

# Projections de Population

Pr Roch Giorgi

 [roch.giorgi@univ-amu.fr](mailto:roch.giorgi@univ-amu.fr)

# Introduction

---

- Intérêts de projections
  - ✓ Pour des politiques / décideurs
    - Réseau routier, écoles, personnel médical, offre de soin, taxes,...
  - ✓ Pour des industriels
    - Nombre / caractéristiques démographiques de « clients » à venir
  - ✓ Analytique
    - Impact de variable(s) démographique(s) sur la taille d'une population, sa composition, sa croissance en fonction du temps
- Etude des conséquences
  - ✓ des « classiques » composants de l'équation démographique (fertilité, mortalité, migration)
  - ✓ et potentiellement d'autres facteurs (mariage, utilisation de contraceptifs,...)

# Pré-Requis

---

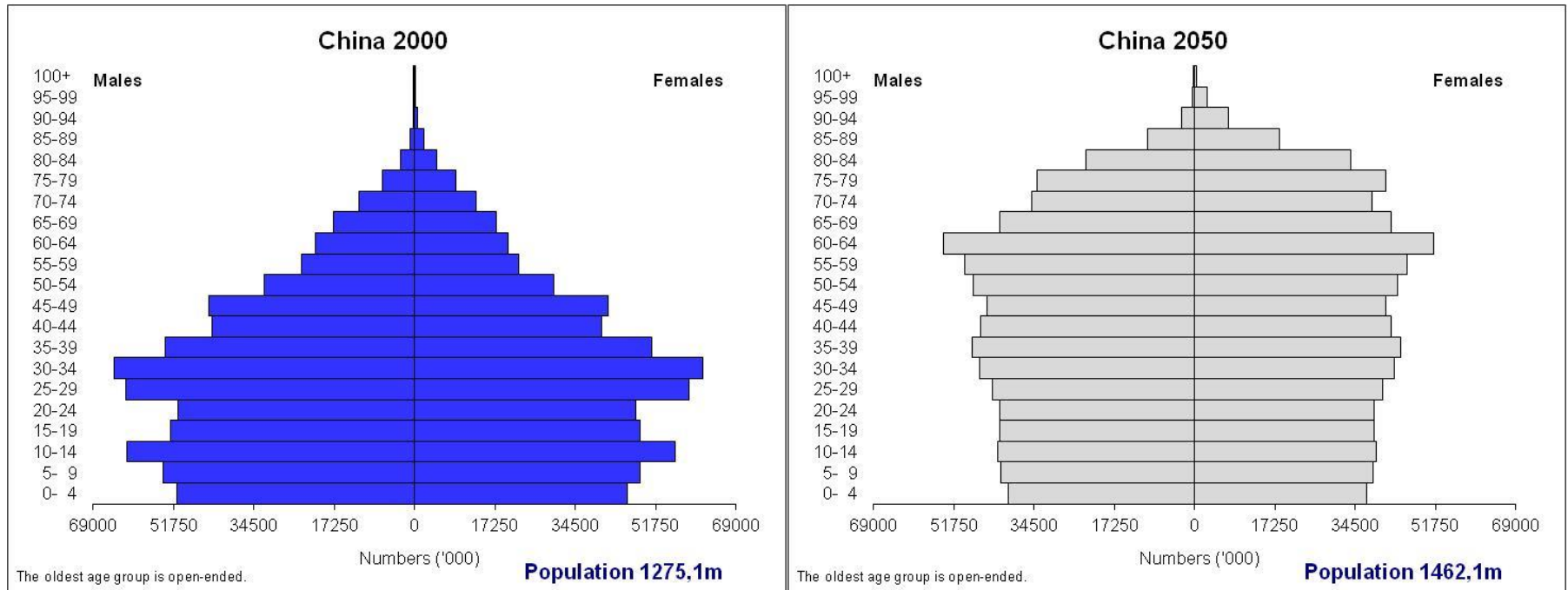
- Etat de départ
- Période (horizon) pour la projection
- Méthode / Modèle
- Hypothèse(s)
  - ✓ Empiriques
  - ✓ Mathématiques
- Données

# Projection et Prévision

---

- Importance de la question
  - ✓ Prévisions
    - Hypothèses les plus réalistes possibles
    - Minimiser les erreurs par rapport à ce qui sera observé
  - ✓ Projections (perspectives)
    - Hypothèses pouvant être moins réalistes
    - Démontrer les conséquences de la dynamique observée
- Horizon de projection
  - ✓ Court terme : 5 ans ou moins
  - ✓ Moyenne terme : 5 à 20 ans
  - ✓ Long terme : plus de 20 ans

