

LE MODÈLE DE PROJECTIONS LOCALISÉES OMPHALE 2010

Jean-Baptiste RUDANT (*)

(*) Insee, Pôle Emploi-Population

Introduction

Depuis la fin des années 70, l'Insee réalise des projections de population sur des zonages supra-communaux à géographie variable. Au fil des ans, les méthodes et les outils dédiés ont évolué : au modèle Prudent¹, a succédé Omphale puis Omphale 2000, et enfin plus récemment Omphale 2010. D'un point de vue méthodologique, ce dernier partage avec ses prédécesseurs la méthode dite des « composantes ». Il s'en distingue néanmoins significativement en modélisant des flux migratoires bi-localisés.

1. L'expérience des projections de migrations nettes et la mise en place du nouveau recensement

Le précédent modèle de projections localisées utilisé par l'Insee, Omphale 2000, mesurait un solde migratoire dit « apparent » par décalque du mouvement naturel sur les variations d'effectifs entre deux recensements. Ce solde est une mesure résiduelle, issue de la confrontation entre les données de deux recensements et de l'État Civil. Elle assimile de fait les différences de qualité entre ces sources, et en particulier entre deux recensements, à des migrations. Les ajustements intercensitaires introduits par le passé ont montré les limites d'une telle approche. Au-delà de sa qualité intrinsèque, cette mesure s'apprécie également au regard des modélisations qu'elle autorise. En ignorant la ventilation entre entrées et sorties en même temps que les zones avec lesquelles s'effectuent les échanges, celle-ci restreint le champ des modélisations aux projections de migrations nettes, qui présentent des insuffisances non négligeables (Bergouignan, 2008).

La mise en place du nouveau recensement alourdit davantage le bilan des projections basées sur le solde apparent. Ces limites nouvelles peuvent apparaître de deuxième ordre par rapport aux défauts déjà évoqués. Elles ont néanmoins constitué, du fait des réflexions qu'elles ont suscitées, l'événement déclencheur du projet de refonte du précédent modèle, en même temps qu'elles en ont orienté les choix méthodologiques. C'est à ce titre qu'elles sont présentées ici.

L'empilement de cinq années d'enquête sur lequel s'appuie le recensement actuel a introduit dans l'observation de l'âge une dualité nouvelle par rapport aux recensements généraux : les concepts d'âge et de génération ne se superposent plus, et deux pyramides des âges de natures différentes peuvent ainsi coexister. La première, en valorisant l'âge au 1^{er} janvier de l'année de collecte, mêle dans l'observation d'un âge donné des individus issus de cinq générations différentes. La seconde, en privilégiant l'année de naissance, fournit la moyenne des effectifs d'une génération donnée sur une période de cinq ans, sans que celle-ci puisse être assimilée aux effectifs de cette génération au 1^{er} janvier de l'année médiane. En effet, les variations d'effectifs au sein d'une génération avant et après le milieu du cycle ne se compensent pas systématiquement. Cette dissymétrie est imputable en partie aux décès qui, hormis aux grands âges, augmentent en nombre au fur et à mesure que la génération vieillit ; elle peut de ce point de vue être « corrigée » en mobilisant l'État civil. Mais elle s'explique également par les fortes spécificités par âges des comportements migratoires, dès lors que la maille d'observation est suffisamment ciblée. Ainsi, les effectifs de la génération née en 1988 observés en 2007 sur un pôle universitaire, en considérant un pic migratoire à 18 ans, ne sont pas à mi-chemin entre les effectifs de cette génération présents en 2005 et en 2009 sur cette zone ; ils constituent au contraire un extremum. Or on ne dispose pas de l'information annuelle sur ces migrations qui

¹ A la même époque, un autre modèle, « Migrage », a également été utilisé localement (J. Garagnon, L. Laurent, 1987)

permettrait d'introduire les ajustements nécessaires à la reconstitution d'une population de la génération considérée pour l'année médiane.

Dès lors, déduire une mesure du solde migratoire à partir des variations d'effectifs entre un recensement traditionnel et le recensement actuel n'est pas complètement fondé. Selon l'option retenue pour le calcul des pyramides des âges, cette approche conduit à assimiler à tort des variations historiques d'effectifs entre générations à un solde migratoire, ou à une mesure erronée, ou tout du moins lissée, aux âges de fortes variations des migrations. Par ailleurs, d'éventuels déséquilibres de représentativité entre années de collecte conditionneraient la fenêtre d'observation à associer à un tel solde². En pratique cependant, les expertises menées ont permis d'évacuer ce risque pour les échelons géographiques traditionnellement observés.

Pour ces raisons, et face à une demande d'information croissante des décideurs locaux sur la localisation des échanges, un projet de refonte du modèle Omphale a été initié en 2007, avec comme objectifs principaux :

- de ne plus recourir à la confrontation des recensements pour la mesure des migrations ;
- de corriger les défauts inhérents à l'utilisation de quotients de migrations nettes et garantir la nécessaire compensation des flux internes au niveau national ;
- de produire de l'information sur l'origine et la destination des migrants.

Loi d'être concurrents, ces objectifs se sont révélés liés, et ont conduit à la modélisation présentée ici.

2. Résidence antérieure et modélisation des comportements migratoires

Avant de présenter plus en détail la modélisation retenue, il convient de préciser certains éléments du cahier des charges techniques, ceux-ci ayant impacté les choix méthodologiques. Tout d'abord, Omphale a vocation à être utilisé au sein des vingt-six directions régionales de l'INSEE, pour réaliser des projections sur tout type de zonage. Il en découle un principe de prévalence de la qualité globale du modèle sur tel ou tel perfectionnement spécifique à un type de zone ou de population particuliers. Par ailleurs, les projections s'inscrivent dans l'offre de l'institut qui distingue pour leur diffusion un niveau de service dit universel, avec des projections « standard » paramétrées par défaut, et un service spécifique où la collaboration avec les acteurs locaux peut conduire à la construction d'hypothèses et de simulations nécessitant une certaine modularité.

Les migrations internes jouent un rôle central dans l'observation et la modélisation des dynamiques des populations locales, d'autant plus prépondérant que la maille géographique est fine. C'est donc autour de cette composante que se sont articulées les réflexions, et les choix faits dans ce domaine ont guidé l'ensemble de la modélisation.

