

Chapitre 7

Approche démographique de l'analyse de fécondité*

1. *Introduction : la physiologie de la reproduction humaine (âge féconde, etc.) et l'histoire des études démographiques de la fécondité*
2. *Les indicateurs conventionnels de la natalité et de la fécondité*
3. *Fécondité par âge: approche transversale (fécondité par âge, fécondité totale, âge moyen à la maternité)*
4. *Fécondité par rang de naissance (probabilité d'agrandissement de la famille)*
5. *Approche longitudinale: descendance finale (à partir de l'état civil et d'une enquête rétrospective)*
6. *Interférence entre les indicateurs transversaux et longitudinaux*
7. *Tables de fécondité par âge des mères et par rang de naissances*
8. *Engrenage de la mortalité et de la fécondité; le niveau de fécondité dans le monde contemporain.*
9. *Fécondité, cycle de vie et les approches auxiliaires de l'analyse de la fécondité*

R. Kuczynski (1938) The analysis of vital statistics // *Economica*, New Series, Vol. 5, No. 18 (May, 1938), pp. 138-163 and No. 19 (Aug., 1938), pp. 289-315

“Until about 1930 the frequency of births was measured in official statistics according to the same principles as the frequency of marriages. In countries where the age of mothers at birth was not recorded, fertility was measured by relating the number of births to the number of inhabitants (crude birth rate) or to the number of women at child-bearing age (general fertility rate), the latter information being supplemented as a rule by the ratio of legitimate births to married women and the ratio of illegitimate births to unmarried women. In countries where the age of mothers at birth was ascertained, specific fertility rates were computed for the various age groups or even for each year of age; but these disconnected rates did not throw any light on fertility as a whole.

To-day the situation is quite different. In most countries where the age of mothers at birth is recorded, a very simple device is used for fusing the specific fertility rates into one numerical expression, ¹ and the realization that by this means they may obtain a clear picture of the fertility of their people has induced many countries which formerly did not ascertain the age of mothers at birth now to collect this information.² Economic Intelligence Service of the League of Nations has published every year a survey for all the countries providing the necessary basic data. ³” (p.295)

1) I suggested this device and applied it to the birth statistics of Sweden 1891-1900 and Berlin 1896-1900 in a paper submitted to the International Congress on Hygiene and Demography held in Berlin, 1907 (see *Bericht*, Vol. III, pp. 1472-1484; reprinted in *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, Third Series, Vol. XXXV, pp. 229-241).

2) The United Kingdom has followed suit on 1st July, 1938. -----

3) See Statistical Year-Book of the League of Nations, 1933-36, pp. 50-57; 1936-38, pp. 44-51; 1937-38, pp. 51-59.

Fécondité et Natalité

On étudie sous le nom de **fécondité** les phénomènes quantitatifs directement liés à la procréation des enfants au sein des populations ou des sous-populations. Le mot **natalité** est utilisé pour désigner la fréquence des naissances au sein des populations proprement dites, à l'exclusion des sous-populations, et l'on entend plus particulièrement par fécondité la fréquence des naissances au sein d'ensembles en âge de procréer.

Naissance

On distingue les **naissances vivantes**, ou naissances d'enfants nés vivants, des **naissances d'enfants mort-nés**, à l'aide de **critères de vitalité** tels que la respiration, la mobilité, le battement du cœur de l'enfant, après complète expulsion ou extraction.

Fertilité, stérilité (≠ infécondité)

Les mots **fertilité et stérilité** sont employés en démographie pour désigner respectivement **la capacité ou l'incapacité de donner le jour à des enfants vivants** ; l'incapacité à concevoir et l'incapacité à procréer sont des causes principales d'**infécondabilité**, mais non uniques de la stérilité.

Indicateurs

Le taux brut de natalité, ou plus précisément le taux brut annuel de natalité effective, s'obtient en divisant le nombre annuel des naissances vivantes par l'effectif moyen de la population. Des méthodes analogues à celles employées pour le calcul des taux comparatifs de mortalité permettent d'obtenir des **taux comparatifs de natalité**.

Structure par rang

Dans les taux de fécondité par rang, on rapporte les naissances d'un certain rang à un nombre de femmes, à un nombre de mariages, à un nombre de naissances du rang précédent. On appelle taux de fécondité par parité des taux où **les naissances d'un rang donné (n) sont rapportées aux seules femmes susceptibles de donner naissance à un enfant de rang n (femmes de parité n-1)**.

**Définir les bornes de la « vie féconde » ou
l'ordre du genre en démographie**

Approches traditionnelles des âges reproductifs : la focalisation sur les femmes

« Age physiologique de fécondité »

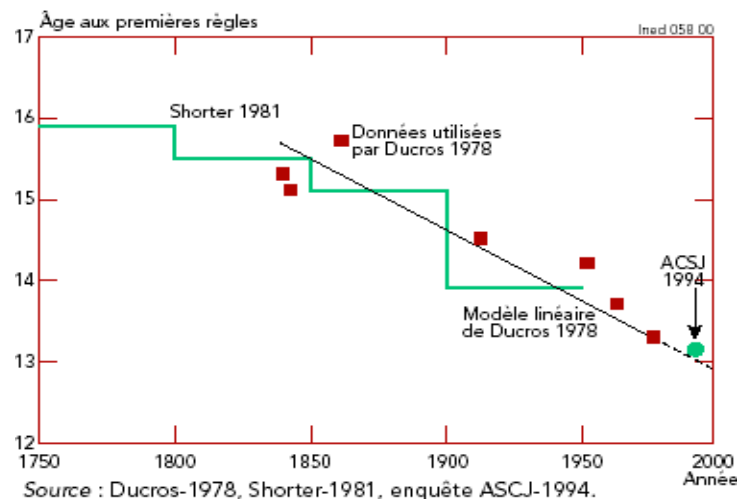
Chronologie	Age moyen (extrêmes)
Puberté: accélération du rythme de croissance staturale	11 (8-14)
Ménarche	13 (11-15)
Cycles ovulatoires	15
Ménopause	50 (40-55)

Le début : l'âge de puberté des filles varie entre 8 et 13 ans ; l'âge de règles (ménarche) varie entre 11 et 15 ans

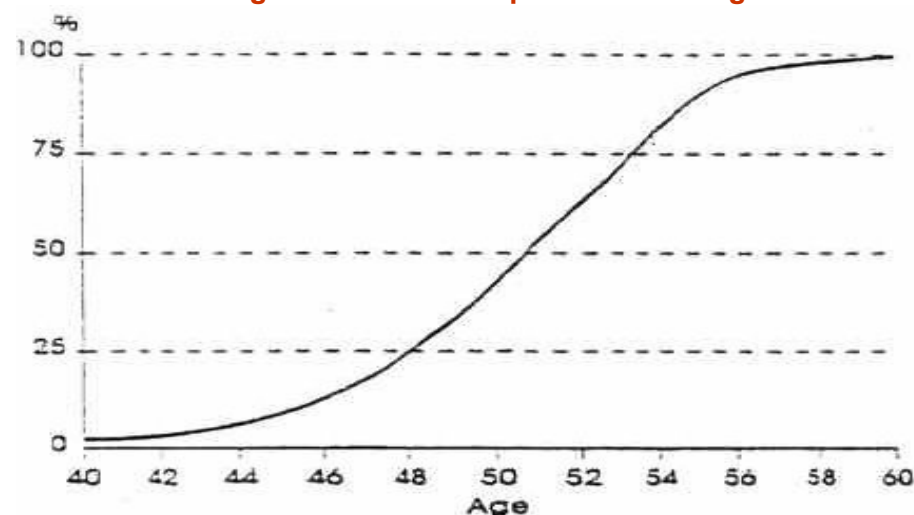
La fin : l'âge de ménopause se situe à 51 ans en moyen (varie entre 48 et 55 ans). Lorsque l'arrêt de la menstruation a dépassé la durée de 1 an, on admet qu'on est entré dans la période de ménopause confirmée.

Période d'activité fonctionnelle complète de la fin de la puberté jusqu'à la ménopause : Déroulement d'environ **300 cycles ovulatoires**. Cette période se termine quand le nombre de follicules primordiaux est devenu très faible ou nul.

Déclin séculaire de l'âge aux premières règles en France entre 1750 et 1995



Pourcentage de femmes ménopausées selon l'âge.



Source : Léridon H., « L'âge de la ménopause ». *Gyn Obst* 1992, n° spécial mars, 4.

Convention sur les seuils de la « vie féconde » : 15-49 ans révolu.

Mesurer la fertilité à travers la mesure de la stérilité

L'implicite hétérosexuel de la reproduction biologique

Elise de la Rochebrochard

(*Population & Sociétés*, n° 371, Septembre 2001)

https://www.ined.fr/fichier/s_rubrique/18715/pop_et_soc_francais_371.fr.pdf

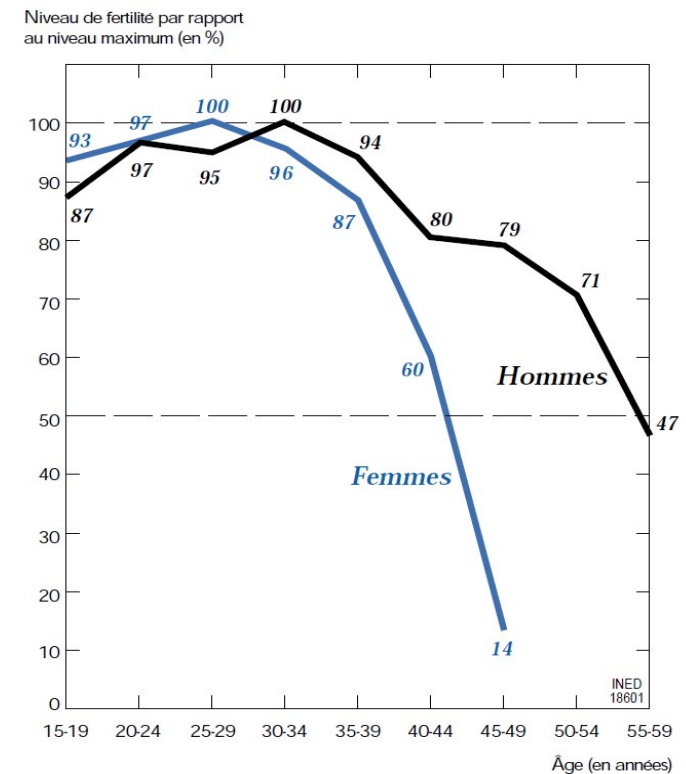
Tableau 1 - Répartition des causes d'infécondité

Cause d'infécondité	Pour 100 couples
Mixte (féminine et masculine)	38
Purement féminine	34
Purement masculine	20
Inconnue	8

Source : [1] - Enquête auprès de 1 686 couples ayant consulté un gynécologue ou un obstétricien (exerçant en indépendant ou en milieu hospitalier) entre juillet 1988 et juin 1989 dans trois départements français (Indre-et-Loire, Loire-Atlantique, Haute-Vienne), pour un problème d'infécondité (défini par une période d'attente sans conception d'au moins 12 mois). La répartition des causes d'infécondité est estimée à partir des 1 318 couples dont les deux partenaires ont été examinés.

[1] P. THONNEAU, S. MARCHAND, A. TALLEC, M. L. FERIAL, B. DUCOT, J. LANSAC, P. LOPES, J. M. TABASTE et A. SPIRA «Incidence and main causes of infertility in a resident population (1,850,000) of three French regions (1988-1989)», *Human Reproduction*, 1991, vol. 6, n° 6, p. 811-816.

Figure 1 - Variations de la fertilité avec l'âge de l'homme et l'âge de la femme



Source : [4] - Estimations issues d'une régression effectuée sur 5 959 biographies de femmes mormons nées entre 1840 et 1859.

[4] G.P. MINEAU et J. TRUSSELL - «A specification of marital fertility by parents' age, age at marriage and marital duration», *Demography*, 1982, vol. 19, n° 3, p. 335-350.

Indicateurs conventionnels de la natalité et de la fécondité

Rappel :

on parle de **la natalité** quand il s'agit d'un nombre de naissances (total ou relatif à l'effectif de la population) le plus souvent dans le contexte de l'équation du bilan démographique.

on parle de **la fécondité**, quand on s'intéresse à des comportements individuels, et en construisant des indicateurs en « nombre d'enfants par personne » qui s'inscrivent dans le contexte de l'analyse de reproductions des générations.

Natalité et fécondité :

En démographie (francophone) la notion de la natalité est un élément de l'équation fondamental du mouvement de la population:

En termes du volume :

$$\text{[Accroissement naturel durant une période } t] = \text{[nombre de naissances]} - \text{[nombre de décès]} \rightarrow AN_t = N_t - D_t$$

En termes des nombres réduits à l'effectif de la population (exposée) :

$$\text{[taux d'accroissement naturel]} = \text{[taux brut de natalité]} - \text{[taux brut décès]} \rightarrow \frac{AN_t}{P_{LQ,t}} = \frac{N_t}{P_{LQ,t}} - \frac{D_t}{P_{LQ,t}} \Rightarrow TBAN = TBN - TBD$$

En français on parlait de « dénatalité » quand : $N_t < D_t$ et par conséquent $TBN < TBD$.

Le niveau du **TBN** dépend de deux dimensions :

1) de la part des femmes 15-49 ans (${}_{35}W_{15}$) dans la population $\frac{{}_{35}W_{15}}{P_t}$; et

2) de leur productivité procréatrice qu'on peut quantifier comme le rapport **le nombre de naissance à la population féminine** âgées 15-49 exposée pendant une période t . On appelle ce ratio

$$\text{le taux de fécondité générale (TFG) : } TFG_t = \frac{N_t}{{}_{35}W_{15} \cdot t} \rightarrow TBN_t = \frac{N_t}{{}_{35}W_{15}} \cdot \frac{{}_{35}W_{15}}{P_t} = TFG \cdot \frac{{}_{35}W_{15}}{P_t}$$

En conclusion: la natalité (taux brut de natalité) dépend de la fécondité générale (taux de fécondité générale) et de la structure de population par sexe et par âge (proportion des femmes de l'âge 15-49 ans).

