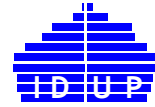




Université Paris 1 Panthéon Sorbonne,

Institut de démographie



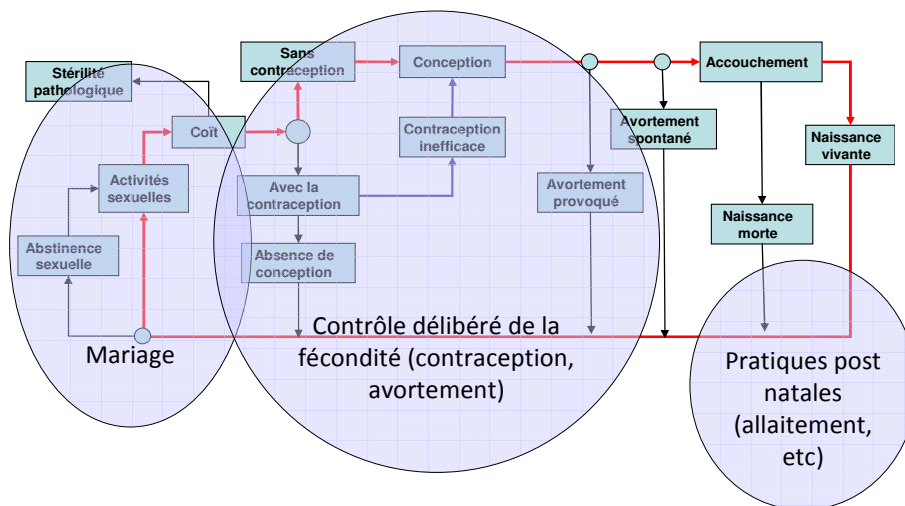
Cours d'analyse démographique (Master de démographie) par Alexandre Avdeev

Chapitre 9

Analyse et comparaison des indicateurs de la fécondité

Fécondité en mariage et fécondité « générale »; « indices de Coale » (ou indices de Princeton) et leur application aux recherches historiques; déterminants intermédiaires de la fécondité

Rappel : Les cycles de reproduction et les champs d'études sur la fécondité



Analyse du comportement : 1) fécondité en mariage

Soit:

- 1) TFT – taux de fécondité totale (indice synthétique de fécondité)
- 2) $TFTM$ – taux de fécondité totale en mariage
- 3) ${}_nG_x$ – la proportion des femmes mariées dans à âge de x à $x+n$
- 4) la fécondité hors mariage = 0
- 5) ${}_nf_x^L$ – taux de fécondité « légale » (des femmes mariées)

$$\frac{TFT}{TFTM} = \frac{n \cdot \sum_{x=\alpha}^{\beta} {}_nf_x^L \cdot {}_nG_x}{n \cdot \sum_{x=\alpha}^{\beta} {}_nf_x^L} = \sum_{x=\alpha}^{\beta} \left(\frac{{}_nf_x^L}{\sum_{x=\alpha}^{\beta} {}_nf_x^L} \right) \cdot {}_nG_x \quad (1)$$

Alors le rapport $TFT/TFTM$ n'est qu'une proportion moyenne des femmes mariées pondérée par la fécondité en mariage

Cours « Analyse démographique » par Alexandre Avdeev, IDUP (M1, DDG)

3

Analyse du comportement : 2) indices de Coale

Coale, Ansley J. (1969) – «The decline of Fertility in Europe from the French Revolution to World War II» in S.B.Behrman, L.Corsa and R.Freedman, eds., *Fertility and Family Planning: AWorld View*. Ann Arbor: University of Michigan Press

Approche : décomposition avec une standardisation indirecte (comportement comparé avec un standard)

Soit

- 1) B – le nombre (annuel) de naissance dans une population observée
- 2) W_i – la distribution par âge des femmes dans cette population
- 3) f_i – la distribution de la fécondité dans cette population
- 4) H_i – une distribution de la fécondité supposée d'être maximale dans une population standard (Huttérite, femmes canadiennes de XVII siècle)

$$\text{Alors } \Rightarrow I_f = \frac{B}{\sum_{i=1}^I H_i \cdot W_i} = \frac{\sum_{i=1}^I f_i \cdot W_i}{\sum_{i=1}^I H_i \cdot W_i}$$

