

ÉCONOMIE MONDIALE À LONG TERME : ATTENTION À L'INCERTITUDE DÉMOGRAPHIQUE !

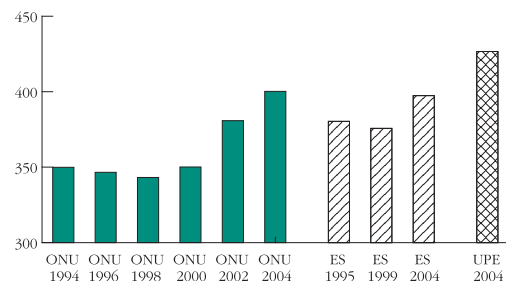
Les décisions économiques qui engagent le long terme se prennent sur la base de projections démographiques incertaines, auxquelles il est important de pouvoir attacher des probabilités. La méthode de projection stochastique permet de construire ces intervalles de confiance : elle postule que les erreurs de projection peuvent être, à l'avenir, du même ordre de grandeur que par le passé. Nous appliquons cette méthode à la population mondiale divisée en dix grandes régions. Puis, à partir de simulations effectuées avec le modèle macroéconomique INGENUE 2, nous illustrons comment l'incertitude démographique, très variable selon les régions, se transmet à l'économie. Dans le cadre d'une prospective mondiale, le degré de corrélation des erreurs de prévision démographique entre les régions apparaît déterminant. De cette corrélation dépendent l'ampleur de l'incertitude démographique mondiale ainsi que la nature des ajustements macroéconomiques.

La démographie a de longue date été identifiée, à côté du progrès technique, comme une variable-clé des perspectives économiques de long terme. Or, l'incertitude est grande dans ce domaine. En attestent les erreurs de projection passées ainsi que les révisions, parfois massives, des projections à l'horizon de quelques décennies. Ainsi, dans les années 1994 à 2000, la division Population de l'ONU prévoyait une population proche de 350 millions d'habitants en Europe de l'Ouest à l'horizon 2050 ; à partir de 2002, la division a sensiblement rehaussé les hypothèses d'espérance de vie et de migrations nettes pour aboutir, dans sa "révision 2004", à une population de 400 millions. Eurostat a procédé au même type de révision et parvient à une projection comparable à l'horizon 2050 (graphique 1). Néanmoins, le chiffre obtenu par le projet européen *Uncertain Population of Europe* (UPE)¹ est nettement plus élevé : 427 millions ; il s'explique par une hypothèse de baisse plus rapide de la mortalité et par un niveau plus élevé des migrations nettes².

L'incertitude attachée aux évolutions démographiques est généralement appréhendée en encadrant un scénario central

par une variante haute et une variante basse. La variante haute intègre, par exemple, un fort taux de natalité, un faible taux de mortalité et une immigration nette importante ; le scénario bas retient les valeurs opposées³. L'espace entre les variantes haute et basse est supposé refléter l'ampleur de l'incertitude autour de la projection centrale, considérée comme la plus probable. Cependant, il ne s'agit pas d'un intervalle de confiance au sens statistique du terme : il n'est pas possible d'attribuer une probabilité à ce que la population se situe, à une date donnée, entre le scénario bas et le scénario haut⁴. Par

Graphique 1 - Projections de population de l'Europe de l'Ouest
ONU, Eurostat et UPE (millions)



1. Ce chiffre est obtenu sur la base de projections stochastiques. Pour la présentation détaillée des projections UPE voir le site : <http://www.stat.fi/tup/euupe/>

2. Cf. N. Keilman, H. Crujnsen & M. Alders (2006), "Assumptions for long-term stochastic population forecasts in 18 European countries", *European Journal of Population*, à paraître.

3. Dans le cas des projections de l'ONU, toutefois, la projection centrale et les variantes haute et basse ne se distinguent que par les hypothèses relatives au taux de fécondité.

