

Année universitaire 2013/14

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

Thème № 4

## Organisation et facteurs de survie des populations

- **Vue biologique**
  - Stratégies de survie
  - Adaptation, variabilité et stabilité (rôles des sexes)
- **Vue démographique**
  - Fécondité
  - Longévité et survie humaine
  - Espace de croissance

---

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

1

## Stratégies de survie

<u>Écologie et croissance</u>	<b>R – stratégie</b>	<b>K – stratégie</b>
Équilibre avec l'environnement :	précaire	stable
Taux de croissance :	très élevé : empiètement rapide de l'espace	faible : compatible avec l'environnement
Cycles :	fluctuations grandes et assez régulières	fluctuations irrégulières et lents
<u>Biologie et reproduction</u>	<b>R – stratégie</b>	<b>K – stratégie</b>
Corps :	petit	grand
Longévité :	courte	longue
Grossesse :	courte	longue
Portée :	multiple	unique
Taux de survie de la progéniture :	très faible	élevé
Intervalles entre les grossesses :	court	long
Intervalles entre les générations :	court	long
Potentiel de croissance :	très élevé	faible

D'après : R.M.May, D.I.Rubinstein – « Reproductive strategies » In: C.R. Austin and R.V. Short (ed.) *Reproductive Fitness*, Cambridge University Press, 1984, p.1-23

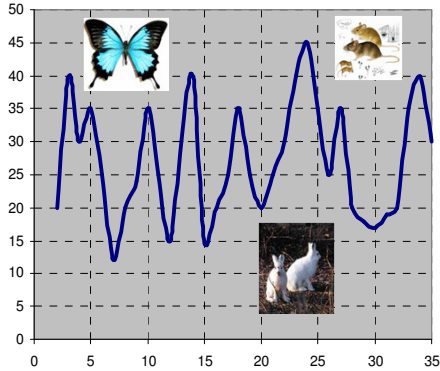
Deux éléments essentiels : la procréation et la longévité assure la survie des population

2

## Stratégies de survie et croissance de la population

### R – stratégie

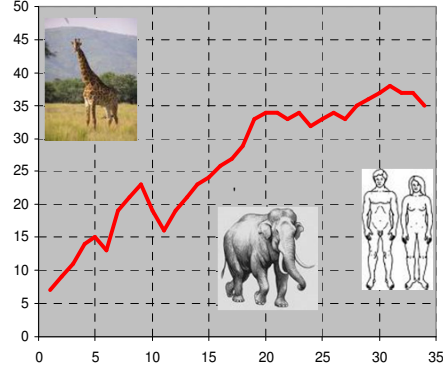
(population moyenne sur 35 générations = 27)



R - populations sont assujetties à des cycles rapides et violents durant lesquels l'effectif soit multiplié soit divisé par 100, ou par 1 000, voire par 10 000 (ex.g. cycle de 4 ans chez les lemmings en Scandinavie, cycles de 4-12 ans chez certains insectes dans les forêts tempérés, ou cycle de 10 ans chez les prédateurs en Canada etc.)

### K – stratégie

(population moyenne sur 35 générations = 26)



K - populations varient lentement et les cycles de déclin et de croissance sont très longs ce qui n'exclue pas la possibilité d'une réduction rapide d'effectif voire d'extinction totale (e.g. déclin de la population de l'Amérique Centrale après la conquête espagnole ou disparition de la population de Saint-Domingue)

Stratégie de survie comporte deux éléments biologiques, résultant de la longue évolution phylogénétique : la procréation et la longévité

3

## Deux types des paramètres déterminant le mode de survie des espèces

(et les modalités de la reproduction et la vitesse de croissance de la population)

- 1. Les paramètres « fixes »** sont un résultat d'une longue évolution et liés à l'organisation biologique de la population = évolution/histoire biologique d'une espèce

**Phylogénèse** – l'information est transmise par l'entremise des codes génétiques

*ces paramètres assurent la stabilité du système en interdisant une réponse immédiate aux changements environnementaux (parfois au prix de perte d'une partie de l'effectif).*

- 2. Les paramètres « variables »**, qui se forment dans une évolution des comportements ; ils sont liés à l'organisation sociale de la population

**Ontogénèse** – l'information est transmise par l'entremise des codes sociaux ou verbalement

*ces paramètres assurent l'adaptabilité ou la réponse rapide d'une population aux changements environnementaux, sans mettre en cause son patrimoine génétique.*