Indice de fécondité générale (plutôt de la natalité) standardisée par âge

Cours « Analyse démographique » par Alexandre Avdeev, IDUP (M1, DDG)

4

Analyse du comportement : 2) indices de Coale (suite)

Soit

- 1) B^L – le nombre (annuel) de naissance légitimes (en mariage) dans une population observée
- 2) W_i^L – la distribution par âge des femmes mariées dans cette population
- 3) f_i^L – la distribution de la fécondité dans cette population
- 4) H_i – une distribution de la fécondité supposée d'être maximale dans une population standard (Huttérite, femmes canadiennes de XVII^e siècle, etc.)
- 5) la fécondité hors mariage = 0 dans la population observée

Alors $\rightarrow \sum_{i=1}^I f_i \cdot W_i = B = B^L = \sum_{i=1}^I f_i^L \cdot W_i^L$ et on peut réécrire l'équation (1)

$$I_f = \frac{\sum_{i=1}^I f_i^L \cdot W_i}{\sum_{i=1}^I H_i \cdot W_i^L} \times \frac{\sum_{i=1}^I H_i \cdot W_i^L}{\sum_{i=1}^I H_i \cdot W_i} = I_g \cdot I_m$$

Indice de fécondité générale est donc décomposé comme un produit de l'indice de fécondité légitime (I_g) et l'indice de proportion des mariées (I_m)

Ajustement des naissances hors mariage 'naissances illégitimes'

On imagine l'indice de fécondité générale comme une moyenne de l'indice de fécondité légitime (I_g) et l'indice de fécondité illégitime (I_h) pondérés par l'indice de proportion des femmes mariées (I_m)

$$I_f = I_g \cdot I_m + I_h \cdot (1 - I_m)$$

où l'indice de fécondité illégitime est un rapport entre les nombres observé et espéré des naissances hors mariage :

$$I_h = \frac{B - B^L}{\sum_i H_i \cdot (W_i - W_i^L)}$$

Indices de Coale (récapitulatif)

$$I_f = \frac{\text{Nombre total des naissances}}{\text{Nombre espéré des naissances}} \quad \rightarrow \text{indice de fécondité générale}$$

$$I_g = \frac{\text{Nombre des naissances "légitimes"}}{\text{Nombre espéré des naissances "légitimes"}} \quad \rightarrow \text{indice de fécondité légitime}$$

$$I_m = \frac{\text{Nombre espéré des naissances "légitimes"}}{\text{Nombre espéré des naissances}} \quad \rightarrow \text{indice de proportion des femmes mariées « nuptialité »}$$

Cours « Analyse démographique » par Alexandre Avdeev, IDUP (M1, DDG)

7

Exemple : Hubert Charbonneau (1970) *Tourouvre-au-Perche aux XVIIe et XVIIIe siècles*, Paris, PUF

i	Age	W_i^L	W_i	H_i	$(H_i) \times (W_i^L)$	$(H_i) \times (W_i)$
1	15-19	1	73	0.300	0.3	21.9
2	20-24	19	87	0.550	10.5	47.9
3	25-29	33	49	0.502	16.6	24.6
4	30-34	58	66	0.447	25.9	29.5
5	35-39	48	56	0.406	19.5	22.7
6	40-44	42	56	0.222	9.3	12.4
7	45-49	37	51	0.061	2.3	3.1
				Somme	84.3	162.1

Nombre de naissance en 1801 (B = 59)

$$I_f = \frac{59}{162,1} = 0,364; \quad \text{On voit que } I_f = I_g \times I_m = 0,7 \times 0,52 = 0,364$$

$$I_g = \frac{59}{84,3} = 0,700;$$

$$I_m = \frac{84,3}{162,1} = 0,520$$

Exercice: 1) calculez le taux de fécondité totale dans la population standard ;
2) commentez le comportement procréateur dans ce village en 1801

Cours « Analyse démographique » par Alexandre Avdeev, IDUP (M1, DDG)

8

Décomposition des indicateurs de la fécondité

Premier approche : Grabill, W.H., C.V.Kiser, P.K.Welpton (1958) *The Fertility of American Women*. NY : Wiley

Une décomposition du nombre de naissances de la période t :

$$B(t) = W(t) \cdot \frac{M(t)}{W(t)} \cdot \frac{O(t)}{M(t)} \cdot \frac{B(t)}{O(t)}$$

