CHAPITRE IV

LES POPULATIONS

Une population, au sens le plus habituel, résulte de la coexistence d'une centaine de générations.

Mais, dans une telle population, on peut opérer différents groupements et notamment, distinguer les différents ensembles de cohortes dont la présentation a fait l'objet du second chapitre ; aucun de ces ensembles ne saurait d'ailleurs recouvrir la population dans sa totalité ; on constitue donc ainsi des sous-populations, par exemple celles

- des personnes mariées
- des personnes divorcées
- des femmes ayant eu un nombre donné d'enfants nés vivants
- etc...

Le plus souvent, de telles sous-populations ne sont pas ordonnées selon les différentes cohortes qui les composent, mais selon les générations auxquelles les personnes ainsi considérées appartiennent.

Il n'y a pas que les phénomènes démographiques qui permettent d'opérer des distinctions au sein d'une population de définition classique et de déterminer les sous-populations correspondantes ; on peut aussi retenir tous les phénomènes se traduisant par des changements d'état de l'individu (fréquentation scolaire, activité économique,...) ou encore maintes caractéristiques (géographiques, physiques, physiologiques, biologiques,...) immuables ou non, des personnes considérées (par exemple, le lieu de résidence, la couleur des yeux, le groupe sanguin,...), et constituer les ensembles correspondants (population scolaire, population active totale ou de tel secteur, population urbaine ou rurale, population selon la couleur des yeux, le groupe sanguin,...)(1). Ici encore, lorsque les sous-populations considérées sont ordonnées selon des critères démographiques, elles le sont selon les générations des personnes qui les composent.

Les sous-populations que nous venons d'introduire peuvent, naturellement, être considérées en elles-mêmes, sans référence à aucun des ensembles plus larges auxquels elles appartiennent : la notion de sous-population est toute relative et répond surtout, ainsi que nous le verrons, aux besoins de l'analyse. Cette remarque est particulièrement vraie lorsque dans une sous-population on peut distinguer l'équivalent des naissances et des décès dans la population au sens le plus habituel.

En fait, les naissances sont des entrées dans la population et les décès sont des sorties, la population constituant, par ce jeu d'entrées et de sorties, un ensemble constamment renouvelé ; or, on peut distinguer dans maintes sous-populations ce processus d'entrées et de sorties qui détermine les variations d'effectifs et la composition de l'ensemble ; citons par exemple,

- la population scolaire ou, plus étroitement, la population de telle école dont la fréquentation est déterminée par des règles d'admission (entrées) et de sorties

- l'ensemble d'un corps professionnel : les règles du recrutement assurent les entrées, les décès et les mises à la retraite constituent les sorties

- etc...

Retenons donc, de cette brève introduction, que les ensembles d'individus que la démographie a à connaitre peuvent être considérés selon les besoins de l'analyse, soit comme des sous-populations rattachées à des ensembles plus vastes, soit comme des populations autonomes dont on connait les processus d'entrées et de sorties qui en régissent les évolutions ; naturellement, à propos d'une même population, il peut être utile de retenir simultanément ces deux points de vue.

----

(1) Notons au passage une caractéristique biologique intervenant constamment lors de la constitution de sous-populations : le sexe des individus.

1 – GENÈSE D'UNE POPULATION ET MODÈLES DE POPULATION

La figure 26 explicite, dans ses grandes lignes, le mode de formation d'une population,

- des naissances se produisent chaque année, en nombre N_i, l'année i

- les survivants de ces nouveau-nés (au 31 décembre de l'année 0 dans notre cas de figure), sont dans la proportion p_i (c'est une probabilité de survie), qui est une donnée dérivée de la table de mortalité de la génération.

On a de la sorte une population dont l'effectif ayant l'âge i est

$$p_i \, N_i$$

et dont l'effectif total est donné par la formule

$$P = \sum_{0}^{\omega} p_i \, N_i$$

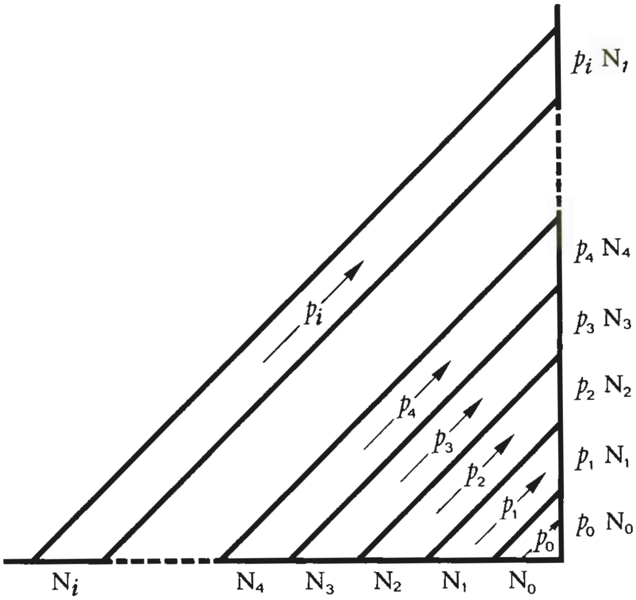

Figure 26 - Génèse d'une population.

Notre analyse correspond à une population sans migrations. Le schéma subsiste s'il y a migrations, les coefficients p_i ayant alors une signification plus complexe : mesurant le rapport de l'effectif annuel d'une génération à son effectif initial, ils rendent compte des effets conjoints de la mortalité et de la migration (et peuvent, de ce fait, dépasser l'unité).

La composition par âge de cette population (importance relative de chaque classe d'âge) est, à priori, sous la dépendance des quantités N_i (liées à la fécondité lorsqu'il s'agit d'une population au sens le plus habituel) et p_i (liées à la mortalité des différentes générations et éventuellement aux migrations).

Nous allons préciser ce schéma dans des cas particuliers.

Population stationnaire

Faisons l'hypothèse que les p_i sont immuables dans le temps, autrement dit que la table de mortalité est la même pour toutes les générations, et que les naissances annuelles sont constantes :

$$N_0 = N_1 = \ldots = N_i = \ldots = N$$

La population ainsi définie est appelée <u>population stationnaire</u>.

Dans ces conditions

$$P = N \sum_{0}^{\omega} p_i \; ;$$

mais

$$p_i = \frac{S_i + S_{i+1}}{2S_0}$$

ainsi

$$\sum_{0}^{\omega} p_i = \frac{1}{S_0}\left[\frac{S_0}{2} + S_1 + S_2 + \ldots\right] = e_0$$

Par conséquent, dans une population stationnaire

$$P = N\, e_0 , \qquad \text{(F)}$$

l'effectif de la population est égal au produit des naissances annuelles par l'espérance de vie à la naissance. Cela implique qu'une population stationnaire à un effectif constant(1).

La formule (F) s'étend, moyennant quelques modifications, à l'effectif d'une population stationnaire dépassant à un âge x quelconque, soit P_{x+} ; on a

$$P_{x+} = N \frac{S_x}{S_0} e_x \qquad \text{(F')}$$

Enfin les taux de natalité (n) et de mortalité (m) se définissant respectivement comme le rapport des naissances et des décès d'une année à la population moyenne durant cette année,

$$n = \frac{N}{P} = \frac{1}{e_0}$$

formule qui vaut aussi pour m, la constance de l'effectif de la population entrainant que $n = m$; donc dans une population stationnaire, le taux de mortalité est l'inverse de l'espérance de vie à la naissance.

Quelques exemples et applications

D'après la définition qui a été donnée, on peut attacher à un effectif annuel de naissances et à une table de mortalité, une population stationnaire et une seule.

Dans une population stationnnaire, l'importance relative des divers groupes d'âges ne dépend pas de l'effectif des naissances annuelles, autrement dit, la structure de la population stationnaire selon l'âge est indépendante de cet effectif des naissances et ne dépend que de la table de mortalité.

Le tableau 33 donne un exemple de population stationnaire, celle découlant de la table de mortalité du tableau 4 (génération féminine française 1820)(2) et d'un effectif de 100.000 naissances : ainsi,

$$N = S_0$$

----

(1) Il faut bien voir en effet que malgré le qualificatif de stationnaire, la définition que nous avons donnée de cette population ne rend pas évidente la constance de son effectif.

(2) Ce choix de la table de mortalité n'est pas très heureux ; la table de la génération 1820 correspond en effet à une situation de la mortalité en évolution, et il n'est pas concevable que le même ensemble de conditions se retrouve dans les générations futures. Toutefois, cette réserve de principe est ici sans portée pratique, tant à cause de l'usage que nous ferons le plus souvent de cette table que de l'amélioration très modérée des conditions de mortalité au cours de la majeure partie de la vie de la génération considérée.

et l'effectif de la classe d'âge i est

$$\frac{S_i + S_{i+1}}{2};$$

les effectifs dépassant un âge x répondent dans ce cas à une formule uniforme quelque soit x (cf. la formule (F')),

$$P_{x+} = S_x \, e_x$$

Tableau 33

Population stationnaire associée à la table de mortalité de la génération féminine française 1820

Age x	S_x	$\frac{S_x + S_{x+1}}{2}$	Age x	S_x	$\frac{S_x + S_{x+1}}{2}$	Age x	S_x	$\frac{S_x + S_{x+1}}{2}$	Age x	S_x	$\frac{S_x + S_{x+1}}{2}$
0	100.000	92.365	25	61.382	61.098	50	47.016	46.691	75	18.478	17.628
1	84.730	82.103	26	60.814	60.530	51	46.367	46.033	76	16.778	15.947
2	79.477	78.006	27	60.247	59.964	52	45.699	45.357	77	15.117	14.293
3	76.536	75.571	28	59.681	59.398	53	45.015	44.661	78	13.469	12.667
4	74.607	73.887	29	59.116	58.834	54	44.307	43.940	79	11.866	11.101
5	73.167	72.619	30	58.552	58.269	55	43.574	43.193	80	10.336	9.612
6	72.071	71.617	31	57.987	57.705	56	42.812	42.411	81	8.889	8.222
7	71.163	70.789	32	57.424	57.142	57	42.011	41.591	82	7.555	6.935
8	70.415	70.106	33	56.861	56.579	58	41.171	40.724	83	6.316	5.757
9	69.797	69.524	34	56.298	56.018	59	40.278	39.802	84	5.198	4.699
10	69.252	68.997	35	55.738	55.458	60	39.327	38.823	85	4.200	3.769
11	68.743	68.500	36	55.178	54.897	61	38.320	37.785	86	3.339	2.978
12	68.257	68.020	37	54.616	54.335	62	37.251	36.692	87	2.618	2.321
13	67.784	67.547	38	54.054	53.772	63	36.134	35.541	88	2.024	1.782
14	67.311	67.072	39	53.491	53.208	64	34.948	34.328	89	1.540	1.345
15	66.834	66.594	40	52.926	52.643	65	33.708	33.057	90	1.150	997
16	66.355	66.103	41	52.361	52.078	66	32.407	31.732	91	844	725
17	65.851	65.589	42	51.795	51.511	67	31.058	30.354	92	607	517
18	65.327	65.056	43	51.228	50.942	68	29.651	28.927	93	427	361
19	64.785	64.507	44	50.656	50.365	69	28.204	27.448	94	295	247
20	64.230	63.948	45	50.074	49.779	70	26.693	25.905	95	200	166
21	63.666	63.380	46	49.485	49.185	71	25.118	24.306	96	133	109
22	63.094	62.808	47	48.886	48.580	72	23.495	22.673	97	86	70
23	62.523	62.237	48	48.275	47.963	73	21.851	21.014	98	55	44
24	61.952	61.667	49	47.652	47.334	74	20.177	19.327	99	34	27
									100	20	4.100.833

Si l'on dispose des valeurs de e_x aux différents âges, il est commode d'utiliser cette formule pour calculer la répartition de la population selon quelques grands groupes d'âges. C'est ainsi que

$$P_{20+} = S_{20} \, e_{20}$$

Donc, la proportion des "moins de vingt ans" dans la population est

$$1 - \frac{P_{20+}}{P} = 1 - \frac{S_{20}}{S_0} \cdot \frac{e_{20}}{e_0}$$

Dans l'exemple du tableau 23, e_{20} = 41,7 ans (cf. Delaporte op. cité, page 63) et S_{20} = 64.230 ; la proportion cherchée vaut donc

$$1 - \frac{64.230}{100.000} \cdot \frac{41,7}{41,0} = 34,7\ \%$$

ce que l'on peut vérifier en utilisant directement les résultats du tableau 33.

En s'en tenant aux trois groupes d'âges le plus souvent utilisés (0-19 ans, 20-59 ans, 60 ans et plus), on trouve la répartition

0-19 ans	34,7
20-59 ans	51,4
60 ans et plus	13,9
Tous âges	100,0

La définition d'une population stationnaire est très rigide et l'on peut dire qu'il n'y a jamais de population réelle (au sens le plus habituel), qui soit rigoureusement stationnaire. La population stationnaire est plutôt une population de référence qui permet, par comparaison, de juger certaines situations concrètes. C'est aussi hélas, et nous y reviendrons, un modèle qui est à l'origine de certaines interprétations fautives.

Avant que la mortalité ne baisse, les diverses générations constituant une population avaient des tables de mortalité globalement peu différentes (valeurs de e_0 assez voisines) ; cependant, du fait d'importantes surmortalités (guerres, épidémies, famines), certaines générations pouvaient avoir des espérances de vie à la naissance particulièrement basses et, de toute façon, la structure de la mortalité selon l'âge variait sensiblement de génération à génération. Quant à l'effectif annuel des naissances, tout comme l'effectif de la population, il n'était jamais rigoureusement constant. Ainsi l'assimilation des populations anciennes à des populations stationnaires n'est qu'une approximation permettant d'approcher commodément, mais grossièrement, quelques caractéristiques de ces populations.

