



PANTHÉON SORBONNE
UNIVERSITÉ PARIS 1
OMNIBUS SAPIENTIA UNICUIQUE EXCELLENTIA

Université Paris 1 Panthéon Sorbonne,
Institut de démographie



IDUP

Cours d'analyse démographique niveau : **Master de démographie** par Alexandre Avdeev,

Chapitre 12

Modèles des structures familiales et modèles de croissance démographique comportant des variables non démographiques

- Modèles des structures familiales
 - Méthode « chef de ménage/de famille »
- Modèles avec les variables économiques et des liens rétroactifs
 - modélisation de la dynamique globale (Club de Rome, limites de croissances etc.)
 - modèles de la dynamique régionale ou nationale (Bachu-Philippines, Bachu-International)

Lecture : Voir dans le texte

Analyse et modèles démographiques, 2e partie, par A.Avdeev (IDUP) 1

1

Le nombre et la taille des ménages

Hypothèse : si les rapports sociaux sont stables, l'évolution des structures sociales ne dépend que de la dynamique démographiques

Exemple d'application: la méthode des coefficients de chef de ménage

Description détaillée : *United Nations Projection Methods for Integrating Population Variables into Development Planning. Volume I. Methods of Comprehensive Planning. Module One. Conceptual issues and methods for preparing demographic projections. ST/ESA/SER.R/90, New York, 1989*

1er étape: on fait une projection démographique avec la méthode de composants par exemple.

2e étape: à partir des données du recensement générale ou d'une enquête on calcule des proportions de chefs de ménage par sexe dans des groupes d'âge.

3e étape: on estime le nombre de ménages et la taille moyenne de ménage en utilisant les proportions comme multiplicateur

Analyse et modèles démographiques, 2e partie, par A.Avdeev (IDUP) 2

2

Utilisation des multiplicateurs

Soit

s – sexe; a – âge; t - temps

$P_{s,a,t}$ – population de sexe « s » et de l'âge « a » au recensement

$H_{s,a,t}$ – nombre des chefs de ménage (CM) de sexe « s » et de l'âge « a » au recensement

$HR_{s,a,t}$ – proportion des CM de sexe « s » et de l'âge « a » au recensement

Alors

la proportion des CM de sexe « s » et de l'âge « a » au recensement

$$HR_{s,a,t} = \frac{H_{s,a,t}}{P_{s,a,t}}$$

Hypothèse (exemple): $HR_{s,a,t+n} = HR_{s,a,t} \rightarrow$ d'où le nombre estimé des ménages

$$H_{s,a,t+n} = HR_{s,a,t} \times P_{s,a,t+n}$$

$$AHS_{t+n} = \frac{P_{t+n}}{\sum_a \sum_s H_{s,a,t+n}} \rightarrow \text{la taille moyenne du ménage}$$

3

I_H – indice comparatif du nombre de ménage (CM) standardisés par âge et par sexe

Lecture : T.K.Burch, S.S.Halli, A.K.Madan, K.Thomas and L.Wai « Mesures of Household Composition and Headship Based of Aggregated Routine Census Data » // J.Bongaarts, T.Burch and K.Wacheter (eds) *Family Demography. Methods and their Applications*. Oxford, 1990, p.19-39

Soit I_H indice standardisé qui est le quotient du nombre de ménages observé (H) sur le nombre attendu (\hat{H}), et le nombre attendu est un tel qui pourrait exister, si on applique à notre population (p) un jeu « standard » (type) de taux de chefs de ménage par âge et par sexe (c) :

$$I_H = \frac{H}{\hat{H}} = \frac{H}{c \cdot p}$$

H – nombre de ménages (chefs) ;
 \hat{H} – nombre attendu de ménages ;
 c – vecteur des taux de chefs de ménage par âge et par sexe ;
 p – vecteur de la structure de la population par âge et par sexe.

Choix d'un standard : valeurs maximales observées dans une population, ex.g. en Suède

(problèmes de divergence sexuée : pour le sexe masculin le % CM est le plus élevé dans les pays de l'Europe Nord-Ouest, pour le sexe féminin – dans la région de Caraïbes et de l'Amérique Centrale)

Choix de la limite inférieure de l'âge adulte : 15 ans – limité conventionnelle (pour la fécondité)

(même si elle semble être trop basse pour les pays développés : les études ont constaté une forte corrélation (99%) entre les indicateurs calculés à partir de 15 ans et ceux calculés à partir de 20 ans)

4

Interprétation de I_H

Concept général : « JAA factor » (jointnesse or appartnesse of adults)

Simon Kuznets « Size and Age Structure of Family Households: Exploratory Analysis », *PDR*, 1978, n°4, p.187-223)

Composants :

