

## Les mirages de l'exponentiel

### *Population et ressources*

**S**OUS un titre vigoureux (1), un rapport, résultant du travail de chercheurs du MIT (2) et des membres du Club de Rome (3), vient d'être publié en France. Son objet est de démontrer, au moyen d'un modèle mathématique, que la croissance exponentielle des populations et de la production est impossible dans un monde fini, et de calculer les délais avant la catastrophe. Pour quiconque sait les propriétés des croissances exponentielles, l'incompatibilité est évidente : lorsqu'une grandeur augmente indéfiniment selon une progression géométrique, si faible soit le taux retenu, la courbe qui représente ses valeurs successives tend vers la verticale. Avec cette propriété, on démontre qu'un franc placé à 5% à intérêts composés devient en cinq siècles près de 40 milliards ; grâce à elle, une population de 1 milliard d'habitants qui augmente de 3% chaque année atteint 2 milliards en 13 ans, 4 milliards en 46 ans, et 20 milliards en un siècle, le 20e milliard se constituant en moins de 2 ans alors qu'il en avait fallu 13 pour le second.

Qu'il s'agisse d'hommes, de casseroles, de tonnes de blé ou de polluants, une croissance exponentielle aboutit à des grandeurs astronomiques — même si le taux annuel de croissance est faible — incompatibles avec un environnement réputé fini. L'équipe du MIT a transcrit l'éco-système mondial en un modèle, mis au point par Jay Forrester du MIT, à l'aide de cinq variables à croissance

exponentielle qui représentent, respectivement, l'évolution de la population, celle des productions agricoles et industrielles, la croissance de la pollution engendrée par certains des autres facteurs et les disponibilités en ressources naturelles. Il est entendu que ces cinq grandeurs sont interagissantes : lorsque la population augmente, la production, la pollution le font également, le sol et le sous-sol s'épuisent, le tout selon une progression d'autant plus rapide que les taux sont plus élevés. Les courbes fournies par l'ordinateur montrent que le système s'effondre, par la famine, l'épuisement du sol ou l'asphyxie par pollution, dans des délais variables selon les taux retenus, mais toujours inférieurs à un siècle, délais bien courts et fort alarmants pour l'humanité.

Même lorsqu'on suppose que l'une des variables ou plusieurs se stabilisent, la population par exemple, le système craque également si certaines variables restent exponentielles, mais il le fait un peu plus tard, nous dit l'ordinateur du MIT. Or cela, on le savait d'avance, puisque dans un système de variables interdépendantes, la variable exponentielle l'emporte et marque de sa croissance inexorable l'ensemble dont elle fait partie.

La critique doit donc porter sur les présuppositions ou hypothèses plutôt que sur leur exploitation mathématique, celle-ci n'étant d'ailleurs pas développé dans l'ouvrage de vulgarisation publié en France.

Trois questions peuvent être posées : la croissance des grandeurs retenues est-elle véritablement exponentielle ? Même si elle l'est maintenant, doit-elle nécessairement le demeurer ? Les ressources de l'éco-système sont-elles limitées, extensibles ou illimitées ?

(1) *Halte à la croissance*, Fayard.

(2) Equipe multidisciplinaire et internationale dirigée par D. L. Meadows au Massachusetts Institute of Technology.

(3) Fondé en 1968 par Aurelio Peccei, composé de professeurs, de savants et de chercheurs de diverses nationalités, financé par de grandes fondations, il s'est donné pour objet d'étudier le devenir de nos sociétés.

Si des réponses différentes de celles des auteurs du rapport sont apportées, les conclusions ne seront plus les mêmes et elles peuvent en tout cas modifier profondément les délais assignés pour la catastrophe ; or le temps joue un rôle considérable dans l'équation car il est créateur de nouvelles ressources grâce au génie humain.