# Chine 2000 – Projection 2050



- **Futur hypothétique**

- ✓ à 50 ans
- ✓ par rapport à 2000
- ✓ sous certaines hypothèses d'évolution (+/-)
- ✓ montrant effet d'une faible fertilité (politique nationale) et d'une diminution de la mortalité (vieillesse de la population)

# Projection et Estimation

---

- Future réel ?
  - ✓ Un seul ?
  - ✓ Réactualisation des données
- Besoin d'avoir une estimation de la population
  - ✓ Basée sur des données présentes et passées (naissances, décès, migrations)
- Pour effectuer des projections
  - ✓ Se réfèrent à des dates où il n'y a pas de données
  - ✓ Production de données « possibles » dans un futur incertain
- Approches liées

# Méthodes de Projections

---

	National	Infra-National
Modèle populationnel	X	
Méthodes mathématiques	X	X
Méthode des composants	X	X
Méthode du ratio		X
Enquêtes de caractère sociologique		X
Modèle matriciel	X	X
Modélisation statistique	X	X

# Modèle Populationnel (1)

---

- Hypothèse de population stable ou de population stationnaire
- Population hypothétique ayant comme caractéristiques
  - ✓ Taux de natalité et de décès constants, taux de croissance constant
  - ✓ Structure par âge et sexe constante (en %)
  - ✓ Pas d'effets liés à la migration



# Modèle Populationnel (2)

---

- Population stationnaire si taux de croissance = 0
- Population stable
  - ✓ Elimine les effets de la structure par âges sur des événements de vie « courts » (baby-boom, famine, épidémie, guerre, catastrophes naturelles,...)
  - ✓ Forme de la structure par âges fonction du niveau de l'accroissement naturel
    - Elevé : croissance naissances  $\gg$  décès  $\Rightarrow$  pyramide triangulaire
    - Faible :  $\Rightarrow$  pyramide rectangulaire
  - ✓ Taux de croissance dépend uniquement des taux de natalité et de décès

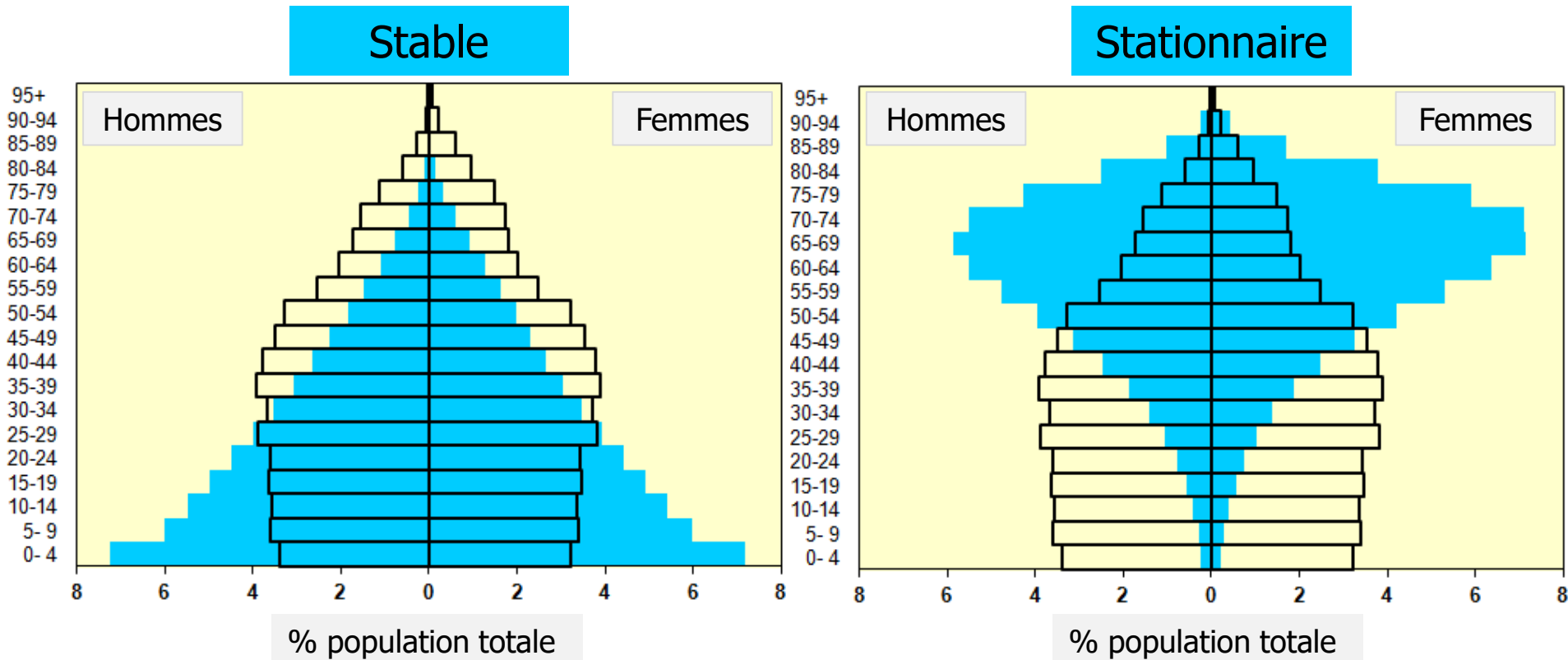
# Modèle Populationnel (3)