1. Résidence des adultes non-mariés dans le logement paternel
2. Résidence des jeunes couples mariés dans le logement paternel
3. Tendance des épouses (ou quasi épouses) à la coresidence
4. Tendance des personnes non-mariées (frères, sœurs, tantes, oncles etc.) de vivre avec famille plutôt que séparément
5. Tendance des parents âgés de vivre avec ses enfants adultes
6. Prévalence de services à domicile (domestiques), de locations et d'hébergement

I'_H – indice comparatif du nombre de ménage (CM) standardisés par âge, par sexe et par état matrimonial

Influence de l'état matrimoniale I_H :

1. La proportion de CM est plus élevée chez les couples mariés (quoi que dans la routine de recensements le statut du CM est plus souvent assigné à l'homme dans les ménage « homme-femme »)
2. La proportion de CM est la plus faible chez les célibataires (jamais) mariés de deux sexes
3. Chez les personnes divorcées, veuves ou séparées la proportion de CM est intermédiaire.

Si les données sur la composition de la population par âge, par sexe et par l'état matrimoniale sont disponible, alors il est possible de calculer I'_H – indice standardisé par âge, sexe et l'état matrimonial :

$$I'_H = \frac{H}{\hat{H}'} = \frac{H}{c' \cdot p'}$$

H – nombre de ménages (chefs) ;

\hat{H}' – nombre attendu de ménages ;

c' – vecteur des taux de chefs de ménage par âge, sexe et état matrimoniale ;

p' – vecteur de la structure de la population par âge, sexe et état matrimoniale ;

Décomposition de l'indice standardisé de CM

H_m^m – nombre de CM chez hommes mariés H_m^n – nombre de CM chez hommes non mariés
 H_f^m – nombre de CM chez femmes mariées H_f^n – nombre de CM chez femmes non mariées

$\mathbf{p}_m^m, \mathbf{p}_f^m, \mathbf{p}_m^n, \mathbf{p}_f^n$ – vecteurs des hommes et des femmes mariés et non mariés par âge
 \mathbf{c} – vecteur standard des proportions des CM par âge (ici pour les hommes mariés)

Alors il est possible de décomposer l'indice de CM :

$$I_H = K_m \cdot [I_m^m \cdot J_m^m + (1 - I_m^m) \cdot J_m^n] + (1 - K_m) \cdot [I_f^m \cdot J_f^m + (1 - I_f^m) \cdot J_f^n]$$

où

$$I_H = \frac{H}{\mathbf{c} \cdot (\mathbf{p}_m^m + \mathbf{p}_f^m + \mathbf{p}_m^n + \mathbf{p}_f^n)} = \frac{H}{\mathbf{c} \cdot \mathbf{p}} \quad \text{– indice de chefs de ménage}$$

$$K_m = \frac{\mathbf{c} \cdot \mathbf{p}_m}{\mathbf{c} \cdot \mathbf{p}} \quad \text{– indices de proportion des hommes}$$

$$J_m^m = \frac{H_m^m}{\mathbf{c} \cdot \mathbf{p}_m^m} \quad J_m^n = \frac{H_m^n}{\mathbf{c} \cdot \mathbf{p}_m^n} \quad J_f^m = \frac{H_f^m}{\mathbf{c} \cdot \mathbf{p}_f^m} \quad J_f^n = \frac{H_f^n}{\mathbf{c} \cdot \mathbf{p}_f^n} \quad \text{– indices de chefs de ménage chez les hommes et les femmes marié(e)s et non marié(e)s respectivement}$$

$$I_m^m = \frac{\mathbf{c} \cdot \mathbf{p}_m^m}{\mathbf{c} \cdot \mathbf{p}_m} \quad I_f^m = \frac{\mathbf{c} \cdot \mathbf{p}_f^m}{\mathbf{c} \cdot \mathbf{p}_f} \quad \text{– indices de proportions des hommes et des femmes marié(e)s}$$

Décomposition de la proportion (brute) de CM (H/P)

$$\frac{H}{P} = \frac{H}{M} \cdot \frac{M}{A_m} \cdot \frac{A_m}{A} \cdot \frac{A}{P}$$

H – nombre de chefs de ménage ;

A – nombre d'adultes (âgés plus de 15 ans) ;

M – nombre de personnes mariés ;

A_m – nombre d'adultes de sexe masculin ;

P – effectif de la population

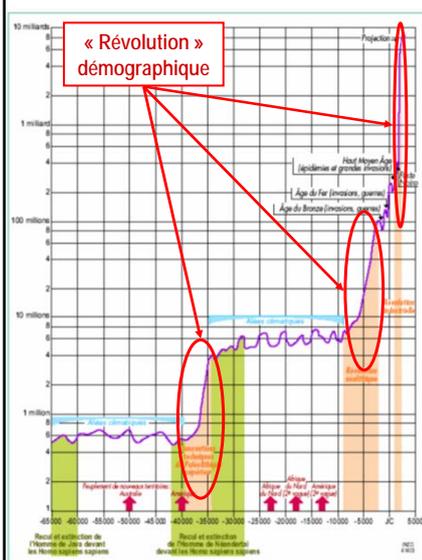
Méthode causale : les modèles de la dynamique globale

