



Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

SCIENCE @ DIRECT®

C. R. Geoscience 335 (2003) 627–635



Géophysique externe, climat et environnement (Climat)

## Certitudes et incertitudes de la prévision démographique

Henri Léridon

*Inserm-Ined, unité 569, 82, rue du Général-Leclerc, 94276 Le Kremlin-Bicêtre cedex, France*

Reçu le 21 octobre 2002 ; accepté le 10 février 2003

Rédigé à l'invitation du Comité éditorial

---

### Résumé

Pour réaliser des projections démographiques, on peut se contenter d'extrapoler la courbe de la population totale ou du taux de croissance, de préférence en s'appuyant sur un modèle (une loi) spécifique. On procède le plus souvent aujourd'hui par la méthode « des composantes », qui consiste à projeter la population par sexe et âge, au moyen des probabilités de décès spécifiques, et à déterminer le nombre des naissances annuelles au moyen des taux de fécondité par âge. Ainsi, plus on avance dans le temps, plus le poids des hypothèses de fécondité devient important, mais la méthode garantit la cohérence interne des résultats obtenus. **Pour citer cet article :** *H. Léridon, C. R. Geoscience 335 (2003).*

© 2003 Académie des sciences. Publié par Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

### Abstract

**Certainty and uncertainty in demographic forecasting.** Demographic forecasting may rely on a simple extrapolation of the trends in total population or in the annual rate of growth, preferably by referring to a general law for a population's evolution. But the most commonly used method today is the 'Component' method, which projects the population distributed by age and sex by means of specific mortality rates; the annual number of births is derived from the age-specific fertility rates. The weight of the fertility assumptions in the projection becomes more and more important as the duration increases, but the method insures an internal coherence of the results. **To cite this article:** *H. Léridon, C. R. Geoscience 335 (2003).*

© 2003 Académie des sciences. Publié par Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

*Mots clés :* population mondiale ; projections ; Nations unies ; mortalité ; fécondité

*Keywords:* world population; projections; United Nations; mortality; fertility

---

### Abridged English version

The debate on demographic trends and on the future of populations was already raging in western Europe in the 17th and 18th centuries. One issue was the number of people Earth might feed; Süßmilch,

the author of one of the oldest treatises on population (*L'Ordre Divin*), set the limit at 14 billions. Malthus' view was much more pessimistic: he stated that the growth of food resources could not make for the spontaneous rate of increase of a population.

19th-century statisticians such as Quételet or Verhulst suggested that some mathematical 'laws' could reconcile the two approaches. As in all animal species, the rate of increase of a population might induce a

---

Adresse e-mail : [leridon@ined.fr](mailto:leridon@ined.fr) (H. Léridon).

mechanism forcing it to automatically slow down, instead of letting the population grow exponentially. There is however no empirical evidence that such a process might operate in all human populations, and the world population was indeed growing exponentially when the debate blew up again in the 1960s.

The current debate on sustainable development, environment and greenhouse effect must inevitably include the demographic variable, either taken endogenously or exogenously. But this requires long-term projections, over one century or more. Can we trust such demographic projections?

The current projection technique is based on the ‘components’ method”. We start from an initial population distributed by age and sex and compute the surviving population one or five years later, by means of specific mortality rates (Fig. 1). The annual number of births is derived from the age-specific fertility rates, and figures on incoming or outgoing migrants can be included in the projection. One great advantage of this method is to insure an internal coherence of the results, but the problem is to choose appropriate assumptions for these parameters. This is especially crucial for the fertility assumptions because their weight in the projection becomes more and more important as the duration increases: during the first decades, the size of the population depends mainly on the mortality assumptions, which are rather solid; but after 50 years, more than half of the projected population was not part of the initial population (resulting from the subsequent births), and after 100 years the population has been totally renewed. The demographic dynamic will then depend on the fertility of our great-grandchildren, which is not easy to forecast...

It is also good to know that world projections result from the aggregation of projections made at the country level. In the ‘constant-fertility’ scenario of the United Nations, fertility rates as observed in 1998 in each country are kept constant. The world fertility rate is however *increasing* during the projection (from 2.8 to 3.9 children per woman over 50 years), because the weight of countries with high fertility is increasing during the projection, for the very reason that their fertility is higher than average.