---

- Permet d'effectuer des projections de manière « simple », à au moins 70 ans
- Objective l'impact d'un maintien d'un certain taux de naissance et de décès
- Simule une situation populationnelle sous certains scénarii
- Donne informations seulement sur la structure d'âge (pas sur les effectifs)
- Pas adaptée pour fournir une représentation anticipée du futur

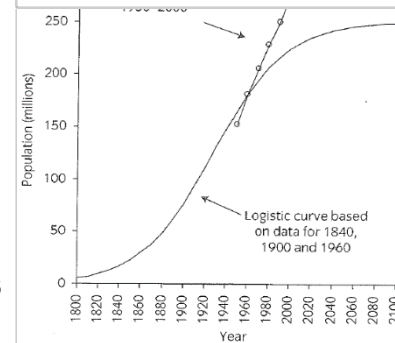
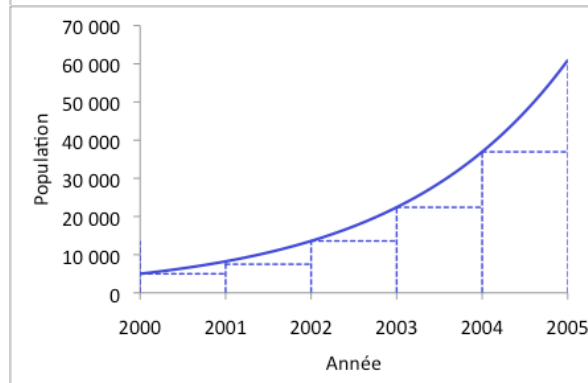
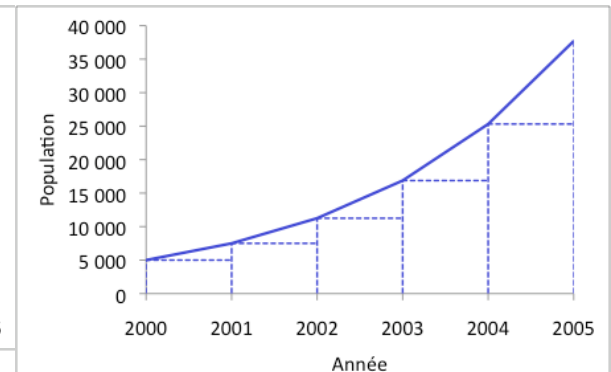
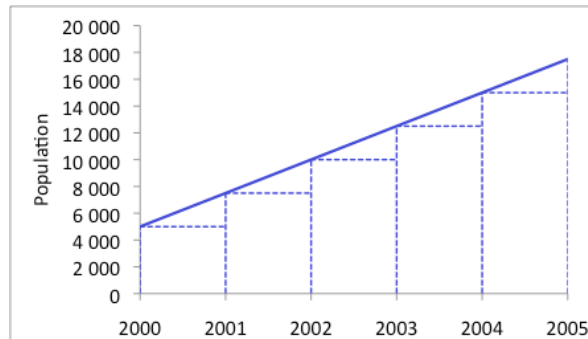
# Modèle Populationnel (4)

Exemple : Australie (2000)



# Méthodes Mathématiques (1)

- Croissance
  - ✓ Arithmétique
  - ✓ Géométrique
  - ✓ Exponentielle
  - ✓ Logistique



# Méthodes Mathématiques (2)

---

- Hypothèse d'un taux constant est rarement satisfaisante
  - ⇒ Projections limitées à des intervalles de temps courts, ou bien variation des taux d'un intervalle à l'autre
- Mêmes résultats pour des projections à court terme
  - ✓ Linéaire le plus simple
- Pour horizons plus lointains
  - ✓ Courbure plus plausible ⇒ géométrique, exponentielle
- Mais
  - ✓ Prennent pas en compte information des « classiques » composants de l'équation démographique (fertilité, mortalité, migration)