Voyons d'abord le facteur population ; du fait que la période de son doublement qui a été de 250 ans, entre le XIV<sup>e</sup> et le XVII<sup>e</sup> siècle, est réduite à 30 ans, nos mathématiciens, comme d'ailleurs l'homme de la rue, pensent que cette croissance doit nécessairement se poursuivre ; or à ce rythme, la terre qui compte quelque 3,7 milliards d'habitants devrait en supporter 36 milliards dans un siècle et 368 milliards en 2170, ce qui excéderait évidemment les facultés d'adaptation de l'éco-système.

L'histoire montre que l'équilibre entre population et ressources du milieu se rétablit toujours par auto-régulation. Lorsque, pour des motifs techniques et médicaux, l'équilibre naissance-décès a été bouleversé en Europe par la baisse initiale de la mortalité infantile, après une période de transition, qui s'est traduite par un accroissement spectaculaire de la population, la fécondité a diminué et continue de le faire comme nos lecteurs le savent bien ; il est donc normal de prévoir que le déséquilibre, très sensible actuellement dans le tiers monde, puisqu'il s'exprime par des taux de croissance supérieurs à 2,5 %, va aller se réduisant à mesure que les gens prendront conscience que leurs enfants survivent en plus grand nombre, que l'information se développe et que le niveau de vie s'améliore et un nouvel équilibre sera trouvé à un niveau supérieur de population.

L'équipe du MIT retient, dans l'une de ses hypothèses, une stabilisation à 8 milliards d'habitants tout en maintenant une croissance continue des autres facteurs alors qu'on sait, d'expérience, que les besoins alimentaires atteignent assez rapidement un niveau de saturation ; si la population n'augmente plus, on ne voit pas pourquoi la courbe des consommations alimentaires ne se stabiliserait pas aussi ultérieurement (1). Pour les produits industriels, l'élasticité des besoins est plus grande mais elle n'est pas illimitée ; ni la réflexion, ni les données statistiques américaines ne permettent de conclure que la production industrielle, essentiellement consommatrice des ressources naturelles, conserverait une allure exponentielle lorsque la population serait stabilisée. Le secteur où les besoins paraissent les plus extensibles est celui des services car les hommes s'en inventent tous les jours de nouveaux, mais ce secteur est faible consommateur de matières premières ; le tourisme, par exemple, dont la croissance apparaît, aujourd'hui du moins, presque sans limite,

n'accroît guère la consommation alimentaire ou celle des matières premières minérales. La clef du problème est donc la stabilisation de la population à un niveau tel que l'ajustement puisse s'opérer entre ses besoins et les ressources de l'éco-système sur lesquelles nous allons revenir.

La pollution joue un rôle très important dans le modèle du MIT car les courbes qui la représentent tendent régulièrement vers la verticale dans tous les graphiques, même lorsque la variable population se stabilise. Or, de nombreuses études américaines ont montré qu'à condition d'y consacrer un pourcentage relativement modéré des coûts de revient, on peut réduire considérablement les sources de pollution qui sont nombreuses et variées (1) ; celle-ci n'est donc pas inéluctablement liée à la croissance de la population et de la production industrielle. A fortiori, pourquoi la pollution continuerait-elle de croître lorsque population et production industrielle seraient stabilisées ?

Ajoutons, pour en terminer avec ce premier aspect du problème, que les auteurs de l'étude écartent a priori, avant l'éclatement final, à la fois le rehaussement de la mortalité dont la progressivité pourrait empêcher tout « accident » et aussi toute « dramatisation » de la situation, comme si les guerres, les épidémies, les crises et les catastrophes de toute nature étaient écartées à jamais, alors qu'elles jalonnent l'histoire de l'humanité ; ces diverses hypothèses, si désagréables soient-elles, devraient entrer dans une prévision de l'avenir à un ou plusieurs siècles.