$B(t)$ – nombre de naissances de l'année t ;

$W(t)$ – nombre de femmes 15-49 de l'année t (nombre d'années vécues) ;

$M(t)$ – nombre de femmes mariées 15-49 de l'année t (nombre d'années vécues en mariage) ;

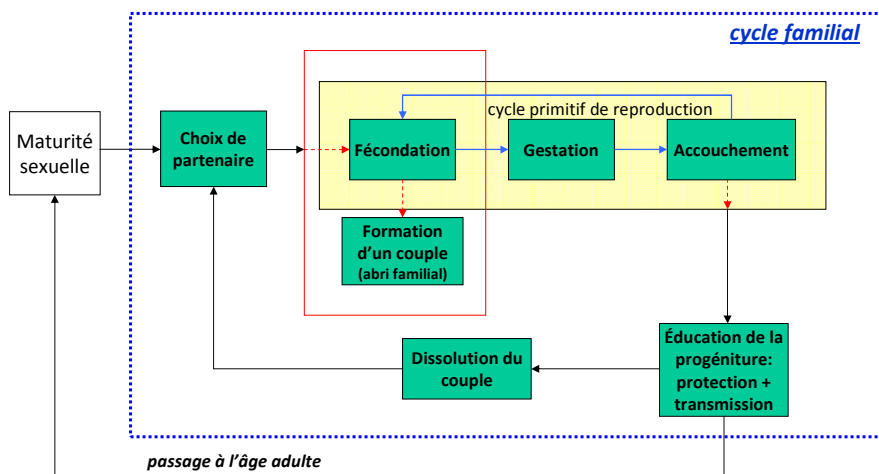
$O(t)$ – nombre de mères âgées (femmes ayant au moins un enfant) de 15 à 50 ans de l'année t ;

Le nombre de naissance est un produit de :

- d'un nombre de femmes âgées de 15 à 50 ans ;
- d'une proportion de femmes mariées de 15-49 ans ;
- d'une proportion de mères mariées de 15-49 ans ;
- d'un nombre moyen de naissance par une mère → (proportion, des mères qui ont eu une naissance durant l'année en question ajustée des naissances multiples)

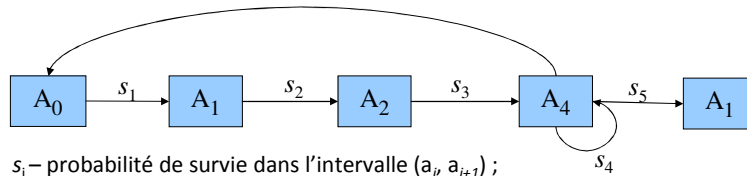
Une image de la fécondité des années 1950 : toutes les naissances sont produites dans le mariage.

Modèle basé sur la structure du cycle de vie : processus démographiques comme transitions entre les états



Cycle de reproduction

$$F = \sigma \gamma \varphi s_f$$



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

s_f – survie des fœtus (entre la conception et 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 $s_5 \rightarrow 0$

Idee de base : la croissance est une propriété de l'espèce (de sa fécondité et de sa survie)
 → croissance est une mesure du remplacement des générations

Composants bio-sociaux de la fécondité humaine

Fréquence des naissances est une fonction inverse de l'intervalle 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)

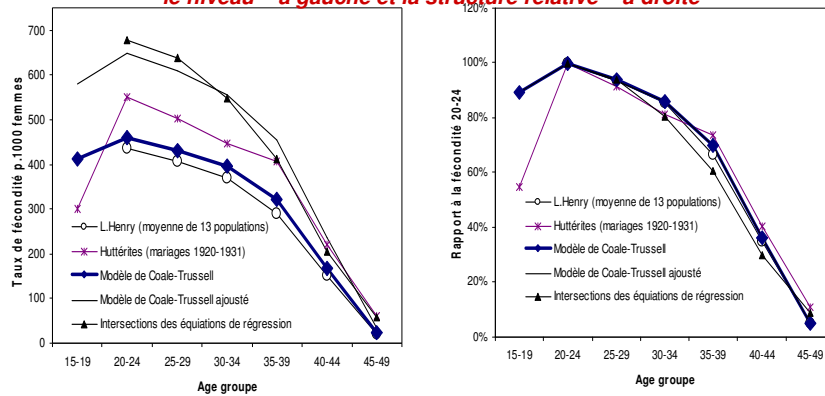
La durée minimale = 40 – 25 = 15 ans → 15 ans/3,75 ans (intervalle max. entre les naissances) = **4 enfants**

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

Fécondité « naturelle » ou la loi de la fécondité : approche de déviation

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.