Utilisons par exemple la table de mortalité de Duvillard qui semble applicable à l'ensemble de la population française à la fin du XVIIIème siècle. A cette époque on peut affirmer que la population était légèrement croissante : de ce seul fait l'assimilation de la population française à la population stationnaire associée à la table de mortalité de Duvillard n'est pas pleinement satisfaisante.

Comme e_0 = 28,8 ans dans la table de Duvillard, il y correspond, dans la population stationnaire, un taux de mortalité

$$m = \frac{1}{28,8} = 35\ ‰$$

un peu supérieur aux premiers taux calculés en France, au début du XIXème siècle (de 31 à 33 ‰, de 1800 à 1810).

Quant à la répartition de cette population stationnaire en trois grands groupes d'âges, nous l'obtenons en calculant tout d'abord (cf. les données du tableau 34).

$$P = S_0\ e_0 = 1000 \times 28,8 = 28.000$$

$$P_{20+} = S_{20}\ e_{20} = 502 \times 34,3 = 17.219$$

$$P_{60+} = S_{60}\ e_{60} = 214 \times 12,0 = 2.568$$

On trouve finalement,

0-19 ans	11.581	40,2
20-59 ans	14.651	50,9
60 ans et plus	2.568	8,9
Tous âges	28.800	100,0

Tableau 34

Extraits de tables de mortalité

Age x	Table de Duvillard		Générations 1960 aux Etats-Unis (population blanche)			
			Sexe masculin		Sexe féminin	
	S_x	e_x	S_x	e_x	S_x	e_x
0 an	1.000	28,8 ans	100.000	75,7 ans	100.000	80,1 ans
20 ans	502	34,3 ans	96.142	58,6 ans	97.287	62,3 ans
60 ans	214	12,0 ans	86.548	21,5 ans*	92.209	23,5 ans*

* Evaluation par interpolation à partir des valeurs du tableau 5 de l'article *Cohort Survival for Generations since 1840.* Paul H. Jacobson.

Cette répartition est proche de celle à laquelle est parvenu Paul Vincent pour les années voisines de 1775(1) :

0-19 ans	42,6
20-59 ans	50,3
60 ans et plus	7,1
Tous âges	100,0

L'utilisation des données déjà commentées, concernant la génération américaine 1960 (cf. tableau 34), permet de préciser vers quel état pourrait s'acheminer les populations humaines lorsqu'elles auront atteint un bas niveau de mortalité, et qu'elles s'approcherons de l'état stationnaire défini par la table de mortalité correspondante.

Dans la génération américaine 1960, l'espérance de vie à la naissance, pour l'ensemble des deux sexes, devrait être de

$$75,7 \times 0,512 + 80,1 \times 0,488 = 77,85 \text{ ans}$$

Il y correspond, dans l'état stationnaire, un taux de mortalité égal à

$$\frac{1}{77,85} = 12,8 ‰$$

alors que ce taux vaut actuellement aux Etats-Unis un peu plus de 9 ‰ ; ainsi, l'acheminement vers un état stationnaire, avec une mortalité plus basse que dans la quasi-totalité des générations actuelles, se traduit par une hausse du taux de mortalité : c'est que la répartition par âge de la population s'est sensiblement modifiée au profit des gens âgés, à mortalité plus forte. Voici d'ailleurs cette répartition(2).

0-19 ans	25,0
20-59 ans	49,2
60 ans et plus	25,8
Tous âges	100,0

La notion de population stationnaire s'applique naturellement à des populations au sens plus restreint, et notamment aux ensembles dans lesquels on distingue clairement les processus d'entrées et de sorties. Dans certains cas on peut même s'approcher beaucoup plus qu'on ne le fait,

----

(1) French Demography in the Eighteenth Century, *Population Studies* I-1, juin 1947.

(2) Le lecteur pourra établir ce résultat en utilisant, pour chaque sexe, la méthode employée plus haut, puis en pondérant les effectifs obtenus par les taux de masculinité et de féminité à la naissance (0,512 et 0,488).

avec des populations au sens le plus habituel, de l'état stationnaire parfait. C'est ainsi que la population d'une école, dont les promotions de nouveaux élèves forment un contingent fixe, forment une population stationnaire si la durée des études est la même pour tous, la mortalité étant par ailleurs négligeable. L'effectif de l'école est alors sensiblement le produit de l'effectif d'une promotion (naissances) par la durée des études (vie moyenne). Si les abandons et les redoublements ont à peu près la même importance dans les différentes promotions, la population reste encore stationnaire et son effectif est le produit de l'effectif des promotions par la durée moyenne de présence à l'école ; en respectant les notations d'une population au sens le plus large, on a toujours

$$P = N e_0$$

cette relation pouvant être utilisée pour évaluer une des trois quantités lorsque l'on connait les deux autres, par exemple, la durée moyenne des études ou de présence à l'école, lorsque l'on connait l'effectif total et les entrées annuelles.

Population stable

Le schéma dont nous nous sommes servis pour présenter une population (figure 26), peut être explicité avec des hypothèses un peu plus complexes que celles intervenant dans la population stationnaire ; c'est ainsi qu'en remplaçant l'hypothèse de la constance des naissances annuelles par celle d'une variation d'une année sur l'autre à taux constant, on définit la population stable.

On a alors

$$N_i = k\, N_{i-1}$$

Avec nos notations, si $k < 1$ le nombre des naissances annuelles va en croissant, si $k > 1$, il va en diminuant.

Au 31 décembre de l'année 0 (figure 26), l'effectif total P de la population est donné par

$$P = p_0 N_0 + k p_1 N_0 + k^2 p_2 N_0 + k^3 p_3 N_0 + \dots ;$$

au 31 décembre de l'année précédente il était P' donné par

$$P' = k p_0 N_0 + k^2 p_1 N_0 + k^3 p_2 N_0 + \dots = k(p_0 N_0 + k p_1 N_0 + k^2 p_2 N_0 + \dots)$$

Donc

$$P' = kP \quad \text{et} \quad P = \frac{1}{k} P'$$

Ainsi, la population stable varie dans le même sens et au même taux que les naissances annuelles. Par ailleurs, en comparant les effectifs d'une année d'âge donnée quelconque, à ces deux 31 décembre, on voit que l'effectif à la fin de l'année 1 est égal à k fois l'effectif à la fin de l'année 0 ; donc, dans une population stable, la structure par âge est invariable

La population totale variant au même taux que les naissances annuelles : le rapport de cette deuxième quantité à la première est constant : dans une population stable, le taux de natalité est constant ; c'est aussi le cas du taux de mortalité, la différence des deux taux étant égal à $\frac{1}{k} - 1$, lui-même constant.

Exemples de populations stables

On construit commodément la population stable correspondant à une table de mortalité et à une valeur de k, en passant par l'intermédiaire de la population stationnaire associée à la table de mortalité.

Reprenons l'exemple de la population stationnaire du tableau 33 (table de mortalité : génération féminine française 1820), et proposons-nous de calculer la population stable qui en dérive, lorsque la variation des naissances annuelles d'une année sur la suivante est de + 1 % ; dans ce cas

$$k = \frac{1}{1,01}$$

Sur la base de 100.000 naissances durant l'année 0, l'effectif à l'âge x (au 31 décembre de l'année 0 ; figure 26) est égal à

$$\frac{S_x + S_{x+1}}{2} \quad \text{dans la population stationnaire}$$

$$k^x \frac{S_x + S_{x+1}}{2} \quad \text{dans la population stable}$$

Ainsi, à 10 ans révolus, on trouve respectivement

$$\frac{S_{10} + S_{11}}{2} = 68.997 \text{ (cf. tableau 33)}$$

$$\left(\frac{1}{1,01}\right)^{10} \frac{S_{10} + S_{11}}{2} = 0,9053 \times 68.997 = 62.462$$

Le second calcul se fait commodément par passage aux logarithmes ; c'est de la sorte qu'ont été conduits les calculs du tableau 35.

Calculons le taux de natalité de cette population ; il y a 100.000 naissances durant l'année 0 et, en notant P la population au 31 décembre de cette année, la population moyenne vaut sensiblement

$$0,995 \text{ P} ;$$

le taux de natalité n est donc égal à

$$\frac{100.000}{0,995\text{P}} \simeq 1,005 \cdot \frac{100.000}{\text{P}} = \frac{100.500}{3.044.220} = 33,0 ‰ ;$$

et par conséquent le taux de mortalité m vaut

$$m = n - 10 ‰ = 23,0 ‰$$

On peut simplifier les calculs de population stable en les conduisant par groupes de cinq générations (cf. *L'Analyse démographique* page 282 et suivantes). Le tableau 36 rassemble quelques caractéristiques de diverses populations stables associées à la table de mortalité de la génération féminine française 1820. Par hypothèse la mortalité ne varie pas, et les différences entre populations tiennent uniquement aux différences entre les chiffres de naissances annuelles qui traduisent, comme nous le verrons plus loin, des différences de fécondité ; il est alors intéressant de noter que d'après le tableau 36, ce sont les populations à plus faible fécondité qui ont le plus grand degré de vieillissement (plus fort pourcentage de "60 ans et plus"). On compléterait utilement cette analyse en extrayant d'un réseau suffisamment dense de populations stables, celles correspondant à des fécondités sensiblement identiques, pour voir l'effet des seules différences de mortalité sur la structure par âge ; on verrait que cet effet est à peu près insensible ce qui autorise à conclure, du moins pour ce qui est des populations stables, que la structure par âge résulte essentiellement du niveau de la fécondité.

Les populations stables forment un riche éventail de populations modèles dont les populations stationnaires ne constituent qu'un cas particulier ; on est donc plus à même de s'approcher des populations réelles avec les modèles stables qu'avec les seuls modèles stationnaires.

Tableau 35

Population stable définie par la table de mortalité de la génération féminine française 1820 et le taux d'accroissement annuel + 1 %

Age x	Pop. station.	$\left(\frac{1}{1,01}\right)^x$	Pop. stable	Age x	Pop. station.	$\left(\frac{1}{1,01}\right)^x$	Pop. stable	Age x	Pop. station.	$\left(\frac{1}{1,01}\right)^x$	Pop. stable
0	92.365	1	92.365	35	55.458	0,7059	39.148	70	25.905	0,4983	12.909
1	82.103	0,9901	81.290	36	54.897	0,6989	38.369	71	24.306	0,4934	11.992
2	78.006	0,9803	76.469	37	54.335	0,6920	37.600	72	22.673	0,4885	11.076
3	75.571	0,9706	73.348	38	53.772	0,6852	36.842	73	21.014	0,4837	10.164
4	73.887	0,9610	71.004	39	53.208	0,6784	36.095	74	19.327	0,4789	9.255
5	72.619	0,9515	69.094	40	52.643	0,6717	35.356	75	17.628	0,4741	8.358
6	71.617	0,9420	67.466	41	52.078	0,6650	34.632	76	15.947	0,4694	7.486
7	70.789	0,9327	66.026	42	51.511	0,6584	33.916	77	14.293	0,4648	6.643
8	70.106	0,9235	64.742	43	50.942	0,6519	33.209	78	12.667	0,4602	5.829
9	69.524	0,9143	63.569	44	50.365	0,6454	32.508	79	11.101	0,4556	5.058
10	68.997	0,9053	62.462	45	49.779	0,6391	31.812	80	9.612	0,4511	4.336
11	68.500	0,8963	61.398	46	49.185	0,6327	31.121	81	8.222	0,4467	3.672
12	68.020	0,8875	60.364	47	48.580	0,6265	30.433	82	6.935	0,4422	3.067
13	67.547	0,8787	59.351	48	47.963	0,6203	29.749	83	5.757	0,4379	2.521
14	67.072	0,8700	58.350	49	47.334	0,6141	29.069	84	4.699	0,4335	2.037
15	66.594	0,8614	57.361	50	46.691	0,6080	28.390	85	3.769	0,4292	1.618
16	66.103	0,8528	56.374	51	46.033	0,6020	27.713	86	2.978	0,4250	1.266
17	65.589	0,8444	55.382	52	45.357	0,5961	27.035	87	2.321	0,4208	977
18	65.056	0,8360	54.388	53	44.661	0,5902	26.357	88	1.782	0,4166	742
19	64.507	0,8277	53.395	54	43.940	0,5843	25.675	89	1.345	0,4125	555
20	63.948	0,8195	52.408	55	43.193	0,5785	24.988	90	997	0,4084	407
21	63.380	0,8114	51.428	56	42.411	0,5728	24.293	91	725	0,4044	293
22	62.808	0,8034	50.460	57	41.591	0,5671	23.587	92	517	0,4003	207
23	62.237	0,7954	49.506	58	40.724	0,5615	22.867	93	361	0,3964	143
24	61.667	0,7876	48.567	59	39.802	0,5560	22.128	94	247	0,3925	97
25	61.098	0,7798	47.642	60	38.823	0,5505	21.370	95	166	0,3886	65
26	60.530	0,7721	46.732	61	37.785	0,5450	20.593	96	109	0,3847	42
27	59.964	0,7644	45.837	62	36.692	0,5396	19.799	97	70	0,3809	27
28	59.398	0,7568	44.954	63	35.541	0,5343	18.988	98	44	0,3771	17
29	58.834	0,7493	44.087	64	34.328	0,5290	18.158	99	27	0,3734	10
30	58.269	0,7419	43.231	65	33.057	0,5237	17.313		4.100.833		3.044.220
31	57.705	0,7346	42.389	66	31.732	0,5186	16.455				
32	57.142	0,7273	41.560	67	30.354	0,5134	15.584				
33	56.579	0,7201	40.743	68	28.927	0,5083	14.704				
34	56.018	0,7130	39.939	69	27.448	0,5033	13.814				

Remarques sur la formation des populations stables

Les définitions que nous avons données des populations stationnaires et stables, si elles font intervenir une caractéristique de mortalité précise (la table de mortalité), ne mettent pas en jeu des lois explicites de fécondité.