4

<b>Structure des paramètres de croissance d'une population (humaine)</b>	
Paramètres fixes (leurs porteurs sont les individus et ils ne dépendent pas de l'organisation sociale, ou de la population)	Paramètres variables (se forment dans la vie sociale d'une population)
<b>A. La procréation (reproduction)</b>	
<p>1. <b>Mode de reproduction</b> (espèce) : (sexué, asexué, unisexué/parthénogenèse mâle ou femelle, bisexué).</p> <p>2. Le rapport des sexes à la naissance (105 mâles / 100 femelles, 23<sup>e</sup> chromosome : F →XX, H →XY)</p>	<p>1. <b>Mode de comportement sexuel</b> : signalisation sexuel des mâles et des femelles (codes et identité sexuel), sélection des partenaires.</p> <p>2. <b>Rapport des sexes à l'âge de procréation</b> : couples, harem</p>
<p>3. <b>Cycle de la reproduction humaine et ses composants</b> (espèce) :</p> <p>i. <b>Fertilité</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nombre d'ovules dans les ovaires des femmes (400 000) ovules ;</li> <li>- durée d'un cycle ovarulatoire (~28 jours) ;</li> <li>- durée de la période féconde dans la vie (15-50 ans : 300-400 cycles ovarulatoires) ;</li> </ul> <p>ii. <b>Durée de la grossesse</b> : 9 mois</p> <p>iii. <b>Durée de la période anovulatoire</b> après l'accouchement normal :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sans allaitement (2-3 mois) ;</li> <li>- avec allaitement (jusqu'à 24 mois)</li> </ul> <p>iv. <b>Pertes « naturelles »</b> (probable) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mortalité intra-utérine (survie de fœtus ou d'une ovule fécondé 4/5)</li> </ul>	<p>3. <b>Comportement procréateur</b> (population) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'âge du début de rapports sexuels (l'âge au premier mariage) ;</li> <li>- les interdictions sexuelles (les périodes et les partenaires interdits) ;</li> <li>- l'élevage des petits enfants (la durée et l'intensité d'allaitement ; préférences de sexe)</li> </ul> <p>- le contrôle délibéré de la fécondité (contraception et l'avortement provoqué) ;</p> <p>- signification sociale de la fécondité (l'identité et la reconnaissance sociale)</p>
<b>B. La durée de vie</b>	
<p>4. <b>Longévité et résistance individuelle</b> (espèce) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- longévité « naturelle » (&gt; = à la limite supérieur de l'âge de fécondité) ;</li> <li>- la protection naturelle contre des parasites (système immunitaire) ;</li> <li>- seuil de résistance ;</li> <li>- sélectivité sexuelle et selon l'âge (qui meurt d'abord et pourquoi)</li> </ul>	<p>3. <b>Durée de vie</b> (population) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- solidarité sociale ;</li> <li>- normes du comportement sanitaire ;</li> <li>- savoir en traitement des maladies (médecine) ;</li> </ul>

5

### Adaptation :

réponse phylogénétique d'une **population** aux changements de son environnement

**Principe général de l'adaptation d'un système biologique: décalage, « transition » ou dérive génétique**

1. Apparition d'un facteur nuisible (une maladie)
2. Les individus le plus faibles périssent → l'effectif diminue (**risque d'extinction définitive**)
3. La résilience moyenne de la population au facteur nuisible augmente  
→ la moyenne se déplace à droite
4. L'effectif augmente jusqu'à une nouvelle équilibre avec l'environnement (facteur nuisible est neutralisé)

A cause de la sélection naturelle les générations nouvelles sont plus résistantes à des facteurs nuisibles (échange d'information entre population et environnement)

6

### Dimorphisme sexuel:

réponse phylogénétique *asymétrique* d'une population composée de deux sexes

- les femelles assument la stabilité, une fonctionne conservatrice
- les mâles assument l'adaptation, l'évolution, une fonctionne correctrice.

**Dimorphisme sexuel et évolution historique de taille moyenne des espèces**

1) Femelle > Male → diminution

2) Femelle < Male → augmentation

La densité de distribution du sexe masculin et celle de sexe féminin selon la résistance à un facteur nuisible

$\mu^f = \mu^m$

$\sigma_f^2 < \sigma_m^2$

La perte des mâles ne nuit pas la capacité de reproduction d'une population assurée par le nombre des femelles.

