

Développement durable – Environnement, énergie et société

M. Henri LERIDON, professeur associé

Démographie : fin de la transition ?

1. Leçon inaugurale

Résumé. Il y a quarante ans, l'humanité vivait un événement unique dans son histoire : le taux de croissance de la population passait par un maximum (2 % par an) avant d'amorcer une diminution. La phase de très forte croissance qui avait précédé ce maximum a suscité une grande inquiétude, qui s'est traduite par des souhaits de « croissance zéro » pour la population comme pour l'économie mondiales. Mais l'hypothèse d'une croissance économique zéro n'a guère été considérée sérieusement par les économistes, et l'apparition de la notion de « développement durable » a reporté le débat vers d'autres formes de croissance plutôt que vers l'idée d'un arrêt de celle-ci. Les deux objectifs restent pourtant fortement liés.

2. La transition démographique : théorie ou processus ?

La question démographique se situe en *amont* de la plupart des questions liées au développement durable : d'une part parce que la dimension de la population mondiale est une variable clé pour la définition des besoins présents et futurs en alimentation ou en énergie, comme pour la vitesse d'épuisement des ressources non renouvelables et le niveau de la pollution, et d'autre part parce que son évolution, au moins à l'échéance de quelques décennies, peut être prévue convenablement (ce qui est plus difficile pour les autres variables). Dans ces cours, on rappellera nos connaissances en la matière, mais on mettra aussi en question les « certitudes démographiques » : quelles sont les bases théoriques et les méthodes techniques qui permettent au démographe de livrer des chiffres sur les populations actuelles et futures avec une certaine assurance ? Que peut-il se passer dans

cinquante ou cent ans dans les pays actuellement développés et dans les autres ? Et finalement, quelle place la population tient-elle dans les divers aspects du développement durable, au-delà de son simple statut de variable exogène ?

Mais d'abord, qu'entend-on par « transition » démographique ? Il est d'usage de dire que les pays industrialisés sont en train « d'achever leur transition » tandis que les pays en développement se situent à un stade plus ou moins avancé de la transition. On signifie par là que la natalité et la mortalité sont en baisse, plus ou moins parallèlement. De plus, l'idée que tous les pays inscrivent leur évolution démographique sur une trajectoire plus ou moins identique, sert de guide – implicite ou explicite – à la plupart des projections de population. À l'origine du concept, on trouve un constat assez paradoxal : au cours des premières décennies du xx^e siècle, la mortalité et la natalité *baissaient* dans les pays industrialisés, alors que la population mondiale était en pleine croissance... Constat doublé d'une inquiétude sur le futur de la fécondité : allait-on vers un déclin démographique dans ces pays, par insuffisance de naissances ?

Dès 1909, le Français Adolphe Landry publiait un article sur « Les trois théories principales de la population », qui sera annexé – avec d'autres articles parus entre 1924 et 1933 – à l'ouvrage de 1934 « *La révolution démographique* » (« RD » ci-après). Ces articles ouvrent le débat en le fondant sur des bases solides. Les travaux de Landry resteront pourtant largement ignorés du monde anglo-saxon, à commencer par Warren Thompson (qui publie une première analyse de ce qui n'est pas encore appelé la transition en 1929, en citant des articles des Français Sauvy et Bunle, mais pas Landry), puis en 1944-46 dans les travaux de plusieurs auteurs américains considérés comme les références majeures sur la « transition démographique » : Frank Notestein (« *Population. The Long View* », 1944 et 1945), Kingsley Davis (« *The world demographic transition* », 1945), Dudley Kirk (« *Europe's population in the interwar years* », 1946).

La plupart de ces auteurs proposent de classer les pays industrialisés en trois groupes, représentant trois étapes dans l'avancement de la transition. Mais c'est Frank Notestein, en 1945, qui en explicite pour la première fois le processus, bien qu'il n'utilise que presque incidemment l'expression « *demographic transition* ».

De son côté K. Davis – tout comme Landry, d'ailleurs – insiste sur le fait que la transition est une transformation de nature culturelle : « *la transition socioculturelle connue sous le nom de révolution industrielle a été accompagnée (en Europe et dans les populations européennes d'outre-mer) par une transition démographique qui lui est intimement liée* » ; il mise beaucoup, pour cette évolution, sur le recul de l'illettrisme, qu'il considère comme un produit naturel (et nécessaire) du développement économique et un déterminant majeur de la baisse de la fécondité.

Dès 1924, Landry avait mis en avant l'importance de la diffusion de la régulation des naissances au sein des sociétés industrialisées : « *La restriction de la procréation est couramment pratiquée ; et les raisons dominantes en sont, d'une part, le souci qu'ont les*

gens de ne pas s'imposer les charges d'une famille nombreuse, d'autre part leur désir que les enfants qu'ils procréeront aient plus d'aisance qu'eux-mêmes et montent plus haut dans la hiérarchie sociale » (RD, L'idée de progrès). Mais Landry ne s'arrête pas à cette version altruiste des nouveaux comportements. « Le culte du progrès ne nous porte pas seulement à négliger la vie intérieure et la moralité : d'une manière indirecte, il fait positivement tort à celle-ci [...] On veut s'enrichir, on veut s'élever : c'est souvent une idée fixe, un tourment. » Et il y a pire encore. Pour Landry, c'est en fait « une vague de paresse [qui] a déferlé sur le monde entier, en même temps que se généralisait et grandissait le besoin de jouissance et de luxe ». Il enfonce encore le clou dix ans plus tard (RD) : « Il paraît difficile de nier, par exemple, les progrès de la dépravation sexuelle », sans donner cependant un seul exemple permettant d'étayer cette thèse...

Si, dans les années 1930, on s'inquiétait de la baisse de la fécondité dans les pays industrialisés, dans les années 1945-50 l'attention s'est davantage tournée vers les pays en développement qui connaissaient une forte croissance démographique. Ansley Coale pose en 1973, au vu des expériences concrètes des années 1950 et 1960, *trois conditions nécessaires à la baisse de la fécondité* dans ces pays, via un accès aux méthodes de régulation des naissances : 1) la fécondité doit entrer dans la sphère des choix conscients, du calcul rationnel ; 2) une fécondité réduite doit être jugée avantageuse, compte tenu de l'environnement économique et social ; 3) des techniques efficaces de maîtrise de la fécondité doivent être disponibles. On reviendra sur ces conditions.

Quant à *la baisse de la mortalité*, elle résulte de l'amélioration des conditions générales de vie (habitat, nutrition, etc.), qui accompagne le développement industriel, puis de la compréhension de l'origine microbienne des maladies (lutte contre la tuberculose etc.), et de la découverte des sulfamides et des antibiotiques (à partir de 1940). L'avant-dernière étape dans cette évolution de la mortalité constitue ce qu'on appelle la « transition épidémiologique » (Omran, 1971) : le passage d'une situation où les principales causes de décès sont d'origine infectieuse (choléra, tuberculose en Europe) à une situation où les maladies chroniques dégénératives (maladies cardiovasculaires, cancers) et les maladies induites par les modes de vie dominant (parce que la mortalité infectieuse, frappant plutôt les âges jeunes, a régressé).

Landry avait posé dès ses premiers travaux la question de la fin du processus. « *Ce qui n'est aucunement inconcevable, c'est que la reproduction d'un pays tout entier descende un jour, du fait de la baisse de la fécondité, au niveau où est parvenue celle d'une grande ville comme Berlin. On aurait ainsi une reproduction nette de 0,4* » (c'est-à-dire moins de la moitié du niveau assurant le remplacement des générations, qui serait 1) (RD). Rien ne prouve donc que la croissance démographique puisse spontanément se stabiliser à un niveau supérieur ou égal à zéro. La véritable cause de la dénatalité, c'est l'esprit de 1789, la « *rationalisation de la vie* » (RD). Or cette cause n'est visiblement pas prête de cesser ses effets, et l'on est bien incapable d'en prévoir les limites.

