PANTHÉON SORBONNE
UNIVERSITÉ PARIS 1
OMNIBUS SAPIENTIA UNICUIQUE EXCELLENTIA

INSTITUT DE DÉMOGRAPHIE DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

IDUP
SINE IRA ET STUDIO

Année universitaire 2017/18

Matière : « Approche historique des populations »
anciennement « 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

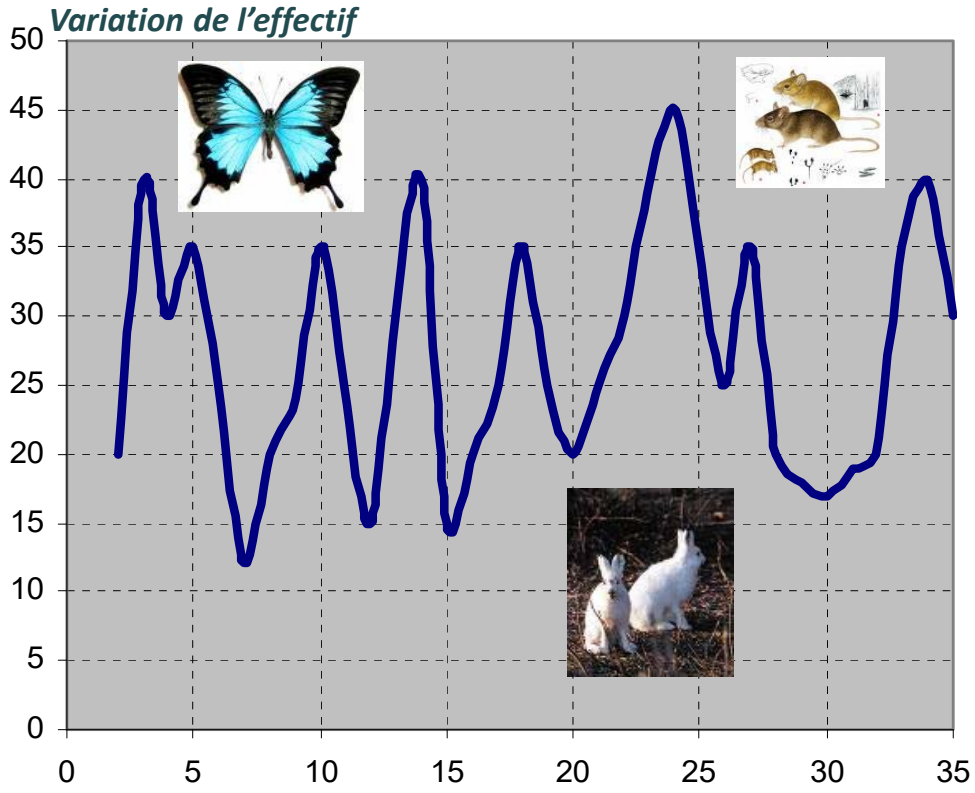
© Professeur Alexandre Avdeev (Institut de démographie de l'Université de Paris 1)

Stratégies de survie et croissance de la population

Stratégie de survie comporte deux éléments biologiques, résultant de la longue évolution phylogénétique : la procréation et la longévité (qui se résument en taux d'accroissement)

r – stratégie

(population moyenne sur 35 générations = 27)

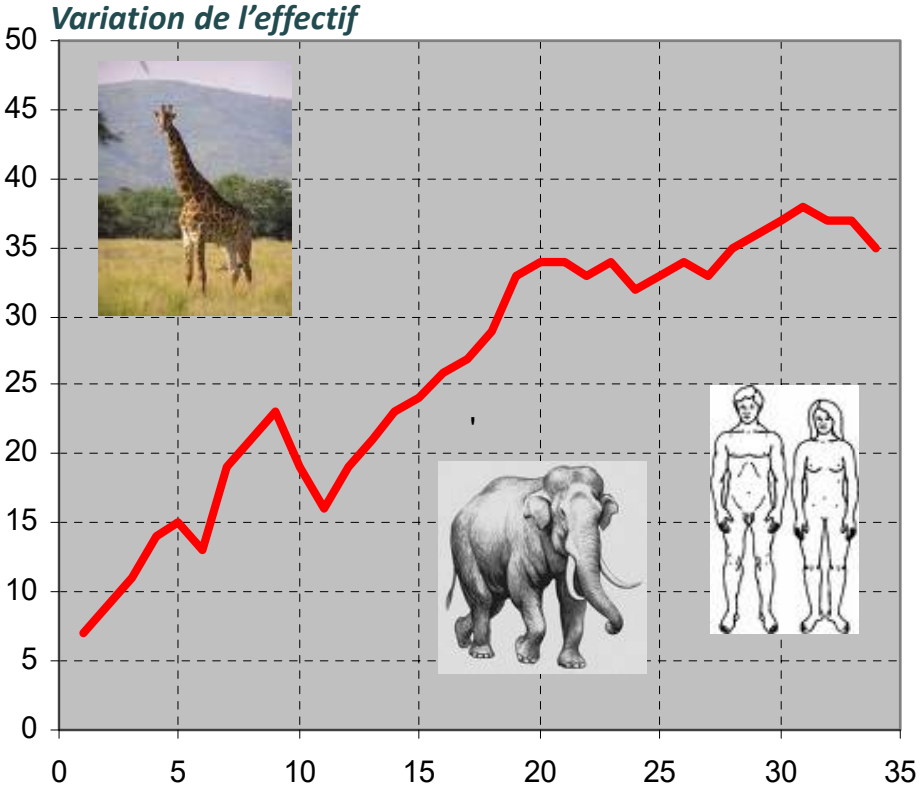


r - populations sont assujetties à des cycles rapides et amplifiés durant lesquels l'effectif soit multiplié soit divisé par 100, ou par 1 000, voire par 10 000

(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 etc.)

r et K stratégies de survie

Concept proposé dans MacArthur R.H., E.O. Wilson (1967). *The Theory of Island Biogeography*. Princeton.

Écologie et croissance	**r – stratégie**	**K – stratégie**
Équilibre avec l'environnement :	précaire	stable
Taux de croissance :	très élevé : emplissage rapide de l'espace	faible : compatible avec l'environnement
Cycles :	fluctuations grandes et assez régulières (les crises sont fréquentes et périodiques)	fluctuations irrégulières et lents (les crises sont rares)

Deux éléments essentiels : la procréation et la longévité assume la survie des populations

Biologie et reproduction	**r – stratégie**	**K – stratégie**
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

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

Adaptation sociale de la stratégie ***K*** en ***r*** → chômage (réserve de travail selon Karl Marx)

Deux types des paramètres qui déterminent le mode de survie des espèces

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

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

Phylogenèse – l'information est transmise par l'entremise des codes génétiques

*ces paramètres assument **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

Ontogenèse – l'information est transmise par l'entremise des codes sociaux ou verbalement ou acquise lors de l'expérience individuelle ou collective

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

Les paramètres de croissance d'une population humaine

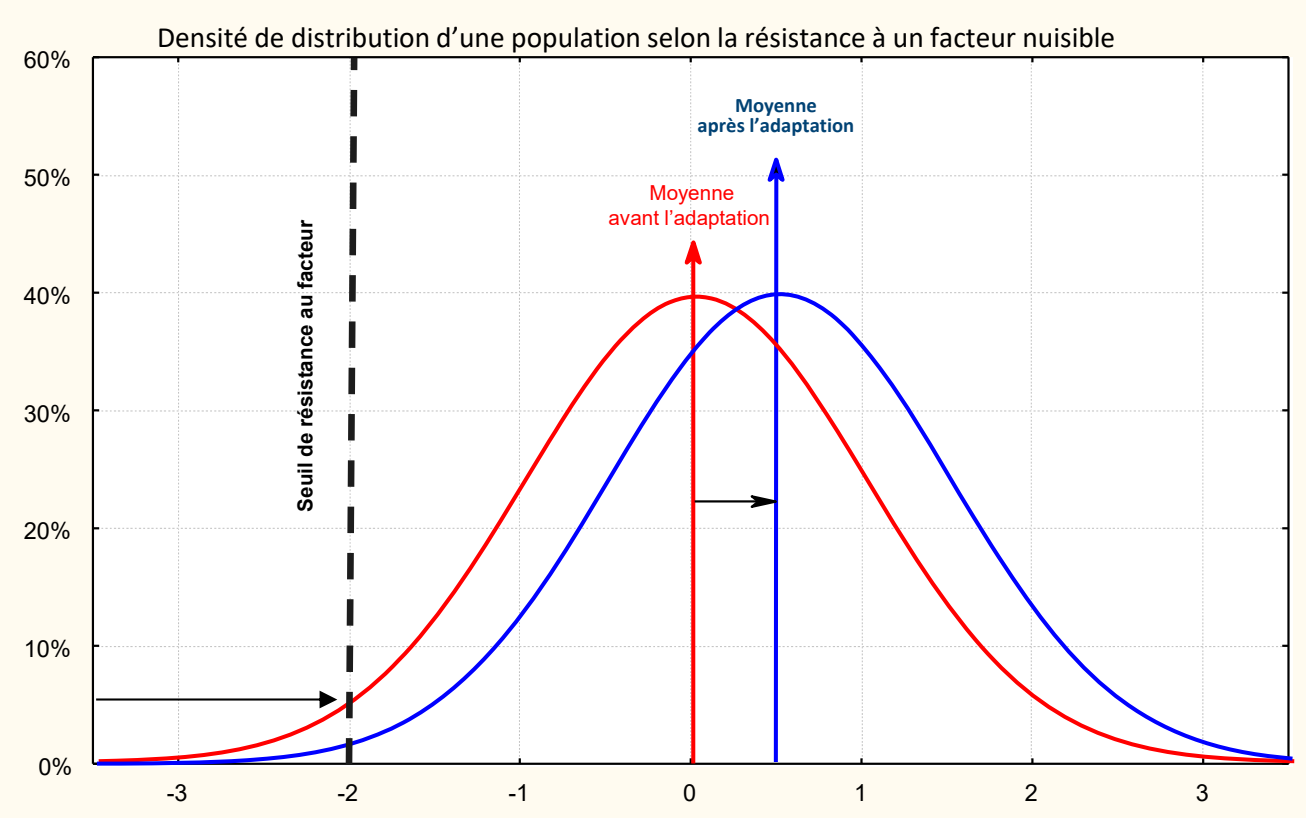
Paramètres fixes *(leurs porteurs sont les individus et ils ne dépendent pas de l'organisation sociale, ou de la population)*	**Paramètres variables** *(se forment dans la vie sociale d'une population)*
A. La procréation (reproduction)	
1. Mode de reproduction (espèce) : (sexué, asexué, unisexué/parthénogenèse mâle ou femelle, bisexué).	1. Mode de comportement sexuel (sexué) : signalisation sexuelle des mâles et des femelles (codes et identité sexuel), sélection des partenaires.
2. Le rapport des sexes à la naissance (105 mâles / 100 femelles, 23e chromosome : F →*XX*, H →*XY*)	1. Ratio des sexes à l'âge de procréation : couples, harem
3. Cycle de la reproduction humaine et ses composants (espèce) : i. Fertilité : – *nombre d'ovules* dans les ovaires des femmes (400 000) ovules ; – *durée d'un cycle ovulatoire* (~28 jours) ; – *durée de la période féconde* dans la vie (15-50 ans : 300-400 cycles ovulatoires 1‰ d'ovules) ; ii. Durée de la grossesse : 9 mois iii. Durée de la période anovulatoire après l'accouchement normal : – sans allaitement (2-3 mois) ; – avec allaitement (jusqu'à 24 mois) iv. Pertes « naturelles » (*probable*) : – mortalité intra-utérine (survie de fœtus ou d'un ovule fécondé 4/5)	3. Comportement procréateur (population) : – l'âge du début de rapports sexuels (→ l'âge au premier mariage) ; – les interdictions sexuelles (les périodes et les partenaires interdits) ; – les soins des petits enfants (la durée et l'intensité d'allaitement ; préférences de sexe) – le contrôle délibéré de la fécondité (contraception et l'avortement provoqué) ; – signification social de la fécondité (l'identité et la reconnaissance sociale)
B. La durée de vie	
4. Longévité et résistance individuelle (espèce) : – longévité « naturelle » (≥ à la limite supérieur de l'âge de fécondité) ; – la protection naturelle contre des parasites (système immunitaire) ; – seuil de résistance ; – sélectivité sexuelle et selon l'âge (qui meurt d'abord et pourquoi)	3. Durée de vie (population) : – solidarité sociale; – normes du comportement sanitaire ; – savoir en traitement des maladies (médecine);