4. Cf. N. Keilman, H. Crujnsen & J. Alho, "Changing Views of Future Demographic Trends" ainsi que J. Alho, H. Crujnsen & N. Keilman, "Empirically-based specification of forecast uncertainty", in J. Alho, S. Hougaard Jensen & J. Lassila, editors (2007), *Uncertain Demographics and Fiscal Sustainability*, Cambridge University Press, à paraître.

ailleurs, il est très peu vraisemblable que les trois paramètres clés des projections démographiques –taux de natalité, taux de mortalité et migration nette– se maintiennent tous trois simultanément à des valeurs extrêmes au cours du temps et pour toutes les générations. Ainsi, les scénarios extrêmes sont très peu probables et la fourchette qu'ils délimitent n'a pas grande signification.

Or, un certain nombre d'investissements et de décisions de politique économique (réformes des retraites, politiques énergétiques ou de lutte contre le réchauffement climatique...) s'appuient sur des projections de population et de PIB sur longue période. Il est donc important, pour éclairer ces décisions, de fournir des intervalles de confiance à ces projections. Ces intervalles peuvent être construits à l'aide de projections démographiques stochastiques. Nous en fournissons ici plusieurs illustrations et nous montrons les implications de l'incertitude démographique sur les perspectives économiques de longue période, en utilisant le modèle mondial d'équilibre général à générations imbriquées INGENUE 2⁵.

■ Incertitude régionale

Nos projections stochastiques de population sont effectuées pour chacune des dix grandes régions du modèle INGENUE 2 (voir leur liste dans le tableau 1). Il s'agit de construire, sur la période 2000-2050, des intervalles de confiance autour de la projection centrale de population mondiale réalisée par l'ONU qui sert de référence dans le scénario central du modèle⁶. Les différentes configurations de paramètres démographiques (taux de mortalité aux différents âges et selon les sexes, fécondité aux différents âges) sont tirées de manière aléatoire, à partir de lois de probabilité calibrées sur la seconde moitié du 20^{ème} siècle (voir encadré)⁷. Pour certaines régions comme l'Europe de l'Ouest ou l'Amérique du Nord, cette période a été relativement "calme" et le niveau d'incertitude estimé est bas. Ainsi, la dispersion relative autour de la valeur moyenne (coefficient de variation) que nous reproduisons à l'horizon 2050 est faible : $\pm 5\%$ pour la population d'Europe de l'Ouest, $\pm 6\%$ pour l'Amérique du Nord (tableau 1). Pour d'autres régions, notamment le "Monde russe", la période a été particulièrement "turbulente" et il en ressort un degré d'incertitude élevé ($\pm 26\%$).

La démographie étant l'élément central des projections de PIB sur longue période, on s'attend à ce que l'incertitude

Tableau 1 – Dispersion autour de la valeur moyenne de la population des dix régions (coefficients de variation)

Amérique du Nord	Europe de l'Ouest	Europe de l'Est	Japon	Amérique du Sud
6%	5%	6%	13%	12%
Monde méditerranéen	Afrique	Monde russe	Monde chinois	Monde indien
24%	17%	26%	11%	11%

Source : Calculs des auteurs, à partir de National Research Council (2000) : *Beyond Six Billion*.

démographique entraîne une incertitude économique. Pour illustrer ce point, nous nous intéressons plus particulièrement à deux régions : l'Europe de l'Ouest et le Monde russe où l'incertitude "attendue" est la plus forte⁸.

La population d'Europe de l'Ouest connaîtra un vieillissement rapide au cours des prochaines décennies : la valeur médiane du ratio de dépendance (rapport du nombre des retraités à celui des actifs) augmentera sensiblement, passant de 0,50 en 2010 à 0,99 en 2050 (tableau 2) . Dans le Monde russe, le vieillissement sera relativement plus marqué, la médiane du ratio de dépendance passant, sur la même période, de 0,31 à 0,82 ; surtout, l'incertitude concernant les projections démographiques dans cette région est nettement plus importante, l'intervalle de confiance à 90% se situant en 2050 à [0,46, 1,30] alors qu'il est de [0,88, 1,13] pour l'Europe de l'Ouest.