*Fertility* hypotheses have long been based on the so-called ‘demographic transition theory’. Mortality is supposed to start declining at some moment (time  $T_0$  in Fig. 2). The population growth rate starts thus

increasing until the birth rate begins also to decline (time  $T_1$ ). The gap between fertility and mortality is maximal at some point ( $T_2$ ) and the expectation is that the population growth rate will come close to zero in  $T_3$ . For the world population, the rate of growth peaked at 2.0 percent in 1960 ( $T_2$ ), and the first part of the transition ( $T_0$ – $T_2$ ) spread over 50 years or so.

In current projections, the *life expectancy* at birth is supposed to increase systematically, often by 0.25 year annually. Mortality has however increased in several countries in the recent past, especially in the former USSR and in some parts of Africa. According to the United Nations, AIDS might have pushed the expectancy of life 10 years below normal expectation in 15 countries, 20 years below in 5 countries and even 30 years in Botswana.

For fertility assumptions, various scenarios are usually considered. But we must realise that even apparently close scenarios, e.g., assuming 1.8 and 2.1 children per woman respectively, can result in quite large differences in population sizes after several decades.

The United Nations have published demographic projections since half a century. As shown in Fig. 3, the results of these projections have been rather consistent over time: for the world population of year 2000, the estimate was already good in 1957, and for year 2025 this will probably be the case from 1980.

Fig. 4 shows the population trends resulting from the last long-term population projections of the UN [1]. The medium scenario assumes that fertility will converge everywhere towards the ‘replacement level’ (2.05); the world population then reaches 8.9 billions in 2050 (as against 6.0 today) and stabilise at 9.7 by mid-22nd century. In the high scenario (fertility circa 2.5–2.6) the population comes close to 25 billions in 2150, but recent trends make this scenario rather unlikely. The low hypothesis (fertility circa 1.4–1.6 child) would bring the population back to 5 billions in 2100 and 3.2 in 2150.

Intermediate scenarios are also shown in Fig. 4. Asymptotic fertility differs very little in these scenarios (2.25 vs. 1.85, compared to 2.8 today), but the populations sizes would however differ widely in 2150: 16.2 and 5.3 billions, respectively, a three-to-one ratio.

Trends by major regions are shown in Fig. 5.

There are still many questions left in these projections. What are the possible limits to longevity? In the

UN projections, the limit is set at 100 years; is it too much or too few? Are trends in mortality assumed for several developing countries realistic or too optimistic, when AIDS and other emerging or re-emerging diseases are spreading? As for fertility, is it really decreasing everywhere, and should we still accept the ‘demographic-transition’ model?

A final and crucial question is whether population can be considered independently of other major variables such as environmental changes, scarcity of some natural resources, possible limits to productivity in agriculture... The only real attempt to link all these variables in a single model remains – to the best of my knowledge – the world model developed by the MIT in the 1970s for the Club de Rome [2]. In all scenarios of spontaneous evolution the world population was reaching a peak round 2030–2050 (12 billions in the ‘standard’ model) and was fast declining afterwards. One scenario was based on a ‘pollution brake’, leading to a 10 billions population in 2040, and to 3.5 in 2070. This dramatic decline was due to a reduction by half of the life expectancy as a result of pollution. This scenario may appear today as a realistic one, the forecast being pretty accurate up to 2050, but it turns then to a catastrophe on the basis of assumptions that seem quite unrealistic.

To conclude, we may say that demographers can predict with a good accuracy what is already imbedded in the age-pyramid, over say 15–20 years, but that the task is much more difficult beyond two or three decades.

## 1. Introduction

Pour étudier certains grands problèmes de la planète, comme le développement durable, l’environnement ou l’effet de serre, il est nécessaire de se projeter à 25, 50, 100 ans, voire davantage. Or, la variable « population » est un élément important de ces évolutions, qu’on la traite de façon endogène ou exogène. On en tient généralement peu compte dans les modélisations des variations climatiques : or, les modes de production et de consommation, ainsi que l’effectif total de la population, sont des déterminants importants de l’évolution climatique future.

Il y a près d’un siècle que les démographes se risquent à des projections à moyen et long terme (50–100 ans). Comment procèdent-ils ?

## 2. Les projections globales de la population totale (ou du taux d’accroissement)

Le premier procédé utilisé consistait à projeter l’effectif total de la population, ou son taux d’accroissement. On peut, pour cela, procéder par simple extrapolation de la courbe d’évolution passée, ou – mieux – appuyer l’extrapolation sur une « loi » supposée gouverner l’évolution de la population. Dans l’ensemble, on a surtout retenu des principes « d’autofreinage », souvent inspirés de l’évolution des populations animales : si la croissance est trop forte, la population devient trop nombreuse pour l’écosystème, la mortalité augmente et le taux de croissance chute. On peut ainsi, soit atteindre un équilibre plus ou moins stable, soit engendrer des fluctuations.