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 vers la droite
4. L'effectif augmente jusqu'à un nouvel équilibre avec l'environnement
   (facteur nuisible est neutralisé)



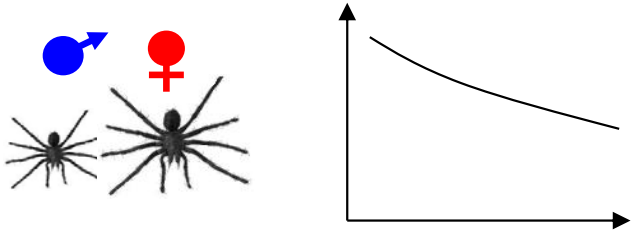
A cause de la sélection naturelle *les générations nouvelles sont plus résistantes* à des facteurs nuisibles (échange d'information entre population et environnement)

Dimorphisme sexuel:

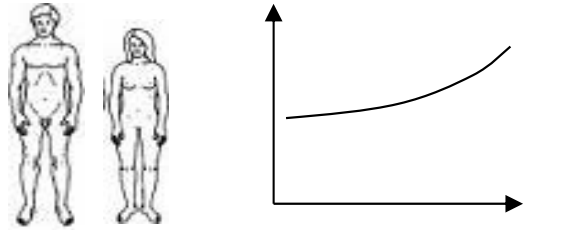
réponse phylogénétique *asymétrique* d'une population composée de deux sexes

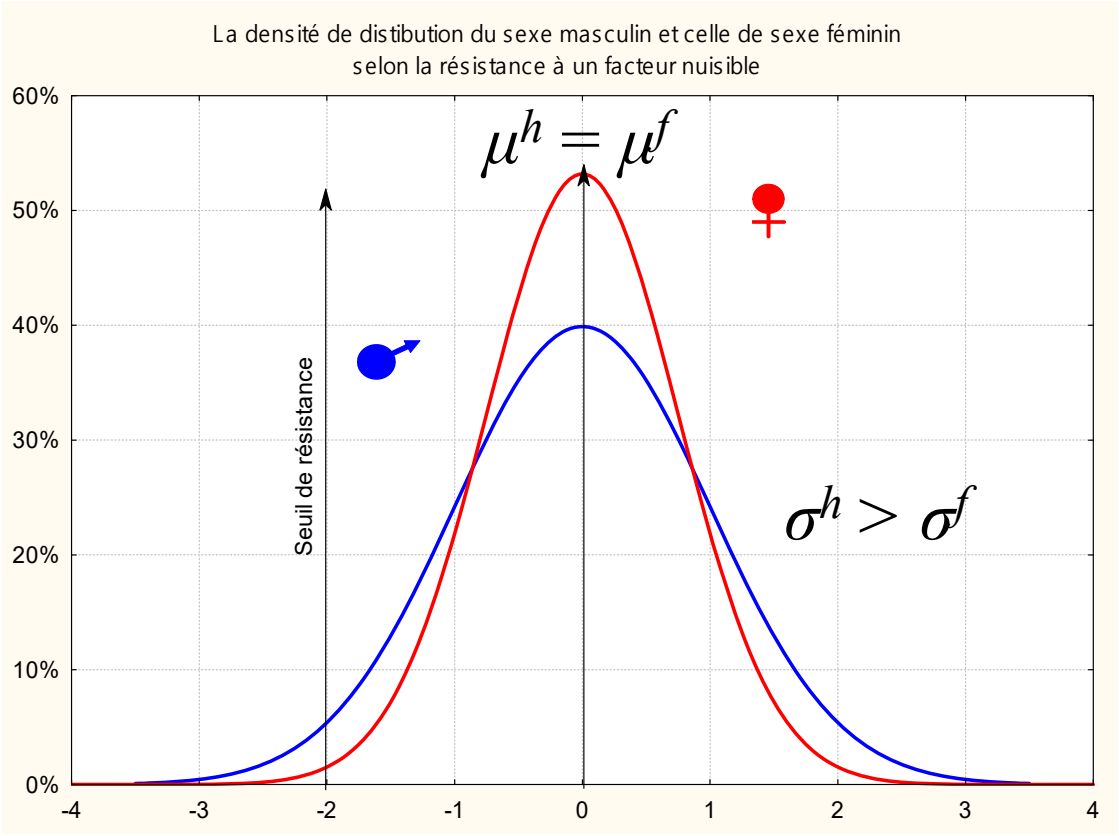
Dimorphisme sexuel et évolution historique de taille moyenne des espèces

1) Femelle > Male ➔ diminution



2) Femelle < Male ➔ augmentation





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 des nouvelles conditions environnementales assume l'adaptation génétique d'une population à ces nouvelles conditions

➔ les femelles assument la stabilité, *une fonctionne conservatrice*

➔ les mâles assument l'adaptation, l'évolution, *une fonctionne correctrice*.

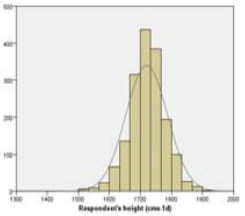
Démonstration :