2.1. Mesure des migrations

Au regard des différents objectifs et contraintes mentionnés, la question sur le lieu de résidence cinq auparavant au recensement a été retenue comme mesure des migrations. Les recherches menées n'ont en effet pas permis d'identifier d'autre source présentant les qualités requises. En particulier, les diverses données de panels, qu'ils soient issus de fichiers administratifs ou d'enquêtes, ont d'emblée été exclues en raison de leur couverture géographique nécessairement trop parcellaire. La source fiscale, un temps envisagée, n'a elle non plus pas été retenue. En effet, si elle permet en théorie de renseigner sur des migrations annuelles, atout non négligeable par rapport au recensement qui mesure des migrations sur cinq ans, elle présente deux difficultés majeures : d'un point de vue opérationnel, son exploitation très réglementée s'accorde mal avec la valorisation déconcentrée recherchée par Omphale, mis en œuvre dans chaque direction régionale de l'Insee ; d'un point de vue statistique, elle présente potentiellement une fragilité accrue sur les populations particulièrement

² Dans la situation théorique extrême où une zone serait constituée exclusivement de communes de moins de 10 000 habitants enquêtées en 2005, un solde apparent mesuré en mobilisant les recensements 1999 et 2007 serait à valeur sur 6 ans, contre 10 si toutes les communes étaient enquêtées en 2009.

soumises au risque de migrer, du fait de la forte corrélation entre les événements de la vie pouvant conduire à un changement de statut fiscal et les comportements migratoires. Le passage à la vie étudiante ou le changement de statut marital peuvent illustrer cette difficulté. Enfin, son exploitation nécessite un travail de reconstitution des ménages très délicat.

Évaluer la qualité de la mesure des migrations permise par les déclarations de résidence antérieure est une question qui déborde largement du cadre de cet article. Sans donc prétendre y répondre ici, certaines considérations d'ordre général peuvent néanmoins être mentionnées. Les expertises réalisées se sont appuyées pour l'essentiel sur des confrontations avec d'autres sources d'information sur les migrations : le solde apparent 1990-1999, un pseudo solde apparent 1999-2007, le solde des migrations résidentielles au RP 1999, ou encore la forme de la pyramide des âges pour les âges de fortes migrations. Ces comparaisons sont nécessairement partielles, et doivent faire face à des différences de champ (prise en compte ou non des échanges avec l'étranger), de niveau de détail de l'information (solde global ou entrées et sorties bi-localisées), de période de référence ou encore de largeur de la fenêtre d'observation. Elles permettent néanmoins de conclure à une certaine cohérence d'ensemble des messages issus de ces différentes mesures. Par ailleurs, si la qualité des flux observés est déterminée exclusivement par la qualité de la collecte et des déclarations de résidence antérieure, celle du solde résultant dépend également d'éventuels phénomènes de compensation entre défauts de réponse symétriques sur les zones d'origine et de destination. Cette symétrie ne peut certes être garantie : par exemple, l'exercice de mémoire face au questionnaire ne présente pas les mêmes difficultés chez le jeune actif que chez l'étudiant ayant récemment quitté le domicile familial ; l'oubli ou l'erreur pourraient être plus courants dans un cas ou dans l'autre. De plus, cette éventuelle compensation ne peut être significative que si les volumes d'entrées et de sorties sont du même ordre de grandeur. Cela étant, ce constat ne peut être complètement ignoré dans l'appréciation générale du solde des migrations résidentielles.

Pour réaliser des projections de populations, Omphale 2010 s'appuiera donc sur des données issues du recensement, à la fois pour construire les populations initiales et pour mesurer les migrations. Dans la suite de ce document, et afin de clarifier la présentation, on considérera systématiquement des projections réalisées sur la base du recensement 2007, cumul des cinq années d'enquêtes allant de 2005 à 2009. Ces projections mobiliseront par ailleurs des données de l'État Civil pour les cinq années considérées. En pratique, le choix du cycle de référence constituera un paramètre de la projection.

L'observation des comportements migratoires sur la base des déclarations de résidence antérieure conduit à une mesure des migrations sur cinq ans et à valeur sur une fenêtre d'observation glissante allant de la période 2000-2004 pour les individus enquêtés la première année du cycle, à 2004-2008 pour les derniers interrogés. C'est donc au final une mesure que l'on peut associer à la période 2000-2008, en retenant de façon résumée qu'elle surreprésente les comportements migratoires des années 2003, 2004 et 2005. Cette précision donnée, on notera que les raisonnements exposés introduisent parfois la simplification suivante :

- le RP 2007 constitue une photographie de la population en 2007 ;
- les réponses à la question sur la résidence antérieure renseignent sur la situation cinq auparavant, soit en 2002.

Elle permet de s'abstraire des difficultés théoriques multiples introduites par la non simultanété du recensement. Elle fait d'une part l'hypothèse pour chaque zone d'un certain équilibre entre la population recensée chaque année de collecte. Cette hypothèse est validée en pratique pour les zones traditionnellement étudiées, constituées de communes contiguës et dont la logique de construction répond à des problématiques concrètes d'observation des territoires. Ce constat permet en outre de réfuter d'éventuelles présomptions de dissymétrie récurrente entre les périodes d'observation des départs et des arrivées, les différentes années de collecte ayant globalement la même représentativité sur les zones d'origine et de destination. D'autre part, cette simplification se conforme aux principes généraux d'utilisation du recensement, qui privilégient des valorisations « en moyenne sur cinq ans » : toute tentative d'exploitation autonome des différentes années d'enquête à des échelons infrarégionaux se trouve confrontée à des problèmes d'effectifs non suffisamment représentatifs. Enfin, les raisonnements présentés peuvent être rapprochés à des fins didactiques de ceux qui auraient valu dans la situation hypothétique où cinq collectes exhaustives auraient été réalisées : les différents indices utilisés en pratique peuvent être assimilés à des moyennes pondérées

des quotients qui pourraient être calculés dans ce cas d'école pour chaque année de collecte prise indépendamment des autres.

2.2. Modélisation des migrations

L'information sur la résidence antérieure permet de ventiler la population 2007 entre les quatre catégories exclusives suivantes :

- les enfants de moins de cinq ans, pour lesquels la résidence antérieure n'est pas renseignée ;
- les individus recensés en France en 2007 mais déclarant une résidence antérieure à l'étranger ;
- les individus déclarant une commune de résidence antérieure en France différente de leur commune actuelle ;
- les individus n'ayant pas changé de commune de résidence.

Le passage de l'observation d'une géographie communale à une géographie plus agrégée permet de conserver cette typologie, mais conduit à basculer dans la catégorie des « stables » les individus qui, bien qu'ayant changé de commune, résident toujours dans la même zone.

Plus précisément, en définissant une partition du territoire national en N zones, la population des cinq ans et plus recensée en 2007 sur chacune d'entre elles peut être vue comme la somme :

- d'une population de « stables », présents sur la zone en 2002 et en 2007 ;
- d'arrivées de l'étranger sur la zone ;
- de N - 1 populations résidant cinq ans auparavant sur l'une des autres zones, et ayant migré vers la zone entre 2002 et 2007.

On peut, en notant que la démarche s'appuie sur l'observation d'une population vivante en France en 2007, proposer une lecture équivalente de cette information plus proche des raisonnements de l'exercice prospectif, et décrire la sous-population présente sur chaque zone en 2002, n'ayant pas migré vers l'étranger entre 2002 et 2007 et n'étant pas décédée sur cette même période, comme la somme :

- d'une population de « stables », présents sur la zone en 2002 et 2007 ;
- des N - 1 populations avec une résidence antérieure sur la zone et une résidence actuelle sur une autre zone.