On peut voir cependant que l'existence de taux de fécondité par âge invariables, ayant des valeurs convenables, assurent des chiffres de naissances annuelles vérifiant les conditions requises pour le maintien d'une population stable.

Tableau 36

Diverses populations stables associées à la table de mortalité de la génération féminine française 1820

caractéristiques de la population. \ accroissement naturel	3 p. 100	2 p. 100	1 p. 100	0 p. 100	−1 p. 100	−2 p. 100
0-19 ans	58,1	50,8	42,9	34,7	26,9	19,8
20-59 ans	37,9	43,0	47,7	51,4	53,4	53,5
60 ans et plus	4,0	6,2	9,4	13,9	19,7	26,7
Tous âges	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Taux de natalité (‰)	53,3	42,8	33,0	24,4	17,1	11,3
Taux de mortalité (‰)	23,3	22,8	23,0	24,4	27,1	31,3

Notons en effet

$$F_x$$

l'effectif des femmes d'une population stable, atteignant l'âge x durant une année donnée et

$$f_x$$

le taux de fécondité générale à cet âge.

Le total N des naissances dans cette population stable, durant l'année considérée, vaut donc

$$N = \sum F_x f_x$$

L'année précédente, si les naissances étaient au nombre de

$$kN$$

l'effectif des femmes atteignant l'âge x était de

$$k F_x$$

Il s'ensuit qu'avec les taux de fécondité générale par âge identiques à ceux de l'année suivante, on trouve bien pour cette année

$$\sum k F_x f_x = k \sum F_x f_x = k \text{ N naissances}$$

Mais, il n'existe pas de population stable de toute éternité... et un problème important est de déterminer les conditions de mortalité et de fécondité qui acheminent une population quelconque vers un état stable.

On possède à ce sujet un résultat dû à Lotka : si, dans une population quelconque la table de mortalité et les taux de fécondité des générations demeurent constants à partir d'un instant donné , la population s'achemine vers l'état stable associé à ces lois de mortalité et de fécondité. L'état limite est atteint au bout d'un temps variable qui dépend des écarts plus ou moins importants qui existent entre la structure d'origine et la structure limite.

La référence à certaines grandeurs associées à cet état limite (taux de natalité, de mortalité , d'accroissement naturel), sert souvent à caractériser ces conditions de la mortalité et de la fécondité.

Il faut pour cela déterminer cette population stable limite, au moins pour ce qui est de sa structure. On se sert alors d'un résultat dû encore à Lotka, dont nous reparlerons plus loin (cf. page 119) : dans une population stable le taux net de reproduction R_o, le taux annuel d'accroissement naturel r, et l'intervalle entre générations successives a'(1) satisfont à la relation

$$R_o = (1 + r)^{a'}$$

d'où il découle

$$r = \sqrt[a']{R} - 1$$

Toutes les quantités figurant au second membre sont déterminées par les lois de fécondité et de mortalité ; la formule permet d'en déduire r et par conséquent la structure de la population stable limite.

Population et sous-population

Ainsi que nous l'avons dit, dans l'introduction de ce chapitre, une population au sens le plus habituel est à l'origine de nombreuses sous-populations.

Très souvent, il y a intérêt à préciser l'apport des diverses générations de la population d'origine en éléments de la sous-population que l'on étudie. C'est ainsi qu'une population dont les effectifs selon l'âge sont

$$P_0,\ P_1,\ P_2,\ \ldots,\ P_i,\ \ldots$$

pourra donner naissance à une sous-population dont les effectifs selon l'âge seront

$$k_0 P_0,\ k_1 P_1,\ k_2 P_2,\ \ldots,\ k_i P_i,\ \ldots\ ;$$

les coefficients k_i mesurent l'apport des diverses générations.

Cet apport peut être fixé dès la naissance de la génération (cas de certains caractéres biologiques) ou au contraire s'effectuer à partir d'un certain âge et se préciser sur un intervalle d'âge plus ou moins long (ainsi l'apport de chaque génération en diplômés de telle catégorie) ; enfin cet apport peut être sujet à des variations en sens divers, tout au long de la période où il s'effectue (ainsi l'apport en actifs de chaque génération).

Nous avons déjà rencontré ces coefficients k_i au chapitre précédent ; nous avons notamment utilisé leurs compléments à l'unité pour bâtir les tables correspondant aux phénomènes en cause. L'exemple le plus typique que nous ayons alors abordé est celui des proportions de célibataires. A ce propos nous avions souligné que les proportions considérées varient non seulement du fait de la progression du phénomène, mais encore sous l'effet de la mortalité et de la migration différentielles. Cette remarque conserve ici sa valeur et le cadre élargi dans lequel nous considérons maintenant les coefficients k_i, va nous fournir un bon exemple de cette incidence de la mortalité et éventuellement de la migration différentielles.

Le sexe des individus, fixé dès les débuts de la conception, est immuable tout au long de la vie ; la proportion, disons des hommes, dans une génération, n'en varie pas moins tout au long de l'existence de cette génération, en raison de la surmortalité masculine(2) : s'il nait, de manière à peu près constante, 105 garçons pour 100 filles, c'est-à-dire 512 garçons pour 1.000 nouveau-nés, la proportion décroit ensuite sans cesse pour atteindre une valeur de l'ordre de 200 pour 1.000 chez les survivants à 100 ans.

En explicitant les quantités k_i on met en évidence des caractéristiques intéressantes de la population d'origine et, à ce titre, nous aurons à revenir sur ce mode d'analyse de l'état d'une population.

----

(1) Cette dernière notion, ainsi que celle de taux net de reproduction, seront introduites pages 116 et suivantes.

(2) Eventuellement, la migration vient ajouter ses effets à ceux de la seule mortalité.

Mais ce rattachement à la population-mère permet aussi de mieux comprendre et de mieux prévoir l'évolution de la sous-population considérée ; c'est pourquoi nous attirons ici l'attention sur ce mécanisme de formation des populations particulières.

Le tableau 37 fournit à cet égard un exemple particulièrement riche ; les k_i sont ici les proportions d'agriculteurs (actifs ou retraités), dans les générations masculines ; par conséquent la population-mère est la population masculine, la sous-population étudiée étant la population masculine des ménages agricoles, appelée encore population masculine agricole.

Tableau 37

France. Proportions d'agriculteurs (en %), dans divers groupes de générations masculines.

Générations	Résultats des recensements								Perspectives			
	1906	1911	1921	1926	1931	1936	1946	1954	1956	1961	1966	1971
1866-1870	35,1	35,7	38,4	39,8	39,5							
1871-1875	33,9	33,4	35,7	36,1	36,6	36,9						
1876-1880	34,2	31,9	31,7	31,9	32,5	33,6						
1881-1885	35,8	31,0	27,7	27,5	27,8	29,1	32,6					
1886-1890		33,6	26,3	25,0	25,0	25,9	29,5	28,0				
1891-1895		34,7	26,5	23,9	23,0	23,7	26,6	25,1	25,2			
1896-1900			33,8	26,2	24,4	24,7	27,2	26,3	26,2	26,6		
1901-1905			36,3	30,2	25,8	25,9	26,9	25,5	25,6	26,0	26,7	
1906-1910				30,9	28,3	26,4	25,3	23,3	23,2	23,7	24,3	25,0
1911-1915					29,1	29,3	23,7	20,9	20,7	20,8	21,3	21,9
1916-1920						26,3	23,4	18,6	17,8	17,8	18,0	18,5
1921-1925							28,7	21,6	20,2	18,1	18,1	18,4
1926-1930							30,2	22,0	20,8	19,1	18,2	18,3
1931-1935									22,2	19,4	17,6	16,8
1936-1940									21,6	18,6	17,0	16,0
1941-1945										19,4	16,8	15,2
1946-1950											17,3	14,8
1951-1955												15,6

Source : Maurice Febvay. La population agricole française. *Etudes et conjoncture*, août 1956.

On lit, en particulier, sur ces séries de pourcentages, les effets de la migration des agriculteurs vers d'autres professions : on saisit donc l'importance d'un phénomène qualifié de perturbateur dans une description du chapitre II et dont la connaissance est ici précieuse, en particulier pour la prévision. Des traits propres à l'histoire de certaines générations se dégagent également, ainsi la forte proportion initiale d'agriculteurs parmi les générations 1901-1905 et 1926-1930 dont les débuts de l'activité se situent respectivement immédiatement après les deux guerres mondiales.

Ce sont les permanences statistiques observées sur les séries de la partie gauche du tableau, qui ont permis d'avancer les chiffres de la partie droite correspondant à des perspectives, ces dernières débouchant, dans l'étude citée en référence, sur des perspectives en nombres absolus per utilisation de perspectives de population totale.

Les chiffres du tableau 38 fournissent des données similaires concernant les bacheliers. Mais, il s'agit cette fois d'un état qui, lorsqu'il est atteint, n'est pas sujet à modifications, et qui, de surcroît, est acquis dans l'immense majorité des cas sur un intervalle de quelques années (de l'âge de 17 ans à l'âge de 20 ans environ) ; les séries chronologiques, concernant un même groupe de générations, n'ont donc plus cette fois l'importance qu'elles revêtaient dans l'exemple précédent, les proportions k_i concernant un même groupe ne pouvant varier que du fait de la mortalité et de la migration différentielles. En fait, les proportions du tableau 38 nous montrent clairement à elles seules comment s'est formée en France la sous-population des bacheliers ; ces séries de proportions peuvent donner lieu à des extrapolations pour les générations nées après 1941, qui nous fourniront - concuremment avec d'autres méthodes - un moyen de tracer des perspectives. Ces perspectives peuvent s'efforcer d'atteindre l'évolution future la plus probable, mais aussi de définir diverses variantes, notamment les extrêmes plausibles, compte tenu de l'inertie des quantités k_i.

Tableau 38

France. Population des bacheliers au 1er janvier 1962. (générations 1882 à 1941)

Générations	Sexe masculin		Sexe féminin	
	nombre absolu	p. 10.000*	nombre absolu	p. 10.000*
1882-1891	32.800	342	500	3
1892-1896	19.600	260	1.400	12
1897-1901	28.700	254	4.500	34
1902-1906	36.300	269	7.200	50
1907-1911	45.800	323	13.100	88
1912-1916	55.300	453	20.600	163
1917-1921	60.000	483	27.100	217
1922-1926	86.500	527	52.900	325
1927-1931	91.200	545	65.000	402
1932-1936	110.800	692	82.500	545
1937-1941	145.500	1.026	131.400	982

* de l'effectif des générations masculine et féminine respectivement.
Source : P. Maes. Combien de bacheliers en 1975 ? *Avenirs*, novembre 1962.

On trouvera dans notre *Pratique de la Démographie* une étude du Corps médical français conduite selon ces principes généraux (cf. sujet n° 1, Médecins et population).

2 - STRUCTURE D'UNE POPULATION

L'état d'une population, c'est-à-dire son effectif et sa répartition selon différents critères (sexe, âge, état matrimonial, nationalité, noyau familial, unité de peuplement, ...) est connue le plus souvent par l'observation instantanée dont le type est le recensement(1).

Ces recensements, qui sont des opérations très lourdes, ont lieu le plus souvent à intervalles réguliers, tous les 5 ou 10 ans ; mais entre deux recensements successifs on peut parvenir à connaître, à dates régulières (tous les 1er janvier par exemple), certaines caractéristiques d'état de la population (ainsi l'effectif et la répartition par âge), en utilisant pour cela les statistiques du mouvement de la population.

Notre étude des modes de génèse des populations et de certaines populations modèles, nous a déjà conduit à considérer certaines caractéristiques d'état de la population. L'examen auquel nous allons procéder maintenant sera beaucoup plus large et systématique puisqu'il empruntera des données aux résultats les plus courants des recensements.

Les différentes catégories de population que l'on est amené à former découlent des caractéristiques que l'on attache

- soit aux individus

- soit à certains groupements d'individus comme la famille, le ménage, différentes communautés, ...

----

(1) Nous ne considérons ici le recensement que comme instrument d'observation instantanée et non comme procédé d'observation rétrospective.

Nous considérerons ici surtout les caractéristiques attachées aux individus et les structures de population qui en découlent. Les caractéristiques individuelles les plus courantes sont

- le sexe
- l'âge
- l'état matrimonial
- l'activité économique
- la fréquentation scolaire
- le degré d'instruction
- la nationalité
- le lieu de résidence
- ....

En combinant ces caractéristiques on parvient à classer les populations étudiées de multiples manières. Mais, quel que soit le caractère sur lequel on porte spécialement son attention, on peut affirmer que l'on a toujours intérêt à le combiner avec le sexe et l'âge.

Age et génération

L'âge au recensement peut être demandé de plusieurs façons ; la seule qui soit convenable est celle où l'on demande la date de naissance. Comme les recensements ont rarement lieu au premier janvier, le classement par âge en années révolues qui en résulte ne correspond generalement pas au classement de la population par génération. Mais l'on préfère souvent, et à juste titre, un classement rigoureux par génération à un classement rigoureux par âge.

De toute façon, derrière le classement d'une population selon l'âge (rigoureux ou approximatif), se profile toujours le classement selon la génération. Cette remarque est capitale : il faut toujours l'avoir présente à l'esprit lorsque l'on se propose de commenter les résultats d'un recensement ou d'une évaluation de population selon l'âge. Nous aurons l'occasion de donner des exemples.

Population selon le sexe et l'âge

Lorsque l'on possède une population classée selon le sexe et l'âge, on peut se proposer différents types d'analyse ;

- si l'on met l'accent sur la répartition par âge on ramènera le total de l'ensemble de la population ou de la population de chaque sexe à un multiple de 10. C'est ce qui a été fait dans le tableau 39.