On a vu que:

- ✓ Les modèle purement démographiques se basent sur la théorie *de la population stable*, qui comporte une hypothèse sous-jacente que la dynamique des variables soit constante, soit elle est déterminée par les facteurs « extérieurs » au modèle
- ✓ Il existe des facteurs (des variables exogènes) qui déterminent les dynamiques démographiques (fécondité, mortalité, mobilité)
- ✓ A son tour l'impact de ces facteurs sur la dynamique démographique dépend des facteurs démographiques (taille de population, structure, etc...)
- ✓ Pour mieux comprendre les réalités et pour faire des prévisions plus réalistes il est donc utile d'intégrer les facteurs non démographiques dans les modèles démographiques en prenant en considération la rétroactivité des liens entre les variables démographique et non démographiques.
- ✓ Ainsi il est possible de dépasser les limites des projections tendancielle et échanger les hypothèses sur les tendances par les hypothèses sur les causes et la causalité.

9

Modèles purement démographiques sont incapables d'expliquer les causes des trois « révolutions démographiques » dans l'histoire de l'humanité



Rappel du cours 'HPM' (histoire de la population mondiale)

I. La révolution moustérienne (paléolithique supérieur) :

- Grâce aux innovations, la mortalité a reculé dans tous les âges et la fécondité a augmenté en conséquence (?)
- Croissance de la population de 600 000 à 6-7 millions en 10 000 ans (~10 fois)
- L'homme s'est propagé sur tous les continents (sauf probablement l'Antarctide)

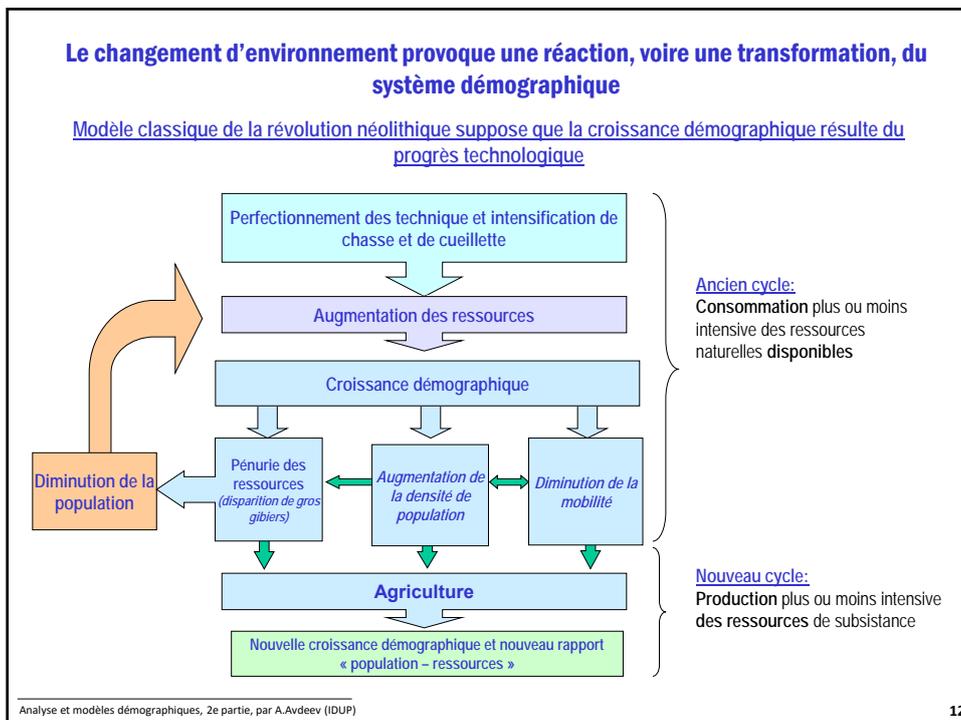
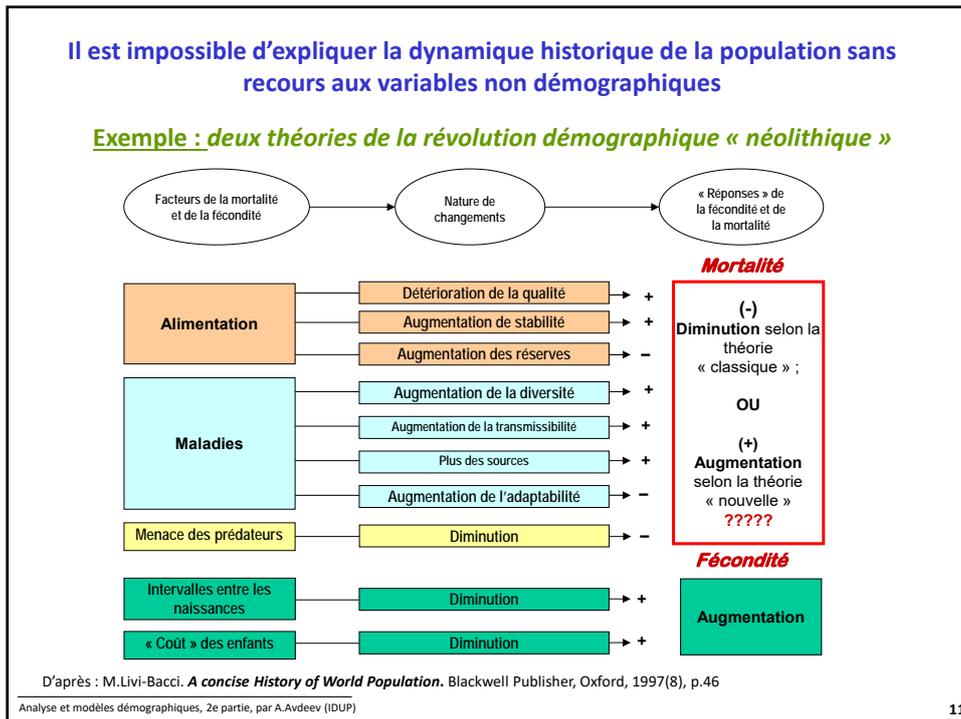
II. La révolution néolithique :