Plus formellement, en notant pour un âge en 2007 et un sexe donnés :

- $stables_{zone, sexe, age}$ la population recensée sur la zone en 2007 et résidant sur la zone en 2002 ;
- $flux_{origine, destination, sexe, age}$ les individus recensés sur la zone destination en 2007 et déclarant une commune de résidence antérieure sur la zone origine ;

on peut construire :



La population ainsi considérée constituera pour le modèle la sous-population résidant en France en 2002 sur chaque zone et pour laquelle on dispose d'information sur les migrations internes. Au regard des migrations observées via la question sur la résidence antérieure, elle peut être vue comme la population initialement soumise au risque de migrer. Omphale valorisera conjointement l'information sur les flux « origine - destination » et cette population, en calculant des quotients d'émigration rapportant ces deux entités.

$$q^{e}_{origine, destination, n, sexe, age-5} = \frac{flux_{origine, destination, n, sexe, age}}{stables_{origine, sexe, age} + \sum_{zone \neq origine} flux_{origine, zone, sexe, age}}$$

avec $q^{e}_{origine, destination, n, sexe, age}$ un quotient d'émigration de la zone *origine* vers la zone *destination* pour les individus du sexe et de l'âge considérés.

Ces quotients d'émigration sont à valeur sur cinq ans, et conduisent à réaliser des projections selon un pas quinquennal. Ils peuvent être interprétés comme une probabilité qu'a un individu d'une zone donnée à résider cinq ans plus tard sur une autre zone du territoire national, sachant qu'il ne mourra pas et ne migrera pas vers l'étranger sur cette période. Si l'utilisation de tels quotients n'introduit pas d'hypothèse sur les comportements des personnes qui décéderont ou quitteront le pays, elle suppose néanmoins des étapes préalables à la modélisation des flux migratoires permettant de restreindre l'application de ces quotients à une sous-population d'individus dont on sait qu'ils seront toujours vivants en France cinq ans plus tard.

L'utilisation d'une population de référence captée à partir de la population 2007 en « inversant » les flux n'est pas un pis-aller face au manque d'information datée de 2002 : ce principe de reconstitution est destiné à perdurer lorsque les recensements successifs permettront de combler ce manque (les projections sur la base du recensement 2011 pourraient mobiliser une population de référence issue du recensement 2006). En effet, le recours à une mesure unique, les populations d'un recensement ventilées par zone de résidence actuelle et antérieure, garantit une certaine cohérence d'ensemble aux quotients d'émigration, que l'on perdrait par la valorisation conjointe de deux recensements. Dit de façon prosaïque : si les flux sont justes, cette population constitue le meilleur estimateur de la population sur laquelle ils ont été observés ; s'ils ne l'étaient pas, l'exercice serait dans tous les cas voué à l'échec. En pratique, elle permet également de se dispenser dans la modélisation des migrations de toute information ou hypothèse sur les décès.

Le tableau suivant illustre sur la base des données du recensement 2007 le calcul des quotients d'émigration des femmes de 30 ans de Paris vers les Hauts-de-Seine. Les valeurs sont volontairement non arrondies afin d'illustrer le plus fidèlement possible la procédure mise en œuvre. L'échelon géographique choisi est le département : le raisonnement aurait été identique pour tout type de zonage.

Femmes de 35 ans au RP 2007

Recensées sur Paris	18 526
résidence antérieure à l'étranger	1 240
résidence antérieure en France	17 286
...	...
<i>Paris</i>	14 919
...	...
<i>Hauts-de-Seine</i>	455
...	...

Recensées dans les Hauts-de-Seine	13 256
résidence antérieure à l'étranger	593
résidence antérieure en France	12 663
...	...
<i>Paris</i>	1 574
...	...
<i>Hauts-de-Seine</i>	9 430
...	...

Recensées en dehors de Paris et déclarant une résidence antérieure sur Paris	7 384
--	-------

Recensées en dehors des Hauts-de-Seine et déclarant une résidence antérieure dans les Hauts-de-Seine	4 042
--	-------

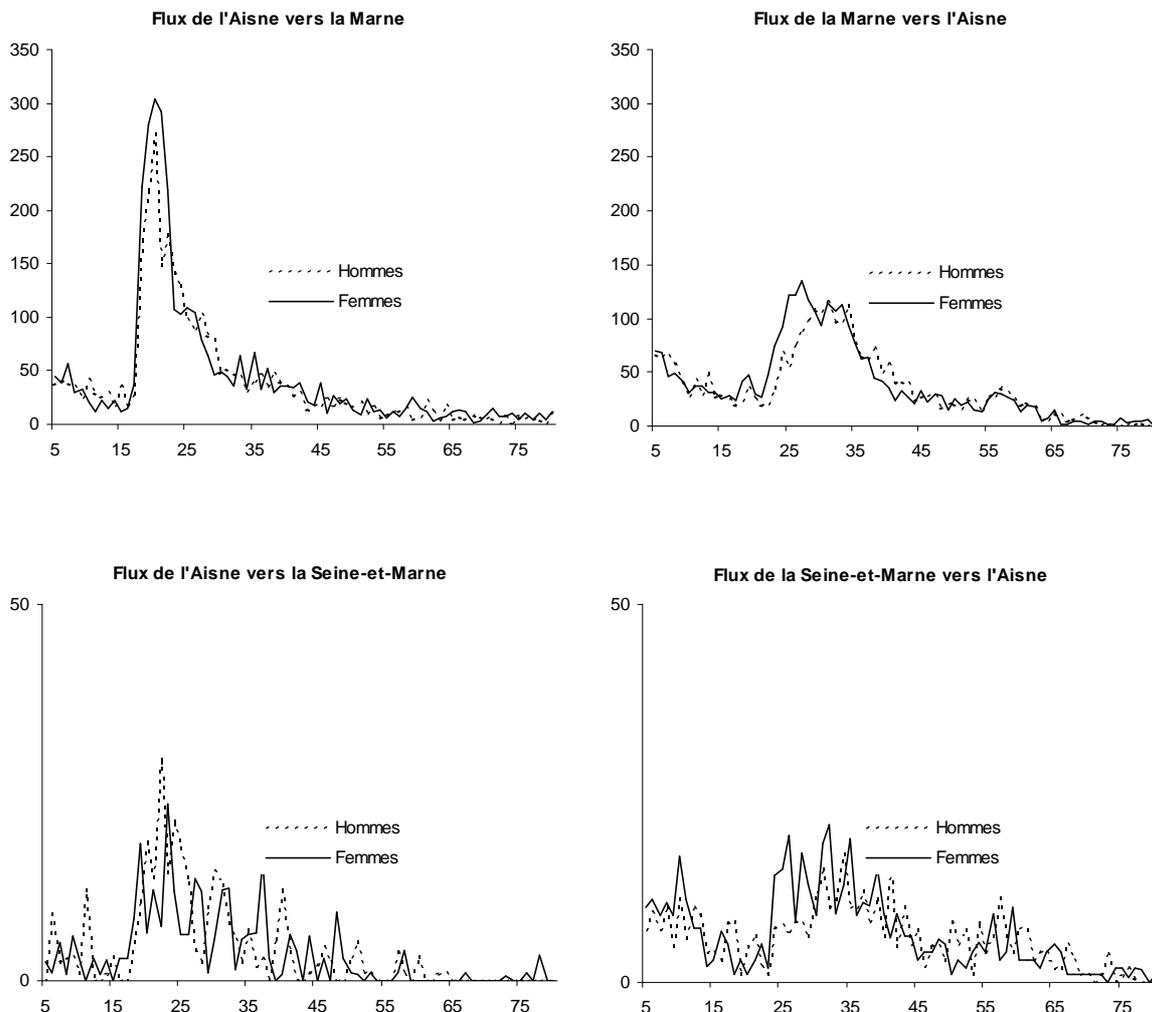
Cette information sur les femmes de 35 ans permet de calculer un quotient d'émigration des femmes de 30 ans de Paris vers les Hauts-de-Seine :