Taux Brut de Natalité (TBN) versus Taux de Fécondité Global (TFG)

Soit t un intervalle (unité) de temps (période d'observation) ;

$N(t)$ – nombre de naissances enregistrées durant la période t

$\bar{P}(t)$ – effectif moyen annuel de la population sur la période t

${}_{35}P_{15}^F(t)$ – population moyenne de sexe féminin à l'âge de 15 à 50 ans (annuelle) sur la période t

1) Taux brut de natalité

Application : bilan démographique

$$TBN(t) = \frac{N(t)}{t \cdot \bar{P}(t)}$$

2) Taux global de fécondité

Application : reproduction des générations
fictives où réelles

$$TFG(t) = \frac{N(t)}{t \cdot {}_{35}P_{15}^F(t)}$$

Soit ${}_{35}C_{15}^F(t)$ – la proportion des femmes âgées 15-49 dans la population totale

Alors on peut en déduire que \rightarrow
$$TBN = TFG \cdot {}_{35}C_{15}^F$$

$${}_{35}C_{15}^F = \frac{\bar{P}^F}{\bar{P}}$$

Le nombre de naissance est un facteur conjoncturel

La proportion de femmes en âge d'avoir des enfants est un facteur structurel

Exemple de calcul : TGF, ISF et âge moyen à la maternité

Population observée

Âge	Femmes	Naiss.	Milieu x	f_x
15-19	20 000	400	17,5	0,020
20-24	18 000	1 440	22,5	0,080
25-29	16 000	1 920	27,5	0,120
30-34	15 000	1 500	32,5	0,100
35-39	14 000	700	37,5	0,050
40-44	13 000	130	42,5	0,010
45-49	12 000	10	47,5	0,0008
Total	108 000	6 100		$\Sigma f_x = 0,3808$

Formules utilisées : $TGF = B / F_{15-49} \times 1000$ • $ISF = 5 \Sigma f_x$ • $\text{Âge moyen} = \Sigma(x \cdot B_x) / \Sigma B_x$

1. Âge moyen à la maternité

On pondère chaque âge central de classe par le nombre de naissances observées.

$$\bar{a} = \Sigma(x \cdot B_x) / \Sigma B_x = 173\,200 / 6\,100 = 28,4 \text{ ans}$$

2. Taux global de fécondité (TGF)

On rapporte le total des naissances au total des femmes âgées de 15 à 49 ans.

$$TGF = (6\,100 / 108\,000) \times 1000 = 56,5 \text{ pour } 1\,000$$

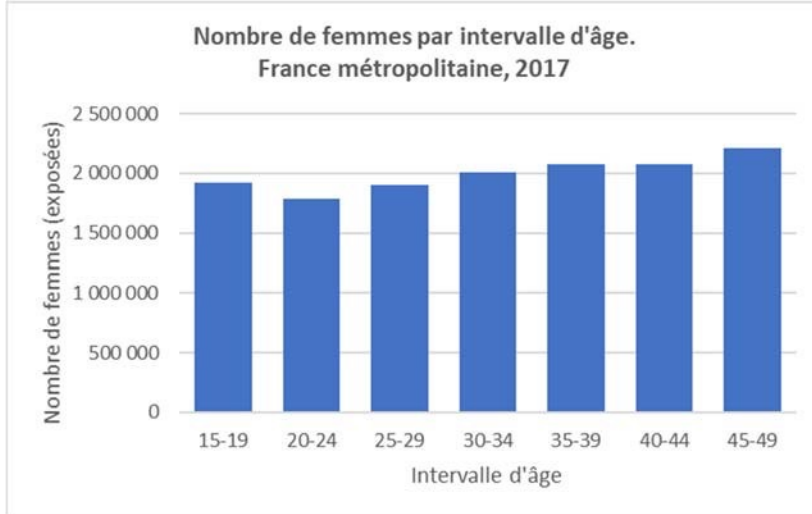
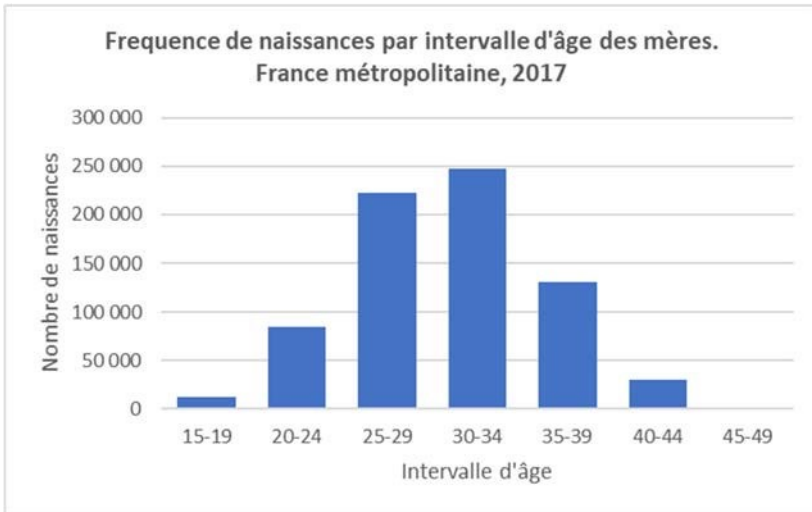
3. Indice synthétique de fécondité (ISF)

On additionne les taux de fécondité par âge, puis on multiplie par 5 (classes quinquennales).

$$ISF = 5 \times \Sigma f_x = 5 \times 0,3808 \approx 1,90 \text{ enfant/femme}$$

Lecture : le même exemple donne un TGF observé de 56,5 pour 1 000 femmes, un ISF de 1,90 enfant par femme et un âge moyen à la maternité de 28,4 ans.

Principes de calculs des indicateurs de la fécondité : les taux de fécondité par âge (TFSA en ‰)



Intervalle d'âge	Amplitude d'intervalle d'âge	Nombre de naissances	Nombre de femmes (exposées)	Taux de fécondité par âge (tfsa) pour 1000
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(3)/(4)
15-19	5	12 501	1 924 553	6.50
20-24	5	84 402	1 787 600	47.22
25-29	5	222 883	1 906 032	116.94
30-34	5	247 604	2 011 783	123.08
35-39	5	130 801	2 072 822	63.10
40-44	5	29 870	2 080 585	14.36
45-49	5	1 960	2 210 607	0.89
total		730 021	13 993 982	

Données pour cet exemple: France métró, 2017 ; fichier: ...Fecondite\Lexis pour fecondite.xlsx

δ – la proportion de filles parmi les naissances moyenne (indépendamment de l'âge des mères) ou spécifique à l'âge

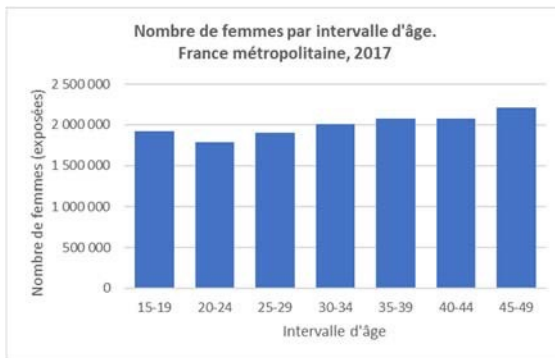
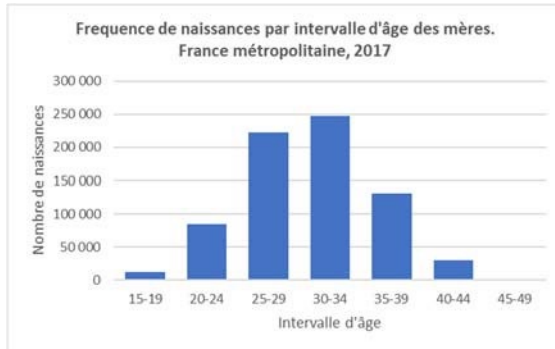
$$TFG = \frac{N}{\bar{P}_{15-49} t} = \frac{730021}{13.993.892 \cdot 1} \cdot 1000 = 52,17\text{‰}$$

Soit les naissances réduites par âge ou taux de fécondité spécifique à l'âge

$${}_n f_x = \frac{{}_n N_x}{\bar{P}_x t} ; \quad {}_5 f_{15} = \frac{12\,501}{1\,924\,553} \cdot 1000 = 6,50\text{‰}$$

les taux par âge sont annualisés ${}_5 f_{15}$ s'applique à 5 intervalles annuels d'âge: 15, 16, 17, 18 et 19

Principes de calculs des indicateurs de la fécondité : rapport entre les taux de fécondité par âge et le taux global de fécondité



Intervalle d'âge	Amplitude d'intervalle d'âge	Nombre de naissances	Nombre de femmes	Taux de fécondité par âge (tfsa) pour 1000
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(3)/(4)
15-19	5	12 501	1 924 553	6.50
20-24	5	84 402	1 787 600	47.22
25-29	5	222 883	1 906 032	116.94
30-34	5	247 604	2 011 783	123.08
35-39	5	130 801	2 072 822	63.10
40-44	5	29 870	2 080 585	14.36
45-49	5	1 960	2 210 607	0.89
total		730 021	13 993 982	

Taux de fécondité générale

$$TFG = \frac{N}{\bar{P} \cdot t}$$

Taux de fécondité spécifique à l'âge

$$TFSA \equiv {}_n f_x = \frac{{}_n N_x}{\bar{P}_x \cdot t}$$

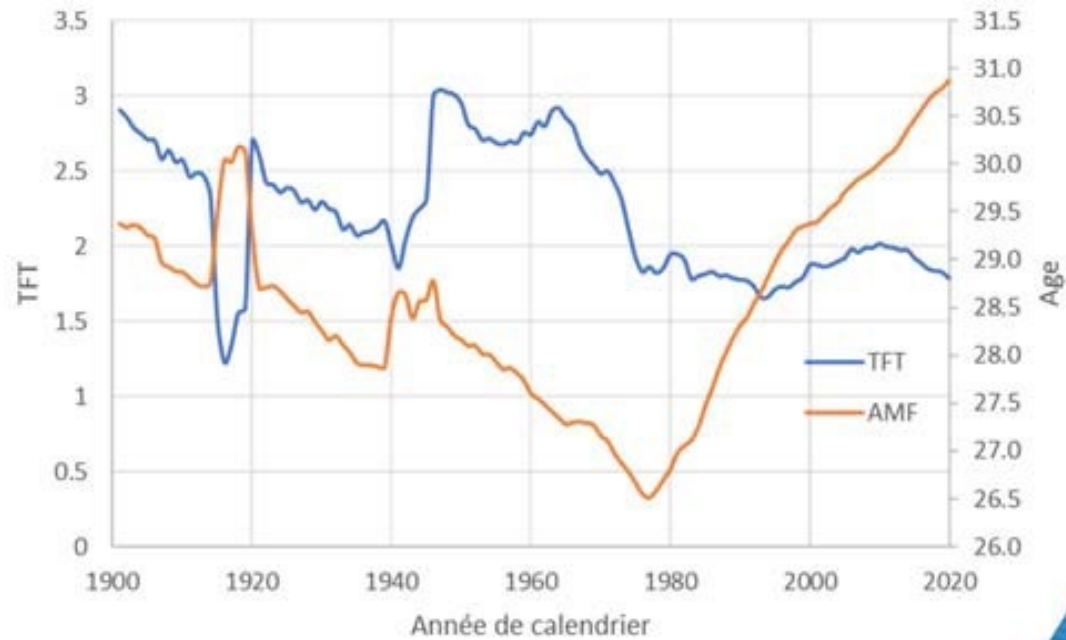
$$TFG = \frac{\sum_{x=15}^{45} {}_n N_x}{\sum_{x=15}^{45} \bar{P}_x \cdot t} = \frac{\sum_{x=15}^{45} {}_n f_x \cdot \bar{P}_x \cdot t}{\sum_{x=15}^{45} \bar{P}_x \cdot t} = \sum_{x=15}^{45} f_x \cdot \frac{\bar{P}_x}{\sum_{x=15}^{45} \bar{P}_x}$$

Le taux de fécondité générale **est la moyenne des taux par âge pondérés par la structure par âge des femmes à l'âge fécond**, il dépend donc de la fécondité par âge et de la structure de la population

(Les taux de fécondité varient beaucoup avec l'âge et aussi bien que la structure de la population par âge, pour neutraliser l'effet de la structure par âge on peut recourir à la standardisation)

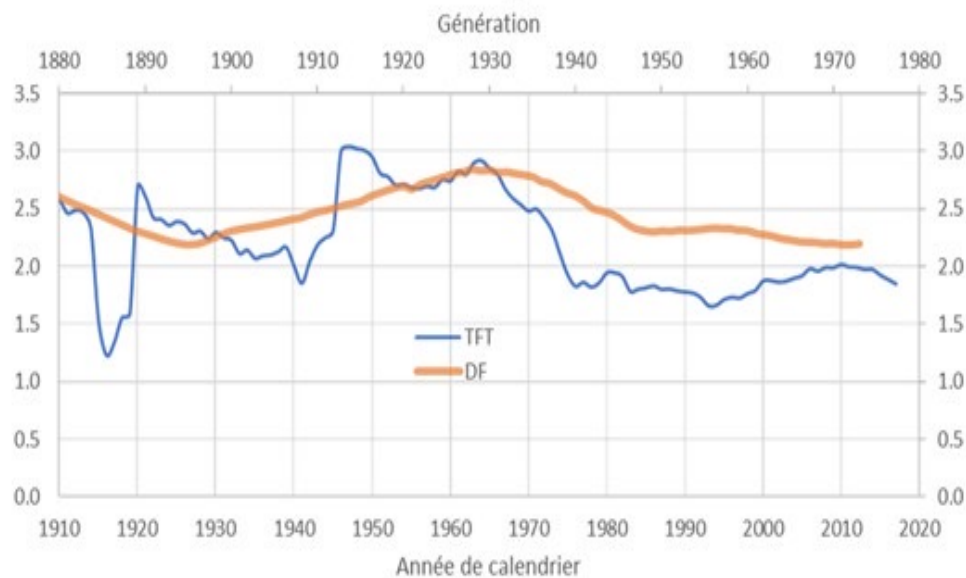
Analyse visuelle de l'évolution séculaire de la fécondité en France à partir des taux par âge

Tendances annuelles de la fécondité

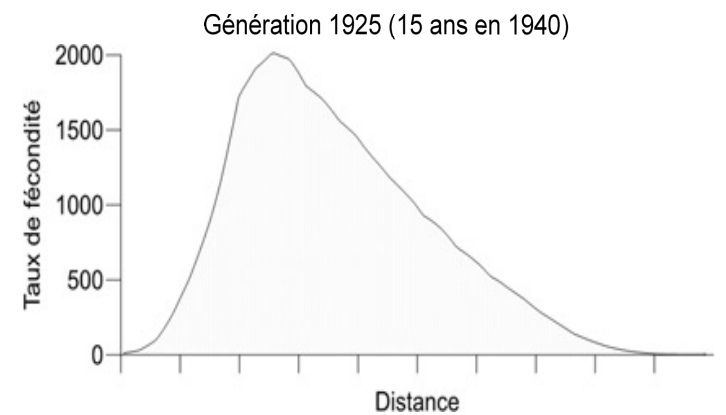
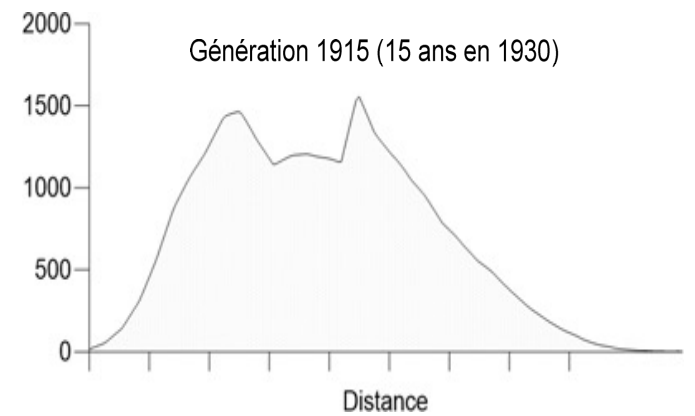
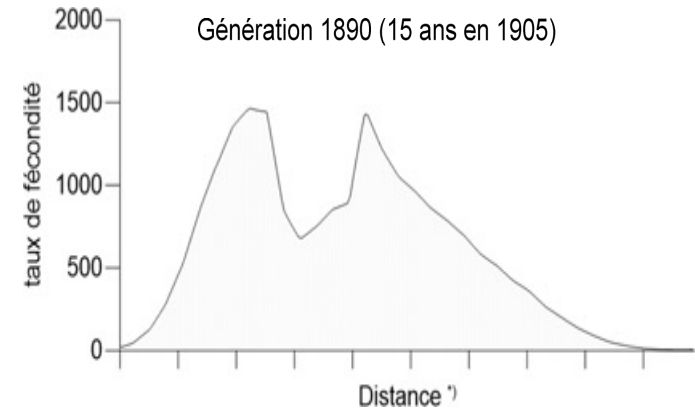
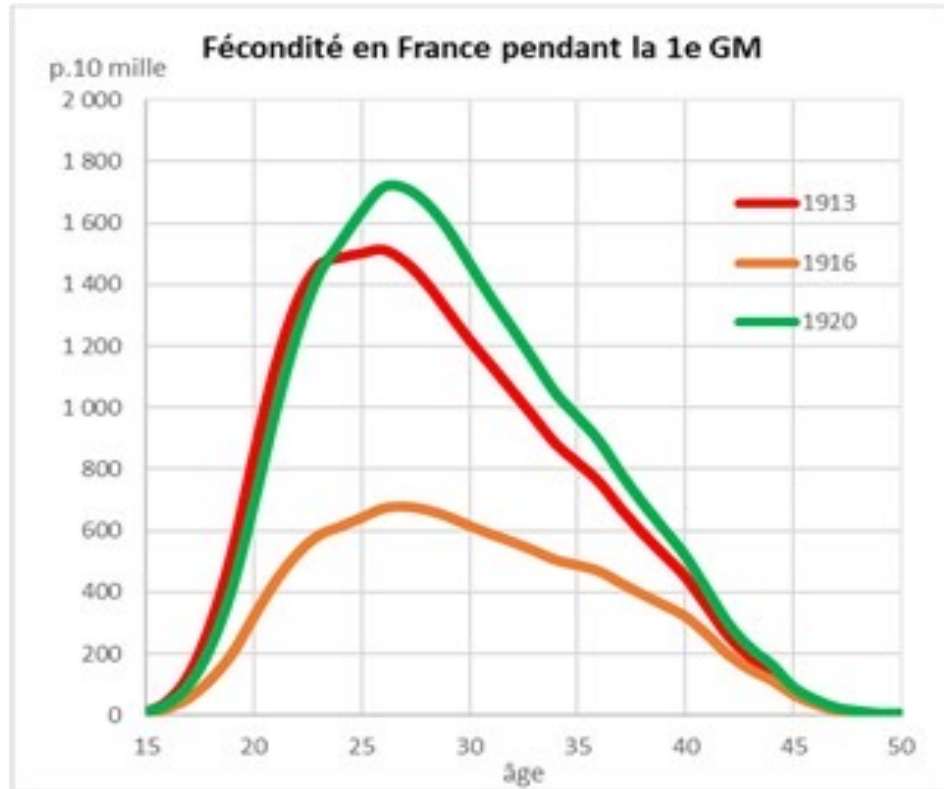