- si l'on s'intéresse à la répartition par sexe, on ramènera l'effectif à chaque âge (ou groupe d'âges), à un multiple de 10 ou encore, ce qui est plus habituel, on calculera les rapports de masculinité (nombres d'hommes pour 100 femmes). C'est ce qui a été fait dans le tableau 40.

Avec les données du tableau 39 (population totale ramenée à 10.000), il est possible de construire la pyramide des âges (cf. figure 27). En fait, pour établir la figure 27 nous avons utilisé une répartition par année d'âge et ce sont les effectifs (en nombre relatifs), d'une année d'âge qui sont portés sur les échelles horizontales ; si, pour une raison quelconque, on doit sur le même dessin, faire figurer des groupes quinquennaux(1) il faudra, compte tenu des échelles horizontales choisies, ramener l'effectif total d'un groupe de cinq ans à l'effectif moyen d'une année : un exemple est porté sur la figure 27 qui illustre en même temps qu'il justifie le procédé. Ainsi, dans une pyramide des âges, les surfaces sont proportionnelles aux effectifs représentés.

----

(1) Le problème se pose par exemple lorsque l'on possède des données par année d'âge jusqu'à un certain âge, puis des données par groupes de cinq ans ensuite.

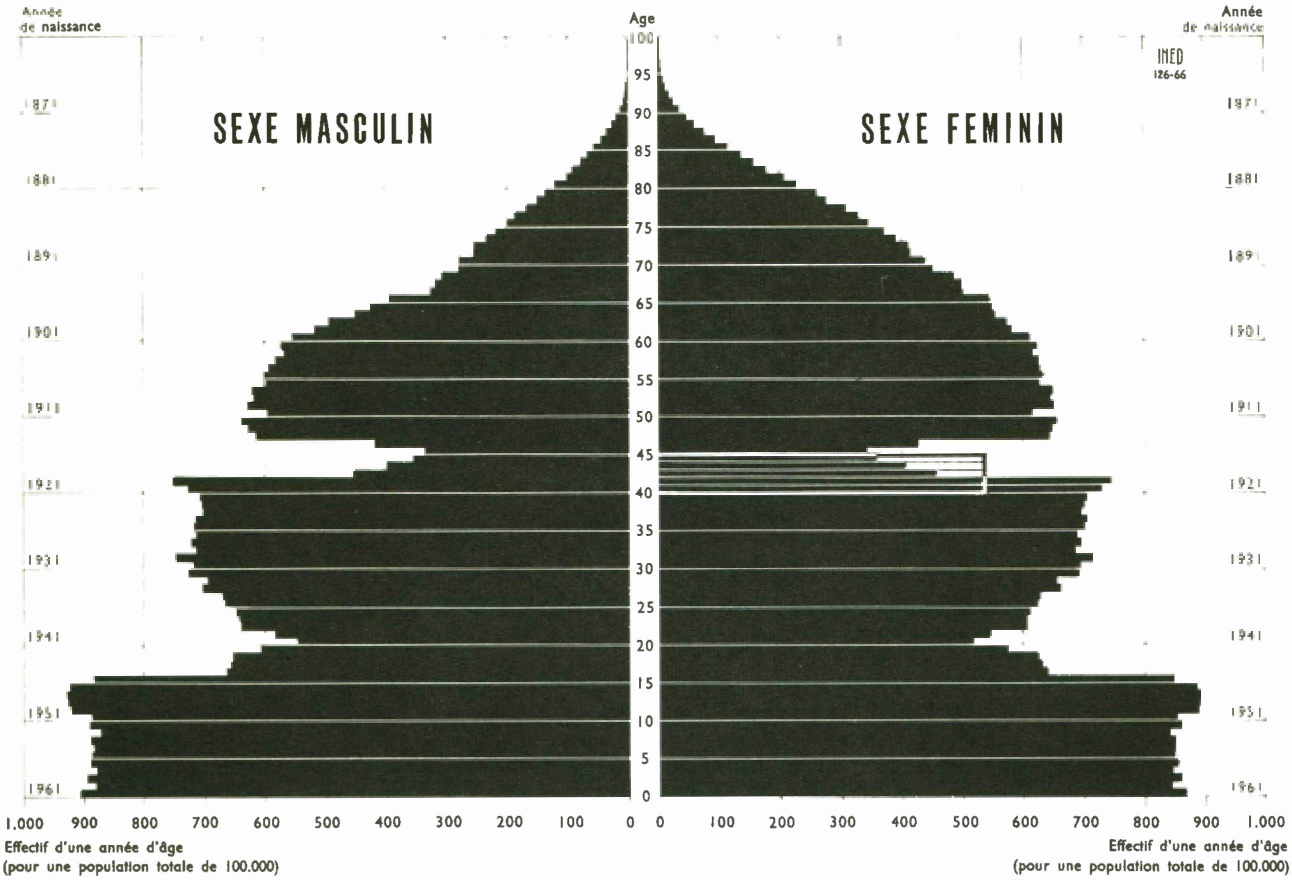

Figure 27 - FRANCE. Pyramide des âges au 1er janvier 1962.

Tableau 39

France. Répartition de la population selon l'âge au 1er janvier 1962

Age	SM	SF	SM	SF	Sexes réunis	Age	SM	SF	SM	SF	Sexes réunis
0-4 ans	9140	8316	4440	4276	8716	65-69 ans	3341	4834	1623	2485	4108
5-9 ans	9077	8269	4410	4252	8662	70-74 ans	2533	3939	1231	2025	3546
10-14 ans	9423	8573	4578	4408	8986	75-79 ans	1723	2950	837	1517	2354
15-19 ans	7106	6455	3453	3319	6772	80-84 ans	938	1757	455	904	1359
20-24 ans	6285	5604	3053	2882	5935	85-89 ans	360	764	175	392	567
25-29 ans	7098	6343	3448	3261	6709	90 ans et plus	70	200	34	103	137
30-34 ans	7423	6770	3606	3481	7087	Tous âges	100.000	100.000			100.000
35-39 ans	7277	6826	3535	3510	7045						
40-44 ans	5511	5236	2678	2692	5370	0-19 ans	34746	31613	16881	16255	33136
45-49 ans	5408	5287	2627	2719	5346	20-59 ans	51278	48362	24911	24868	49779
50-54 ans	6286	6209	3054	3193	6247	60 ans et plus	13976	20025	6789	10296	17085
55-59 ans	5990	6087	2910	3130	6040						
60-64 ans	5011	5581	2434	2870	5304	Tous âges	100.000	100.000			100.000

Ramener la population totale à 10.000 n'est indispensable que lorsque l'on veut faire des comparaisons entre plusieurs populations dont les effectifs sont inégaux, ce qui est pratiquement toujours le cas ; sinon, il est parfaitement légitime et plus parlant d'utiliser les chiffres absolus de population. Dans un cas comme dans l'autre il faut veiller à respecter un certain rapport entre le déploiement horizontal et le déploiement vertical de la pyramide (par exemple 2 en "hauteur" et 3 en "largeur"), cela pour parvenir à une bonne lisibilité.

Avec la figure 28, nous voyons comment varie le rapport de masculinité selon l'âge et par conséquent selon la génération (le tableau 40 ne donne que les valeurs par groupes quinquennaux alors que le graphique a été établi d'après les valeurs à chaque âge).

Tableau 40

France. Rapport de masculinité (%) selon l'âge au 1er janvier 1962

Age	rapport de masculinité	Age	rapport de masculinité	Age	rapport de masculinité	Age	rapport de masculinité
0-4 ans	103,8	25-19 ans	105,7	50-54 ans	95,6	75-79 ans	55,2
5-9 ans	103,7	30-34 ans	103,6	55-59 ans	93,0	80-84 ans	50,4
10-14 ans	103,8	35-39 ans	100,7	60-64 ans	84,8	85-89 ans	44,5
15-19 ans	104,0	40-44 ans	99,5	65-69 ans	65,3	90 ans et plus	33,2
20-24 ans	106,0	45-49 ans	96,6	70-74 ans	60,7	Tous âges	94,5

Les deux exemples précédents illustrent fort bien ce que nous avons dit plus haut sur la double interprétation à donner à un classement de population par âge.

Examinons d'abord les variations du rapport de masculinité (figure 28). L'allure générale de la courbe se ressent de l'effet d'âge : avec l'avancement en âge, et du fait de la surmortalité masculine, le rapport de masculinité va en décroissant. Mais, à cet effet d'âge, s'ajoute l'effet de génération : chaque génération a sa propre histoire, marquée notamment par une surmortalité masculine plus ou moins forte et des migrations différentielles (selon le sexe) plus moins importantes ; cet effet de génération modifie de façon plus ou moins sensible le profil que donne à la courbe le seul effet d'âge.

Ainsi, dans la figure 28, nous voyons que le rapport de masculinité croît à la fin de l'adolescence pour passer par un maximum vers 25 ans : dans ces générations, l'immigration, qui est une immigration de travailleurs, a été importante ces dernières années et concerne essentiellement des hommes, d'où un rapport de masculinité élevé. Autre trait particulier de la figure 28 : la chute brutale peu après 60 ans ; les générations masculines en cause sont celles ayant participé à la première guerre mondiale qui a été très meurtrière, spécialement pour les plus jeunes (pertes de l'ordre de 20 %), ce qui amène le rapport de masculinité très au-dessous de sa valeur normale.

C'est encore l'effet d'âge qui donne à la pyramide des âges sa forme générale : la mortalité réduit peu à peu l'effectif des générations (et inégalement selon le sexe, d'où une légère dissymétrie de la pyramide), jusqu'à extinction complète. Mais ici l'effet de génération est encore plus sensible que sur la courbe de rapport de masculinité et c'est d'ailleurs pourquoi l'on porte tant d'intérêt à une telle figuration : toute l'histoire démographique des quelques 80 dernières générations s'y trouve inscrite(1).

En nous bornant aux grands traits de cette histoire, nous pouvons distinguer sur la figure 27,

- les pertes masculines causées par la Grande Guerre (générations 1880 à 1900 environ).

- le déficit des naissances durant cette guerre (générations creuses 1915-1919).

- le déficit des naissances dans ces générations creuses, atteintes par ailleurs par le mouvement général de baisse de la fécondité, les effets de la crise économique et ceux de la deuxième guerre mondiale (générations déficitaires 1935 à 1945).

- la reprise de la natalité après guerre (générations 1946 et suivantes).

----

(1) Les faibles effectifs des générations les plus anciennes ne permettent pas de déceler (graphiquement surtout) les particularités de chacune d'elles.

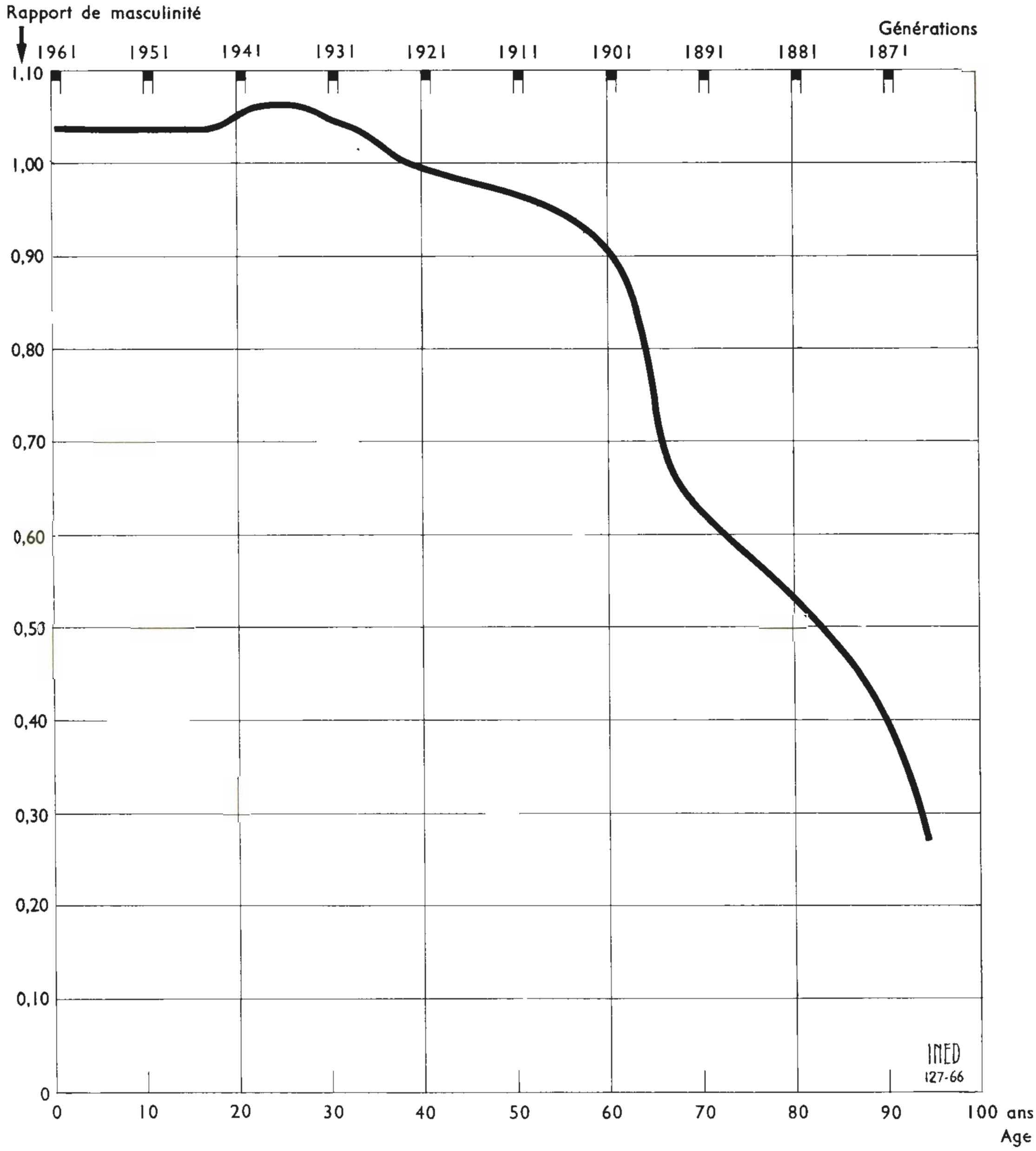

Figure 28 - Rapport de masculinité selon l'âge (France. 1er janvier 1962).