- Deux hypothèses sur cette révolution :
 - « Classique » → diminution de la mortalité
 - « Nouvelle » → augmentation de la mortalité en parallèle à l'augmentation plus important de la fécondité
- Croissance de la population de 6-7 à 100 millions en 8 000 ans (12 fois)
- La densité de la population a augmenté quasiment partout

III. La révolution industrielle :

- La diminution de la mortalité et suivie par la diminution de la fécondité
- Croissance de la population de 600 à 6 000 millions en 300 ans (10 fois)
- Le problème de surpopulation s'impose dans plusieurs régions du monde

10



Les relations entre une croissance démographiques et des conditions environnementales sont-elles unidirectionnelles ?

Approche « classique » (ancienne) → progrès technologique provoque croissance démographique (?)

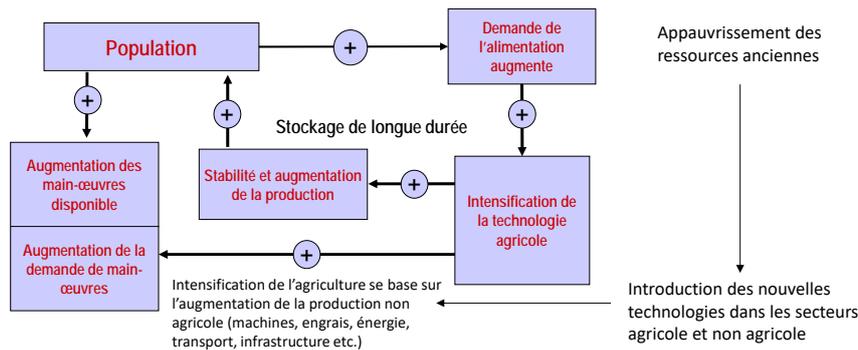
(V.G.Childe – *Man Makes Himself*. Mentor NY, 1951)

Approche récente → croissance démographique a provoqué le progrès technologique :

(Mark Cohen – *The Food Crisis in the Prehistory. The Overpopulation and the Origin of Agriculture*. Yale University Press, New Haven, 1977)

Modèle de Boserup se repose sur l'hypothèse que la croissance démographique provoque un élan du progrès technique et sociale, notamment en agriculture, ce qui favorise à son tour la croissance démographique.

(Cf. Ester Boserup - *The conditions of Agricultural Growth*. Allen and Unwin, London, 1965)



Analyse et modèles démographiques, 2e partie, par A.Avdeev (IDUP)

13

13

Modélisation des dynamiques mondiales et les recherches des limites pour la croissance dans les projets du "Club de Rome"

Literature:

Forrester, J. W. (1971) *World Dynamics*. MIT Press, Cambridge, Mass., London.

Forrester, J. W. (1973) *World Dynamics*. (2 ed.). Cambridge MA: Productivity Press.

Meadows, D. H., D. L. Meadows, J. Randers, & W. W. Behrens III. (1972) *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. New York: Universe Books.

