l'espace est fortement différencié et que, pour produire certains patterns de localisation, il faudrait céder à divers degrés sur plusieurs critères. Entre la recherche de parfaits substituts et une totale indifférenciation il y a certainement toute une gamme de solutions intermédiaires à explorer et dont le modèle peut permettre d'apprécier à la fois le réalisme et l'efficacité.

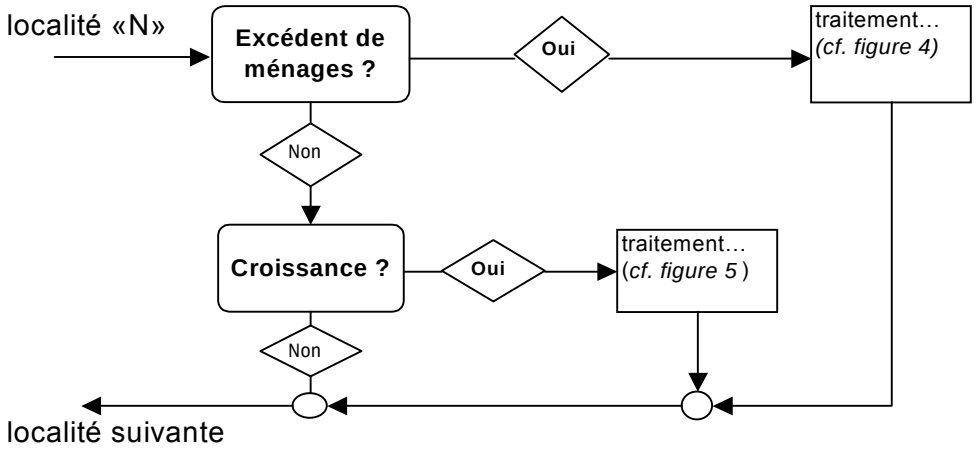
## 2.4 LA PROCÉDURE DE RÉALLOCATION

Parallèlement à l'élaboration de l'indice de similarité il a fallu développer de nouvelles procédures pour permettre la réallocation des ménages (et la population correspondante) lorsque les circonstances l'exigeraient.

Outre de ramener le calcul des ménages dans le corps du programme de projection, il s'est agi notamment de réaménager la structure de nos fichiers de manière à pouvoir conserver, aussi longtemps que nécessaire, la différenciation entre les populations migrantes et non-migrantes puisqu'il fallait pouvoir d'abord compléter tous les calculs sur une base «démographique» mais que la procédure devait aussi être capable de faire «marche arrière» pour pourvoir à la réallocation des ménages et de la population.

À ces différences près que les effectifs sont distingués selon leur provenance (migrants – non-migrants) et que la technique des «taux de chefs» est employée pour déterminer le nombre courant des ménages à la fin de chaque bond de projection et dans le corps du programme plutôt qu'en fin de parcours dans une procédure externe, les projections sont donc d'abord exécutées de la même manière (et avec les mêmes résultats!) que pour des projections strictement démographiques.

**Figure 4 :** Forme de la procédure principale de réallocation




Les nombres de ménages étant calculés à la fin de chaque bond de projection (2006, 2011, 2016, etc.) il est donc possible de déterminer «séance tenante» s'ils sont en baisse (surplus de logements) ou en augmentation et, le cas échéant (si des valeurs plafonds ont pu être calculées eu égard aux contraintes d'aménagement), de déterminer si les augmentations prévues débordent ou non des capacités d'accueil.

Les valeurs correspondant aux deux types de problèmes que nous cherchons à résoudre étant connues (surplus de logements et excédents de ménages), c'est ici qu'intervient la procédure de réallocation (Figure 4) qui consiste d'abord à examiner un à un tous les résultats en les passant au crible de seulement deux critères ou questions soit : y-a-t-il des ménages excédentaires et, sinon y en a-t-il plus que nécessaire pour occuper tous les logements existants ?

À cette étape, la procédure ne considère les surplus de logements qu'en tant qu'opportunités pour les ménages à la recherche d'un logement. Déterminée en début de parcours, l'existence de surplus n'a pas