Tableau 2 – Ratios de dépendance en Europe de l'Ouest et dans le Monde russe – Percentiles de la distribution de probabilité

	P5	P25	P50	P75	P95
Europe de l'Ouest					
2010	0,49	0,5	0,5	0,5	0,5
2030	0,77	0,79	0,81	0,83	0,85
2050	0,88	0,95	0,99	1,04	1,13
Monde russe					
2010	0,28	0,3	0,31	0,32	0,33
2030	0,33	0,43	0,5	0,56	0,63
2050	0,46	0,66	0,82	1	1,3

Source : Calculs des auteurs.

D'après le scénario central, le ralentissement puis la diminution de la population active dans le Monde russe et en Europe de l'Ouest dans les prochaines décennies devraient entraîner une baisse très sensible de la croissance économique. La médiane de la distribution des taux de croissance du PIB passe ainsi, en Europe de l'Ouest, de 1,9% en 2010 à 0,7% en 2050 (graphique 2a) ; dans le Monde russe, elle diminue encore plus, passant, sur la même période, de 1,6% à 0,1% (graphique 2b). L'intervalle de confiance à 90% autour de ces médianes s'élargit au-delà de 2025-2030, quand l'incertitude sur les naissances intervenues jusque-là commence à affecter la population

5. Le modèle INGENUE 2 a été développé conjointement par le CEPII, le CEPREMAP et l'OFCE, par Michel Aglietta et Vladimir Borgy (CEPII), Jean Chateau (OCDE), Michel Juillard (CEPREMAP), Jacques Le Cacheux, Gilles Le Garrec et Vincent Touzé (OFCE). Pour une présentation détaillée du modèle, voir Ingenu (2007), "INGENU 2: A long term intertemporal world model for the 21st century", *Document de travail du CEPII*, à paraître. Le présent travail est issu d'une recherche réalisée par les auteurs au sein du projet DEMWEL de la Commission européenne (DG Recherche). Pour une présentation plus complète, voir J. Alho & V. Borgy (2007), "Global Ageing and Macroeconomic Consequences of Demographic Uncertainty in a Multi-regional Model", *Document de travail du CEPII*, à paraître.

6. Le scénario central du modèle INGENUE 2 et les projections stochastiques de population sont basés sur les projections démographiques des Nations Unies publiées en 2001. *World Population Prospects. The 2000 Revision: volume I: Comprehensive Tables*.

7. Pour une présentation des caractéristiques méthodologiques des projections de population stochastiques, voir Alho, Crujnsen & Keilman (*cf.* note 4).

8. L'Europe de l'Ouest regroupe l'UE 15, Malte, l'Islande, la Norvège et la Suède ; le Monde russe comprend la Russie, l'Ukraine et la Biélorussie.

Les projections stochastiques de population pour les dix grandes régions qui composent le monde dans le modèle INGENUE 2, sont réalisées en utilisant le programme PEP (*Program for Error Propagation*) développé par Juha Alho*.