AMT = âge moyen à la maternité
TFT = Taux de fécondité totale
DF = Descendance finale

Tendances générationnelles de la fécondité

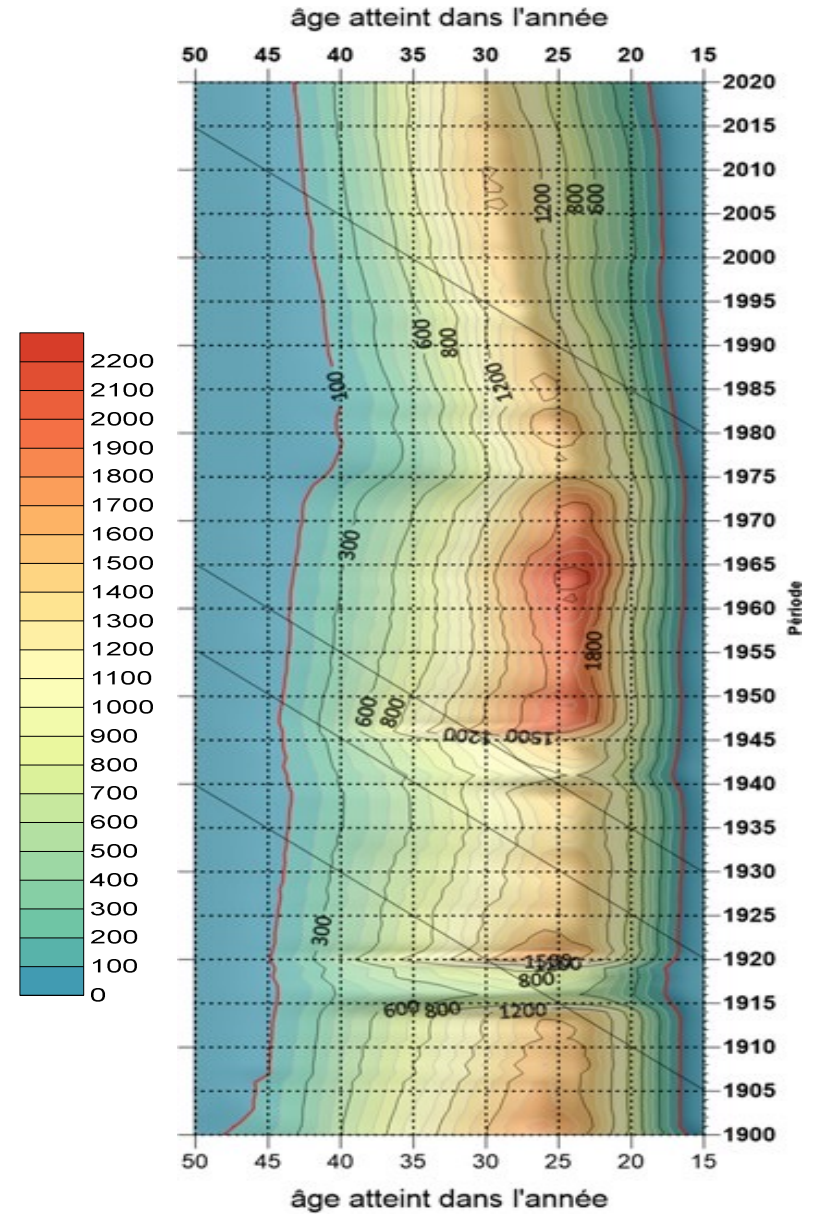
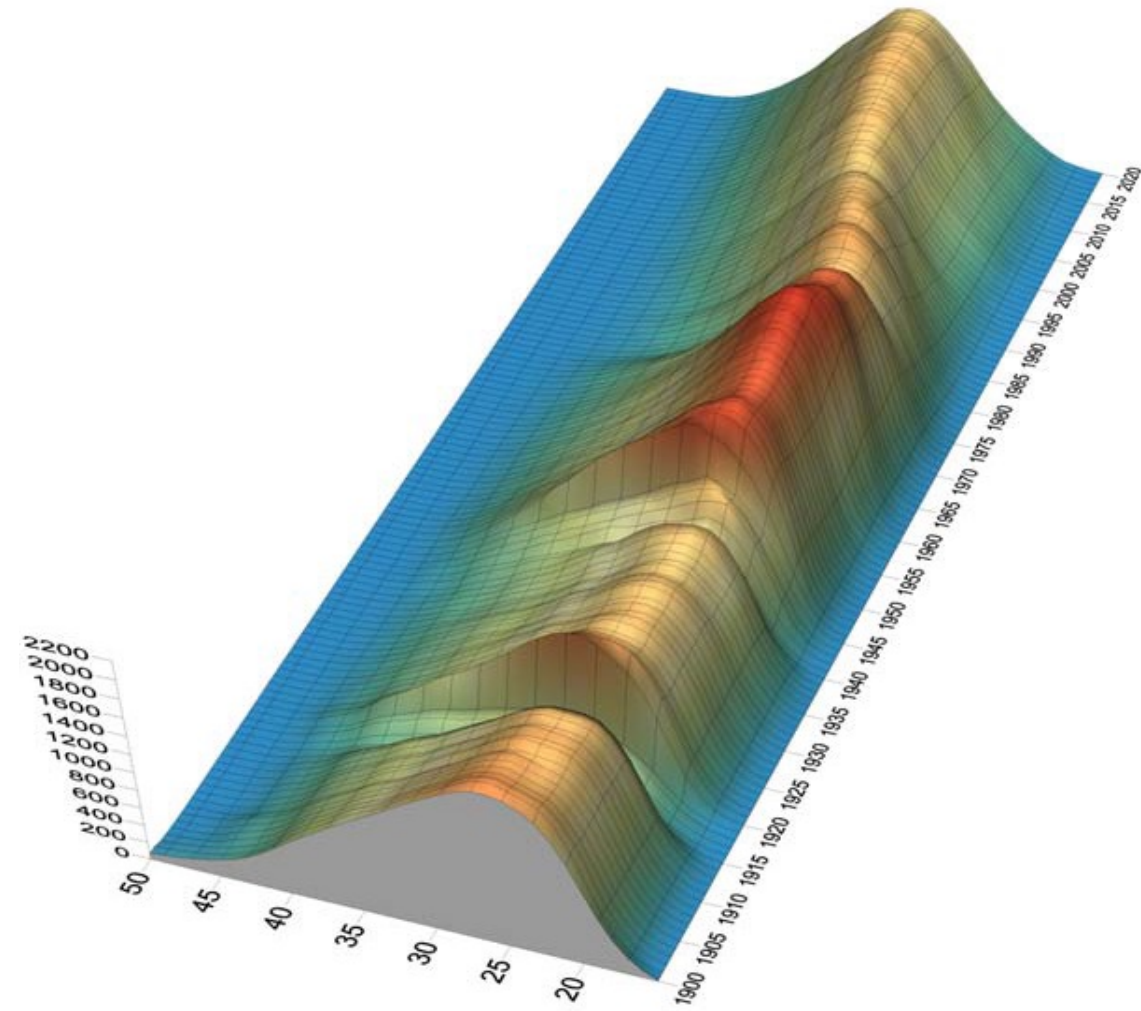


Analyse visuelle de l'évolution séculaire de la fécondité en France à partir des taux par âge



Analyse visuelle de l'évolution séculaire de la fécondité en France à partir des taux par âge

Effet de la période toutes les générations sont concernées



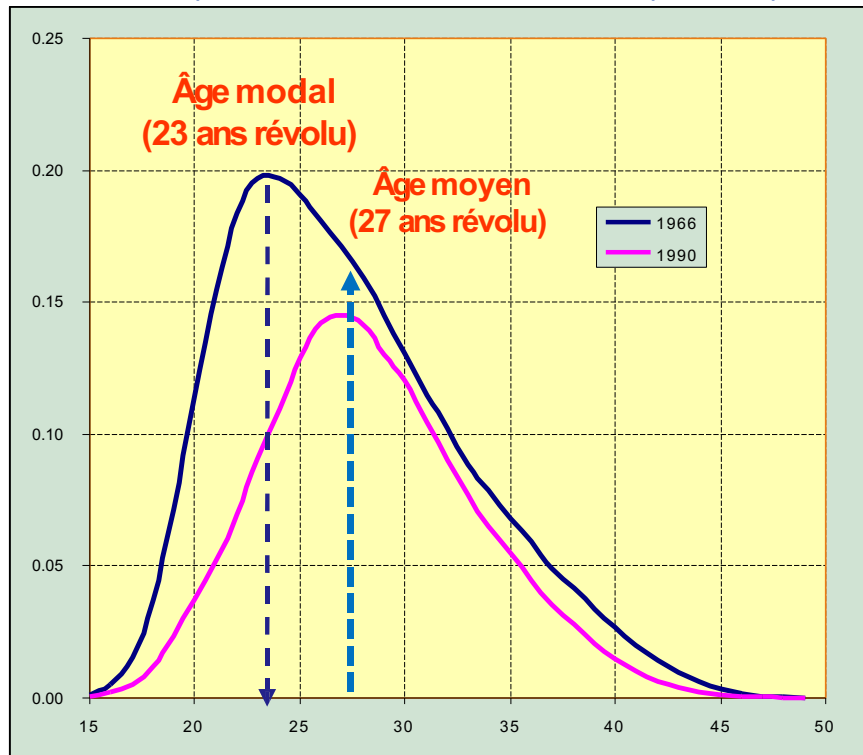
Représenter la fécondité dans une population

tendance centrale, variation par rapport à la tendance central, cumul sur les intervalles d'âge,

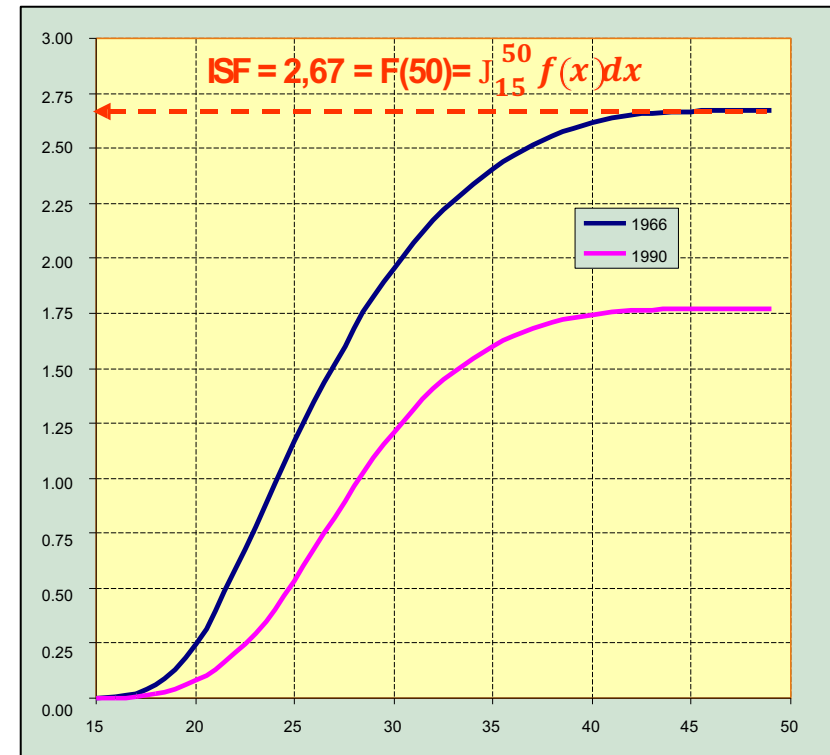
Taux de fécondité par âge en 1966 et en 1990
densité de la fécondité (par âge) = $f(x)$

Cumul des taux de fécondité par âge en 1966 et en 1990
Indice Conjoncturel de fécondité : ISF

a) les indicateurs de position (tempo)



b) les indicateurs de niveau (volume)



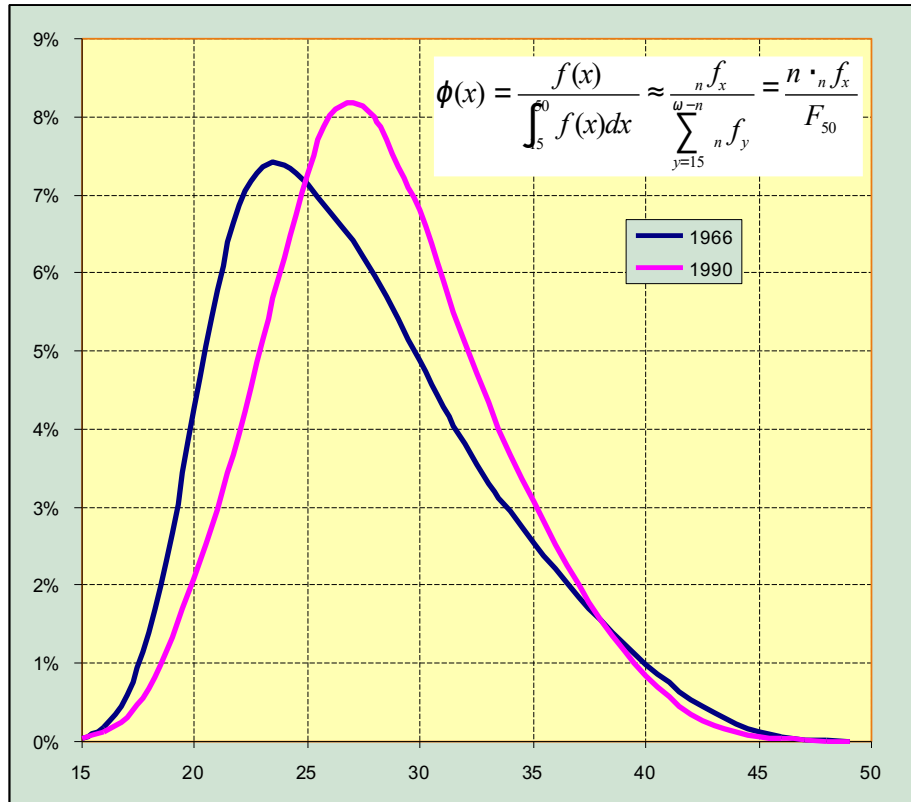
1966 → ISF = 2,67 ; Age moyen à la maternité = 27,3 ; Écart type d'âge = 5,74 ; Age modal = 23 ;
1990 → ISF = 1,77 ; Age moyen à la maternité = 28,3 (+1 an); Écart type d'âge = 5,05 ; Age modal = 27 (+4 ans) ;

Questions traditionnelles des politiques publiques : Est-ce que la fécondité baisse ou est-ce qu'elle change de tempo ?