Par contre, la perte des mâles les moins adaptés à de nouvelles conditions environnementales assume l'adaptation génétique d'une population à ces nouvelles conditions

7

**Démonstration :**

## Variabilité de taille selon le sexe

Azerbaïdjan « Enquête Démographie et Santé » 2006

Distribution des hommes et des femmes par la taille en cm (AZDHS-2006)

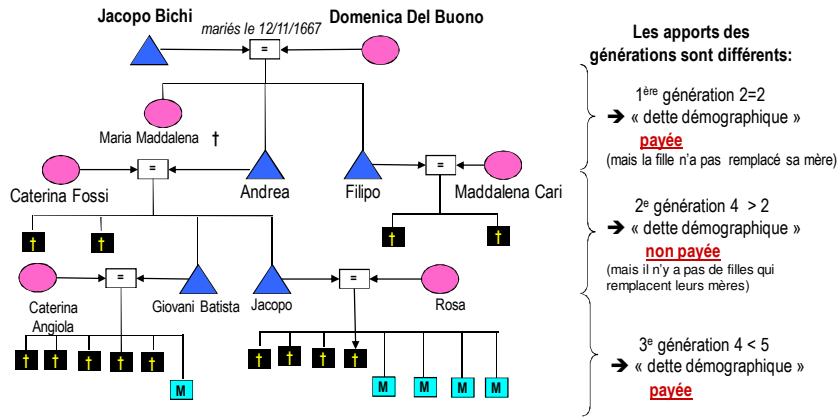
Surposition des distributions des hommes et des femmes par la taille (AZDHS-2006)

**Dans cette échantillon les hommes adultes sont en moyen plus hauts que les femmes adultes**

Taille moyen des hommes = 172 cm avec un écart type = 6,8 cm (N=2600) } **graphiques à gauche**  
 Taille moyen des femmes = 158 cm avec un écart type = 5,9 cm (N=8500)

La superposition (**graphique à droite**) de deux distributions montre que la variabilité de taille des hommes est plus importante que celle des femmes. La distribution des femmes selon la taille est plus concentrée autour de la valeur moyenne.

## Reproduction, vue généalogique : Exemple d'un échec démographique



Les comportements (parcours) individuels assez différents se résument à un **niveau de renouvellement de l'effectif**: en 3 générations 5 couples (10 p.) n'ont produit que 9 enfants mariés. → **la diminution est de 10%...**

Dans les autres familles du même village le rapport enfants mariés/parents a été chez les Patriarchi 15/6; chez les Palagi 10/10. Au niveau des familles comme au niveau macro les échecs des uns ont été compensés par les réussites des autres et l'équilibre générale était ainsi conservée.

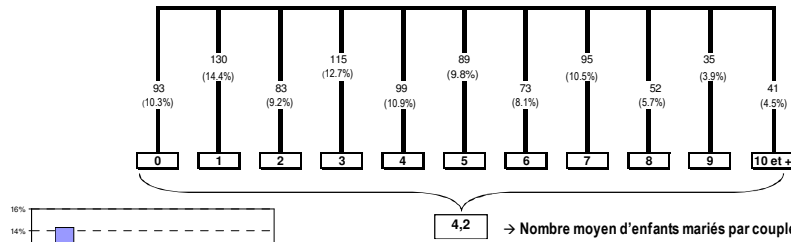
(Dessin d'après les données de Carlo Corsini, présentées par M. Liv Bacci – A Concise History of World Population, 3th edition, 2001, p.6-7)

9

## Exemple d'un succès démographique : population de Québec originaire de France depuis 1608

Au total près de 15 000 ressortissants de France sont venus à Canada aux XVII<sup>e</sup> siècle, dont 2/3 sont rentrés après un séjour plus ou moins long.  
Aujourd'hui, les 6 millions de Canadiens Français sont les descendants des ces 5 000 pionniers.

Les 905 couples de pionniers venus (nés en) de la France, mariés et décédés au Canada (mariages conclus avant 1660) classés selon la descendance:



La distribution est très égalitaire : il n'y a pas de mode bien défini; 1/3 des couples ont moins de 3 enfants, les familles très nombreuses sont assez rares. Cependant, avec une telle descendance moyenne la croissance était très rapide avec une période de doublement de 17-23 ans (voir la démonstration sur n<sup>o</sup>10)

10

## Démonstration :

**comment estimer le taux d'accroissement de la population québécoise en XVIIe siècle ?**

Soit :

la durée d'une génération (l'âge moyen de la fécondité) = ~30 ans

le rapport des sexes à la naissance et le rapport de survie des hommes et des femmes = 1,05 (105 garçons pour 100 filles)

Or on peut dire que, au bout de 30 ans, l'effectif de la population a augmenté de 2,04 fois = 4,2 naissances X 0,487 (proportion des filles parmi les nouveaux nés).