La seconde question qui peut remettre en question les conclusions des calculateurs électroniques concerne l'évaluation des ressources de l'éco-système terrestre. Si l'on compare les ressources connues disponibles aujourd'hui à celles qui ont été détectées il y a seulement deux siècles, l'écart est prodigieux. Qui peut dire que l'espèce humaine ne les multipliera pas dans les mêmes proportions dans le siècle à venir, qu'elle ne tirera pas, non seulement de l'énergie de la fusion de l'hydrogène déjà étudiée dans maints laboratoires, mais du magnétisme terrestre ou des divers rayonnements solaires, une énergie presque illimitée qui mettrait au service des hommes une fraction de l'énergie universelle ? On se convainc facilement que les réserves de pétrole ou de nickel du globe sont limitées mais, selon la taille du magot, les délais d'épuisement diffèrent. Ainsi, depuis quarante ans, les réserves reconnues de pétrole ne cessent de croître bien que la consommation augmente considérablement. Imaginait-on, il y a cinquante ans, les rendements agricoles auxquels on est parvenu récemment ? En tout cas, malgré la présentation

(1) Le problème n'étant plus que de savoir si la Terre peut nourrir au milieu du siècle prochain, de façon satisfaisante et sans épuisement des sols, 8 ou 9 milliards d'habitants.

(1) Le Conseil de l'Environnement aux États-Unis a demandé un crédit de 105 milliards de \$ pour les cinq années 1971-1975 pour procéder au nettoyage partiel de l'air, de l'eau et aux traitements des déchets solides ; or, cette somme ne représente par an que 2 % du PNB du pays.

mathématique, n'est-ce pas un peu une profession de foi de conclure que, même avec stabilisation de la population en 2030, l'équilibre de l'éco-système est détruit avant la fin du XX<sup>e</sup> siècle par la pollution, l'érosion des terres arables sanctionnées par la famine ? une profession de foi de sens opposée n'est-elle pas aussi crédible : la nature des choses ramène toujours vers l'équilibre toute croissance exponentielle dont les conséquences deviennent destructrices pour le sujet de la croissance, en l'occurrence l'humanité.

L'expérience nous en apporte sans cesse des exemples : la prolifération urbaine aux Etats-Unis conduit à l'asphyxie du centre des villes, donc à l'arrêt de la croissance et à la diminution de la population des grandes villes (l'exemple est valable pour Paris) : l'invasion des villes par les voitures engendre une autorégulation de leur emploi par les possesseurs et même de leur acquisition (1) lorsqu'une certaine saturation est atteinte ; le prêt à intérêts, condamné moralement par saint Thomas et techniquement par son effet exponentiel, est contrecarré par l'inflation. La vie animale et la biologie nous prêteraient bien d'autres exemples.

Une autre remarque, moins fondamentale, peut être présentée.

N'y a-t-il pas une contradiction dans cette proposition ? « la première étape que ces nations (riches) devront franchir sera de ralentir le rythme de croissance de leur production industrielle, tout en aidant les nations en voie de développement à faire progresser le plus rapidement possible leur économie ». Croit-on que le monde riche aidera plus facilement l'autre si on limite la croissance de son produit ? Dans la course population-croissance économique, il faut, pour 2 700 000 000 d'habitants, que celle-ci rattrape d'abord la population ; or, comment serait-il techniquement possible, dans notre économie mondiale prodigieusement interdépendante, d'accélérer la croissance du monde démuné en ralentissant celle du monde prospère ? Opposer la qualité de vie à la quantité de biens alors que les deux tiers de l'humanité subsistent avec le quart ou le tiers de notre minimum vital occidental est, pour le moins, paradoxal. En outre, le rapport constate que, d'une façon générale, la

(1) La motorisation des Parisiens de la zone bleue, à revenus semblables, est plus faible que celle des habitants de la banlieue proche et lointaine.

natalité baisse lorsque le niveau de vie augmente, il convient donc bien pour cette raison d'intensifier la croissance des revenus.

