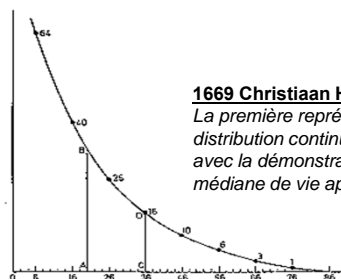


Année universitaire 2014/15

Matière : « Histoire de la population mondiale et transition démographique »

Thème N° 3

La loi et les facteurs de croissance de la population humaine



1669 Christiaan Huygens (1629-1695), Netherlands

La première représentation graphique de la fonction de distribution continue: la table de mortalité de John Graunt avec la démonstration comment peut-on trouver la durée médiane de vie après avoir atteint un âge donné

Professeur Alexandre Avdeev (Institut de démographie de l'Université de Paris 1)

1

Rappel:

- **On a vu trois « révolutions démographiques »** dans l'histoire de l'humanité (graphique de J.-N. Biraben)
 - **La révolution moustérienne** (paléolithique supérieur, 40-30 M ans av. J.-C., multiplication de la population par 10 en 10 000 ans)
 - **La révolution néolithique** (10-8 M ans av. J.-C., multiplication par 7 en 8 000 ans)
 - **La révolution industrielle** (1700 AD – nous jours, multiplication par 10 en 300 ans)
- Et on a posé **quatre questions suivantes** :

1. *Y a-t-il une loi générale de la croissance de la population ?*
 2. *Comment la population humaine croissante s'adapte-t-elle à des changements de l'environnements ?*

 3. Quelles sont les contraintes de la croissance démographique ?
 4. Quelles sont les perspectives de la population mondiale ?

2

L'apparition du mot et de la notion « population »

1612 – invention du mot « population » par Sir **Francis Bacon (22.01.1561–09.04.1626)**.

Dans « *Essays, Civil and Moral* » 2e édition (avec 38 essais), **1612**,

Essai XV : « *Of Seditious and Troubles* » [« *Sur excitation à la rébellion et troubles* »] :



"Generally, it is to be foreseen that **the population** of a kingdom (especially if it be not mown down by wars) do not exceed the stock of the kingdom which should maintain them. Neither is the population to be reckoned only by number; for a smaller number that spend more and earn less do wear out an estate sooner than a greater number that live lower and gather more. Therefore the multiplying of nobility and other degrees of quality in an over proportion to the common people doth speedily bring a state to necessity; and so doth likewise an overgrown clergy; for they bring nothing to the stock; and in like manner, when more are bred scholars than preferments can take off."

Texte complet est accessible sur : <http://www.authorama.com/essays-of-francis-bacon-16.html>

« Généralement on doit veiller que **la population** d'un Royaume, (spécialement si elle n'est pas fauchée par les guerres) n'excède pas les ressources du royaume nécessaires à leur entretien.

Aucune population ne doit être évaluée uniquement par son nombre, puisque celle moins nombreuse qui dépense plus et gagne moins épuise l'Etat plus rapidement que celle nombreuse qui vive plus modestement et thésaurise davantage. Par conséquent, la multiplication de la noblesse et d'autres états de qualité dans une proportion élevée par rapports aux gens communs doit amener un Etat dans le besoin; de même pour le surcroît du clergé qui n'apporte rien, et aussi quand le nombre des gens lettrés dépasse le nombre de places que le service peut leur offrir ».

Cependant, dans les premières éditions françaises ce mot a été traduit en *peuple* ou *monde*.

Les contemporains de F.Bacon: *Galileo Galilei* (1564-1642), Italie, *René Descartes* (1596-1650), France, *Tommaso Campanella* (1568-1639) Italie-France

3

Stabilité est une règle (loi), la croissance est une anomalie

Dans l'Antiquité: la population est un nombre, ou une quantité fixe, qu'on peut dénombrer

Platon (428-348 av.J.-C.) dans *La République* et dans *Les Lois* imagine une population stationnaire (5040 famille, ~ 20 000 citoyens libres) et une politique qui maintient cette stationnarité



Gravure de Ambrosius Holbein pour l'édition de 1518 de l'Utopia. Dans le coin en bas à gauche le voyageur Raphael Hythlodæus décrivant l'île.