Le schéma traditionnel de la transition démographique se résume donc simplement en disant qu'il fait passer d'une situation de quasi équilibre entre une forte fécondité et une forte mortalité (celle-ci étant souvent soumise à d'assez fortes fluctuations), à une autre situation d'équilibre supposé entre une faible fécondité et une faible mortalité. Les évolutions réelles s'inscrivent plus ou moins bien dans ce schéma.

Notons que si Landry avait préféré le terme *révolution* à d'autres (comme transition), c'est qu'il voulait jouer sur l'analogie avec l'usage du terme en histoire, la transformation opérée dans les deux cas consistant en un changement de *régime* : en anthropologie historique, le régime est constitué de l'ensemble des lois et coutumes qui donne son unité à la nation et assure son équilibre ; en démographie, le régime est constitué de l'ensemble des usages et comportements individuels qui déterminent, au plan collectif, la dynamique de la population.

3. Méthodologie et incertitudes des projections démographiques

Pour pouvoir proposer une estimation possible de la population d'un pays ou du monde dans quelques décennies, voire à beaucoup plus long terme, un certain nombre de conditions doivent être remplies. Il faut tout d'abord avoir quelque idée de la population actuelle, et de sa dynamique, c'est-à-dire disposer de données chiffrées, même imparfaites. Or cela n'est envisageable que lorsque la société est suffisamment structurée, qu'il existe une organisation centralisée, bref un État : on peut alors envisager de dresser un « état de l'État » à l'occasion de *recensements*. Néanmoins, si des estimations de la population sont alors possibles, grâce aux dénombrements et recensements, son *rythme de croissance* reste plus difficile à évaluer, tant que l'on ne dispose pas d'un état civil de bonne qualité.

Les premières tentatives de projection ne portaient donc que sur la population totale. Quételet (en 1835) et Verhulst (en 1838) ont proposé un schéma d'évolution que toute population serait appelée à suivre. Il s'agit de la loi « d'auto-freinage », ou logistique, qui suppose qu'après une période de croissance quasi exponentielle le taux de croissance de la population diminue puis atteint zéro, en raison de contraintes externes. Raymond Pearl (1925) a fait un usage systématique de cette loi, en l'ajustant – pour chaque pays – sur quelques valeurs observées, se situant souvent dans la première partie de la courbe (avant freinage), ces valeurs lui permettant d'estimer la fonction logistique sous-jacente. Le pari est audacieux, puisqu'en fait Pearl ne dispose d'aucun exemple de pays ayant parcouru la plus grande partie d'une courbe logistique.

Les méthodes d'extrapolation fondées sur la seule population totale ne tiennent cependant aucun compte des modalités de *dynamique interne des populations* : la variation de l'effectif de la population entre deux dates résulte de la différence entre les naissances et les décès entre ces deux dates, augmentée de la différence entre les immigrants et les émigrants. Si, de plus, on veut suivre l'évolution de la répartition par âge, une méthode s'impose : celle des *composantes*, où l'on calcule l'effectif à

chaque âge A au 1^{er} janvier de l'année N comme étant égal aux survivants des personnes d'âge $A-1$ présentes un an plus tôt (en corrigeant éventuellement des mouvements migratoires à cet âge). On ajoute ensuite les enfants nés au cours de l'année N : il faut donc formuler des hypothèses sur les taux de mortalité, de fécondité et de migration à chaque âge.

Le contexte des années 1920-30 (natalité en baisse, difficultés économiques et sociales, perspectives de la guerre) ne pouvait pas pousser les démographes à un grand optimisme. Leurs projections supposaient donc une fécondité continuant de baisser, au mieux se maintenant au bas niveau déjà atteint.

Après la seconde guerre mondiale, une *Division de la population* est créée au sein des Nations unies, qui entreprend la production de projections, cette fois à l'échelle mondiale, ce qui supposait de rassembler d'abord une grande quantité de données pour l'ensemble des pays membres de l'ONU. Les deux premières tentatives (1950 et 1954) sont peu ambitieuses. C'est à partir de 1958 que la méthode des composantes est mise en œuvre. L'horizon est poussé à 2000 à partir de 1957, puis à 2025 à partir de 1978 et 2050 en 1994. Mais des variantes à plus long terme (« long range projections ») sont publiées en 1973, 1978 et 1980 jusqu'en 2100, puis en 1990 et 1996 jusqu'en 2150. Un exercice « 2300 » est même proposé en 2004, dont nous contestons fortement l'utilité.

Bien que les projections comportent souvent au moins deux scénarios encadrant une hypothèse centrale, elles ne permettent pas de définir un « intervalle de confiance » (IC) au sens probabiliste, c'est-à-dire un intervalle à l'intérieur duquel on pourrait dire que la vraie valeur se situera avec une probabilité $X\%$ (par exemple 90%). On a donc proposé des *méthodes avec aléa*, permettant de générer de tels intervalles. La méthode « *rétrospective* », par exemple, est basée sur la confrontation des prévisions passées avec la réalité : on cherche donc à savoir « de combien a-t-on l'habitude de se tromper ? » La méthode *d'analyse de séries temporelles*, avec auto-régression et calcul des « déviations », permet de repérer une tendance puis de l'extrapoler, munie de son intervalle de confiance. La « *méthode des experts* » consiste à interroger un panel d'experts et de leur demander entre quelles valeurs minimales et maximales ils pensent que tel paramètre se situera dans 25 ou 30 ans. Les résultats sont assez décevants, dans la mesure où les intervalles obtenus sont si larges qu'on peut raisonnablement se demander si l'on aide beaucoup le politique ou le décideur en leur livrant de telles incertitudes. D'autant que l'incertitude est aussi grande sur l'estimation de l'incertitude de nos prévisions que sur ces prévisions elles-mêmes : « *Different statistical models may produce widely differing prediction intervals* », selon une remarque de J. Cohen (1986).

Si l'on revient aux projections classiques et si l'on compare les prévisions faites il y a quelques dizaines d'années avec la réalité, on peut d'ailleurs constater que les prévisions *centrales* des Nations unies, par exemple, ont généralement été très proches des valeurs observées. N'oublions pas non plus qu'il existe toujours *une*

incertitude sur la population initiale. On l'estime à 2 % pour la population mondiale, et à peu près autant pour la population française¹.

4. La dynamique des populations

Une population ne peut pas évoluer n'importe comment. Les « moteurs » internes que sont la fécondité et la mortalité, contraignent les évolutions possibles. La structure par âge à un moment donné, qui reflète l'histoire passée de la population, conditionne aussi fortement le futur : elle est à la source de l'inertie qui peut peser sur l'évolution future. Pour imaginer les avènements possibles, il faut donc prendre en compte ces diverses contraintes ; l'évolution d'une population ne peut pas se modifier abruptement.

Les relations générales entre les facteurs du mouvement de la population (mortalité, fécondité), la structure par âge, le taux de croissance et l'effectif d'une population, ont été décrites par Alfred Lotka. En particulier, Lotka a montré qu'une population soumise à partir d'un moment t_0 à une mortalité et une fécondité invariable *tend vers un état « stable »* caractérisé par une structure par âge et un taux de croissance invariables, et indépendant des conditions initiales en t_0 . La phase de convergence vers l'état stable peut être longue, d'autant plus que la structure initiale (en t_0) est éloignée de la valeur stable.

La croissance d'une telle population est définie par le *taux d'accroissement intrinsèque* r instantané (ou taux de Lotka), qui résulte de l'équation suivante :

$$\int_{\alpha}^{\beta} e^{-rx} S_F(x) \varphi_F(x) dx = 1$$

$S_F(x)$ étant la probabilité (féminine) de survie jusqu'à l'âge x , $\varphi_F(x)$ le taux de fécondité (en filles) à l'âge x , α et β les âges limites de la période reproductive (15 et 50 ans).

