

# Les dimensions dans les projections mondiales : un état des lieux

## *Dimensions in Global Projections: An Overview*

Anne Goujon\*

---

**Résumé** – L’ajout de dimensions allant au-delà de l’âge et du sexe dans les projections de population multi-états a deux finalités principales : premièrement, renforcer l’exactitude des projections en tenant compte de la nature hétérogène de la population, qui pourrait affecter le système dans son ensemble, et, deuxièmement – et surtout – faire en sorte que les projections produisent un plus grand nombre d’informations. Cet article examine les principales dimensions projetées par le passé, mettant l’accent sur les projections mondiales établies pour le niveau d’éducation, qui sont grandement utilisées dans les exercices de modélisation en dehors du contexte démographique. Nous proposons également d’autres dimensions qui pourraient être projetées de façon multi-états, potentiellement pour la plupart des pays.

**Abstract** – *The addition of dimensions beyond age and sex in multistate population projections has two major objectives: first, to increase the accuracy of the projected population by capturing the heterogeneity present in the population that could affect the overall system; secondly, and more importantly, to increase the level of information provided by the projections. This article reviews the main dimensions that have been projected in the past, emphasizing global projections of educational attainment, which have been used largely in modeling exercises outside of the demographic realm. Furthermore, we propose some other dimensions that could be projected in a multistate fashion, possibly for most countries.*

---

Code JEL / JEL Classification : J11, J24, I21

Mots-clés : projections de population, projections multi-états, éducation

Keywords: *population projections, multistate projections, education*

Rappel - Les jugements et opinions exprimés par les auteurs n'engagent qu'eux mêmes, et non les institutions auxquelles ils appartiennent, ni a foriori l'Insee.

\* Centre commun de recherche (CCR) de de la Commission Européenne, Ispra, Italie (anne.goujon@ec.europa.eu) et Centre Wittgenstein pour la démographie et le capital humain mondial (Univ. Vienne, IIASA, OeAW/VID), Institut de démographie de Vienne, Académie des sciences d’Autriche, Vienne, Autriche. Le travail sur cet article a été entrepris au Centre Wittgenstein pour la démographie et le capital humain mondial, et finalisé au CCR.

Reçu en juillet 2019 et accepté en juillet 2020.  
Traduit de la version originale anglaise

Citation: Goujon, A. (2020). Dimensions in Global Projections: An Overview. *Economie et Statistique / Economics and Statistics*, 520-521, 87–101. <https://doi.org/10.24187/ecostat.2020.520d.2032>

Les projections de population ne datent pas d'aujourd'hui. Au-delà de simples extrapolations, elles ont vu le jour à la fin du XVII<sup>e</sup> siècle, avec notamment les essais de John Graunt en 1662 et de William Petty en 1682 (Graunt, 1665 ; Petty, 1984) projetant la population de Londres en mobilisant des méthodes statistiques innovantes pour leur époque<sup>1</sup>. En 1699, Sébastien Le Prestre de Vauban a établi des projections pour la population du Canada à l'horizon 1970 – qui se sont révélées exactes en dépit d'hypothèses erronées (Vauban, 1842). D'un point de vue méthodologique, la qualité des projections s'est fortement améliorée par la suite. La méthode des composantes<sup>2</sup> (Whelpton, 1928) développée dans les années 1920 est aujourd'hui très répandue. Toutefois, les projections ont, pendant longtemps et le plus souvent, été mises en œuvre au niveau national ou infranational par des instituts de statistique locaux.

Nous voyons à cela plusieurs raisons. La première, l'absence, dans un grand nombre de pays, de données sur la population de l'année de base (qui nécessite un recensement ou une enquête) et sur les composantes « fécondité », « mortalité » et « migration » nécessaires aux projections. Notons pourtant que de nombreux pays pratiquent le recensement depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. La deuxième, des capacités de calcul limitées et des contraintes de temps. Mais la principale raison pour laquelle les projections de population sont restées longtemps à l'échelle locale ou nationale est probablement l'absence de « pensée mondiale » ; celle-ci n'a émergé qu'avec la théorie de la transition démographique formulée par Frank W. Notestein en 1945, bien que d'autres l'aient suggérée avant lui (voir Kirk, 1996). Cette théorie, qui suppose une généralisation continue, au niveau mondial, des tendances constatées dans différents pays, a ouvert la voie à des projections mondiales, d'abord développées par Notestein lui-même (Notestein, 1945). Il fut le premier directeur de la Division de la population des Nations Unies, le principal fournisseur de projections de population mondiale pendant plusieurs dizaines d'années. D'autres grandes organisations se sont ensuite lancées dans la production de projections de population mondiales, comme la Banque mondiale, le Census Bureau des États-Unis, le Population Reference Bureau (organisation américaine de collecte de statistiques sur la population) et l'Institut international pour l'analyse appliquée des systèmes (IIASA), pour ne citer que les plus célèbres (voir Lutz & KC, 2010 pour un résumé et une chronologie des projections de population mondiale, ainsi que O'Neill *et al.*, 2001).

Les projections de population mondiale sont particulièrement utilisées dans les modèles d'évaluation, dans lesquels la population intervient habituellement en tant que variable exogène permettant de quantifier l'impact du nombre d'êtres humains sur d'autres paramètres. Les travaux du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) illustrent parfaitement l'utilisation de ces projections : la population est prise en compte dans des modèles évaluant la vulnérabilité des populations au changement climatique ou quantifiant les activités économiques par secteur. En outre, dans la mesure où la population est au centre des défis qui nous attendent en matière de développement au cours des cent prochaines années, elle affectera les progrès réalisés vers de nombreux objectifs de développement durable à partir de 2030 et doit donc être quantifiée.

Pendant des décennies, les projections de population mondiale n'ont inclus que les dimensions de l'âge et du sexe par pays, principalement parce que d'autres dimensions ne semblaient pas nécessaires. Deux séries de recherches ont changé la donne. Dans les années 1980, Andrei Rogers et son équipe de chercheurs au sein de l'IIASA ont développé la méthodologie des projections de population régionale (Rogers & Land, 1982), qui intègre les disparités démographiques entre différentes régions dans un modèle de projection unique. Quelques années plus tard, Nathan Keyfitz (1985) a formalisé la possibilité d'ajouter des dimensions supplémentaires aux projections, ouvrant ainsi la voie à une application plus large de la méthodologie multi-états (*multistate population projections*). Globalement, l'ajout de dimensions supplémentaires se justifie de la même façon que la prise en compte de l'âge et du sexe, en postulant que la composition de la population projetée peut influencer les résultats, puisque des sous-groupes ont des comportements démographiques qui leur sont propres en termes de fécondité, de mortalité et de migration. Autrement dit, en renforçant la granularité, les résultats des projections de population gagnent en pertinence, et ils peuvent aussi être plus précis s'ils intègrent des effets de composition au sein de la population projetée.

1. Si l'on remonte encore plus loin dans le temps, Aristote (384-322 av. J.-C.) avait déjà compris certains des principes des projections de population, comme cette citation le prouve : « Le parti le plus sage serait de limiter la population et non la propriété, et d'assigner un maximum qu'on ne dépasserait pas, en ayant à la fois égard, pour le fixer, à la proportion éventuelle des enfants qui meurent et à la stérilité des mariages » (Livre II, 1263b.15).

2. En bref, la méthode par cohorte et composantes divise la population à projeter en différents groupes/cohortes en fonction du sexe et de l'âge, auxquels on applique, année après année, des taux de mortalité, de fécondité et de migration différents.

La méthodologie des projections multi-états est une extension de la méthode par cohorte et composantes utilisée pour les projections de population, à l'aide de la matrice de Leslie, ainsi que le décrivent Keyfitz (1977) ou Wunsch & Termote (1978). Dans le cadre de l'extension multi-états, chacune des parties scalaires de la matrice de Leslie correspondant à la fécondité et à la mortalité est remplacée pour chaque tranche d'âge par une matrice de transitions entre différents états. Les transitions sont l'une des spécificités des projections multi-états autorisant des « mouvements » entre différents états durant la période de projection, par exemple du niveau d'éducation primaire au premier cycle de l'enseignement secondaire lorsque les états font référence au niveau d'éducation, ou des zones rurales aux zones urbaines lorsque les états font référence au lieu de résidence<sup>3</sup>.

Dans la première section de cet article, nous résumons brièvement les dimensions qui ont été projetées. Cette section n'entre pas dans les détails et se fonde principalement sur la littérature ayant déjà compilé ces travaux. Dans la deuxième section, nous analysons les conditions préalables à l'utilisation d'une dimension donnée, ainsi que Lutz *et al.* les ont définies en 1998, et arguons que certains des critères pourraient être assouplis et mis à jour. Dans la troisième section, nous suggérons quelques dimensions qui pourraient être projetées et satisfaire aux critères développés à la section 2. Dans la dernière section, avant de conclure, nous énumérons certains des défis dont les producteurs de projections multidimensionnelles doivent être conscients.