# Méthode des Composants – Introduction (1)

---

- Modifications dans l'évolution peuvent être soudaines, discontinues
- Exemple
  - ✓ Évolution des effectifs chez les personnes âgées plutôt en « dents de scie » que lisse
  - ✓ Conséquence de la taille de la cohorte évoluant en âge
- Méthodes de projection prenant en compte évolutions au cours du temps des cohortes plus à même d'anticiper sur ces phénomènes discontinus
- Méthode des composants (méthode de survie des cohortes) prend en compte ces effets

# Méthode des Composants – Introduction (2)

---

- Méthode la plus utilisée (national, international) pour des projections par âge, sexe
- Prédominante car
  - ✓ Prend en compte informations statistiques disponibles sur les composants de l'évolution démographique
    - Valeur analytique dans la compréhension des développements, des effets spécifiques des différents constituants
    - Méthode flexible (possibles variations des hypothèses en fonction des orientations futures dans chacune des composantes)
  - ✓ Projections par âge et sexe
  - ✓ Applicable au niveau National, infra-national permettant des comparaisons entre différents scénarii de projections

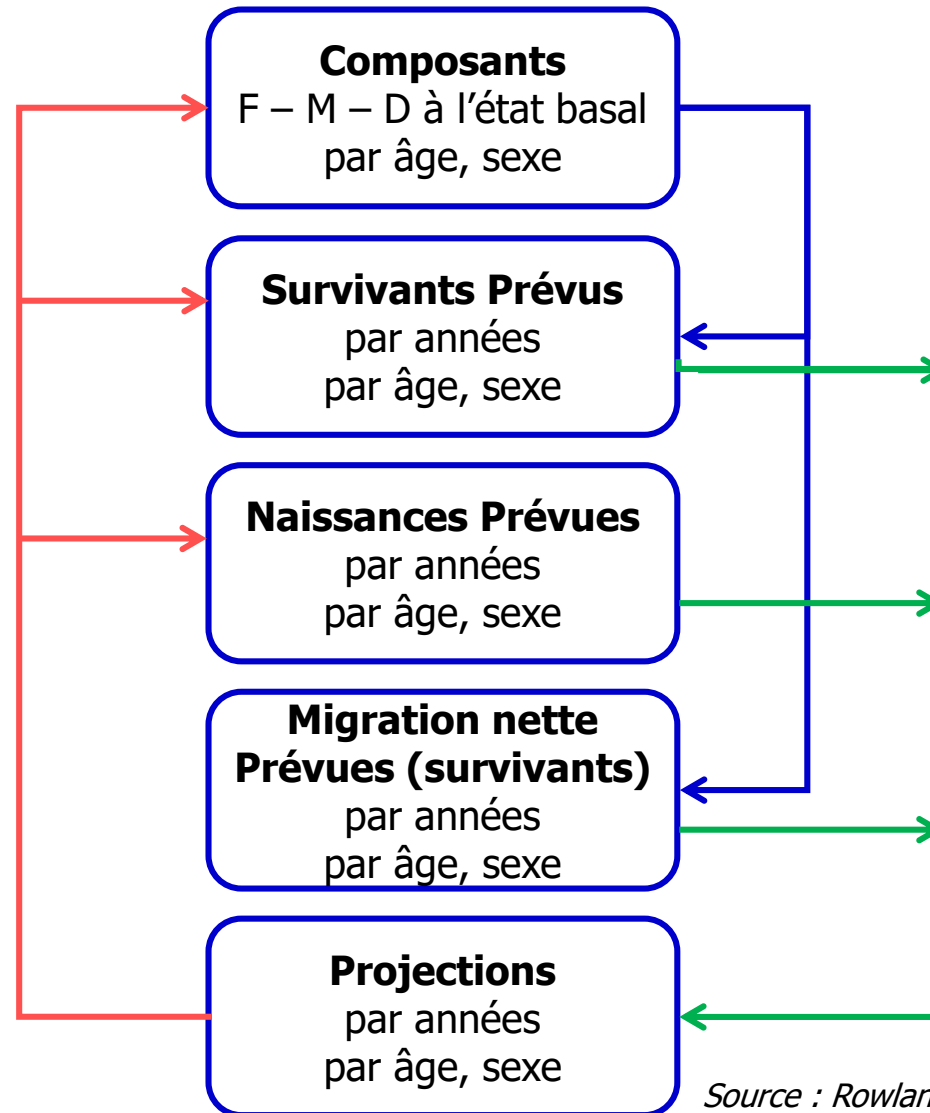
# Méthode des Composants – Introduction (3)

---

- Prend en compte les effets liés à
  - ✓ la fertilité
  - ✓ la mortalité
  - ✓ la migration
- Si projections par classes d'âge de 5 ans, par pas de 5 ans (2010-14 ; 2015-19 ;...)
  - ✓ Chaque cohorte projetée sur le premier intervalle
  - ✓ Ces projections deviennent la base pour les projections sur le deuxième intervalle
  - ✓ ...