Cette formulation permet aussi de caractériser *l'inertie* d'une population. La croissance future dépend d'abord des conditions de survie des individus présents dans la population (et de ceux à venir), mais aussi des capacités reproductives de ceux en âge d'avoir des enfants (aujourd'hui et demain) dont le nombre dépend de la structure par âge. On peut définir le *potentiel d'accroissement* d'une population (Vincent, 1945) comme le rapport entre l'effectif de la population stationnaire qui résulterait de l'application immédiate du niveau de fécondité qui équilibrerait la mortalité actuelle, et l'effectif actuel. Puisque l'on suppose la mortalité invariable, et que l'on admet que la fécondité se situerait immédiatement au niveau fixé par ces conditions de mortalité, c'est donc bien la structure actuelle qui conditionne

1. Dans sa présentation lors du séminaire du 8 mai, W. Lutz a plaidé pour la prise en compte d'une troisième dimension dans les projections démographiques (en plus de l'âge et du sexe) : le niveau d'instruction, comme indicateur du « capital humain » dans la population.

entièrement le potentiel d'accroissement. Généralement, cette structure est plus jeune que celle de la population stationnaire, parce que la population est actuellement croissante. On peut montrer que :

$$I = \frac{ne_0 R_0 - 1}{ra_m R_0} \approx \frac{ne_0}{\sqrt{R_0}}$$

n étant la valeur *actuelle* du taux de natalité, e_0 celle de l'espérance de vie à la naissance, a_m l'âge moyen à la maternité et R_0 le taux net de reproduction :

$$R_0 = \int_{\alpha}^{\beta} S_F(x) \varphi_F(x) dx$$

Par exemple, si $n = 45$ p. 1000, $R_0 = 2$ (4 à 5 enfants par femme) et $e_0 = 60$ ans, on a $I = 1,9$, ce qui signifie que si la fécondité tombait immédiatement à 2 enfants la population devrait encore presque doubler avant de devenir stationnaire (voir le cas du Mexique évoqué en leçon inaugurale).

Deuxième application : l'étude du *vieillissement*. On dit qu'une population « vieillit » si la part des personnes âgées de plus d'un âge X (habituellement 65 ou 60 ans) augmente. Certains contestent cette démarche, considérant qu'elle suggère faussement une similitude avec le vieillissement individuel : or l'état de santé des personnes âgées s'améliore, et l'on peut considérer qu'une personne âgée, par exemple, de 65 ans aujourd'hui est en aussi bonne forme qu'une autre âgée de 60 ans il y a 20 ans. Dans ces conditions maintenir un seuil fixe serait dépourvu de sens. En fait, si l'on a choisi depuis longtemps de partager la population en trois grands groupes d'âge (par ex. 0-19, 20-64, 65 et plus) c'est parce que les premier et troisième groupes sont censés représenter la population « à charge » du groupe central, ce qui est d'une grande importance économique. Or, pour ce qui est de l'âge en fin d'activité, les tendances récentes ont plutôt montré un *abaissement* de cet âge, bien en dessous de 65 ans (en particulier en France : l'âge moyen de sortie d'activité est maintenant de 59 ans), ce qui ne peut qu'augmenter le nombre de personnes à la charge des actifs. S'intéresser aux 65 ans et plus reste donc pertinent.

Historiquement, et le constat est contre intuitif, c'est la *baisse de la fécondité* qui a déclenché le vieillissement de la population, en réduisant l'effectif des classes d'âge les plus jeunes. L'évolution de la mortalité accentuait cette tendance, dans la mesure où ce sont les taux de mortalité aux plus jeunes âges qui ont baissé les premiers. Mais depuis une cinquantaine d'années (seulement) la mortalité baisse aussi au-delà de 60 ans, provoquant maintenant un « *vieillissement par le haut* ». Si l'on part de la population française en 1995, avec une espérance de vie à la naissance $E_0 = 76,9$ ans, que l'on fixe E_0 à 90 ans en 2095, en maintenant la fécondité à 2,1 enfants (pour neutraliser l'effet de celle-ci), la proportion des 65 et plus passe de 15,5 % à 25,8 % (valeur stabilisée à 150 ans). Ces résultats ont pu être vérifiés pendant le cours au moyen d'un programme de projections interactif montrant l'évolution des pyramides des âges.

Par ailleurs, les *inégalités de la pyramide* dues à de fortes fluctuations passées de la natalité (comme le baby-boom de 1945 à 1960) font varier la proportion des 65 ans et plus, quand les générations plus ou moins nombreuses atteignent ce groupe d'âges.

Au total, on a donc identifié *trois causes possibles au vieillissement* de la population à un moment donné : la baisse de la fécondité, la hausse de l'espérance de vie, quand elle se concentre sur les âges élevés (après 60 ans), et les irrégularités de la pyramide des âges.

Pour l'avenir, la poursuite du vieillissement est inéluctable, parce que le processus actuel repose – pour deux de ses causes – sur des évolutions *passées* : la baisse séculaire de la fécondité, et la perturbation introduite par le baby-boom.

L'immigration peut-elle empêcher le vieillissement prévu ? Non. Pour la *population d'âge actif*, il faut savoir que celle-ci était (en 2000) artificiellement gonflée par le passage des générations du baby-boom dans cette tranche d'âge. Vouloir maintenir son effectif, c'est vouloir maintenir en permanence les effets d'un baby-boom, sans le réalimenter par les naissances ; il faut donc injecter des flux de migrants considérables : 1,4 million (en flux nets) par an pour l'Europe, 100 000 en France, qui n'est pas le pays le plus mal loti en termes de fécondité. La situation est pire encore si l'on souhaite maintenir le *rapport entre personnes actives et personnes âgées* : le flux de migrants nécessaire, à fécondité constante, devient extravagant (et sans cesse croissant).

Revenons, pour finir, sur la question du choix de la durée de la projection. On a vu que l'incertitude des projections démographiques croît avec le temps et donc avec le nombre des générations concernées. Jusqu'à 30-50 ans, on peut faire des projections raisonnables, qui ont presque valeur de prévision. On peut s'aventurer un peu au-delà (100-150 ans) pour explorer certains jeux d'hypothèses, certains « scénarios ». Aller plus loin (comme l'ont fait les Nations unies en 2004, avec un horizon 2300) n'a guère d'intérêt, et pourrait être contre-productif en donnant une image négative de l'exercice de prévision. Pourquoi ? D'abord parce qu'on ne sait plus sur quoi appuyer des hypothèses à cet horizon. Ensuite parce qu'un très faible écart à la croissance zéro conduit inéluctablement soit à l'explosion, soit à l'implosion. Nul besoin de savantes projections pour s'en convaincre : avec +/- 1 % de croissance par an pendant 300 ans, l'effectif est multiplié/divisé par 20 ; avec +/- 0,5 % an, c'est par 4,5. Et 0,5 % de croissance (ou 5 p. 1000 de natalité) en plus c'est environ 0,6 enfant par femme en plus. Du coup on est obligé de bloquer les valeurs des paramètres à partir d'un certain moment, au niveau qui assure le maintien de l'effectif de la population. Ce qui enlève tout intérêt à l'exercice !

5. Hypothèses de projections pour les pays en développement (PVD)

Poser la question des possibilités d'évolution de *la fécondité* dans les PVD revient à *s'interroger sur les conditions de la baisse* de celle-ci, puisque tous les pays sont partis d'un niveau élevé. Dans les années 1960-70, quand « l'alarme » démographique

a sonné, on a pensé que, pour déclencher la baisse de la fécondité, il suffisait d'inciter directement les couples à avoir moins d'enfants en leur offrant l'accès à des méthodes de contraception fiables et, si possible, gratuites. L'argument principalement utilisé était qu'un ensemble d'enquêtes effectuées dans les PVD, dites enquêtes « KAP » (*knowledge, attitudes and practices*) montraient un écart positif entre le nombre d'enfants des femmes en fin de vie reproductive et le nombre qu'elles déclaraient, dans ces enquêtes, comme idéal ou souhaitable, suggérant qu'une certaine proportion des naissances n'était pas désirée.