En utilisant le modèle de croissance de la population,  $\rightarrow P(t) = \exp(r \cdot t)P(0)$

on peut établir une équation suivante de croissance  $\rightarrow 2,04 = \exp(r \cdot 30)$

puisque  $P(t) = 2,04$  et  $P(0) = 1$ , période  $t=30$ , alors

$$\text{Taux d'accroissement annuel} = \frac{\ln 2,04}{30} \cdot 100\% \approx 2,37\%$$

Sous ce régime de reproduction, qui durait assez longtemps, l'effectif de la population était multiplié par 2 chaque 29 ans

La croissance exceptionnelle de la population française de Canada avait pour cause une conjonction remarquable des conditions naturelles favorables (une faible densité de la population, l'absence des épidémies, les ressources disponibles), des la fécondité élevée et de faible mortalité.

**Exemple :** Jean Guyon et Mathurine Robin avaient eu 2 150 descendants vers 1730. Avec le même modèle on peut démontrer que pour un tel succès il faut que la descendance moyenne soit 11-12 enfants

11

## Reproduction et la durée de vie. Vue démographique.

Le potentiel de croissance d'une population est une fonction :

- de l'espérance de vie à la naissance
- du nombre de naissances pour une femme

### Quelques définitions en bref :

#### L'espérance de vie à la naissance

est la durée moyenne de vie d'une génération, qui dépend de *la force de mortalité* spécifique pour chaque espèce biologique et des rapports avec l'environnement.

L'espérance de vie peut varier de 20 à 40 ans dans les populations historiques; aujourd'hui elle s'approche de 80 ans dans les pays développés.

12

## Nombre de naissances pour une femme

est mesuré dans une population comme le *nombre moyen d'enfants nés par une génération des femmes durant la période reproductive de leur vie en absence hypothétique de la mortalité.*

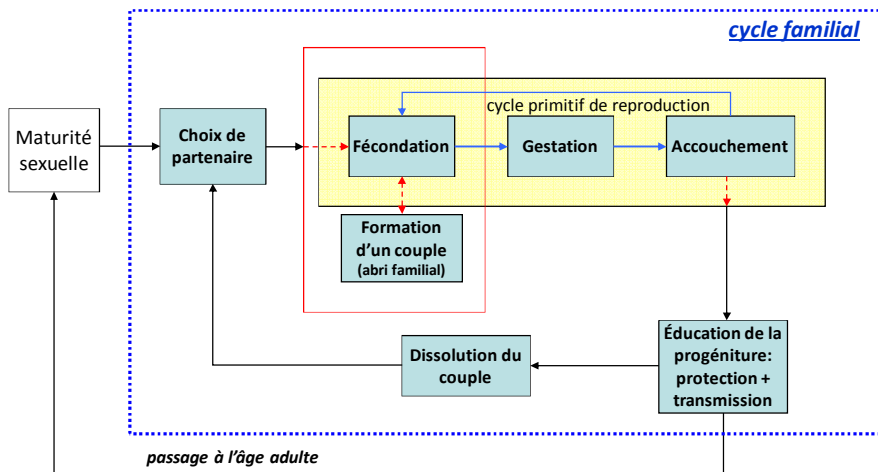
**Synonymes:**

Indice synthétique de la fécondité d'une génération = la descendance finale =  
taux de la fécondité total = *total fertility* (angl.) = *total cohort fertility rate* (angl.)

- **Niveau moyen:** De fait, le nombre moyen d'enfant pour une femme dépend de *la fréquence des naissances* durant l'âge fécond et de *la part de l'âge fécond* (entre la puberté et la ménopause) *réellement utilisé pour la procréation.*
- **Variation:** va de 5 voire 8 naissances pour une femme en absence du contrôle délibéré de la fécondité jusqu'à moins d'une naissance dans des certaines populations contemporaines.
- **La fréquence des naissances** est inverse de la durée d'un intervalle entre les naissances, donc son maximum est déterminé par la biologie de la reproduction humaines (de la structure du cycle de reproduction).

13

## Cycles de vie et la reproduction



La durée de chaque étape dépend de la biologie (physiologie) de l'espèce.

Normalement, la durée d'un cycle correspond à un intervalle entre deux *œstrus* (chez les mammifères)

**La première révolution sexuelle de l'espèce humain** (homo erectus) : la disparition de l'œstrus → en dehors de la période de gestation, les femelles sont toujours (ou presque) fécondables.

Conséquences : 1) atténuation de l'effet de mortalité intra-utérine et infantile sur la descendance finale  
2) augmentation du potentiel de la fécondité.