# Structure du Modèle de Projection



Source : Rowland D.T. *Demographics methods and concepts*. Oxford University press. 2003.



# Méthode des Composants – Variations (1)

---

- Projections basiques
  - ✓ Taux de fertilité, mortalité, migration constant au cours du temps, âge, sexe
- Projections sous hypothèses de variations
  - ✓ Survie projetée
    - À partir de tables de mortalité dont l'espérance de vie à la naissance varie toutes les x années
    - Ratios de survie spécifiques par âge varient de manière constante
    - ...
  - ✓ Migration nette prévue
    - Variation du volume (selon politique, expériences passées,...)
    - Variation de la structure d'âge

# Méthode des Composants – Variations (2)

---

- Projections sous hypothèses de variations (cont.)
  - ✓ Fertilité
    - Variation selon l'âge
    - Variation de son taux avec un pattern d'âge similaire
  - ✓ Selon un taux cible à atteindre dans le futur
  - ✓ Taux par composants convergent vers ceux d'une population plus large, nationale,...
  - ✓ ...

# Méthode des Composants

---

- Pour essayer de refléter
  - ✓ L'incertitude concernant le développement futur
  - ✓ La faible vraisemblance d'une meilleure estimation unique
- Différents scénarii sont considérés (généralement)
  - ✓ Hypothèse basse, moyenne, haute (par exemple)
  - ✓ Effet pur d'un composant ou effets combinés de composants

# Méthode des Composants : Exemple (1)

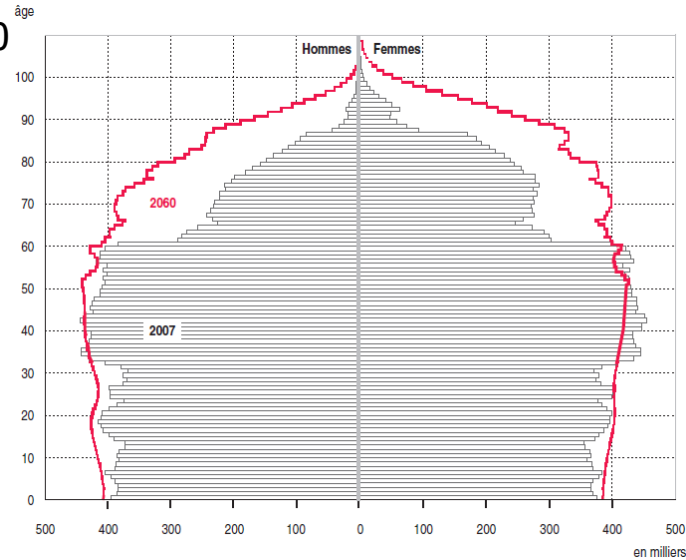
- Projection de population à l'horizon 2060 faites par l'Insee

	Situation au dernier recensement	Hypothèse centrale	Variante basse	Variante haute
Nb enfants / F	1,98	1,95 à partir de 2015	1,80 à partir de 2015	2,10 à partir de 2015
Esp. vie naiss. (F)	84,2 ans	91,1 ans en 2060	88,6 ans en 2060	93,6 ans en 2060
Esp. vie naiss. (H)	77,2 ans	86,0 ans en 2060	83,5 ans en 2060	88,5 ans en 2060
Solde migratoire	+ 115 000	+ 100 000 par an à partir de 2007	+ 50 000 par an à partir de 2015	+ 150 000 par an à partir de 2015