En pratique, on s'est parfois heurté à de fortes résistances de la part des populations visées par les programmes de planning familial, et on s'est aperçu que la situation était plus complexe : les trois conditions posées par Coale en 1973 n'étaient pas faciles à remplir.

Ces interrogations ont accrédité l'idée que l'on ne peut pas expliquer les différences de fécondité, entre groupes ou dans le temps, sans prendre en compte un ensemble de variables qui contribuent à déterminer le niveau final de la fécondité, telles que l'âge au mariage, la pratique de l'allaitement puis de la contraception, etc. Ces variables obligent à comprendre les normes qui les gouvernent, et renvoient finalement à des *théories du changement social*.

Une variable a beaucoup retenu l'attention : la diffusion de *l'instruction*. L'accès aux études permet de s'ouvrir à des idées et des normes nouvelles – en matière familiale, professionnelle, de conditions de vie –, d'accéder à des activités salariées hors du milieu familial, d'obtenir éventuellement une information sur les méthodes contraceptives par divers canaux – toutes opportunités qui peuvent inciter la femme à souhaiter moins d'enfants. Les parents pourront aussi rationaliser ce choix du point de vue des (quelques) enfants qu'ils auront, en leur permettant d'accéder eux-mêmes à l'instruction : c'est la vieille théorie de la « capillarité sociale » d'Arsène Dumont. De fait, on constate que la variable *éducation* est celle qui est habituellement le mieux corrélée (négativement) à la fécondité.

Pour effectuer leurs projections, les auteurs de celles des Nations unies évoquent explicitement les causes possibles évoquées ci-dessus pour guider leurs choix, qui sont effectués pays par pays. Il s'agit de projeter *l'indice synthétique de fécondité*, c'est-à-dire la somme des taux de fécondité d'une même année (les taux par âge étant dérivés dans un second temps). Les NU supposent actuellement que la fécondité convergera partout vers 1,85 enfant, la transition des pays les plus retardés étant guidée par celle des pays plus avancés.

Pour décrire l'évolution temporelle *de la mortalité* on se réfère parfois au schéma de la « transition épidémiologique » énoncé plus haut. Comme dans le cas de la transition démographique, la dernière étape est toutefois la moins assurée. Il a fallu rapidement se rendre à l'évidence : l'espérance de vie continuait de progresser au-delà des 75 ans annoncés, notamment parce que la mortalité de certaines « maladies de dégénérescence », telles les cardio-vasculaires, diminuait, contrairement aux

prévisions. Certains auteurs ont alors ajouté un quatrième, voire un cinquième « âge » au schéma initial, en posant à chaque fois une limite supérieure à l'espérance de vie (par exemple 85 ans).

Quant aux *migrations*, elles font habituellement l'objet d'un traitement plus succinct. On compte aujourd'hui 175 millions de personnes nées dans un autre pays que celui de leur résidence (soit 2,6 % « d'immigrés » en moyenne mondiale), ce qui n'est pas considérable. À titre d'exemple, selon les Nations unies, l'Afrique perdra une fraction 0,2 p. 1000 de sa population chaque année sur la plus grande partie de la période 2000-2050, l'Asie 0,3 p. 1000, l'Amérique latine environ 1 p. 1000, tandis que l'Amérique du Nord gagnera 3 à 4 p. 1000 et l'Europe un peu moins de 1.

6. Modèles homéostatiques et avec interaction entre économie et démographie. Situations de crise

La dynamique démographique peut influencer, en retour, celle de l'économie, et il faut alors envisager un processus d'interaction entre les sphères démographiques et économiques. On peut même envisager que les variables démographiques s'influencent les unes les autres, la baisse de la mortalité, par exemple, induisant celle de la fécondité. Ces processus sont rarement pris en compte dans la construction des projections « classiques », mais il peut être utile de les identifier et d'en tirer éventuellement des conséquences. Un aspect particulier réside dans les capacités de récupération en cas de crise démographique (excédent brutal de mortalité), de façon purement endogène ou à travers des mécanismes économiques.

Modèles purement endogènes

Dans la théorie de la transition démographique, la *baisse de la fécondité* peut résulter du constat, par les couples, que davantage d'enfants survivent en raison de la *baisse de la mortalité*. Les travaux réalisés pour tenter de vérifier l'hypothèse sur le cas de la transition européenne, bien documentée, ont donné des résultats assez mitigés. Dans les pays du tiers monde, pour la période récente, le constat est semblable. Il est donc difficile de conclure que la baisse de la mortalité infantile soit un pré-requis pour la baisse de la fécondité, même si elle peut en constituer un des éléments déclencheurs.

Les historiens-démographes se sont intéressés aux *situations de crises* et aux capacités de récupération après celles-ci : une population a-t-elle des capacités internes à absorber les effets d'une crise de mortalité ? L'Europe ancienne donne un exemple intéressant de mécanisme de récupération par la nuptialité. En effet, pour se marier, un homme devait avoir acquis la propriété ou l'usage d'une terre permettant de nourrir une famille. Or les terres disponibles étaient rares : en pratique, c'est souvent la mort du détenteur qui libérait une parcelle et permettait

à quelqu'un (son fils, par exemple) de s'y installer. Compte tenu de la répartition des âges au décès, c'est finalement vers 27-28 ans que la transmission pouvait se faire. Le mariage pouvait alors avoir lieu, avec une épouse généralement un peu plus jeune. En cas de crise de mortalité, des terres se libéraient en plus grand nombre et des couples pouvaient s'installer plus jeunes. Du coup, ils pouvaient commencer leur vie reproductive plus tôt et avoir un peu plus d'enfants. De fait, Massimo Livi-Bacci a montré, sur l'exemple de la Toscane aux XVII^e et XVIII^e siècles, qu'un supplément de décès allant jusqu'à 50 % du nombre d'une année normale pouvait être entièrement compensé.

De son côté, l'économiste américain Richard Easterlin a proposé dans les années 1970 une hypothèse qui consistait à faire dépendre *la fécondité* du moment de *la structure par âge* à ce moment, donc de la fécondité antérieure. Plus précisément, l'idée est que les couples déterminent leur fécondité en fonction des difficultés qu'ils rencontrent à l'entrée sur le marché du travail et en début de carrière : si les départs en retraite sont nombreux, parce que les effectifs vers 60-65 ans sont importants relativement à ceux des 20-25 ans, l'entrée sur le marché sera facile et les débuts de carrière prometteurs ; et inversement, si les départs en retraite sont rares. Le modèle peut même générer des cycles pour la fécondité et le nombre des naissances. L'évolution de 1930 à 1975 a paru confirmer ce schéma, avec l'entrée dans le baby-boom et surtout la sortie de celui-ci, en France comme dans d'autres pays développés. Mais puisque les effectifs des générations d'âge adulte peuvent facilement être projetés, le modèle devait permettre de prédire l'évolution future de la fécondité : or, si l'arrêt de la baisse vers 1980 a été bien anticipé, la suite de l'évolution ne l'a pas été puisque la fécondité est restée inférieure à deux enfants par femme. L'hypothèse a donc trouvé là ses limites.