14

## Encadré : Sexualité, cycle ovulatoire et œstrus chez les humains

Geoffrey Miller, Joshua M. Tybur, Brent D. Jordan (2007) "Ovulatory cycle effects on tip earnings by lap dancers: economic evidence for human estrus?" // *Evolution and Human Behavior* Volume 28, Issue 6, November 2007, p. 375–381 (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1090513807000694>)

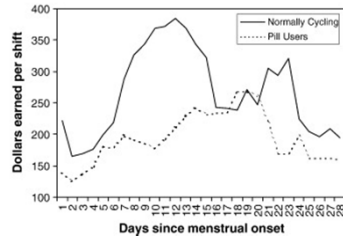


Fig. 1. Effects of ovulatory cycle (Days 1–28) on average tip earnings per shift, for normally cycling women versus women using hormonal contraception (pill users); each data point represents a 3-day average of the indicated day, the previous day, and the following day.

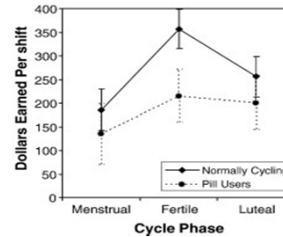


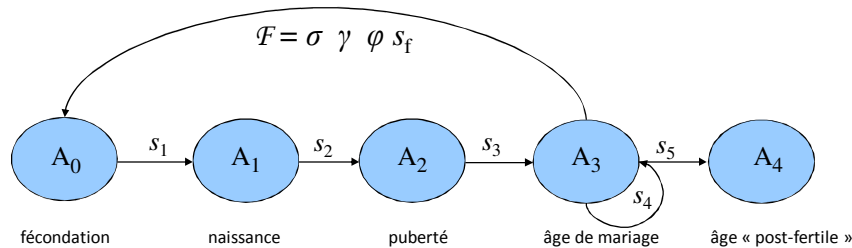
Fig. 2. Effects of ovulatory cycle phase (menstrual phase, fertile estrous phase, or luteal phase) on tip earnings per shift, for normally cycling women versus women using hormonal contraception (pill users). Error bars represent 95% confidence intervals.

### Abstract

To see *whether estrus was really "lost" during human evolution* (as researchers often claim), we examined ovulatory cycle effects on tip earnings by professional lap dancers working in gentlemen's clubs. Eighteen dancers recorded their menstrual periods, work shifts, and tip earnings for 60 days on a study web site. A mixed-model analysis of 296 work shifts (representing about 5300 lap dances) showed an interaction between cycle phase and hormonal contraception use. Normally cycling participants earned about US\$335 per 5-h shift during estrus, US\$260 per shift during the luteal phase, and US\$185 per shift during menstruation. By contrast, participants using contraceptive pills showed no estrous earnings peak. These results constitute the first direct economic evidence for the existence and importance of estrus in contemporary human females, in a real-world work setting. These results have clear implications for human evolution, sexuality, and economics.

15

## Cycle de la reproduction



- s<sub>i</sub> – probabilité de survie dans l'intervalle (a<sub>i</sub>, a<sub>i+1</sub>) ;
- s<sub>f</sub> – survie des fœtus (entre la conception et la naissance);
- φ – fertilité (fécondité naturelle) ;
- γ – probabilité d'accouplement ;
- σ – le rapport des sexes à la naissance (à la conception) ;

*Nota :* chez les animaux s<sub>5</sub> → 0

16



## Niveaux de la fécondité humaine

### Fréquence des naissances est une fonction inverse de l'intervalle moyen entre les naissances

L'intervalle entre les naissances est composé de :

- 5-10 mois : une **période d'attente de la fécondation** (la durée moyenne d'une période entre l'ovulation normal et conception) ;
- ~9 mois : la **durée moyenne de grossesse** ;
- 3-24 mois : une **période inféconde après l'accouchement** (période anovulatoire) liée à la durée et l'intensité d'allaitement ;
- 1-2 mois : les **pertes moyennes à cause des avortements spontanés**, fausses couches et mortalité fœtale (en moyenne une conception sur cinq n'arrive pas à bon terme).

L'intervalle minimal = 5 + 9 + 3 + 1 = 18 mois (1,5 d'année)

L'intervalle maximal = 10 + 9 + 24 + 2 = 45 mois (3,75 d'année)

Sans parler des possibilités du contrôle délibéré de la fécondité (recours à la contraception et à l'avortement provoqué)

La durée de la période de l'âge fécondé effectivement utilisée pour la procréation :

Age moyen de premier mariage (de 15 à 25 ans)

Age de ménopause (50 ans, de fait, la procréation s'arrête à 38-41 ans)

La durée minimale = 40 - 25 = 15 ans → 15 ans / 3,75 ans (intervalle max. entre les naissances) = **4 enfants**