## 1. Qu'avons-nous projeté ?

Si les modèles de projection multi-états ou multidimensionnels de la population<sup>4</sup> sont bien connus et très répandus aujourd'hui, ils sont rarement mis en œuvre au niveau mondial, où les projections unidimensionnelles dominent toujours. Dans un article publié dans le journal *Philosophical Transactions of the Royal Society*, Lutz & KC (2010) examinent certaines des dimensions projetées au niveau mondial, comme le lieu de résidence (voir par exemple United Nations, 2018 pour la dernière série de projections des Nations Unies), la composition des ménages (par exemple Habitat, 1996 et Ironmonger *et al.*, 2000), le niveau d'éducation (par exemple Lutz *et al.*, 2018), l'état civil (par exemple Kantorová, 2013), l'appartenance religieuse (par exemple Pew Research Center, 2015), la participation au marché du travail (ILO, 2017 et 2018) et la santé (par exemple le Global Burden of Disease Collaborative Network, 2016).

Toutefois, la plupart de ces dimensions n'ont pas été projetées de manière multidimensionnelle, de sorte qu'elles ne modélisent pas complètement les interactions démographiques et dimensionnelles mais reposent sur une méthodologie fondée sur la prévalence, souvent établie à partir de modèles économétriques (comme la participation au marché du travail) ou de l'extrapolation des tendances. C'est par exemple le cas pour les perspectives d'urbanisation des Nations Unies (United Nations, 2018) présentant la population par lieu de résidence jusqu'en 2050 dans tous les pays. Il est très difficile de projeter le lieu de résidence, notamment parce que la définition des zones urbaines et rurales dépend du pays concerné et évolue au fil du temps. Pour cette raison, il est encore plus complexe d'établir des projections multi-états modélisant la mobilité entre les zones urbaines et rurales. C'est également le cas pour d'autres indicateurs, comme ceux liés aux projections mondiales de la pauvreté (par exemple Manuel *et al.*, 2018).

Les méthodes qui attribuent des taux de prévalence aux cohortes projetées et composantes existantes procèdent ainsi parce la modélisation de la dynamique du système est difficile. Certaines dimensions ne sont en effet pas très stables au fil du temps, en raison de la mobilité potentielle des personnes entre différentes dimensions. C'est le cas du lieu de résidence ou de l'état de santé. Ces projections reposent habituellement sur des scénarios dans lesquels les taux de prévalence ou d'incidence restent stables ou évoluent au fil du temps et dans les différentes régions, scénarios qui parfois intègrent également les facteurs de risque spécifiques aux dimensions.

Les dimensions mentionnées plus haut satisfont parfaitement aux trois critères définis par Lutz *et al.* (1998), pour valider leur inclusion, en plus de l'âge et du sexe, dans une projection :

1) La dimension doit être « intéressante en soi, et donc souhaitable en tant que paramètre de sortie explicite » (Lutz *et al.*, 1998, p. 42). Par exemple, le nombre de ménages composés d'une seule personne, qui dépend de plusieurs

3. Pour un résumé de la méthodologie multi-états, voir par exemple Rogers (1981) ou la note technique n°1 dans Goujon & Wils (1996).

4. Dans cet article, nous ne faisons pas de différence entre les projections multidimensionnelles et les projections multi-états à strictement parler (et utilisons les deux termes de façon interchangeable), dans lesquelles la transition entre les dimensions ou les états est exprimée en termes soit de probabilité soit de taux. Nous savons que le choix fait en la matière affectera les résultats, mais ce n'est pas l'objet de cet article. Nous envisageons au contraire tous les modèles de projection de population dans lesquels la population est décomposée non seulement par âge et par sexe mais aussi en fonction d'une ou plusieurs autres dimensions.

dynamiques comme celle de la divortialité et de l'âge de départ du foyer parental, est un paramètre intéressant.

2) La dimension doit être source d'hétérogénéité démographique. Ainsi, les tendances de fécondité, de mortalité et de migration des personnes doivent varier dans la dimension considérée. C'est le cas par exemple du lieu de résidence : la fécondité des femmes vivant dans les zones urbaines est souvent largement inférieure à celle des femmes vivant dans les zones rurales. En zone urbaine, les femmes bénéficient d'un accès plus facile à des services susceptibles de faire diminuer le taux de fécondité, tels que le planning familial, l'éducation et la santé. Ensuite, les contraintes en termes d'espace disponible pour élever une famille nombreuse y sont plus fortes. En particulier, dans les pays où le revenu moyen est faible, l'évolution des écarts liés au lieu de résidence influencera la fécondité future principalement en fonction du taux d'urbanisation. Le lieu de résidence a également un impact sur la mortalité et sur la migration internationale. Il en va de même de l'éducation, qui a des effets considérables sur les déterminants démographiques, avec la plupart du temps un impact négatif sur la fécondité et sur la mortalité mais un impact positif sur la migration. L'hétérogénéité démographique introduite par la dimension de l'éducation, si elle est prise en compte, influence la dynamique du système. Par exemple, Goujon & McNay (2003) et KC *et al.* (2018) ont démontré qu'en Inde, la prise en compte de la granularité des données en termes d'état ou de lieu de résidence et d'éducation a un impact considérable sur les résultats des projections.

3) Si les deux premiers critères portent sur la justification de l'ajout d'une dimension aux projections de population, le troisième est de nature plus pragmatique puisqu'il s'agit de sa faisabilité, à la fois en termes de données disponibles (population, fécondité, mortalité, migration pour chaque dimension, ainsi que transitions entre les dimensions) et d'outils. Des logiciels de projection de population multi-états existent depuis un moment déjà : LIPRO<sup>5</sup>, développé à l'origine par le Nederlands Interdisciplinair Demografisch Instituut (NIDI, l'institut néerlandais d'études démographiques) pour les projections relatives aux ménages<sup>6</sup>, peut également être utilisé pour de nombreux calculs en démographie multi-états. Un package R (MSDEM) est également disponible pour les projections de population multi-états au niveau infranational<sup>7</sup>.

## 2. Projections de population par niveau d'éducation

Les projections de population du niveau d'éducation sont un rare exemple de projections multi-états mondiales. Elles ont été développées principalement par l'IIASA, avec une étude de cas réalisée à l'Île Maurice (Lutz, 1994). Plusieurs applications au niveau national et au niveau régional ont suivi (par exemple Wils, 1996, Yousif *et al.*, 1996 et Goujon, 1997). En 2001, Goujon & Lutz (2004) ont pour la première fois projeté la population et l'éducation au niveau mondial, en divisant le monde en treize régions. Les premières projections relatives à un grand nombre de pays (120) et à quatre niveaux d'éducation ont été réalisées en 2010 (KC *et al.*, 2010) à l'horizon 2050. En 2015, le nombre de pays est passé à 171, le nombre de catégories à six et la période de projection a été étendue jusqu'en 2100 (Lutz *et al.*, 2014). La dernière mise à jour a été publiée en 2018 (Lutz *et al.*, 2018 et WIC, 2018<sup>8</sup>). Le jeu de données contient aujourd'hui 185 pays rassemblant 99 % de la population mondiale de 2015. Dans les deux derniers exercices, les scénarios se fondent à la fois sur la modélisation et sur l'évaluation, par des experts, des conditions futures en termes de fécondité, de mortalité, de migration et d'éducation.

Les hypothèses de la projection découlent de deux étapes principales (Lutz *et al.*, 2014). Premièrement, des opinions d'experts et des modèles servent à établir les hypothèses pour les paramètres généraux de la projection en ignorant les niveaux d'éducation, c'est-à-dire que les taux de fécondité ne dépendent que des tranches d'âge et du taux global de fécondité du pays, l'espérance de vie que du sexe et des taux de survie par âge et sexe, les taux de migration entrante et sortante et les calendriers de migration que de l'âge et du sexe. Deuxièmement, les écarts entre les niveaux d'éducation sont calculés au niveau du pays. Puis, pour la fécondité, les taux de fécondité par niveau d'éducation de l'année de base sont tirés de la littérature existante, ainsi que des données des recensements et enquêtes. On attribue aux pays pour lesquels ces données ne sont pas disponibles les écarts de fécondité moyens de tous les pays de la région globale à

5. <https://www.nidi.knaw.nl/en/research/all/270101> [dernier accès le 15/07/2019]

6. Le logiciel ProFamy, disponible à l'adresse [http://profamy.com.cn/en\\_about.asp](http://profamy.com.cn/en_about.asp), peut également servir aux projections des ménages et des conditions de logement [dernier accès le 29/10/2019].

7. [https://r-forge.r-project.org/R/?group\\_id=2281](https://r-forge.r-project.org/R/?group_id=2281) [dernier accès le 15/07/2019]

8. Le jeu de données détaillé est disponible à l'adresse <http://dataexplorer.wittgensteincentre.org/> [dernier accès le 15/07/2019]

laquelle ils appartiennent. Au fil du temps, on suppose que les écarts d'éducation convergent vers certains ratios des taux globaux de fécondité pour les différents niveaux d'éducation par rapport à l'enseignement post-secondaire<sup>9</sup>. On suppose que ces valeurs seront atteintes lorsque le taux global de fécondité atteindra 1.8 enfant par femme. Dans les pays où l'écart maximal est inférieur à 1.42 pour l'année de base, les ratios relatifs sont maintenus à un niveau constant à ces niveaux inférieurs. L'hypothèse de convergence suit la littérature, qui montre que, dans les sociétés à revenu élevé, les écarts diminuent en termes absolus comme relatifs. Selon Jalovaara *et al.* (2018), dans les sociétés au niveau d'éducation global élevé du Danemark, de Norvège et de Suède, les écarts de fécondité entre les femmes des différentes catégories d'éducation sont quasiment nuls<sup>10</sup> (voir également Beaujouan & Berghammer, 2019).