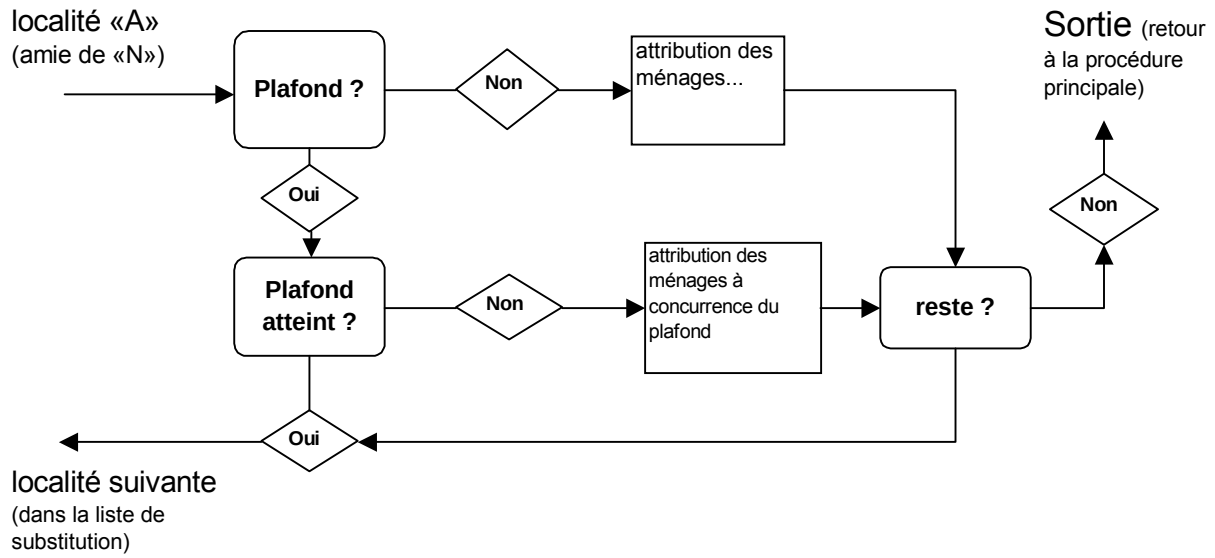
à être considérée dans l'arbre de décision puisqu'il s'agit d'une information généralement disponible et qui n'est intéressante (susceptible d'entraîner une action) que pour les localités en croissance.

### 2.4.1 Traitement des excédents de ménages

Dans les cas où des contraintes d'aménagement forcent une réorientation des migrants, les localités aux prises avec des excédents de ménages doivent se retourner vers leur liste de localités de substitution pour y chercher la ou les premières localités susceptibles d'absorber leur excédent.

En l'occurrence, si la ou les premières localités de la liste de substitution présentaient un haut degré de similarité et si elles n'étaient exposées à aucune contrainte d'aménagement, tous les ménages en trop pourraient y être réorientés et le problème se trouverait réglé en début de liste. Si, par contre, ces premières localités étaient elles mêmes soumises à des contraintes limitant leurs capacités d'accueil il s'agirait de passer aux localités suivantes jusqu'à complète redistribution des surplus (ou jusqu'à épuisement de la liste).

**Figure 5 :** Section du traitement de excédents de ménages




Dans un régime de faibles contraintes et de faible croissance, tous les ménages en trop pourraient ainsi être facilement redistribués dans une seule localité ou dans un groupe restreint de localités présentant un assez haut degré de similarité.

Cependant, on doit constater que, dans cette forme élémentaire, la procédure n'offre pas de garantie d'élimination de tous les surplus (quoi faire s'il reste des ménages en trop après épuisement de la liste de substitution ?) et qu'elle laisse la porte ouverte à des incohérences dans l'éventualité où plusieurs localités réorienteraient leurs ménages en trop vers une même localité elle aussi soumise à des contraintes.

#### 2.4.1.1 Pondération des offres et boucle de réallocation

L'éventualité qu'il reste des ménages après épuisement de la liste des localités de substitution nous a conduit, tout naturellement, à envisager l'implémentation d'une boucle de réallocation consistant à repasser à travers la liste jusqu'à l'élimination de tous les surplus. Or, si nous avons dû constater que l'utilisation d'une boucle, au lieu s'un seul passage, ne réglait pas tout les problèmes, elle permettait par contre de moduler davantage la formule de réallocation.

Les substituts moins plausibles étant exclus de la liste grâce au «seuil d'inclusion» nous pouvions en fait envisager, avec une boucle, de redistribuer les ménages en trop au pro rata de l'indice de similarité, quitte à revenir plusieurs fois en début de liste. Pour chaque localité et chaque tour, le nombre de ménages

offerts (OFFRE) peut ainsi être fixé à la plus petite des deux grandeurs entre le nombre total de ménages qui restent à relocaliser (RESTE) en un point donné de la procédure et le excédent *initial* (EXCEDENT) pondéré par la valeurs de l'indice de similarité pour la localité de substitution courante :

$$\text{OFFRE} = \text{MIN}(\text{EXCEDENT} \times \text{INDICE}, \text{RESTE})$$

On notera ici que l'utilisation de la valeur de l'excédent *initial* dans les calculs permet d'éviter un bouclage à l'infini sur de plus en plus petites fractions pour les cas où la somme des indices de similarité des localités de substitution se trouverait inférieure à l'unité. À chaque tour, les localités qui se trouvent en tête de liste se voient donc offrir une proportion plus importante du reste des ménages à relocaliser.

#### 2.4.1.2 Capacités réservées

Comme nous l'avons souligné plus haut, le deuxième problème que soulevait la procédure dans sa forme élémentaire était que la somme des ménages réorientés vers une localité par plusieurs autres pouvait finir par y déborder les capacités d'accueil. Or, bien que la consolidation des calculs à chaque étape aurait pu sembler constituer une solution (une localité de substitution ne pouvant être sollicitée d'accueillir des ménages au delà de ses capacités d'accueil résiduelles recalculées après chaque coup), l'ordre de traitement des localités aurait ainsi acquis un effet (indésirable) dans la procédure, éliminant des possibilités de réorientation de migrants qui se seraient révélées plus intéressantes.