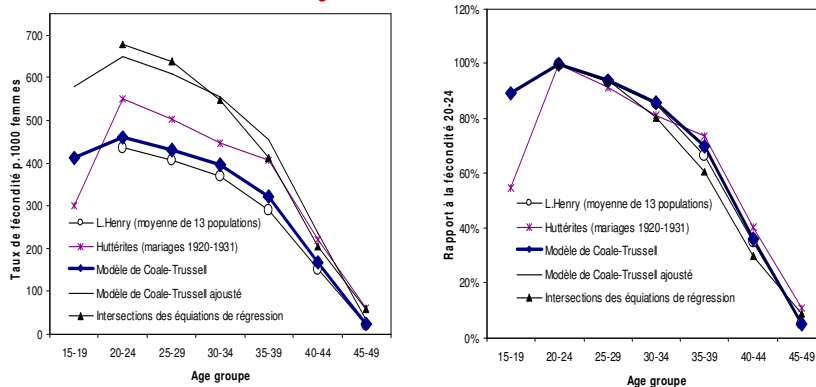
La durée maximale = 40 - 15 = 25 ans → 25 ans / 1,5 ans (intervalle min. entre les naissances) = **16,6 enfants**

17

## Fécondité « naturelle » ou la loi de la fécondité : après l'âge de 20-24 ans la fécondité diminue progressivement

Louis Henry (1953) "Fondements théoriques des mesures de la fécondité naturelle", *Revue de l'Institut International de la Statistique*, 1953, vol.21, n°3, p.135-252

**Différents schémas de la fécondité naturelle :**  
le niveau – à gauche et la structure relative – à droite



Sources : Henry, Louis. 1961. "Some data on natural fertility." *Eugenics Quarterly*. 1961, N°8 p.81-91; Coale A.J. and T. James Trussell – "Model fertility schedules: variations in the age of childbearing in human population" – *Population Index*, vol.40, no.2 (April 1974), p.185-258; Bongaarts John and Sharon Kirmeyer – *Estimating the Impact of Contraceptive Prevalence on Fertility: Aggregated and Age-specific Versions of a Model* Population Council, Center for Policy Studies, Working Paper No.63, December 1980.

18

## Facteurs comportementaux et la variation de la fécondité humaine

L'impacte des déterminants dits « proximaux » (ou « intermédiaires ») de la fécondité peut être présenté par un modèle multiplicatif suivant :

$$DF = FTN \times I_e \times I_b \times I_c \times I_a \quad \text{où}$$

**FTN** – fécondité totale naturelle  
(une variable biologique proche du potentiel de fécondité)

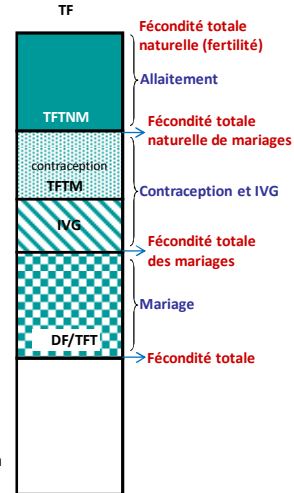
**DF** – descendance finale / la fécondité totale ou le nombre d'enfants pour une femme ;

$I_e$  – indice d'exposition au risque de conception (défini par la proportion des femmes mariées de l'âge féconde) ;

$I_b$  – indice de l'infécondité post-partum (défini par la pratique d'allaitement) ;

$I_c$  – est l'indice de contraception (défini par la proportion des femmes mariées utilisatrices de la contraception = méthodes de prévention délibérée de la grossesse) ;

$I_a$  – indice d'avortements provoqués (défini par la pratique d'interruption des grossesses).



Chaque indice peut varier du 0 (blocage total de la fécondité) à 1 (aucune influence sur la fécondité).

19

### Effet de la variation des composants de l'intervalle entre les naissances sur la descendance finale par rapport à un standard

Minimum	Standard	Maximum	Composant
 5 naissances	 7 naissances	 10 naissances	<b>Age au mariage (début des rapports sexuels)</b> variation => (10 – 5) = 5 naissances facteur historique important objet d'études prioritaire
 5 naissances	 7 naissances	 9,5 naissances	<b>Période anovulatoire (allaitement)</b> variation => (10 – 4,5) = 4,5 naissance facteur historique important objet d'études prioritaire
 6,2 naissances	 7 naissances	 7,5 naissances	<b>Période d'attente</b> variation => (7,5 – 6,2) = 1,3 naissance
 6,2 naissances	 7 naissances	 7,5 naissances	<b>Age à la dernière naissance</b> variation => (7,5 – 6,2) = 1,3 naissance
 6,5 naissances	 7 naissances	 7,2 naissances	<b>Mortalité intra-utérine</b> variation => (7,5 – 6,5) = 0,7 naissance

Bongaarts J. and J. Menken – "The supply of children: A Critical Essay". In: *Determinants of Fertility in Developing Countries*, ed. R. A. Bulatao and R. B. Lee. Academic Press, NY, 1983, Vol.1, p. 27-30.