Ni la société ni l'homme n'ont pour objectif la croissance en tant que telle : la société a pour objectif la multiplication des biens de consommation pour le plus grand nombre ; les hommes (du moins les meilleurs) sont des découvreurs ; la conjonction de ces aspirations collectives et individuelles engendre le progrès qui produit la croissance et l'agrandissement du monde. Or, l'hypothèse du Club de Rome, et de l'équipe Meadows est que, toute croissance (population et production), si elle est continue, conduit à l'épuisement de ressources finies : même si le taux de croissance est très faible, le schéma demeure valable, les délais s'allongent simplement : à l'échelle de l'humanité et de l'esprit, il importe peu que le système s'effondre en un siècle ou en dix siècles !

Si l'hypothèse est exacte, si des régulateurs non prévus dans le calcul n'existent vraiment plus, il s'ensuit que des limites sont imposées au développement de l'humanité, des seuils infranchissables sont dressés et donc une contradiction apparaît avec les aspirations profondes de la société et de l'individu. Dans ce monde clos, que devient leur raison d'être ?

Il est vrai, comme l'a écrit de Jouvenel, que « le grand intérêt de l'extrapolation c'est que, poussée assez loin, elle se réfute elle-même ».

Il convient toutefois de reconnaître que ce diagnostic mathématique du groupe de Rome n'est peut-être pas inutile. Face à l'optimisme béat né des exploits de la technologie et de la science, devant l'orgueil prométhéen qu'ils engendrent, face au fétichisme du gadget, à l'égoïsme et à l'inconscience des fabricants de pollution (particuliers et entreprises), face au gaspillage insensé de certaines ressources, illustré particulièrement par la civilisation américaine, en présence de l'aliénation progressive de l'homme de l'Occident par l'abondance, il fallait peut-être montrer que l'homme n'est qu'un usufruitier et pousser un cri d'alarme, même en noircissant le tableau, pour alerter l'opinion, susciter l'inquiétude, provoquer des prises de conscience.

Il ne faudrait pas toutefois que les phantasmes de l'exponentiel engendrent la panique ou le désespoir.

P. LONGONE

## IDÉES ET REVUES

### L'Allemagne et la France

Les résultats d'ensemble du dernier recensement en Allemagne fédérale (27 mai 1970) sont connus ; un récent article (1) permet de dégager certaines analogies

dans l'évolution démographique économique de nos deux pays, mais aussi des différences structurelles sérieuses.

Avec une population de 60 650 000 habitants, dont 4 % d'étrangers (en France 5,2 %) et une densité de 244 habitants au kilomètre carré (France 93), ce pays a crû de 10 millions depuis

1950, soit 19,7 %, alors que notre croissance de 1948 à 1968 avait été de 8,8 millions, soit 21,5 %. La population allemande compte 47,6 % d'hommes et 52,4 % de femmes (chez nous, en 1968 : 48,7 % et 51,2 %), les effets respectifs des pertes de la

(1) Bevölkerung und Kultur. Office statistique fédéral Wiesbaden.

dernière guerre se reflètent dans ces proportions.

La population « vieillit » comme en France : la part des 65 ans et plus est de 13,2 % (11,1 % en 1961) ; elle était, en France, de 13,4 % en 1968. Pour les deux pays, les projections pour 1985 font prévoir une légère diminution de ce rapport du fait que les générations moins nombreuses du fait des guerres atteindront alors le sommet de la pyramide.

La part des moins de 18 ans est, en République fédérale allemande, de 27,1 % (25,3 % en 1961) ; elle était, en France, de 29,1 % en 1968.

La part de la population d'âge actif a donc diminué sensiblement dans les années 60, ce qui explique sans doute, en partie, l'intensification de l'immigration étrangère.

Les critères d'activité sont un peu différents des nôtres et les comparaisons avec la France plus délicates. En 1970, 40 % de la population avaient une activité rétribuée (43 % en 1961). En France, la population active, en 1968, représentait 41,1 % de la population totale. Mais la proportion des salariés est de 84 % alors qu'en France elle s'élevait à 76,6 % en 1968, ce qui correspondait au taux allemand d'il y a dix ans.