D'un autre côté, nous avons dû considérer qu'une formule conditionnant l'acceptation de ménages en trop à une vérification préalable des demandes éventuelles de toutes les localités concurrentes, aurait cessé d'être gérable dès l'atteinte d'un deuxième degré, c'est-à-dire dans toutes les situations où des demandes concurrentes seraient elles-mêmes dépendantes de l'acceptation ou du refus de demandes adressées à d'autres localités.

Sachant que deux localités concurrentes par rapport à une troisième auraient de fortes probabilités d'être aussi en concurrence pour d'autres localités de leurs listes respectives de substitution, nous nous serions rapidement retrouvés avec des références croisées c'est-à-dire avec des problèmes non seulement complexes mais simplement insolubles…

De fait, pour en arriver à des solutions déterminées qui soient neutres par rapport à l'ordre général de traitement des localités tout en respectant une priorité de similitude dans la réorientation des migrants, il fallait céder sur un point en convenant de se maintenir à un seul degré.

En l'occurrence, quand une localité «veut» transférer des migrants à une localité soumise à des contraintes mais qui dispose tout de même de certaines capacité d'accueil, elle doit lui céder temporairement l'initiative (le contrôle du curseur dans la base de données) pour vérification de sa position dans la liste de substitution de cette localité, laquelle est en mesure, par la même occasion, de déterminer si et combien de ménages pourraient (le conditionnel ici est crucial) lui être demandé d'accueillir par d'autres localités bénéficiant d'un ordre de priorité supérieur. En posant qu'une demande ne peut être acceptée que si et dans la mesure où elle ne compromettrait pas les possibilités d'accueillir les migrants en provenance d'autres localités bénéficiant d'un indice supérieur de similarité, une réponse déterminée peut être fournie à chaque moment et n'importe où dans la liste.

Pour bien comprendre le mécanisme on doit se rappeler que la procédure de gestion des contraintes d'aménagement n'intervient qu'après la transformation des perspectives démographiques courantes en projections de ménages. Une relation dynamique étant maintenue dans le programme entre les listes de substitution et le fichier des projections de ménages, il est ainsi possible de déterminer les excédents de ménages courants pour chaque localité selon sa position dans la liste et donc de réserver des capacités d'accueil suffisantes pour les couvrir.

Le défaut de la formule, mais nous ne croyons pas qu'il soit trop grave, tient au fait que les «capacités réservées» ne seront pas toujours nécessairement utilisées et que des localités devront ainsi éventuellement se replier «inutilement» sur des solutions moins satisfaisantes pour la relocalisation de leurs ménages excédentaires.

Ce qui est considéré dans le cours de la procédure ce n'est en effet que l'existence d'excédents initiaux qui pourront donc, éventuellement, être absorbés par d'autres localités présentant des indices de similarité supérieurs vis-à-vis de la localité sollicitée d'accueillir un excédent de ménages. Les positions

relatives de cette dernière dans chacune des listes de substitution propres aux localités pour lesquelles elle réservera des capacités d'accueil étant ignorées, il n'y a aucune garantie logique quant au fait qu'elles soient effectivement sollicitées.

#### 2.4.1.3 Règles de terminaison

L'objectif étant de relocaliser les ménages en trop parmi diverses localités de substitution présentant un niveau de similarité satisfaisant, la boucle de réallocation des surplus peut évidement être interrompue à tout moment dès lors que tout le surplus est redistribué. C'est l'issue normale et souhaitée de la procédure.

Cependant, selon le niveau général des contraintes considérées et selon la relative sévérité des paramètres de calcul de l'indice de similarité, des surplus peuvent s'avérer impossibles à répartir, ce qui a exigé que nous fixions des règles appropriées de terminaison pour éviter les bouclages à l'infini dans le programme.

En l'occurrence, la boucle de réallocation est donc parcourue tant qu'il RESTE des ménages à relocaliser ET tant que le nombre de ménages à relocaliser DIMINUE. Si le reste demeure constant après un tour complet c'est que toutes les possibilités de réallocation ont été épuisées et qu'il ne sert plus à rien de poursuivre la boucle. Dans cette éventualité un message indiquant le nombre de ménages restant et le nombre de tour effectué est enregistré dans un fichier de contrôle qui peut être utilisé pour le calibrage de l'indice de similarité.