Cette même évolution de la fécondité dans les pays développés a donné lieu à une interprétation très différente, basé sur *la théorie de la viabilité*, développée par Jean-Pierre Aubin et appliquée à la fécondité par Noël Bonneuil. Le point de départ est l'idée qu'un processus, se déroulant dans un espace à n dimensions, voit ses propriétés conservées si on le décrit, plutôt que par les n coordonnées des points successifs, par l'ensemble des valeurs prises par une seule coordonnée X et ses $(n-1)$ dérivées successives en chaque point. Il peut aussi être décrit par l'ensemble des suites $\{X(t), X(t-1), \dots, X(t-n-1)\}$. Noël Bonneuil a ainsi analysé la série des taux de reproduction nets $R(t)$ de certains pays, de 1930 à 1986 (ce qui englobe l'épisode du baby boom) en étudiant les suites $\{R(t), R(t-1), R(t-2)\}$, qui peut être représentée par une figure à 3 dimensions (donc « visible ») et laisse supposer qu'il existe deux autres dimensions « cachées » du processus, par exemple des variables économiques. Il montre alors que le système semble évoluer entre deux états de « viabilité », représentant deux niveaux de fécondité (celui de l'immédiat après-guerre et celui de la fin des années 1970), sans qu'un « arrêt » sur une valeur intermédiaire soit possible, l'équilibre étant alors instable. Il observe aussi que la situation autour du baby-boom n'est pas symétrique.

Modèles homéostatiques population-ressources

Pour Adam Smith, comme on l'a rappelé dans la leçon inaugurale, la croissance économique ne pouvait pas être éternelle : elle est appelée à se ralentir, en raison des rendements décroissants, qui entraîneront une baisse des salaires, et aussi une réduction de la fécondité par ajustement « spontané ». Malthus estimait pour sa part (dans son premier *Essai*) que cet ajustement risquait de ne pas se faire spontanément, la population pouvant alors croître plus vite que les ressources alimentaires et s'exposant à une chute brutale par hausse de la mortalité. Dans son schéma initial, l'équilibre se situe donc autour du point de « croissance zéro », qui assure tout juste un « revenu de subsistance ». Si le progrès technique permet d'augmenter le revenu par habitant, cela va permettre une hausse de la natalité et une baisse de la mortalité, donc une augmentation de la population, laquelle ramènera le revenu par tête à sa valeur initiale : le progrès aura permis d'augmenter la population, mais sans améliorer le sort des individus. C'est la « trappe malthusienne ».

D'autres mécanismes autorégulateurs, plus sophistiqués, ont été proposés². D'un point de vue théorique, on peut penser que : 1) une population plus nombreuse favorise les économies d'échelle et l'innovation technologique, donc la croissance économique ; mais 2) un taux de croissance élevé ou une forte fécondité a un effet négatif sur la croissance économique (et donc une baisse de la fécondité devrait favoriser la croissance économique). Ces deux effets opposés font que les corrélations simples entre taux de croissance démographique et PIB, par exemple, sont souvent peu significatives. Mais les études empiriques montrent que les économies d'échelles et le progrès technique dus à une population plus nombreuse l'emportent habituellement sur les inconvénients éventuels d'une forte croissance démographique.

Le modèle Forrester-Club de Rome

Ce modèle ambitieux n'est pas vraiment un modèle économique (il a été vivement critiqué pour cela), mais il reste de loin le plus global qui ait jamais été construit, puisqu'il associait des variables démographiques, de ressources naturelles, de production industrielle, de production agricole et de pollution. Son fonctionnement a été décrit dans la Leçon inaugurale : on en rappellera seulement ici quelques résultats.

Dans le scénario « standard » (*business as usual*), on constate que la croissance démographique entre 2000 et 2050 est nettement supérieure à ce que l'on projette aujourd'hui : le modèle annonçait 12 milliards en 2050, contre 9 à 9,5 attendus. Il y a donc eu un ralentissement « spontané » de la croissance démographique, non prévu par le modèle, qui devrait atténuer certains des effets négatifs anticipés. Le modèle prévoyait par exemple des retournements de la production industrielle et

2. Une présentation plus détaillée en a été faite en séminaire par Didier Blanchet.

des ressources alimentaires disponibles par habitant dès 2010, qui sont peu probables (sauf à inclure les effets de la crise financière actuelle, évidemment totalement hors du champ exploré par le modèle).

Pour conclure, nous dirons que les processus purement endogènes sont dans l'ensemble peu convaincants, ou sont devenus peu crédibles. De façon plus générale, les relations entre démographie et économie sont complexes, différentes dans les analyses réalisées à un moment donné ou dans une perspective dynamique, et ont beaucoup évolué au fil du temps avec les transformations des sociétés. Pour autant que l'on puisse résumer en une phrase le très grand nombre d'études produites depuis... quelques siècles, on dira quand même que les effets économiques des évolutions démographiques semblent plus importants que les effets démographiques des évolutions économiques.

7. Quelle fin de transition pour les pays développés ?

On a vu que Landry avait une vision « pessimiste » de la fin de la transition. Le constat d'une *rationalisation* accrue des comportements, dans tous les domaines y compris ceux de la vie, était pour lui une tendance lourde et d'ailleurs globalement positive. La « divine surprise » du baby-boom a tout remis en cause, surtout quand on dû constater qu'il s'installait dans la durée, pour une vingtaine d'années, au point qu'on s'est habitué à lui et qu'on a presque cru qu'il pouvait durer encore longtemps. Or c'était impossible, pour les raisons que nous allons voir. La fin du baby-boom a donc été vécue comme une douche froide, parce que les taux de fécondité ont entamé une baisse rapide et surtout se sont installés, dans bon nombre de pays, nettement en dessous de 2 enfants par femme. La question de « la fin de la transition » s'est alors posée à nouveau brutalement.

Qu'a-t-on, plus précisément, observé en France ? De 1946 à 1974 l'indice synthétique de fécondité (ISF), c'est-à-dire l'indicateur construit par sommation des taux par âge observés une année donnée, est supérieur, parfois nettement, à la descendance finale des générations (DF) qui contribuent alors à la fécondité : l'écart dépasse 0,6 en 1947. Cet écart est d'abord dû à un *rajeunissement de l'âge à la maternité* : l'âge moyen diminue de 2 ans en 25 ans, entraînant une « compression » des naissances des générations successives sur une plus courte période. C'est le premier « artifice » du baby-boom : en effet, une telle tendance ne peut pas se poursuivre indéfiniment. Elle sera brutalement interrompue vers 1975, avec une inversion de la tendance qui produira l'effet inverse sur l'ISF : celui-ci plonge en dessous de la DF, et y reste une trentaine d'années...

Le baby-boom a eu une autre spécificité : les *naissances non voulues ou mal planifiées* ont été nombreuses. C'est le second artifice. Plus de 40 % des naissances en fin de baby-boom étaient dans ce cas, dont 10 à 15 % pas désirées du tout. Dans les années 1950-60, on souhaitait incontestablement plus d'enfants qu'aujourd'hui ; mais on en a eu encore plus que souhaité, et souvent plus vite que souhaité. Le maintien d'une telle situation n'était guère imaginable, et de fait la diffusion de la contraception moderne dans les années 1970 a réduit ces proportions.

Dans la plupart des pays industrialisés, l'évolution a été semblable, avec des niveaux de fécondité parfois très bas après 1980. Quelles en ont été les causes ? Elles sont à rechercher dans les bouleversements sociaux majeurs des années 1960-70. Ces changements ont affecté les modes de vie des individus, leur système de valeurs, les structures familiales... On peut regrouper les éléments essentiels pour notre sujet, qui caractérisent aussi ce que l'on appelle parfois la « Seconde transition démographique » (STD)³, de la façon suivante :

– *des changements structurels*, qui incluent le processus de « *modernisation* » ; le développement de *la protection sociale* dans le domaine de la santé, des retraites, du chômage, de l'aide aux familles... ; la généralisation des *études* secondaire et la progression rapide de l'accès aux études supérieures, y compris pour les femmes ; la progression de *l'activité professionnelle* (salarisée) *féminine*, y compris (du moins en France) pour les « mères de famille » ;

– *des changements culturels*, tels la *sécularisation* ; la montée de *l'individualisme* et de l'hédonisme ;

– *des solutions techniques nouvelles* aux comportements sexuels et procréateurs : la diffusion de nouvelles méthodes de régulation des naissances, plus efficaces et plus faciles d'usage (méthodes contraceptives et avortement provoqué) ; la disponibilité croissante des méthodes d'aide médicale à la procréation, et de toutes les façons que l'on invente de « contourner la nature » pour avoir des enfants, confortant l'idée d'un « droit à avoir un enfant » quelles que soient les circonstances et quels que soient les moyens à employer.