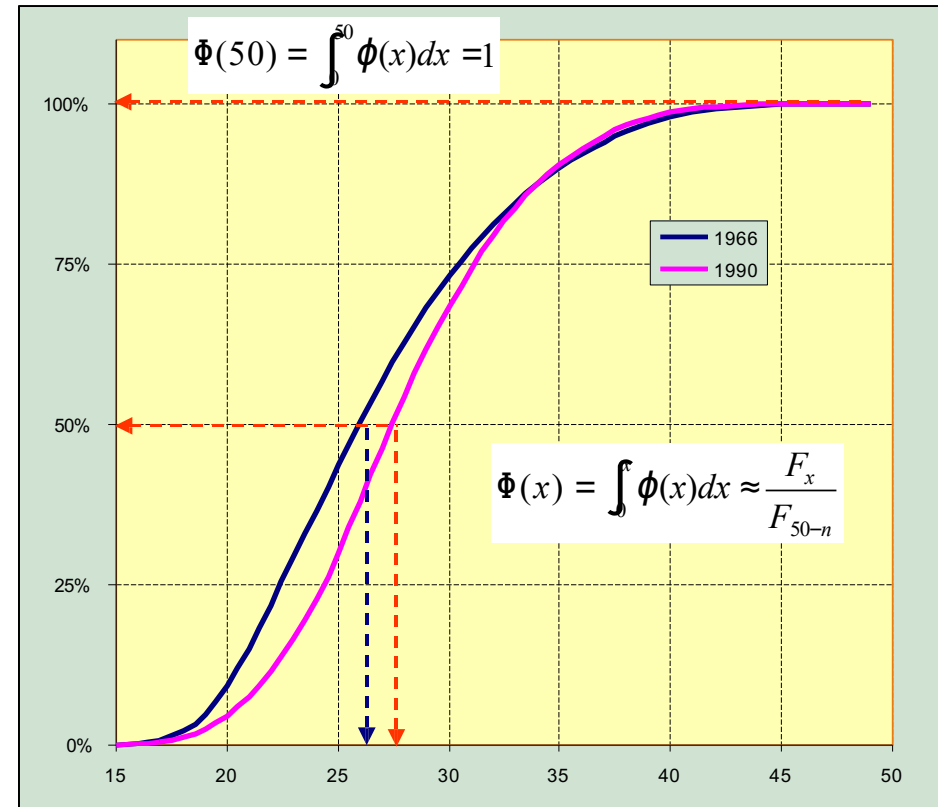
Mettre en évidence les changements de calendrier

La normalisation (en base 100) permet d'estimer la contribution relative de la fécondité à un âge donné à la fécondité totale

Éléments de calendrier (tempo) de la fécondité en 1966 et en 1990 en (densité en %)



Distribution relative de la fécondité par âge en 1966 et en 1990 (cumul en %)



1966 → ISF = 2,67 ; Age moyen = 27,3 Ecart type d'âge = 5,74; Age modal = 23 ; **Age médian = 26,4**
 1990 → ISF = 1,77 ; Age moyen = 28,3 Ecart type d'âge = 5,05; Age modal = 27 ; **Age médian = 27,4 (+ 1 an)**

Le passage à l'échelle relative permet de voir plus clairement 1) le recul de la fécondité aux âges élevés,
 2) une légère augmentation de la concentration et 3) une diminution de la dissymétrie de la distribution

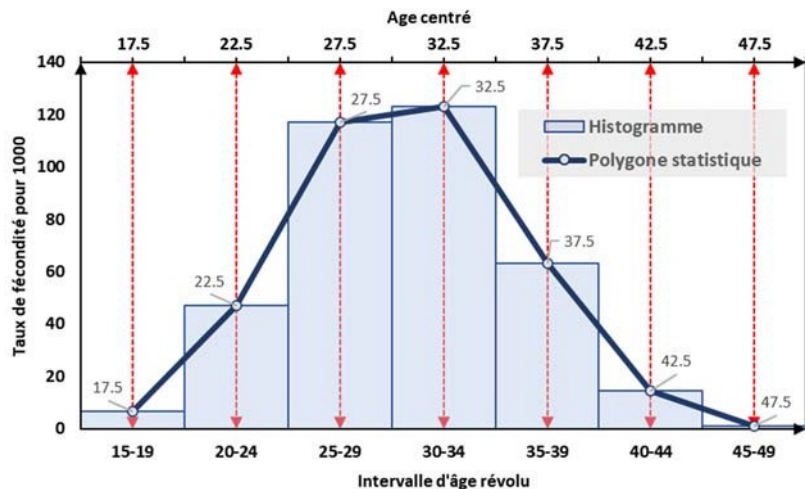
Analyse de la fécondité par âge : répartition, densité, tendance centrale et dispersion

Naissances, population féminine et les taux de fécondité par âge.

Intervalle d'âge	Amplitude	Nombre de naissances	Nombre de femmes (exposées)	Taux centré de fécondité par âge pour 1000	Centre d'intervalle d'âge	Présentation conventionnelle des intervalle d'âge révolu
$x, x+n$	n_x	nN_x	nW_x	$n f_x$	$y \Delta x$	y_x
15-20	5	12 501	1 924 553	6,50	17,5	15-19
20-25	5	84 402	1 787 600	47,22	22,5	20-24
25-30	5	222 883	1 906 032	116,94	27,5	25-29
30-35	5	247 604	2 011 783	123,08	32,5	30-34
35-40	5	130 801	2 072 822	63,10	37,5	35-39
40-45	5	29 870	2 080 585	14,36	42,5	40-44
45-50	5	1 960	2 210 607	0,89	47,5	45-49
total		730 021	13 993 982	xxx	xxx	

Données pour cet exemple: France métro, 2017

Modes de présentation graphique (visualisation) des taux de fécondité par âge



- L'âge révolu est catégorisé: les intervalles d'âge annuels ou pluriannuels (quinquennaux)
- Les taux sont **centrés** représentant une valeur moyenne sur l'intervalle, applicable à tous les âges (révolus) à l'intérieure de chaque intervalle $[x, x+n)$
- Les taux sont naturellement ordonnés et repartis en fonction de l'âge (à chaque âge correspond un taux)

$$\text{Les taux par âge } n f_x = \frac{n N_x}{n W_x}$$

représentent donc une série (de répartition) d'une variable quantitative qui peut être caractérisée par des paramètres de :

- sa **tendance centrale** (moyenne, médian, mode)
- sa **dispersion** (écart-type),
- sa **forme** (aplatissement, dysmétrie)
- sa **grandeur intégrale**

Pour les taux de type 'âge x période' et 'âge x génération'

a) l'âge moyen de la fécondité :
$$\bar{x} = \frac{\sum_{x=15}^{x=50-n} \left[\left(x + \frac{n}{2} \right) \cdot n f_x \right]}{\sum_{x=15}^{x=50-n} n f_x}$$
 si n_x sont les mêmes
$$\bar{x} = \frac{n}{2} + \frac{\sum_{x=15}^{x=50-n} x n f_x}{\sum_{x=15}^{x=50-n} n f_x}$$

On peut par ailleurs calculer le mode et la médiane, mais il suffit d'indiquer l'intervalle d'âge

b) écart type d'âge de la fécondité :

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum_{x=15}^{x=50-n} \left[\bar{x} - \left(x + \frac{n}{2} \right) \right]^2 \cdot n f_x}{\sum_{x=15}^{x=50-n} n f_x}}$$

ou bien :
$$s_x = \sqrt{\overline{x^2} - \bar{x}^2}$$
 (formule de König)

Pour les taux de type 'génération x période' (âge atteint) formules deviennent :
$$\bar{x} = \frac{\sum_{x=15}^{x=50-n} x n f_x}{\sum_{x=15}^{x=50-n} n f_x}$$

c) les **indicateurs de la forme** se calculent de même façon (voir le cours d'analyse statistique), mais dans la pratique courante ces indicateurs n'apparaissent que rarement voire jamais (à tort)

Habituellement un **graphique de type histogramme ou polygone** suffit pour juger la forme de la répartition de la densité fécondité par âge (cf. graphique à gauche)

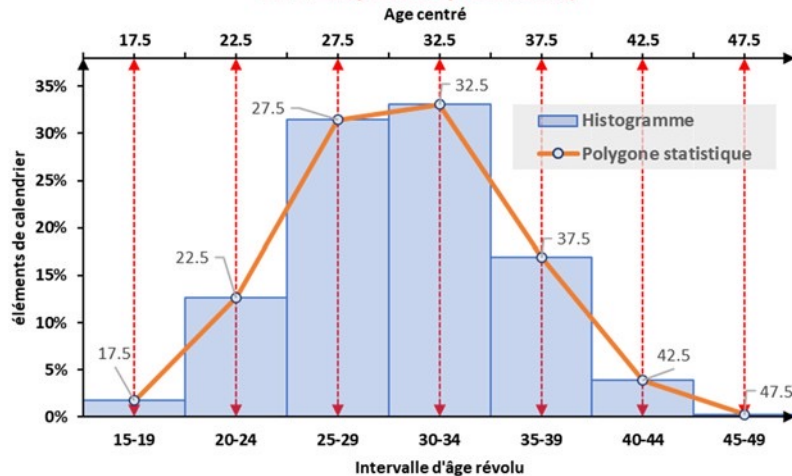
Analyse de la fécondité par âge: niveau (quantum) et calendrier (tempo) de la fécondité

Naissances, population féminine et les taux de fécondité par âge.

Intervalle d'âge	Amplitude	Nombre de naissances	Nombre de femmes (exposées)	Taux centré de fécondité par âge pour 1000	Centre d'intervalle d'âge	Taux de fécondité réduits (%)
$x, x + n$	n_x	nN_x	nW_x	$n f_x$	yLQ_x	ϕ_x
15-20	5	12 501	1 924 553	6,50	17,5	1,7%
20-25	5	84 402	1 787 600	47,22	22,5	12,7%
25-30	5	222 883	1 906 032	116,94	27,5	31,4%
30-35	5	247 604	2 011 783	123,08	32,5	33,1%
35-40	5	130 801	2 072 822	63,10	37,5	17,0%
40-45	5	29 870	2 080 585	14,36	42,5	3,9%
45-50	5	1 960	2 210 607	0,89	47,5	0,2%
total		730 021	13 993 982	xxx	xxx	100,0%

Données pour cet exemple: France métro, 2017

Présentation (visualisation) des éléments de calendrier (l'échelle de l'âge de gauche est seule différence avec le graphique sur la diapositive précédente)



a) l'âge moyen de la fécondité :
$$\bar{x} = \frac{n}{2} + \frac{\sum_{x=15}^{x=50-n} x n f_x}{\sum_{x=15}^{x=50-n} n f_x}$$

b) écart type de l'âge de la fécondité :
$$s_x = \sqrt{\frac{\sum_{x=15}^{x=50-n} \left[\bar{x} - \left(x + \frac{n}{2} \right) \right]^2 \cdot n f_x}{\sum_{x=15}^{x=50-n} n f_x}}$$

ces paramètres 'a)' et 'b)' sont normalisés, (réduits à la somme des taux)
ils sont donc indépendants de la grandeur des taux

Soit
$${}_n \phi_x = \frac{n f_x}{\sum_x n f_x}$$
 les taux de fécondité normalisés (réduits à leur somme sur l'intervalle de 15 à 50 ans), \rightarrow

$$\rightarrow \sum_x {}_n \phi_x = 1$$
 et avec cette écriture l'âge moyen de la fécondité :
$$\bar{x} = \frac{n}{2} + \sum_{x=15}^{x=50-n} x {}_n \phi_x$$

la densité de la fécondité par âge réduite est

- identique à la densité de la fécondité par âge,
 - indépendant du niveau de la fécondité totale
- \rightarrow on considère ${}_n \phi_x$ comme les éléments du calendrier de la fécondité ou le 'tempo' de fécondité

c) la fécondité totale $TFT = n \cdot \sum_{x=15}^{x=50-n} n f_x$ à son tours ne dépend pas de la structure des taux par âge ou du calendrier de la fécondité ($1+2 \equiv 2+1$) par conséquent:

on considère le **TFT** comme le niveau ou 'quantum' de la fécondité

Analyse transversale de la fécondité par rang de naissance :

Soit ${}_nW_x$ – effectif des femmes d'âge entre x et $x+n$ indépendamment de leur descendance

${}_nN_x$ – naissances de rang (de parité) i chez les femmes d'âge entre x et $x+n$

$${}_n f_x^i = \frac{{}_n N_x^i}{{}_n W_x} \quad \text{– le taux de fécondité de rang } i \text{ par âge des mères}$$

NB : on utilise les taux de deuxième catégorie qui sont additifs : avec dénominateur commun

Alors $TFT^i = n \cdot \sum_{x=\alpha}^{\omega-n} {}_n f_x^i$ – indice synthétique de fécondité de rang i (interprété comme un nombre moyen d'enfants de rang i nés vivants par une femme dans une génération fictive)

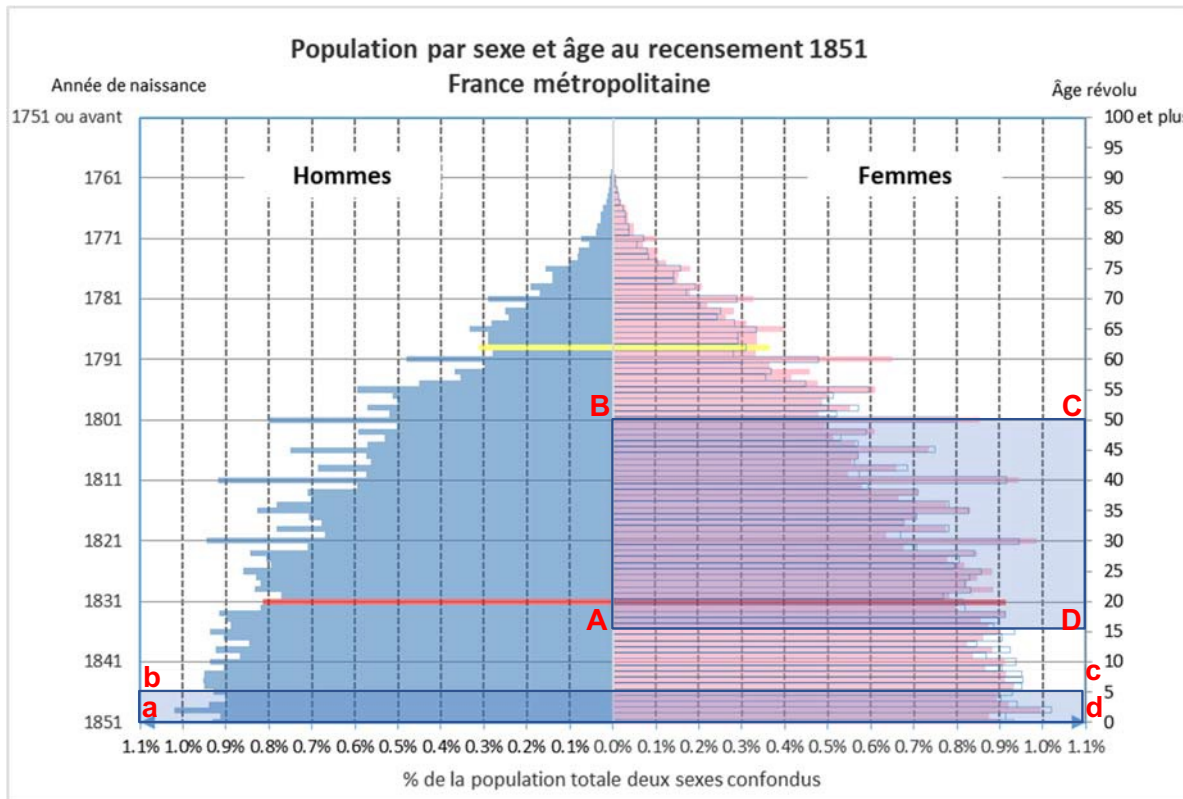
Puisqu'on utilise dans ces calculs les taux de deuxième catégorie les TFT^i se résument par addition en le TFT général (tous rangs confondus) :

$$TFT = \sum_{k=1}^m TFT^i = n \cdot \sum_{k=1}^m \sum_{x=\alpha}^{\omega-n} {}_n f_x^i$$