Variabilité de taille selon le sexe

Azerbaïdjan « Enquête Démographie et Santé » 2006

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

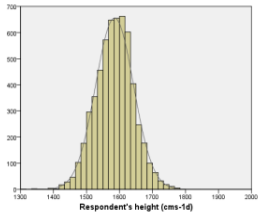
Hommes

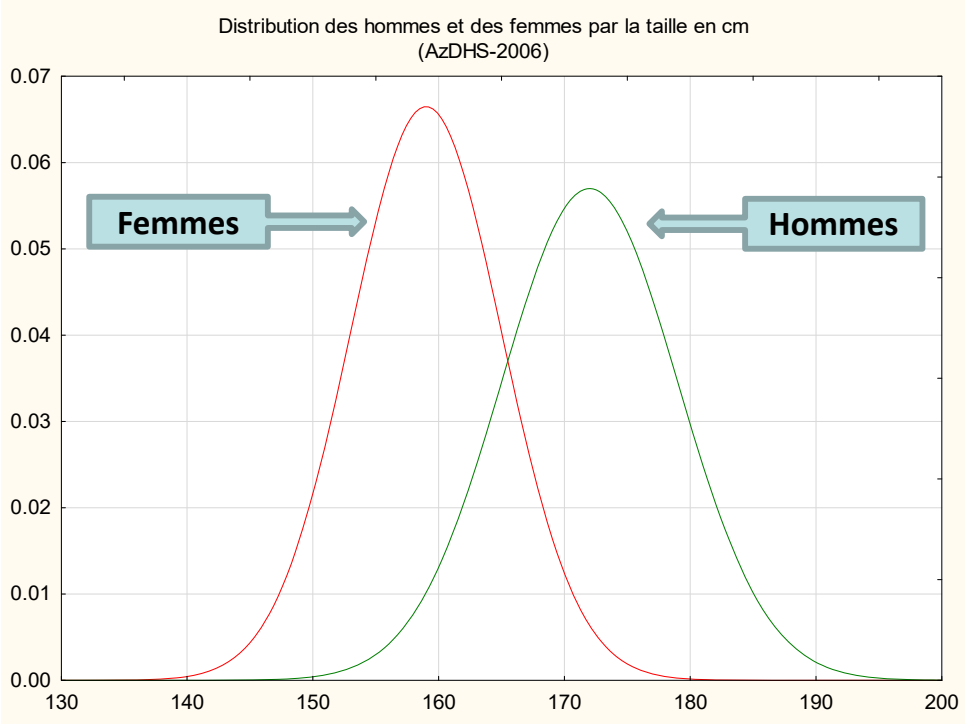


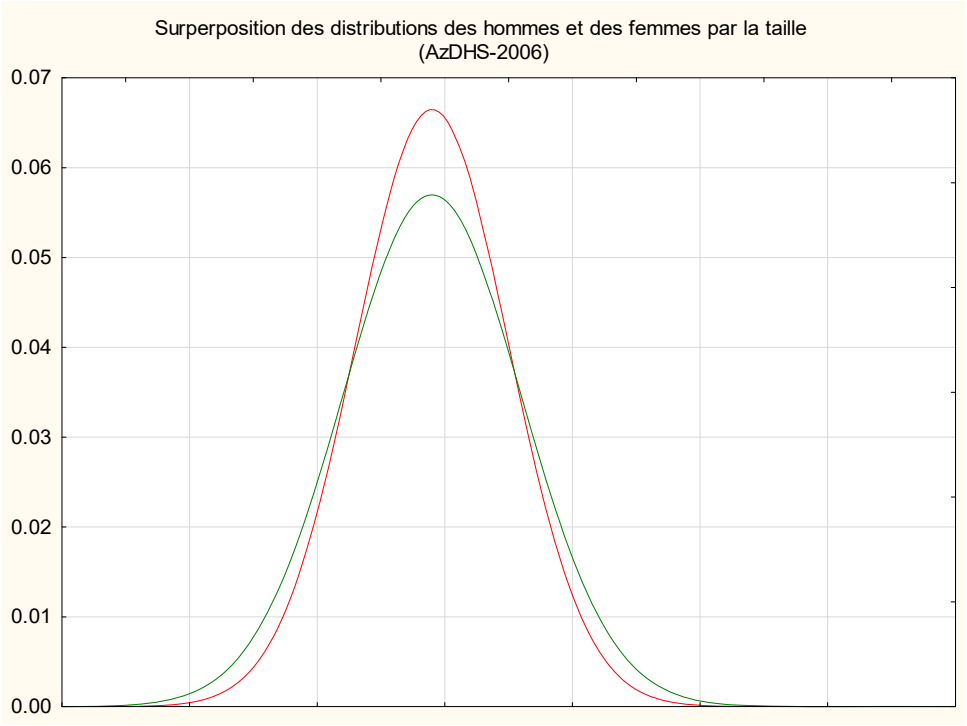
Taille moyenne des hommes = 172 cm avec un écart type = 6,8 cm (N=2600)

Taille moyenne des femmes = 158 cm avec un écart type = 5.9 cm (N=8500)

Femmes



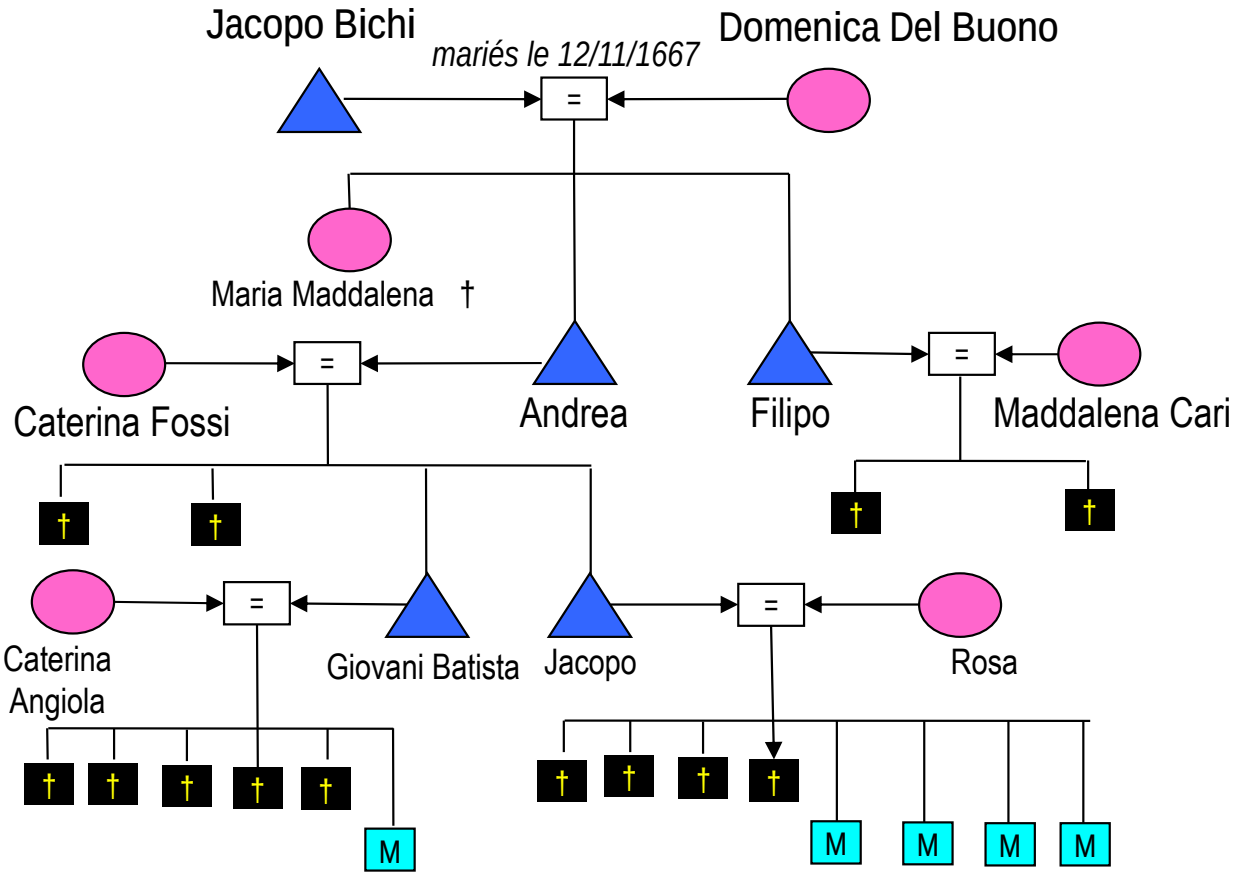




La superposition (**graphique à droite**) de deux distributions montre que la variabilité de taille des hommes est plus importante que celle des femmes. La distribution des femmes selon la taille est plus concentrée autours de la valeur moyenne.

Reproduction : approche généalogique

Exemple d'un échec démographique



Les apports des générations sont différents:

1ère génération 2=2
➔ « dette démographique » payée
(mais la fille n'a pas remplacé sa mère)

2e génération 4 > 2
➔ « dette démographique » non payée
(mais il n'y a pas de filles qui remplacent leurs mères)

3e génération 4 < 5
➔ « dette démographique » payée

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%...* .

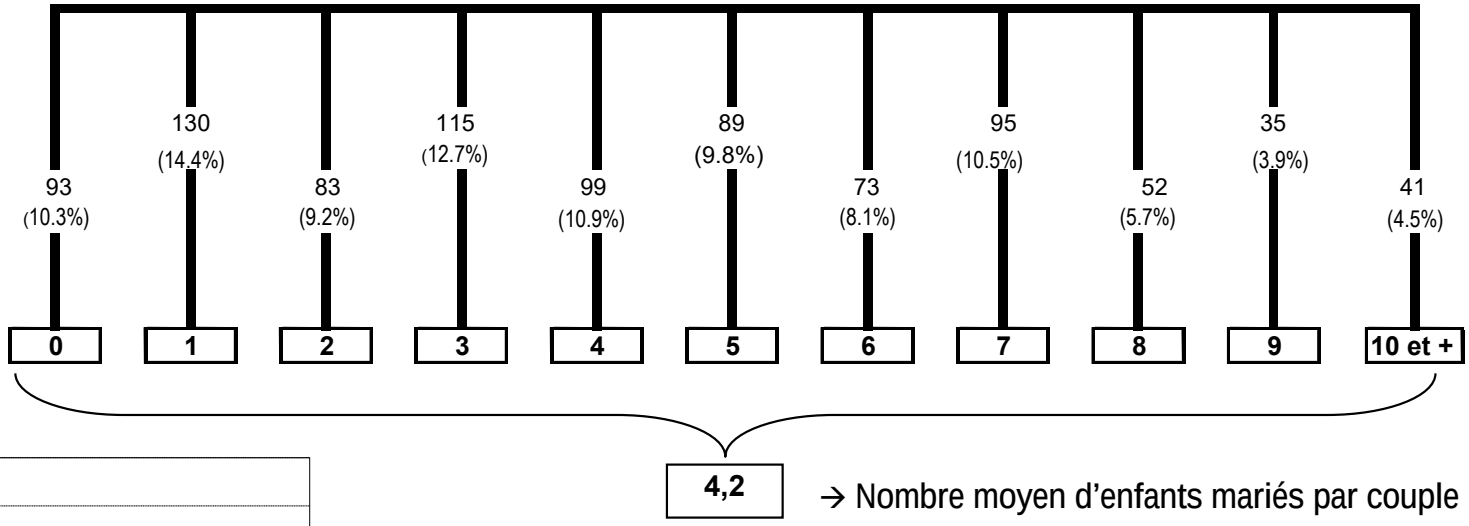
Dans les autres familles du même village le rapport (enfants mariés)/(parents) a été chez les Patriarchi 15/6; chez les Palagi 10/10. Au niveau des familles comme au niveau macro les échecs des uns ont été compensés par les réussites des autres et l'équilibre générale était ainsi conservée.

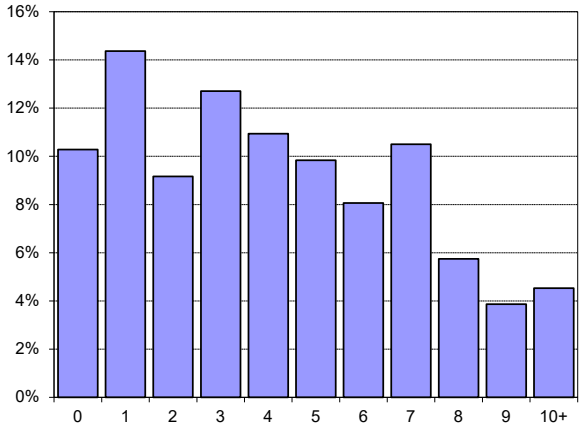
(Dessin d'après les données de Carlo Corsini, présentées par M. Livi Bacci – *A Concise History of World Population*, 3th edition, 2001, p.6-7)

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

Au total près de 15 000 ressortissants de France sont venu à Canada aux XVII 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:





<u>La distribution est très égalitaire</u> : 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°11)*

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 , ➔ $P(t) = \exp(r \cdot t)P(0)$

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

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

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

Sous ce régime de reproduction, qui durait assez longtemps, l'effectif de la population a 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

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 varie de 20 à 40 ans dans les populations historiques; aujourd'hui elle s'approche de 80 ans dans les pays développés.