Evolution des structures par âge

Les modèles stables présentés dans le tableau 36 nous ont fourni un large éventail des structures de population selon l'âge ; dans les situations réelles il arrive que l'on rencontre des populations encore plus jeunes que dans ce tableau mais, sauf le cas de micro-populations très particulières, on n'a pas encore observé de populations aussi vieilles.

Par ailleurs, la structure par âge d'une même population peut évoluer dans le temps, ainsi qu'on l'observe depuis 100 à 200 ans dans les populations occidentales : évolution dans le sens d'un vieillissement progressif comme on le voit sur l'exemple de la France (figure 29 et tableau 41) ; on remarque aussi sur cet exemple que le vieillissement peut aller de pair avec un rajeunissement : de 1946 à 1962, tandis que la proportion des gens âgés continuait à augmenter, celle des jeunes, qui avait baissé assez régulièrement de 1775 à 1946, a augmenté elle aussi.

La question se pose d'analyser le mécanisme d'un tel vieillissement.

Nous avons dit antérieurement que l'examen d'un large réseau de populations stables montrait que, dans ce cas, un fort degré de vieillissement était associé à une faible fécondité des générations (faible valeur du taux brut de reproduction), le niveau de la mortalité étant par contre à peu près sans influence.

Tableau 41

France. Evolution de la structure par âge de la population

Groupe d'âges	1775	1851	1901	1946	1962
0-19 ans	42, 8	38, 5	34, 3	29, 5	33, 1
20-59 ans	49, 9	51, 3	52, 7	54, 5	49, 8
60 ans et plus	7, 3	10, 2	13, 0	16, 0	17, 1
Tous âges	100, 0	100, 0	100, 0	100, 0	100, 0

On peut élargir ces expériences en appliquant à des populations données, différentes lois de fécondité et de mortalité, variables selon les générations, pour mesurer plus systématiquement les effets respectifs de la fécondité et de la mortalité sur la structure par âge. <u>Dans le champ des niveaux observés jusqu'à ce jour en matière de fécondité et de mortalité</u>, seule la fécondité a une influence sensible sur la structure par âge, la mortalité n'en ayant pratiquement pas.

Ce résultat semble paradoxal, spécialement si l'on est victime de l'illusion créée par les populations stationnaires ; dans les populations stationnaires le degré de vieillissement (toujours mesuré, par exemple, par la proportion des "60 ans et plus" dans la population), est effectivement d'autant plus élevée que la mortalité est plus faible ; mais, corrélativement aux faibles valeurs de la mortalité, on observe de faibles valeurs de la fécondité pour que, précisément, la population soit stationnaire. Cette référence aux populations stationnaires n'apporte donc aucun éclaircissement au problème posé, puisque d'une population à l'autre <u>il y a, à la fois, différence de mortalité et de fécondité</u>.

On peut en fait s'expliquer que le recul de la mortalité soit sans influence sensible sur la structure par âge des populations, en remarquant que la baisse du niveau d'ensemble de la mortalité, telle qu'on l'a observé jusqu'ici dans les générations, est le résultat d'une baisse à tous les âges, et d'autant plus importante qu'il s'agit d'un âge plus jeune (mis à part les toutes premières semaines de la vie) ; il en résulte que le recul de la mortalité entraîne des gains en vies humaines dans toutes les classes d'âges, au point de laisser à peu près inchangée l'importance relative de chacune d'elle dans la population.

Comme la baisse future de la mortalité dans les populations où elle est actuellement la plus basse, ne pourra résulter que d'un recul au-delà d'âges assez élevés (avant ces âges la marge des progrès possibles est en effet très faible, la mortalité étant souvent très près d'être nulle), les variations de mortalité pourront devenir alors un facteur de vieillissement de la population.

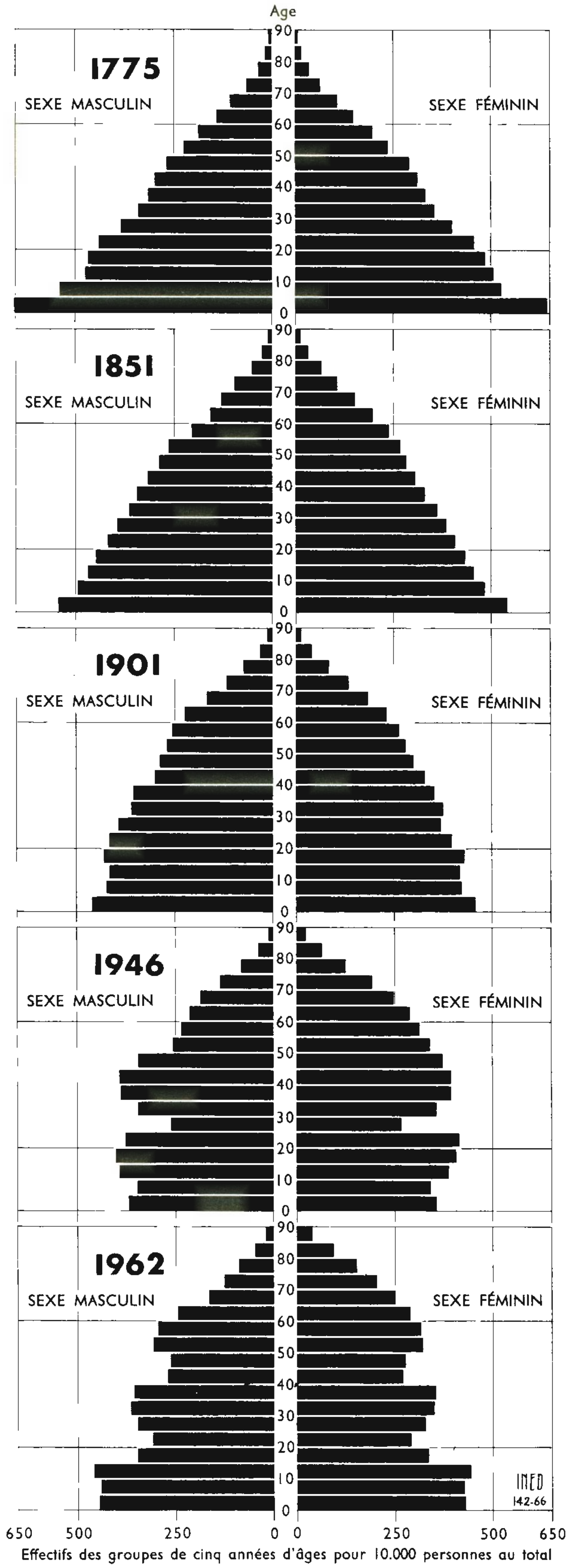

Figure 29 - Pyramide de la population française à diverses époques.

Quelques autres caractéristiques de structure

La répartition de la population selon l'âge et le sexe que nous venons d'analyser en soi, est une répartition de base à partir de laquelle sont présentées maintes caractéristiques individuelles ou collectives : état matrimonial, activité économique, degré d'instruction, dimension du ménage ou de la famille, etc.

Nous ne donnerons ici que deux exemples en faisant ressortir chaque fois cette double influence de l'âge et de la génération.

Tableau 42

France. Répartition de la population féminine selon l'âge et l'état matrimonial au 1er janvier 1962

Age	C	M	V	D	Age	C	M	V	D	Age	C	M	V	D
0-4 ans	100,0	-	-	-	35-39 ans	9,9	85,3	1,8	3,0	70-74 ans	11,1	32,3	54,5	2,1
5-9 ans	100,0	-	-	-	40-44 ans	9,0	83,1	3,5	4,4	75-79 ans	9,9	21,1	67,1	1,9
10-14 ans	100,0	-	-	-	45-49 ans	8,6	79,4	7,0	5,0	80-84 ans	9,5	11,8	77,0	1,7
15-19 ans	94,2	5,8	-		50-54 ans	9,0	75,2	11,4	4,4	85-89 ans	9,5	6,4	83,0	1,1
20-24 ans	47,3	52,3	0,1	0,3	55-59 ans	9,9	68,6	18,0	3,5	90 ans et plus	9,5	2,7	87,3	0,5
25-29 ans	18,5	80,0	0,4	1,1	60-64 ans	10,7	59,0	27,5	2,8					
30-34 ans	11,8	85,2	0,9	2,1	65-69 ans	11,7	46,6	39,3	2,4	Tous âges	20,9	60,2	16,4	2,5

C : célibataires ; M : mariées ; V : veuves ; D : divorcées
Source : Recensement général de la population de 1962. Structure de la population totale. Paris 1965.

Dans le tableau 42, la répartition par âge de la population féminine est combinée avec la répartition par état matrimonial ; la figure 30 donne une représentation graphique de cette double répartition (à partir, cette fois, de données par année d'âge).

On retrouve, avec les proportions de célibataires, des nombres dont nous avons déjà analysé attentivement la signification. Mais nous les rencontrons ici dans des générations ou des groupes de générations différents : à l'effet d'âge que nous avons déjà décrit se superpose donc un effet de génération, particulièrement perceptible dans les groupes où la proportion de célibataires est supérieure à ce qu'elle est dans le groupe immédiatement plus jeune ; cette circonstance, impossible dans une génération (ou un groupe de générations), tient ici à un calendrier plus précoce ou à une intensité plus forte du phénomène (ou aux deux réunis), dans la génération (ou le groupe) immédiatement plus jeune.

C'est ce qui a lieu pour les groupes 50-54 ans, 55-59 ans, 60-64 ans et 65-69 ans. La différence qui existe entre les groupes voisins 70-74 ans (11,1 %) et 75-79 ans (9,9 %), qui ne saurait s'expliquer par la nuptialité, quasi imperceptible à cet âge, trahit peut-être aussi des différences entre histoires de générations ; n'oublions pas cependant que la surmortalité des célibataires est à l'origine d'une baisse des proportions avec l'âge qui rend l'éventuel effet de générations plus difficile à déceler et surtout à chiffrer(1).

Si, lorsqu'il étudie l'état d'une population, l'analyste doit toujours s'efforcer de distinguer effet d'âge (ou de durée) et effet de génération (ou plus généralement de cohorte), la seule donnée de cet état ne permet généralement pas d'opérer la distinction.

A cet égard, la figure 31 propose un exemple suggestif, celui de la proportion des femmes mariées dans la population française, à différents âges (25, 30, 35, ..., 60 ans), et à différentes dates (1946, 1951, 1956, 1961). A l'examen de la situation à une seule date, il apparait que la proportion croît jusqu'à 35 ans pour décroître ensuite ; en accumulant les données des quatre dates, ce schéma n'est pas démenti (figure 31-a). Mais en ordonnant les données par générations (figure 31-b), on s'aperçoit, au moins pour les générations 1910, 1915, 1920 (et probablement 1905), que le maximum est à 40 ans.

---

(1) Cette remarque vaut plus encore pour les hommes que pour les femmes.

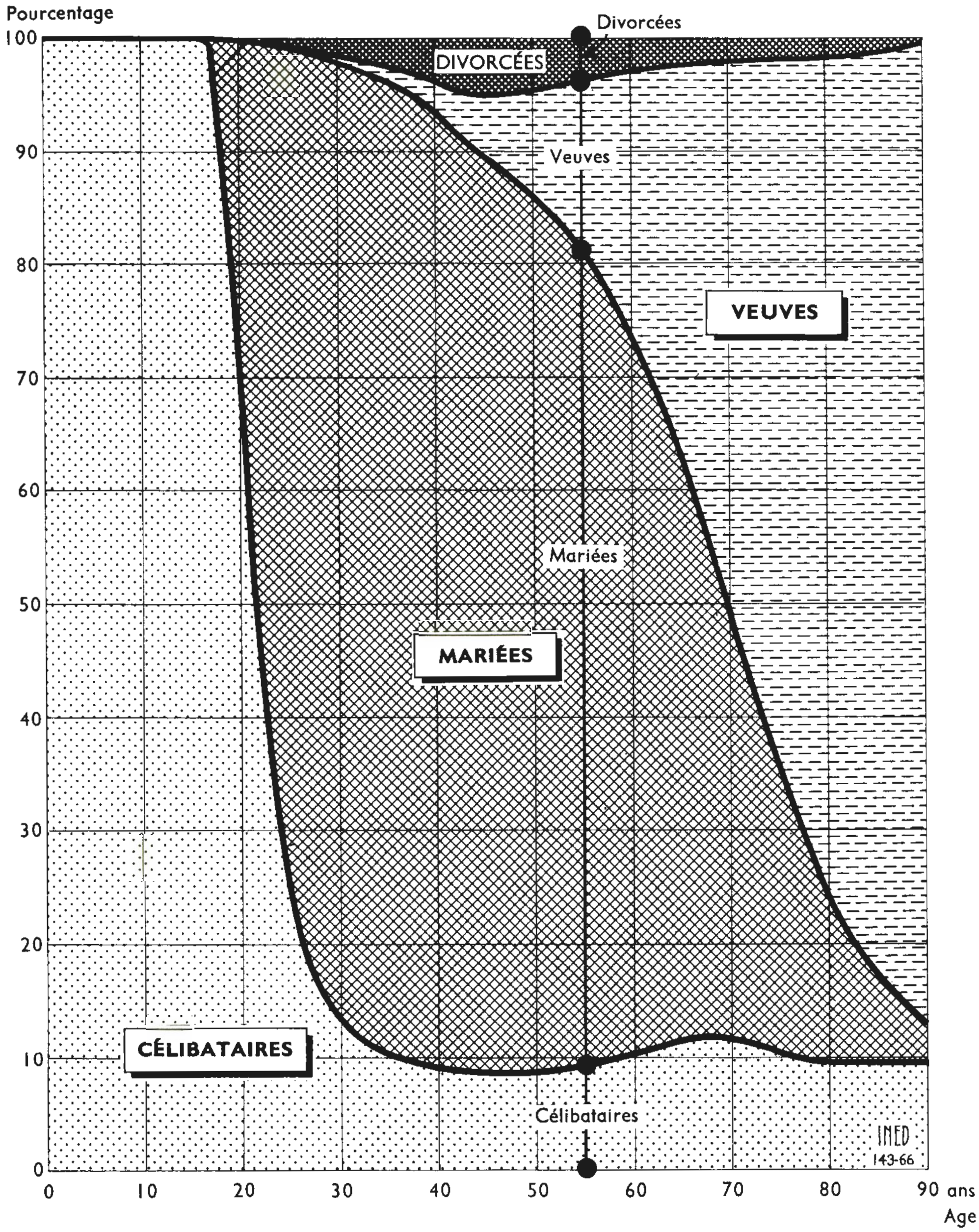

Figure 30 - FRANCE. Répartition de la population féminine selon l'âge et l'état matrional au 1er janvier 1962.