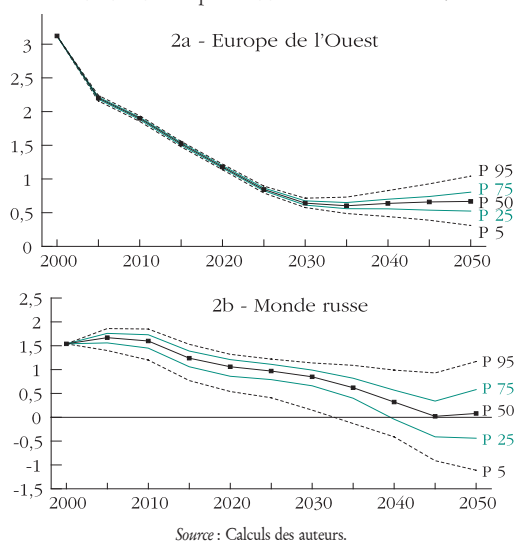
Comme les projections standard, les projections stochastiques de population reposent sur la méthode par cohortes. Mais les différents paramètres du changement démographique –taux de mortalité aux différents âges et selon les sexes, fécondité aux différents âges et migrations nettes– sont considérés comme des variables aléatoires. Les lois de probabilité de ces paramètres sont calibrées à partir des erreurs passées. Les projections stochastiques nécessitent une projection de référence, déterministe (les paramètres de cette projection vont ensuite être perturbés par des chocs aléatoires). Nous nous basons ici sur la projection centrale des Nations Unies. La projection médiane de population stochastique sera, par construction, très proche de la projection déterministe de référence. Il n'y a pas de migrations entre les régions du modèle ; dès lors, l'incertitude ne porte que sur la fécondité et la mortalité. Cette incertitude n'est pas la même selon l'âge et le sexe : par exemple, les erreurs sur la mortalité à 75 ans sont plus fortes que sur la mortalité à 35 ans (la mortalité étant plus élevée à 75 ans qu'à 35). Dans ce domaine, nous utilisons les résultats du projet *Uncertain Population of Europe*, obtenus sur 18 pays européens. Ces résultats sont ensuite calibrés proportionnellement pour reproduire, au niveau de la population des différentes régions en 2050, l'incertitude estimée par Juha Alho dans l'ouvrage *'Beyond Six Billion'***.

* Une description détaillée du programme PEP est disponible sur le site : <http://www.joensuu.fi/statistics/juha.html>.

** National Research Council (2000), *Beyond Six Billion: Forecasting the World's Population*, Panel on Population Projections. Washington DC : National Academy Press, chapitre 7.

active⁹. L'incertitude économique est particulièrement importante pour le Monde russe : à partir de 2030, l'intervalle de confiance à 90% est de plus d'un point de croissance par an ; il s'élargit jusqu'à atteindre deux points en 2050. On est ainsi incapable de dire, à 90% de niveau de confiance, si la croissance potentielle russe sera positive de 1% ou négative de 1% à l'horizon 2050 !

Graphiques 2 – Croissance du PIB 2000-2050, Distribution de probabilité – Taux annuel en %



Source : Calculs des auteurs.

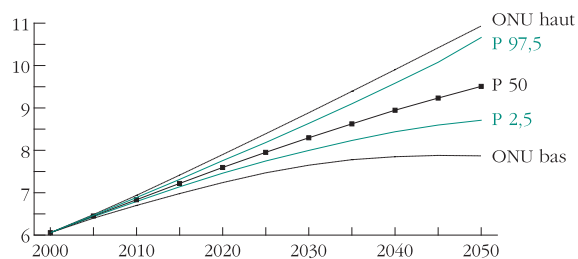
Population et mondialisation

Pour l'ensemble de la population mondiale, l'intervalle de confiance obtenu sur la base de 400 simulations stochastiques est illustré par le graphique 3. Selon ces projections, la population mondiale sera, avec une probabilité de 95%,

comprise entre 8,7 milliards et 10,7 milliards à l'horizon 2050 ; la médiane se situe à 9,5 milliards d'habitants¹⁰. L'intervalle de confiance à 95% est donc de l'ordre de 21% à cet horizon.