C'est aussi à une véritable révolution que l'on a assisté dans le domaine de *la famille*, avec la fin du modèle « bourgeois », qui s'était diffusé à travers les strates sociales fin XIX^e-début XX^e siècles ; la priorité au couple, avant la relation à l'enfant : le couple a une légitimité et une vie autonomes ; et le fait que c'est finalement l'arrivée de l'enfant qui fonde la famille.

Le *droit* a accompagné, voire favorisé, cette évolution dans plusieurs domaines. En France, par exemple, on a constaté depuis une trentaine d'années :

– une évolution du mariage-institution : égalisation des droits des femmes et des hommes au sein du mariage ; facilitation du divorce ; égalisation des droits entre enfants « légitimes » et « naturels » (ces termes étant eux-mêmes éliminés) ;

– la création d'une nouvelle forme d'union, le PACS. Conçu à l'origine plutôt pour les couples de même sexe, il a été plébiscité par les autres : 100 000 PACS conclus en 2007 (à plus de 90 % entre personnes de sexes différents), pour 260 000 mariages ;

– la libéralisation de la contraception et de l'avortement (lois Neuwirth et Veil).

3. Cf. la présentation faite en séminaire par R. Lesthaeghe.

Alors, jusqu'où la baisse de la fécondité ?

Il faut bien admettre que l'on ne dispose d'aucun cadre théorique global permettant de dessiner un avenir probable pour la fécondité. Dans un des articles fondateurs de l'idée de STD, en 1988, Lesthaeghe et Surkyn écrivaient : « When surveying the recent literature on fertility and family formation, one is struck by the increasing fragmentation and even competition between the various social science disciplines » (p. 1). Van de Kaa, l'autre inventeur du concept de « seconde transition démographique » écrivait en 1996 : « The quest for the determinants of fertility behaviour and change during the last half-century can be best interpreted as the development of a series of sub-narratives from different disciplinary perspectives and orientations (p. 389) [...] There does not exist a simple 'good story', accepted by all knowledgeable scholars » (p. 390). McDonald, qui se range délibérément parmi les « STD sceptiques », écrivait de son côté en 2001 : « Transition theories, like other grand social theories, have not been resilient to empirical tests » (p. 2). Et de fait les études comparatives récentes montrent de grandes diversités dans les évolutions nationales, malgré une tendance très générale présentant des points communs.

Alors faut-il penser que la fécondité se maintiendra au niveau très bas atteint dans certains pays, voire qu'elle continuera de baisser ? Un argument est souvent avancé : « il n'y a pas de raison que cela s'arrête, puisque tous les facteurs énumérés plus haut continueront d'exercer leurs effets dans les années à venir ». Problème : on disait déjà cela en 1975, juste avant que la chute de la fécondité ne cesse dans plusieurs pays (France, États-Unis, Grande-Bretagne, etc.). Peut-on au moins penser que la mise en œuvre de politiques familiales plus ambitieuses pourrait renverser la tendance, surtout là où ces politiques sont encore très modestes ? Les estimations qui ont été proposées de leur impact suggèrent que celui-ci serait assez limité : peut-être 0,1 à 0,3 enfant par femme. Mais il pourrait y avoir aussi un effet de « synergie » avec l'ensemble des autres mesures d'aide à la famille, non monétaires (crèches, scolarisation précoce des enfants, congés de maternité et de paternité, facilités diverses accordées aux mères de famille, etc.).

8. Des capacités reproductives menacées ?

La baisse de la fécondité dans les pays développés, comme dans les autres pays, résulte essentiellement du choix des femmes et des hommes d'avoir moins d'enfants. Mais pourrait-elle avoir été aggravée par des difficultés biologiques croissantes à avoir un enfant ? Des « signaux d'alerte » ont été détectés : ils sont à confirmer, et il faut surtout évaluer l'impact potentiel sur la fécondité des troubles observés, ce qui n'est pas très simple. On peut aussi se demander si le report de la première naissance ne risque pas de diminuer la fécondité finale, les naissances intervenant à un âge de plus en plus avancé. Il reste enfin à savoir si les méthodes d'aide médicale à la procréation (AMP) peuvent apporter des solutions et neutraliser les risques précédents, ou en amoindrir les effets.

Pour comprendre et mesurer *les effets des variations de la fertilité*, il faut avoir en tête que, la fécondabilité – le risque de conception par cycle – étant assez faible (20 à 30 % en moyenne), concevoir prend un certain temps : seuls 20 à 30 % des couples conçoivent le premier mois, puis 25 % des 75 % restants le second mois, etc. Le délai moyen de conception, égal à l'inverse de la fécondabilité moyenne, est donc de l'ordre de 4 mois, en contexte homogène ; les populations réelles étant hétérogènes, le délai moyen s'en trouve encore allongé.

Parce que, justement, la fécondabilité *varie* d'un couple à un autre (rappelons au passage qu'elle ne dépend pas que de la femme, mais aussi de l'homme), concevoir est donc un *processus sélectif*. Au fur et à mesure que le temps passe sans conception, les couples toujours inféconds ont une fécondabilité de plus en plus faible. On peut ajuster la distribution initiale des fécondabilités selon une fonction de type Bêta, de paramètres a et b , à partir de la distribution des délais de conception. Un intérêt de cette fonction est qu'on peut montrer qu'après n mois sans conception, la distribution de la fécondabilité entre les couples toujours inféconds suit encore une loi Bêta, de paramètres a et $b + n$.

Pour décrire convenablement le processus reproductif, il faut donc impérativement prendre en compte ces diverses caractéristiques de la fertilité, ce qui est assez complexe. Une solution consiste à passer par un *modèle de microsimulation* du type « Monte Carlo », dans lequel chaque biographie reproductive est construite sur la base des probabilités mensuelles d'arrivée des divers évènements envisagés : mariage, conception, fausse-couche, naissance, rupture d'union... Ces probabilités peuvent dépendre de l'âge, du nombre d'enfants déjà nés, du nombre d'enfants désirés etc. On simule ainsi la vie de plusieurs milliers de femmes, de 15 ans jusqu'à 55 ans, et on agrège les résultats. C'est comme si l'on avait recueilli un échantillon de biographies en enquêtant dans une population, et la variance des résultats dépend du choix (arbitraire) de l'effectif de la simulation.

Dans les exemples traités ici, le risque de conception dépend à chaque instant de l'âge, de la situation de couple, du nombre d'enfants souhaité, du nombre d'enfants déjà nés, de la pratique contraceptive et du recours à l'AMP.

L'impact démographique d'un retard supplémentaire

Avant d'évaluer les conséquences démographiques d'un report des naissances, il est utile de vérifier comment le modèle permet d'analyser l'effet de l'âge au niveau individuel. L'évaluation est faite en *conceptions suivies d'une naissance vivante*. Sur 100 femmes cherchant à concevoir à 30 ans, 75 y parviendront en 12 mois et 94 dans les années suivantes. Pour 100 femmes tentant leur chance à 35 ans, les proportions sont 66 et 86 % respectivement ; et à 40 ans, elles tombent à 44 et 65 %. Le report de la décision d'avoir un enfant augmente donc effectivement le risque de ne pas obtenir la naissance souhaitée.