Ainsi, en se superposant à l'effet d'âge, l'effet de génération en déforme le profil et peut suggérer une interprétation fausse.

Signalons encore qu'il est beaucoup moins aléatoire d'extrapoler sur les données de la figure 31-b, pour le 1er janvier 1966 par exemple, que d'essayer de prévoir directement le profil de la courbe à cette date d'après celui des années antérieures (figure 31-a)(1).

Ainsi donc, si les diverses caractéristiques de structure d'une population sont utiles à connaître pour elles-mêmes, elles restent difficiles à analyser si l'on ne dispose pas d'autres informations. Une exception toutefois : si le phénomène qui détermine la structure est stationnaire dans le temps.

----

(1) cf. à ce sujet, R. Pressat. Un essai de perspectives de ménages. *Congrès international de la Population*. Vienne 1959).

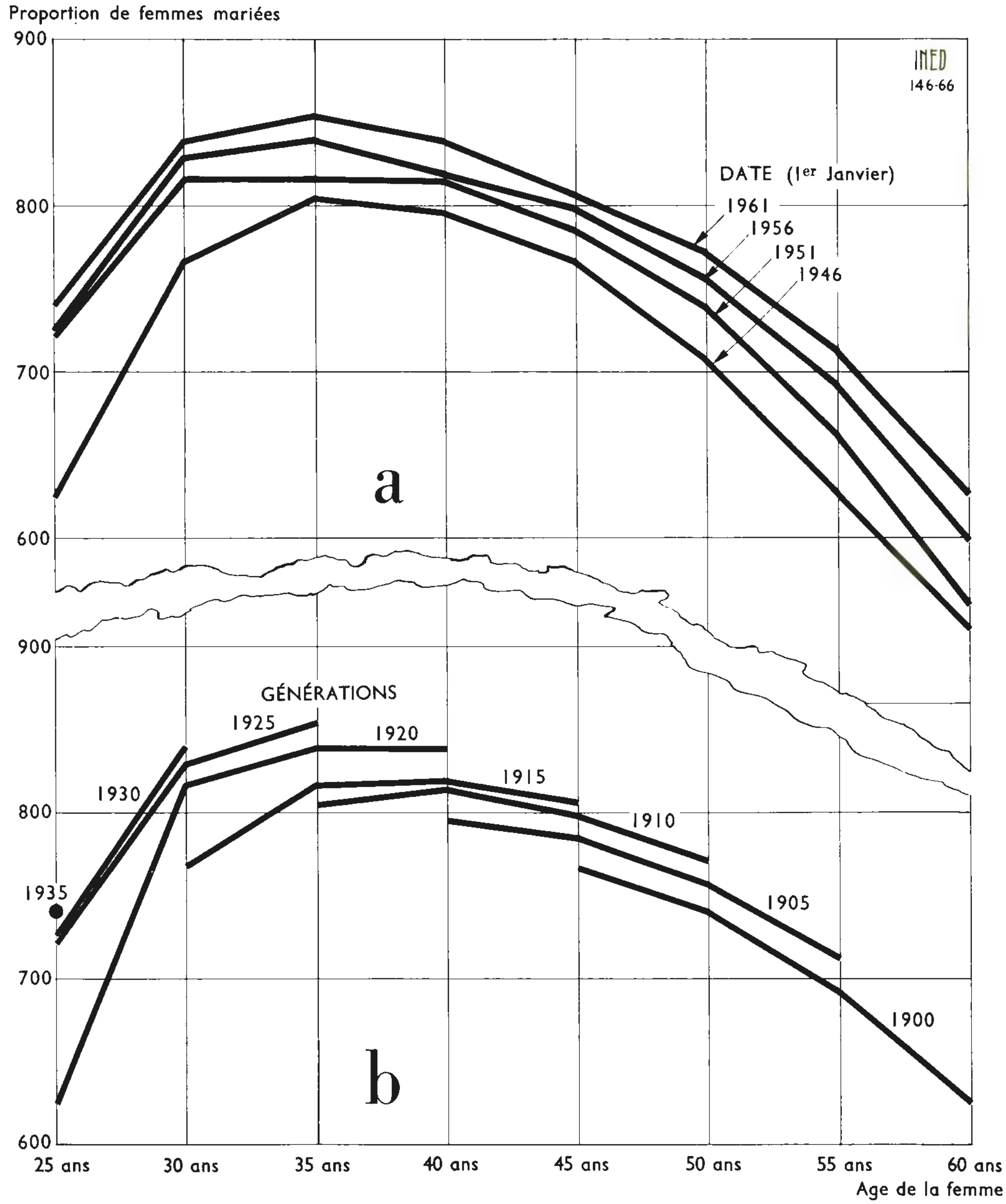

Figure 31 - FRANCE. Proportions de femmes mariées à différentes dates et dans différentes générations.

Phénomène stationnaire dans le temps

Nous qualifierons de stationnaire dans le temps (ou simplement de stationnaire), un phénomène dont le calendrier et l'intensité sont les mêmes quelle que soit la cohorte. En d'autres termes, l'histoire statistique de chaque cohorte est la même pour ce qui est du phénomène considéré(1). Ainsi, dans une population stable, la mortalité et la fécondité générale sont stationnaires(2).

Chaque cohorte répétant l'histoire de celle qui la précède, la situation des diverses cohortes à un moment donné correspond à la suite des états par lesquels passera une quelconque de ces cohortes. Ainsi, si la nuptialité est stationnaire, l'ensemble des proportions de célibataires aux divers

----

(1) Il ne s'agit pas nécessairement d'un phénomène démographique.

(2) Toutefois, rigoureusement, la stationnarité de la fécondité générale n'est qu'une condition suffisante.

âges à un recensement correspond à la série des célibataires de la table de nuptialité commune à toutes les générations.

S'il n'existe pas de phénomènes rigoureusement stationnaires (pas plus qu'il n'existe de populations rigoureusement stables), il y a néanmoins des phénomènes peu variables dans le temps (nuptialité, fécondité), spécialement dans les sociétés traditionnelles des pays sous-développés ; certaines données des recensements donnent alors des renseignements sur les phénomènes qui leur correspondent.

Le tableau 43 offre un exemple de ce type ; il a été obtenu à partir du tableau dans lequel les femmes sont classées selon l'âge et selon le nombre d'enfants qu'elles ont mis au monde vivants. Sous réserve que la fécondité soit stationnaire, les descendances moyennes, ainsi rassemblées, permettent de remonter aux taux de fécondité générale communs aux diverses générations. Dans les circonstances présentes, outre le fait que la stationnarité de la fécondité ne soit pas rigoureuse, on peut craindre des défauts de mémoire des enquêtées leur faisant d'autant plus sous-estimer leur fécondité qu'il s'agit d'événements plus anciens ; on remarquera, de toute façon, que la descendance du groupe 50-54 ans est un peu inférieure à celle du groupe 45-49 ans.

Tableau 43

Moyenne vallée du Sénégal. Nombre moyen d'enfants nés vivants suivant l'âge des femmes

Groupe d'âges	Nés vivants	Groupe d'âges	Nés vivants
14-19 ans	0,36	35-39 ans	4,55
20-14 ans	1,68	40-44 ans	5,04
25-29 ans	2,86	45-49 ans	5,32
30-34 ans	3,83	50-54 ans	5,15

Source : *La moyenne vallée du Sénégal*. - Presses Universitaires de France.

3 – REPRODUCTION

Envisageons une population au sens le plus habituel, c'est-à-dire un ensemble résultant de la coexistence d'une centaine de générations, sans échanges migratoires avec d'autres ensembles.

Cet ensemble est soumis à un processus incessant de renouvellement : chaque année une nouvelle génération apparaît (résultat de la fécondité des femmes de 15 à 50 ans), tandis que toutes les générations existantes sont réduites d'une façon plus ou moins sensible par la mortalité, une d'entre elles disparaissant en moyenne chaque année(1).

On donne à ce processus de renouvellement le nom de reproduction.

Rien n'empêche naturellement d'étudier la reproduction de populations de définitions plus restreintes : certains des concepts et des méthodes que nous introduirons ici seront transposables dans ces cas particuliers.

Vues générales sur le renouvellement d'une population

A la fin de chaque année, une population comprend un certain nombre d'éléments qui n'existaient pas au début : les nouveau-nés de l'année, survivants à la fin ; ils forment alors une

----

(1) Le fait que l'âge limite de la vie humaine (ω), n'ait pas une valeur fixe, impose la restriction "en moyenne".

8

proportion voisine du taux de natalité de la population considérée. Ainsi les populations humaines se renouvellent à des taux annuels(1) variant le plus couramment de 1,5 % à 5 %.

Mais, des populations particulières, celles dont la "natalité" n'est pas commandée par des facteurs biologiques, peuvent avoir des taux de renouvellement annuels beaucoup plus élevés ; c'est le cas par exemple de la population d'un secteur d'activité économique, d'une grande entreprise, en rapide expansion et dans lesquels le recrutement se maintient pendant une certaine période à un niveau intense ; un taux de 10 % et même plus, peut alors être atteint. A l'inverse, dans un secteur en stagnation, voire en régression, on pourra stopper pour un temps tout recrutement de nouveaux éléments, et le taux de renouvellement deviendra nulle.

Signalons encore que les migrations influent sur la valeur du taux de renouvellement ; ainsi le taux de renouvellement de la population active agricole française est inférieur de 30 à 50 % au taux de "natalité" de cette population, 30 à 50 % des enfants d'agriculteurs s'employant dans le secteur non-agricole.

Mais pour décrire de façon plus expressive le processus de renouvellement d'une population, il convient de suivre le déroulement de ce processus depuis un instant donné quelconque, jusqu'à ce que toutes les générations, présentes à cet instant, aient été remplacées par des générations nouvelles ; il faut pour cela une centaine d'années, durée approximative de la vie d'une génération (pratiquemment 80 ans suffisent). La description peut se faire à l'aide d'un graphique construit selon le schéma de la figure 32-a ; on voit alors, à toute durée, les places occupées respectivement par les nouvelles et les anciennes générations dans la population.

Nous donnons, avec la figure 32-b, un exemple concret ; nous utilisons pour cela certaines des populations stables présentées au tableau 36. L'ordonnée d'un point d'une courbe n'est autre que la proportion de la population dont l'âge est inférieur au chiffre figurant en abscisse. On lit ainsi commodément le temps nécessaire au renouvellement d'un pourcentage donné de la population ; c'est ainsi que la population est renouvelée de moitié,

- tous les 16 ans si le taux d'accroissement est de 3 % (taux annuel de renouvellement 5,3 %) ;

- tous les 30 ans si le taux d'accroissement est de 0 % (taux annuel de renouvellement, 2,4 %) ;

- tous les 44 ans si le taux d'accroissement est de – 2 % (taux annuel de renouvellement, 1,1 %).

S'il faut toujours le même temps pour assurer le renouvellement intégral de toutes les générations (la durée limite de la vie humaine), le temps au bout duquel une fraction donnée de la population (25 %, 50 %, 75 %), est composée de nouvelles générations, est très variable et est d'autant plus court que le taux de natalité de la population est plus élevé. On peut parler à ce propos, sans toutefois pouvoir introduire un concept précis, de vitesse de renouvellement de la population.

Or, cette "montée" des générations nouvelles est riche de signification. Chaque génération a grandi et s'est formée dans des conditions qui lui sont plus ou moins propres et est, de ce fait, porteuse d'une certaine façon de penser et d'agir qui la distingue plus ou moins radicalement de ses aînées. Les transformations de la société s'effectuent beaucoup plus par l'apport de ces jeunes éléments que par les transformations des mentalités des générations anciennes (ces dernières transformations sont d'ailleurs d'autant plus sensibles que la contagion exercée par les éléments jeunes est plus importante, c'est-à-dire, en dernier ressort, que l'importance relative de ces éléments jeunes est plus élevée).