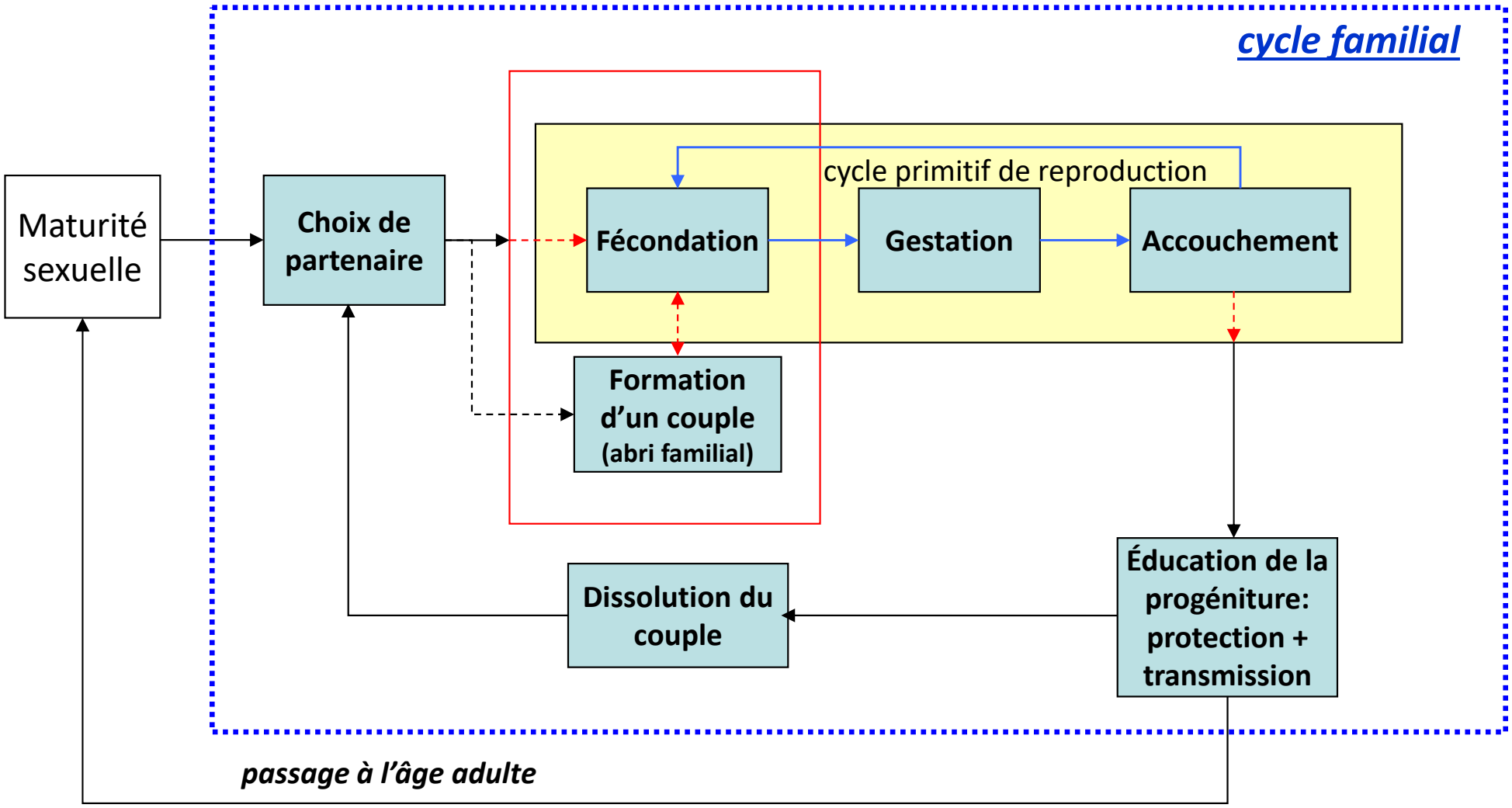
Nombre de naissances pour une femme

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).

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.

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)

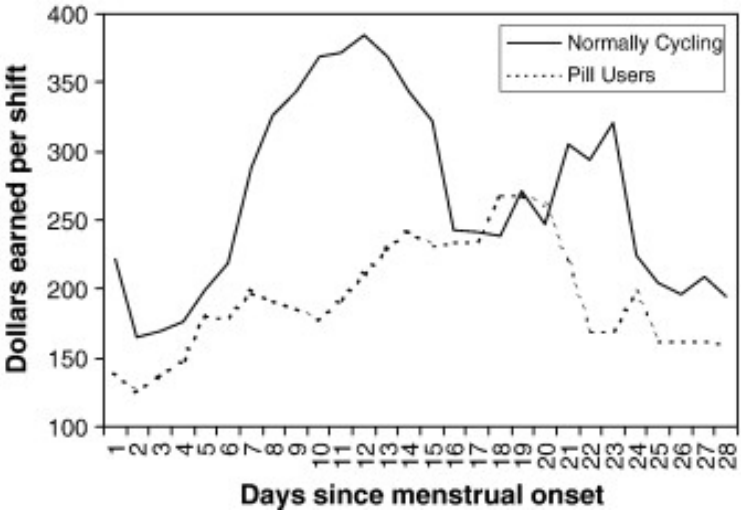


Fig. 1. Effects of ovulatory cycle (Days 1–28) on average tip earnings per shift, for normally cycling women versus women using hormonal contraception (pill users); each data point represents a 3-day average of the indicated day, the previous day, and the following day.

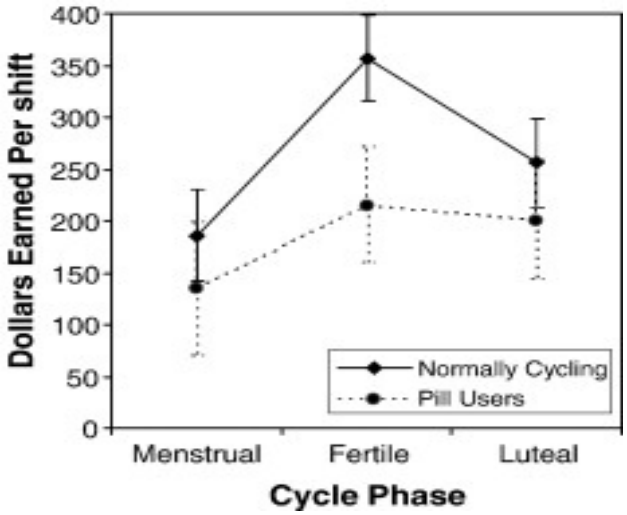


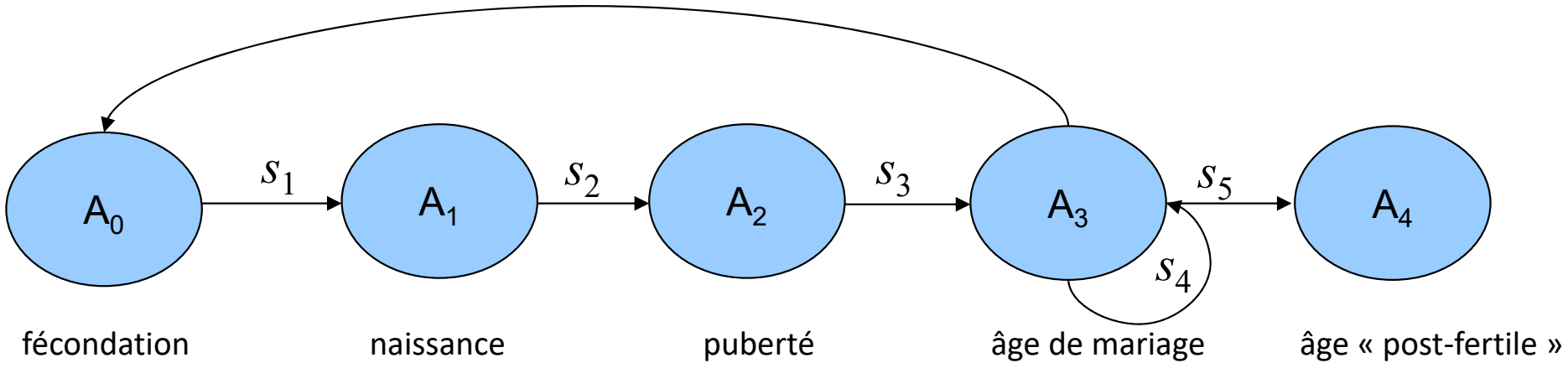
Fig. 2. Effects of ovulatory cycle phase (menstrual phase, fertile estrous phase, or luteal phase) on tip earnings per shift, for normally cycling women versus women using hormonal contraception (pill users). Error bars represent 95% confidence intervals.

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.