On peut alors passer à l'analyse de l'impact démographique d'un tel report. Le modèle reproduit ici l'histoire complète d'une cohorte (génération), avec distribution des âges d'entrée en couple, répartition des nombres d'enfants souhaités (0 à 4), etc. On s'assure d'abord que le modèle reproduit convenablement le comportement des générations de référence, selon un ensemble d'indicateurs. On étudie ensuite les conséquences d'un délai supplémentaire de 2 ans et demi ou même de 6 ans (c'est beaucoup !) pour la première naissance. La première hypothèse permet simplement d'arriver à un âge moyen à la maternité de 31 ans, déjà observé dans certains pays (Italie, Pays-Bas) ; la seconde reporte à 31 ans le moment du *début de recherche de première* conception, ce qui est élevé mais pas inenvisageable.

La descendance finale (nombre moyen d'enfants par femme) serait réduite de 0,1 enfant dans la première hypothèse (passant de 2,0 à 1,9), et de 0,23 dans la seconde hypothèse (passant à 1,77). L'effet serait donc significatif en cas de fort report ; la proportion de couples ayant finalement moins d'enfants que désiré passerait dans ce cas de 15 à 24 %.

Reste à voir si les méthodes d'AMP seraient à même de compenser ces baisses de fécondité. L'AMP est introduite dans le modèle d'une façon qui équivaut, en efficacité, à celle de deux tentatives de FIV (ce qui est la moyenne du nombre de tentatives successives, en France). On fait d'abord l'hypothèse que toutes les femmes en situation d'y recourir le feront effectivement (ce qui n'est pas le cas en pratique). Dans chacune des deux hypothèses de retard additionnel, la fécondité serait augmentée de 0,05 : on ne récupérerait donc qu'une partie de la fécondité perdue, surtout dans la seconde hypothèse. La raison en est que les méthodes d'AMP ne sont pas efficaces à 100 %, et que leur efficacité décroît quand l'âge de la femme augmente.

Les effets possibles d'une baisse de la fertilité due aux expositions environnementales

Il existe de bonnes raisons de penser que certaines expositions environnementales pourraient avoir des effets nocifs sur les capacités reproductives⁴. Dans la modélisation effectuée, on a retenu trois hypothèses : une baisse de 7 % (équivalente au déclin de la qualité du sperme constatée, selon certaines enquêtes, sur les 15 dernières années), ou de 15 % (estimation de la même tendance sur 45 ans). On a ajouté une hypothèse plus drastique à 50 %. Dans la première hypothèse, la fécondité serait réduite de 0,02 enfant (1 %), dans la seconde de 0,04 (2 %) et dans la troisième de 0,16 (8 %). Comme dans l'analyse précédente, la récupération par l'AMP ne serait que partielle.

4. Cf. la présentation en séminaire de Rémy Slama.

9. La population dans les études sur le développement durable

Si l'on exclut l'hypothèse « population zéro » (la disparition de l'espèce humaine), la question de la « durabilité » ou de la « soutenabilité » du développement, en relation avec la croissance démographique, est posée. Depuis le décollage industriel, on a eu tendance à considérer qu'il n'y avait guère de limites à la croissance économique. L'une des raisons est que l'on négligeait complètement les externalités, c'est-à-dire les effets secondaires du développement, parce que l'écosystème global n'était pas encore saturé, et que l'on envisageait une substituabilité quasi parfaite pour toutes les ressources rares.

Nous examinerons seulement ici deux contraintes fortes : les ressources alimentaires et les effets du réchauffement climatique.

L'alimentation

D'ici à 2050, la population mondiale comptera 3 milliards d'habitants en plus, soit + 50 % par rapport à 2000 (en Afrique : 1 milliard de plus, soit + 100 %). 50 % de population en plus, c'est mécaniquement un besoin de 50 % de ressources alimentaires en plus. Mais ce n'est sûrement pas suffisant : cette simple homothétie laisserait une même proportion de personnes sous-alimentées (850 millions actuellement, soit 13 % de la population totale et 16 % de celle des pays en développement), près de la moitié en déficit de certains nutriments utiles (3 milliards), mais aussi... un quart en surpoids (1,6 milliard actuellement).

Pour évaluer les besoins alimentaires en 2050, il faut donc prendre en compte d'autres éléments : la nécessité de réduire fortement la proportion de personnes sous-alimentées, d'améliorer la qualité générale de l'alimentation, et de tenir compte de l'impact de certaines évolutions structurelles (stature physique, vieillissement, urbanisation...). Selon P. Collomb, il faudrait ainsi 30 % de croissance en plus des 50 % « démographiques ». Et il est possible que la diversification alimentaire se fasse plus rapidement encore... Un gros problème est celui de la consommation de viande : selon le PNUE, si l'on pouvait maintenir la consommation moyenne mondiale de viande à 37 kg/tête (donc la réduire dans les pays développés), on économiserait (vers 2050) 400 millions de tonnes de céréales, soit de quoi nourrir 1,2 milliard de personnes.

Les projections de disponibilités en ressources alimentaires effectuées par divers organismes, comme la FAO, ne sont donc rassurantes que si l'on suppose des changements de comportements dans les pays industrialisés et si l'on accepte qu'une partie de la population mondiale n'ait pas encore accédé à une alimentation équilibrée. Par ailleurs, ces projections ne prennent guère en compte les problèmes posés par les changements climatiques.

Les changements climatiques

De 1970 à 2004, les émissions de gaz à effet de serre ont augmenté de 70 %, soit à peu près comme le PIB, les combustibles fossiles (énergie distribuée, transports, industries) étant responsables de 70 % de cette croissance. Dans le même temps, la population a augmenté de 69 % : les émissions sont donc restées constantes par habitant.

Pour le futur, les projections de référence, celles du GIEC, sont basées sur les six scénarios proposés dans le *Special Report on Emissions Scenarios* (SRES 2000). Ces différents scénarios reflètent diverses hypothèses sur l'évolution démographique (principalement après 2050) et surtout sur les modes de développement, mais ne sont affectés d'aucune probabilité.

Quelles pourraient en être les conséquences démographiques ?

– *Pour l'agriculture*, le réchauffement aura sans doute peu d'impact jusqu'à + 3° (donc vers 2050). Au-delà il peut : modifier les surfaces cultivables, en les *réduisant* par inondation, sécheresse ou érosion accélérée, ou en les *augmentant* en rendant cultivables des terres actuellement soumises au pergélisol dans le nord du Canada et de la Sibérie ; modifier les rendements, en les réduisant là où les précipitations diminueront mais aussi en les augmentant ailleurs ; augmenter les rendements par la hausse de la concentration en CO₂ du fait de l'effet de serre ; diminuer les rendements par invasion d'insectes...

– *Sur la santé des populations*, on envisage : une augmentation de la fréquence des vagues de chaleur (25 à 30 000 morts en Europe en 2003, mais des conséquences à long terme pas toujours négatives !) ; une diminution des grands froids (donc moins de décès) ; une possible diffusion d'épidémies dans des zones actuellement tempérées ; une hausse de la malnutrition et de maladies diarrhéiques dans certaines régions ; une certaine dégradation de la qualité de l'eau et de la conservation des aliments du fait de températures plus élevées ; une augmentation des allergies aux pollens et poussières ; une hausse de la pollution dans les villes...

– *La montée du niveau des mers* : « Un quart de la population du monde vit à moins de 100 km du bord de mer et à moins de 100 mètres d'altitude » selon le GIEC. Cette affirmation est souvent reprise, mais que signifie-t-elle face à une hausse annoncée du niveau des mers de moins d'un mètre (peut-être deux si les glaces arctiques fondent beaucoup plus vite que prévu) ? Plus concrètement, au Bangladesh 5 % des « personnes vivant en zones non protégées » seraient menacées par une élévation de 30 cm (soit + 2°, assez probable à l'horizon 2100), et 57 % par une élévation de 100 cm (soit au minimum 4°). Rappelons que la population totale du Bangladesh est de 150 millions d'habitants (1 000/km²), et augmentera encore de 50 % d'ici 2050.

– *Les catastrophes naturelles* : les cyclones et tempêtes pourraient être plus fréquents, de même que les très fortes précipitations et les vagues de chaleur ; les grands froids, on l'a dit, seraient moins fréquents.