Pour chaque rang de naissance on peut calculer l'âge moyen à la maternité (de rang i) :

$$AMM^i = \frac{n}{2} + \frac{\sum_{x=15}^{49-n} {}_n f_x^i}{\sum_{x=15} {}_n f_x^i} = \frac{n}{2} + n \cdot \frac{\sum_{x=15}^{49-n} {}_n f_x^i}{TFT^i}$$

Estimations indirectes des indicateurs de la fécondité à partir des données d'un Recensement général de population ou d'une enquête sur échantillon



On peut estimer la fécondité totale (taux de fécondité totale / indice synthétique) sans prise en considération de la mortalité des enfants < 5 ans

$$\text{Pour la France en 1851: } FT = \frac{35 \cdot {}_{35}f_{15}}{1000} = \frac{35 \cdot 78,5}{1000} = 2,75$$

Estimation du TGF (${}_{35}f_{15}$) moyen pour 5 ans qui précèdent le RGP ou une enquête :

Le rectangle **abcd** représentant le nombre d'enfants âgés 0-4 ans révolus $P(0-4)$ à la date de la collecte des données et le rectangle **ABCD** l'effectif de femmes âgées de 15 à 50 ans $W(15-49)$

$$\text{le ratio enfants/mères (REM)} = \frac{\text{Nombre d'enfant 0-4 ans}}{\text{Nombre de femmes 15-49}}$$

Soit B le nombre de naissance moyen annuel durant 5 ans proportionnel à l'effectif de la population 0-4 ans dans la mesure de la table de mortalité du moment :

$$\frac{B}{P(0-4)} \approx \frac{l_0}{{}_5L_0} \rightarrow B = \frac{P(0-4) \cdot l_0}{{}_5L_0}$$

$${}_{35}f_{15} = \frac{l_0 \cdot P(0-4)}{{}_5L_0 \cdot W(15-49)} = REM \cdot \frac{l_0}{{}_5L_0}$$

Pour la France en 1851 ${}_5L_0 \approx 4265$ avec $S_0 = 1000^*$ et

$$REM = \frac{3\ 321\ 819}{9\ 355\ 995} = 0,355$$

Taux de fécondité générale ${}_{35}f_{15} = \left(0,355 \cdot \frac{1000}{4265}\right) \cdot 1000 = 78, \text{ ‰}$

$$ISF \approx {}_{35}f_{15} \cdot 35 = 2,75$$

* cf. JN Bonneuil «Table de mortalité France et par département et tables de migration nette par département, 1806-1906, INED <https://table-mortalite-bonneuil.site.ined.fr/>

La quantification de la fécondité dans la dimension longitudinale (générationnelle): de la réalité à l'artifice

Soit

x – début de d'un intervalle d'âge ;

n – amplitude d'intervalle d'âge

W_x – effectif d'une génération féminine à l'âge x (exacte) ;

${}_nN_x$ – nombre de naissances produites par les femmes sur l'intervalle d'âge entre x et $x+n$;

Il n'y **pas de migration, ni mortalité** on pourrait donc calculer avec le respect des règles mathématiques et la nature des données

les taux de fécondité spécifique à l'âge (TFSA) : ${}_n f_x = \frac{{}_n N_x}{0,5(W_x + W_{x+n}) \cdot n}$

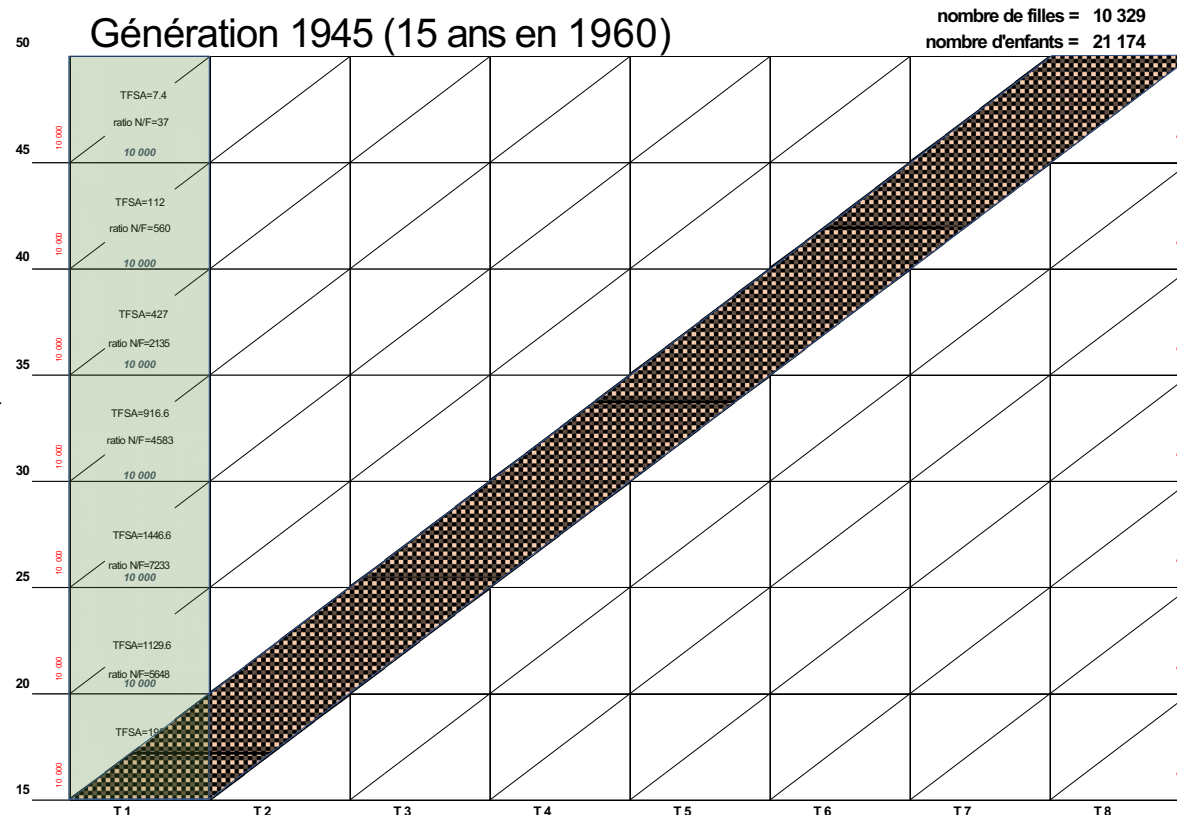
les quotients de fécondité spécifique à l'âge ou ratios de naissances aux femmes à l'âge exacte x (ratio N/F) : ${}_n F_x = \frac{{}_n N_x}{W_x} \equiv n \cdot {}_n f_x$

la descendance finale ou le nombre moyen d'enfants par femme à l'âge de 50 ans avec 3 approches et 3 formules équivalentes :

$$DF = \frac{\sum_{x=15}^{50-n} {}_n N_x}{W_{50}} \quad (1)$$

$$DF = \sum_{x=15}^{50-n} {}_n F_x \quad (2)$$

$$DF = n \cdot \sum_{x=15}^{50-n} {}_n f_x \quad (3)$$



Si la mortalité (et migration) intervient dans notre population, les trois formules pour la descendance finale (DF) ne sont plus équivalentes:

- la formule (1) surestime la fécondité finale puisque le dénominateur est réduit à cause de la mortalité par rapport à l'effectif de la population concernée;
- la formule (2) déroge aux règles mathématiques d'addition des quotients (dénominateur n'est plus commun)
- la formule (3) reste conforme à la mathématique, mais *elle transforme la génération réelle en génération longitudinale hypothétique*, on passe donc de l'analyse d'un objet réel à un artifice d'une fonction des taux de fécondité (${}_n f_x$) avec les âges catégorisés et ordonnés ou $f(x)$ si l'âge est continu....

La présentation et la quantification de la fécondité dans la dimension transversale (conjoncturelle)

22/04/2025

Soit

x – début de d'un intervalle d'âge ;

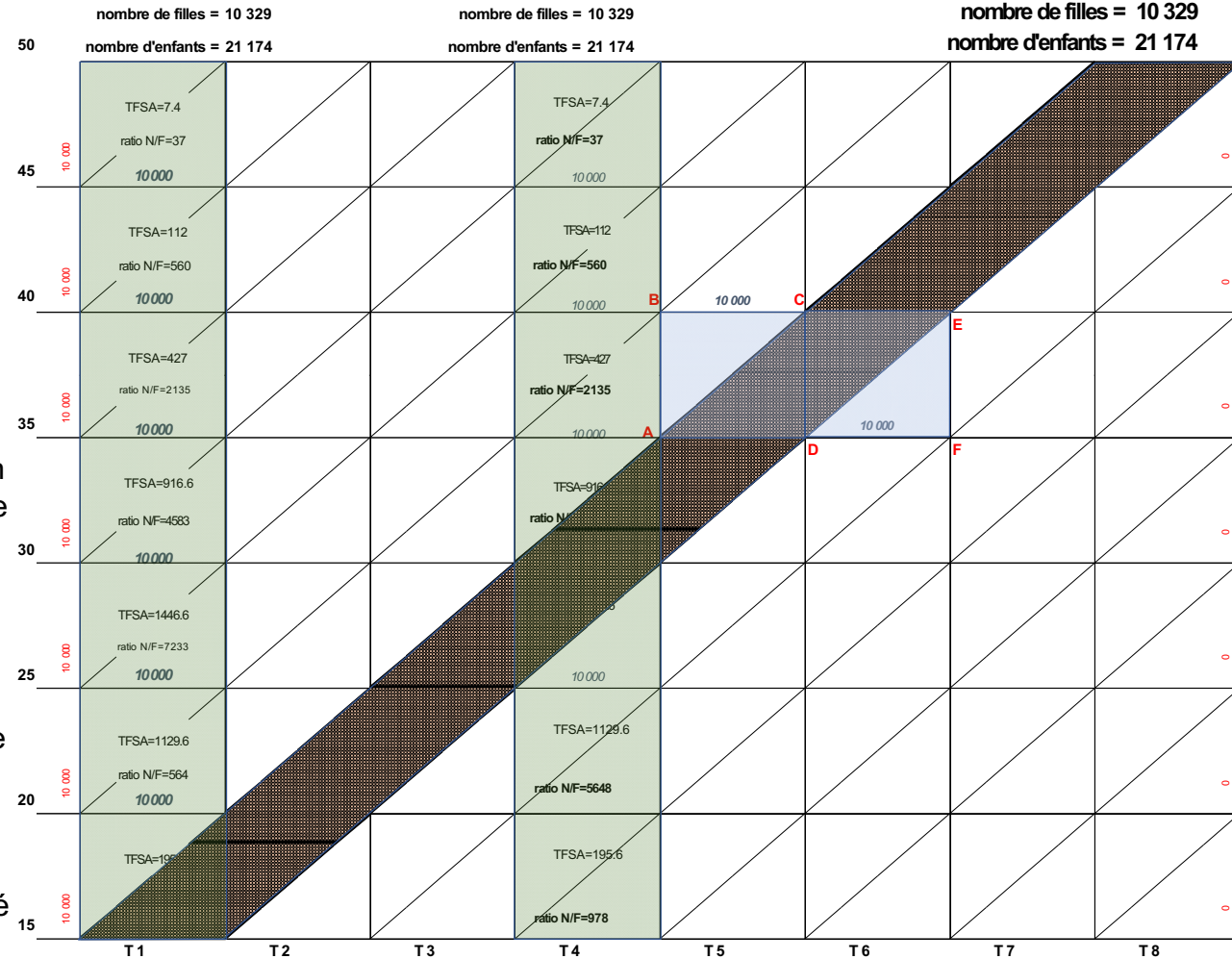
n – amplitude d'intervalle d'âge

W_x – effectif d'une génération féminine à l'âge x (exacte) ;

${}_nN_x$ – nombre de naissances produites par les femmes sur l'intervalle d'âge entre x et $x+n$;

En admettant l'hypothèse de la stationnarité, on reconnaît identique :

- le nombre et la répartition des événements situés dans les carrés **ABCD**, **DCEF** et dans le losange **ACED**
- la structure par âge et le niveau de la fécondité de la génération T1 (diagonale) et de la population féminine multigénérationnelle T4 (colonne)



Cette hypothèse (stationnarité) est utile puisqu'elle permet de faire les prévisions pour le nombre de naissances surtout à court terme.

Toutefois, elle ne donne aucune raison pour interpréter la dynamiques de la fécondité totale (transversale) de même sorte que la dynamique de la descendance finale.

L'hypothèse de stationnarité, par la définition, suppose qu'il n'y a aucune dynamique (ou qu'elle est très faible), mais si la dynamique existe il se peut que les changements dans le calendrier de fécondité des générations (tempo) sans changement du niveau (quantum) provoquent la variation de la fécondité totale (transversale)

Pli de Ryder où l'effet de la 'translation' ou de l'interférence entre le tempo (changement du calendrier) et le quantum (le niveau) de la fécondité

Contribution des âges plus élevés à la fécondité totale →

Contribution des âges jeunes à la fécondité totale →

Effet du tempo sur la la fécondité totale transversale

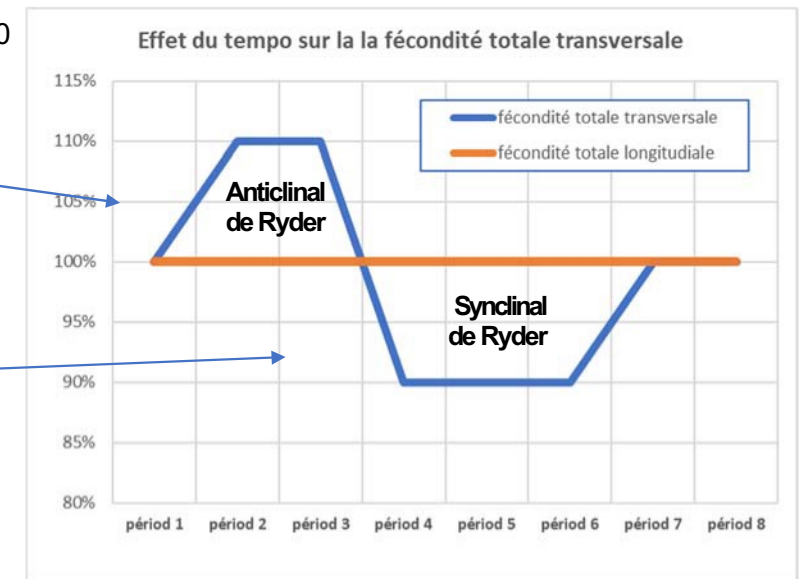
	60%	60%	50%	40%	50%	60%	70%	70%	70%
	40%	50%	60%	50%	40%	30%	30%	30%	30%
fécondité totale transversale	100%	110%	110%	90%	90%	90%	100%	100%	100%
fécondité totale longitudinale	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

- A la fin de la transition démographique la fécondité des générations devient plus jeune à cause de la disparition des naissances des rangs élevés: dans cet exemple on voit le passage du rapport 40/60 à d'abord 50/50 et ensuite à 60/40

- TFT transversal > TFT longitudinal } Anticlinal de Ryder
- TFT transversal augmente
- toutefois l'âge moyen à la primo-fécondité ne bouge pas trop...
- si la fécondité des générations (longitudinale) diminue, cela n'est pas affiché par la dynamique des indicateurs transversaux

- La fécondité des générations (longitudinale) recule à cause de la "gender transition" où la seconde transition démographique (?)