Cycle de la reproduction

$$\mathcal{F} = \sigma \ \gamma \ \varphi \ s_f$$



s_i – probabilité de survie dans l'intervalle (a_i, a_{i+1}) ;

s_f – survie des fœtus *(entre la conception et l'âge de mère)*;

φ – fertilité *(fécondité naturelle ≈ probabilité de conception)* ;

} fécondité

γ – probabilité d'accouplement ;

σ – ratio des sexes à la naissance*(à la conception??)* /rapport de masculinité;

Nota : chez les animaux $s_5 \rightarrow 0$

La durée d'un cycle féconde et le 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 vs 28 jours du cycle ovulatoire)

L'intervalle maximal = 10 + 9 + 24 + 2 = 45 mois (3,75 d'année vs 28 jours du cycle ovulatoire)

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**

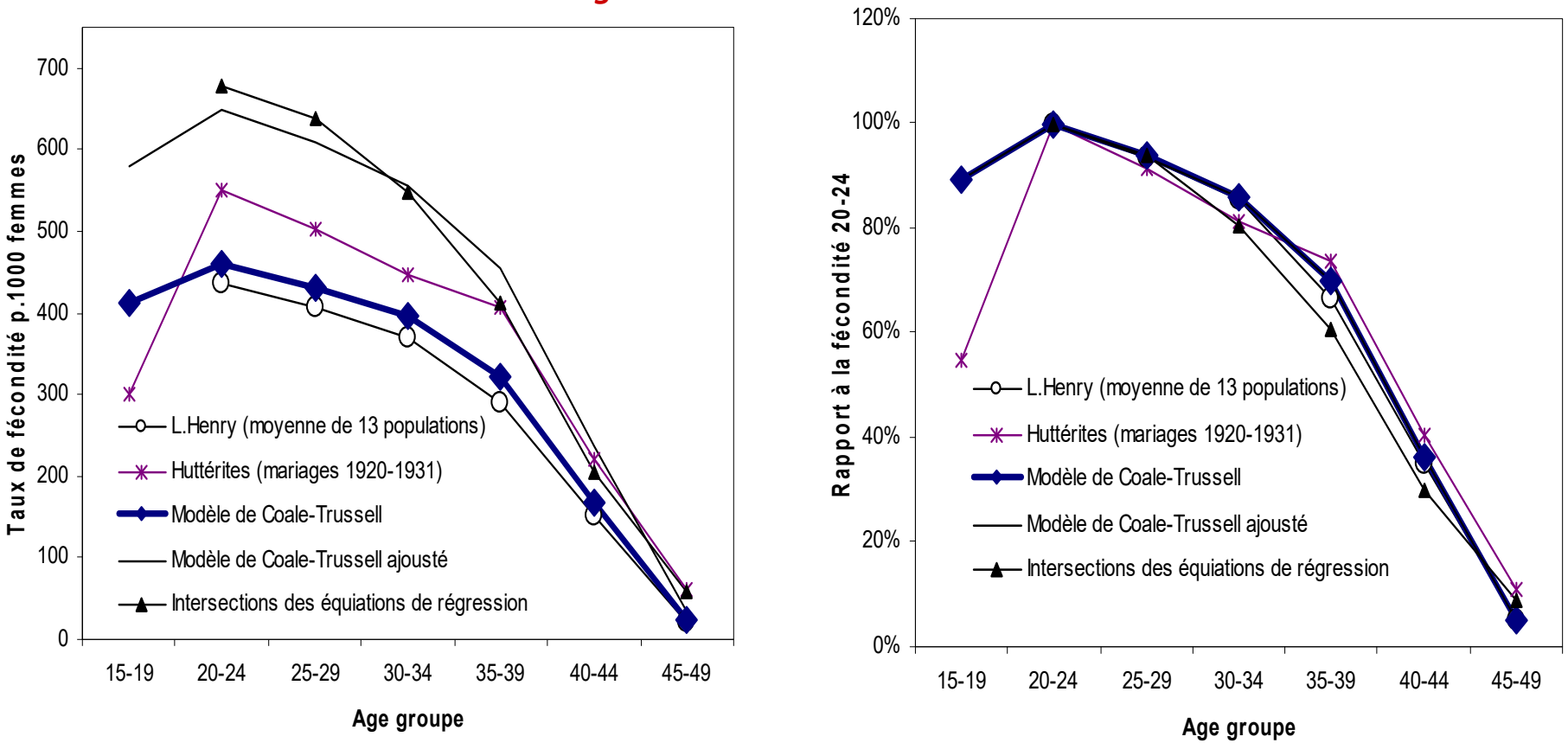
La durée maximale = 40 – 15 = 25 ans➔ 25 ans /1,5 ans (intervalle min. entre les naissances) = **16,6 enfants**

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

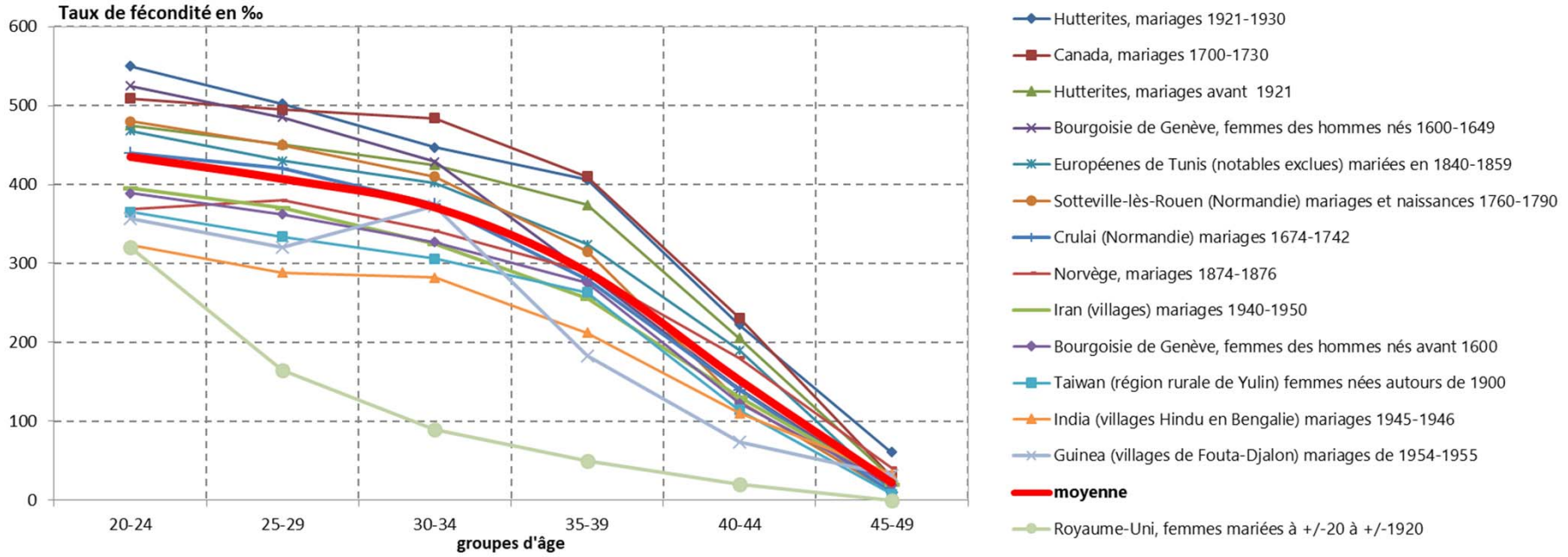
Différents schémas de la fécondité naturelle :

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.

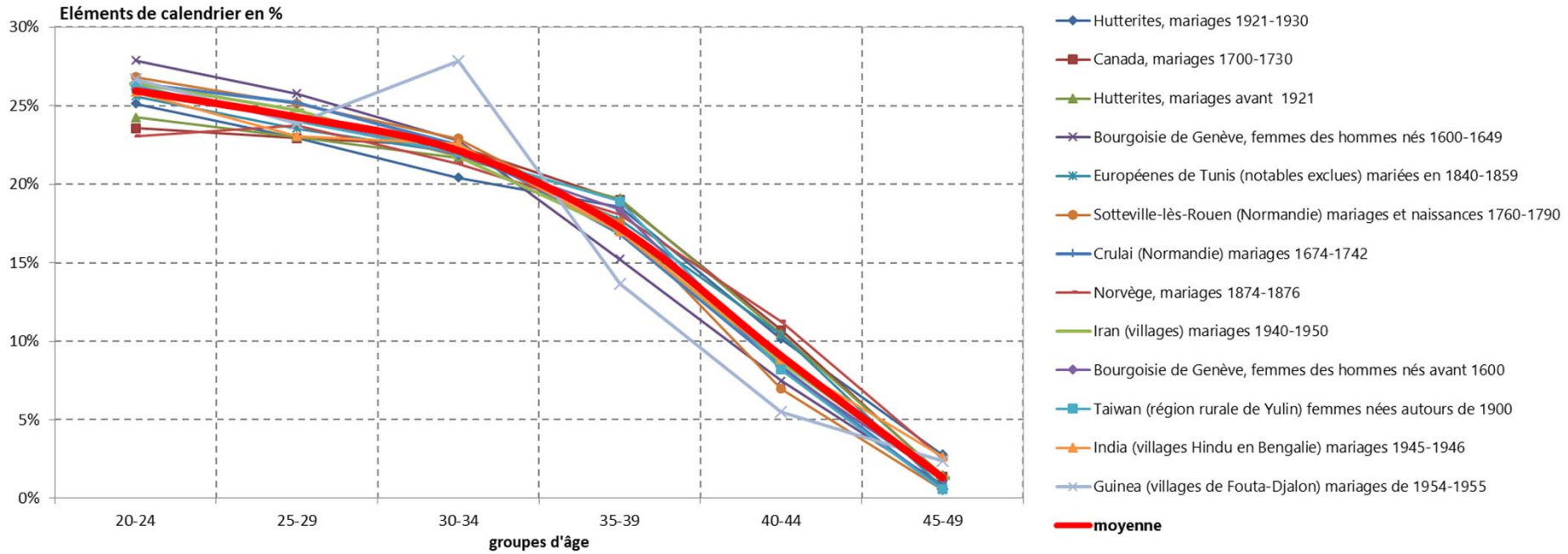
Taux de fécondité naturelle historique collectés par L. Henry



Population	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	TFT
Huttérites, mariages 1921-1930	550	502	447	406	222	61	10.9
Canada, mariages 1700-1730	509	495	484	410	231	30	10.8
Huttérites, mariages avant 1921	475	451	425	374	205	29	9.8
Bourgeoisie de Genève, femmes des hommes nés 1600-1649	525	485	429	287	141	16	9.4
Européennes de Tunis (notables exclues) mariées en 1840-1859	468	430	402	324	190	13	9.1
Sotteville-lès-Rouen (Normandie) mariages et naissances 1760-1790	480	450	410	315	125	10	9.0
Crulai (Normandie) mariages 1674-1742	440	420	375	280	140	10	8.3
Norvège, mariages 1874-1876	369	380	341	289	180	41	8.0
Iran (villages) mariages 1940-1950	395	370	325	255	130	20	7.5
Bourgeoisie de Genève, femmes des hommes nés avant 1600	389	362	327	275	123	19	7.5
Taiwan (région rurale de Yulin) femmes nées autours de 1900	365	334	306	263	114	8	7.0
Inde (villages Hindu en Bengalie) mariages 1945-1946	323	288	282	212	110	33	6.2
Guinée (villages de Fouta-Djalon) mariages de 1954-1955	357	320	373	183	74	32	6.7
moyenne	435	407	371	289	152	22	8.4
Royaume-Uni, femmes mariées à +/-20 à +/-1920	320	165	90	50	20	0	3.2

