

**Année universitaire 2017/18**

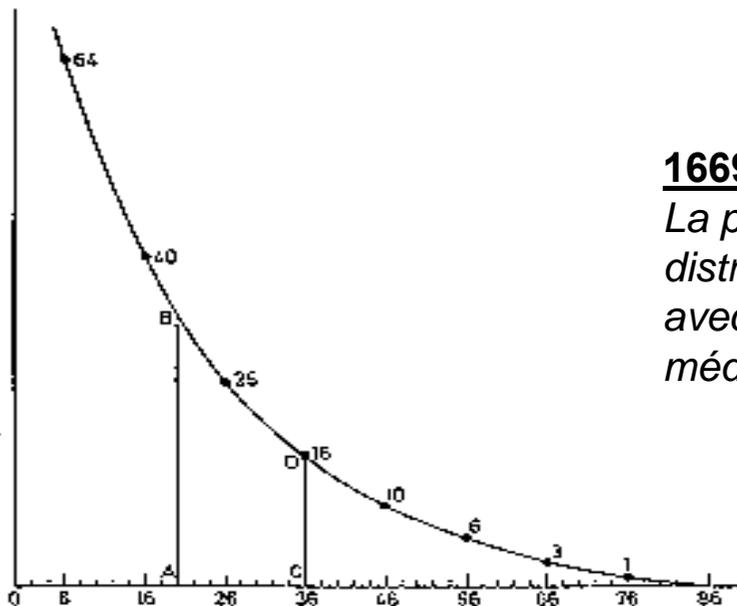
**Matière : « Approche historique des populations »**

anciennement « Histoire du peuplement » (2010-2016) et

« Histoire de la population mondiale et transition démographique » (avant 2010)

Thème № 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*

# 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 ?

# Définition : 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**, dans l'essai « Of the True Greatness of Kingdoms and Estates (1612, enlarged 1625 le mot 'population' est utilisé 3 fois) et dans essai « Of Seditious and Troubles » [« Sur excitation à la rébellion et troubles »] (1625 le mot est utilisé 2 fois) :



“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.” Source : Of Seditious and Troubles [« Sur excitation à la rébellion et troubles »] (1625)

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 son entretien. Aucune population ne doit être évaluée uniquement par son nombre, puisque celle moins nombreuse qui dépense plus et gagne moins épuise l'État 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 surcroit 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* ».

**Approche perspicace** : 1) population vs. ressources ; 2) population : quantité vs. qualité

Ses contemporains

Galileo Galilei (1564-1642), Italie, René Descartes (1596-1650), France, Tommaso Campanella (1568-1639) Italie-France

# Attitude: stabilité est une règle (loi), la croissance est une anomalie, le pouvoir doit gérer (maîtriser) la croissance

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 familles, ~ 20 000 citoyens libres) et une politique qui maintient cette stationnarité ( $5040=1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6 \times 7$ )

## Les mêmes idées étaient retenues et développées par :

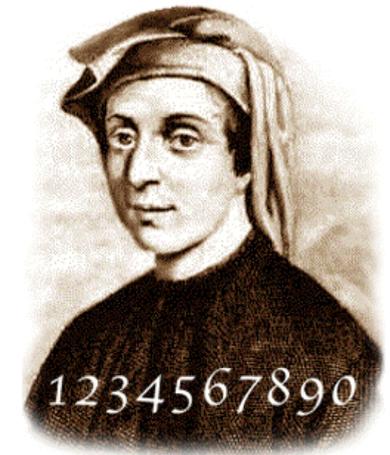
- Aristote (384-322 av. J.-C.) dans *La Politique*
- St. Thomas More (7.2.1478-6.7.1535) dans *Utopia*, paru en 1518 à Londres (en latin *De optimo rei publicae statu, deque nova insula Utopia*), traduction française en 1550 à Paris: *l'Utopie ou le traité de la meilleure forme de gouvernement* (contemporain 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 »



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.