Pour la mortalité, s'agissant de l'espérance de vie à l'âge de 15 ans, les écarts d'éducation spécifiques au sexe sont standardisés selon les conclusions de la littérature existante. En matière d'espérance de vie à l'âge de 15 ans, on suppose que l'écart entre la catégorie 'Sans éducation' et la catégorie 'Éducation post-secondaire' est de 6 ans pour les hommes et de 4 ans pour les femmes. Entre ces deux extrêmes, on fait l'hypothèse, pour les hommes, d'un écart de 2 ans entre ceux ayant une éducation primaire complète et ceux ayant une éducation correspondant au premier cycle de l'enseignement secondaire, et d'un écart d'1 an pour les autres niveaux d'éducation. L'écart de 4 ans retenu pour les femmes entre niveaux d'éducation extrêmes, moins élevé que pour les hommes, est réparti entre les différents niveaux d'éducation suivant la répartition des hommes. Les écarts sont maintenus à un niveau constant tout au long de la période de projection. Pour les enfants de moins de 15 ans, la mortalité différentielle est introduite *via* l'éducation des mères<sup>11</sup>. Enfin, les données sur les caractéristiques des migrants étant rares, on suppose que la distribution des niveaux d'éducation dans les flux migratoires est la même que celle du pays d'origine.

Le système est dynamique grâce à un ensemble de taux de transition éducative applicables aux différentes catégories d'éducation, tirés des séries chronologiques nationales de tous les pays. Ces transitions surviennent entre les âges de 15 ans et de 34 ans, peu de personnes obtenant un niveau d'éducation supérieur après 35 ans. Dans la mesure où le modèle ne fait pas le lien entre les individus et leur ascendance, la transition éducative des enfants ne dépend pas

des niveaux d'éducation de leurs parents. De la même façon, il n'y a pas de rétroaction du nombre d'enfants dans un ménage sur le niveau d'éducation<sup>12</sup>. Nous reviendrons sur ces limites.

Les projections, lorsqu'elles tiennent compte du niveau d'éducation, tendent à déboucher sur une croissance de la population inférieure à celle obtenue dans les projections qui se limitent aux dimensions de l'âge et du sexe. C'est la principale différence entre les projections des Nations Unies, qui tablent sur 10.9 milliards de personnes dans le monde en 2100 dans la variante moyenne (United Nations, 2019), tandis que le scénario tendanciel incorporant la dimension de l'éducation table sur 9.3 milliards (WIC, 2018). Ce scénario montre également que l'augmentation concernera principalement la population ayant un niveau d'éducation correspondant au deuxième cycle de l'enseignement secondaire ou d'éducation post-secondaire, ce qui aurait un impact mécanique sur la fécondité, globalement beaucoup plus faible pour les niveaux d'éducation les plus élevés (figure I). En Éthiopie entre 2014 et 2016 par exemple, le taux global de fécondité des femmes sans éducation ou ayant un niveau d'éducation primaire est de 5.0 enfants tandis que celui des femmes avec une éducation secondaire ou au-delà est de 2.1 enfants (selon les enquêtes démographiques et de santé<sup>13</sup>). Bien que ce scénario suppose que l'écart de fécondité diminue en termes absolus durant la période de projection, la dynamique liée aux écarts significatifs a des conséquences importantes sur les tendances de la population totale.

9. Les ratios sont les suivants : 1.42 pour les femmes sans éducation, avec une éducation primaire incomplète ou avec une éducation primaire complète ( $\leq$  CITE 1), 1.35 pour les femmes avec une éducation correspondant au premier cycle de l'enseignement secondaire (CITE 2), 1.14 pour les femmes avec une éducation correspondant au deuxième cycle de l'enseignement secondaire (CITE 3) et 1 pour les femmes avec une éducation post-secondaire (CITE 4+), la catégorie de référence.

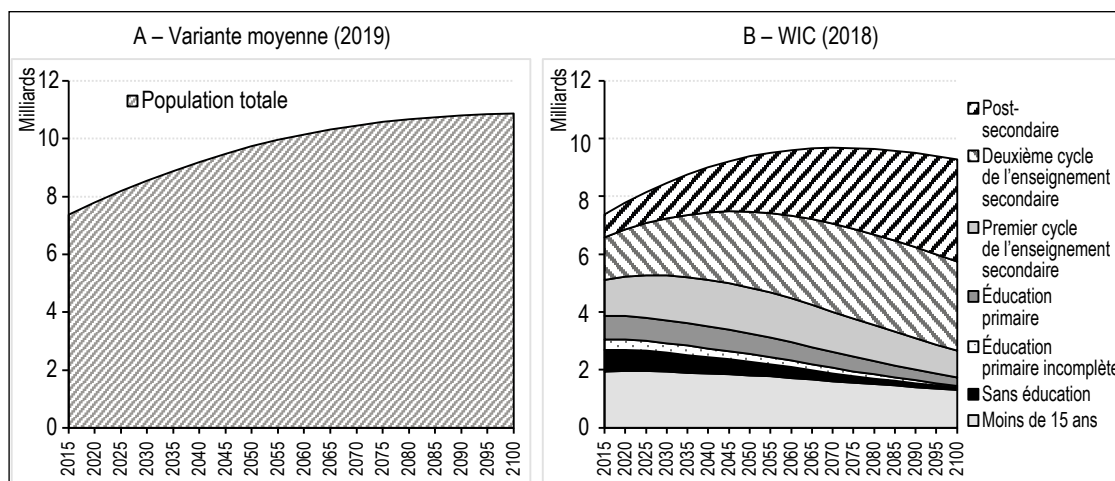
10. À noter que, dans les pays nordiques, si les mères possédant un niveau d'éducation élevé atteignent souvent un taux de natalité plus élevé dans la parité 2 et 3 que celles dont le niveau d'éducation est moins élevé, leur descendance finale est souvent légèrement inférieure à celle des femmes dont le niveau d'éducation est moins élevé, car elles ont commencé plus tard à avoir des enfants (Andersson *et al.*, 2009).

11. Les écarts entre le ratio relatif des taux de mortalité au sein de la catégorie 'Éducation correspondant au deuxième cycle de l'enseignement secondaire' sont de 1.8 / 1.7 / 1.6 / 1.4 / 1.0 et 0.8 par ordre croissant de niveau d'éducation : sans éducation, éducation primaire incomplète, éducation primaire complète, éducation correspondant au premier cycle de l'enseignement secondaire, éducation correspondant au deuxième cycle de l'enseignement secondaire et éducation post-secondaire. Ces valeurs sont tirées des moyennes des taux de mortalité des enfants de moins de 5 ans dans les pays où des enquêtes démographiques et de santé ont été menées.

12. Dans le cadre des projections de 13 régions mondiales, Goujon & Lutz (2004) calculent un scénario incorporant une rétroaction entre le niveau d'éducation des mères et les taux d'inscription des filles. Ce mécanisme auto-alimenté a un impact positif sur les niveaux d'éducation moyens mais peut également creuser la dichotomie entre les couches de la société situées au plus bas niveau d'éducation (qui ont peu de chances de passer au niveau supérieur) et celles situées au plus haut niveau.

13. Les données des enquêtes démographiques et de santé sont disponibles ici : <https://dhsprogram.com/> [dernier accès le 24/10/2019].

Figure I – Projections de la population mondiale totale par les Nations Unies



Source : United Nations (2019) et WIC (2018).

Les projections du niveau d'éducation ont été appliquées par les modélisateurs du GIEC, qui ont évalué les liens entre le développement socio-économique et le changement climatique dans différents scénarios (KC & Lutz, 2014), ainsi que le rôle joué par l'éducation pour atténuer les vulnérabilités et optimiser la résilience (UNDP, 2014). Ces projections du niveau d'éducation ont également permis de modéliser le potentiel impact économique du parcours éducatif futur des jeunes dans les pays à faible revenu moyen (Basten & Crespo Cuaresma, 2014). De façon générale, elles ont permis de modéliser le lien entre l'éducation et la croissance économique (Lutz *et al.*, 2008). Plus récemment, les chercheurs ont examiné l'impact de l'éducation, et plus particulièrement de celle des femmes, sur l'atténuation des conséquences du vieillissement de la population sur le marché du travail dans les pays de l'Union européenne (Marois *et al.*, 2019).

La prise en compte du niveau d'éducation repose sur la collecte et l'harmonisation de données existantes. Mais elle souffre d'une faiblesse importante dans la mesure où la qualité de l'éducation n'est pas la même non seulement entre les différents pays mais aussi au sein d'un pays donné (voir par exemple Hanushek & Wößmann, 2012). Cela invite à mener des recherches complémentaires en termes de données et de modélisation. En outre, les projections ne tiennent pas compte des contraintes liées au développement de l'éducation, en termes de budget, d'infrastructure ou de population active.