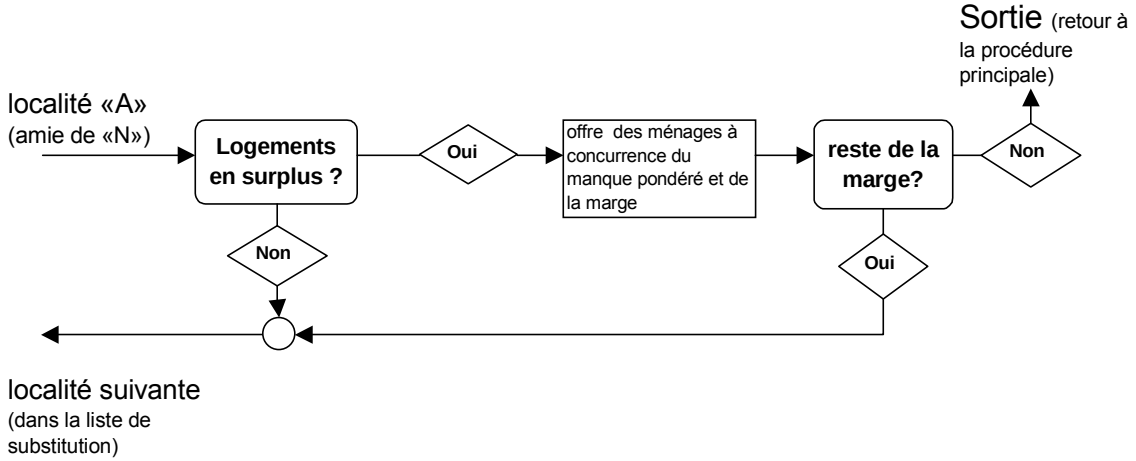
### 2.4.2 Traitement des surplus de logements

Comme nous l'avons souligné plus haut, les surplus de logements ne sont considérés dans le modèle que sous l'angle d'opportunités de localisation offertes aux ménages qui, attendus de s'installer dans une localité donnée, pourraient s'installer dans une autre, suffisamment «semblable», mais où un surplus de logements créerait des conditions qui leur seraient particulièrement favorables.

Les ménages ainsi susceptibles de dévier de leur trajectoire originale, correspondent à la fraction des nouveaux ménages formés des migrants et dont l'arrivée déterminerait, dans une localité donnée, une augmentation nette du nombre de ménages et impliquerait donc la construction de nouveaux logements.

Pris sous un autre angle, on peut considérer que, pour toute localité où le nombre total des ménages prévus serait en augmentation, il existe une certaine «marge distribuable» qui correspond à la part de cette augmentation imputable aux apports de population (migrants à destination de cette localité).

**Figure 6 :** Section du traitement des surplus de logements




Les ménages formés à partir des populations non migrantes sont donc exclus du calcul, de même que ceux formés à partir des migrants mais qui ne font que couvrir l'offre locale de logements. Le traitement

des surplus de logements dans le modèle ne peut donc pas «produire» des mouvements de population non plus que provoquer des surplus de logements dans les localités originales de destination.

Donc, pour toute localité bénéficiant d'une «marge» c'est-à-dire d'une augmentation du nombre de ménages imputable à des apports de population, le traitement consiste à parcourir la liste de ses localités de substitution pour y déterminer la présence de localités exposées à des surplus de logements, «entendre» leurs demandes et leur «proposer» des ménages, jusqu'à épuisement de la liste ou épuisement de la marge (Figure 6).

Cette liste étant ordonnée selon l'indice de similarité, ce sont évidemment les localités qui arrivent en tête de liste qui sont les plus susceptibles de voir absorber la plus grande part de leur surplus de logements (manques de ménages) mais il n'y a aucune obligation à ce que toutes les marges soient épuisées ni à ce que tous les surplus de logements soient réutilisés.

Quant à la détermination des «offres de ménages», si les «marges distribuables» et les «manques de ménages» en fournissaient naturellement des bornes supérieures, il nous est apparu qu'elle devait aussi tenir compte du degré de similarité entre les localités intéressées.

En l'occurrence, après avoir examiné diverses hypothèses, nous avons décidé de fixer les offres de ménages (OFFRE) à la plus petite des deux valeurs entre la marge résiduelle (MARGE) de la localité qui offre des ménages et le manque de ménages (MANQUE) de la localité qui présente un surplus de logements, manque pondéré par l'indice de similarité (INDICE) entre les deux localités :

$$\text{OFFRE} = \text{MIN}(\text{MARGE}, (\text{MANQUE} \times \text{INDICE}))$$

Ainsi, l'importance du transfert se trouve conditionnée par l'importance du surplus de logements mais aucune localité ne peut faire couvrir tout son surplus par une seule autre localité à moins qu'elles ne représentent, l'une pour l'autre, des substituts parfaits, ce qui est a priori exclu du domaine des possibilités dès lors que les distances sont prises en compte.

Globalement donc, la résorption des surplus de logements dépend de l'étendue et de la qualité des cercles «d'amis» sur lesquels peuvent compter les localités exposées à ces surplus ainsi que de l'importance des mouvements de population à destination de ces «amis».

### 2.4.3 Consolidation des échanges

Après que le programme ait examiné, l'une après l'autre, les projections de ménages pour l'horizon courant, déterminé où les ménages en trop devraient être relocalisés et identifié quelles localités exposées à des surplus de logements pourraient bénéficier de transferts de ménages, aucune donnée de population n'a encore été modifiée et il reste encore à faire le tri entre les offres de ménages qui auraient pu être adressées aux mêmes localités par plusieurs autres.

Concrètement, tout ce qui est produit dans les premières étapes de la procédure se résume en effet à l'inscription, dans une fichier d'échanges, des offres de ménages adressées à leurs localités de substitution par les localités dont les perspectives de croissance permettent ou exigent la réorientation d'une partie des migrants.