$$q^{e}_{Paris, Hauts-de-Seine, femmes, 30} = \frac{1\,574}{14\,919 + 7\,384} = 7,1\%$$

L'exemple ci-dessus a été choisi car il met en jeu des effectifs importants, étant données la population des départements concernés et l'intensité des échanges entre eux. Mais le modèle considérera de façon analogue des couples de zones d'origine et de destination entre lesquelles les flux peuvent être rares. Ainsi, en s'intéressant cette fois à un département de taille « moyenne », l'Aisne, la comparaison des profils migratoires avec d'une part la Marne, premier département d'origine des

migrants avec près de 5 700 individus, et d'autre part le Val-de-Marne, 10^{ème} département selon le même critère avec un peu moins de 1 000 personnes, illustre le caractère rapidement heurté que prennent les profils migratoires avec les zones d'échanges « secondaires » (figure 1). Cette caractéristique s'explique par les faibles effectifs en jeu, ventilés par sexe et âge, et le nombre d'observations sous-jacentes nécessairement inférieur étant donnée la méthodologie du recensement. Elle pose ainsi la question de la valorisation de tels effectifs.

Figure 1. Flux migratoires vers et en provenance de l'Aisne



Une option possible consisterait à définir un critère d'arrêt dans la sélection des zones d'échanges et à considérer une zone résiduelle globale pour les autres. Celle-ci n'est pas apparue optimale. D'une part, elle conduit à multiplier les projections : il y aurait par exemple autant d'exercices de projections départementales que de départements, le critère d'arrêt, et donc la sélection des zones à intégrer au zonage, étant fonction du département « d'intérêt » ; cette approche serait ainsi difficilement conciliable avec la cohérence d'ensemble recherchée pour les projections. D'autre part, le modèle devrait, même avec cette simplification, s'accommoder d'effectifs très faibles. Pour près de la moitié des départements, capter explicitement 80 % des arrivées conduirait à retenir au moins 30 départements d'échanges ; plus généralement, les arrivées en provenance du dernier département sélectionné seraient en moyenne inférieures à 500.

Au final, c'est l'approche purement « comptable » retenue pour le calcul des quotients d'émigration qui permet de s'affranchir des difficultés liées à la valorisation d'effectifs parfois très faibles. En effet, le numérateur des quotients constitue une sous-population du dénominateur. Ces deux grandeurs étant

issues d'une même mesure, un flux faible conduit nécessairement à un quotient d'émigration faible et à des flux projetés du même ordre de grandeur que les flux observés au recensement. Le caractère très « mécanique » de cette valorisation permet de se prémunir contre les éventuels biais qu'aurait pu introduire le recours à un outillage mathématique plus complexe, lissage et modélisation notamment. Bien sûr, les flux minoritaires ne sont pas destinés à une valorisation autonome, mais ils contribuent néanmoins à l'explication des dynamiques locales.

2.3. Projection des flux migratoires

Ces quotients d'émigration seront mobilisés afin de construire des flux orientés pour chaque couple de zones du zonage. Leur contribution à l'évolution de la population de la zone d'origine et de la zone de destination sera par construction opposée. C'est cette double valorisation des flux qui garantit l'équilibre des bilans migratoires.

Ainsi, en s'intéressant à nouveau aux départs de Paris vers Les Hauts-de-Seine, pour une population de 1 000 femmes de 30 ans résidant sur Paris une année donnée, et dans l'hypothèse didactique où aucune d'elles ne décéderait ni ne migrerait vers l'étranger, le modèle considérera que 71 résideront dans les Hauts-de-Seine cinq ans plus tard. Elles seront alors âgées de 35 ans. Cette information sera valorisée du point de vue de Paris, où les 71 femmes seront retranchées à la population initiale, et du point de vue des Hauts-de-Seine, où elles seront imputées.

La logique de l'exercice projectif conduit assez naturellement à privilégier dans l'observation de ces migrations une optique chronologique, et à voir dans les migrants une sous-population de leur zone d'origine. Ils n'en constituent pas moins pour autant une sous-population de leur zone de destination. Ce constat trivial vise à mettre en évidence le parti retenu dans cette modélisation, afin de distinguer dans les choix méthodologiques deux dimensions qui sont certes liées, mais qui ne se superposent pas :

- d'une part, la modélisation de flux bi-localisés valorisés de façon symétrique sur les zones d'origine et de destination ; ce type de modélisation, en garantissant la nécessaire compensation des migrations internes, semble le plus à même de lever l'hypothèse d'ubiquité implicite dans la plupart des modèles qui projettent des migrations nettes ; elle n'introduit aucune hypothèse sur les comportements ;
- d'autre part, le choix de modéliser ces flux du point de vue de leur zone d'origine, et de faire de l'évolution de la population de cette dernière le seul déterminant de ces migrations selon une simple relation de proportionnalité.

Cette deuxième caractéristique postule la capacité des quotients d'émigration à résumer à eux seuls les déterminants de la mobilité des individus d'un sexe, d'un âge et d'une zone donnés. Ces quotients traduisent lorsqu'ils sont appréhendés toutes zones de destination confondues une propension des individus résidant sur une zone à la quitter dans les cinq ans. La part des différentes zones de destination dans ce quotient d'émigration global peut quant à elle être vue comme un indicateur de l'attractivité relative de chacune d'entre elles. Cette lecture schématique distingue implicitement deux niveaux de décision dans la migration. Dans un premier temps, chaque individu décide s'il souhaite rester sur la zone ou la quitter ; ce choix se fait en ignorant les destinations possibles. Dans un deuxième temps, ceux qui ont décidé de partir choisissent leur zone de destination ; ce choix respecte une clé de ventilation figée initialement. Le caractère simpliste de cette lecture illustre les hypothèses implicites de cette modélisation et renseigne sur les conditions d'un tel exercice.