- TFT transversale < TFT longitudinale } Synclinal de Ryder
- TFT transversale TFR diminue habituellement
- si la fécondité des générations diminue, cela est accompagnée par la diminution exagérée de l'indicateur conjoncturel
- inversement, l'augmentation de la fécondité des générations n'est pas affichée (cachée) par la dynamique de l'indicateur conjoncturel



D:\Documents\A_t_user\Dossier2020\Oxford\Calculs\Tempo-effect.xlsx

Démonstrations mathématiques sont présentées en détails dans :

Ryder, N. (1964) – "The process of demographic translation". *Demography*, 1964, Vol. 1 no.1, p. 74-82

Bongaarts, J. and G. Feeney (1998) – "On the quantum and tempo of fertility". *Population and Development Review*, 1998, vol. 24 no 2, p. 271-291

Une solution pour la quantification de l'effet de translation voir l'EPI, cours régulier, thème 8, diapo 18-24

22/04/2025

Analyse de la fécondité par rang de naissances :

probabilité d'agrandissement de la famille (PAF)
Intervalle intergénéral

Analyse de la fécondité par rang

Fécondité par rang Décomposition de la fécondité selon l'ordre de naissance de chaque enfant (1er, 2e, 3e...). Elle permet d'identifier à quel rang se produisent les changements de comportement reproductif, là où l'ISF global ne le permet pas.

Parité Nombre d'enfants déjà mis au monde par une femme à un instant donné. Une femme sans enfant est de parité 0, une femme avec un enfant de parité 1, etc.

Probabilité d'agrandissement de la famille (PAF) Parmi toutes les femmes ayant atteint un rang de naissance donné, la PAF mesure la proportion de celles qui franchissent le rang suivant. Elle répond à la question : une fois qu'une femme a eu k enfants, quelle est la chance qu'elle en ait un de plus ?

Intervalle intergénérisique Temps écoulé (en mois) entre deux naissances successives chez une même femme. Il dépend de facteurs biologiques (allaitement, retour de couches) et sociaux (sexualité, contraception, désir d'enfant).

La probabilité d'agrandissement des familles (PAF)

Soit a_i la probabilité qu'une femme ayant i enfants donne la naissance à un autre enfant

$a_0 =$ probabilité de passer d'une parité 0 à une parité 1 (avoir un 1^{er} enfant)

$$a_0 = \frac{\text{nombre de femmes ayant au moins un enfant}}{\text{nombre total de femmes}}$$

Donc a_k est la probabilité d'agrandissement des familles de parité de k à $k+1$

La signification exacte de la probabilité d'agrandissement des familles (a_k) est suivante :
c'est la proportion des femmes qui ont $k+1$ enfants parmi celles qui ont k enfants

La proportion des femmes sans enfants p_0 est égale à $p_0 = 1 - a_0$ et $a_0 = 1 - p_0$

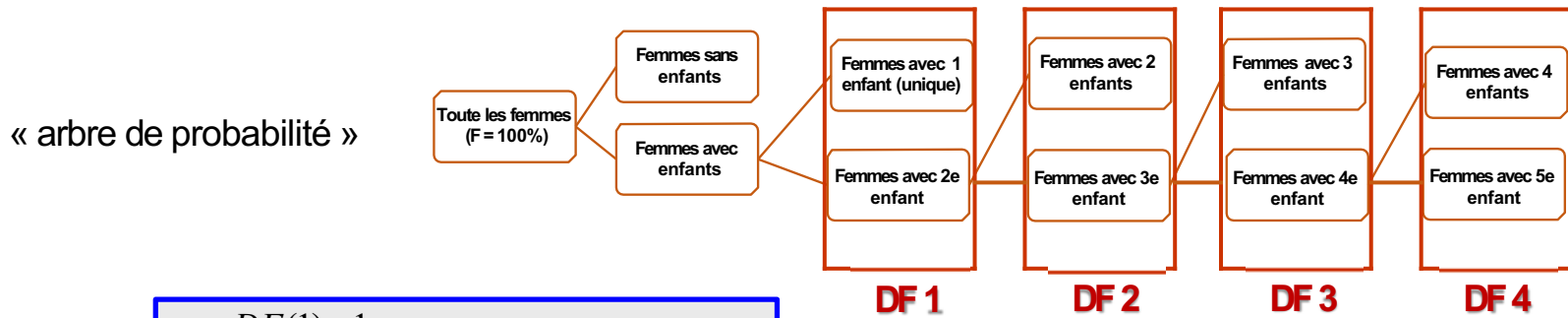
Soit p_1 proportion des femmes ayant un enfant unique : $p_1 = a_0(1-a_0)$

Soit $p_{>1}$ proportion des femmes ayant au moins un enfant : $p_1 = a_0$

Soit $p_{>2}$ proportion des femmes ayant au moins deux enfants : $p_2 = a_0 a_1$

La probabilité d'agrandissement des familles (suite)

On peut décrire la probabilité d'agrandissement des familles avec une expression contenant p_k (proportion des femmes avec un enfant de parité k) :



$$a_0 = DF(1) = 1 - p_0;$$

$$a_1 = \frac{DF(2)}{DF(1)} = \frac{1 - p_0 - p_1}{1 - p_0}; \text{ etc...}$$

$$a_k = \frac{DF(k)}{DF(k-1)} = \frac{1 - \sum_{k=0}^k p_k}{1 - \sum_{k=0}^{k-1} p_k} = 1 - \frac{p_k}{1 - \sum_{k=0}^{k-1} p_k}$$



$$DF(1) = a_0;$$

$$DF(2) = a_1 \cdot DF(1) = a_1 a_0; \text{ etc...}$$

$$DF(k) = a_{k-1} \cdot DF(k-1) = \prod_{k=0}^{k-1} a_k$$

$$DF = \sum_{k=1}^{\infty} DF(k) = a_0 + a_0 a_1 + \dots + \prod_{j=0}^{\infty} a_j$$

Pour l'intervalle fermé-ouvert (décomposition de la DF_{n+}) :

1° Hypothèse de la probabilité constante (progression géométrique) $a_{n+} = 1 - \frac{DF_{n+}}{DF_{n+}}$; avec $n+ = \{n, n+1, n+2 \text{ etc.}\}$,
 et $DF_{n+} = DF - \sum_{i=1}^{n-1} B_i$

2° Hypothèse sur la distribution binomiale des femmes avec n enfants et plus (la solution un peu plus difficile)

La probabilité d'agrandissement de la famille (illustration)

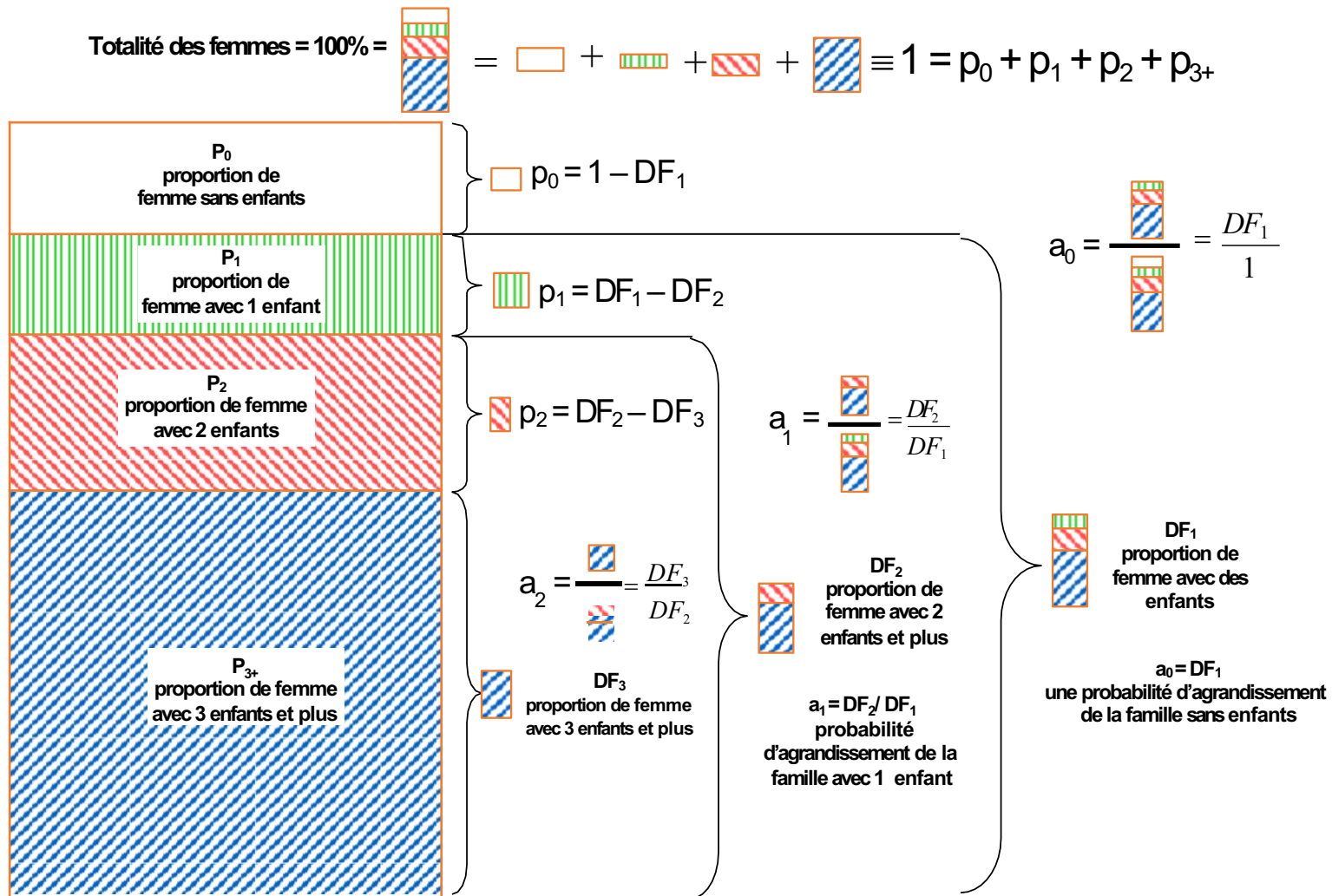
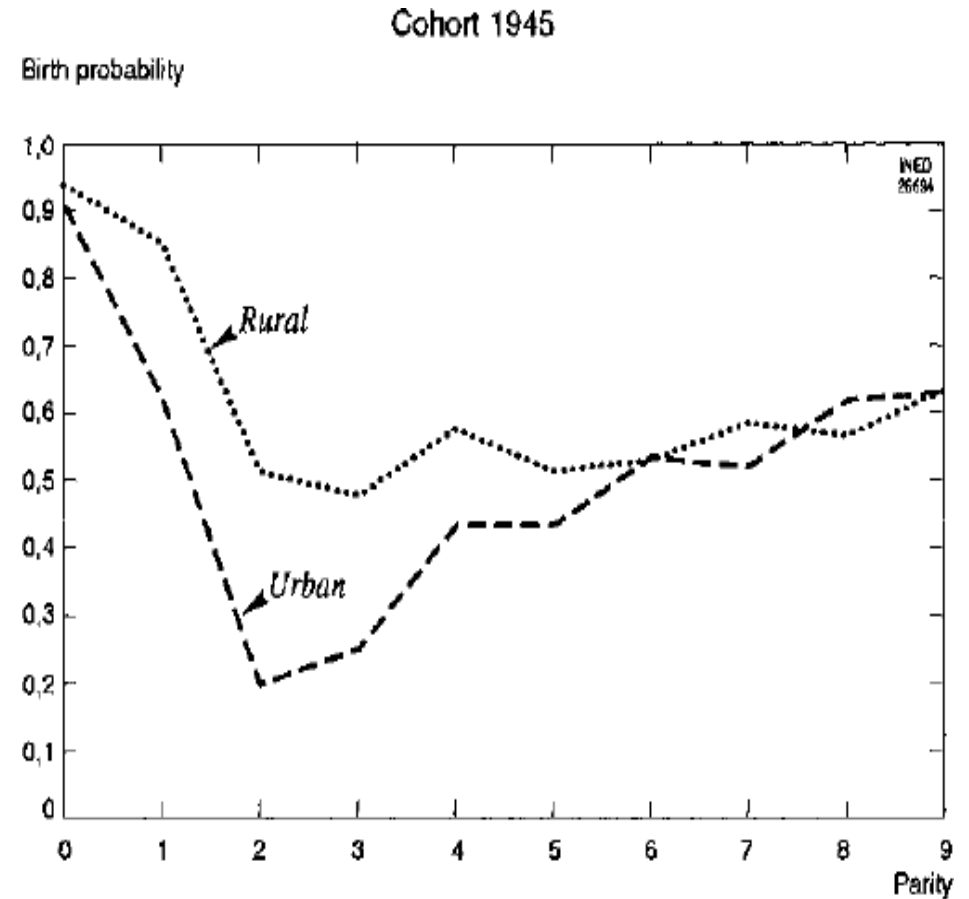
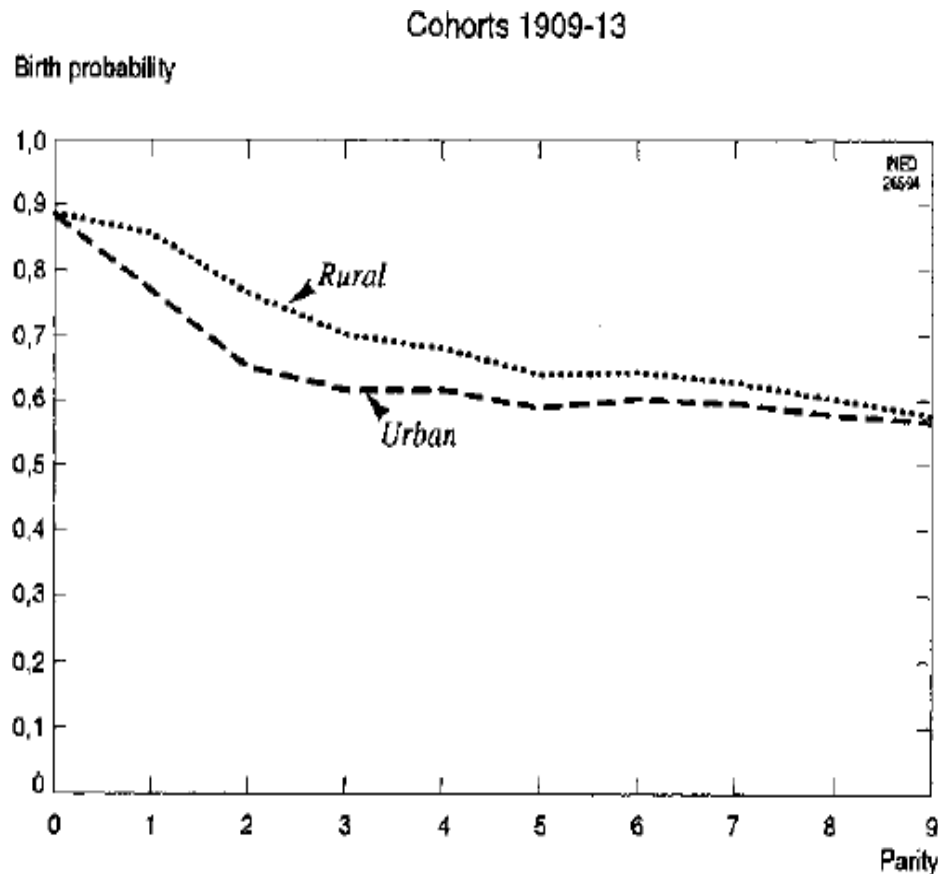
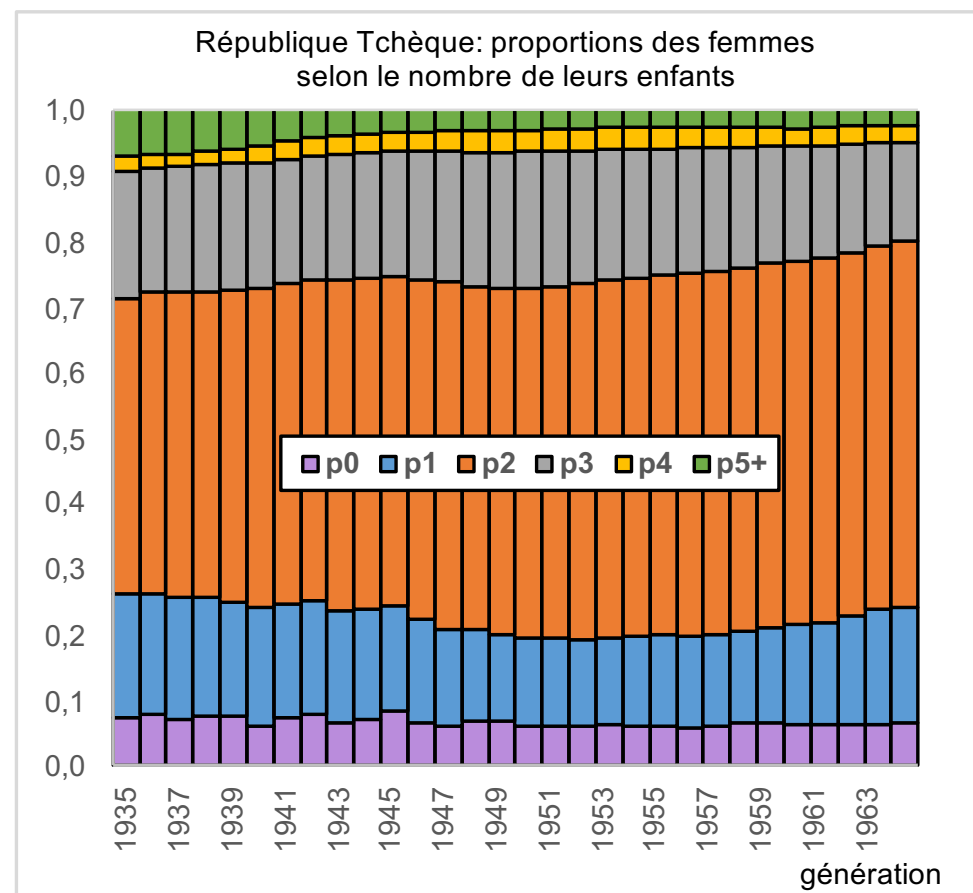
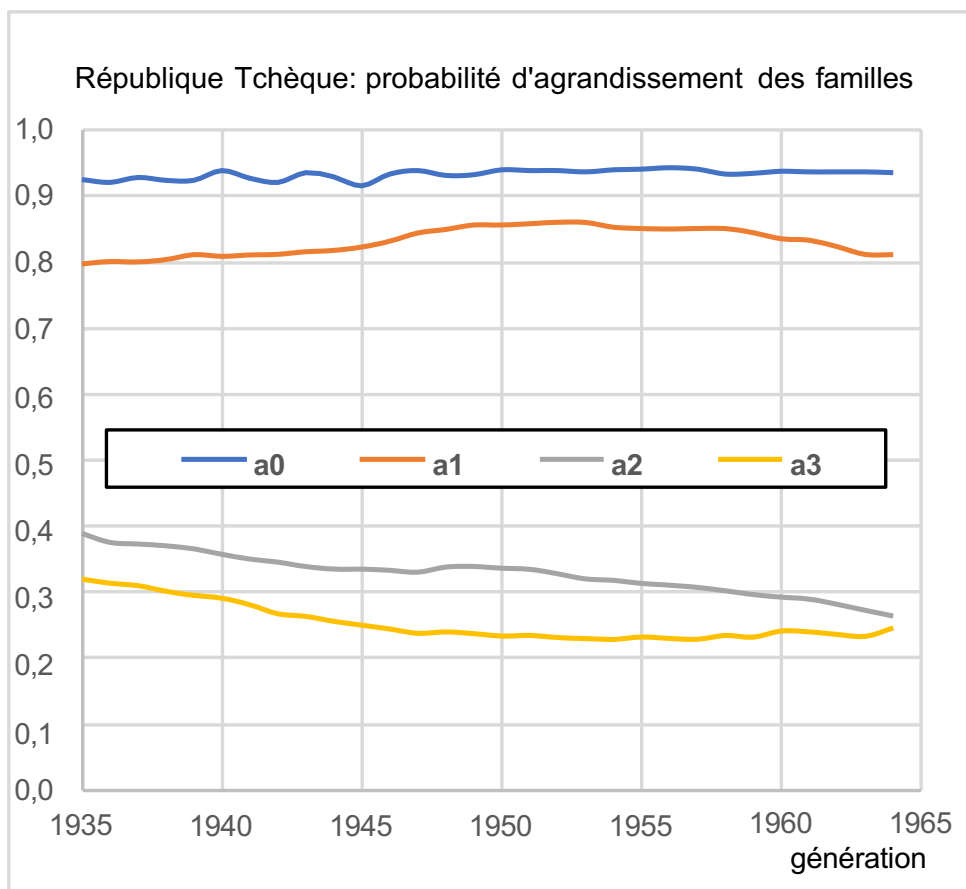