Or, si les «offres» formulées par les localités aux prises avec des surplus de ménages ne sont pas «négociables» et doivent donc être acceptées au complet (avec les populations correspondantes), celles qui visent seulement à éviter la formation ou l'augmentation de surplus de logements ne comportent aucun caractère de nécessité et peuvent donc être «réévaluées» par les localités qui en sont bénéficiaires. En l'occurrence, pour permettre cette réévaluation, le fichier des échanges est indexé sur les localités qui reçoivent des offres et sur l'indice de similarité des localités qui les ont formulées. Toutes les offres adressées à une même localité étant regroupées dans une même plage et ordonnées en fonction de l'indice de similarité, un parcours strictement séquentiel du fichier permet «d'accepter» en tout ou en partie et dans le bon ordre, toutes les offres nécessaires pour résorber les surplus de logements (manque de ménages) et de décliner les autres.

Dans une dernière étape il s'agit donc de consolider les échanges, c'est-à-dire de faire le tri entre les offres acceptées et déclinées et d'ajuster les chiffres des ménages prévus et de la population en conséquence, en soustrayant les populations correspondantes de leur localité originale de destination

pour les ajouter dans les localités où elles sont réorientées. Si donc une localité «A» cède 20% de ses ménages migrants à une localité «B», ce sont 20% des effectifs des migrants de «A» (migrants détaillés selon le groupe d'âge et le sexe) qui sont ajoutés aux effectifs de «B». Sur cette base, les populations finales pour l'horizon de projection courant sont déterminées et le programme peut entamer les calculs pour la période suivante.

# 3. APPLICATIONS PRATIQUES: FAITS SAILLANTS

Dans son état actuel le modèle peut gérer cinq différents niveaux de «contraintes» d'aménagement (Figure 7). Au niveau «minimal», aucune contrainte n'est considérée, il fonctionne comme un modèle strictement démographique alors qu'au niveau le plus exigeant, c'est la plus petite de trois valeurs plafonds qui est considérée, valeur qui devrait théoriquement correspondre aux potentiels de développement selon l'état de la réglementation en vigueur.

**Figure 7 : Niveaux de contraintes**

Concrètement, comme les potentiels de développement sont des données externes, la signification réelle des trois derniers niveaux de contraintes peut varier selon les besoins et la nature des informations disponibles mais il y a une gradation à respecter, du plafond le plus élevé au moins élevé. Aussi, comme toutes les données pertinentes ne sont pas toujours disponibles, l'absence d'information sur les contraintes d'aménagement est considérée comme l'absence d'un plafond et le modèle n'opère que sur les surplus de logements.

Quant aux éventuels surplus de logements, on doit noter qu'il s'agit, au contraire, d'une donnée interne déterminée dans le modèle, à l'exécution et qui est donc toujours disponible. S'agissant de tester l'impact éventuel de projets de développement résidentiels, il est toutefois possible de spécifier des nombres d'unités de logement à produire par zone pour divers horizons et de s'assurer que la mécanique de gestion des surplus de logements sera sollicitée, au besoin, en activant la fonction «Prise en compte des projets de développement».

## 3.1 ÉLIMINATION DES SURPLUS DE LOGEMENTS

Dans notre scénario de base 2001-2026 (scénario strictement démographique reconduisant les taux de départ et la répartition des migrants de 1996-2001) 437 localités sur les 1492 considérées dans le modèle se retrouveraient, en 2026, avec moins de ménages qu'en 2001, pour une baisse totale de 57 494 ménages et donc un surplus de logements équivalent.

Dans un premier scénario d'aménagement, en demandant au modèle de chercher à éliminer les surplus de logements, 422 localités se retrouveraient encore avec un surplus de logements mais diminué à un total de 35 425 unités.

En fait, si l'impact global pour le Québec dans son ensemble reste particulièrement modeste : 428 personnes en moins et 617 ménages en plus à l'horizon 2026 (Figure 8), la somme des différences absolues pour les ménages (54 000) et pour les effectifs par groupe d'âge et pour chaque localité (121 106) dénote l'ampleur de l'ajustement.

Presque toutes les localités sont touchées, soit directement soit indirectement, mais les nombres mis en cause restent généralement peu élevés et les structures d'âge sont conservées.

**Figure 8 : Élimination des surplus de logements, impact global pour le Québec**

| Population | 2001 | 2026 |
|---|---|---|
| scénario de référence | 7 234 054 | 7 223 284 |
| ce scénario | 7 234 054 | 7 222 856 |
| différences | 0 | - 428 |
| somme des écarts absolus | 0 | 121 106 |
| **Ménages** | | |
| scénario de référence | 2 975 395 | 3 297 905 |
| ce scénario | 2 975 395 | 3 298 522 |
| différences | 0 | 617 |
| somme des écarts absolus | 0 | 54 662 |