Mesarovitch M., Pestel E. – *Mankind at the turning point*. N.Y. 1974

- Modèles:**
- Dynamo (Forrester),
 - World 2 (Forrester),
 - World 3 (Meadows)
 - Bachue – ILO

Analyse et modèles démographiques, 2e partie, par A.Avdeev (IDUP)

14

14

Modèle "World 3":

4 blocs principaux :

1. Population (effectif)
2. Produit (volume de production)
3. Environnement (pollution)
4. Stocks des ressources naturelles (non renouvelables)

Modèle "World 3" : Bloc « Population »

dans lequel l'évolution des quatre groupes d'âges est décrite avec un système d'équations différentielles :

$$\frac{dP^1}{dt} = N - P^1 Q^{e,1} - \frac{P^1}{15} \quad \longrightarrow \quad P^1 - \text{population 0-14 ans ;}$$

$$\frac{dP^2}{dt} = \frac{P^1}{15} - P^2 Q^{e,2} - \frac{P^2}{30} \quad \longrightarrow \quad P^2 - \text{population 15-44 ans ;}$$

$$\frac{dP^3}{dt} = \frac{P^2}{30} - P^3 Q^{e,3} - \frac{P^3}{20} \quad \longrightarrow \quad P^3 - \text{population 45-64 ans ;}$$

$$\frac{dP^4}{dt} = \frac{P^3}{20} - P^4 \cdot Q^{e,4} \quad \longrightarrow \quad \begin{array}{l} P^4 - \text{population 65 ans et plus;} \\ N - \text{nombre de naissances,} \\ Q^{e,i} - \text{la probabilité de mourir dans l'intervalle d'âge } i. \end{array}$$

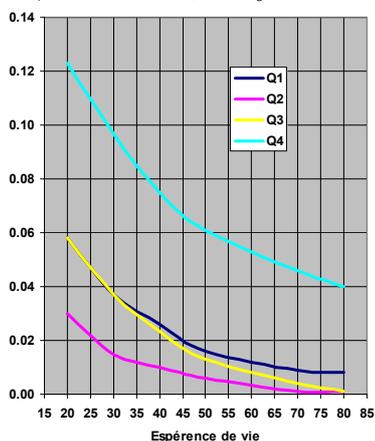
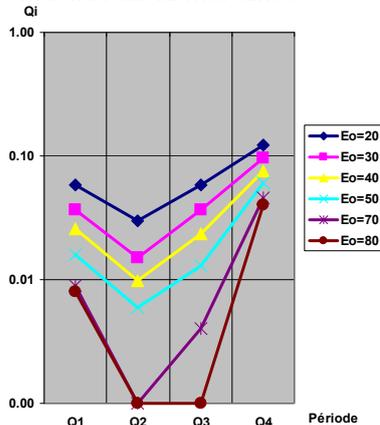
Trois entrées :

- $P^i_{t=0}$ - population au début de la période,
- N - nombre de naissances et
- $Q^{e,i}$ - probabilité de mourir

entrée « la probabilité de mourir » :

La probabilité de mourir dans l'intervalle d'âge i ($i=1,2,3,4$) est une fonction non linéaire de l'espérance de vie moyenne à la naissance (une sorte d'une table de mortalité abrégée).

$$Q_e^{e,i} = f(e_0)$$

Profils de la mortalité

Analyse et modèles démographiques, 2e partie, par A.Avdeev (IDUP)

17

17

Entrée « le nombre de naissances » → bloc « Fécondité – Natalité »:

Le nombre de naissances N dépend du nombre (de l'effectif) des femmes 15-44 (la moitié de la population P^2) et de niveau de la fécondité ($TFR = ICF$)

$$TFR = \min \{ MTF ; MTF \times (1 - FCE) + FCE \times DTF \}$$

TFR – Indice Synthétique de Fécondité

MTF – Maximum physiologique de la fécondité (de l'ISF)

FCE – Efficacité du contrôle de la fécondité (limitation volontaire)

DTF – La fécondité désirée (IS de la fécondité désirée)

Alors => si $DTF > MTF$, => $TFR = MTF$;
 si $DTF < MTF$ => TFR égal la moyenne de MTF et DTF , pondérée avec le FCE
 si $FCE = 1$ => $TFR = DTF$
 si $FCE = 0$ => $TFR = MTF$

Analyse et modèles démographiques, 2e partie, par A.Avdeev (IDUP)

18

18

Bloc « Fécondité – Natalité » (la suite):

Trois nouvelles entrées : MTF, DTF et FCE

1^e entrée : MTF – maximum de la fécondité naturelle

$MTF = \eta \times N^e$

où

η (eta) ≈ 12 – constante de maximum physiologique

$N^e = f(e_0)$ – paramètre, fonction non linéaire convexe de l'espérance de vie à la naissance e_0

si $e_0 = 20 \rightarrow N^e = 0,4$;

si $e_0 = 40 \rightarrow N^e = 0,8$;

si $e_0 = 60 \rightarrow N^e = 1,0$;

si $e_0 = 80 \rightarrow N^e = 1,1$

}

Les scores intermédiaires peuvent être interpolés

Analyse et modèles démographiques, 2e partie, par A.Avdeev (IDUP) 19

19

Bloc « Fécondité – Natalité »

2^e entrée : DTF – la fécondité désirée

$DTF = \delta \cdot N^i \cdot N^w \cdot M^e$ où

$\delta \approx 4$ – (sigma) une valeur constante du niveau « normal » de la fécondité désirée

N^i – une norme sociale pour la taille de famille qui est une fonction concave de I_{t-20} (de la production industrielle par habitant il y a 20 ans).