Illustration: probabilité d'agrandissement de la famille dans des générations 1909-1913 et 1945 en Russie



Source : A.Avdeev et A.Monnier – “A survey of modern Russian fertility”. *Population*. Vol. 7 (an English selection), 1995, p.19 // Traduction de « A la découverte de la fécondité russe contemporaine », *Population*, 1994, n°4-5, p.859-902

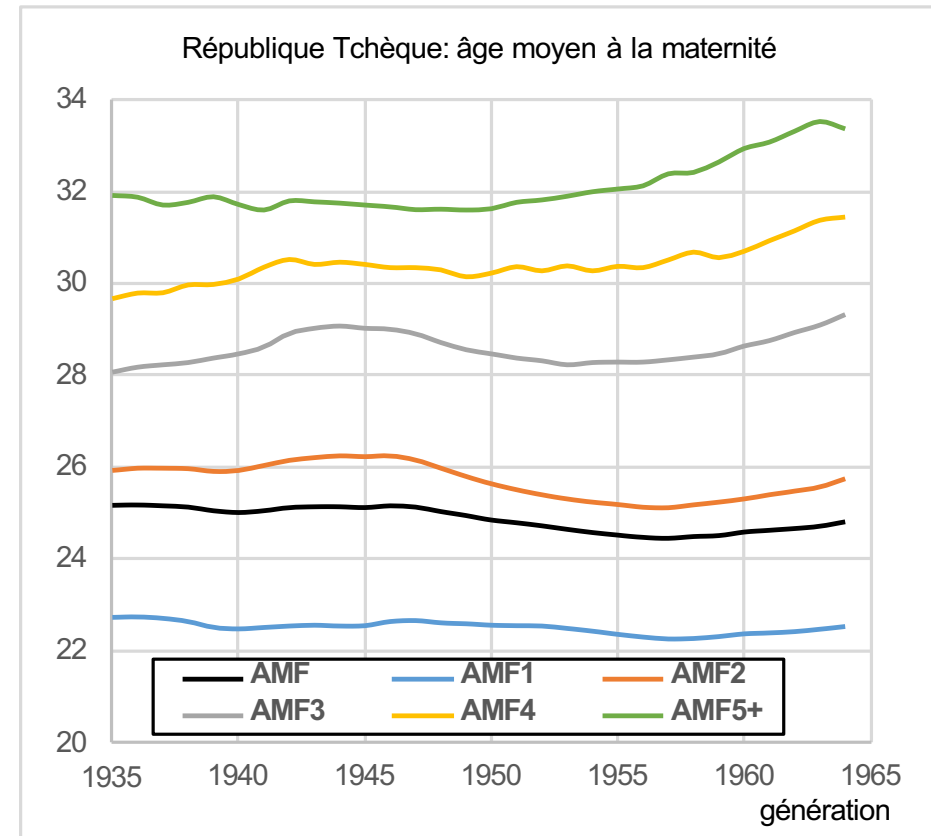
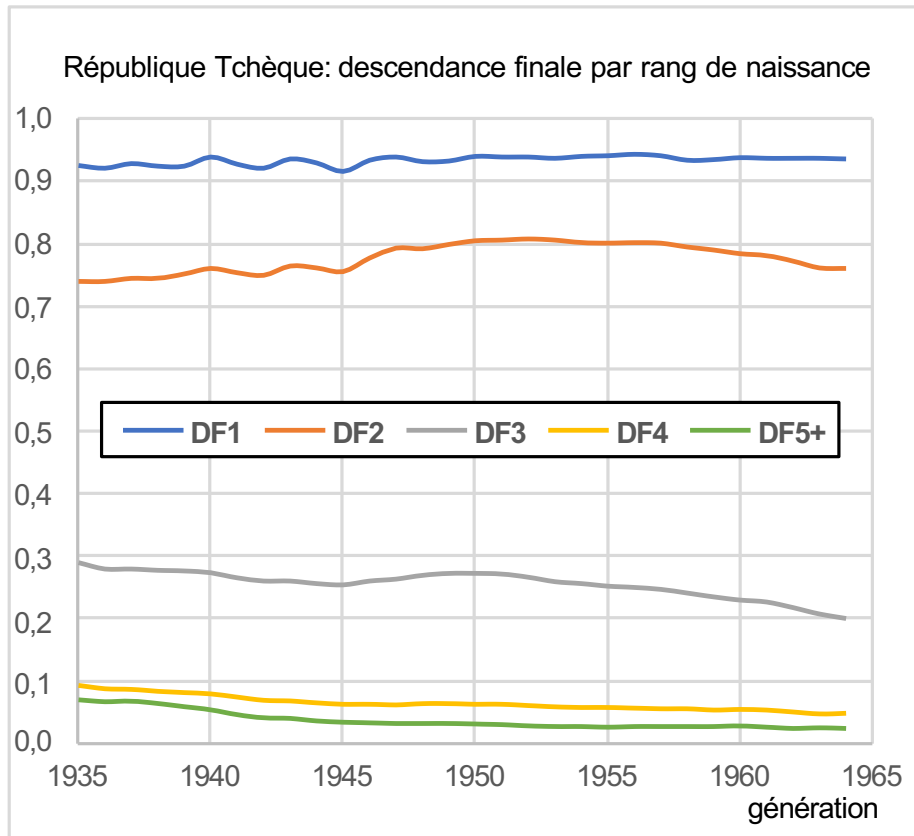
Exemple d'application: République Tchèque



Source: Human Fertility Database (HFD)

La population tchèque est caractérisée par la proportion faible des femmes sans enfants et une forte concentration des familles à deux enfants. Par contre, les familles nombreuses étaient rares depuis longtemps.

Fécondité par rang: approche longitudinale

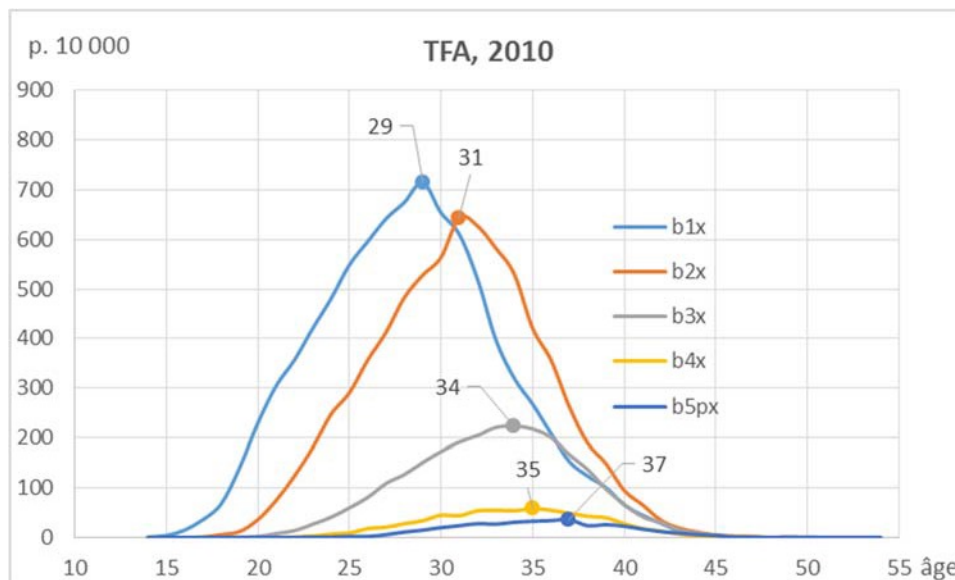
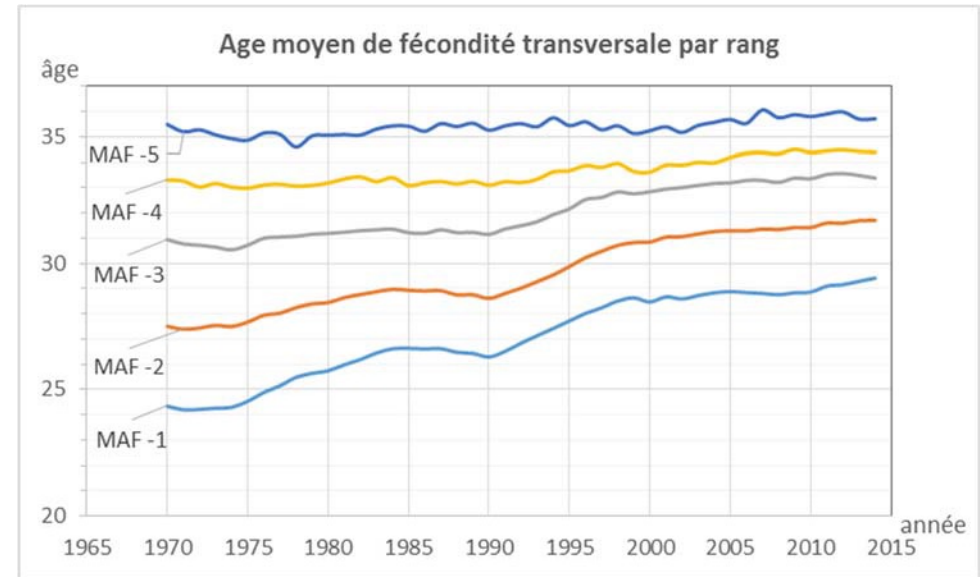
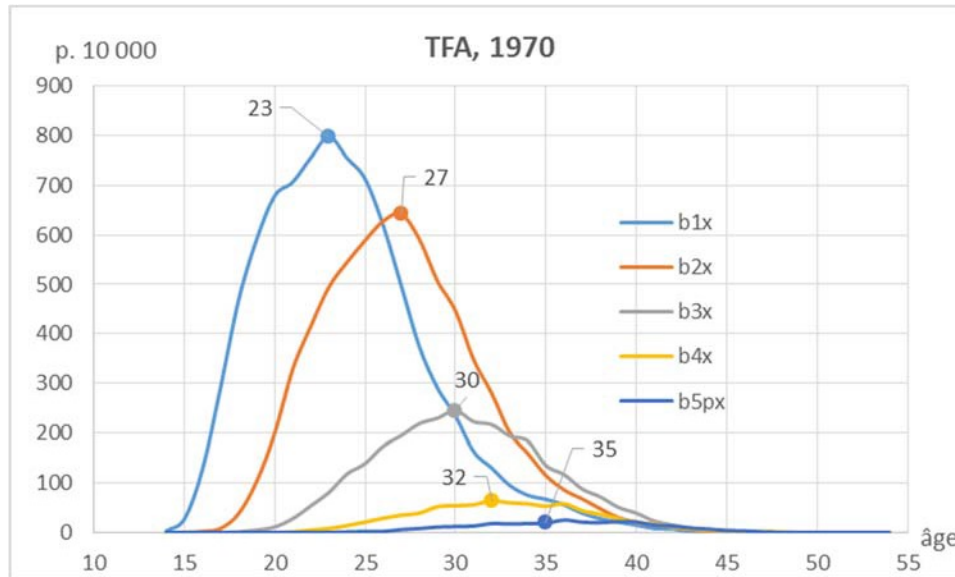


Source: Human Fertility Database (HFD)

La fécondité par génération a été stable en République Tchèque du point de vue de l'intensité et aussi en ce qui concerne le calendrier. **Le pourcentage des femmes sans enfant (1-DF1)** a été faible de 6-8 %. Les changements récents du comportement procréateur n'ont pas encore touché ces générations féminines.

Ces femmes ont eu leurs enfants dans la période 1950-1990 (avant les changements politiques et les transformations économiques). Dans le contexte européen le niveau de fécondité a été plutôt bas avec un calendrier jeune.