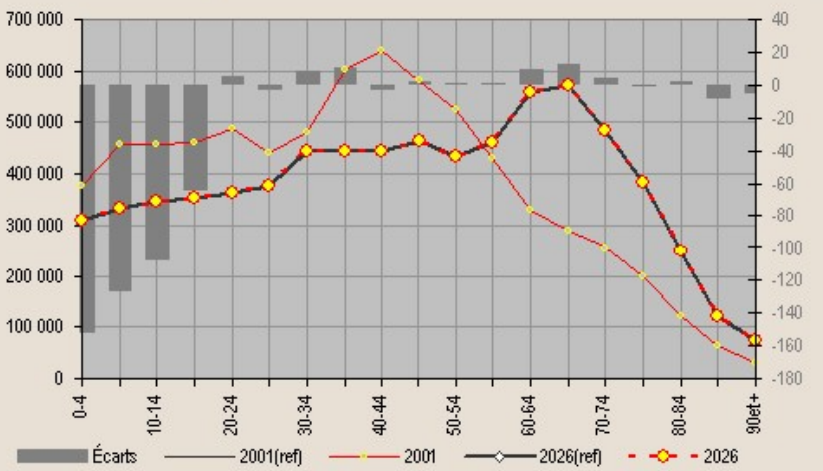
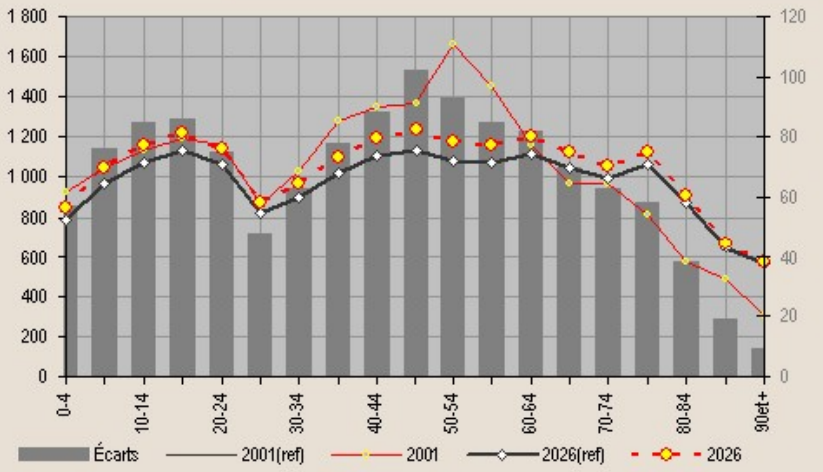



**Figure 9 : Élimination des surplus de logements : impact pour Westmount**

| Population | 2001 | 2026 |
|---|---|---|
| scénario de référence | 19 734 | 18 499 |
| ce scénario | 19 734 | 19 772 |
| différences | 0 | 1 273 |
| somme des écarts absolus | 0 | 1 272 |
| **Ménages** | | |
| scénario de référence | 8 460 | 7 919 |
| ce scénario | 8 460 | 8 460 |
| différences | 0 | 540 |
| somme des écarts absolus | 0 | 540 |




Parmi la dizaine de cas de surplus assez substantiels (> 100 logements) qui sont complètements éliminés par la procédure, celui de Westmount (Figure 9) mérite d'être souligné puisqu'il s'agit certainement d'un des cas les plus patents où l'approche strictement démographique pouvait donner des résultats aberrants au regard du fonctionnement normal du marché foncier. Au «pire» le prix des maisons devrait diminuer mais, ne serait-ce qu'en raison d'une localisation exceptionnelle, on voit mal comment un tel surplus de logements pourrait perdurer sur le marché montréalais – ce qui n'est évidemment le cas de surplus qui se produiraient dans des régions en forte décroissance et que la procédure ne parvient d'ailleurs pas à éliminer.

On notera enfin que malgré un «ajout» de 1 272 personnes qui représentent plus de 6% des effectifs initialement prévus, la structure d'âge à l'horizon 2026 est substantiellement conservée. Au regard de l'évolution des structures d'âge qui constitue un des points majeurs dans la détermination de la demande en transport, il n'y aurait donc pas de biais particulier introduit par la procédure d'élimination des surplus de logements.