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

# Quantification: croissance considérée comme une propriété intrinsèque de la population (loi)



## Problème de Fibonacci (XIII s.) : un exemple d'une loi de croissance

Leonardo Pisano, Fibonacci (en italien : *Figlio Buono Nato Ci*) ~1170 – ~1250 :

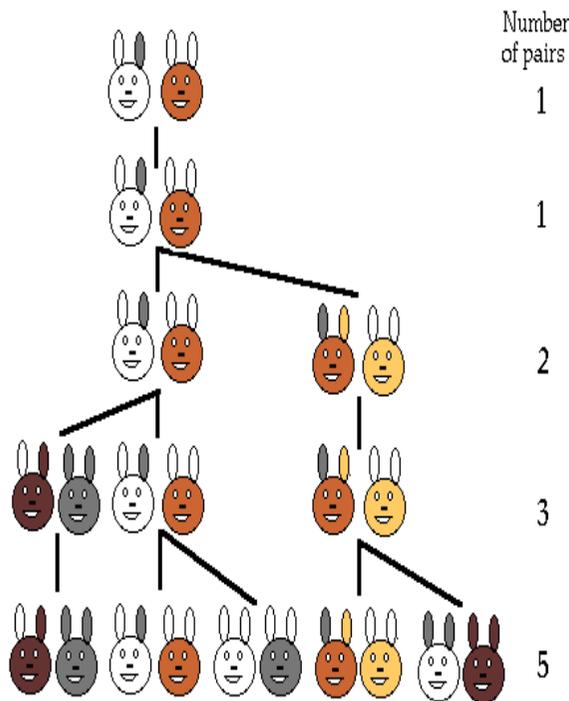
*Liber abaci*, (Livre des calculs) rédigé en 1202, on ne dispose qu'une édition de 1228...

## 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 ? »

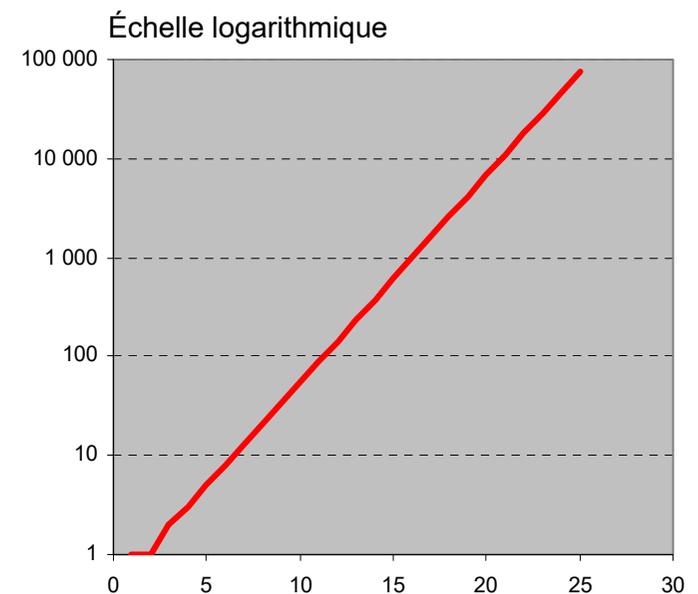
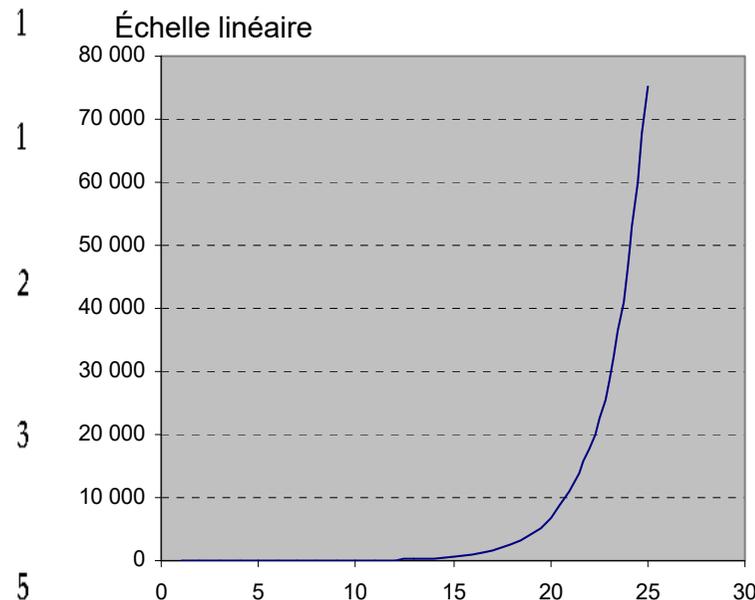
**Réponse : 144 couples**