Cours « Analyse démographique » par Alexandre Avdeev, IDUP (M1, DDG)

13

Cadre théorique initiale de la décomposition

Kingsley Davis and Judith Blake (1956) – « Social Structure and Fertility: An Analytic Framework » *Economic Development and Cultural Change*, Vol. 4, no 3, (Apr., 1956), p.211-235

Déterminant indirects

Variables
socioéconomique,
culturelles et
environnementales



Déterminant directs

Variables
intermédiaires de
la fécondité



Fécondité



- I. Facteurs affectant l'exposition aux rapports sexuels (« Intercours variables »)
- II. Facteurs affectant l'exposition à la conception (« Conception variables »)
- III. Facteurs affectant la gestation et le succès de la parturition (« Variables de gestation »)

Cours « Analyse démographique » par Alexandre Avdeev, IDUP (M1, DDG)

14

I. Facteurs affectant l'exposition aux rapports sexuels (intercours variables) :

A. Facteurs déterminant la formation et la dissolution des union durant aux âges reproductifs :

- 1) Age de début des unions sexuelles
- 2) Célibat définitif (proportion des femmes n'ayant jamais aucun rapport sexuel)
- 3) Partie de la période reproductive dépensée entre et après les unions
 - a. Quand les unions se terminent par le divorce, la séparation ou la désertassions
 - b. Quand les unions se terminent par le décès d'un des conjoints

B. Facteurs de l'exposition aux rapports sexuels au sein des unions :

- 4) Abstinence volontaire
- 5) Abstinence involontaire : impuissance, maladies, séparations inévitables mais temporaires
- 6) Fréquence des rapports sexuels (en dehors des périodes d'abstinence)

Cours « Analyse démographique » par Alexandre Avdeev, IDUP (M1, DDG)

15

II. Facteurs affectant l'exposition à la conception (conception variables) :

- 7) Fertilité et l'infécondité involontaire
- 8) Recours ou non recours aux méthodes de contraception :
 - a. Méthodes mécaniques et chimiques
 - b. Autres méthodes (p.ex. « méthodes naturelles », retrait, toute sorte de simulation sans pénétration etc.)
- 9) Fertilité et infécondité volontaire (stérilisation, subincision, traitement médical etc.)

III. Facteurs affectant la gestation et le succès de la parturition (variables de gestation) :

- 10) Mortalité fœtale spontanée (involontaire)
- 11) Mortalité fœtale provoquée (volontaire)

Cours « Analyse démographique » par Alexandre Avdeev, IDUP (M1, DDG)

16

Variables intermédiaires

(une modification instrumentalisée de John Bongaarts) :

Bongaarts, John (1978) "A Framework for Analyzing the Proximate Determinants of Fertility" *Population and Development Review*, Vol.4, no 1, (March 1978), p.105-138

Onze variables interprétables initiales sont réduites à huit variable « mesurables »:

I. Facteurs d'exposition :

1. Proportion de femmes mariées (mariage = toute union sexuelle)

II. Contrôle délibéré de la fécondité :

2. Contraception

3. Avortements provoqués

III. Facteurs de la fécondité naturelle :

4. Infécondité post-partum (récupération et allaitement)

5. Fréquence des rapports sexuels

6. Stérilité (infécondité)

7. Mortalité intra-utérine spontanée

8. Durée de la période fertile

Cours « Analyse démographique » par Alexandre Avdeev, IDUP (M1, DDG)

17

Facteurs comportementaux inhibiteurs de la fécondité humaine

TABLE 1 Rating of intermediate fertility variables with respect to sensitivity of fertility and variability among populations

Intermediate fertility variables	Sensitivity of fertility to intermediate variables	Variability among populations	Overall rating
Proportions married	+++	+++	+++
Contraceptive use	+++	+++	+++
Prevalence of induced abortion	++	+++	+++
Postpartum infecundability	++	+++	+++
Fecundability	++	++	++
Spontaneous intrauterine mortality	+	+	+
Permanent sterility	++	+	+