$N^i = 1,0$, si $I_{t-20} = 200$ USD (prix 1968);

$N^i = 0,9$, si $I_{t-20} = 400$ USD ;

$N^i = 0,8$, si $I_{t-20} = 600$ USD ; etc

L'augmentation du niveau de vie (de production) a l'effet réducteur sur la fécondité désirée

Analyse et modèles démographiques, 2e partie, par A.Avdeev (IDUP) 20

20

Bloc « Fécondité – Natalité »

2e entrée: DTF – la fécondité désirée (suite)

$$DTF = \delta \cdot N^i \cdot \boxed{N^w \cdot M^e}$$

N^w – la réaction de la famille moyenne sur la norme sociale – la fonction de W_{t-3} taux de croissance de la production industrielle par habitant durant trois ans précédents

si $W_{t-3} = -2\% \rightarrow N^w = 0,5$;
 si $W_{t-3} = 0\% \rightarrow N^w = 0,7$
 si $W_{t-3} = +3\% \rightarrow N^w = 1,0$

M^e – l’influence de la mortalité infantile qui est la fonction non linéaire de l’espérance de vie il y a 20 ans $e_0(t-20)$

si $e_0(t-20) = 20 \rightarrow M^e = 1,625$;
 ...
 si $e_0(t-20) = 80 \rightarrow M^e = 1,00$

Analyse et modèles démographiques, 2e partie, par A.Avdeev (IDUP) 21

21

Bloc « Fécondité – Natalité »

3e entrée : FCE – efficacité de la limitation des naissances

$$FCE \equiv M^Q = f(Q_{t-20})$$

où

M^Q – efficacité des services de la planification familiale, déterminée par les investissements dans la production de la contraception par habitant (Q_{t-20}) il y a 20 ans

$Q=\$0,5 \Rightarrow FCE=0,85$
 $Q=\$1,0 \Rightarrow FCE=0,90$
 $Q=\$2,0 \Rightarrow FCE=0,98$
 $Q=\$3,0 \Rightarrow FCE=1,00$

Analyse et modèles démographiques, 2e partie, par A.Avdeev (IDUP) 22

22

Bloc « Fécondité – Natalité »

Variables non démographique ayant les liens rétroactifs avec les variables démographiques

I_{t-20} – production industrielle par habitant il y a 20 ans

W_{t-3} – taux de croissance de la production industrielle par habitant durant trois ans précédents

Q_{t-20} – investissements dans la production de la contraception par habitant

+ une variable démographique

$e_0^{(t-20)}$ – espérance de vie à la naissance il y a 20 ans

À son tour

$$e_0 = e_0^b \cdot LMF \cdot LMHS \cdot LMC \cdot LMP$$

Facteurs de variation de l'espérance de vie à la naissance.

$$e_0 = e_0^b \cdot LMF \cdot LMHS \cdot LMC \cdot LMP$$

e_0^b – valeur de base de l'espérance de vie à la naissance (28 ans)

LMF – coefficient d'influence de la nutrition (foodstuffs)

LMHS – l'efficacité de la Santé Publique avec le décalage de 20 ans

LMC – l'influence de la mode de vie urbaine

LMP – l'influence de la pollution

LMF – niveau de nutrition

$$e_0 = e_0^b \cdot \boxed{LMF} \cdot LMHS \cdot LMC \cdot LMP$$

LMF – coefficient de l'influence de la nutrition est la fonction non linéaire du niveau de nutrition

$LMF = f(F)$

où **F** – le niveau de nutrition = rapport (en équivalent de céréale) entre la production de la nutrition par habitant et le minimum vitale (230 kg par personne– année)

F=1	→ LMF = 0,635
F=2	→ LMF = 1,205
F=3	→ LMF = 1,295
F=4	→ LMF = 1,365
F=5	→ LMF = 1,409

Analyse et modèles démographiques, 2e partie, par A.Avdeev (IDUP) 25

25

LMHS – efficacité de la Santé Publique (20 ans de décalage)

$$e_0 = e_0^b \cdot LMF \cdot \boxed{LMHS} \cdot LMC \cdot LMP$$

LMHS – efficacité de la Santé Publique est une fonction non linéaire de dépenses faites il y a 20 ans pour la santé publique par habitant (**HS**)