### 3. Quelles autres dimensions n'avons-nous pas projetées ?

Les critères indiqués plus haut, développés afin d'examiner une dimension donnée dans les

projections multi-états et notamment de justifier l'inclusion du niveau d'éducation (Lutz *et al.*, 1998), pourraient en partie être révisés de façon à élargir la possibilité d'inclusion d'un plus grand nombre de dimensions dans les projections, en particulier si l'on considère leur impact en dehors du contexte de la démographie. Ainsi, une dimension peut être une source d'hétérogénéité ayant un impact sur la dynamique du système dans son ensemble, sans que cela relève nécessairement de l'hétérogénéité démographique *stricto sensu*, comme le deuxième critère présenté plus haut y contraint.

Nous présentons ci-dessous une liste des dimensions qui pourraient être incorporées aux projections de population mondiale. Nous limitons cette liste aux dimensions qui pourraient présenter un intérêt au niveau mondial – donc pas uniquement pour une population donnée ou pour un pays ou une région du monde – mais qui, à la connaissance de l'auteur, n'ont pas encore été projetées au niveau mondial.

La sélection de ces dimensions tient compte de :

- leur caractère opportun : elles et les considérations qui leur sont associées font partie du débat public et de l'agenda politique au niveau international ;
- caractéristiques générationnelles (et liées au genre) : comme Lutz (2013) l'indique dans la théorie du métabolisme démographique, les sociétés évoluent grâce au renouvellement des générations. Les dimensions envisagées tendent à être propres aux cohortes, comme le montrent par exemple les études et les projections sur le sentiment d'identité européenne au sein de l'Union européenne et sur l'évolution des attitudes face à l'homosexualité (Striessnig & Lutz, 2016a et 2016b).

La liste des dimensions proposées a ses limites. Premièrement, elle n'est pas exhaustive ; de nombreuses autres dimensions pourraient probablement être ajoutées. Bien que ces dimensions soient intéressantes et que leurs projections soient susceptibles de fournir des informations quant aux conséquences potentielles de certaines dynamiques, elles pourraient également être considérées comme moins solides que d'autres dimensions telles que l'éducation ou le lieu de résidence. Parallèlement, si le but est une couverture mondiale, elles requièrent un usage intensif de données dont la disponibilité n'a pas été vérifiée dans tous les pays du monde. En outre nous ne développons pas dans l'article la méthodologie qui serait applicable aux projections de population multi-états de ces dimensions. Nous supposons qu'elle serait dérivée de la méthodologie multi-états et que la plupart des modélisations nécessaires consisterait à déterminer les taux de transition entre les états/dimensions que nous présentons ici.

### 3.1. Alimentation

La dimension relative aux futurs aliments des habitants de la planète est cruciale pour un grand nombre des facteurs affectant le développement durable. Dans ce domaine, la capacité des personnes à accéder à une nourriture suffisante est importante<sup>14</sup>. Toutefois, outre le caractère adéquat de l'approvisionnement en aliments, les différents comportements alimentaires pourraient avoir leur importance et déterminer la capacité des êtres humains à vivre sur une planète limitée (Rockström *et al.*, 2009). Il a été prouvé que la part de la population qui adoptera une alimentation moins riche en produits laitiers et en viande, comme le prônent le véganisme, le végétarisme ou le flexitarisme, pourrait avoir un impact significatif sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre, particulièrement dans les pays industrialisés (Sandström *et al.*, 2018). Par conséquent, tout changement de l'alimentation pourrait être utile pour « limiter le réchauffement climatique à moins de 2 °C tout en apportant une alimentation nutritive à une population mondiale croissante et changeante » (Aleksandrowicz *et al.*, 2016, p. 1). Bien que plusieurs études se soient penchées sur l'impact potentiel de diverses habitudes alimentaires affectant le changement climatique et la réalisation des objectifs de développement durable, très peu ont examiné comment ces changements de l'alimentation pourraient se disséminer parmi la population, ce qui est pourtant particulièrement important car ces changements sont liés à des caractéristiques individuelles telles que l'âge et le sexe, ainsi, probablement, qu'au pays

d'origine, au lieu de résidence, à l'éducation et à l'appartenance religieuse, entre autres. De plus, cette dimension est particulièrement pertinente pour les projections de population car ces changements sont susceptibles de suivre un processus de diffusion le long des courbes des cohortes, par exemple depuis les jeunes et les personnes ayant un niveau d'éducation plus élevé vers le reste de la population.

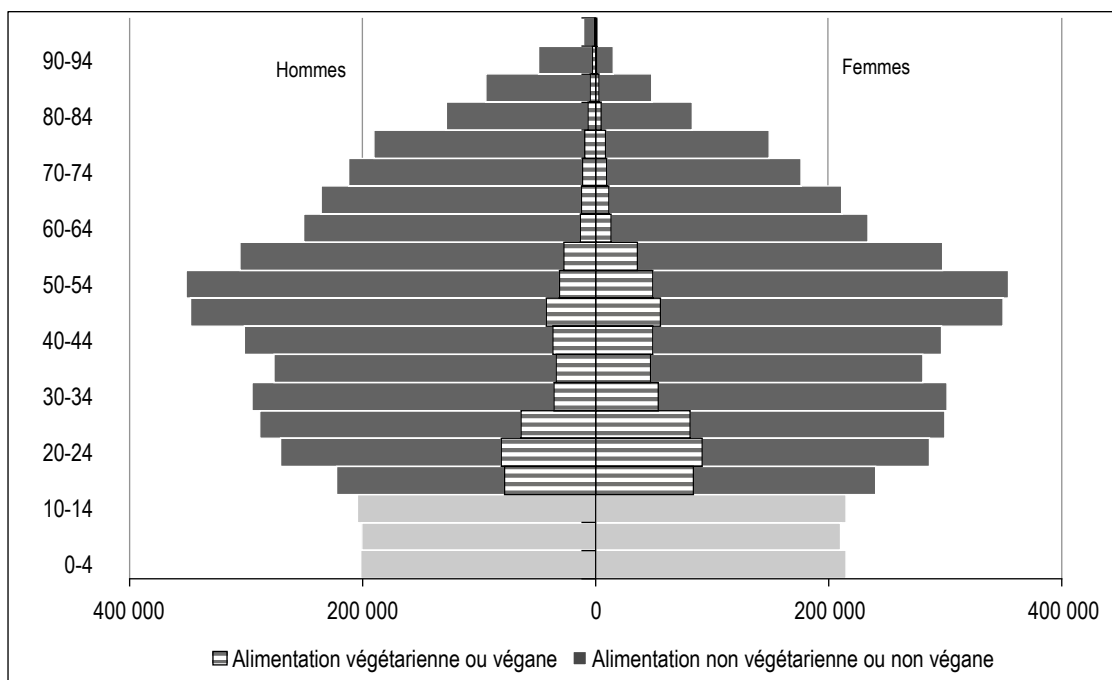
Il serait également intéressant d'examiner l'impact potentiel de l'alimentation sur le comportement démographique. Par exemple, il est prouvé que les femmes véganes souffrent plus souvent d'aménorrhée lorsqu'elles ne prennent pas de vitamines B12 (Wokes *et al.*, 1955). La dimension pourrait également influencer la fécondité des femmes plus soucieuses de l'environnement, qui adoptent souvent une alimentation sans ou moins riche en viande et qui sont susceptibles de ne pas vouloir beaucoup d'enfants (Arnocky *et al.*, 2011). D'autres facteurs, tels que l'éducation, pourraient également avoir un impact sur la fécondité, mais les études ont des conclusions contrastées en la matière (Allès *et al.*, 2017 et Moreira & Padrão, 2004). La réduction de la prévalence de l'obésité et des maladies cardiovasculaires au sein de la population (Springmann *et al.*, 2018) et de certains cancers associés à la consommation de viande (Springmann *et al.*, 2016) pourrait également avoir un impact considérable sur la mortalité. Il serait intéressant d'examiner tous ces phénomènes dans les projections de population mondiale, en s'appuyant sur plusieurs enquêtes recensant de façon détaillée les dépenses d'un grand échantillon de ménages durant une période donnée (Leahy *et al.*, 2010), les enquêtes de mesure du niveau de vie de la Banque mondiale. Ces informations sont également disponibles au niveau individuel pour certains pays – voir par exemple les estimations de la population végétane par âge et par sexe à la figure II.

### 3.2. Langue

Bien que les implications liées aux langues parlées puissent sembler triviales au regard des défis auxquels la population mondiale devra probablement faire face le siècle prochain, elles sont néanmoins importantes au niveau national ou infranational. La taille et la concentration des communautés linguistiques déterminent le pouvoir linguistique, qui influence à son tour le pouvoir politique de ces communautés (Hung Ng

14. Cela fait partie de l'objectif de développement durable n° 2 : « Éliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable ».

Figure II – Estimation des préférences alimentaires par âge (à partir de 15 ans) et sexe en Autriche en 2013



Source : calcul de l'auteure fondé sur les données de l'Institut für Empirische Sozialforschung (2013).