Henry, Louis. 1961. "Some data on natural fertility." *Eugenics Quarterly*. 1961, N°8 p.81-91; / *Social Biology*, vol.29, n° 1-2, p.146-156 (tableau sur la page 148)

Fécondité naturelle collectés par L. Henry et réduite aux éléments de calendrier



Population	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	total
Huttérites, mariages 1921-1930	25%	23%	20%	19%	10%	3%	100%
Canada, mariages 1700-1730	24%	23%	22%	19%	11%	1%	100%
Huttérites, mariages avant 1921	24%	23%	22%	19%	10%	1%	100%
Bourgeoisie de Genève, femmes des hommes nés 1600-1649	28%	26%	23%	15%	7%	1%	100%
Européennes de Tunis (notables exclues) mariées en 1840-1859	26%	24%	22%	18%	10%	1%	100%
Sotteville-lès-Rouen (Normandie) mariages et naissances 1760-1790	27%	25%	23%	18%	7%	1%	100%
Crulai (Normandie) mariages 1674-1742	26%	25%	23%	17%	8%	1%	100%
Norvège, mariages 1874-1876	23%	24%	21%	18%	11%	3%	100%
Iran (villages) mariages 1940-1950	26%	25%	22%	17%	9%	1%	100%
Bourgeoisie de Genève, femmes des hommes nés avant 1600	26%	24%	22%	18%	8%	1%	100%
Taiwan (région rurale de Yulin) femmes nées autours de 1900	26%	24%	22%	19%	8%	1%	100%
Inde (villages Hindu en Bengalie) mariages 1945-1946	26%	23%	23%	17%	9%	3%	100%
Guinée (villages de Fouta-Djalon) mariages de 1954-1955	27%	24%	28%	14%	6%	2%	100%
moyenne	26%	24%	22%	17%	9%	1%	100%
Royaume-Uni, femmes mariées à +/-20 à +/-1920	25%	23%	20%	19%	10%	3%	100%

Henry, Louis. 1961. "Some data on natural fertility." *Eugenics Quarterly*. 1961, N°8 p.81-91; / *Social Biology*, vol.29, n° 1-2, p.146-156 (tableau sur la page 148)

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 :

$$DF = FTN \times I_e \times I_b \times I_c \times I_a$$ où

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

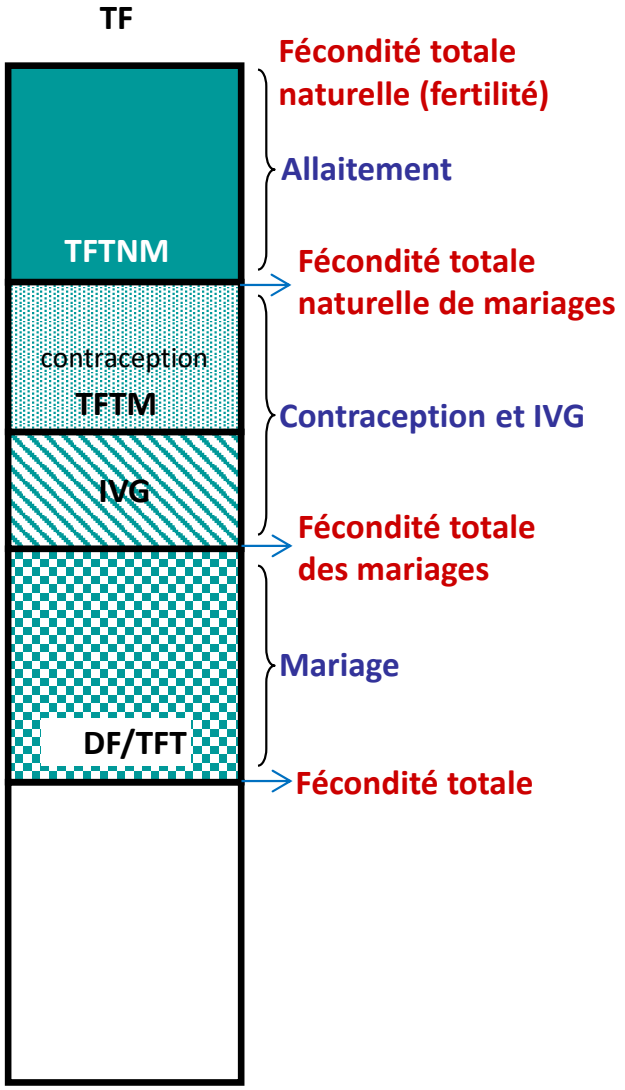
DF – descendance finale / la fécondité totale ou
le nombre d'enfants pour une femme ;

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) ;

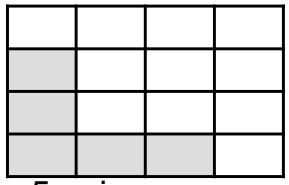
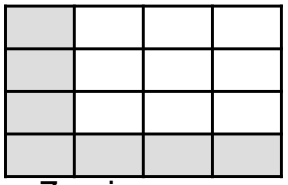
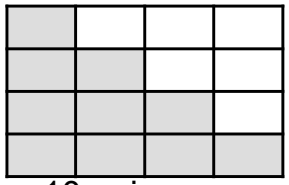
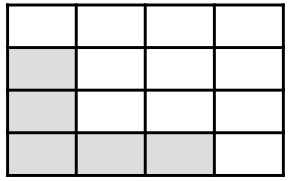
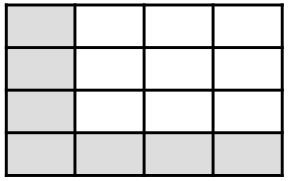
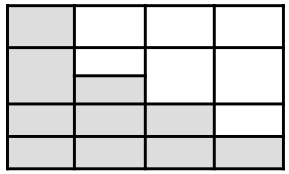
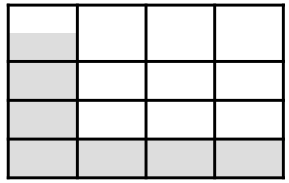
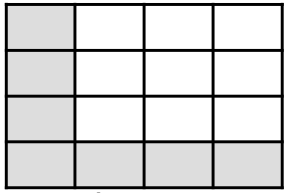
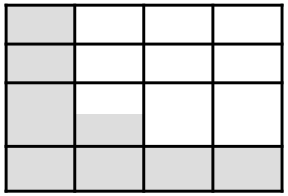
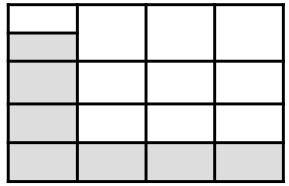
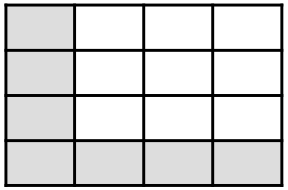
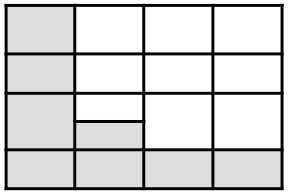
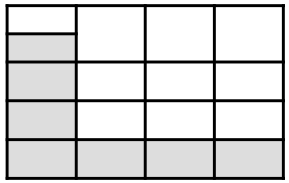
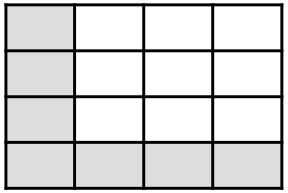
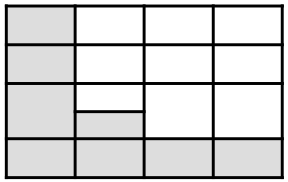
I_c – est l'indice de contraception (défini par la proportion des femmes mariées utilisatrices de la contraception = méthodes de prévention délibérée de la grossesse) ;

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).

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

Minimum	Standard	Maximum	Composant
 5 naissances	 7 naissances	 10 naissances	Age au mariage (début des rapports sexuels) variation => (10-5) = 5 naissances *normes sociales persistantes* **facteur historique important objet d'études prioritaire**
 5 naissances	 7 naissances	 9,5 naissances	Période anovulatoire (allaitement) variation => (9.5-5) = 4,5 naissance *normes sociales persistantes* **facteur historique important objet d'études prioritaire**
 6,2 naissances	 7 naissances	 7,5 naissances	Période d'attente variation = (7.5-6.2) = 1,3 naissance *facteurs culturaux et de santé individuelle*
 6,2 naissances	 7 naissances	 7,5 naissances	**Age à la dernière naissance** variation = **1,3 naissance** *normes sociales souples*
 6,5 naissances	 7 naissances	 7,2 naissances	**Mortalité intra-utérine** variation = **0,7 naissance** *raccourcies du cycle; (physiologie)*

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.