$LMHS(t) = f(HS_{t-20})$

$HS_{t-20} = \$ 20$	→ LMHS = 1,38
$HS_{t-20} = \$ 60$	→ LMHS = 1,82
$HS_{t-20} = \$ 80$	→ LMHS = 1,93
$HS_{t-20} = \$ 100$	→ LMHS = 2,00

Analyse et modèles démographiques, 2e partie, par A.Avdeev (IDUP) 26

26

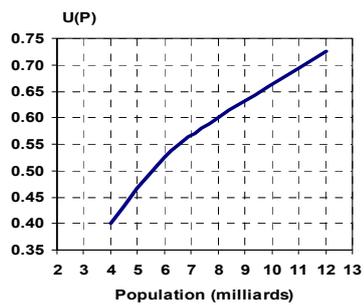
LMC – influence de la mode de vie urbaine

$$e_0 = e_0^b \cdot LMF \cdot LMHS \cdot LMC \cdot LMP$$

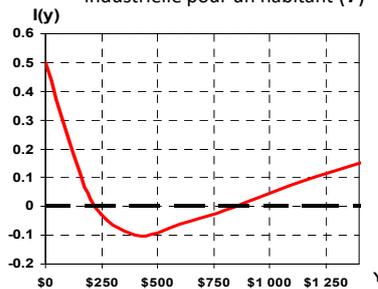
LMC – impact de la mode de vie urbaine est la fonction du niveau d'urbanisation (*U*) et du niveau d'industrialisation (*I*)

$$LMC = 1 - U \cdot I$$

U=f(P) est une fonction de l'effectif de la population totale (*P*)



I=f(Y) est une fonction de la production industrielle pour un habitant (*Y*)



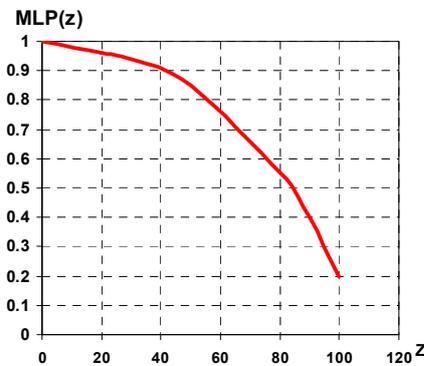
27

LMP – influence de la pollution

$$e_0 = e_0^b \cdot LMF \cdot LMHS \cdot LMC \cdot LMP$$

$$LMP = f(Z)$$

Z – est le rapport entre le niveau de la pollution au moment donné et le niveau de la pollution en 1970



une fonction décroissante = l'effet négatif (réducteur) de la population sur l'espérance de vie

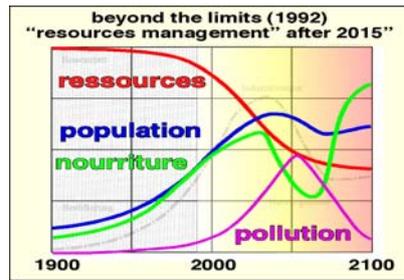
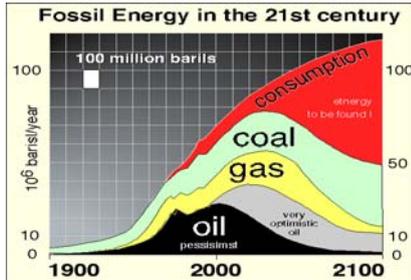
28

Conséquence globales de la croissance démographique : pénuries de ressources, pollutions, manque de nourriture...

1972 – Meadows, D. H., D. L. Meadows, J. Randers, & W. W. Behrens III. *Limits to Growth* (World 3 model);
 1974 – Eduard Pestel and Mihajlo Mesarović *Mankind at the turning point*
 1993 – Donella Meadows, Jørgen Randers, and Dennis Meadows *Beyond the Limits*
 2004 – Donella Meadows, Jørgen Randers, and Dennis Meadows *Limits to Growth: The 30-Year Update*