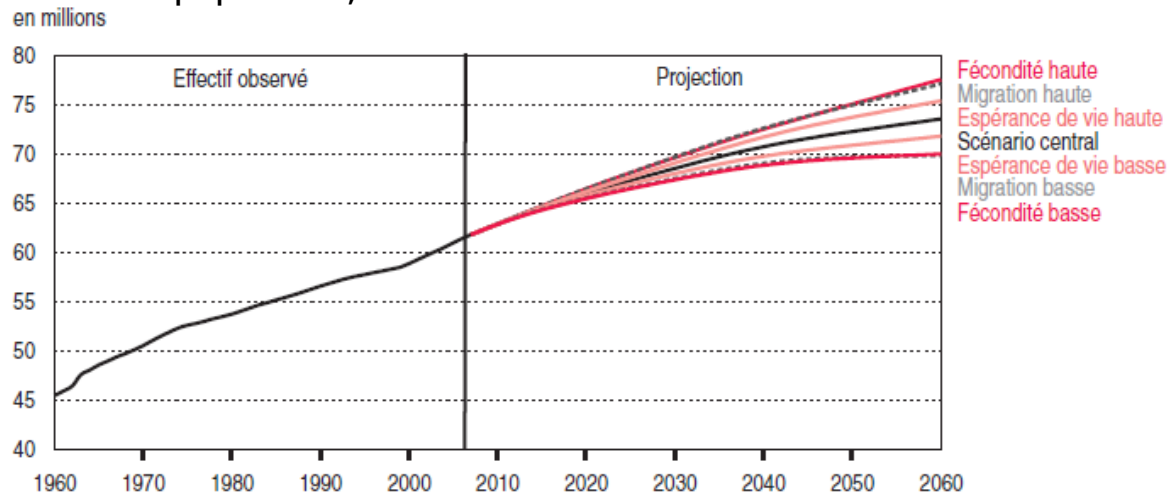
Source : Blanpain N, et coll. Projection de population à l'horizon 2060. Insee Première n°1320, Octobre 2010.

# Méthode des Composants : Exemple (2)

Pyramide des âges en 2007 et 2060



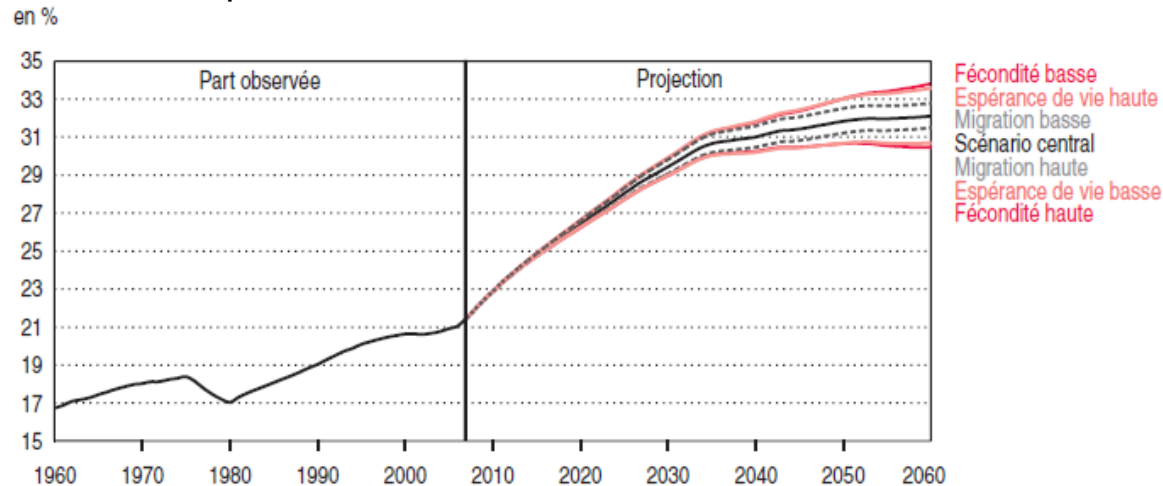
Evolution passée et future de la population, selon le scénario central et les 6 variantes retenues



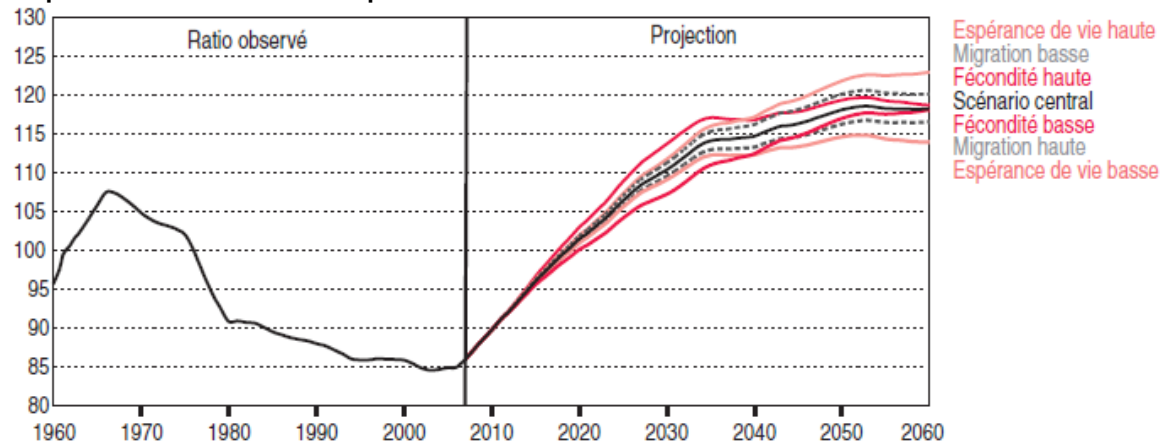
Source : Blanpain N, et coll. *Projection de population à l'horizon 2060. Insee Première n°1320, Octobre 2010.*