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

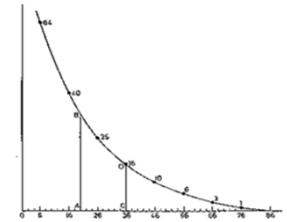


## La croissance de lapins durant 25 mois (75 025 couples)

Number of pairs



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



L.Fibonacci  
1202



Problème de la multiplication des lapins (progression)



Population (1612)

J.Graunt  
1662

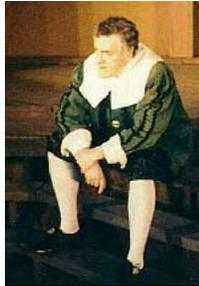
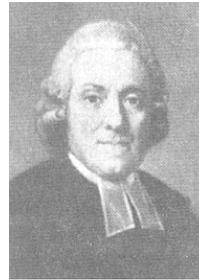


Table de mortalité, population stationnaire

J.P.Süssmilch  
1741



Statistik (G. Achenwall, 1748)

B.Franklin  
1751

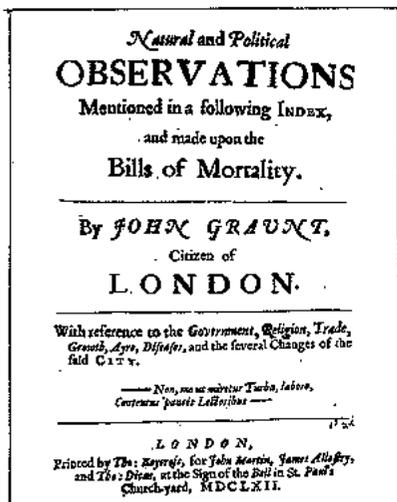


Croissance géométrique (exponentielle)

T.Maltus  
1798



Démographie (1855)



**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...),



## Une loi de population №2 : Rapport des sexes à la naissance

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

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

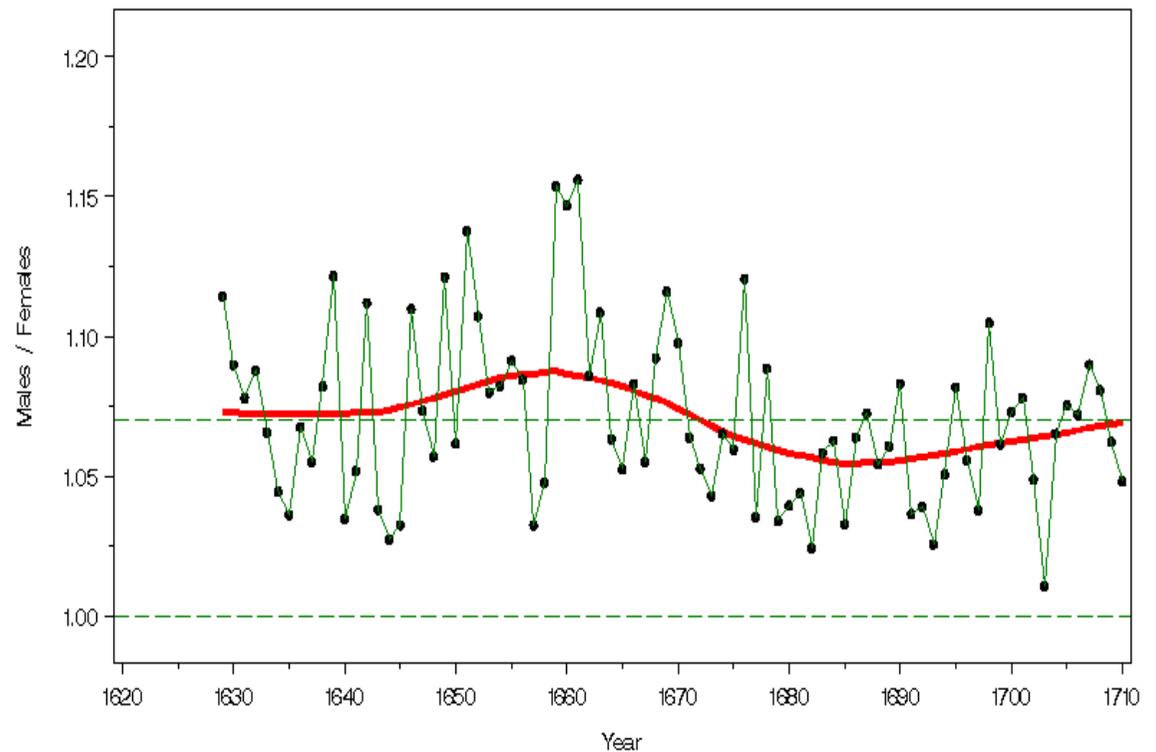
*"AMONG innumerable Footsteps of Divine Providence to be found in the Works of Nature, there is a very remarkable one in the exact Ballance that is maintained between the Numbers of Men and Women; for by this means it is provided, that the Species may never fail, nor perish, since every Male may have 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."*