Base → Model « World 3 » de J. Forrester voir *World dynamics, 1971 et 1973*

Modèles de la dynamique globale : « Club de Rome », 1993 : *Beyond the Limits*

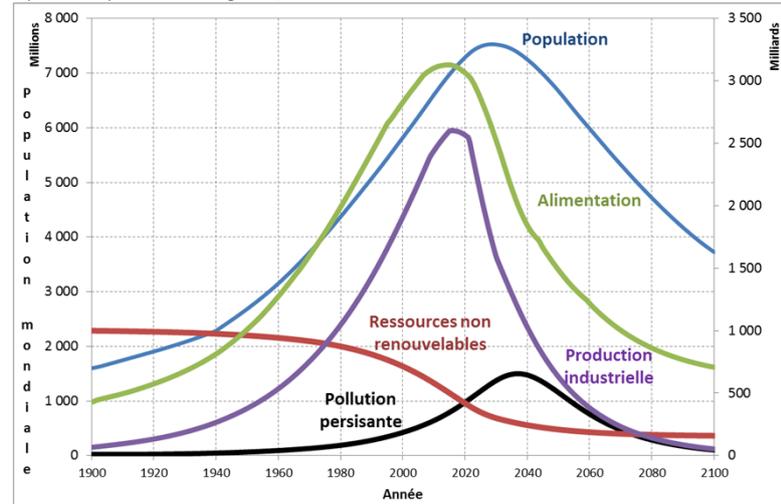


Impact environnemental → $I = PAT$
 Impact = Population X Affluence X Technology
 A → consommation per capita
 T → impact per unité de consommation

- Scenario « optimiste »**
- 1) l'économie de l'énergie ;
 - 2) le recyclage des matières premières ;
 - 3) la réduction considérable de la pollution ;
 - 4) la limitation de la croissance démographique (tout d'abord)

Simulation de la dynamique mondiale avec le modèle « World-3 » jusqu'en 2100 (paramètres standards)

Population et pollution = axe à gauche, autres = axe à droite



Source: C:\...Cours\1 - Demographie\3-Models\World 3 simulation\World3 Results.xls

Particularités des modèles de la dynamique mondiale

- Les calculs sont difficiles
- Il est impossible de les appliquer pour un seul pays
- Il est souvent difficile d'interpréter les résultats des calculs à cause de la complexité des liens directs et rétroactive (souvent avec le décalage de temps) à l'intérieur du modèle

Modèles causaux dans la prévision des dynamiques régionales et nationales

Familles de modèles « Bachue » ILO fin 1970 – début 1980 dans le cadre du « Programme mondial de l'emploi »

« Bachue – Philippines » (Rogers G. and al. *Population, Employment and Inequality: Bachu-Philippines*. Geneva: International Labour Office, 1978

« Bachue – International » (Moreland G. and al. *Population, Development and Income Distribution – A Modeling Approach: Bachu-International*. Hampshire and New York: Gower and St.-Martin's Press, 1994

« Bachue – Philippines » : régressions à partir des données pour 47 pays en voie de développement :

Fécondité (taux brut de reproduction – GRR)

$$GRR_t = b^i - 0,0064 \cdot R_{t-1} + 0,0106 \cdot I_{t-1} - 0,0446 \cdot e_{0,t-1} + 0,0059 \cdot L_{t-1}$$

b^i – la constante pour la population rurale et urbaine

R_{t-1} – proportion de femmes ayant un emploi parmi les femmes d'âge 15-44 ans

I_{t-1} – proportion des personnes illettrées parmi les adultes

$e_{0,t-1}$ – espérance de vie à la naissance dans la période précédente

L_{t-1} – proportion des personnes occupées dans le secteur agricole

Espérance de vie à la naissance

$$e_0 = 87,2 - \frac{3389}{Y} + \frac{76880}{Y^2} - 36,47 \cdot G$$

Y – produit intérieur brut pour un habitant
 G – coefficient de Gini

« Bachue – International » : régressions à partir des données pour 25 pays en voie de développement et la généralisation de plusieurs modèles:

Fécondité (taux de fécondité globale – FR)

$$\ln(FR) = 5,1 + 0,12 \cdot \ln(I) - 0,21 \cdot \ln(R) + 0,43 \cdot \ln(e_0) - 0,251 \cdot \ln(Y) - 0,24 \cdot \ln(LOW40)$$

Espérance de vie à la naissance

$$e_0 = 69,9 - \frac{1500}{Y} - 0,2 \cdot I + 0,27 \cdot LOW40 + 0,00008 \cdot DRS$$

R – proportion de femmes ayant un emploi parmi les femmes d'âge 15-44 ans

I – proportion des personnes illettrées parmi les adultes

Y – produit intérieur brut pour un habitant

$LOW40$ – proportion des revenus des 40% de la population la plus pauvre

DRS – nombre de médecins pour un habitant

Conclusion :

Essentiellement les modèles causaux représentent une description mathématique de la transition démographique dans le contexte de modernisation.

Ils comportent toujours 4 groupes des variables:

1. Les indicateurs de la modernisation (revenu moyen, produit industriel; niveau d'urbanisation, la pollution etc.)
2. Les caractéristiques de la mode de vie: (niveau d'éducation, santé publique, moyens de la limitation des naissances etc.)
3. Les indicateurs des étapes de la transition démographique: (espérance de vie, mortalité infantile, taille moyen de famille, emploi des femmes etc.)
4. Les indicateurs de l'économie de famille et du « coût des enfants » (niveau de la nutrition, le prix relatif des produit alimentaires, le revenu individuel etc.)