Ces observations générales conduisent à étudier les conditions du renouvellement de populations particulières : population électorale, population active, populations de sociétés savantes,... Dans la figure 32-c, nous décrivons les conditions du renouvellement de la population masculine en âge d'activité dans une société industrielle évoluée (très basse mortalité, scolarité prolongée), c'est-à-dire la population de 20 à 65 ans ; selon que le taux de croissance annuel est nul (population stationnaire), situation plausible pour l'ensemble de la population active, ou de 10 %, taux qui pourra s'observer, comme il s'observe à l'heure actuelle dans certains secteurs en expansion rapide,

---

(1) Nous définissons donc le taux annuel de renouvellement comme le rapport, en fin d'année, des nouveaux éléments de l'année à la population totale.

on aura une image de la situation dans les populations correspondantes. La population est renouvelée de moitié tous les 22 ans dans le premier cas, tous les 7 ans dans le second ; de même elle est renouvelée pour les trois quarts, soit tous les 33 ans, soit tous les 14 ans.

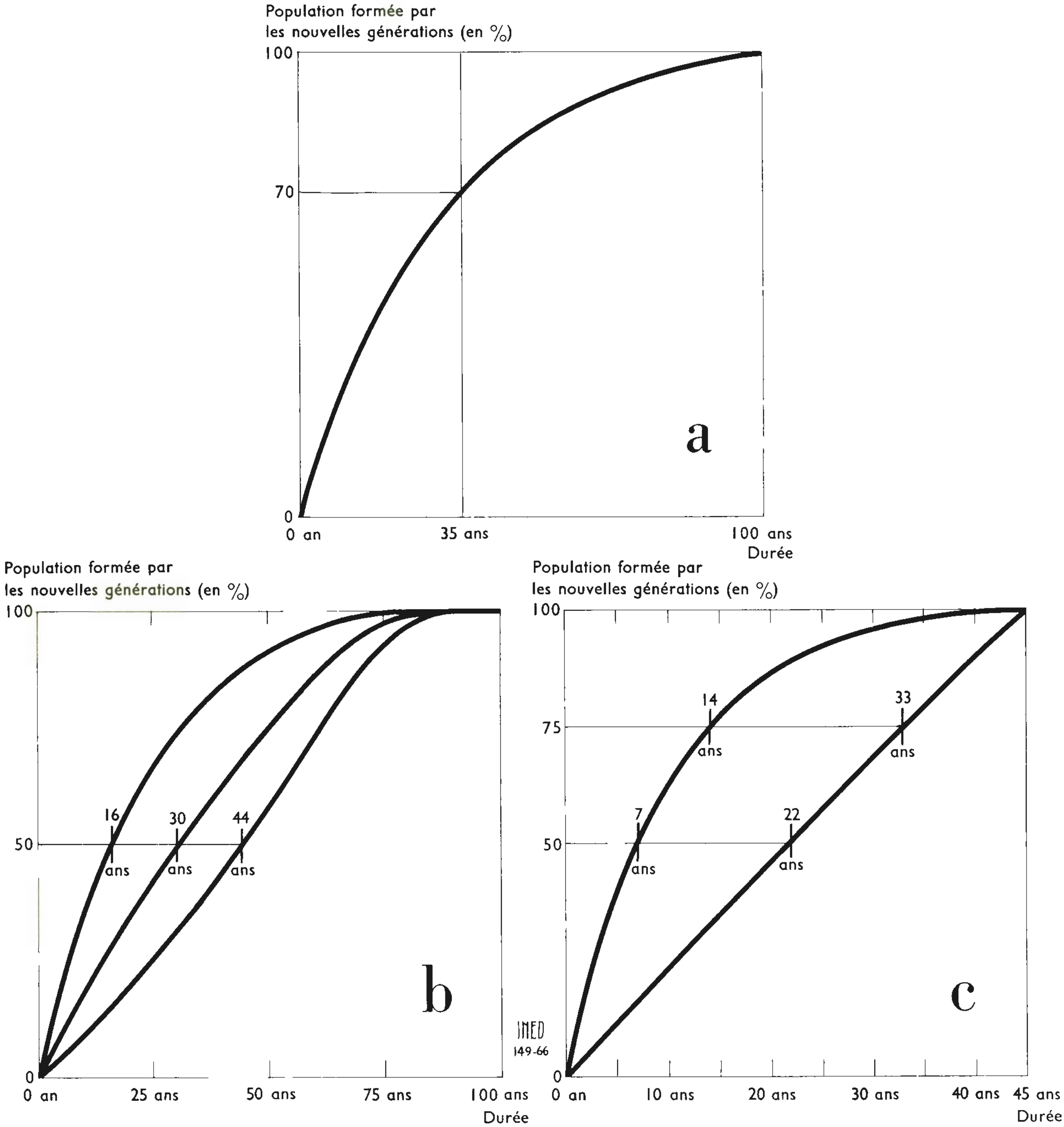

Figure 32 - Renouvellement d'une population.

Le taux net de reproduction

Maintenant, essayons de préciser davantage les aspects quantitatifs de la reproduction d'une population.

Portons notre attention sur la reproduction d'une génération. Nous sommes contraints d'analyser la situation pour chaque sexe séparément, les unions entre hommes et femmes, qui sont à la base de la reproduction, ne se faisant pas uniquement (tant s'en faut...) à l'intérieur d'une même génération. De cette dissociation résultent d'ailleurs des incompatibilités dans les résultats, que noue ne ferons qu'évoquer.

La période de reproduction étant beaucoup mieux limitée chez la femme, il est plus simple et il est beaucoup plus habituel de raisonner sur la population féminine.

Considérons donc (figure 33) une génération féminine née en A_1B_1 ; elle se reproduit entre A_2B_2 et A_3B_3 ; les enfants correspondants forment une partie des générations nées en $A'_1B'_1$. La durée moyenne séparant la naissance des mères de celle de leurs enfants, et qui est donc l'âge moyen des mères à la naissance de leurs enfants, s'appelle l'intervalle entre générations successives(1) ; nous noterons a' cet intervalle. Remarquons qu'ici le mot génération prend le sens qu'il a dans le langage courant (la génération des mères et la "génération" de leurs enfants). Sur le graphique, cet intervalle est représenté par la distance entre M, point milieu de A_1B_1 et N, point moyen des naissances que nous considérons en $A'_1B'_1$. Le plus souvent, l'intervalle entre générations successives s'établit entre un peu plus de 25 ans et un peu plus de 30 ans ; il dépend beaucoup du calendrier de la nuptialité, du niveau de la fécondité et, lorsque la fécondité est dirigée, de la précocité des naissances désirées.

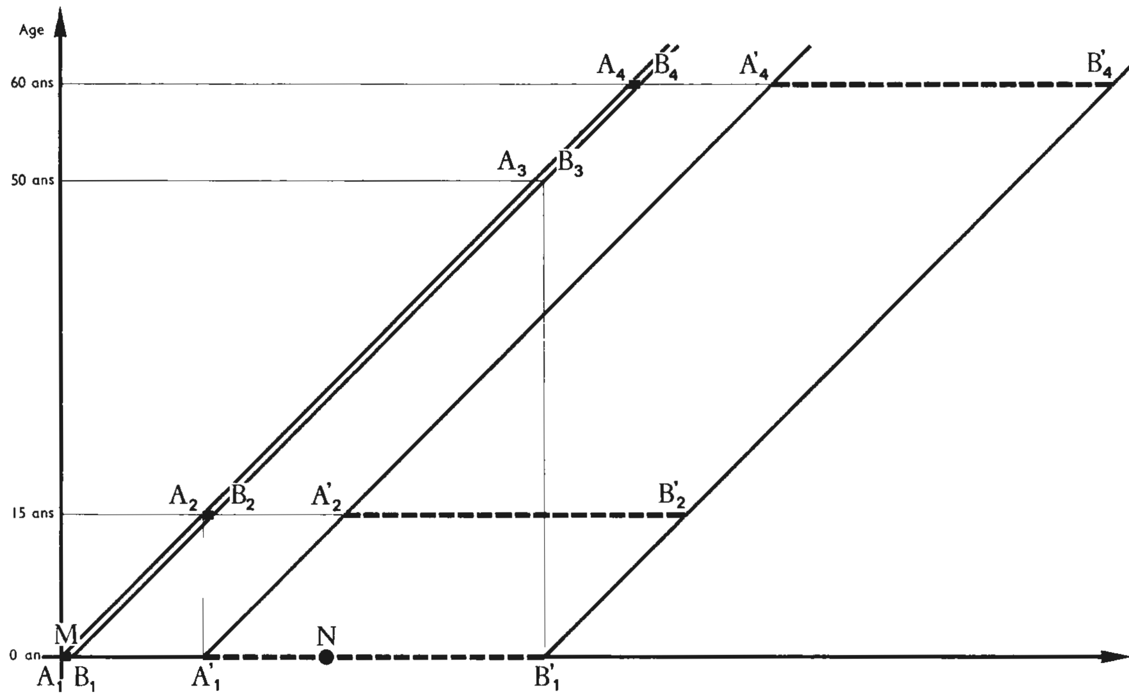

Figure 33 - Reproduction d'une génération. (Les tiretés en A'_1 B'_1, A'_2 B'_2 et A'_4 B'_4 indiquent que nous ne considérons que les enfants, et parfois les filles, des mères nées en A_1 B_1).

Pour étudier la reproduction de la génération féminine, nous n'avons à considérer que les filles, nées des femmes de la génération A_1B_1 ; nous ne considérerons donc maintenant, en $A'_1B'_1$, que les seules naissances féminines (issues des mères en A_1B_1).

Une des façons de mesurer la reproduction de la génération féminine A_1B_1 est de comparer les flux en A_1B_1 et en $A'_1B'_1$. On donne au rapport

$$\frac{\text{flux en } A'_1B'_1}{\text{flux en } A_1B_1}$$

----

(1) On pourrait aussi définir cet intervalle à partir de l'âge moyen des pères, mais le résultat serait différent.

le nom de taux net de reproduction de la génération féminine A_1B_1 ; on parle éventuellement du taux net de reproduction féminine(1). Le taux net de reproduction d'une génération féminine exprime donc le nombre moyen de filles nées d'une fille prise à la naissance dans la génération considérée.

On définirait de façon similaire le taux net de reproduction masculine, mais les deux taux ne sont généralement pas égaux, ce qui est un des aspects des incompatibilités signalées plus haut entre mesures masculine et féminine de la reproduction. Le plus souvent on fait choix du taux net de reproduction féminine comme taux net de reproduction de l'ensemble de la génération.

Si $\{f_x\}$ sont les taux de fécondité générale et $\{S_x\}$ la table de survie d'une génération féminine d'effectif initial S_o, le taux net de reproduction de cette génération vaut :

$$R_o = \frac{0,488 \sum_{15}^{50} S_x f_x}{S_o},$$

ou encore, en introduisant les probabilités de survie $s_x \left(s_x = \frac{S_x}{S_o}\right)$,

$$R_o = 0,488 \sum_{15}^{50} s_x f_x$$

Nous avons déjà introduit le taux brut de reproduction R (cf. p. 59) :

$$R = 0,488 \sum_{15}^{50} f_x$$

R s'identifie à R_o si la mortalité est nulle jusqu'à 50 ans ($S_{50} = S_o$).

On peut établir une relation simple entre R et R_o en considérant comme linéaires les variations de s_x de 15 à 50 ans ; dans ces conditions, si l'on fait choix d'un âge a quelconque dans cet intervalle, on a :

$$s_x = s_a + k\,(x - a)$$

et

$$\sum s_x f_x = s_a \sum f_x + k \sum (x - a) f_x \qquad \text{(F)}$$

Choisissons a tel que le second terme du second membre de (F) soit nul ; a est alors défini par l'égalité :

$$\sum (x - a) f_x = 0$$

$$a = \frac{\sum x\, f_x}{\sum f_x};$$

a est égal à l'âge moyen des mères à la naissances de leurs enfants, en l'absence de mortalité et la relation (F) conduit à :

$$R_o = s_a R \qquad \text{(F')}$$

a est légèrement supérieur à l'âge moyen effectif (a') qui nous a servi à définir l'intervalle entre générations successives ; on peut admettre qu'il oscille entre 27 et 32 ans environ.

---

(1) Ici, par conséquent, est qualifié de net ce qui résulte des interférences de la fécondité et de la mortalité, et de brut ce qui est une mesure de fécondité pure : terminologie peu satisfaisante si l'on se réfère à ce que nous avons dit lors de la présentation des phénomènes démographiques. Sans doute ici le point de vue est-il différent ; ces fantaisies de langage, fruits de la tradition, n'en sont pas moins nuisibles à la clarté des textes ; elles doivent nous convaincre d'être prudents dans la fabrication de néologismes...

Calculons, à titre d'exemple, le taux net de reproduction de la génération féminine 1820 (cf. tableau 44)(1). Nous opérerons par groupe de cinq ans, en utilisant pour cela :

- taux de fécondité générale annuels moyens dans les intervalles de cinq années d'âge,
- les probabilités de survie au milieu de cet intervalles.

Tableau 44

Calcul du taux net de reproduction (R) dans la génération féminine française 1820

Groupes d'âges	Taux de fécondité générale (p. 1000)	Probabilité de survie	Naissances
15-19 ans	25	0,6558	16,40
20-24 ans	135	0,6281	84,79
25-29 ans	182	0,5996	109,13
30-34 ans	159	0,5714	90,85
35-39 ans	115	0,5434	62,49
40-44 ans	50	0,5151	25,76
45-49 ans	11	0,4858	5,34
	677		394,76
$R_o = 0,39476 \times 5 \times 0,488 = 0,96$			

Par conséquent, au lieu d'appliquer la formule :

$$R_o = 0,488 \sum_{15}^{50} s_x f_x$$

nous avons employé :

$$R_o = 0,488 \times 5 \sum_{15}^{50} s_{x+2,5} f_{x,x+4}$$

on trouve ainsi :

$$R_o = 0,96.$$

Par ailleurs, les calculs du tableau 44 donnent comme taux brut de reproduction :

$$R = 0,677 \times 5 \times 0,488 = 1,65$$

En appliquant la formule (F'), avec comme âges a extrêmes 27 et 32 ans, on trouve respectivement :

$$R_o' = 0,6025 \times 1,65 = 0,99$$

$$R_o'' = 0,5742 \times 1,65 = 0,95$$

valeurs qui encadrent bien le résultat du calcul précis (0,96).