Analyse de la fécondité transversale par rang en Suède entre 1970 et 2014



L'âge modal à la fécondité par rang (deux graphiques à gauche, analyse visuelle) donne une vision assez claire de la transformation dans le cycle de formation de la famille (le retardement de 6 ans pour la première naissance et de 4 ans pour la deuxième et la troisième, 3 ans pour la quatrième et 2 ans pour la cinquième et plus (intervalles : 4 → 2, 3 → 3, 2 → 1, 3 → 2; cycle : 12 → 8).

L'âge moyen à la fécondité par rang donne une image différente: 4,5 ans de retard pour la première naissance 3,9 pour la deuxième et 2,5 pour la troisième, une année pour la quatrième et 0,3 pour la cinquième et plus (intervalles 3 → 2,5, 3 → 1,9, 2,3 → 1, 2,2 → 1,4; cycle 11,1 → 6,9).

Source de données : Human Fertility DataBase, MPIDR

Tables de fécondité par rang

Table de fécondité par rang de naissance (i) HFD (Human Fertility Database)

L'analyse de la fécondité par rang doit se baser sur les taux par âge et rang (*ici indiqué i*) de première catégorie (occurrence-exposure rates, childbearing intensities)

Soit $E_{x,i}^t$ = femmes années par âge x et parité i en t

$w_{x,i}^t$ = proportion des femmes spécifique à l'âge x et à la parité i dans l'an (période) en t

$B_{i,x}^t$ = naissances vivantes à l'âge x , de rang i en période t

Alors effectif de la population féminine d'âge x exposée à la fécondité de rang i : $E_{i-1}(x, t) = w_{i-1}(x, t) \cdot E(x, t)$

$$m_{i,x}^t = \frac{B_{i,x}^t}{E_{i-1,x}^t} \quad \text{- taux de fécondité de première catégorie (conditional age-specific fertility rates)}$$

Ensuite on omet t (la constante) des formules

La description détaillée sur <https://www.humanfertility.org/Docs/methods.pdf>

L'attrition dans la table de fécondité

$$q_{i,x} = \frac{m_{i,x}}{1 + (1 - a_x) \cdot m_{i,x}} \quad \text{supposant que } a_x = 0,5 \text{ (pour estimation des quotients spécifiques à l'âge et à la parité)}$$

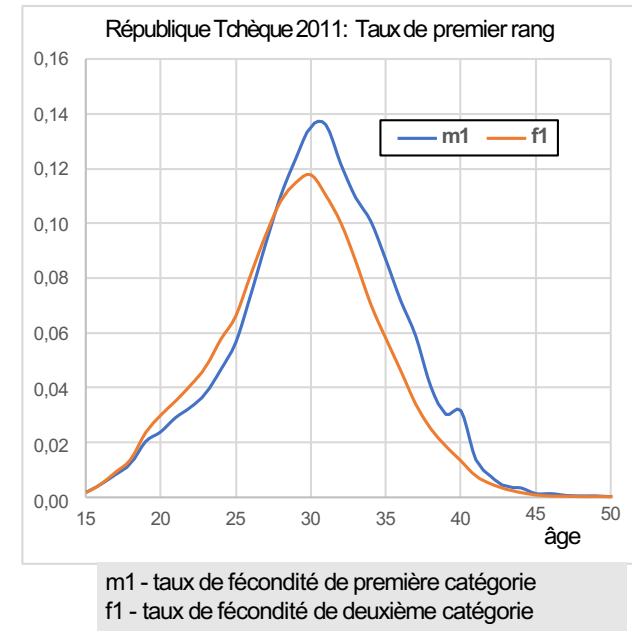
$l_{0,x=\min} = 10\ 000$ - la racine de table : nombre de femmes sans enfants (parité 0) à l'âge minimal (i.e. 14 ans)

$l_{i,x=\min} = 0$ pour $i=1, 2, 3, 4, \text{ etc.}$ (i.e. femmes sans enfants à l'âge minimal)

$l_{0,x+1} = l_{0,x} \cdot (1 - q_{1,x})$ - probabilité de rester sans enfants en vieillissant ($i=0$ toujours)

$l_{i,x} = l_{i,x-1} - b_{i+1,x-1} + L_{i-1,x-1} \cdot m_{i,x-1}$ pour $i > 0$ probabilité d'avoir i enfants à l'âge exact x (à x^e anniversaire).
Lecture: celles qui n'ont pas eu de $i+1^e$ naissances, + celles qui ont eu i^e naissance

$l_{i+,x} = l_{i+,x-1} + L_{i-1,x-1} \cdot m_{i,x-1}$ pour $i=4$ (et plus), la parité absorbante ($i+$)



Eléments et la structure de la table de fécondité

$q_{i,x}$ - quotient de fécondité de rang i à l'âge x . C'est la probabilité pour une femme d'âge x ayant $i-1$ enfants en début d'année de mettre au monde un enfant

$l_{i,x}$ - nombre de femmes à l'âge x de parité i dans la table de fécondité avec une racine (population de départ) de 10 000 personnes

$b_{i,x}$ - nombre de naissances de la table de rang i dans l'intervalle d'âge $[x, x+1)$

$L_{i,x}$ - nombre d'années-femme de parité i vécues dans l'intervalle d'âge $[x, x+1)$

$$b_{i,x} = L_{i-1,x} \cdot m_{i,x}$$

$$L_{i,x} = l_{i,x} - l_{i,x} \cdot q_{i+1,x} \cdot (1 - a_x) \quad \text{pour } i = 0$$

$$L_{i,x} = l_{i,x} + l_{i-1,x} \cdot q_{i,x} \cdot (1 - a_x) - l_{i,x} \cdot q_{i+1,x} \cdot (1 - a_x) \quad \text{pour } i = 1, 2, 3$$

$$L_{i+,x} = l_{i+,x} + l_{i-1,x} \cdot q_{i,x} \cdot (1 - a_x) \quad \text{pour } i = 4$$

$$Sb_{i,x} = \sum_{z=x(\min)}^{x-1} b_{i,z} \quad \text{pour } i=1,2,3,4,5+ \text{ (descendance de rang } i \text{ spécifique/atteint vers l'âge } x)$$

Taux de fécondité totale de table spécifique à la parité
(the parity- and age adjusted total fertility rate by birth order):

$$PATFR_i = \frac{\sum_x b_{i,x}}{l_{0,x=\min}} \rightarrow \frac{\sum_x b_{i,x}}{10\,000}$$

PATFR=ISFRA l'indice synthétique de fécondité tenant compte du rang et de l'âge (Rallu, Toulemon, 1993)

Age moyen à fécondité de rang i de table :

$$TMAB_i = \frac{\sum_x \bar{x} \cdot b_{i,x}}{\sum_x b_{i,x}}$$

Taux de fécondité totale de table
(the parity- and age adjusted total fertility rate):

$$PATFR = \frac{\sum_x \sum_i b_{i,x}}{l_{0,x=\min}} = \frac{\sum_x b_x}{l_{0,x=\min}} \rightarrow \frac{\sum_x b_x}{10\,000}$$

Age moyen de la fécondité de table :

$$TMAB = \frac{\sum_x \bar{x} \cdot b_x}{\sum_x b_x}$$

Table de fécondité de premier rang: République Tchèque, HFD

Year	x	w0x	m1x	q1x	l0x	b1x	L0x	Sb1x
2011	-12	1,00000	0,00002	0,00002	10000	0	10000	0
2011	13	0,99997	0,00005	0,00005	10000	0	10000	0
2011	14	0,99977	0,00036	0,00036	9999	4	9998	1
2011	15	0,99894	0,00147	0,00147	9996	15	9988	4
2011	16	0,99603	0,00445	0,00444	9981	44	9959	19
2011	17	0,99060	0,00808	0,00805	9937	80	9897	63
2011	18	0,98073	0,01201	0,01194	9857	118	9798	143
2011	19	0,96306	0,02014	0,01994	9739	194	9642	261
2011	20	0,93966	0,02364	0,02336	9545	223	9433	455
2011	21	0,91317	0,02891	0,02850	9322	266	9189	678
2011	22	0,88023	0,03267	0,03214	9056	291	8911	944
2011	23	0,84501	0,03771	0,03701	8765	324	8603	1235
2011	24	0,80889	0,04638	0,04533	8441	383	8249	1559
2011	25	0,76510	0,05630	0,05476	8058	441	7837	1942

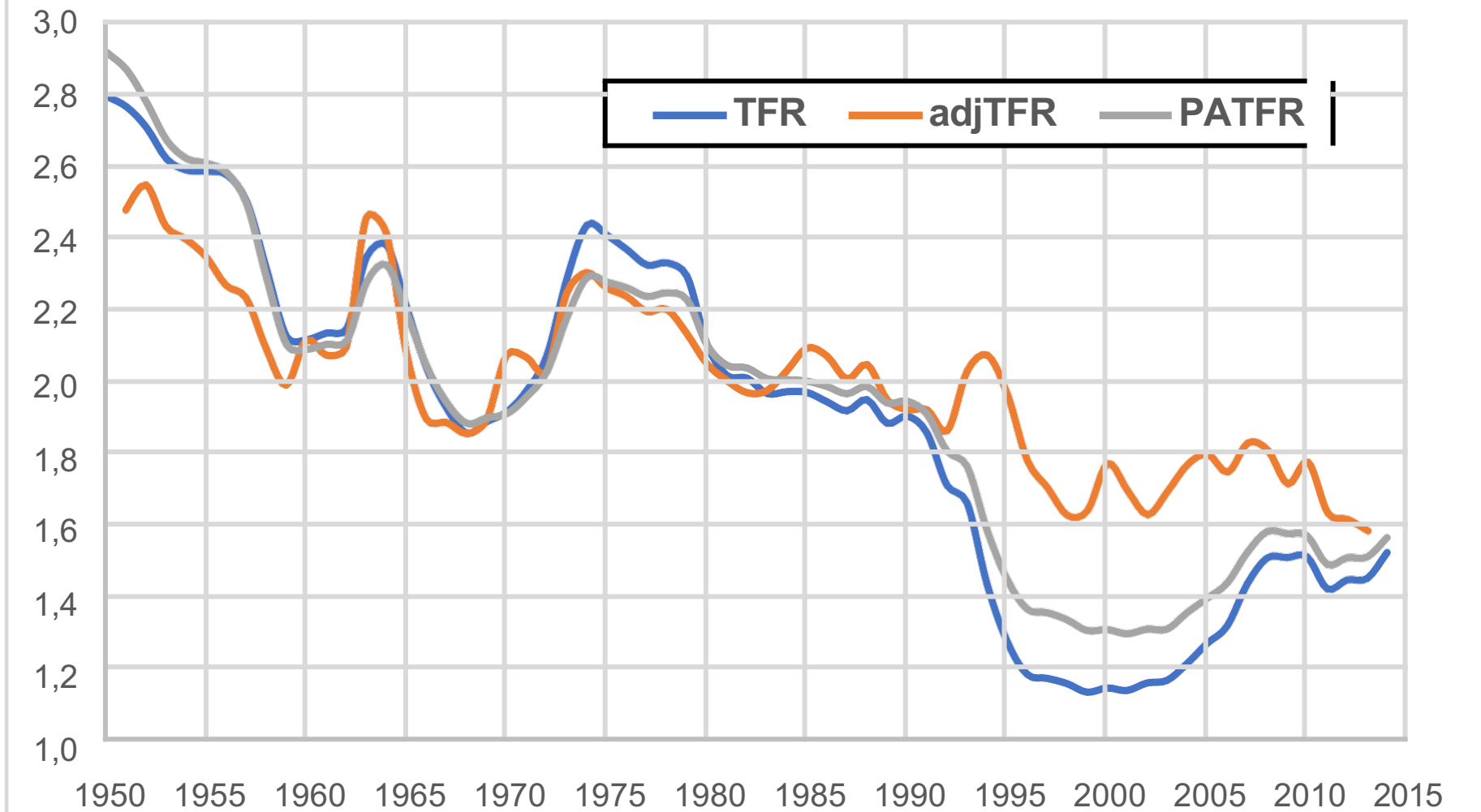
.....

2011	48	0,06309	0,00024	0,00024	1969	0	1969	8031
2011	49	0,06329	0,00025	0,00025	1969	0	1969	8031
2011	50	0,06264	0,00000	0,00000	1968	0	1968	8032
2011	51	0,06323	0,00026	0,00026	1968	1	1968	8032
2011	52	0,06516	0,00049	0,00049	1968	1	1967	8032
2011	53	0,06260	0,00000	0,00000	1967	0	1967	8033
2011	54	0,05822	0,00000	0,00000	1967	0	1967	8033
2011	55+	0,05698	0,00023	0,00023	1967	0	1967	8033

Table de fécondité de deuxième rang: République Tchèque, HFD

Year	x	w1x	m2x	q2x	l1x	b2x	L1x	Sb2x
2011	-12	0,00000	.	.	0	0	0	0
2011	13	0,00003	.	.	0	0	0	0
2011	14	0,00023	0,00000	0,00000	1	0	2	0
2011	15	0,00106	0,00000	0,00000	4	0	12	0
2011	16	0,00387	0,03699	0,03632	19	2	41	0
2011	17	0,00884	0,11622	0,10984	62	11	98	2
2011	18	0,01746	0,09841	0,09379	130	18	183	13
2011	19	0,03237	0,10787	0,10235	230	34	315	31
2011	20	0,05088	0,11990	0,11312	390	58	480	65
2011	21	0,07122	0,09633	0,09191	556	64	663	122
2011	22	0,09522	0,09766	0,09311	757	85	868	186
2011	23	0,11799	0,10392	0,09878	964	112	1078	271
2011	24	0,14018	0,11109	0,10524	1176	145	1306	383
2011	25	0,16637	0,10879	0,10318	1414	170	1561	528
2011	48	0,17014	0,00018	0,00018	2641	0	2641	5389
2011	49	0,16032	0,00010	0,00010	2641	0	2641	5390
2011	50	0,15493	0,00000	0,00000	2642	0	2642	5390
2011	51	0,14945	0,00000	0,00000	2642	0	2642	5390
2011	52	0,14226	0,00000	0,00000	2642	0	2643	5390
2011	53	0,13959	0,00000	0,00000	2643	0	2643	5390
2011	54	0,14037	0,00000	0,00000	2643	0	2643	5390
2011	55+	0,14103	0,00000	0,00000	2643	0	2643	5390

République Tchèque



TFR (Total Fertility Rate) = ISF

adjTFR (adjusted Total Fertility Rate) = ajISF

PATFR (Parity and Age adjusted Total Fertility Rate)

adjTFR est basé sur **les taux de deuxième catégorie**;

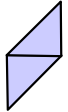
PATFR est basé sur la somme des naissances **d'une table de fécondité** par âge et rang de naissance

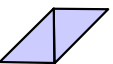
Utilisation des données rétrospectives (enquêtes) :

- Le point de départ est une génération rétrospective (l'événement constituant une cohorte n'est pas de fait l'année de naissance, mais l'âge atteint au moment d'enquête ou au présent) dont on étudie l'histoire de vie (études biographiques)
- L'effet de sélection (ou de troncature) à cause de la migration et la mortalité qui sont sélectives
- L'effet d'oubli : les enfants morts aux âges précoces sont souvent « oubliés » (non déclarés). L'oubli augmente avec l'âge

Utilisation des données prospectives (état civil) :

- Le point de départ est une génération prospective dont on suit l'histoire à partir des taux de fécondités
- L'effet de la migration et de la mortalité sélectives pourraient provoquer un écart (positif ou négatif) entre les nombre moyen d'enfant par femme d'une génération rétrospective et la descendance finale de la même génération prospectives
- pour une génération d'année de naissance « g », qui atteint l'âge 50 dans l'année « t » (donc, $g = t - 50$) les estimations suivantes sont correctes :

taux de fécondité à l'âge x atteint $f_x^g = \frac{N_x^g}{0,5 \cdot (F_{x-1}^g + F_x^g)}$ où $x = 15 + 50$ 

taux de fécondité à l'âge révolu (sur deux années consécutives) $f_{x+0.5}^g = \frac{N_{x+0.5}^g}{F_{x+0.5}^g}$ où $x = 15 + 49$ 

et la descendance finale) : $DF^g = \sum_{15}^{49} f_x^g$