Malthus a sans doute été un des tout premiers auteurs (en 1798) à prévoir des « catastrophes » démographiques en s’appuyant sur un tel principe [5]. Pour lui, la croissance des ressources économiques (essentiellement agricoles) ne pouvait pas suivre le rythme spontané de la croissance démographique ; il devait en résulter alors une crise alimentaire, entraînant une hausse de la mortalité et une chute de l’effectif de la population. Il était donc nécessaire de ralentir la croissance démographique en limitant le nombre des naissances, par des moyens compatibles avec les enseignements de l’Église (en pratique, le retard du mariage et l’abstinence sexuelle).

Au XIX<sup>e</sup> siècle, des statisticiens comme Quételet [7] ou Verhulst [12] ont proposé des lois « d’autofreinage », qui reposent sur des fonctions mathématiques (décrivant l’évolution de la population), dont la dérivée seconde est d’abord positive, puis change de signe après une certaine durée. La loi logistique appartient à cette famille. Cette fonction présente une forme très rassurante, puisque l’effectif total de la population tend vers une asymptote et se stabilise à ce niveau. Pour les populations humaines, malheureusement, il n’y a guère de justifications théoriques ou empiriques à de telles lois. Les quelques exemples proposés dans le passé ont d’ailleurs été largement contredits par les évolutions ultérieures.

### 3. La méthode des composantes

On peut rendre plus réalistes les projections en utilisant les outils de la *dynamique des populations*, c'est-à-dire en s'appuyant sur les évolutions possibles de la mortalité, de la fécondité et des migrations. L'intérêt principal est que l'on est ainsi sûr que l'évolution décrite est réaliste, parce qu'elle est compatible avec les valeurs possibles de la mortalité et de la fécondité ; par exemple, un taux de 5% de croissance annuelle serait impossible (hors migrations), compte tenu du niveau maximum possible de la fécondité dans l'espèce humaine. De plus, on peut proposer des variantes de projections, appuyées sur des hypothèses raisonnables d'évolution de la mortalité ou de la fécondité. Un inconvénient est que cela revient un peu à déplacer le problème : il nous faut maintenant imaginer les bonnes hypothèses pour les évolutions possibles de la mortalité et de la fécondité (au niveau mondial, les migrations n'ont plus à être prises en compte). Et surtout, il faut être conscient du « principe d'incertitude croissante » de la projection en fonction de sa durée.

La Fig. 1 illustre ce principe. La population initiale (temps 0) est supposée répartie, selon les âges, sur la première verticale  $AC$  : leur nombre ne dépend que de la mortalité au cours de la période 0–5 ; seul le nombre des enfants de moins de cinq ans ( $AB$ ) résulte des hypothèses de fécondité. À l'horizon 25 ans, la part des nouveaux entrants ( $A'B'$ ) a grandi, mais reste minoritaire. Après 50 ans, c'est plus de la moitié de la population qui n'était pas encore présente au temps zéro ; et après 100 ans, la population s'est entièrement renouvelée. Or, la fécondité que l'on va calculer pour cette année 100 résultera du comportement de femmes nées en moyenne 30 ans plus tôt, elles-mêmes filles de femmes nées 60 ans plus tôt, celles-ci ayant pour mères des femmes nées une dizaine d'années après le début de la projection... On comprend qu'il soit difficile de prévoir un effectif qui dépend du comportement de nos arrière-petits-enfants !

Il faut aussi savoir que les projections mondiales sont habituellement faites par *agrégation* des projections nationales. C'est ainsi que le scénario « fécondité constante » des Nations unies, dans lequel on gèle les taux de fécondité observés dans chaque pays en 1998, conduit à une augmentation sensible de la fécondité mondiale dans les décennies suivantes : en *moyenne*