Au total, les effets du réchauffement climatique, tel qu'on l'envisage actuellement, seront assez limités sur la production agricole comme sur l'évolution de la population mondiale. Ils pourront cependant être plus significatifs *localement*, et en matière de migrations.

LES SÉMINAIRES ORGANISÉS EN COMPLÉMENT DU COURS

8 avril 2009 – *Où en est la « seconde transition démographique » ?* (Pr Ron LESTHAEGHE, Université Libre de Bruxelles).

29 avril 2009 – *Les modèles avec interactions dans les projections démographiques* (Didier BLANCHET, INSEE, Paris).

6 mai 2009 – *Human capital as the root cause and priority for international development ?* (Wolfgang LUTZ, Vienna Institute of Demography et IIASA, Vienne).

13 mai 2009 – *Les origines environnementales dans la baisse de la fertilité* (Rémy SLAMA, Inserm, Grenoble).

Le colloque final (organisé en association avec l'Académie des sciences)

- Jeudi 4 juin :

Introduction par Pierre CORVOL, Administrateur du Collège de France et Jean Dercourt, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences.

Démographie

1. Human population to 2050 : problems and opportunities. **Joël COHEN** (Rockefeller University, New York).

2. Les migrations peuvent-elles être une solution aux déséquilibres entre régions ? **François GEMENNE** (Institut d'Études politiques, Paris).

Climat

3. Climat, modèles et comportements : quelles contributions aux incertitudes sur les projections de changement climatique ? **Sandrine BONY-LÉNA**, (Laboratoire de Météorologie dynamique, Paris).

4. Quelles conséquences de la variabilité climatique de la mousson sur les ressources naturelles et cultivées ? Le cas du Sahel. **Jean-Luc REDELSPERGER** (GAME/CNRM, CNRS et Météo-France, Toulouse).

Alimentation

5. Peut-on envisager à l'échelle mondiale une production alimentaire qui satisfasse les besoins de toutes les populations, sans chercher l'autosuffisance par pays ou région ? **Sébastien TREYER** (AgroParisTech/ENGREF, Paris).

6. Influence des cultures énergétiques sur la production vivrière. **Bruno JARRY** (Académie des Technologies, Paris).

L'économie

7. Comment intégrer les évolutions climatiques dans la réflexion économique : temps et incertitude. **Claude HENRY** (Institut d'Études Politiques, Paris, et Columbia University, New York).

8. Some macroeconomic consequences of the demographic transition. **Ronald LEE** (University of California, Berkeley).

- Vendredi 5 juin :

L'énergie

9. Comment sera assurée la satisfaction de la demande énergétique en 2050 par grandes régions (flux d'imports/exports) ? **Olivier APPERT** (Institut Français du Pétrole, Paris).

L'eau, les océans

10. Comment remplir les objectifs du Millénaire sur la fourniture d'eau potable et l'assainissement dans les PVD, en milieu rural et urbain ? **Laurent STÉFANINI** (Ambassadeur délégué à l'environnement, Paris).

11. L'eau sera-t-elle le facteur limitant de la production agricole ? **Daniel ZIMMER** (Conseil mondial de l'eau, Marseille).

Table Ronde : développement durable et société

Didier BLANCHET (Insee, Paris).

Françoise HÉRITIER (Collège de France, Paris).

Henri LERIDON (Collège de France et Académie des sciences, Paris).

Ghislain DE MARSILY (Université Paris VI et Académie des sciences, Paris).

Conférence de clôture

"Sustainability, Population and Human Will". **Armatya SEN** (Harvard University, Boston, prix Nobel d'économie).

PUBLICATIONS ET ACTIVITÉS 2008-2009

Ouvrage

LERIDON H., *De la croissance zéro au développement durable*. Paris, Fayard/Collège de France (Leçons inaugurales du Collège de France), 2009, 64 p.

Articles et contributions à ouvrages scientifiques

LERIDON H., A new estimate of permanent sterility by age: sterility defined as the inability to conceive, *Population Studies* 62 (1) : 15-24, 2008.

LERIDON H. Human populations and climate : lessons from the past and future scenarios, *CR Geoscience* (Acad Sciences), 340 : 663-669, 2008.

LERIDON H. and SLAMA R. The impact of a decline in fecundity and of pregnancy postponement on final number of children and demand for ART. *Human Reproduction*, 23(6) : 1312-19, 2008.

KHOSHNOOD B., BOUVIER-COLLE M.H., LERIDON H., BLONDEL B. Impact de l'âge maternel élevé sur la fertilité, la santé de la mère et la santé de l'enfant. *J. de Gynécologie, Obstétrique et Biologie de la Reproduction*, 37 : 733-747, 2008.

LERIDON H. Fréquence et modalités des rapports sexuels : des situations contrastées selon le type de partenaire. In : *Enquête sur la sexualité en France. Pratiques, genre et santé* (ss la dir. de Nathalie BAJOS et Michel BOZON). Paris : Ed. La Découverte, 2008 (pp. 315-332).

LERIDON H. Le nombre de partenaires : un certain rapprochement entre les femmes et les hommes, mais des comportements encore très différents. In : *Enquête sur la sexualité en France. Pratiques, genre et santé* (ss la dir. de Nathalie BAJOS et Michel BOZON). Paris : Ed. La Découverte, 2008 (pp. 215-242).

HABBEMA J.D.F., EIJKEMANS M.J.C., NARDUNG G., BEETS G., LERIDON H. and TE VELDE E.R. The effect of in vitro fertilization on birth rates in Western countries. *Human Reproduction* 24(6) : 1414-1419, 2009.

Projets Européens

Chairman du Réseau EUCCONET (European Child Cohort Network), *Fondation Européenne pour la Science* (2008-2012).

Missions avec communication scientifique

– ESHRE (European Society of Human Reproduction and Embryology) Annual Conference, Barcelona July 7-9, 2008. “*Demographic consequences of contraception use*”.

– ESHRE Expert meeting on “Contraception over 40” (Capri, August 31st-September 1st, 2008). “*European women between 40 and 50: new demography and low fecundity*”.

– European Conference on “Social Sciences and Humanities Facing the Climate Change Challenge”, Paris, September 22-23, 2008. “*Population: an exogenous or endogenous variable for sustainable development?*”.

– INED et Société Française de Statistique. Séminaire de valorisation sur « Les méthodes de micro-simulation ». Paris, 6 janvier 2009. « *Simulation démo-épidémiologique de la fertilité et de la fécondité* ».

– Colloque « Population, Comportements et développement Durable ». Paris, Collège de France, 4-5 juin 2009. « Comportements et incertitudes dans les projections démographiques »

– ESHRE expert meeting on “Europe: the Continent with the Lowest Fertility” (Capri September 2-3, 2009). “*Can ART be a solution to low fertility?*”, et “*European fertility: the future trends in the context of ageing populations and growing migration*”.

Autres missions et réunions

– National Longitudinal Survey of Children and Youth, Steering Committee Meeting. Ottawa, October 16-17 2008. *Présentation du projet ELFE*.

– EUCCONET Workshop and Steering Committee Meeting. Paris, 16 février 2009.

– ESHRE Task Force on “Demography, Epidemiology and Health Economics”. Bruxelles 19 février 2009 ; Bruxelles 20 avril 2009 ; Amsterdam 1^{er} juillet 2009.

– Comité scientifique de l’association de préfiguration du Campus Condorcet. Saint-Denis, 18 septembre 2009.

Autres activités

– Direction du projet de Cohorte ELFE (depuis 2006), dans le cadre d’un GIS regroupant l’Ined, l’Inserm, l’InVS, l’Insee, trois directions ministérielles et la Cnaf.

– Co-rapporteur du Rapport de l’Académie des sciences sur « Population, alimentation et climat » (2008-2010).