& Deng, 2017), comme on le constate au Canada (français et anglais), en Belgique (néerlandais, français et allemand) et en Chine (mandarin, cantonais et autres langues telles que le tibétain, le mongol, etc.). Les langues parlées sont influencées par la vitalité démographique de la population qui les parle. La migration interne et internationale est également susceptible de jouer un rôle majeur à cet égard. Bien que, de toute évidence, il n'existe aucun lien de causalité entre la langue parlée et le comportement démographique, la variable d'intérêt elle-même sera affectée et pourra être projetée en utilisant implicitement ou explicitement des dimensions supplémentaires afin de déterminer des hypothèses sur le comportement démographique futur des populations selon la langue qu'elles parlent. Par exemple, si les femmes israéliennes parlant l'arabe ont pendant longtemps donné naissance à un plus grand nombre d'enfants que leurs compatriotes parlant l'hébreu dans le reste du pays<sup>15</sup>, il est évident que cela n'est pas lié directement à la langue mais aux conditions socio-économiques présentes dans la région où ces populations sont concentrées, en plus de la situation politique. Bien que certains chercheurs aient déjà produit des projections linguistiques, par exemple Houle & Corbeil (2017) et Sabourin & Belanger (2015) pour le Canada, ainsi qu'Ortman & Shin (2011) pour les États-Unis, ces projections n'ont pas été réalisées au niveau mondial, ce qui permettrait d'évaluer, par exemple, la vitalité de certaines

langues (anglais ou chinois) en tant que langue maternelle ou autre langue parlée. La plupart des recensements présentent la population par langue, listant soit les langues maternelles soit les langues parlées à la maison, ainsi que, souvent, le degré de connaissance de ces langues – voir par exemple la répartition de la population en Finlande par langue maternelle à deux moments différents (figure III). Notons que la part de la population dont la langue maternelle n'est pas le finlandais, le suédois ou le sami a fortement augmenté depuis 2000, notamment parmi les cohortes les plus jeunes.

### 3.3. Idéologie et appartenance politique

Les travaux examinant l'impact des différences entre les comportements démographiques sur les variables socio-politiques – et surtout ceux le faisant de façon prospective – sont rares. Nous n'avons guère que ceux de Kaufmann *et al.* (2010) à notre disposition (figure IV). Toutefois, dans de nombreuses sociétés, les électeurs sont de plus en plus nombreux à choisir les partis populistes (voir figure V). Des recherches menées pour le quotidien *The Guardian* estiment que le nombre d'Européens vivant sous un gouvernement dont le cabinet comprend

15. Selon l'institut national de la statistique d'Israël, cette tendance s'est renversée en 2016. En 2002, le taux global de fécondité des femmes arabes était de 4.19 et celui des femmes juives était de 2.64, tandis qu'en 2016 ils étaient de 2.11 et 3.16 respectivement. Voir : [https://old.cbs.gov.il/www/publications/lidot/lidot\\_all\\_1.pdf](https://old.cbs.gov.il/www/publications/lidot/lidot_all_1.pdf) [dernier accès le 05/07/2019].

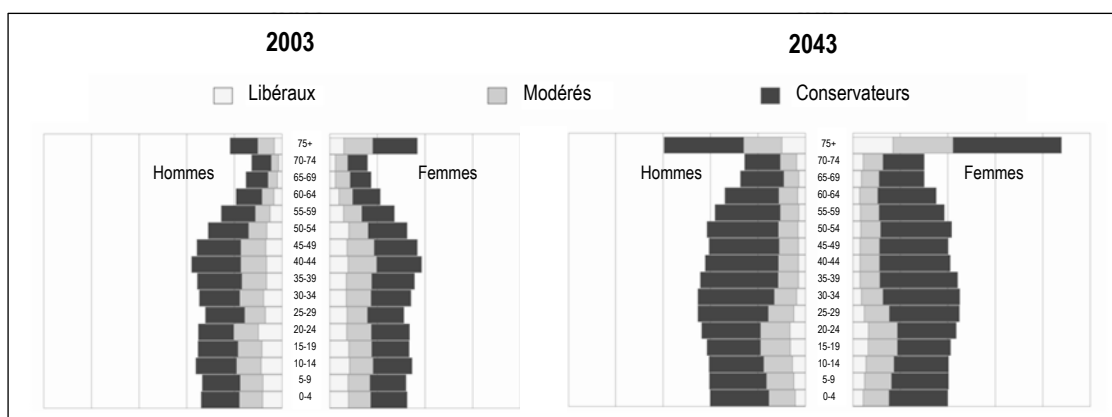


Figure III – Population de la Finlande par âge, sexe et langue maternelle



Source : calcul de l'auteur fondé sur la population par âge, sexe et langue, Tilastokeskus (institut national de la statistique de Finlande), 2018.

Figure IV – Pyramide de l'appartenance politique de la population aux États-Unis, estimations (2003) et projections (2043)



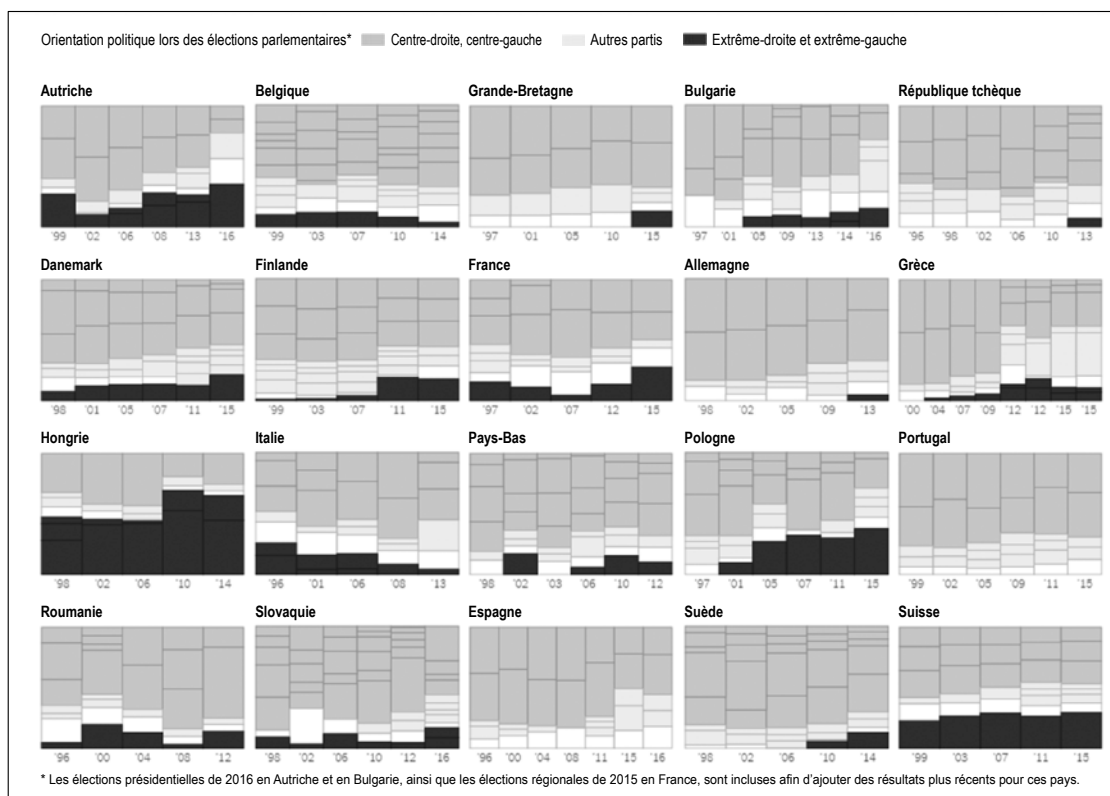
Note : aux enfants de moins de 21 ans est attribuée l'appartenance politique de leurs parents.  
 Source : Kaufmann *et al.*, 2012, selon les enquêtes sociales générales des États-Unis (2000-2006)

au moins un membre populiste était treize fois plus important en 2018 qu'en 1998<sup>16</sup>. Certaines caractéristiques démographiques des électeurs, telles par exemple que l'âge ou le sexe (Harteveld *et al.*, 2015) et des caractéristiques socio-économiques (Rooduijn, 2018) – surtout l'éducation et le lieu de résidence – pourraient influencer à l'avenir le comportement électoral. En outre, la transmission intergénérationnelle d'une idéologie des parents aux enfants (Jennings & Niemi, 1981 ; Abramowitz & Saunders, 1998 ; Jennings *et al.*, 2009 ; Murray & Mulvaney, 2012) justifie elle aussi d'examiner la dimension au niveau multi-états, car le système est plus stable et moins volatil que l'on pourrait le penser. Kaufmann *et al.* (2010) justifient les projections de l'idéologie politique

(en faisant la différence entre libéraux, modérés et conservateurs) dans le contexte des États-Unis d'Amérique, en affirmant que « [...] si l'appartenance à un parti se concrétise au début de l'âge adulte et dure dans le temps, alors le paysage politique américain est prédéterminé » (p. 12). Toutefois, cela ne veut pas dire que les futures idéologies ne dépendent que du comportement démographique de la population. Les « pressions de l'époque » subies par les jeunes qui votent pour la première fois (Beck & Jennings 1991, p. 742) et tout au long de leur vie influenceront également l'idéologie politique au niveau individuel.

16. <https://www.theguardian.com/world/ng-interactive/2018/nov/20/revealed-one-in-four-europeans-vote-populist> [dernier accès le 17/07/2019]

Figure V – Orientation politique lors des élections parlementaires, des années 1990 aux années 2010 en Europe



Source : New York Times (2016).