Changement de structure de facteurs de la fécondité au cours de la transition démographique (ou la transition de fécondité)

Phase 1 : TFT > 6,0

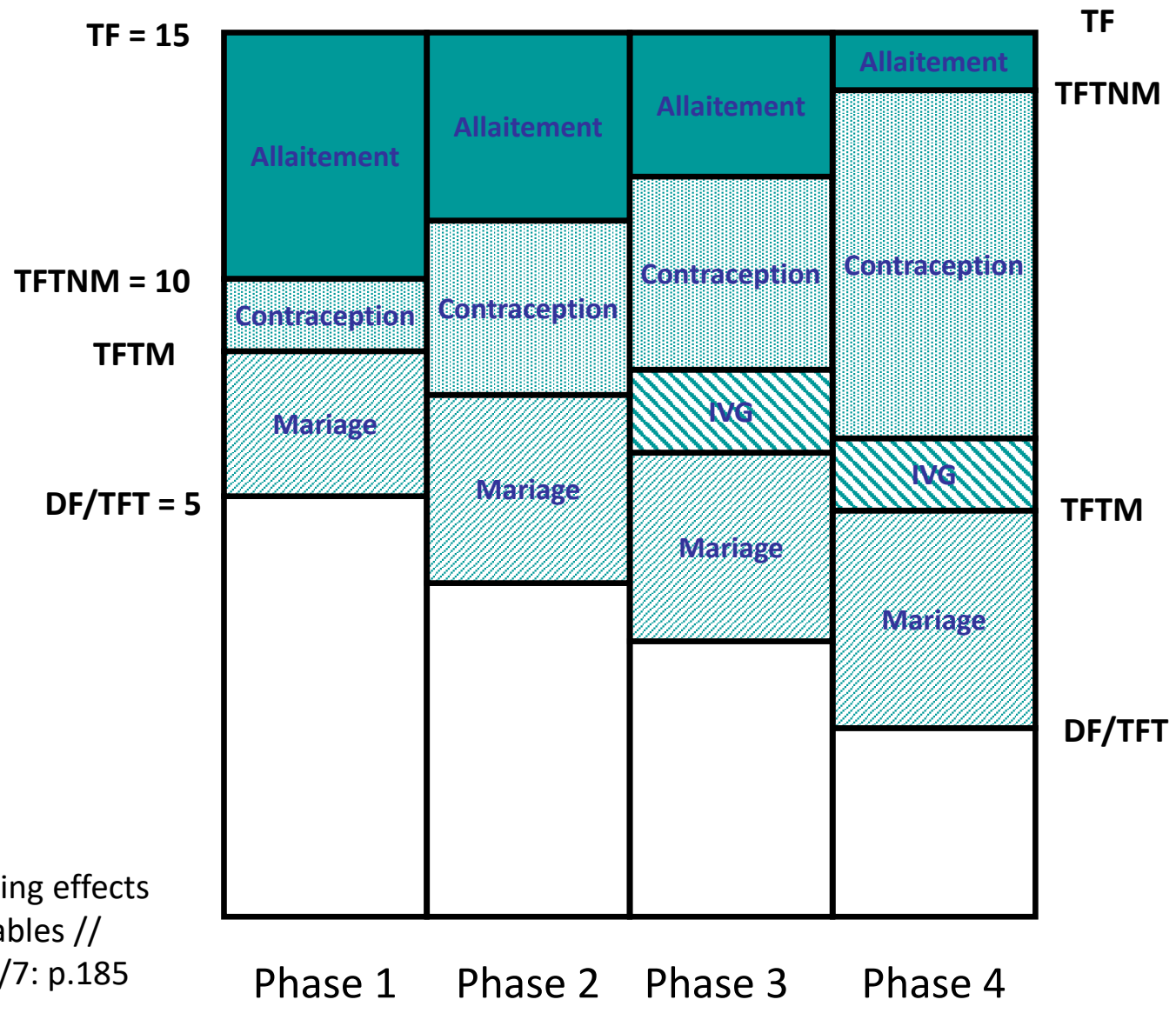
Phase 2 : TFT 4,5 – 6,0

Phase 3 : TFT 3,0 – 4,5

Phase 4 : TFT < 3,0

+ une nouvelle phase de la fécondité extrêmement faible (lowest low fertility)

TFT < 1,9



J.Bonggarts (1982), The fertility inhibiting effects of the intermediate fertility variables // *Studies in Family Planning*, 13, 6/7: p.185

Modèles de comportement procréateur et les niveaux de fécondité

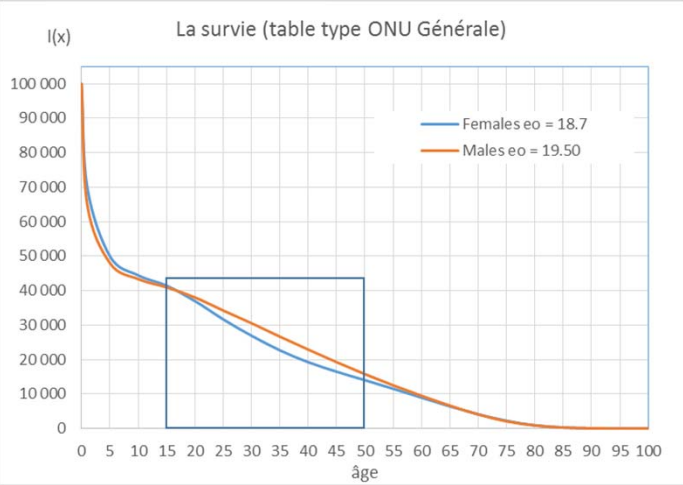
#	Naissance par femme	Espace utilisée	Caractéristiques bio-sociales	Population	Populations historiques
1	16	100%	Maximum biologique	Théorétique	Aucune (cas individuel)
2	11,4	71%	Mariages précoces, intervalles minimales	Certains groups isolés	Français canadiens nés avant 1660
3	9	56%	Mariages tardifs, intervalles minimales	Certains groups 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 20^{e} siècle	Italie, 1937 (3,0)
8	1	6%	Contrôle délibéré des naissances (diffusion générale)	Quelques populations européennes contemporaines	Ligurie (Italie), 1990 (1,0)

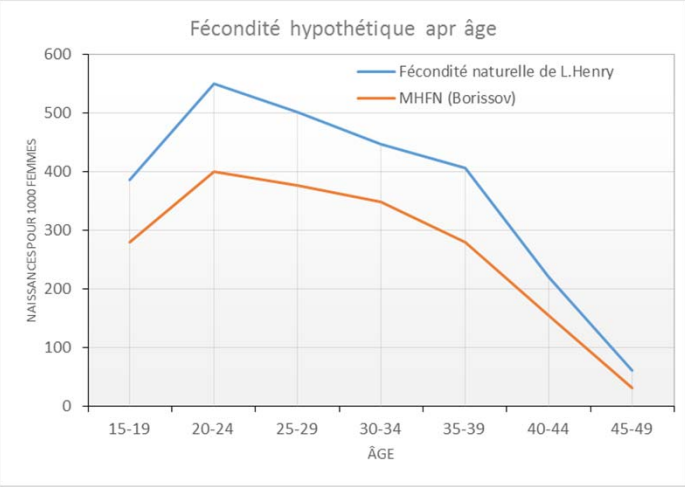
Exemple d'une population naturelle stable:
avec stratégie d'adaptation le régulateur est la mortalité

La croissance (exponentielle) ne peut pas être éternelle et sans limites → La croissance est ralenti par la saturation de l'espace vital. Le ralentissement est proportionnel au carré de l'effectif de la population (locale).

$$P(t) = P_0 e^{rt} \quad (1)$$

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



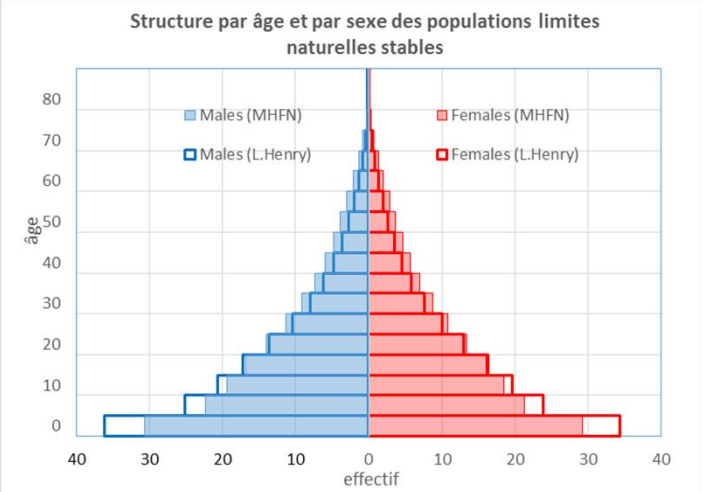


En intégrant l'équation 2 par *t*, on obtient la loi logistique de croissance de la population

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

où ***K*** – la capacité limite de l'espace vital.

Le potentiel de reproduction de la population humaine est très élevé.



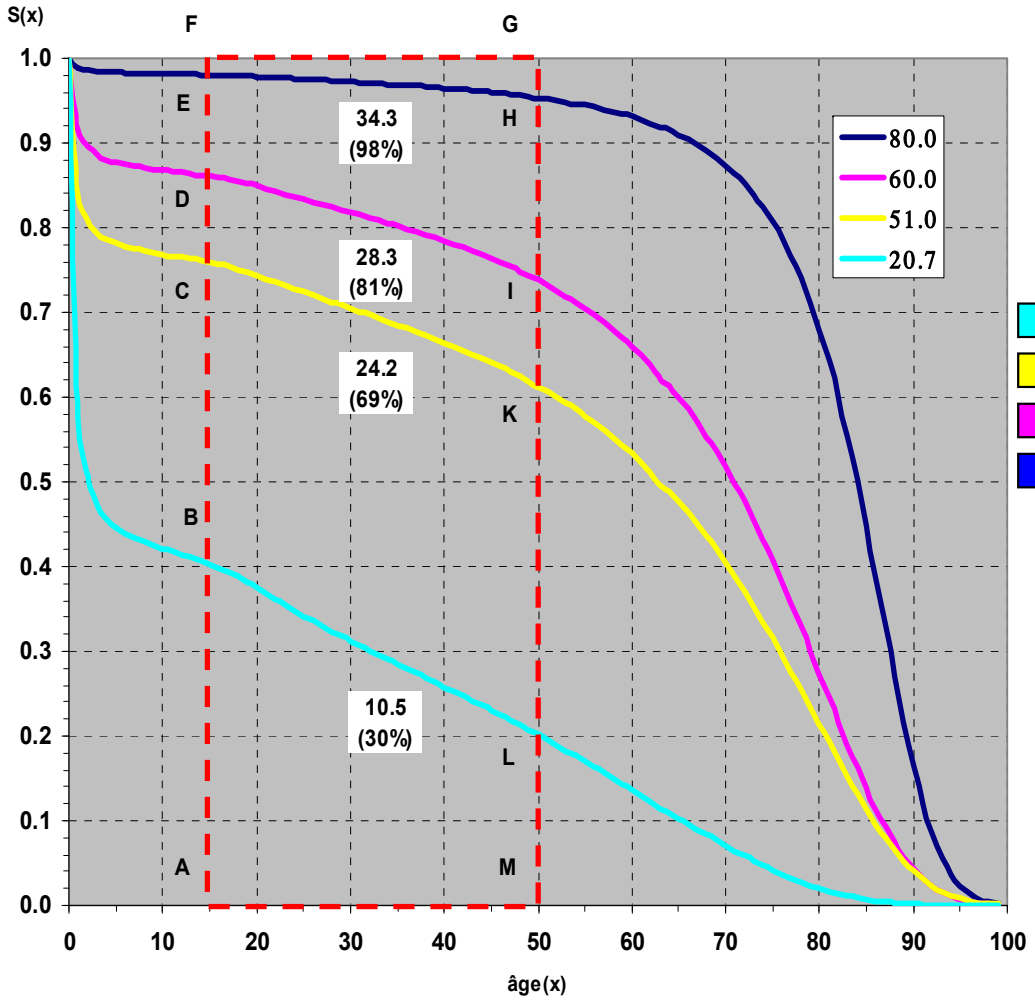
A l'approche de sa limite historique la croissance d'une population locale pourrait être ralenti par la migration ou par l'augmentation de la mortalité, mais la fécondité ne change pas.