20

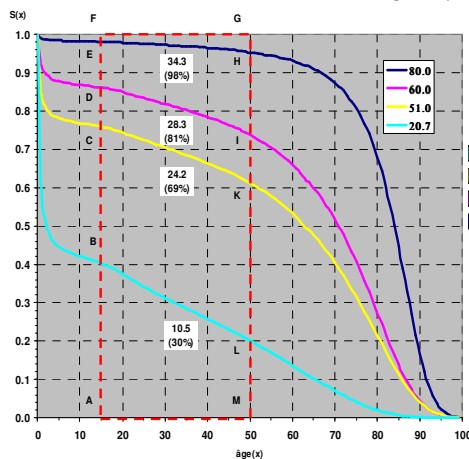
### Modèles de comportement procréateur et les niveaux de fécondité

#	Naissance par femme	Espace utilisée	Caractéristiques bio-sociales	Population	Populations historiques
1	16	100%	Maximum biologique	Théorique	Aucune (cas individuel)
2	11,4	71%	Mariages précoces, intervalles minimales	Certains groupes isolés	Français canadiens nés avant 1660
3	9	56%	Mariages tardifs, intervalles minimales	Certains groupes isolés	Huttérites canadiens, 1926-30 (8,5)
4	7,5	47%	Mariages précoces, intervalles longs	Beaucoup de population des pays en voie de développement	Égypte, 1960-65 (7,1)
5	7	44%	Standard (Moyenne)	---	---
6	5	31%	Mariages tardifs, intervalles longs	Beaucoup de populations européennes en 18-19e siècles	Angleterre 1751-1800 (5,1)
7	3	19%	Contrôle délibéré des naissances (diffusion moyenne)	Populations européennes de la première moitié du 20e siècle	Italie, 1937 (3,0)
8	1	6%	Contrôle délibéré des naissances (diffusion générale)	Quelques populations européennes contemporaines	Ligurie (Italie), 1990 (1,0)

21

### Engrenage de la fécondité et de la mortalité : potentiel de reproduction

Un théorème de reproduction:  $DF = \frac{\text{la durée moyenne de la vie féconde}}{\text{la durée moyenne de l'intervalle génésique moyen}}$



#### Lecture du graphique :

La **durée maximale** de la période féconde dans la vie féminine → la surface du rectangle AFGM = (50-15) x 1 = 35 ans

Quatre lignes de survie correspondent à l'espérance de vie à la naissance ( $e_0$ ) de

- 20,7 ans (la Gaule cisalpine),
- 51 ans (Italie, en début des années 1920, la France vers 1914)
- 60 ans (populations européennes dans les années 1950-1960)
- 80 ans (Japon d'aujourd'hui).

Les surfaces des figures **ABLM**, **ACKM**, **ADIM** et **AEHM** correspondent au nombre d'années effectivement vécues durant la période féconde sous les régimes différents de mortalité.

#### Démonstration:

la surface ABLM = 10,5 ans, ce qui fait ~30% du maximum.  
Si les intervalles entre les naissances sont minimales (1,5 an), le nombre de naissance est égale à 10,5 : 1,5 = 7 enfants ;  
si les intervalles sont maximales → 10,5 : 3,75 = 2,8 enfants.

La survie au-delà de l'âge 50 n'a que très peu d'influence sur le potentiel de reproduction (les mâles garde leur capacité d'engendrer : un mécanisme qui, théoriquement, permet de réduire le nombre des mâles sans affecter la reproduction, en outre cela récompense les pertes des jeunes mâles).

22

### Niveau de reproduction : 1) fécondité et survie des mères

Nombre d'enfants selon un modèle de fécondité <i>en absence de la mortalité</i> <sup>1)</sup>	Nombre moyen de filles selon le régime de mortalité (pour une femme) <sup>2)</sup>				
	e <sub>0</sub> =80	e <sub>0</sub> =60	e <sub>0</sub> =51	e <sub>0</sub> =30	e <sub>0</sub> =21
11,4 (Français canadiens)	5.39	4.49	3.85	2.46	1.67
9,0	4.26	3.54	3.04	1.94	1.32
7,5	3.55	2.95	2.53	1.62	1.10
7,0	3.31	2.76	2.37	1.51	1.03
5,0	2.36	1.97	1.69	1.08	0.73
3,0	1.42	1.18	1.01	0.65	0.44
1,0	0.47	0.39	0.34	0.22	0.15
Maximum biologique = 16	7.57	6.30	5.41	3.45	2.35
optimum (régime Ancien) = 8.5	4.02	3.35	2.87	1.83	1.25
optimum (régime Modern) = 2.18	1.03	0.86	0.74	0.32	0.47

- 1) Dans une génération qui ne connaît pas de risque de mortalité entre les âges de 15 et de 50 ans (risque égale zéro).  
 2) Le nombre de filles nées par rapport à l'effectif d'une génération féminine à l'âge de 15 ans (cet effectif sera réduit par la mortalité au cours de l'âge fécond.