<https://www.nytimes.com/interactive/2016/05/22/world/europe/europe-right-wing-austria-hungary.html>

### 3.4. Absence d'enfants et de petits-enfants

Il existe de nombreuses projections des ménages examinant la composition de ceux-ci, mais rares sont celles qui analysent les répercussions changeantes de certaines tendances récentes sur l'ensemble des cohortes et des générations. Un exemple intéressant est le niveau d'infécondité, qui augmente depuis plusieurs décennies en Europe et dans les pays du Nord. Il est particulièrement prononcé en Autriche, Allemagne et Suisse, précurseurs en la matière puisque plus de 20 % des femmes sont sans enfants à la fin de leurs années de fertilité (Kreyenfeld & Konietzka, 2017). L'infécondité augmente également dans d'autres pays, principalement en Europe du Nord mais aussi en Europe du Sud et de l'Est, ainsi qu'en Asie de l'Est<sup>17</sup>. Quelles que soient les raisons pour lesquelles un homme ou une femme n'a pas d'enfant, cela pourra avoir des conséquences tout au long de sa vie, notamment durant sa vieillesse en l'absence de l'aide que des enfants auraient pu apporter. Par ailleurs, il est possible que les enfants de certains couples âgés n'aient pas d'enfants eux-mêmes, auquel cas ces couples ne connaîtront pas la vie de grands-parents, ce qui a également des conséquences car ils n'auront pas

de descendants<sup>18</sup> (Margolis, 2016). Cette dimension pourrait être étudiée le long des courbes des cohortes, comme indiqué à la figure VI.

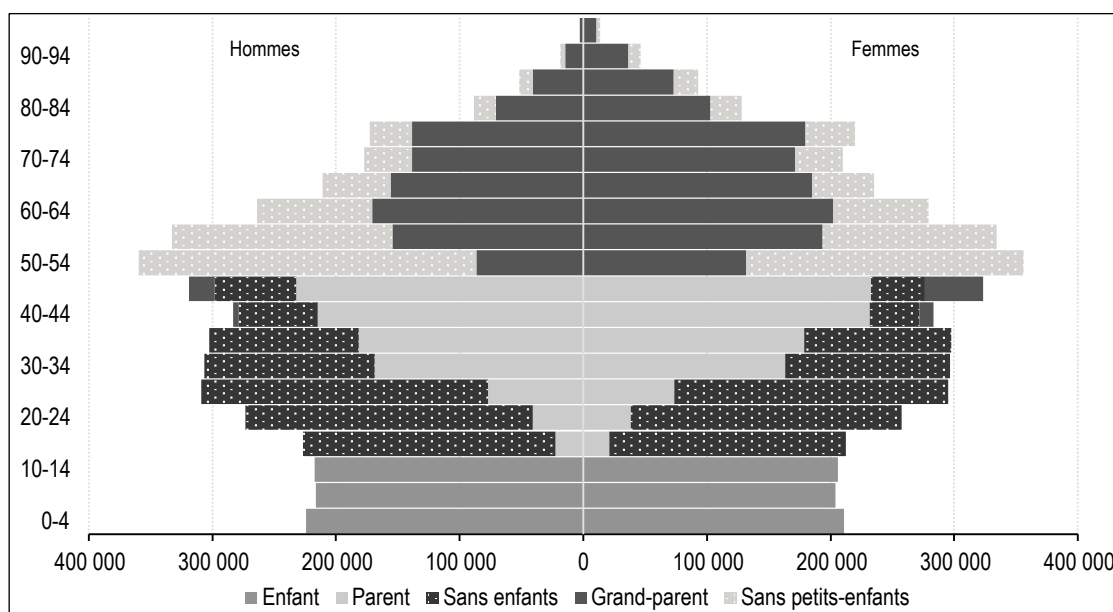
### 4. Problèmes potentiels liés aux projections de population multi-états

Certains problèmes doivent faire l'objet d'une réflexion approfondie pour la mise en œuvre de projections multidimensionnelles. Premièrement, il faut obtenir un bon équilibre entre le nombre de variables nécessaires à l'amélioration des résultats de toute projection de population et les hypothèses qui devront être formulées si un plus grand nombre de dimensions sont prises en compte. De fait, chaque dimension supplémentaire appelle plusieurs hypothèses liées au comportement des individus en termes de fécondité, de mortalité et de migration. La disponibilité des données relatives à l'année de base pourrait avoir un impact restrictif, notamment lorsque des dimensions multiples sont

17. L'infécondité augmente également dans la plupart des régions du monde (United Nations, 2015).

18. Les lignées familiales sans descendants disparaissent. En conséquence, les personnes qui ont des enfants mais n'ont pas de petits-enfants ne peuvent pas devenir une catégorie numériquement importante de la population, surtout lorsque la variance du nombre d'enfants est faible.

Figure VI – Représentation hypothétique de l'absence d'enfants et de petits-enfants, par âge et sexe, en Autriche en 2019



Note : les données présentées dans le graphique sont fictives, à l'exception de la structure âge/sexe d'Autriche en 2019. La répartition de la population entre les différentes catégories est simplifiée, supposant par exemple que la parentalité ne survient qu'entre 15 et 49 ans.  
Source : concept de l'auteur.

prises en compte, par exemple l'éducation, le lieu de résidence et les régions. Bien que, faute de données, l'hypothèse selon laquelle il n'existe pas d'écart soit envisageable (c'est-à-dire que les personnes incluses dans la dimension 1 présentent la même fécondité que celles incluses dans la dimension 2 et dans d'autres dimensions), la validité et la pertinence de ces projections s'en trouveraient détériorées. Pour cette raison, afin de développer des projections de population multi-états, les chercheurs doivent faire preuve de bon sens pour déterminer le nombre d'états. Un compromis consiste à modéliser les dimensions avec les données existantes et un modèle théorique, puis à appliquer/modéliser d'autres caractéristiques de la population à l'aide des taux de prévalence, sans intégrer les projections en tant que catégories, ce qui, comme nous l'avons montré, est mis en œuvre dans de nombreux exercices de prévision, comme les projections de la participation au marché du travail fondées sur des projections multi-états du niveau d'éducation (Loichinger & Marois, 2018).

De plus, les scénarios modélisent également le lien entre les dimensions choisies et les déterminants démographiques futurs, dont l'évolution peut différer de la tendance observée par le passé. Par exemple, les niveaux d'éducation ont clairement été un facteur d'hétérogénéité expliquant la majeure partie des variations de la fécondité entre différents pays par le passé, et ils le sont encore aujourd'hui. Toutefois, il est difficile de

connaître le rôle que l'éducation jouera à l'avenir et de déterminer l'influence qu'elle aura sur le comportement démographique, en supposant que la plupart des sociétés soient fondées sur la connaissance et que les informations et les connaissances soient donc le facteur de production le plus important. Même si l'éducation continue de jouer un rôle majeur, il ne s'agira probablement plus de l'éducation au sens où nous l'entendons aujourd'hui. À ce titre, un renforcement de la granularité permet-il d'améliorer la précision des résultats des projections de population multi-états ? La réponse dépend fortement de la capacité du modèle à prédire l'évolution du lien qui existe entre la dimension et les déterminants démographiques. Cette réserve semble aller à l'encontre des projections multi-états, mais nous estimons qu'elle est au contraire l'occasion d'analyser la sensibilité des projections à différentes tendances de variation du lien entre la dimension et le comportement démographique des individus dans cette dimension.

L'autre défi à prendre en compte, qui n'est pas indépendant du premier, repose sur le lien de causalité qui sous-tend en permanence les projections. Bien que l'inclusion de la dimension dans les projections influence le résultat dans la mesure où la dimension est un facteur d'hétérogénéité, cela ne veut pas nécessairement dire qu'elle influence le déterminant démographique de façon causale. Les projections de population en termes d'appartenance religieuse en sont

un très bon exemple. En Europe, la fécondité des femmes musulmanes est supérieure à celle des femmes chrétiennes ce qui ne découle pas nécessairement de leur appartenance religieuse mais plutôt de leur situation socio-économique. Pour mettre un scénario en œuvre, il convient de formuler son interprétation avec soin. Lutz & Skirbekk (2014) observent que « l'évaluation du lien de causalité dans les sciences sociales dépend du contexte » (p. 18). Ils suggèrent qu'il est extrêmement difficile d'établir une causalité forte dans les sciences d'intervention, qui visent à mieux comprendre « comment les forces de changement les plus importantes fonctionnent afin de prédire l'évolution future du système » (*id.*, p. 18). En revanche, les chercheurs en sciences sociales devraient s'efforcer de déterminer une causalité fonctionnelle – différente de la causalité forte – impliquant « de fortes associations observées de façon empirique » soutenue par « une argumentation plausible quant aux mécanismes », et par l'élimination des « autres explications évidentes contradictoires » pour l'association observée entre les deux facteurs (*id.*, p. 19). Ils montrent également que, de cette façon, une causalité fonctionnelle peut être prouvée entre un niveau d'éducation plus élevé et des taux de mortalité et de fécondité plus faibles « au moins durant la transition démographique » (*id.*, p. 28).

Les modèles de projection multidimensionnelle de la population posent un autre problème : il faut assurer la cohérence interne (par exemple la répartition des sexes pour les projections de statut marital) et la cohérence externe (par exemple entre projections de population régionales et nationales). Plusieurs solutions algorithmiques permettent de corriger chaque composante démographique afin de minimiser les écarts (Keilman, 1985). D'autres recherches ont analysé le problème de la cohérence dans le cadre de la modélisation des futures tendances

de mortalité, en tenant compte du fait que les écarts entre des populations étroitement liées sont peu susceptibles de se creuser à long terme. En conséquence, les projections de mortalité (ou d'autres déterminants) d'une sous-région ou d'un sous-groupe pourraient être améliorées en tenant compte des tendances d'un plus grand groupe (Li & Lee, 2005).