A la croissance des salariés correspond une diminution des travailleurs indépendants (exploitants agricoles notamment), elle tombe de 12,3 % en 1961 à 9,7 % en 1970. Quant à l'ensemble des actifs agricoles, il diminue de 13,6 % à 7,5 % en 1970, à cette époque la France devait compter quelque 13 % d'agriculteurs et d'ouvriers agricoles. A la diminution des actifs agricoles correspond, en Allemagne, un accroissement de la part des actifs dans les services (de 20,4 % à 25,7 %), tandis que celle des entreprises productives, pour l'essentiel industrielles, demeure constante à 48,9 % ; quant à la proportion du commerce et des transports, elle croît à peine de 17,4 % à 17,9 %.

Ainsi, croissance de la population depuis deux décennies à peu près analogue, vieillissement semblable, évolution de la population agricole et du salariat

proche avec un décalage d'une dizaine d'années sont les points communs, mais rappelons qu'en France l'industrie n'emploie que 39,9 % des actifs ; avec la densité d'habitat, ce sont là deux particularités structurelles qui différencient entièrement la France et l'Allemagne.

N. B. : A propos de la démographie allemande, signalons que les plus récentes statistiques traduisent l'effondrement des naissances (tableau ci-dessous) au point que pour le premier trimestre 1972, la baisse est de 9,4 % sur le premier trimestre 1971 et de 23,6 % pour l'année 1971 tout entière sur l'année 1967.

*Naissances en  
République fédérale allemande  
(en milliers)*

1967	1 019
1968	970
1969	903
1970	811
1971	779
1er trimestre 1970	211
1er trimestre 1971	201
1er trimestre 1972	182
2e trimestre 1970	211
2e trimestre 1971	201
2e trimestre 1972	184

*La mortalité infantile  
aux États-Unis*

Malgré leur niveau de vie plus élevé et leurs techniques de pointe, les États-Unis sont loin d'avoir une situation de santé exemplaire. L'*American Journal of public health* d'avril s'en inquiète. Parmi 46 pays pour lesquels on dispose de bonnes statistiques, les États-Unis n'occupent que le onzième rang pour la mortalité maternelle, le dix-septième pour le suicide, le quinzième pour la mortalité infantile, le vingt-deuxième pour l'espérance de vie masculine (et le septième pour celle des femmes).

L'étude de la mortalité infantile sur quinze pays (États-Unis, Canada, Japon, Australie, Nouvelle-Zélande et dix pays européens) montre la détérioration de la place occupée par les États-Unis ; au sixième rang, en

1950 (alors que la Suède occupait le premier), les États-Unis passent au dixième en 1960 et au quinzième en 1969 ; même en distinguant enfants blancs et non blancs, distinction administrative habituelle aux États-Unis, même si elle est moralement choquante, la détérioration pour les enfants blancs existe aussi, bien qu'elle soit bien plus grave pour les non blancs. Dans ces comparaisons, la France occupe le treizième rang en 1950 et le douzième en 1960 et 1969, nous progressons donc au rythme commun, mais il reste bien à faire pour rejoindre le peloton de tête.

P. L.

**A NOS LECTEURS  
ET ABONNÉS**

Pour des motifs d'ordre administratif, nous ne pouvons accepter, en règlement de l'abonnement à Population et Sociétés, que des chèques postaux ou des chèques bancaires libellés à l'ordre de : « M. le Régisseur des recettes de l'INED ».

**SOMMAIRE  
DE « POPULATION »  
No 6 - déc. 1972**

- A. SAUVY Population du monde et ressources de la planète.
- R. P. MOLS Où en est la population belge ?
- V. BODROVA Politique démographique dans les républiques populaires.
- T. H. LOCOH L'entrée en maisons de retraite.
- J. BOURGEOIS L'Année Mondiale de la Population 74.
- F. MARCHAL La conjoncture démographique
- O. RABUT en Afrique,
- Y. et C. BLAYO et A. NIZARD Asie, Amérique latine.

Chronique de l'immigration.