23

### Niveau de reproduction : 2) fécondité et survie des mères et des filles

Nombre d'enfants selon un modèle en absence de la mortalité	Nombre de filles qui remplacent les mères selon le régime de mortalité <sup>1)</sup>				
	e <sub>0</sub> =80	e <sub>0</sub> =60	e <sub>0</sub> =51	e <sub>0</sub> =30	e <sub>0</sub> =21
11,4	5.28	3.86	2.92	1.37	0.67
9,0	4.17	3.05	2.31	1.08	0.53
7,5	3.48	2.54	1.92	0.90	0.44
7,0	3.24	2.37	1.80	0.84	0.41
5,0	2.32	1.69	1.28	0.60	0.30
3,0	1.39	1.02	0.77	0.36	0.18
1	0.46	0.34	0.26	0.12	0.06
maximum = 16	7.42	5.42	4.10	1.92	0.95
optimum (régime Ancien) = 8.5	3.94	2.88	2.18	1.02	0.50
optimum (régime Modern) = 2.18	1.01	0.74	0.56	0.13	0.26

- 1) Le nombre de filles survivantes jusqu'à l'âge que leurs mères ont eu au moment de leurs naissances par rapport à l'effectif d'une génération féminine à l'âge de 15 ans (cet effectif sera réduit par la mortalité au cours de l'âge fécond.

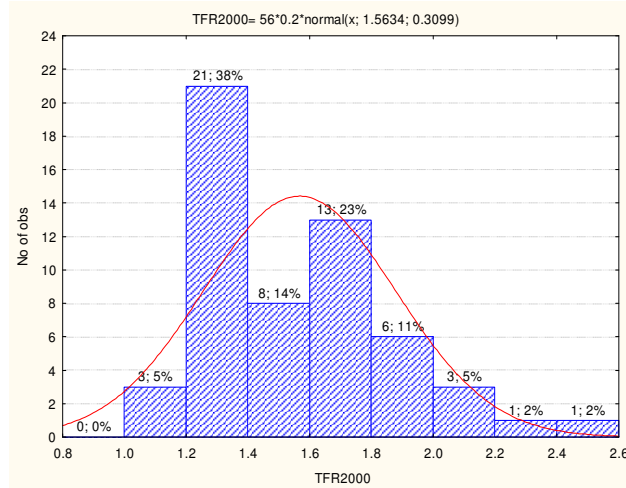
**Conclusions :**

1. La mortalité joue un rôle important dans la reproduction de la population.
2. Les lois « naturelles » imposent les limites intransigeantes de comportement procréateur assurant la survie d'une population.

24

Annexe: Illustrations 1

Fécondité de 56 pays les plus développés au début du XXI siècle

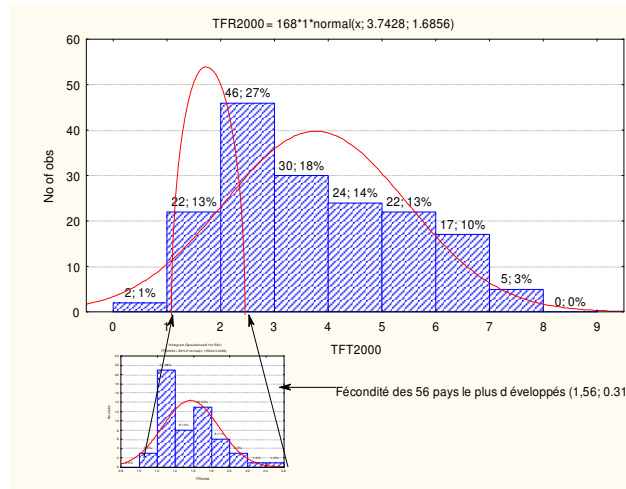


Exercice : Pouvez vous commenter ce graphique, sachant que l'espérance de vie dans ces pays varie entre 60 et 80 ans ?

25

Annexe: Illustrations 2

Fécondité de 168 pays les moins développés au début du XXI siècle



Exercice : Pouvez vous commenter ce graphique, sachant que l'espérance de vie dans des pays moins développés ne dépasse que rarement 60 ans ?

26