*"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.*

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



Graphique réalisé par AAA à partir des données d'Arbuthnot

# 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  $t$ ,

$k$  – taux de croissance (l'expression de la loi)

1. Modèle avec le temps discret :

$$P(t) = k \cdot P(t - 1)$$

si  $k > 1$  → la population s'accroît,

si  $k = 1$  → 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 a :

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

## 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 croissante,  
si  $r = 0 \rightarrow$  la population stationnaire,  
si  $r < 0$  la population décroissante

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

On voit que les termes gauches de l'équation (1) et l'équation (2) sont identiques, alors

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

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)

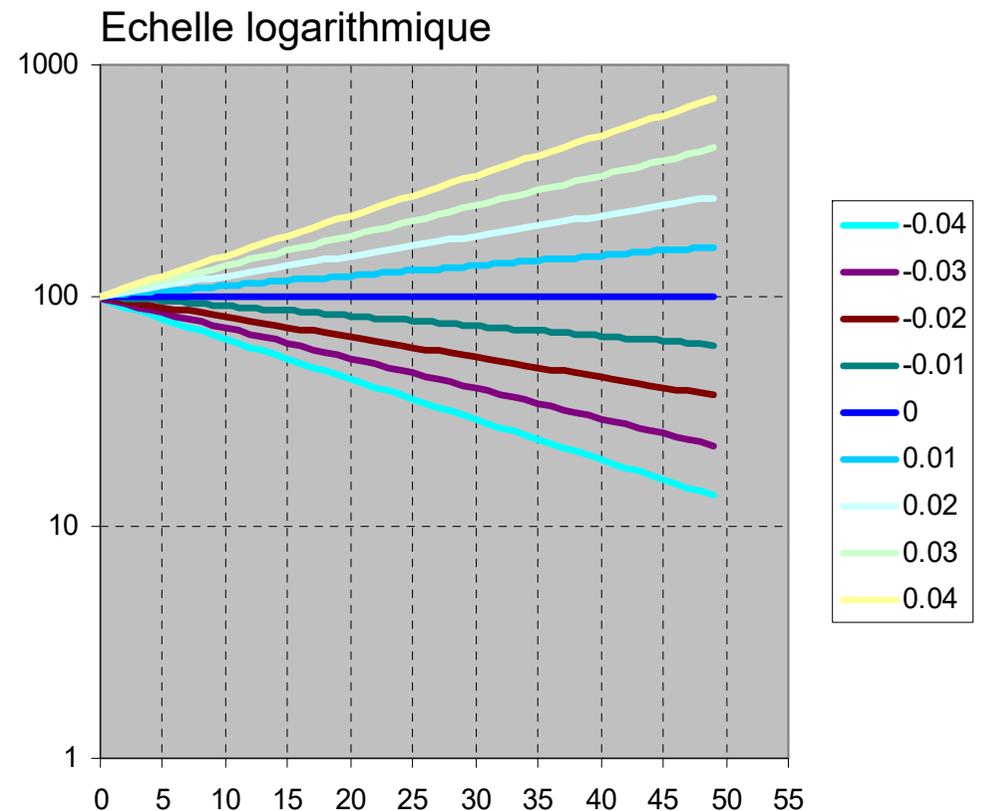
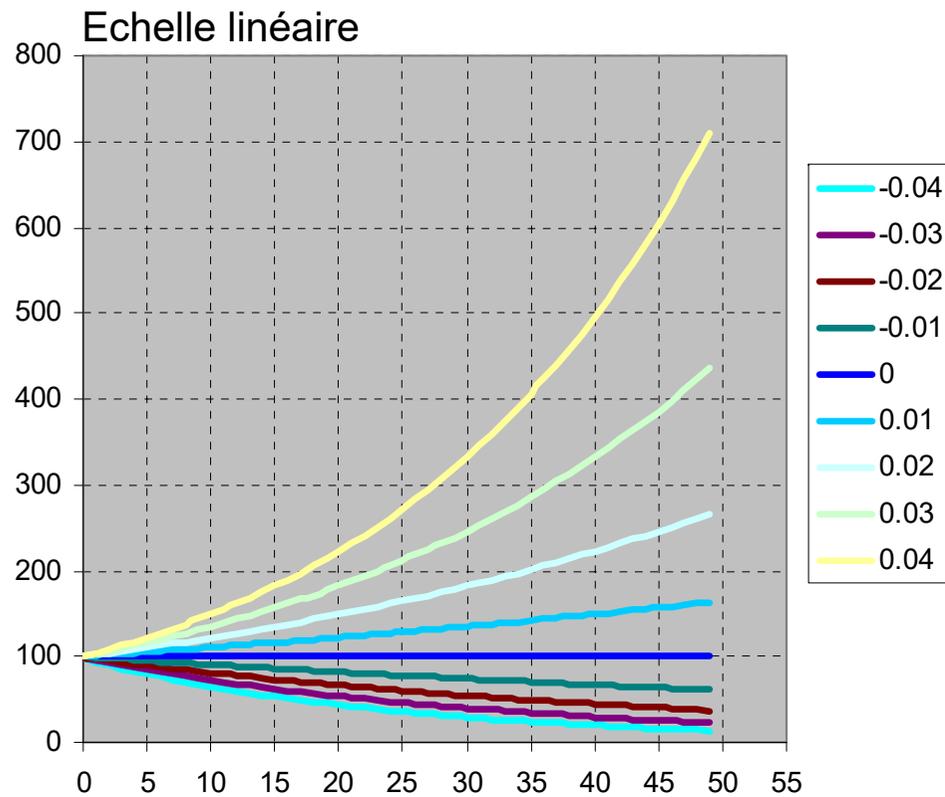
**La croissance d'une population dépend du rapport entre la natalité et la mortalité**