Ainsi, on peut dire que le modèle vise à retranscrire l'effet « mécanique » qu'a l'évolution de la population d'une zone sur sa capacité à fournir des migrants aux autres zones. À cet égard, il présente l'intérêt majeur de prendre en compte les différences de dynamiques démographiques entre zones d'échanges, et à moduler en conséquence les flux. Ainsi, en ignorant pour simplifier les éventuels effets de structure, le modèle conduit globalement à observer un tassement du solde migratoire sur les zones où la croissance de la population est la plus rapide, les arrivées augmentant dans ce cas moins vite que les départs. À l'inverse, les zones peu dynamiques verront leur solde migratoire évoluer favorablement. Cette caractéristique est à opposer à la capacité à s'autoalimenter en migrants que supposent les modèles de projections de migrations nettes.

Mais en maintenant sur la période de projection des quotients qui ne constituent qu'un instantané de la situation au recensement, et en retenant de fait une simple relation de proportionnalité entre départs et population, Omphale ne peut prétendre modéliser l'évolution dans le temps de l'attractivité

des différentes zones, et plus généralement des comportements migratoires à zone, sexe et âges donnés. Si tout modèle de projection se trouve par nature confronté à ce type de limites, celle-ci est à apprécier au regard de la variabilité temporelle des indices utilisés. En l'occurrence, la multitude des facteurs influençant les migrations, qu'il s'agisse de déterminants individuels, comme la structure familiale ou la catégorie socioprofessionnelle, ou collectifs, comme le prix du foncier ou le marché du travail, présage de la variabilité à attendre d'indices caractérisés uniquement par le sexe, l'âge et le lieu de résidence.

Par ailleurs, en découplant la modélisation des entrées et des sorties, le modèle ignore les relations qui existent entre ces deux grandeurs. Difficiles à mesurer en pratique, elles revêtent néanmoins une dimension significative dans certaines situations, notamment lorsqu'on observe des mouvements d'allers et retours. L'analyse des résultats du modèle appliqué aux échanges migratoires entre la Guyane et les autres départements illustre, dans une configuration certes un peu atypique, cette limite du modèle. En effet, il conduit à une dégradation rapide du solde des migrations internes, la croissance de la population guyanaise étant sans aucune mesure avec celle des autres départements. Or ce solde globalement négatif au RP 2007 masque des phénomènes d'allers et retours d'individus natifs de métropole dont la compensation mécanique ne devrait pas être remise en cause en projection.

2.4. L'importance du choix du zonage

Pour être mis en œuvre, le modèle ne peut ignorer dans la modélisation des flux aucune partie du territoire national : chaque commune de France doit être intégrée afin de potentiellement fournir des migrants à la ou aux zones d'intérêt. Ce constat pose la question du zonage à considérer en dehors des zones clairement identifiées comme zones d'études, les résultats des projections étant sensibles au choix de ce zonage. Autrement dit, pour une zone donnée, il y a potentiellement une infinité de projections selon la maille appliquée au reste du territoire. De plus, chaque zone d'intérêt peut elle-même être vue comme la somme de sous-zones plus petites. Le choix de ces sous-zones conduit lui aussi à la multiplication des projections possibles pour un niveau agrégé donné.

La détermination du zonage optimal est d'autant plus délicate qu'elle appelle des considérations parfois contradictoires. Capter les spécificités locales invite à considérer une maille géographique suffisamment ciblée afin d'éviter de diluer dans une zone globale des zones présentant des caractéristiques contrastées, tant en termes d'évolution de leur population que de comportements migratoires vis à vis des zones d'intérêt. Ainsi, pour réaliser une projection de la population pour l'agglomération de Montpellier, considérer une zone globale constituée du reste de la France métropolitaine ignore :

- que l'agglomération échange avant tout avec le reste de l'Hérault, quelques départements voisins et Paris;
- que la population des zones mentionnées, hormis Paris, progresserait beaucoup plus rapidement que la moyenne nationale.

Dès lors, si en début de projection appliquer un quotient d'émigration moyen à la population de la France est numériquement proche³ de l'utilisation de quotients d'émigration spécifiques appliqués aux sous-populations des zones mentionnées et d'une zone résiduelle, au fur et à mesure de la projection ces deux approches divergent : seule la deuxième permet de prendre en compte le dynamisme particulier des zones d'échanges privilégiées de l'agglomération. A horizon 2040, les écarts peuvent atteindre plusieurs points de croissance selon le nombre de zones identifiées, même si aucune option ne remet en cause la forte progression de la population montpelliéraine.

Mais à l'inverse, lorsque pour un niveau géographique donné la somme de projections réalisées sur des zones élémentaires diffère de celle obtenue au niveau agrégé, il est légitime de s'interroger sur le bien-fondé d'une approche détaillée à contredire, dans la pratique plutôt à moduler, les résultats d'une démarche plus globale. En particulier, lorsque les échanges entre sous-zones sont nombreux, peut-on considérer que la répartition géographique de la population au sein d'un territoire est à même

³ Sans toutefois être équivalent, les flux observés ayant également une incidence sur la détermination de la population initialement soumise au risque de migrer, valorisée au dénominateur des quotients. Dans le cas d'échanges très concentrés, l'approche désagrégée peut conduire à des écarts dès le premier pas de projection.

d'impacter l'évolution de la population de la zone prise dans son ensemble ? Répondre à cette question suggère d'analyser les mécanismes qui conduisent à ces divergences. Il s'agit alors plus de formaliser les hypothèses sous-jacentes et d'en apprécier la pertinence que de rechercher un éventuel lien de causalité entre elles.

Par exemple, pour certaines aires urbaines où l'on observe des mouvements migratoires importants de périurbanisation, la population de la couronne périurbaine est amenée à croître en projection plus rapidement que celle du pôle urbain. Par ailleurs, on observe traditionnellement une fécondité moyenne plus faible sur ce dernier. Ces mouvements de population, que le zoom introduit par l'approche désagrégée permet d'observer, sont-ils de nature à modifier la fécondité globale de l'aire urbaine en concentrant une part plus importante de sa population sur la couronne ? Les comportements de départs de la couronne vers le reste de la France peuvent également différer de ceux observés sur le pôle. Modéliser indépendamment les deux flux associés peut conduire à modifier globalement le solde de l'aire urbaine vis à vis du reste du territoire national. Dans l'hypothèse d'une couronne moins soumise aux sorties, la périurbanisation est-elle apte à préserver des départs une part croissante de la population de la zone ?