+++ = High ++ = Medium + = Low or absent

Fécondité totale naturelle (fertilité)

TF

Allaitement

Fécondité totale naturelle des mariages

TFTNM

contraception

Contraception et IVG

Fécondité totale des mariages

TFTM

IVG

Mariage

Fécondité totale

DF/TFT

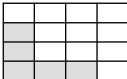
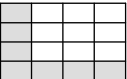
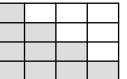
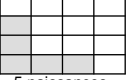
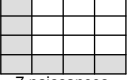
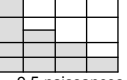
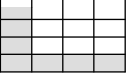
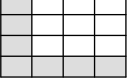
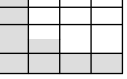
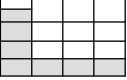
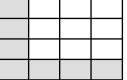
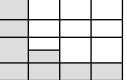
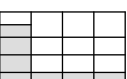
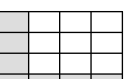
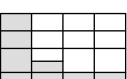
J.Bonggarts (1982), The fertility inhibiting effects of the intermediate fertility variables // *Studies in Family Planning*, 13, 6/7: p.180

Cours « Analyse démographique » par Alexandre Avdeev, IDUP (M1, DDG)

18

9

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	Age au mariage (début des rapports sexuels) variation => 5 naissances
 5 naissances	 7 naissances	 9,5 naissances	Période anovulatoire (allaitement) variation => 4,5 naissance
 6,2 naissances	 7 naissances	 7,5 naissances	Période d'attente variation => 1,3 naissance
 6,2 naissances	 7 naissances	 7,5 naissances	Age à la dernière naissance variation => 1,3 naissance
 6,5 naissances	 7 naissances	 7,2 naissances	Mortalité intra-utérine variation => 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. 129-30. 19

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 18-19 e 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 totale)	Quelques populations européennes contemporaines	Ligurie (Italie), 1990 (1,0)

Déterminants intermédiaires de la fécondité :

Bongaarts, John (1978) "A Framework for Analyzing the Proximate Determinants of Fertility"
Population and Development Review, Vol.4, no 1, (March 1978), p.105-138

$$TFT = \frac{TFT}{FTM} \cdot \frac{FTM}{FTN} \cdot \frac{FTN}{\max FTN} \cdot \max FTN \rightarrow$$
$$\rightarrow TFT = Cm \cdot (Cc \cdot Ca) \cdot Ci \cdot 15,3$$

TFT – taux de fécondité totale (indice synthétique de fécondité, ou la descendance finale) ;

FTM – taux de fécondité totale en mariage¹⁾ ;

FTN – taux de fécondité totale naturel (en mariage);

maxFTN – fécondité maximale potentielle (il est supposé qu'elle est égale à 15, 3 enfants par femme).

¹⁾ mariage = toute union sexuelle

Modèle de Bongaarts

$$TFT = C_m \cdot C_c \cdot C_a \cdot C_i \cdot TNF$$

C_m – un indice de proportion de femmes mariées (indice d'exposition au risque de concevoir) ;

C_c – un indice mesurant l'impact d'utilisation délibérée de la contraception ;

C_a – un indice de l'avortement provoqués ;

C_i – un indice d'effet anticonceptionnel de l'allaitement;

TNF – le taux de fécondité totale naturelle maximal ($\approx 15,3$)

Chaque indice varie du 0 (blocage total) à 1 (facteur absent)

C_m = Proportion des mariées

L'effet inhibiteur de mariage se manifeste numériquement comme une proportion moyenne de femmes mariées pondérée par les taux de fécondité en mariage par âge.

$$C_m = \frac{TFT}{TFTM} = \frac{\sum m(a) \cdot g(a)}{\sum g(a)}$$

$m(a)$ – proportion des mariées à l'âge a

$g(a)$ – fécondité des mariées à l'âge a

Cette *approche analytique* a été développée dans projet de Princeton (indice de Coale)

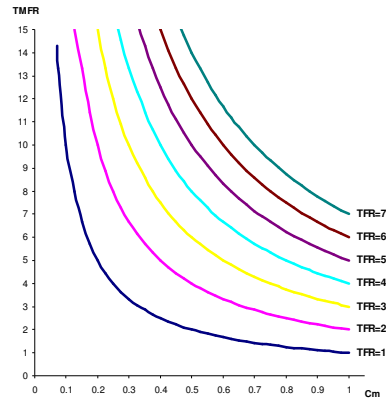
$$TFT = C_m \times TFM$$

Problèmes d'estimation :