**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?**

# Illustration: modèle de croissance avec le taux de accroissement constant



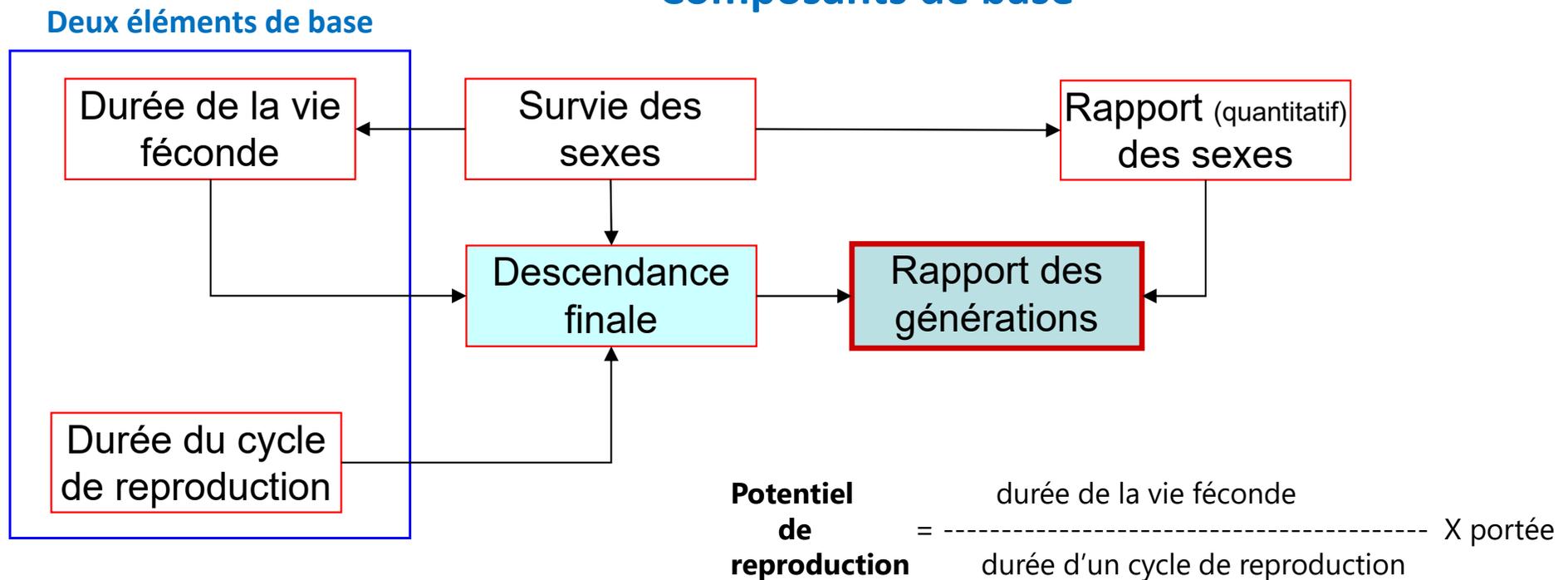
**Période de doublement de l'effectif**  $\rightarrow$   $\left\{ \begin{array}{l} \text{Si } P(t) = 2P(0) \Rightarrow 2 = e^{rt} \\ t = \frac{\ln 2}{r} \end{array} \right. \rightarrow t = \frac{0.693}{r}$

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

# 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

## Composants de base



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

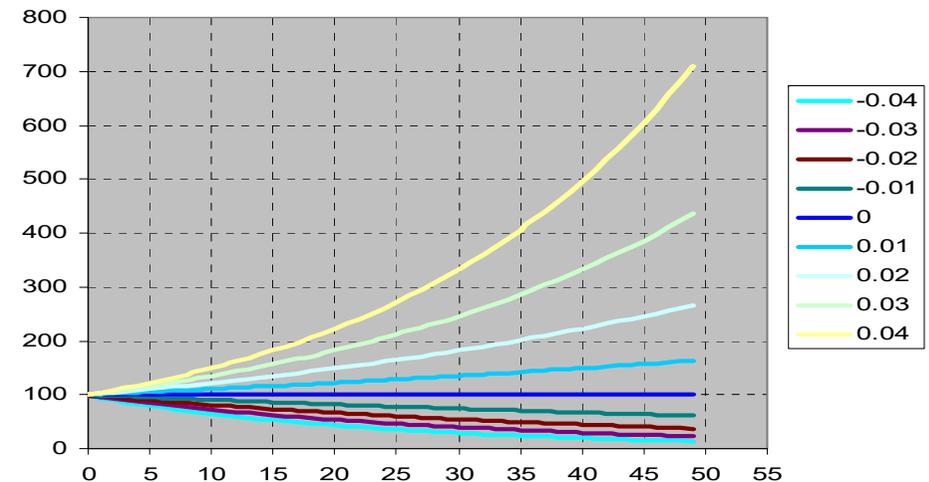


# Limites croissance de la population : approche malthusienne

*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)

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 sont définies 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 »

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



# 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 sommes des obstacles pour la croissance est égale au carré de vitesse de la croissance de population... »

Pierre-François Verhulste (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

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

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

La solution de cette équation donne

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

À retenir ces deux paramètres :  
**K** et **r**,  
on y reviendra en parlant des  
stratégies de reproduction  
(thème 4)

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

$\alpha$  - (constant d'intégration) paramètre déterminé par l'écart initial entre la P(0) et K

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

Voir aussi :

Verhulste P. F. « Deuxième mémoire sur la loi d'accroissement de la population ». *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique*, t. XX, Bruxelles, 1847, p. 1-32