Cependant, ce résultat provient de tirages indépendants d'une région à l'autre. Or, dans un modèle démographique mondial, la question des corrélations entre les erreurs de projection affectant les différentes régions ne peut être ignorée. On peut en effet penser que certains événements à l'origine de ces erreurs (la survenue d'une épidémie ou, au contraire, d'une avancée médicale inattendue, par exemple) ont des répercussions sur toutes les régions. Faute de disposer des données suffisantes pour estimer ces corrélations, nous procédons à une analyse de sensibilité, en retenant alternativement un coefficient de corrélation de 0,1 ou de 0,2¹¹. La corrélation des erreurs a naturellement pour effet d'élargir l'intervalle de confiance, lequel passe de 21% à l'horizon 2050 pour des erreurs indépendantes, à 28% pour une corrélation de 0,2 (tableau 3). On peut noter que, dans tous les cas, les scénarios haut et bas de l'ONU (graphique 3) se trouvent à l'extérieur de l'intervalle : c'est dire qu'ils ont une probabilité très faible de se réaliser.

Graphique 3 – Population mondiale 2000-2050, Distribution de probabilité et scénarios variants de l'ONU (milliards)



Source : Calculs des auteurs et ONU (2001), *World Population Prospects*.

9. Dans le modèle INGENUE 2, l'incertitude démographique se transmet à l'incertitude économique par deux canaux : 1) l'incertitude sur la taille de la population active affecte directement l'incertitude relative à la croissance du PIB dans chaque région ; 2) la dynamique de croissance reflète également les choix en termes de consommation/épargne des agents dotés d'anticipations parfaites, qui réagissent aux trajectoires de population qu'ils découvrent au début de la période de simulation. Ce dernier point explique l'incertitude déjà importante observée dans le cas du Monde russe dès le début de période (graphique 2b). 10. Ce chiffre est, par construction, proche de celui de la variante centrale de l'ONU (9,3).

11. Dans *Beyond Six Billion* (cf. encadré), les estimations effectuées par J. Alho aboutissent à un coefficient de corrélation de 0,1. D'un point de vue technique, le logiciel PEP permet de procéder à des simulations indépendantes ou avec une corrélation parfaite des erreurs de prévision (en partant dans ce cas de la même racine). Le degré de corrélation entre les régions est introduit en jouant sur le nombre de tirages indépendants et de tirages parfaitement corrélés. Pour une présentation détaillée, voir J. Alho & B. Spencer (2005), *Statistical demography and forecasting*, New York: Springer.

Tableau 3 – Population mondiale en 2050 (milliards),
Percentiles de la distribution de probabilité selon l'indépendance
ou la corrélation régionale des erreurs

	P2,5	P25	P50	P75	P97,5
Indépendance	8,71	9,18	9,51	9,87	10,66
Corrélation de 0.1	8,45	9,15	9,5	9,87	10,77
Corrélation de 0.2	8,23	9,12	9,5	9,89	10,89

Source : Calculs des auteurs.

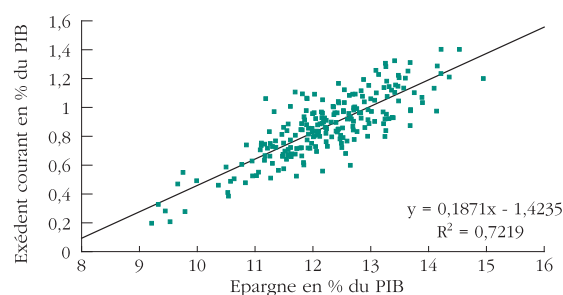
La corrélation régionale des erreurs n'a pas seulement pour effet d'accroître l'incertitude démographique mondiale, elle modifie aussi la configuration de l'économie mondiale.

Pour illustrer ce point avec le modèle *INGENUE 2*, nous partons d'une situation où les incertitudes démographiques sont indépendantes dans les différentes régions du monde. À l'horizon 2025, selon le scénario économique médian, les trois régions industrialisées du modèle, vieillissantes, sont créditrices vis-à-vis du reste du monde, puisque les ménages épargnent en vue de leur retraite. L'épargne des ménages européens, notamment, s'investit dans les régions en développement dont la croissance économique est plus soutenue du fait, en particulier, de la croissance de leur population active¹². Plus le vieillissement anticipé est marqué en Europe de l'Ouest, plus la région épargne et plus de capitaux européens vont s'investir dans les pays émergents (l'excédent courant européen est plus élevé) : le graphique 4, tracé à partir de 200 simulations démographiques indépendantes entre les régions, montre une corrélation positive entre épargne et compte courant.