Privilégier une approche globale de la zone reconnaît l'existence de déterminants collectifs qui contraignent l'expression des dynamiques individuelles. Les principes des modélisations ayant recours à des quotients moyens ne doivent en effet pas faire perdre de vue les limites des hypothèses théoriques qui les sous-tendent : les individus ne sont pas tous identiques et ils prennent leurs décisions dans un environnement partagé, soumis à des facteurs exogènes au modèle. Réintroduire par le choix du zonage des considérations sur la vraisemblance de ces hypothèses peut être bénéfique à l'exercice de projection.

Enfin, on notera que la détermination du zonage à privilégier s'inscrit dans un processus nécessairement global : pour être optimal pour les zones d'intérêt, il doit par construction l'être également pour chaque zone qui le constitue, la population projetée pour ces dernières conditionnant les migrants potentiels vers les zones d'étude. Ce constat invite donc à rechercher une maille de projection élémentaire qui permettrait par agrégation de reconstituer des échelons géographiques plus vastes. A cet égard, la maille communale présente le double intérêt de permettre la reconstitution de toute zone constituée d'un ensemble de communes, tout en permettant de capter les spécificités locales. Les difficultés liées au traitement d'effectifs faibles pourraient le cas échéant être contournées en considérant des regroupements de communes adaptés. Mais les limites précédemment évoquées de modélisations à des échelons géographiques systématiquement désagrégés encouragent au contraire à privilégier pour la détermination du zonage une approche analytique. En effet, les réflexions qu'elle peut susciter, en particulier lorsque les résultats sont significativement impactés par le choix du zonage, sont riches d'enseignements pour l'exercice de projection. Par ailleurs, cette sensibilité est à relativiser. D'une part, la mise en place des projections départementales étalon (cf. infra) confine cette problématique à la détermination des zones proches des zones d'intérêt, ou au sein de ces dernières. Les configurations où des écarts significatifs sont observés deviennent dès lors très spécifiques, les projections se révélant en pratique souvent peu impactées par le choix des zones. D'autre part, elle n'est pas exclusive de ce type de projections, même si la modélisation de flux lui confère une importance particulière. Finalement, si cette sensibilité au choix du zonage complexifie l'exercice de projections, elle témoigne de ce qu'ignorerait une modélisation complètement indépendante de la maille d'observation.

2.5. Les départements comme échelon géographique de référence

Posée pour la réalisation des projections départementales, cette question délicate du choix du zonage a conduit à retenir une maille géographique unique, constituée des 100 départements de France. Cette démarche considère que la population de chaque département est projetée de façon optimale :

- en observant le département pris dans son ensemble, et non pas comme une juxtaposition de zones plus élémentaires ;
- en projetant les flux avec les autres départements, également pris dans leur ensemble.

Elle s'appuie sur le constat qu'un certain nombre des déterminants de la mobilité peuvent être appréciés raisonnablement à ce niveau géographique. Elle revêt également des qualités pédagogiques et offrent certaines facilités organisationnelles. Dans ce contexte, les caractéristiques globales des départements l'emportent sur l'expression des dynamiques locales.

Les projections départementales se voient ainsi confier un rôle privilégié au sein du modèle. Pour un zonage donné définissant une partition d'un ou plusieurs départements :

- la somme des projections des zones du zonage sera calée sur le niveau départemental, qui joue à cet égard un rôle d'étalon ;
- la population des départements non impactés par le zonage sera extraite de ces projections départementales afin de constituer des « réservoirs » de migrants pour les zones d'étude ; ainsi, en dehors des zones dûment spécifiées par l'utilisateur, le zonage sera constitué systématiquement de l'ensemble des départements de France.

En résumé, les projections infra-départementales ventilent au niveau local une population issue du cadre de référence que constituent les projections départementales, qualifiées de « projections étalons ».

En pratique, l'outil permet aux chargés d'études d'outrepasser l'utilisation des projections départementales « étalons » en définissant explicitement comme zonage une partition du territoire national.

La modélisation retenue pour les migrations internes s'est révélée structurante pour l'ensemble du modèle. Dans ses autres dimensions, celui-ci doit prendre en compte l'ordre imposé par les quotients d'émigration pour la modélisation des différentes composantes, tout en s'adaptant au pas quinquennal de projection.

3. Les autres composantes

3.1. Des départs vers l'étranger difficiles à mesurer

Les quotients d'émigration sont destinés à être appliqués à une population dont on « sait » qu'elle ne migrera pas vers l'étranger. La première étape du processus consiste donc à retrancher à la population initiale sur chaque zone un flux de futurs migrants vers l'étranger. Inversement, des arrivées de l'étranger seront imputées à chaque zone après la prise en compte des migrations internes.

Si les arrivées de l'étranger peuvent être appréhendées à partir de la question sur la résidence antérieure, les départs sont eux beaucoup plus difficiles à estimer, et aucune source systématiquement mobilisable à des échelons infranationaux n'a pu être identifiée. Face à ce constat, les choix méthodologiques présentés ici traduisent la recherche d'un compromis visant à valoriser conjointement l'information disponible localement sur les arrivées de l'étranger et les hypothèses sur le solde migratoire intégrées aux projections nationales⁴ (100 000 individus par an dans le scénario central). Ce cadre national conduit donc à rechercher un indicateur permettant de ventiler entre zones ces hypothèses. On notera que la modélisation retenue pour les migrations internes interdit toute approche simplifiée qui raisonnerait sur un solde avec l'étranger, sans distinction entre entrées et sorties.

La méthode mise en œuvre consiste dans un premier temps à construire deux hypothèse d'arrivées et de sorties sur cinq ans au niveau national, en assimilant peu ou prou l'hypothèse sur les entrées aux arrivées mesurées par le recensement. Les départs sont ensuite déduits par confrontation avec l'hypothèse sur le solde. Au niveau local, on peut retenir de façon résumée que les entrées sont proches de celles mesurées par le recensement. Les sorties sont quant à elles évaluées en ventilant l'hypothèse nationale correspondante au prorata des arrivées de l'étranger sur la zone. Le profil par âge national des sorties est conservé sur chaque zone. Cette approche revient à considérer qu'il existe un indicateur d'intensité des échanges avec l'étranger, témoin à la fois des arrivées et des départs. Autrement dit, elle introduit l'hypothèse forte, et dont on sait qu'elle ne peut être complètement validée, que les zones de fortes arrivées sont également des zones où les départs sont nombreux. Cette hypothèse est à apprécier au regard des alternatives qui ont pu être envisagées :

⁴

INSEE, document de travail n°F1008, octobre 2010

1. une répartition des départs au pro rata de la population résidant sur la zone conduirait à nier toute spécificité des zones en termes de départs vers l'étranger, et conduirait pour les zones relativement « isolées » à construire un solde négatif ;
2. la valorisation de l'intensité des départs de la zone vers les autres zones de France, ou le solde avec les autres zones de France, établirait un lien fort et difficile à démontrer entre les déterminants de la mobilité interne et ceux des migrations avec l'étranger.