Les même idées étaient retenues et développées par :

- **Aristote (384-322 av. J.-C.)** dans *La Politique*
- **St. Thomas More (7.2.1478-6.7.1535)** dans *Utopia*, paru en 1518 à Londres (en latin *De optimo rei publicae statu, deque nova insula Utopia*), traduction française en 1550 à Paris: *l'Utopie ou le traité de la meilleure forme de gouvernement* (contemporain de l'enclosure, il a soulevé le problème du cadre social du rapport entre population et ressource : « les moutons... dévorent même les hommes »)
- **Tommaso Campanella (5.9.1568-22.5.1639)** dans *Civitas solis*, 1623, Francfort, (appendice à la *Philosophia realis*). Traduction française en 1841 « La Cité du Soleil »

Sujet d'étude (dossier): les idées démographiques dans des doctrines politiques

4

Croissance comme une qualité intrinsèque de la population (loi)



Problème de Fibonacci (XIII s.) : multiplication des lapins

Leonardo Pisano, Fibonacci (en italien : *Figlio Buono Nato Ci*) ~1170 – ~1250 : *Liber abaci*, (Livre des calculs) rédigé en 1202, on ne dispose qu'une édition de 1228...

La croissance d'une population de lapins (branches des arbres) :

« Possédant initialement un couple de lapins, combien de couples obtient-on **dans douze mois**, si chaque couple engendre tous les mois un nouveau couple à compter du second mois de son existence ? »

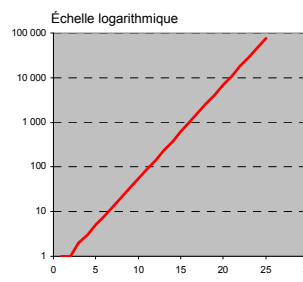
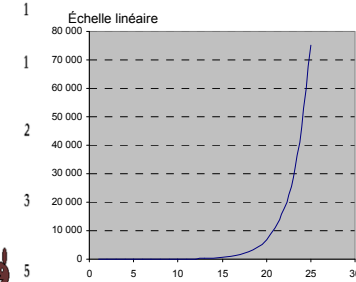
Réponse : 144 couples

1, 1, (1+1=2), (1+2=3), (2+3=5), = 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, etc... ($n_i = n_{i-1} + n_{i-2}$, $i > 2$)



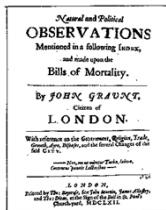
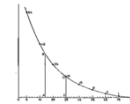
Number of pairs

La croissance de lapins durant 25 mois (75 025 couples)



5

A la recherche des lois de population ou de « l'ordre divin »



John Graunt (24.04.1620 – 18.04.1674) "*Natural and political observations. Mentioned in a following Index and made upon the Bills of Mortality*", 1662. → origine de la science de démographie : espérance de vie à Londres était 27 years, avec 65% de décès avant l'âge de 16 ans (il ne connaît pas le mot "population")

Johann Peter Süßmilch (03.09.1707-22.03.1767) «*Die göttliche Ordnung in den Veränderungen des menschlichen Geschlechts aus der Geburt, Tod und Fortpflanzung des selben erwiesen...* », 1741 Berlin, (L'Ordre divin dans les changements du genre humain, prouvé par la naissance, la mort et la propagation de l'espèce...),

L. Fibonacci
1202



Problème de la multiplication des lapins (progression)

Population (1612)

J. Graunt
1662



Table de mortalité, population stationnaire

J.P. Süßmilch
1741



Statistik (G. Achenwall, 1748)

B. Franklin
1751



Croissance géométrique (exponentielle)

T. Maltus
1798



Démographie (1855)



Rapport des sexes: une découverte de première importance

1711 - John Arbuthnot (1667-1735), Ecosse.

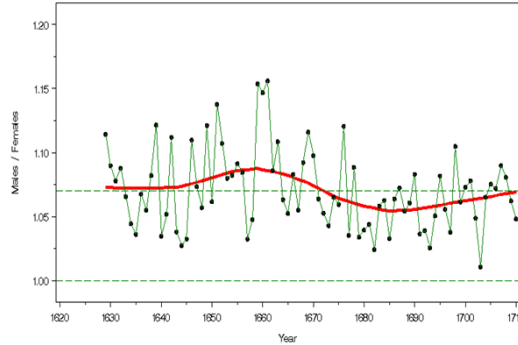
réalisé le premier test statistique de signification (la différence entre les observations et une hypothèse « nulle ») pour démontrer que ce n'est pas la chance, mais la Providence Divine qui maintenait un rapport des sexes à la naissance presque constant à Londres en 1629-1710