- 1) Problème des conceptions pré-nuptiales et extra-nuptiales.
- 2) Données incertaines sur l'implication des personnes dans une union sexuelle ;
- 3) Statistique d'état civil n'est pas suffisante (multiplicité de forme des unions) ;

Cours « Analyse démographique » par Alexandre Avdeev, IDUP (M1, DDG)

Rapport entre la fécondité générale (isoquants), la fécondité des unions (Y) et C_m (X)



23

C_c = indice de la contraception (non utilisation de la contraception)

L'approche empirique : régression non linéaire à partir des données des enquêtes sur la fécondité.

$$C_c = 1 - 1,08 \cdot u \cdot e$$

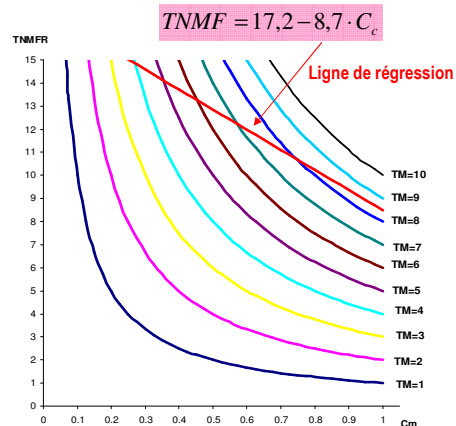
u – une proportion des femmes utilisatrices de la contraception ;
 e – l'efficacité moyenne des méthodes de contraception utilisées.

La définition de l'efficacité de contraception est un problème particulier. En générale elle est mesurée soit avec le taux d'échec (indice de Pearl, 1933), soit à partir de table d'extinction (échec de protection)...

$$TFT = C_m \times C_c \times TNMF$$

Cours « Analyse démographique » par Alexandre Avdeev, IDUP (M1, DDG)

Rapport entre la fécondité en union (isoquants), la fécondité naturelle des unions (Y) et C_c (X)



24

C_a = indice d'avortement

$$C_a = \frac{TFT}{TFT + A}$$

A – nombre de grossesses par femme interrompues par avortement ;
 TFT – taux de fécondité totale

$$C_a = \frac{TFT}{TFT + 0,4 \cdot (1 + u) \cdot TA}$$

TA – taux total des avortements (indice synthétique des avortements=somme des taux des avortement par âge);

u – proportion des femmes utilisatrices des moyens contraceptifs (prévalence de la contraception)

Si $u = 0$ (en absence des pratiques contraceptives), un avortement prévient 0,4 naissance.

$$0,4 \cdot (1 + u) < 1$$

Ce multiplicateur exprimant « efficacité » d'un avortement est toujours inférieur à 1, puisque la durée d'une grossesse terminée par un avortement est toujours plus courte que celle aboutissant à une naissance

$$TFT = C_m \times C_c \times C_a \times TNFM$$

 C_i = indice d'infécondité post-partum

Sans allaitement l'intervalle minimal entre les naissances = **1,5+7,5+2+9=20 mois**

1,5 mois – la durée moyenne de l'infécondité après accouchement (sans allaitement)

7,5 mois – la durée moyenne d'attente d'une conception

2 mois – les pertes moyennes de temps à cause des avortements spontanés etc.

9 mois – la durée moyenne d'une grossesse efficace

Il n'y a qu'une partie variable en fonction de l'allaitement →

$$C_i = \frac{20}{18,5 + i}$$

i – la durée de l'infécondité post-partum (après un accouchement) en mois

Problème d'estimation de « i »

$i = 1,5 + 0,56 \cdot L$ → Solution proposée par Carlo Cosini en 1977 lors d'un séminaire de l'IUSSP à l'INED

$i = 1,753 \cdot e^{0,1396 \cdot L - 0,001872 \cdot L^2}$ → Une solution proposée par J. Bongaarts en 1982

$$TFT = C_m \times C_c \times C_a \times C_i \times TF \rightarrow \text{Modèle final}$$

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

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

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