\* \*  
\*

Les projections multidimensionnelles sont en plein essor. C'est particulièrement le cas dans le domaine de l'éducation, qui fait l'objet de projections dans toutes sortes de contextes et est de plus en plus utilisé au niveau mondial pour représenter le niveau de développement, l'autonomie des femmes et la capacité d'innovation et d'adaptation. Partout dans le monde, nous cherchons à obtenir des informations sur l'avenir. À ce titre, il est probablement intéressant de projeter de nouvelles caractéristiques/dimensions des êtres humains. Il est également probable que les études sur la population future exploitent la disponibilité des données massives, qui pourraient nous éclairer sur le comportement humain.

Tout comme les projections classiques par cohorte et composantes, les projections multi-états sont beaucoup plus que des outils de prévision car elles permettent d'explorer l'avenir en fonction d'hypothèses sur des tendances futures, grâce à différents scénarios de simulation. Dans cette optique, ces scénarios analysent la sensibilité des projections à différentes hypothèses. Ces projections sont supérieures aux projections classiques par cohorte et composantes en raison de l'influence et de la sensibilité des dimensions, qui peuvent jouer un rôle dans les projections elles-mêmes. □

---

## BIBLIOGRAPHIE

**Abramowitz, A. & Saunders, K. (1998).** Ideological realignment in the US electorate. *Journal of Politics* 60(3), 634–652. <https://doi.org/10.2307/2647642>

**Aleksandrowicz, L., Green, R., Joy, E. J. M., Smith, P. & Haines, A (2016).** The Impacts of Dietary Change on Greenhouse Gas Emissions, Land Use, Water Use, and Health: A Systematic Review. *PLoS ONE* 11(11), e0165797. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165797>

- Allès, B., Baudry, J., Méjean, C., Touvier, M., Péneau, S., Hercberg, S. & Kesse-Guyot, E. (2017). Comparison of Sociodemographic and Nutritional Characteristics between Self-Reported Vegetarians, Vegans, and Meat-Eaters from the NutriNet-Santé Study. *Nutrients*, 9(9), 1023. <https://doi.org/10.3390/nu9091023>
- Andersson, G., Knudsen, L. B., Neyer, G., Teschner, K., Rønsen, M., Lappegård, T., Skrede, K. & Vikat, A. (2009). Cohort fertility patterns in the Nordic countries. *Demographic research*, 20 (article 14): 313–352. <https://dx.doi.org/10.4054/DemRes.2009.20.14>
- Arnocky, S., Dupuis, D. & Stroink, M. L. (2011). Environmental concern and fertility intentions among Canadian university students. *Population and Environment*, 34 (2), 279–292. <https://doi.org/10.1007/s11111-011-0164-y>
- Basten, S. & Crespo Cuaresma, J. (2014). Modelling the macroeconomic impact of future trajectories of educational development in Least Developed Countries. *International Journal of Educational Development*, 36, 44–50. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2013.12.003>
- Beaujouan, E. & Berghammer, C. (2019). The Gap between Lifetime Fertility Intentions and Completed Fertility in Europe and the United States: A Cohort Approach. *Population Research and Policy Review*, 38, 507–535. <https://doi.org/10.1007/s11113-019-09516-3>
- Beck, P. A. & Jennings, M. K. (1991). Family Traditions, Political Periods, and the Development of Partisan Orientations. *The Journal of Politics*, 53(3), 742–763. <https://doi.org/10.2307/2131578>
- De Vauban, M. (1842). *Oisivetés de M. de Vauban, Tome IV, mémoire « Moyen de rétablir nos colonies de l'Amérique et de les accroître en peu de temps »*. J. Corréard: Paris.
- Global Burden of Disease Collaborative Network (2016). *Global Burden of Disease Study 2016 Health-related Sustainable Development Goals (SDG) Indicators 1990-2030*. Seattle, United States: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), 2017.
- Goujon, A. (1997). Population and Education Prospects in the Western Mediterranean Region (Jordan, Lebanon, Syria, the West Bank and the Gaza Strip). *IIASA Interim Report IR-97-046*. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis. <http://pure.iiasa.ac.at/5248>
- Goujon, A. & Lutz, W. (2004). Future Human Capital: Population projections by level of education. In: W. Lutz, W. C. Sanderson & S. Scherbov (Eds.), *The end of world population growth in the 21<sup>st</sup> Century*, pp. 121–157. London and Sterling (VA): Earthscan.
- Goujon, A. & McNay, K. (2003). Projecting the educational composition of the population of India: Selected state-level perspectives. *Applied Population and Policy*, 1 (1), 25–35.
- Goujon, A. & Wils, A. (1996). The Importance of Education in Future Population. Global Trends and Case Studies on Cape Verde, Sudan, and Tunisia. *IIASA Working Papers WP-96-138*. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis. <http://pure.iiasa.ac.at/4889>
- Graunt, J. (1665). *National and Political Observations mentioned in a following index and made upon the Bills of Mortality (third edition)*. Royal Society, London.
- Habitat (United Nations Centre for Human Settlements) (1996). *An Urbanizing World: Global Report on Human Settlements, 1996*. Oxford: Oxford University Press.
- Hanushek, E. A. & Wößmann, L. (2012). Do better schools lead to more growth? Cognitive skills, economic outcomes, and causation. *Journal of Economic Growth*, 17, 267–321. <https://doi.org/10.1007/s10887-012-9081-x>
- Harteveld, E., Van Der Brug, W., Dahlberg, S. & Kokkonen, A. (2015). The gender gap in populist radical-right voting: examining the demand side in Western and Eastern Europe. *Patterns of Prejudice*, 49:1-2, 103–134. <https://doi.org/10.1080/0031322X.2015.1024399>
- Houle, R. & Corbeil, J.-P. (2017). Language Projections for Canada, 2011 to 2036. Ethnicity, Language and Immigration Thematic Series. Ottawa: Statistics Canada. <https://www150.statcan.gc.ca/pub/89-657-x/89-657-x2017001-eng.pdf>
- ILO – International Labour Organization (2017). Labour force estimates and projections: 1990-2030 (2017 edition), Methodological description. Geneva: International Labour Organization
- ILO – International Labour Organization (2018). Labour Force Estimates and Projections by age, July 2018 - Country data – Annual. [www.ilo.org/ilostat-files/WEB\\_bulk\\_download/modelled\\_estimates/LFEP\\_AGE\\_country.dta](http://www.ilo.org/ilostat-files/WEB_bulk_download/modelled_estimates/LFEP_AGE_country.dta) [accessed on 23/10/2019]
- Ironmonger, D., Jennings, V. & Lloyd-Smith, B. (2000). Long Term Global Projections of Household Numbers and Size: Distributions for LINK Countries and Regions. Paper presented at the Project LINK meeting, Oslo, Norway on 3–6 October 2000.
- Jalovaara, M., Neyer, G., Andersson, G., Dahlberg, J., Dommermuth, L., Fallesen, P. & Lappegård, T. (2018). Education, Gender, and Cohort Fertility in the Nordic Countries. *European Journal of Population*, 35(3), 563–586. <https://doi.org/10.1007/s10680-018-9492-2>