Enfin, si un indicateur composite basé sur la confrontation entre un pseudo solde apparent 1999-2007, le solde des migrations internes et les arrivées de l'étranger mesurés à partir du recensement peut en théorie renseigner sur des sorties du territoire, il informe en pratique davantage sur les limites d'une telle approche et sur la qualité des sources sous-jacentes⁵.

Au-delà de cette ventilation par défaut des hypothèses nationales, l'outil permet à l'utilisateur de spécifier explicitement les effectifs d'arrivées et de départs.

3.2. Des survivants cinq ans plus tard

Les départs vers l'étranger ainsi calculés permettront de déduire de la population initialement sur chaque zone une sous-population de « non migrants vers l'étranger dans les cinq ans ». Le modèle appliquera à cette population des quotients de mortalité afin de construire une population par zone de résidence initiale constituée d'individus toujours vivants en France cinq ans plus tard. Cette dernière servira de population de référence pour l'application des quotients d'émigration, qui permettront de la ventiler par zone de résidence finale.

Les quotients de mortalité sont calculés sur chaque zone en rapportant des décès domiciliés de l'État Civil à une population issue du recensement. A cet égard, le cumul de cinq années d'enquêtes constitue cette fois un atout, dans la mesure où il permet une valorisation de l'État Civil étendue sur cinq ans, et d'observer ainsi un profil par âge des décès suffisamment robuste pour calculer des quotients spécifiques à la zone. Ceux-ci seront toutefois lissés au-delà de 80 ans.

Ces quotients ignorent la part des décès domiciliés imputables aux migrants et suggèrent quelques précautions d'utilisation sur les zones où les migrations aux grands âges seraient non négligeables. Par ailleurs, on notera que cette démarche conduit à évaluer des décès selon la zone de résidence en début de pas de projection. Enfin, l'évolution dans le temps de ces quotients de mortalité pourra être exprimée pour chaque zone en termes de positionnement relatif par rapport aux hypothèses de l'exercice de projection national.

3.3. Des naissances avec un pas quinquennal

Réaliser des projections avec un pas quinquennal suppose une articulation délicate dans la modélisation des naissances et des migrations, qu'il s'agisse de celles des jeunes enfants ou de leurs mères. En théorie, connaître les migrations de ces dernières suffit à prendre en compte celles des enfants : on peut retenir de façon simplifiée que ceux-ci sont systématiquement associés à la migration de leur mère, et que les parcours « donner naissance puis migrer » ou « migrer puis donner naissance » sont équivalents en termes de contribution à l'évolution de la population de la zone de destination, où les enfants résident en fin de pas de projection. Cette approche permet en outre d'évacuer les questions délicates sur la date de la migration au sein de la fenêtre de cinq ans. Mais elle impose de connaître les comportements de fécondité des femmes migrantes. Ainsi, à partir d'une mesure des comportements de fécondité moyens par zone issue du rapport entre les naissances État Civil et les populations recensées, les hypothèses suivantes ont été testées :

- les femmes migrantes restent soumises durant les cinq années encadrant leur migration aux comportements de fécondité de leur zone d'origine ;
- les femmes migrantes adoptent dès le début de pas de projection les comportements de fécondité moyens de leur zone de destination.

⁵ Des expertises menées par le passé à partir des recensements 1990 et 1999 (B. Baccaïni, 1999) ont été reproduites en confrontant un pseudo solde apparent 1999-2007 à l'information issue des déclarations de résidence antérieure. Les résultats révèlent certaines incohérences et démontrent les limites d'une telle approche.

Ces deux hypothèses introduisent des déformations artificielles de la base de la pyramide des âges de certaines zones, et cela dès le premier pas de projection et sans lien apparent avec les variations d'effectifs de femmes en âge de procréer. Elles témoignent ainsi du lien plus subtil qui existe entre les comportements féconds et migratoires.

La première option conduit par exemple à surestimer de manière récurrente la population de jeunes enfants sur les pôles universitaires. Elle révèle ainsi une fécondité des migrantes en moyenne plus faible que celle de leur zone d'origine, et plus proche des comportements observés sur leur zone de destination. Ce constat invite à tester la deuxième option : elle permet effectivement de corriger ce décrochage dans le cas particulier des pôles universitaires, mais elle conduit à l'observer sous d'autres formes. Cette hypothèse méconnaît ainsi la corrélation positive entre les départs d'Île-de-France et les naissances. En amputant la base de la pyramide proportionnellement aux départs de femmes, elle sous-estime les départs associés à une naissance, et ne permet pas de retrouver en projection le fort gradient d'effectifs attendu entre les âges de 0 à 4 ans pour cette région.

On notera en outre que le caractère catégorique de ces objections permet d'éviter la question du calcul d'une fécondité moyenne à partir des naissances domiciliées de l'État Civil et d'une population en début d'année. Sans information sur les migrations annuelles des femmes, et en particulier sur l'âge de la migration, ce calcul est cependant loin d'être trivial.

Les fortes corrélations entre comportements de fécondité et migratoires invitent donc à en rechercher une caractérisation conjointe. A cet égard, connaître pour les enfants de moins de cinq ans le lieu de résidence de leur mère cinq auparavant permettrait, par une approche inspirée de la méthode « décompte des enfants au foyer », de mesurer une fécondité des femmes caractérisées par leur statut de « stable sur la zone » ou de « nouvelle arrivante », ou même plus finement, par leur zone de résidence actuelle et antérieure. Si cette information sur la résidence antérieure pour les enfants de moins de cinq ans n'est pas disponible par défaut dans les données du recensement actuel, il est néanmoins possible de la reconstituer à partir de données détaillées. Ce processus de reconstitution, qui introduit nécessairement certaines approximations, permet in fine d'établir un lien entre chaque enfant et « sa » mère. Ce lien permet à un niveau agrégé de déduire d'une population de femmes caractérisées par l'âge, la zone de résidence antérieure et actuelle, un nombre d'enfants pour chaque âge de 0 à 4 ans. La zone de résidence de ces enfants est par construction celle de leur mère. Ce lien permet à lui seul, et de façon résumée, de caractériser à la fois la fécondité des migrantes et des stables, et de faire migrer implicitement les enfants. Plus formellement, on peut construire :

$$Lien_mere_enfant_{age_mere,age_enf,origine,destination} = \frac{enfants_{age_mere,age_enf,origine,destination}}{femmes_{age_mere,origine,destination}}$$

Avec :

- *enfants* les individus âgés de 0 à 4 ans au recensement, ventilés selon leur âge (*age_enf*) et selon l'âge (*age_mere*), la zone de résidence actuelle (*destination*) et antérieure (*origine*) de leur mère, ces deux zones pouvant être identiques ;
- *femmes* la population totale de femmes pour les caractéristiques considérées.

Cet indice, appliqué en projection à une population de femmes ventilée par âge, zone de résidence actuelle et zone de résidence antérieure, permet de calculer une population d'enfants âgés de 0 à 4 ans. La ventilation par sexe de l'enfant se fera a posteriori.