# Méthode des Composants : Exemple (3)

Evolution de la part des 60 ans ou plus



Evolution du ratio de dépendance économique



Source : Blanpain N, et coll. Projection de population à l'horizon 2060. Insee Première n°1320, Octobre 2010.

# Méthode du Ratio (1)

---

- Pour des projections infra-nationales : régions, départements, villes,...
- Requièrè des informations « simples »
- Hypothèses : proportion de la population des unités d'analyse
  - ou ✓ Restent constantes au cours du temps
  - ✓ Varient selon un pattern prédéfini
- Population totale projetée est distribuée selon les proportions projetées des unités d'analyse



# Méthode du Ratio (2)

---

- Egalement applicable pour des projections par âge et sexe (plus complexe)
- Mais
  - ✓ Prennent pas en compte information des « classiques » composants de l'équation démographique (fertilité, mortalité, migration)

# Méthode du Ratio : Exemple (1) *Rowland D.T.*

Variation de la répartition de la population totale dans 4 régions 1990-2000

Région	1990	2000	Variation	Variation annuelle moyenne
Nord	40,0	37,0	-3,0	-0,30
Sud	30,0	31,5	1,5	0,15
Est	20,0	21,0	1,0	0,10
Ouest	10,0	10,5	0,5	0,05
Total	100,0	100,0	0,0	0,00

Répartition projetée de la population totale dans chacune des 4 régions

Région	2000	2005	2010	2015	2020	2025
n	0	5	10	15	20	25
Nord	37,0	35,5	34,0	32,5	31,0	29,5
Sud	31,5	32,3	33,0	33,8	34,5	35,3
Est	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5
Ouest	10,5	10,8	11,0	11,3	11,5	11,8
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

# Méthode du Ratio : Exemple (2) *Rowland D.T.*

Répartition projetée de la population totale dans chacune des 4 régions

Région	2000	2005	2010	2015	2020	2025
n	0	5	10	15	20	25
Nord	37,0	$\times 35,5 / 100$	34,0	32,5	31,0	29,5
Sud	31,5	$\times 32,3 / 100$	33,0	33,8	34,5	35,3
Est	21,0	$\times 21,5 / 100$	22,0	22,5	23,0	23,5
Ouest	10,5	$\times 10,8 / 100$	11,0	11,3	11,5	11,8
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Population projetée

Région	2000	2005	2010	2015	2020	2025
n	0	5	10	15	20	25
Nord	370 000	391 949	414 458	437 407	460 644	483 979
Sud	315 000	356 066	402 268	454 231	512 652	578 314
Est	210 000	237 377	268 179	302 820	341 768	385 542
Ouest	105 000	118 689	134 089	151 410	170 884	192 771
Total	1 000 000	1 104 081	1 218 994	1 345 868	1 485 947	1 640 606

Croissance géométrique :  $r = 2\%$

# Enquêtes de Caractère Sociologique (1)

---

- Exemple : Chefs de ménage
- Données du recensement générale, enquête ad-hoc
- Calcul des proportions de chefs de ménage par sexe dans des groupes d'âge
- Estimation du nombre de ménages et de la taille moyenne des ménages en utilisant les proportions comme multiplicateurs

# Enquêtes de Caractère Sociologique (2)

- Proportion des chefs de ménage de sexe «  $s$  » et d'âge «  $a$  » au recensement au temps  $t$

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

← Nombre de chefs de ménage,  $s, a, t$   
← Population,  $s, a, t$

- Hypothèse :  $HR_{s,a,t} = HR_{s,a,t+n}$
- Nombre estimé de ménages :  $H_{s,a,t+n} = HR_{s,a,t} \times P_{s,a,t+n}$
- Taille moyenne du ménage :  $AHS_{t+n} = \frac{P_{t+n}}{\sum_a \sum_s H_{s,a,t+n}}$

# Modèle Matriciel

---

- Utilise l'écriture matricielle pour
  - ✓ Représenter une structure de population
  - ✓ Son évolution
- Puissance de l'écriture et du calcul matriciel
- Pour décrire les processus de dispersion des individus, interaction entre dispersion et démographie  $\Rightarrow$  modèle multirégionaux (métapopulation)