Pearl R. and Read L. J. "On the mathematical theory of population growth", *Metron*, vol. III, 1923, p. 6-19

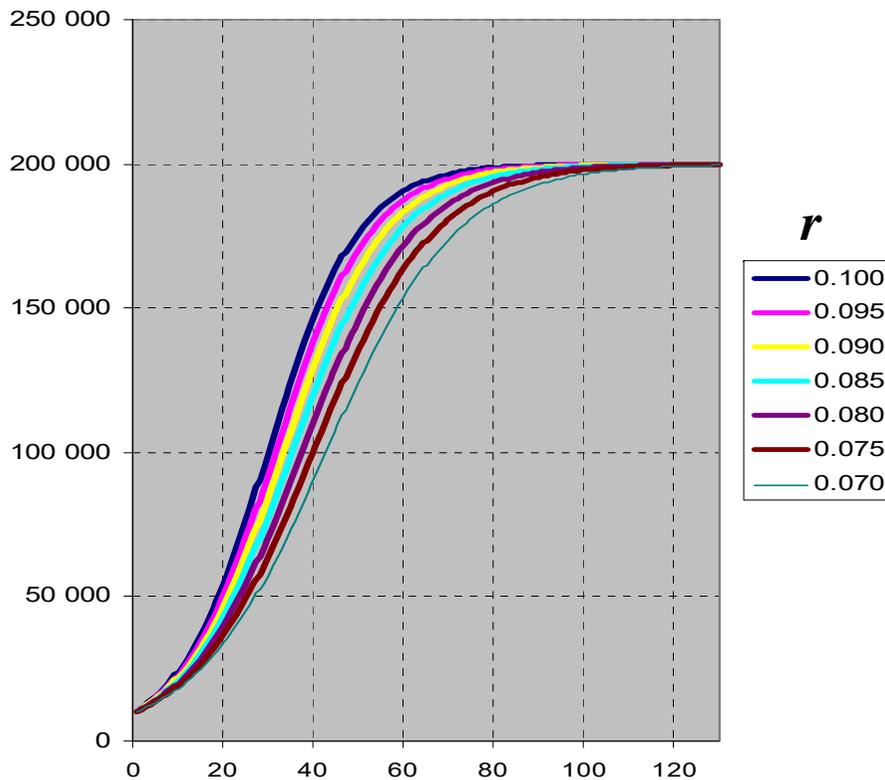
# Croissance selon la loi logistique →

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

soit  $K=200\ 000$

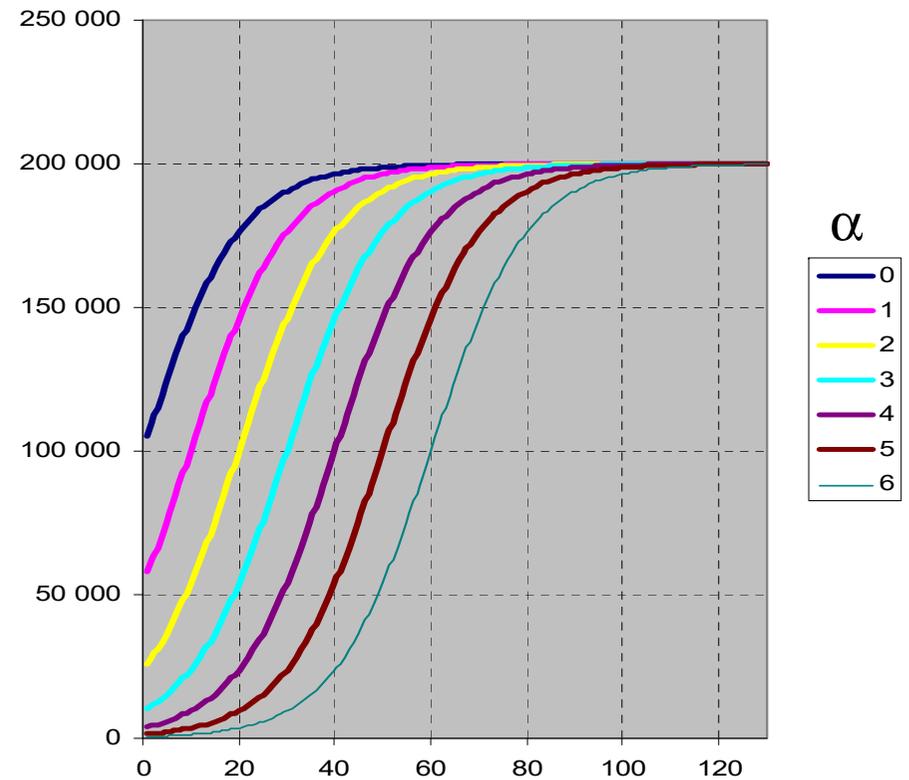
1. Les effectifs initiaux et finaux sont égaux, bien que les taux d'accroissement soient variables