"AMONG innumerable Footsteps of Divine Providence to be found in the Works of Nature, there is a very remarkable one in the exact Balance that is maintained between the Numbers of Men and Women; for by this means it is provided, that the Species may never fail, nor perish, since every Male may have its Female, and of a proportional Age. This Equality of Males and Females is not the Effect of chance but Divine Providence, working for a good End, which I thus demonstrate :"

Cette priorité est cependant contestée au profit de J.P.Süssmilch, auteur de « L'ordre divine... » paru 40 ans après:

«Le pasteur Süssmilch a été le premier à tenter de traiter systématiquement la question du taux de masculinité, et il a introduit à ce sujet le constat que «pour 1000 fillettes nées, il vient 1050 garçons», une formule promise au succès parmi les démographes malgré ses problèmes évidents»

Source: Wikipedia avec une référence à « Le sexisme de la première heure. Hasard et sociologie », Éric Brian et Marie Jaisson, *Raisons d'agir*, 2007, page 22



"An argument for Divine Providence, taken from the constant regularity observed in the births of both sexes" (1710) Philosophical Transactions of the Royal Society of London 27: 186–190.

7

Mesurer la croissance d'une population : approche générale

Si un taux d'accroissement est constant puisque il est défini par une loi divine, et il ne dépend pas de la taille d'une population (voir le problème de Fibonacci), alors il est possible de présenter un modèle mathématique de croissance de toute population (ou presque) de façon suivante :

Soit $P(t)$ – effectif d'une population au moment t , alors

1. Modèle avec le temps discret :

$$P(t) = k \cdot P(t-1) \quad \text{où } k \text{ – taux de croissance,}$$

si $k > 1 \rightarrow$ la population s'accroît,
si $k = 1 \rightarrow$ la population ne change pas, et
si $k < 1$ la population diminue

Soit $P(0)$ – effectif initial d'une population au moment $t=0$, alors dans t quantités de temps on aura:

$$P(t) = k \cdot k \cdot k \cdot \dots \cdot k \cdot P(0) =$$

$$= P(t) = k^t \cdot P(0) \quad (1)$$

8

2. Modèle avec le temps continu :

Soit $\frac{dP}{dt} \cdot \frac{1}{P} = r \rightarrow$ taux d'accroissement (dérivé logarithmique)

si $r > 0 \rightarrow$ la population s'accroît,
 si $r = 0 \rightarrow$ la population ne change pas,
 si $r < 0$ la population diminue

En intégrant par t on obtient : $P(t) = e^{rt} \cdot P(0)$ (2)

On voit que l'équation (1) et l'équation (2) sont identiques, alors

$$k = e^r \text{ ou } k = \exp(r) \quad (3)$$

sachant que $r = b - d$ où

b – les naissances normalisées (standardisées) pour une unité de la population (natalité)

d – les décès normalisés (standardisés) pour une unité de la population (mortalité)

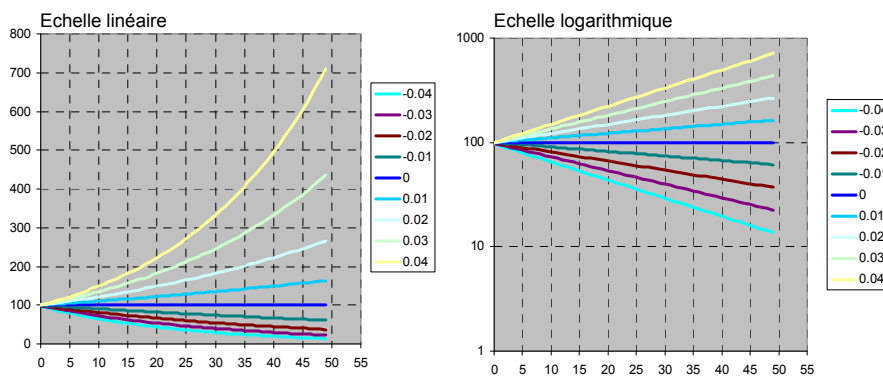
La croissance d'une population dépend du rapport entre la natalité et la mortalité

La natalité = le nombre de naissances pour un (10, 100, 1000) individu(s) pendant une quantité de temps.

La mortalité = le nombre de décès pour un (10, 100, 1000) individu(s) pendant une quantité de temps.

Nouvelle question: Y a-t-il des lois pour la natalité et la mortalité?