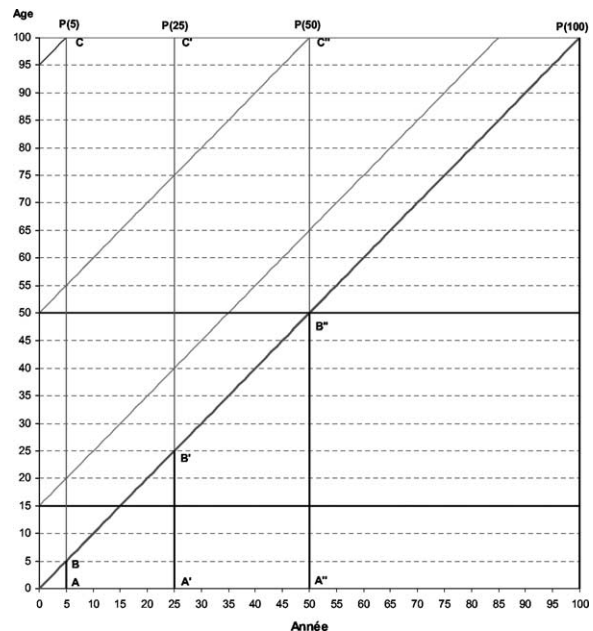


Fig. 1. Projection d'une population sur diagramme de Lexis.

Fig. 1. Demographic projections on a Lexis diagramme.

*mondiale*, la fécondité passe de 2,8 à 3,9 enfants en 50 ans ! Il en est ainsi parce que le poids des pays à plus forte fécondité augmente au fil des années, précisément à cause de leur fécondité supérieure à celle des autres pays.

### 4. Le choix des hypothèses

À l'échelle mondiale, la question des *migrations* ne se pose pas : la population totale est fermée. Seules les projections régionales ou nationales doivent prendre en compte les mouvements migratoires, ce qui n'est pas toujours facile. Nous n'en parlerons pas ici.

Pour prévoir l'évolution de la *fécondité*, on s'est longtemps appuyé sur le « schéma de la transition démographique », parfois improprement qualifié de « théorie » [1]. L'idée en est que, dans les régimes démographiques traditionnels, le taux de mortalité équilibre à peu près le taux de natalité, du moins en moyenne sur longue période. On sait, en effet, que la croissance démographique mondiale est restée très lente jusqu'au début du XX<sup>e</sup> siècle, hormis quelques courtes périodes d'accélération. Les progrès de l'hygiène et de la médecine font, à partir d'un certain mo-

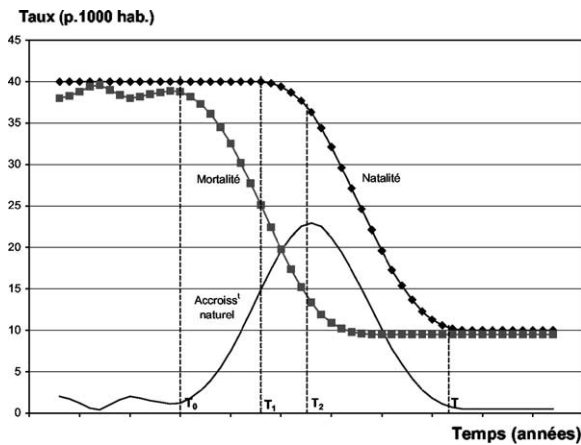


Fig. 2. Schéma de la transition démographique.

Fig. 2. Scheme of the demographic transition.

ment, baisser la mortalité (temps  $T_0$  de la Fig. 2). À natalité constante, le taux d'accroissement se met à augmenter, jusqu'à ce que la natalité (peut-être en réponse à cette forte poussée démographique) commence à son tour à décroître (temps  $T_1$ ). L'écart entre natalité et mortalité est maximum à une certaine date ( $T_2$ ), et on peut ensuite espérer un retour à l'équilibre en  $T_3$ , avec des valeurs sensiblement réduites de la natalité et de la mortalité (qui ont pu passer, par exemple, de 40 à 10‰). Pour la population mondiale, la date  $T_2$  de croissance maximale se situe vers 1960, avec un taux égal à 20‰, et l'intervalle  $[T_0, T_2]$  a été de l'ordre de 50 ans.

L'évolution de la *mortalité* est presque systématiquement envisagée à la baisse (allongement de l'espérance de vie). On projette actuellement un gain de 0,25 année d'espérance de vie par an, en moyenne, pour les pays en développement (qui partent de plus bas que les pays déjà développés, et sont dans des zones où les gains peuvent être importants), et aussi dans certains pays développés. En fait, des accidents sont toujours possibles. En Russie, par exemple, l'espérance de vie masculine est passée de 65 ans en 1987 à 58 ans en 1994, et n'est remontée qu'à 60 ans depuis. Les conséquences du sida dans certains pays d'Afrique sont plus graves encore : les « pertes » d'espérance de vie, par rapport au niveau attendu, dépassent actuellement 10 ans dans quinze pays, 20 ans dans cinq pays, et 30 ans au Botswana [10] ; dans ce dernier pays, l'espérance de vie est tombée à 36 ans ! Pourtant,

compte tenu des niveaux encore élevés de la fécondité (et de l'inertie acquise), la population continuera de croître au cours des prochaines décennies dans tous ces pays.