## 3.2 GESTION DES CONTRAINTES D'AMÉNAGEMENT

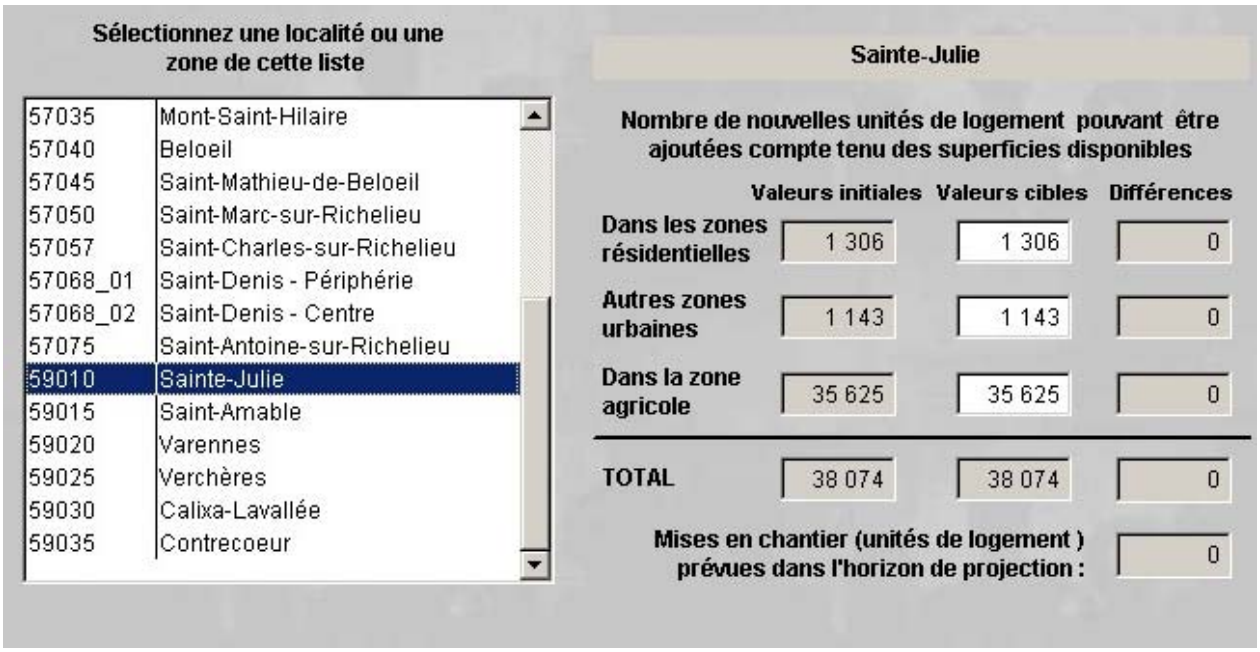
Pour illustrer la gestion des contraintes d'aménagement, nous allons examiner le cas de Sainte-Julie, une localité de banlieue de la Rive Sud de Montréal, qui a connu au cours des dernières années un assez fort développement : 15 500 habitants en 1986, 20 600 en 1991, 24 000 en 1996, 26 600 en 2001.

Dans le prolongement des tendances passées, Sainte-Julie devrait poursuivre sa croissance démographique mais à un rythme de moins en moins rapide à mesure d'une certaine maturation et du ralentissement général de la croissance.

| | **1996** | **2001** | ***2006*** | ***2011*** | ***2016*** | ***2021*** | ***2026*** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Population | 24 031 | 26 580 | *28 480* | *29 899* | *30 871* | *31 531* | *31 830* |
| Ménages | 8 107 | 9 230 | *10 165* | *10 903* | *11 540* | *12 040* | *12 267* |

Le problème dans ces perspectives est que, même si il est très étendu, le territoire de Sainte-Julie est largement composé de très bonnes terres cultivables et que, selon nos estimations de 2002, son potentiel de développement de 38 000 nouveaux logements (Figure 10), correspondrait pour sa plus grande partie à des terres zonées agricoles protégées en vertu de la loi.

**Figure 10 : Potentiels de développement de Sainte-Julie dans la RMR de Montréal**

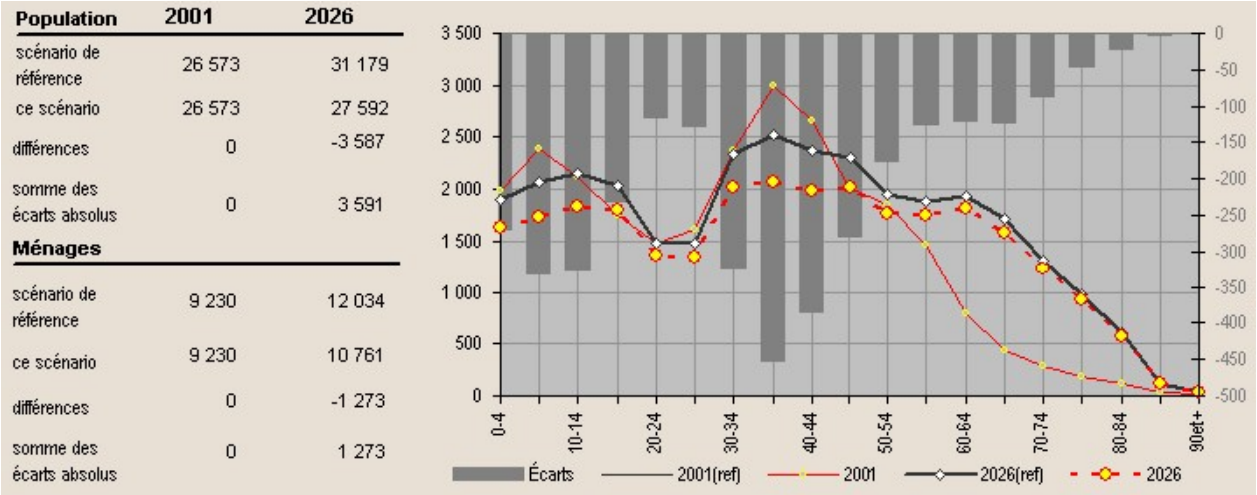



Selon le scénario de base, Sainte-Julie devrait compter 3 000 ménages de plus à l'horizon 2026 ce qui représente un besoin net d'au moins 2 800 nouvelles unités de logement compte tenu de 225 logements inoccupés en 2001.