# Modèle Matriciel : Exemple *Rowland D.T.*

- Population fermée divisée en 3 régions

Population 2000			X	Matrice de transitions				
A	B	C		Origine (2000)	Destination (2010)			Total
				A	B	C		
150	120	120		A	0,6667	0,2000	0,1333	1,000
				B	0,0417	0,7500	0,2083	1,000
				C	0,2083	0,0833	0,7038	1,000

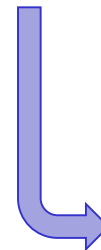
## Projection Région A

$$150 \times 0,6667 = 100$$

$$120 \times 0,0417 = 5$$

$$120 \times 0,2083 = 25$$

$$\text{Pop. 2010} = 130$$



## Population 2010

A	B	C
130	130	130

# Modélisation Statistique

---

- Modèle de régression pour expliquer l'évolution de la population
- Sur données récentes
- Variables prédictives
  - ✓ Fonction des données disponibles
  - ✓ Pas toujours disponibles au même niveau d'unité d'analyse statistique
- Puis, utiliser les coefficients des paramètres estimés par ce modèle pour faire de la projection



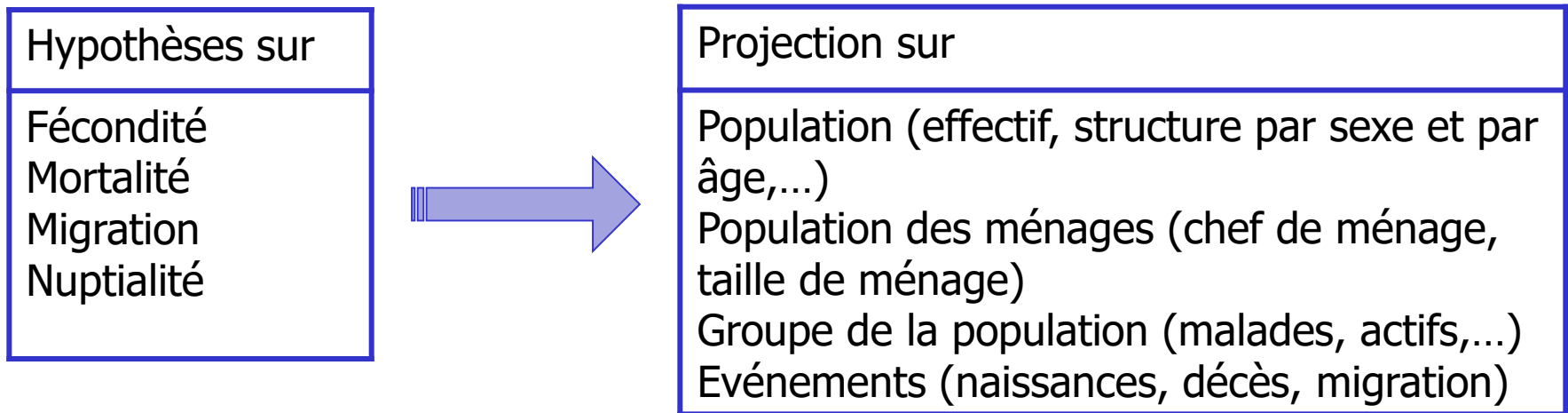
# Différentes Approches Méthodologiques

---

- Mathématique
  - ✓ Valeur à prévoir fonction du temps
- Composants
  - ✓ Valeur à prévoir résulte des changements de tous ses composants
- Statistique / Causale
  - ✓ Valeur à prévoir correspond à la variable dépendante dans un modèle de régression qui lie cette valeur avec les valeurs de ses déterminants

# Type de Projections et Hypothèses

- Selon le nombre de variables
  - ✓ Une seule variable
  - ✓ Plusieurs variables
- Selon le nombre d'hypothèses variant
  - ✓ Différents scénarii



# Choix des Hypothèses

---

- Analogie historique
- Tendances observées (extrapolations)
- Scénarii spécifiques à des caractéristiques (fécondité, natalité,...)
- Selon la finalité (croissance de la fécondité due à la politique familiale,...)
- Littérature scientifique
- Opinions des experts

# Sources

---

- Rowland D.T. Demographics methods and concepts. Oxford University press. 2003.
- Preston S.H. et col. Demography, measuring and modeling population processes. Blackwell publishing. 2000.
- Avdeev A. Introduction en analyse démographique <http://dmo.econ.msu.ru/Teaching/Proj/> (Février 2013).