## 5. Résultats : les projections des Nations unies. Population mondiale

Les Nations unies procèdent périodiquement, depuis 1950, à des projections de population mondiale, pays par pays [11]. D'autres organismes se prêtent aussi à l'exercice, comme la Banque mondiale [13] ou, récemment, l'IIASA à Vienne [4] : les résultats diffèrent assez peu de ceux des Nations unies, et nous nous en tiendrons donc à celles-ci. L'horizon est resté longtemps relativement court, de l'ordre de 25 ans ; il est passé à 50 ans au cours de la décennie 1970, en même temps que des projections de beaucoup plus long terme – jusqu'en 2100 au moins – étaient proposées, au niveau mondial et régional. La Fig. 3 montre l'évolution des prévisions pour diverses années, selon l'année de réalisation de la projection (en abscisse) [2]. L'impression d'ensemble est celle d'une assez grande stabilité des résultats des projections successives. Pour l'an 2000, la projection était correcte dès 1957 et, pour l'an 2025, l'estimation aura probablement été satisfaisante dès 1980. Seules les projections pour 2050 (et donc 2100) ont été revues assez fortement à la baisse entre 1973 et 1980, puis – plus modérément – entre 1994 et 1998, pour être dernièrement révisées à la hausse en 2000.

Il s'agit là des estimations « centrales » (*medium*), celles jugées les plus probables par les experts onusiens. Elles sont encadrées par des variantes « basses » ou « hautes », et parfois d'autres intermédiaires. La Fig. 4 illustre les résultats des dernières projections de long terme, jusqu'en 2150 [8]. Dans l'hypothèse centrale, la population mondiale se stabilise à 9,7 milliards en milieu de XXII<sup>e</sup> siècle. L'hypothèse haute donne une valeur beaucoup plus élevée en 2150 (24,8 milliards), mais – au vu des évolutions antérieures – l'hypothèse apparaît très peu probable ; l'hypothèse intermédiaire (*high medium*), avec 16,2 milliards à la même date, est encore assez peu probable. À l'inverse, l'hypothèse basse ramènerait la population mondiale à moins de 5 milliards à partir de 2100 (3,2 en 2150) : on verra plus loin qu'il s'agirait là d'un