Mais si cette méthode présente de nombreux atouts d'un point de vue théorique, la lourdeur de sa mise en œuvre la rend peu adaptée aux contraintes techniques du projet et difficilement conciliable avec le calendrier opérationnel visé.

Ainsi, une méthode simplifiée a été définie. Elle permet elle aussi, en adoptant une approche globale, de se dispenser d'hypothèses sur la fécondité des migrantes. Elle consiste à observer dans un premier temps l'allure générale de la pyramide des âges pour les jeunes enfants. En effet, cette dernière traduit, outre les évolutions d'effectifs de femmes en âge de procréer sur la période récente, les comportements de mortalité et surtout migratoires de ces enfants et de leurs mères. Elle calcule pour cela des ratios qui rapportent des effectifs d'enfants pour chaque âge de 0 à 4 ans aux

naissances moyennes issues de l'État Civil pour les cinq années du cycle. Ces ratios « naissances - enfants » sont maintenus en projection et conduisent à reproduire la forme de la pyramide initiale. On notera que l'utilisation de données moyennes sur cinq ans permet d'amortir l'effet qu'auraient sur ces indices d'éventuelles variations d'effectifs entre générations de femmes en âge de procréer, ces générations étant par ailleurs que très partiellement renouvelées d'une année sur l'autre : les femmes donnant naissance en 2007 sont pour l'essentiel issues des mêmes générations que les femmes ayant donné naissance en 2006 ou qui donneront naissance en 2008.

Dans un deuxième temps, des quotients de fécondité sont calculés en rapportant les naissances domiciliées, ventilées par âge de la mère, à une population de femmes. Cet indice comprend lui aussi une information composite, avant tout sur les comportements féconds mais également sur les migrations des mères, qui conditionnent les écarts entre naissances domiciliées et naissances des femmes présentes sur la zone en début d'année. Ainsi, s'il ne peut-être assimilé à un taux de fécondité, il permet néanmoins d'établir un lien entre une population de femmes au 1^{er} janvier et des naissances enregistrées sur la zone tout au long de l'année. Ces quotients seront appliqués aux populations de femmes en fin de chaque bond projectif, afin de calculer des naissances pour la dernière année du pas de projection. Les ratios « naissances - enfants » précédemment présentés permettront de déduire de ces naissances une population d'enfants âgés de 0 à 4 ans. Ces naissances peuvent donc être vues comme un proxy entre les populations de femmes résidant sur la zone et les enfants âgés de 0 à 4 ans. En d'autres termes, ces naissances résument l'information sur la structure par âge des femmes en âge de procréer ; les ratios « naissances enfants » permettent quant à eux d'y associer des populations d'enfants de moins de cinq ans.

Cette méthode peut conduire à anticiper légèrement l'effet d'une variation du nombre de femmes en âge de procréer sur les effectifs de jeunes enfants. En effet, toute l'information sur la population des femmes est résumée par les naissances en fin de pas de projection, par construction postérieure à celles dont sont issues les générations âgées de 0 à 4 ans à la même date. Les effectifs de femmes en âge de procréer présentant une certaine inertie et n'évoluant pas de façon erratique, cette approximation est apparue acceptable. Par ailleurs, cette démarche ne peut prétendre répercuter en projection l'évolution de la part des migrantes au sein de la population, qui nécessiterait en théorie une réévaluation des ratios présentés. On notera cependant que ce défaut est partagé par toutes les modélisations où les enfants migrent indépendamment de leur mère. Malgré ces limites, cette méthode conduit en pratique à des résultats assez proches de ceux obtenus avec la méthode valorisant le lien « mère - enfant ».

Ce calcul d'une population d'enfants âgés de 0 à 4 ans constitue la dernière étape de chaque bond projectif. Le processus peut ensuite être itéré à partir de la population par zone de résidence finale ainsi construite.

4. Vue d'ensemble

Les projections réalisées par Omphale 2010 s'articulent autour d'un processus en cinq temps, chaque étape constituant un préalable nécessaire à la réalisation de la suivante. L'outil modélise ainsi dans l'ordre pour chaque pas de projection de cinq ans :

1. des départs vers l'étranger ;
2. des décès par zone de résidence initiale pour les « non migrants vers l'étranger » ;
3. des migrations internes qui ventilent la population survivante par zone de résidence finale ;
4. des arrivées de l'étranger, permettant d'obtenir une population totale âgée de 5 ans et plus ;
5. des enfants âgés de 0 à 4 ans, déduits de la population de femmes résidant sur la zone en fin de pas.

Cette démarche séquentielle permet d'isoler la modélisation des différentes composantes. La simplicité de l'outillage mathématique utilisé traduit la volonté de rester au plus proche de l'information brute, issue du recensement et de l'État Civil. L'outil permet aux chargés d'études de l'Insee qui l'utilisent de modifier les indices calculés par défaut : soit en les surchargeant à partir de données valorisant une information ou une hypothèse disponibles localement, soit en spécifiant une transformation à appliquer aux valeurs initiales. Cette modularité vise à encourager des approches par

scénarios, élaborés conjointement avec les acteurs publics commandant les projections. La construction de scénarios sur la composante migratoire nécessite un travail de formalisation certes assez délicat, les flux étant à la fois bi-localisés et à valeur sur cinq ans, mais qui permet au final de saisir toute la portée des hypothèses sous-jacentes.

Au-delà des limites que connaît tout exercice projectif, Omphale 2010 fournit un cadre de référence pour réaliser des projections de population qui répondent aux exigences suivantes :

- considérer les spécificités locales en termes de fécondité, de mortalité et de mobilité ;
- garantir l'équilibre des bilans migratoires ;
- tenir compte des différences de dynamiques entre zones d'échanges dans la modélisation des migrations ;
- fournir une information sur l'évolution dans le temps des flux « origine - destination ».

Bibliographie

- [1] Baccaïni B., « Analyse des migrations internes et estimation du solde migratoire externe au niveau local à l'aide des données censitaires », *Population*, n° 4-5, pp 801-815, 1999
- [2] Blanpain N., Chardon O., « Projections de population 2007-2060 pour la France métropolitaine : méthode et principaux résultats », Insee, document de travail n°F1008, 2010
- [3] Bergouignan C., « Projeter les populations soumises à une forte mobilité résidentielle », *Cahiers de démographie locale* 2008, pp 11-98, 2008
- [4] Dekneudt J., « Le modèle de projection démographique Omphale 2000 », *Insee Méthodes* n°112, 2005
- [5] Léon O., « Le modèle de projection démographique Omphale 2010 », *Insee Méthodes* n°124, 2010
- [6] Léon O., « La population des régions en 2040 », *Insee Première* n°1326, 2010
- [7] Garagnon J., Laurent L., « Les projections démographiques régionales et locales à l'INSEE : les modèles PRUDENT et MIGRAGE », *Les projections démographiques*, TOME 1, pp 153-168, 1987