Or, avec un potentiel de développement d'environ 1300 unités dans les zones résidentielles et de 1 140 unités dans d'autres zones urbaines (espaces vacants dans des zones commerciales ou industrielles) on se retrouve clairement avec un excédent de 350 à 1 500 ménages selon le niveau de contraintes considéré.

En exploitant les procédures de gestions des contraintes d'aménagement, cet excédent de ménages peut être résorbé et, dans le scénario de contraintes maximales, c'est 1270 ménages comptant pour plus de 3 500 personnes qui se trouvent réalloués (Figure 11).

**Figure 11 : Gestion des contraintes d'aménagement, impact pour Sainte-Julie**

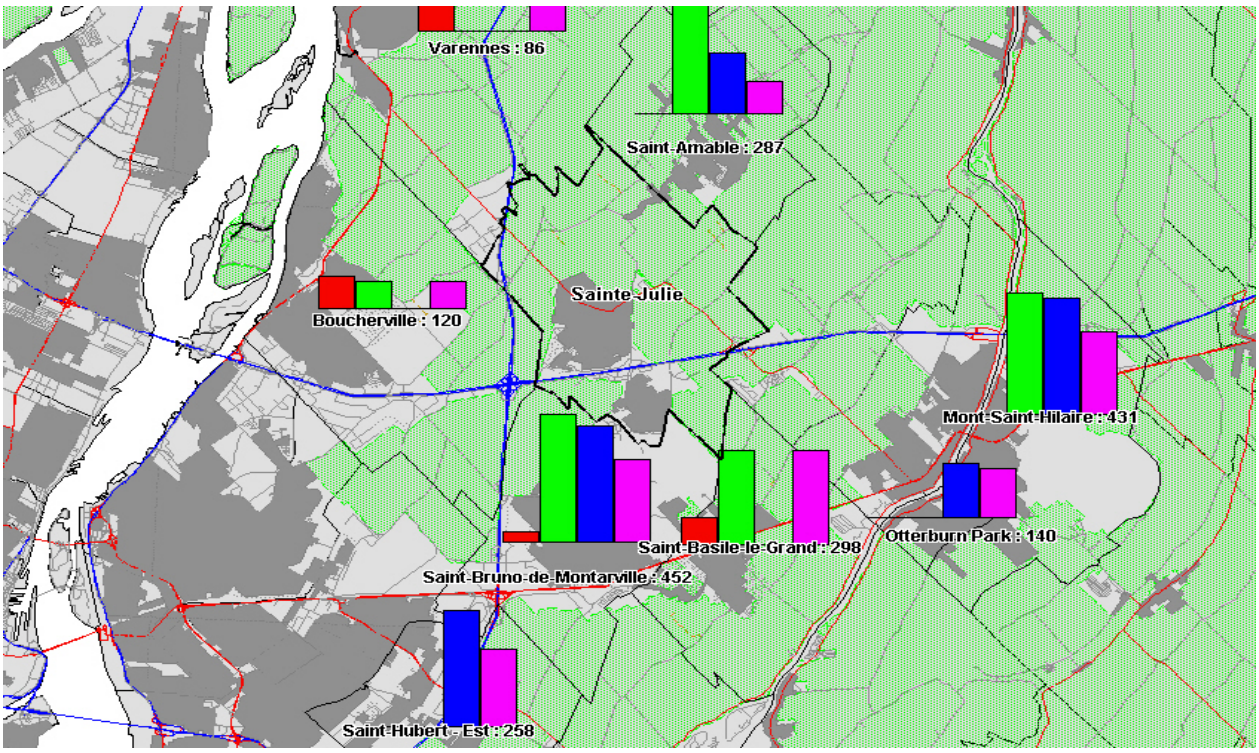


| Population | 2001 | 2026 |
|---|---|---|
| scénario de référence | 26 573 | 31 179 |
| ce scénario | 26 573 | 27 592 |
| différences | 0 | -3 587 |
| somme des écarts absolus | 0 | 3 591 |
| **Ménages** | | |
| scénario de référence | 9 230 | 12 034 |
| ce scénario | 9 230 | 10 761 |
| différences | 0 | -1 273 |
| somme des écarts absolus | 0 | 1 273 |



Encore ici, malgré une réduction d'effectifs très appréciable (-11%) la structure d'âge résultante reste tout à fait reconnaissable… Elle est toutefois nettement érodée à certains âges et on peut noter que le manque à gagner est concentré chez les plus jeunes et chez les 30-49 ans, bref aux âges caractéristiques des apports de population dans les banlieues. La prise en compte des contraintes d'aménagement permet donc de forcer la «maturation» de Sainte-Julie en freinant les apports de nouveaux ménages et en y laissant vieillir les anciens résidants.

**Figure 12 : Destination des ménages réalloués**




Quant à la répartition des ménages réalloués elle se fait au profit de 8 localités voisines de Sainte-Julie (Figure 12) pour des apports totaux cumulatifs allant de 86 à 452 ménages.