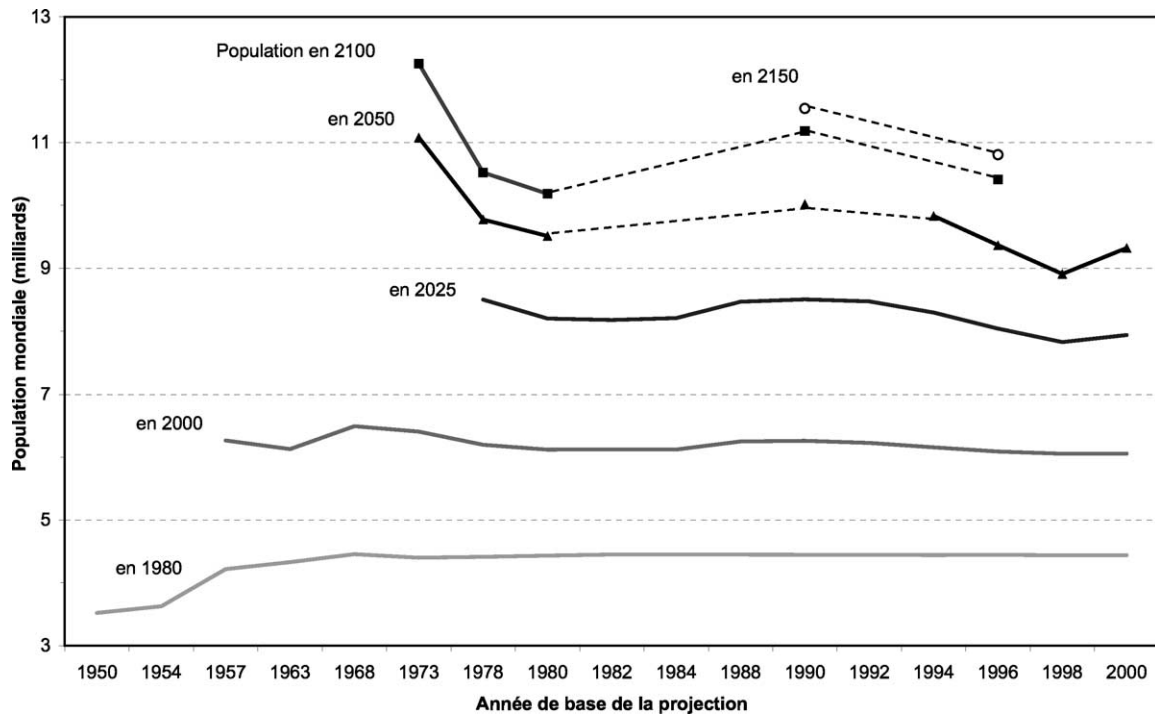


Fig. 3. Projections successives des Nations unies, 1950–2000 (hypothèse moyenne).  
 Fig. 3. Population projections issued by the United Nations, 1950–2000 (medium variant).

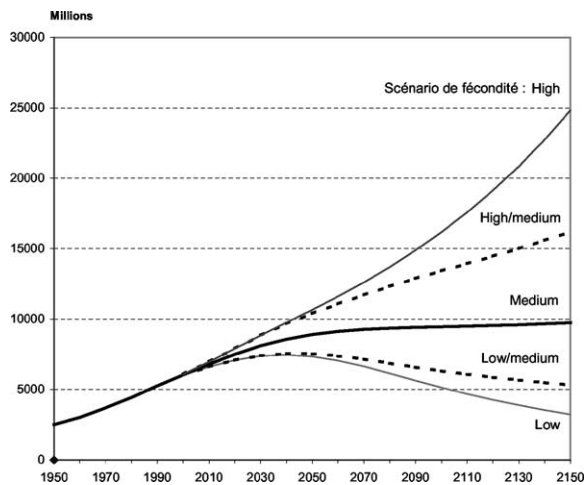


Fig. 4. Population mondiale, 1950–2150 : variantes des projections des Nations unies (base 1998).

Fig. 4. World population, 1950–2150: Variants of the United Nations' projections (1998 revision).

véritable scénario catastrophe. La projection intermédiaire (*low medium*) donnerait 5,3 milliards en 2150,

ce qui est moins improbable, et un peu inférieur à la valeur actuelle (6 milliards).

Il est intéressant de constater que les deux scénarios intermédiaires, qui conduisent à des populations égales respectivement à 16,2 et 5,3 milliards – dans un rapport de 3 à 1 – correspondent à des taux d'accroissement différant de moins d'un point :  $+0,4\%$  par an et  $-0,3\%$  respectivement, en régime stabilisé. Tous ces scénarios ne diffèrent, en fait, que par les hypothèses de fécondité ; là aussi, il faut signaler le très faible écart entre ces deux variantes : 2,25 et 1,85 enfants par femme respectivement. On est aujourd'hui à 2,8 : il faut donc une assez forte confiance dans les perspectives de baisse de la fécondité au cours des 50 prochaines années pour accepter les projections des Nations unies sur le long terme...

## 6. Les évolutions par grandes régions

Les perspectives sont évidemment très différentes selon les régions (Fig. 5). Les pays développés ont