$$\alpha=3; r=(0,1 - 0,07)$$



2. Les effectifs initiaux sont variables mais avec le même taux d'accroissement les effectifs finaux sont égaux

$$\alpha=(0 - 6); r=0,1$$



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

# L'espace, les ressources et les limites de croissances

## Genèse 13

13.6 Et la contrée était insuffisante pour qu'ils demeurassent 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 :

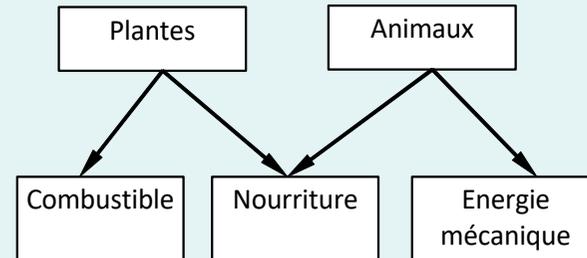
- défrichage des terres incultes
- déboisement
- bonification du sol

- 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 → (organisation spatiale des populations).
- } → (mouvement spatial)

### Avant la révolution industrielle le rapport entre l'espace et les ressources était quasi-linéaire

(80-85% de l'énergie provenait des plantes, des animaux et de l'homme).



D'après: C.Cippola, *Economic History of the World Population*. 1962

# 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  
*(se manifeste dans les intervalles assez brefs)*

## Contraintes exogènes

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

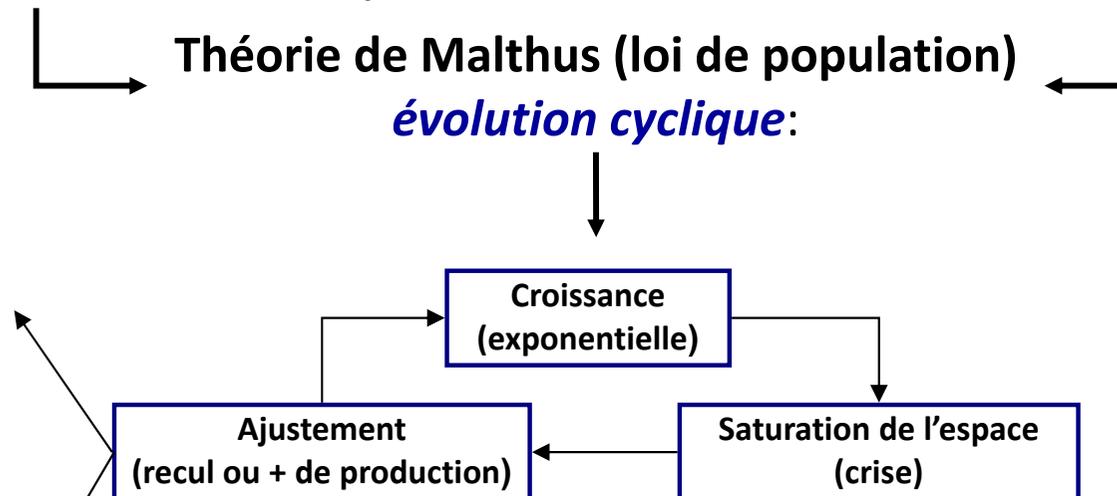
**Loi logistique de la croissance**  
 saturation → ralentissement de la croissance  
*(se manifeste dans la longue durée)*

## 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, soumission des (autres) humains

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