	MHFN	L.Henry
Taux intrinsèque de la croissance	0,99%	1,9%
Charge démographique sur 10 personnes 15-49 ans	11	13
Potentiel de la croissance	1,17	1,17
L'espérance de la durée de vie à l'âge de procréation pour une fille à la naissance et à l'âge de 15 ans	9 / 22	9 /22
E_o pour une population stationnaire (mortalité infantile et la survie jusqu'au début de l'âge de procréation)	14,5 (q_o =45%; l_{15}=34%)	11,2 (m_o=58% l_{15}=25%)

© A.Avdeev, 2015

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

Un théorème de reproduction: DF = la durée moyenne de la vie féconde divisée par 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).

Niveau de reproduction :
1) fécondité et survie des mères

Nombre d'enfants selon un modèle de fécondité *en absence de la mortalité*[1)]	Nombre moyen de filles selon le régime de mortalité (pour une femme)[2)]				
	e_0=80	e_0=60	e_0=51	e_0=30	e_0=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.

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[1)]				
	e_0=80	e_0=60	e_0=51	e_0=30	e_0=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.

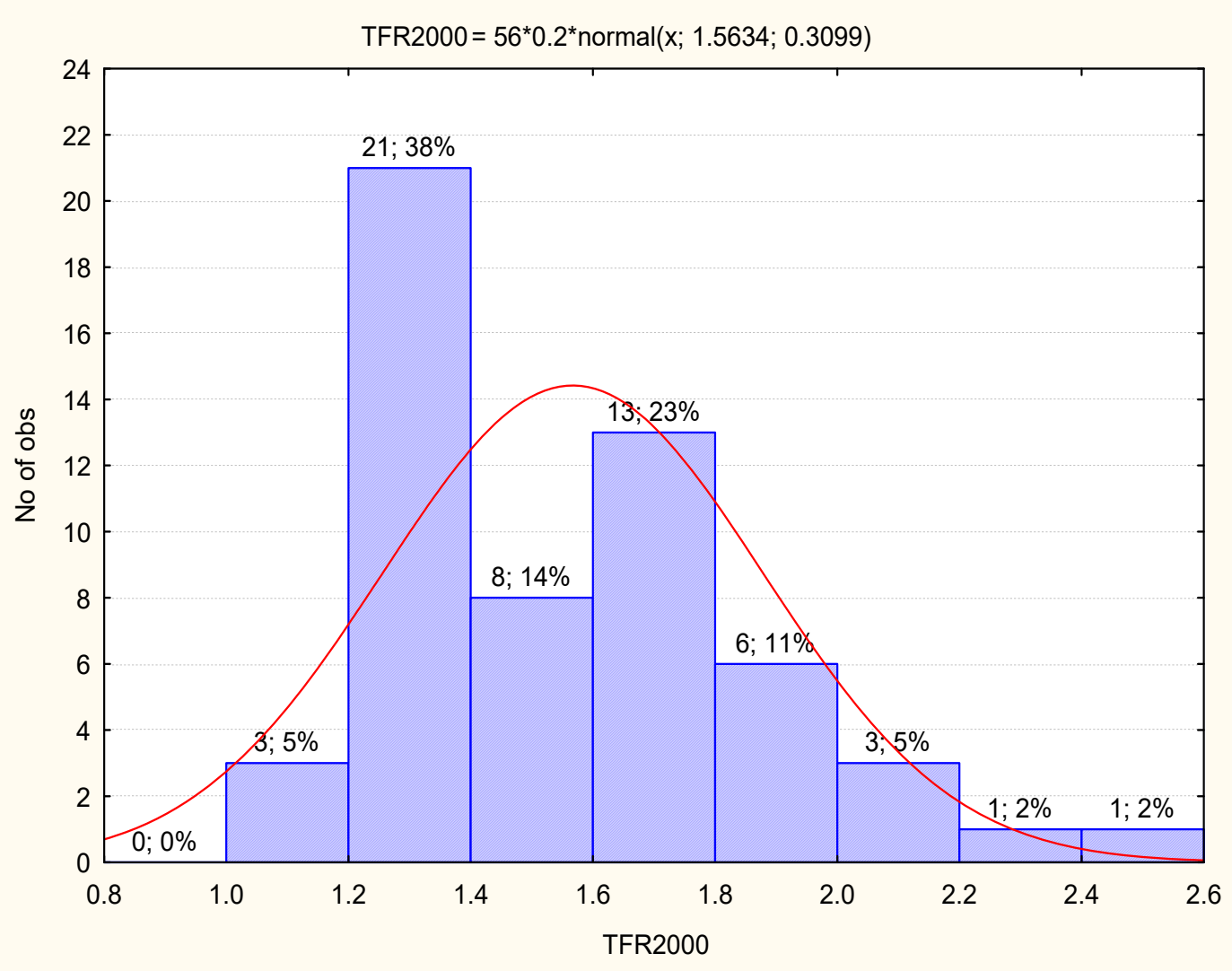
Conclusions :

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.

Annexe: *Illustrations 1*

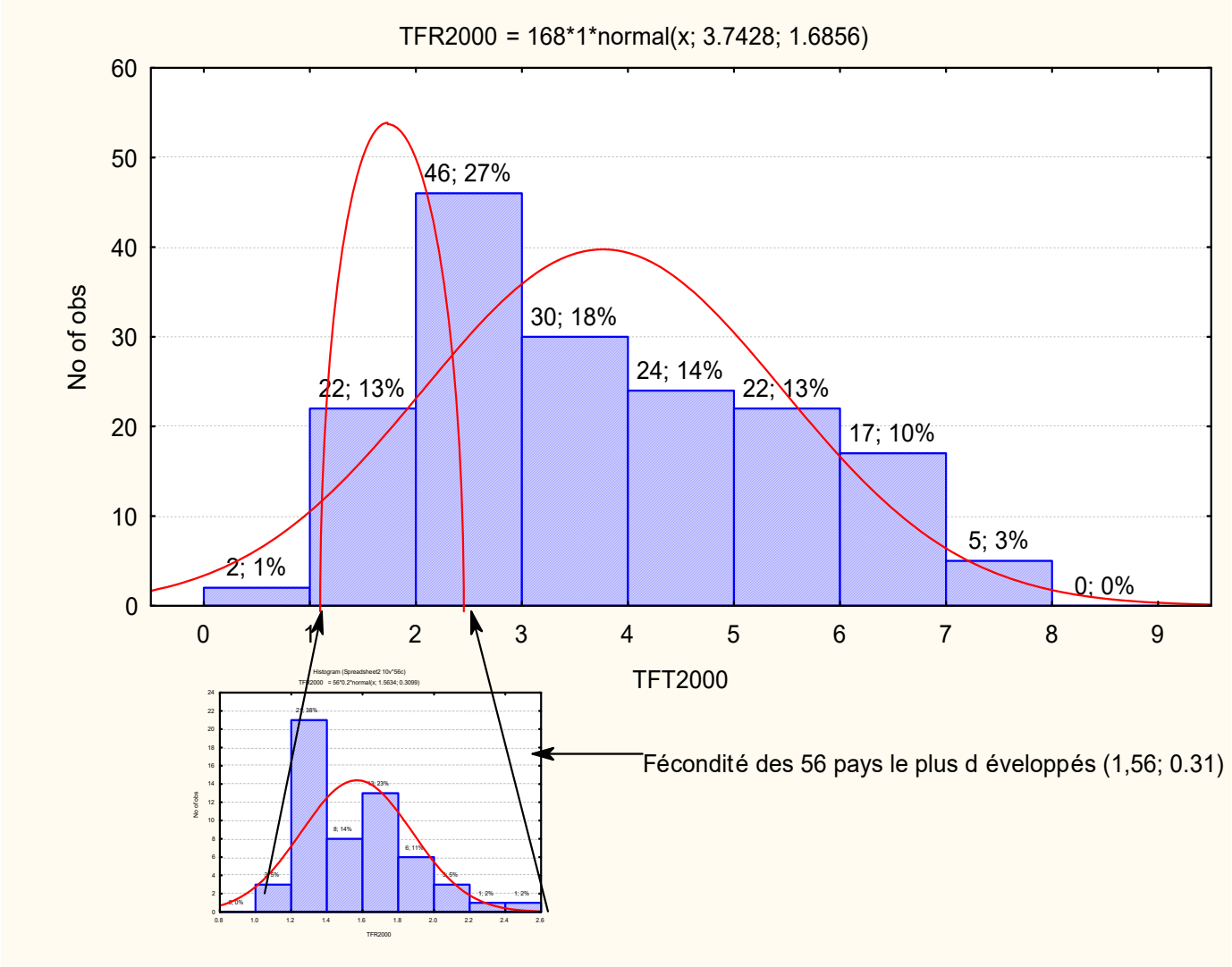
Fécondité de 56 pays les plus développés au début du XXI siècle



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

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 ?