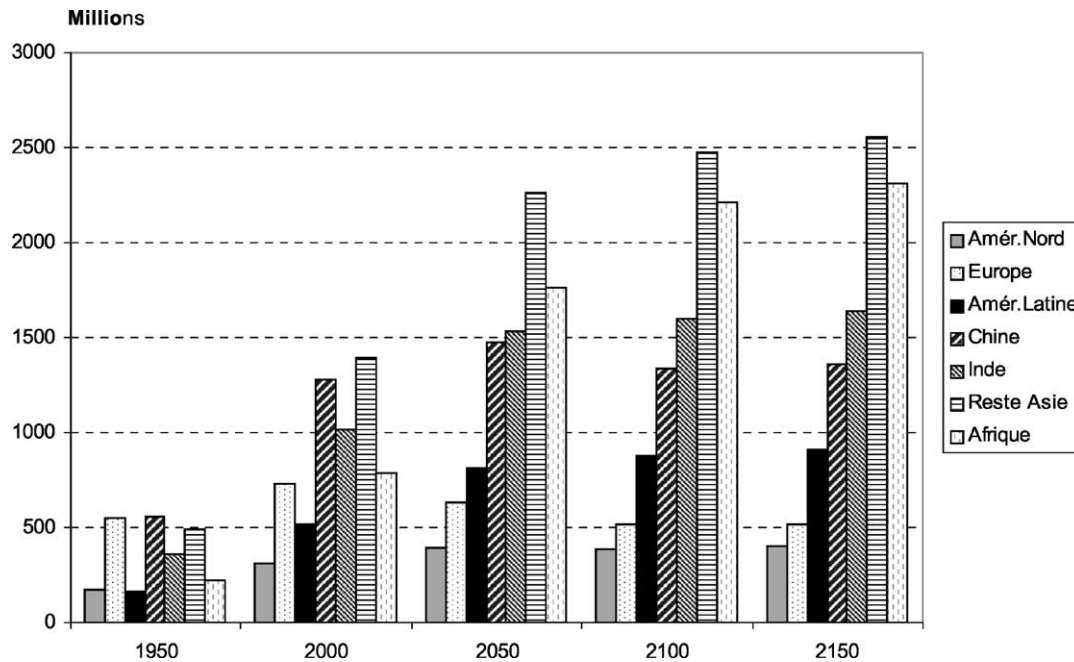


Fig. 5. Population des grandes régions du monde, 1950–2150 (projections des Nations unies, base 1998, hypothèse moyenne).

Fig. 5. Population by major area, 1950–2150 (United Nations' projections, 1998 revision, medium variant).

déjà un taux de croissance faible, voire nul ou négatif dans quelques pays. Globalement, dans l'hypothèse centrale, la population de l'Europe devrait décroître au cours du présent siècle (et revenir de 730 millions à 500 en 2150); celle de l'Amérique du Nord (hors Mexique), en revanche, est appelée à croître encore sensiblement : de 310 à 400 millions. Le rythme de croissance démographique de l'Amérique latine va se ralentir sensiblement, mais la population pourrait dépasser 900 millions à l'horizon 2050. En Asie, la population de la Chine continuera d'augmenter pendant quelques décennies (1,28 milliard actuellement, peut-être 1,48 en 2025), et pourrait diminuer à partir du milieu du siècle ; celle de l'Inde devrait augmenter encore fortement dans les prochaines décennies et dépasser la Chine vers 2050. Le reste de l'Asie a un fort potentiel de croissance, qui ne s'épuisera pas avant 2100 (2,48 milliards à cette date, contre 1,39 actuellement). Il en va de même pour l'Afrique, dont la population pourrait passer de 780 millions aujourd'hui à 2,3 milliards en 2150.

Ces perspectives supposent que la fécondité se stabilisera partout vers 2,06 enfants par femme dès 2050, ce qui signifie une forte baisse en Afrique (5,5

aujourd'hui), et une remontée en Europe (1,6 actuellement). Quant aux hypothèses de mortalité, elles sont plus différenciées : en 2050, l'espérance de vie masculine ira de moins de 70 ans en Afrique à près de 80 en Amérique du Nord ; en 2150, les valeurs seraient respectivement égales à 81 et 87 ans.

## 7. Quelques questions subsistantes

Même si ces projections font l'objet, au moins pour les 50 prochaines années, d'un assez large consensus, il n'est pas inutile de réexaminer certaines de leurs hypothèses explicites ou implicites.

Pour les pays développés, on peut se poser au moins trois questions.

Quelles sont les limites possibles à la longévité ? Dans les projections de long terme des Nations unies, la durée de vie est plafonnée à 100 ans dans tous les pays. Est-ce trop, ou trop peu ? Le débat commence à faire rage parmi les spécialistes.

Comment la fécondité va-t-elle évoluer ? Les tendances récentes dans nombre de pays, où les indices annuels, comme les descendance des générations,

sont passés nettement en dessous de deux enfants par femme, montrent que le schéma de la transition présenté plus haut est sans doute maintenant dépassé. Là aussi, les avis des experts divergent quant aux probabilités de voir la fécondité s'installer durablement à des niveaux aussi faibles et sur les mécanismes qui pourraient la faire remonter.

Peut-on disposer d'un correctif partiel, au niveau national ou régional, en recourant à l'immigration ? Les Nations unies ont proposé récemment un exercice de projections pour les pays à faible fécondité, dans lequel les migrations viendraient compenser une trop faible croissance et freiner le vieillissement de la population [3,9]. Il en ressort que l'immigration ne peut pas être un remède efficace au vieillissement des populations, mais qu'elle peut contribuer à éviter une diminution de la population dans certains pays.