Considérons maintenant que l'incertitude n'est pas indépendante d'une région à l'autre, mais qu'elle est, au contraire, parfaitement corrélée : une avancée médicale inattendue pourrait augmenter, par exemple, la durée de vie (et donc le vieillissement de la population) dans toutes les régions. Ainsi, les comportements d'épargne, liés au cycle de vie, seront affectés dans le même sens dans toutes les régions. Si le vieillissement est plus marqué partout, l'épargne est aussi plus importante partout, et les régions en développement sont moins dépendantes des capitaux en provenance des régions avancées. Le graphique 5, construit à partir de 50 simulations

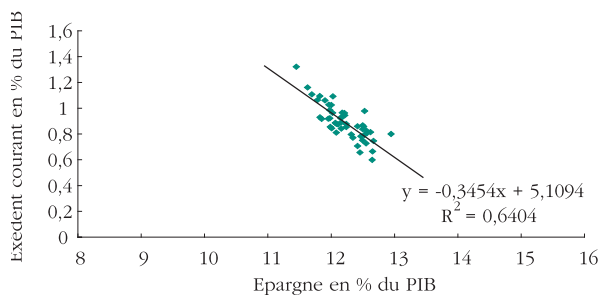
parfaitement corrélées, montre que, dans ce cas, la corrélation entre épargne et compte courant devient négative en Europe de l'Ouest.

Graphique 4 – Europe de l'Ouest : excédent courant et épargne en 2025 en cas de tirages démographiques indépendants (200 tirages)



Source : Calculs des auteurs.

Graphique 5 – Europe de l'Ouest : excédent courant et épargne en 2025 en cas de tirages démographiques parfaitement corrélés (50 tirages)



Source : Calculs des auteurs.

Le principal message pour la politique économique est qu'il faut tenir compte de l'incertitude démographique, mais aussi de la corrélation de l'incertitude entre les différentes régions du monde pour construire des intervalles de confiance autour des projections économiques de long terme, indispensables à la prise de décision.

Juha Alho* & Vladimir Borgy
vladimir.borgy@cepii.fr

12. Symétriquement, les mondes "indien" et "chinois" sont emprunteurs nets vis-à-vis du reste du monde.

* Juha Alho est professeur de statistiques à l'Université de Joensuu, Finlande.

LA LETTRE DU CEPII

© CEPII, PARIS, 2006
RÉDACTION
Centre d'études prospectives
et d'informations internationales,
9, rue Georges-Pitard
75015 Paris.
Tél. : 33 (0)1 53 68 55 14
Fax : 33 (0)1 53 68 55 03

DIRECTEUR DE LA
PUBLICATION :
Agnès Bénassy-Quéré

RÉDACTION EN CHEF :
Agnès Chevallier

GRAPHIQUES :
Didier Boivin

RÉALISATION :
Laure Boivin

DIFFUSION :
La Documentation française.

ABONNEMENT (11 numéros)
France 48,50 € TTC
Europe 50,10 € TTC
DOM-TOM (HT, avion éco.)
49,10 € HT
Autres pays (HT, avion éco.)
50,10 € HT
Supl. avion rapide 0,89 €

Adresser votre commande à :
La Documentation française,
124, rue Henri Barbusse
93308 Aubervilliers Cedex
Tél. : 01 40 15 70 00

Le CEPII est sur le WEB
son adresse : www.cepii.fr

ISSN 0243-1947
CCP n° 1462 AD
4^{ème} trimestre 2006
NOVEMBRE 2006
Imp. ROBERT-PARIS
Imprimé en France.

Cette lettre est publiée sous la
responsabilité de la direction du
CEPII. Les opinions qui y sont
exprimées sont celles des auteurs.