----

(1) La table de mortalité utilisée est celle du tableau 4. Les taux de fécondité générale ont été tirés de P. Depoid, *Reproduction nette en Europe depuis les origines de l'état-civil* ; ils s'appliquent, à vrai dire, à des générations un peu postérieures ; toutefois, la fécondité ne semble pas avoir beaucoup varié à cette époque.

Taux net de reproduction et population stable

Quelle signification revêt le taux net de reproduction, spécialement quant à l'évolution de la population formée par les génération considérées ?

La signification directe est la suivante ; selon que R_0 est inférieur ou supérieur à l'unité, l'effectif de la "génération"(1) des enfants est inférieur ou supérieur à celui de la génération des parents, la comparaison étant faite à la naissance.

Il est alors à peu près évident que si le taux net de reproduction demeure invariable ainsi que la table de mortalité des générations (ce qui n'est pas impliqué par l'hypothèse d'un taux net de reproduction constant), la population finira de toute façon :

par décroître si $R_0 < 1$

par croître si $R_0 > 1$

Le recours à la population stable permet de préciser convenablement ce point.

Nous avons vu en effet (cf. page 101) qu'une population dans laquelle la fécondité générale selon l'âge et la table de mortalité étaient la même dans les diverses générations, s'acheminait vers l'état stable correspondant(2) et que le taux net de reproduction R_0 de ces générations était lié au taux annuel d'accroissement naturel dans l'état limite r, et à l'intervalle entre générations successives a', par la formule de Lotka :

$$R_0 = (1 + r)^{a'}$$

d'où il découle :

$$r = \sqrt[a']{R_0} - 1$$

Ainsi,

- si $R_0 < 1$, $r < 0$ et la population stable limite décroît,
- si $R_0 > 1$, $r > 0$ et la population stable limite croît,

résultats qui confirment les vues intuitives précédentes.

Ainsi, le maintien indéfini des conditions de fécondité et de mortalité, observées dans la génération française 1820, auraient fini par entraîner une légère décroissance annuelle de la population (qui, vers le milieu du XIXe siècle augmentait en moyenne de 3 ‰ par an).

Notons que la formule de Lotka précise aussi le rôle de l'intervalle entre générations a' dans la formation du taux annuel d'accroissement naturel r : plus a' est petit et plus r est grand, toutes choses étant égales par ailleurs.

Les résultats que nous venons de rapporter donnent une signification élargie au taux net de reproduction, dans l'hypothèse où il se maintient indéfiniment à une valeur donnée quelconque et si, de plus, la table de mortalité des générations demeure invariable.

Pour aller plus avant, il convient de s'affranchir de l'hypothèse d'une table de mortalité invariable.

----

(1) Nous mettons ce mot entre guillemets pour rappeler qu'il n'a pas ici le sens strict qu'on lui donne habituellement en démographie.

(2) Les conditions mises à l'acheminement vers un état stable sont un peu plus restrictives que celles d'un taux net et d'une table de mortalité invariable. Cependant, dans la pratique, on peut les confondre.

Reproduction d'une génération avec mortalité variable

Avec le taux net de reproduction, nous faisons porter la comparaison entre effectifs de la "génération" des filles et effectifs de la génération des mères, uniquement au moment de la naissance ; pour avoir une idée plus précise des conditions de la reproduction de la génération des mères, on peut se proposer de faire systématiquement cette comparaison à tous les âges de la vie. Toutefois, il est évident que si la mortalité est la même dans les deux générations(1), le rapport des effectifs aux divers âges est constamment égal à ce qu'il est au moment de la naissance, c'est-à-dire R_o.

Envisageons donc maintenant le cas où la mortalité des filles est différente de la mortalité de la génération de leurs mères, la série des probabilités de survie s'écrivant $\{s'_x\}$ dans le premier cas, et $\{s_x\}$ dans le second.

Calculons le rapport des flux à 15 ans soit (figure 33)

$$\frac{\text{flux en } A'_2B'_2}{\text{flux en } A_2B_2} \qquad (G)$$

Si le flux en A_1B_1 est pris comme unité,

- le flux en A_2B_2 vaut s_{15}
- le flux en $A'_2B'_2$ vaut $R_o\, s'_{15}$

et le rapport cherché est égal à :

$$R_o \cdot \frac{s'_{15}}{s_{15}}$$

Le calcul fait à 60 ans conduit à évaluer le rapport

$$\frac{\text{flux en } A'_4B'_4}{\text{flux en } A_4B_4} \qquad (G')$$

On trouve :

$$R_o \frac{s'_{60}}{s_{60}}$$

et d'une façon générale, à un âge x quelconque :

$$R_o \frac{s'_x}{s_x}$$

Ainsi, dans l'hypothèse où la mortalité (résumée par la vie moyenne), est plus faible chez les filles que chez leurs mères, on a généralement(2) :

$$\frac{s'_x}{s_x} > 1$$

Il en résulte que l'on peut avoir à certains âges :

$$R_o \frac{s'_x}{s_x} > 1$$

alors que :

$$R_o < 1$$

----

(1) Donc, dans la génération féminine A_1B_1 et dans l'ensemble des filles issues de cette génération (donc nées en en $A'_1B'_1$).

(2) Nous disons bien généralement car, alors même que $e'_o > e_o$, on n'a pas toujours nécessairement $s'_x > s_x$; cette dernière inégalité n'est sûrement vérifiée que si les taux ou quotients de mortalité du premier groupe sont toujours inférieurs aux taux ou quotients du second groupe.

P. Depoid est probablement un des premiers à avoir souligné ce fait, lorsqu'il a calculé systématiquement la reproduction des générations françaises 1826 à 1905 : du fait de la baisse à peu près continue de la mortalité pendant cette période, le taux de reproduction calculé à 15 ans (formule G) est toujours, et parfois très sensiblement, supérieur à ce qu'il est à la naissance (R_0) (cf. tableau 45). Le décalage est encore plus net avec le taux de reproduction à 60 ans (formule G') : alors que, pour toutes les générations 1826 à 1875, R_0 est inférieur à l'unité, le taux de reproduction à 60 ans des mêmes générations est toujours plus grand que 1.

Tableau 45

Reproduction de certaines générations féminines françaises

Générations	Reproduction		
	à 0 an (R_0)	à 15 ans	à 60 ans
1826-1830	0,95	0,98	1,06
1831-1835	0,94	0,98	1,07
1836-1840	0,97	0,99	1,09
1841-1845	0,98	1,00	1,11
1846-1850	0,97	1,01	1,14
1851-1855	0,95	1,00	1,14
1856-1860	0,93	1,00	1,10
1861-1865	0,91	0,98	1,11
1866-1870	0,87	0,95	1,07
1871-1875	0,82	0,92	1,06

Sources : Les chiffres de reproduction à 0 an et 15 ans sont extraits de P. Depoid. *Reproduction nette en Europe depuis l'origine des statistiques de l'état-civil*. Les chiffres de reproduction à 60 ans résultent de calculs personnels fondés sur l'extrapolation des probabilités de survie figurant dans l'étude de P. Depoid.

Il apparaît donc qu'une génération peut ne pas assurer son remplacement à certains âges et le réaliser à d'autres avec un excédent : ce sont les écarts existants entre le mortalité des parents et celle de leurs enfants, qui font que la descendance d'une génération donnée n'a pas le même poids relatif à tous les âges.

Dans ces conditions, il n'est plus certain que le maintien de R_0 en-dessous de l'unité doive entraîner, à plus ou moins brève échéance, la décroissance de la population. On peut d'ailleurs s'en convaincre sur un modèle simple. Donnons-nous une suite de valeurs de R, toutes inférieures à l'unité et affectées respectivement à des générations successives ; les valeurs de R_0 correspondantes sont, elles aussi, inférieures à l'unité. Les naissances annuelles qui en résultent, peuvent toujours dépasser les décès correspondants pour peu que les mortalités des diverses générations aient été choisies en conséquence, c'est-à-dire suffisamment basses. Ainsi, il y aura toujours croissance de la population.

Pour bien éclaircir ce rôle de la mortalité dans la reproduction de la population, il faut la faire intervenir au niveau des individus en tenant compte de la remarque suivante : la place que tient un individu dans l'histoire et l'évolution d'une population, dépend de son temps de présence dans cette population c'est-à-dire, dans le cas d'une population au sens le plus habituel, de sa durée de vie. Cela nous conduit au concept de reproduction des années vécues bien mis en lumière par Louis Henry(1).

----

(1) cf. *Population* . 1965 n° 1. Réflexions sur les taux de reproduction.

Reproduction des années vécues

Précisons notre remarque précédente en notant que le nombre annuel moyen d'années vécues par les éléments d'une population, pendant une période donnée, représente l'effectif moyen de cette population pendant la période.

Soit en effet (o, t) cette période, P la population en o et P' la population en t, N et D les naissances et décès dans l'intervalle. Le nombre total d'années vécues dans la période est :

$$t(P - D) + \frac{t}{2}(N + D) = t\left(P + \frac{N - D}{2}\right)$$

soit le nombre annuel moyen :

$$P + \frac{N - D}{2}$$

Or la population moyenne vaut :

$$\frac{P + P'}{2} = P + \frac{N - D}{2} \;;$$

il y a bien égalité.

Cela établi, si, dans une population, toutes les générations représentent un même nombre d'années de vie, soit A, un calcul sur la longue période montre que la population moyenne sur cette période est très voisine, et d'autant plus voisine que la période est plus longue, du nombre A. Ainsi, la constance du nombre des années de vie des générations est l'assurance du maintien du chiffre de la population; l'augmentation (la diminution) de ce nombre entraînant une augmentation (une diminution) de la population.

Raisonnons maintenant en termes de reproduction.

Si une génération reproduit dans ses descendants les A années de vie qu'elle représente, nous avons des groupes de descendants, étalés sur 35 années, qui chevauchent et dont la réunion assure en moyenne le maintien de la population(1).

D'une façon plus générale, établissons une formule donnant le taux de reproduction des années vécues (R_A) ou rapport du total des années vécues par la "génération" des filles, au total des années vécues par la génération des mères.

Notons e_0 le nombre moyen d'années vécues par une personne de la génération des mères (en A_1B_1 sur la figure 33). A ce nombre d'années correspond dans la "génération" des filles (en $A_1'B_1'$), $R_0 e_0'$ années, R_0 étant le taux net de reproduction et e_0' l'espérance de vie à la naissance. Le taux de reproduction des années vécues vaut donc :

$$R_A = R_0 \frac{e_0'}{e_0}$$

On peut préciser la valeur de e_0' en supposant linéaire la variation dans le temps de l'espérance de vie à la naissance des générations ; numérotons 1, 2, 3,... les générations suivant la génération des mères et notons $e_{0,x}$ l'espérance de vie à la naissance de la génération x ; on a alors :

$$e_{0,x} = e_0\,(1 + kx) \qquad (1)$$

$$e_0' = \frac{1}{R_0}\, 0,488 \sum_{15}^{50} s_x\, f_x\, e_{0,x} \qquad (2)$$

---

(1) Toutefois, selon qu'il y a raccourcissement ou allongement de l'intervalle entre générations successives, le simple remplacement des années vécues se traduit respectivement par une augmentation ou une diminution de la population.

En remplaçant dans (2) $e_{o,x}$ par l'expression qu'en donne (1), il vient :

$$e'_o = \frac{e_o}{R_o} 0,488 \sum s_x f_x + k \frac{e_o}{R_o} 0,488 \sum s_x f_x x$$

$$= e_o + k e_o a' = e_o (1 + k a') = e_{o,a'}$$

en notant a', comme nous l'avons fait précédemment, la quantité :

$$\frac{\sum s_x f_x x}{R_o},$$

âge moyen des mères à l'accouchement de leurs enfants (ou intervalle entre générations successives). On a donc comme nouvelle expression du taux de reproduction des années vécues

$$R_A = R_o \frac{e_{o,a'}}{e_o}$$

Par conséquent, si R_o est inférieur à l'unité, mais si le gain sur les espérances de vie à la naissance en l'espace de a' années (a' varie pratiquemment de 27 à 32 ans) est suffisant, R_A peut être égal ou supérieur à 1 et, par conséquent, l'effectif de la population se maintiendra ou augmentera.

Tableau 46

Taux net de reproduction (R_o) et taux de reproduction des années vécues (R_A) dans certaines générations françaises

Générations	R_o	R_A	Générations	R_o	R_A
1826-1830	0,95	0,98	1851-1855	0,95	1,11
1831-1835	0,94	0,98	1856-1860	0,93	1,12
1836-1840	0,97	1,03	1861-1865	0,91	1,12
1841-1845	0,98	1,07	1866-1870	0,87	1,09
1846-1850	0,97	1,10	1871-1875	0,82	1,04

Les valeurs de R_A ont été calculées avec un âge moyen a' uniformément égal à 30 ans d'où un léger désaccord avec les chiffres de L. Henry qui tiennent compte du raccourcissement de cet âge moyen (1,5 ans en l'espace de 50 générations).

L'exemple des générations françaises au XIXème siècle est, à cet égard, très intéressant (tableau 46) : pour les générations 1836 à 1875 le taux de reproduction des années vécues R_A, a toujours dépassé l'unité et constitue un meilleur indice que le taux net R_o pour dégager les effets, sur l'évolution de la population, des conditions intrinsèques de mortalité et de fécondité ; c'est qu'à la différence du taux net R_o, il fait intervenir la survie des générations au-delà de la période de procréation.