- Jennings, M. K. & Niemi, R. G. (1981).** *Generations and Politics: A Panel Study of Young Adults and their Parents*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Jennings, M. K., Stoker, L. & Bowers, J. (2009).** Politics across Generations: Family Transmission Reexamined. *Journal of Politics*, 71 (3), 782–799. <https://doi.org/10.1017/s0022381609090719>
- Kantorová, K. (2013).** National, Regional and Global Estimates and Projections of the Number of Women Aged 15 to 49 Who Are Married or in a Union, 1970-2030. *Population Division Technical Paper No 2013/2*. New York, NY: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
- Kaufmann, E., Goujon, A. & Skirbekk, V. (2010).** American political affiliation, 2003-43: A cohort component projection. *Population Studies*, 66(1), 53–67. <https://doi.org/10.1080/00324728.2011.628047>
- KC, S., Barakat, B., Goujon, A., Skirbekk, V., Sanderson, W. C. & Lutz, W. (2010).** Projection of populations by level of educational attainment, age, and sex for 120 countries for 2005-2050. *Demographic Research*, 22 (15), 383–472. <https://doi.org/10.4054/DemRes.2010.22.15>
- KC, S. & Lutz, W. (2014).** Demographic scenarios by age, sex and education corresponding to the SSP narratives. *Population and Environment*, 35 (3), 243–260. <https://doi.org/10.1007/s11111-014-0205-4>
- KC, S., Wurzer, M., Springer, M. & Lutz, W. (2018).** Future Population and Human Capital in Heterogeneous India. *Proceedings of the National Academy of Sciences*: e201722359. <https://doi.org/10.1073/pnas.1722359115>
- Keilman, N. W. (1985).** Internal and external consistency in multidimensional population projection models. *Environment and Planning* 17(11), 1473–1498. <https://doi.org/10.1068/a171473>
- Keyfitz, N. (1977).** *Introduction to the Mathematics of Population*. Second Edition. New York: Addison-Wesley.
- Keyfitz, N. (1985).** *Applied Mathematical Demography, 2<sup>nd</sup> edition*. New York, NY: Springer.
- Kirk, D. (1996).** Demographic Transition Theory. *Population Studies*, 50(3), 361–387. <https://doi.org/10.1080/0032472031000149536>
- Kreyenfeld, M. & Konietzka, D. (2017).** *Childlessness in Europe: Contexts, Causes, and Consequences*. Springer.
- Leahy, E., Lyons, S. & Tol, R. S. J. (2010).** An Estimate of the Number of Vegetarians in the World. *ESRI Working Paper No 340*. Dublin: Economic and Social Research Institute.
- Li, N. & Lee, R. D. (2005).** Coherent mortality forecasts for a group of populations: An extension of the Lee-Carter method. *Demography*, 42(3), 575–594. <https://dx.doi.org/10.1353%2Fdem.2005.0021>
- Loichinger, E. & Marois, G. (2018).** Education-specific labour force projections for EU-28 countries. In: W. Lutz, A. Goujon, S. KC, M. Stonawski & N. Stilianakis (Eds.), *Demographic and Human Capital Scenarios for the 21st Century: 2018 assessment for 201 countries*, pp. 44–51. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <http://dx.doi.org/10.2760/835878>
- Lutz, W. (1994).** *Population-Development-Environment: Understanding their Interactions in Mauritius*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Lutz, W. (2013).** Demographic Metabolism: A Predictive Theory of Socio-economic Change. *IIASA Research Report (Reprint) RP-13-001*. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis. <http://pure.iiasa.ac.at/10756>
- Lutz, W. & Skirbekk, V. (2014).** How education drives demography and knowledge inform projections. In: W. Lutz, W. P. Butz & S. KC (Eds.), *World Population & Human Capital in the Twenty-first Century*, pp. 14–38. UK: Oxford University Press.
- Lutz, W., Butz, W. P. & KC, S. (Eds.) (2014).** *World Population & Human Capital in the Twenty-first Century*. UK: Oxford University Press.
- Lutz, W., Crespo Cuaresma, J., Sanderson, W. C. (2008).** The demography of educational attainment and economic growth. *Science*, 319 (5866), 1047–1048. <https://doi.org/10.1126/science.1151753>
- Lutz, W. & Goujon, A. (2001).** The World's Changing Human Capital Stock: Multi-State Population Projections by Educational Attainment. *Population and Development Review*, 27(2), 323–339. <https://www.jstor.org/stable/2695213>
- Lutz, W., Goujon, A., KC, S., Stonawski, M. & Stilianakis, N. (Eds.) (2018).** *Demographic and Human Capital Scenarios for the 21st Century: 2018 assessment for 201 countries*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <http://dx.doi.org/10.2760/835878>
- Lutz, W., Goujon, A. & Doblhammer-Reiter, G. (1998).** Demographic Dimensions in Forecasting: Adding Education to Age and Sex. *Population and Development Review*, 24, Supplement: Frontiers of Population Forecasting (1998), 42–58. <https://doi.org/10.2307/2808050>
- Lutz, W. & KC, S. (2010).** Dimensions of global population projections: what do we know about future population trends and structures? *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 365, 2779–2791. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0133>

- Manuel, M., Desai, H., Samman, E. & Evans, M. (2018).** *Financing the end of extreme poverty Report*. London: Overseas Development Institute.
- Margolis, R. (2016).** The Changing Demography of Grandparenthood. *Journal of Marriage and Family*, 78, 610–622. <https://doi.org/10.1111/jomf.12286>
- Marois, G., Sabourin, P. & Bélanger, A. (2019).** How reducing differentials in education and labor force participation could lessen workforce decline in the EU-28. *Demographic Research*, 41(article 6), 125–160. <https://dx.doi.org/10.4054/DemRes.2019.41.6>
- Moreira, P. A. & Padrão, P. D. (2004).** Educational and economic determinants of food intake in Portuguese adults: a cross-sectional survey. *BMC Public Health*, 4(58). <https://doi.org/10.1186/1471-2458-4-58>.
- Murray, G. R. & Mulvaney, M. K. (2012).** Parenting Styles, Socialization, and the Transmission of Political Ideology and Partisanship. *Politics & Policy*, 40(6), 1106–1130. <https://doi.org/10.1111/j.1747-1346.2012.00395.x>
- Ng, S. H. & Deng, F. (2017).** Language and Power. *Oxford Research Encyclopedia, Communication* (oxfordre.com/communication). Oxford: University Press USA, 2019.
- Notestein, F. (1945).** Population: The long view. In: T. W. Schultz (Ed.), *Food for the World*, pp. 36-57. Chicago: University of Chicago Press.
- O’Neill, B. C., Balk, D., Brickman, M. & Ezra, M. (2001).** A Guide to Global Population Projections. *Demographic Research*, 4(8), 203–288. <https://doi.org/10.4054/DemRes.2001.4.8>
- Petty, W. (1984).** On the Causes and Consequences of Urban Growth. *Population and Development Review*, 10(1), 127–133. <https://doi.org/10.2307/1973169>
- Pew Research Center (2015).** *The Future of World Religions: Population Growth Projections, 2010-2050*. Washington, DC: PewResearchCenter. <https://www.pewforum.org/2015/04/02/religious-projections-2010-2050/>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S.,... & Foley, J. (2009).** Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14(2), 32. <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>
- Rogers, A. [Ed] (1981).** Advances in multiregional demography. *IIASA Research Report* 81-006. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis. <http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/1556/1/RR-81-006.pdf>
- Rogers, A. & Land, K. (1982).** *Multidimensional mathematical demography*. London: Academic Press.
- Rooduijn, M. (2018).** What unites the voter bases of populist parties? Comparing the electorates of 15 populist parties. *European Political Science Review*, 10(3): 351–368. <https://doi.org/10.1017/S1755773917000145>
- Sabourin, P. & Bélanger, A. (2015).** La dynamique des substitutions linguistiques au Canada. *Population*, 70(4) : 727–757. <https://doi.org/10.3917/popu.1504.0771>
- Sandström, V., Valin, H., Krisztin, T., Havlík, P., Herrero, M. & Kastner, T. (2018).** The role of trade in the greenhouse gas footprints of EU diets. *Global Food Security*, 19 (December 2018), 48–55. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.08.007>
- Ortman, J. M. & Shin, H. B., (2011).** Language Projections: 2010 to 2020. Presented at the Federal Forecasters Conference, Washington, DC, April 21, 2011. <https://www.census.gov/content/dam/Census/library/working-papers/2011/demo/2011-Shin-Ortman.pdf>
- Springmann, M., Godfray, H. C. J., Rayner, M. & Scarborough, P. (2016).** Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113 (15), 4146–4151. <https://doi.org/10.1073/pnas.1523119113>
- Springmann, M., Wiebe, K., Mason-D’Croz, D., Sulser, T. B., Rayner, M. & Scarborough, P. (2018).** Health and nutritional aspects of sustainable diet strategies and their association with environmental impacts: a global modelling analysis with country-level detail. *The Lancet*, 2(10), PE451-E461. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30206-7](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30206-7)
- Striessnig, E. & Lutz, W. (2016a).** Demographic Strengthening of European Identity. *Population and Development Review*, 42(2), 305–311. <https://dx.doi.org/10.1111%2Fj.1728-4457.2016.00133.x>
- Striessnig, E. & Lutz, W. (2016b).** Demographic Metabolism at Work. *IIASA Working Paper* WP-16-001. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis. <http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/12385/>
- UNDP (2014).** *Human Development Report 2014. Sustaining Human Progress: Reducing Vulnerabilities and Building Resilience*. New York, NY: United Nations Development Programme. <http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr14-report-en-1.pdf>
- United Nations (2015).** *The World’s Women 2015: Trends and Statistics*. New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Statistics Division. <https://unstats.un.org/unsd/gender/worldswomen.html>
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019).** *World Population Prospects 2019*, Online Edition. <https://population.un.org/wpp/>

**United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2018).** *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision, Online Edition.*

**Whelpton, P. K. (1928).** Population of the United States, 1925 to 1975. *American Journal of Sociology*, 34, 457–473. <https://www.jstor.org/stable/2765600>

**WIC – Wittgenstein Centre for Demography and Global Human Capital (2018).** Wittgenstein Centre Data Explorer Version 2.0 (Beta). <http://www.wittgensteincentre.org/dataexplorer>

**Wils, A. B. (1996).** PDE - Cape Verde: A Systems Study of Population, Development, and Environment. *IIASA Working Paper* WP-96-009. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis. <http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/5016/1/WP-96-009.pdf>

**Wokes, F., Badenoch, J. & Sinclair, H. M. (1955).** Human dietary deficiency of vitamin B12. *American Journal of Clinical Nutrition*, 3, 375–382. <https://doi.org/10.1093/ajcn/3.5.375>

**Wunsch, G. J. & Termote, M. G. (1978).** *Introduction to Demographic Analysis Principles and Methods.* New York, NY: Plenum.

**Yousif, H. M., Goujon, A. & Lutz, W. (1996).** Future Population and Education Trends in the Countries of North Africa. *IIASA Research Report* RR-96-011. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis. <http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/4766/1/RR-96-011.pdf>

---