Les interrogations sont un peu différentes pour les pays encore en développement.

- La « fin de la transition » est-elle vraiment en vue dans tous les pays ? On a dit plus haut que les Nations unies avaient révisé à la hausse leurs dernières projections (base 2000), considérant qu'elles avaient surestimé le rythme de baisse de la fécondité dans les projections antérieures.
- Les hypothèses de réduction de la mortalité ne risquent-elles pas aussi de s'avérer trop optimistes ? En dehors des désastres causés par l'épidémie de VIH-sida, ne peut-on craindre la réapparition de maladies supposées éradiquées ou l'émergence de formes nouvelles de maladies anciennes ?

Reste enfin la question des conséquences éventuelles de l'*effet de serre* et d'autres atteintes à l'environnement. Force est de constater qu'elles sont absentes de tous les raisonnements... parce qu'on ne sait pas comment s'y prendre : la relation entre dégradation de l'environnement et mortalité n'a, en effet, jamais été convenablement quantifiée. La seule tentative dans ce sens, à ma connaissance, reste le modèle développé au MIT pour le Club de Rome au début des années 1970 [6]. Dans tous les scénarios d'évolution « spontanée », la population mondiale atteignait un maximum vers 2030–2050 (12 milliards dans le « modèle standard »), pour décroître ensuite assez fortement (retour à 6 milliards en 50 ans dans ce

même modèle). L'un des scénarios proposés envisageait un « frein par la pollution », le développement économique se faisant trop vite et sans protections environnementales suffisantes. La population mondiale atteignait alors 10 milliards vers 2040, et retombait à 3,5 milliards en 2070... Cette chute brutale résultait de l'hypothèse selon laquelle l'espérance de vie serait rapidement divisée par deux du fait de la pollution. Le Club de Rome s'appuyait d'ailleurs sur une relation nutrition–espérance de vie qui présentait une asymptote à... 65 ans d'espérance de vie ! On voit que ce scénario, qui prédisait assez correctement l'évolution de la population jusqu'en 2050 (le chiffre le plus récent des Nations unies est 9,3 milliards à cette date) tourne ensuite à la catastrophe, sur la base d'hypothèses qui paraissent aujourd'hui peu réalistes.

Pour conclure cette brève présentation de projections démographiques actuelles, les progrès continus de l'espérance de vie, année après année, ne permettent guère d'imaginer une réduction drastique de celle-ci sous l'effet de possibles variations climatiques. Il est donc probablement plus efficace de considérer la variable « population » comme un facteur exogène d'augmentation de la pollution, tout en sachant que les modes de vie sont des déterminants encore plus importants.

## Références

- [1] J.-C. Chesnais, La transition démographique, INED–PUF, Paris, 1986.
- [2] H. Léridon, Six milliards... et après ?, Population et Sociétés 352 (1999).
- [3] H. Léridon, Vieillesse démographique et migrations : quand les Nations unies veulent remplir le tonneau des Danaïdes..., Population et Sociétés 358 (2000).
- [4] W. Lutz (Ed.), The Future Population of the World: What Can We Assume Today?, IIASA and Earthscan, London, 1994.
- [5] T.R. Malthus, Essai sur le principe de population [1798], Ined, Paris, 1980.
- [6] D.H. Meadows, D.L. Meadows, J. Randers, W.W. Behrens III, The Limits to Growth, Universe Books, New York, 1972.
- [7] A. Quételet, Sur l'Homme et le développement de ses facultés, ou Essai de physique sociale, Bachelier, Paris, 1835.
- [8] United Nations, Long Range World Population Projections Based on the 1998 Revision, United Nations, New York, 2000.
- [9] United Nations, Replacement migrations: is it a solution to declining and ageing populations?, United Nations, New York, 2000.
- [10] United Nations, HIV/AIDS: Population Impact and Policies – 2001 (Data Sheet), United Nations, New York, 2002.



- [11] United Nations, World Population Prospects : the 2000 Revision, Vol. III : Analytical Report, United Nations, New York, 2002.
- [12] P. Verhulst, Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement, in : A. Quételet (Ed.), in : Correspondance mathématique et physique publiée par, Bruxelles, Vol. 10, 1838, pp. 113–121.
- [13] K.C. Zachariah, Population Projections 1980–2000 and Long-Term (Stationary Populations), World Bank, Washington, 1980.