9

Illustration: modèle de croissance avec le taux de accroissement constant

**Période de
doublement
de l'effectif**

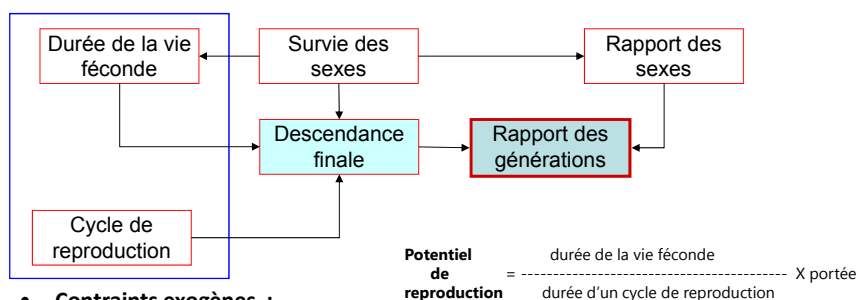
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Si } P(t) = 2P(0) \Rightarrow 2 = e^{rt} \\ t = \frac{\ln 2}{r} \end{array} \right. \Rightarrow t = \frac{0.693}{r}$$

2011 – 7 milliards ; 1967 – 3.5 milliards ;
 1955 – 2.7 milliards ; 1910 – 1.75 milliards \rightarrow une personne née en 1950 a vu la population mondiale multipliée par 3

10

Facteurs d'une « loi de croissance » de la population

- **Contraintes endogènes** (biologiques et démographiques) :
 - La fécondité (descendance biologiquement possible d'une femme)
 - La survie (longévité) pour la reproduction
 - Le rapport (quantitatif) entre les sexes



- **Contraints exogènes** :
 - Ressources
 - Espace

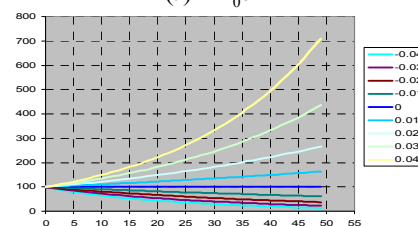
11



Limites croissance de la population : approche malthusienne

An Essay on the Principle of Population, as it Affects the Future Improvement of Society with Remarks on the Speculations of Mr. Godwin, M. Condorcet, and Other Writers London, printed for J. Johnson, in St. Paul's Church-Yard, 1798
(une édition complétée de 1803, traduit en français en 1805)

$$P(t) = P_0 e^{rt}$$



1. La loi de la population → croissance exponentielle immanente
 2. Les limites de croissances sont imposées par des ressources disponibles
 3. La croissance de la population a une tendance de dépasser la croissance de moyens de subsistance
 4. Les limites de croissance démographique ou une équilibre entre la population et les ressources se rétablit :
 - soit par des forces destructrices (guerres, famines, épidémies)
 - soit par le contrôle préventif : maîtrise de la fécondité (abstinence sexuelle), retardement des mariages
- + la contraception selon la version dite « néo-malthusienne »

12

Les limites de croissance : modèle logistique :

A. Quételet, 1835 *Sur l'homme et le développement de ses facultés ou Essai de physique sociale*. Paris, 1835
 « ...la résistance ou la somme des obstacles pour la croissance est égale au carré de vitesse de la croissance de population... »

Pierre-François Verhulst (1804-1849): « Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement. » Dans:
Correspondance mathématique et physique publiée par A. Quételet. Vol.XVIII, Bruxelles, 1847

$$dP(t) = [r \cdot P(t) - k \cdot P^2(t)] dt$$

Il existe une force qui ralentit l'accroissement de la population proportionnellement au carré de son effectif.

La solution de cette équation donne

$$P(t) = \frac{K}{1 + e^{\alpha - r \cdot t}}$$

où $K \rightarrow$ la limite de croissance : $K = \frac{r}{k} \Rightarrow \lim_{t \rightarrow \infty} P(t)$

α - paramètre déterminé par l'écart initial entre la $P(0)$ et K

si $\alpha = 0 \rightarrow P(0) = 0,5K$

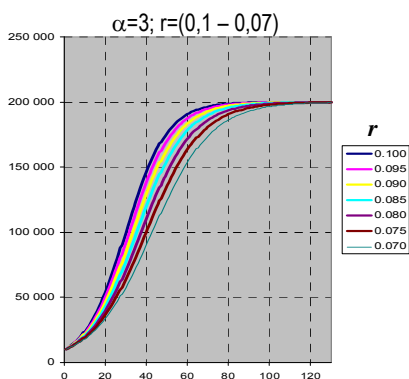
13

Croissance selon la loi logistique \rightarrow

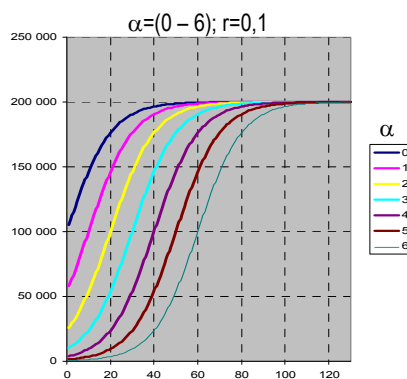
$$P(t) = \frac{K}{1 + e^{\alpha - r \cdot t}}$$

soit $K=200\,000$

1. Les effectifs initiaux et finaux sont égaux, taux d'accroissement sont variables



2. Les effectifs finaux sont égaux, taux d'accroissement et les effectifs initiaux sont variables



Le modèle de croissance logistique est une pure spéculation mathématique, qui ne dit rien à propos de la nature des limites de croissance.

14

L'espace, les ressources et les limites de croissances

Genèse 13

13.6 Et la contrée était insuffisante pour qu'ils demeuraissent ensemble, car leurs biens étaient si considérables qu'ils ne pouvaient demeurer ensemble.
 13.7 Il y eut querelle entre les bergers des troupeaux d'Abram et les bergers des troupeaux de Lot. Les Cananéens et les Phérésiens habitaient alors dans le pays.
 13.8 Abram dit à Lot: Qu'il n'y ait point, je te prie, de dispute entre moi et toi, ni entre mes bergers et tes bergers; car nous sommes frères.
 13.9 Tout le pays n'est-il pas devant toi? Sépare-toi donc de moi: si tu vas à gauche, j'irai à droite; si tu vas à droite, j'irai à gauche.

- Comme toute autre espèce, l'homme a besoin de l'espace pour sa survie, pour la croissance démographique et pour son organisation sociale.
- Si les conditions environnementales ne permettent pas d'augmenter la densité de la population, la croissance démographique demande l'extension de l'espace habitable (migration).

- L'espace habitable n'est pas homogène, ses caractéristiques naturelles sont :

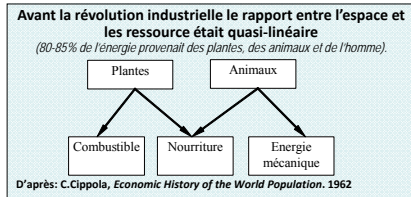
- étendue
- conditions écologiques
- accessibilité (îles, oasis)
- potentiel de l'exploitation

- Possibilités d'exploitation de l'espace non occupé:

- défrichage des terres incultes
- déboisement
- bonification du sol

- Caractéristiques de l'espace et les possibilités de son exploitation expliquent :

- mobilité spatiale de la population (migration)
 - facultés de migration
 - types d'implantation dans les territoires et de l'urbanisation
- } → (mouvement spatial)
 } → (organisation spatiale des populations).



15

Facteurs et contraintes de la croissance

Contraintes endogènes

(de nature plutôt biologiques) :
 Fécondité/Fertilité + Survie/longévité +
 + Rapport/Ratio de sexes

Loi exponentielle de la croissance
 effectif + structure par âge et par sexe

Contraintes exogènes

(de naturelles et sociales) :
 Espace + Ressources + Organisation sociale

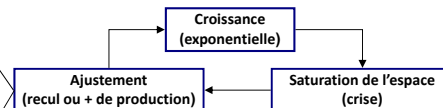
Loi logistique de la croissance
 saturation → ralentissement de la croissance

Théorie de Malthus (loi de population)

évolution cyclique:

Destructifs :
 épidémies + famine
 + expansion belliqueuse
 → guerres/conflits sociaux

« Constructifs » :
 maîtrise de fécondité
 + nouvelles technologies
 + expansion pacifique
 + ajustement social



Pour sortir de la crise
une solution le plus efficace :
 + ressource dans le même espace
 (intensification d'exploitation)
 ↑ de la productivité de travail

Alternatives peu nombreuses :
 · ↑ de la productivité de travail
 · ↓ la qualité de vie
 · → changer l'organisation sociale

Expansion belliqueuse → refoulement, élimination des (autres) humains

Expansion pacifique → changement d'écosystème (refoulement/élimination des autres espèces)

16