

# Mise en œuvre de la microsimulation : l'exemple du modèle de projections d'effectifs de médecins

**Journées de Méthodologie Statistique**

**24 mars 2009**

Ketty Attal-Toubert - Mélanie Vanderschelden  
*DREES - Bureau des Professions de Santé*

# Contexte

- 2007 : refonte du modèle de projections d'effectifs de médecins élaboré en 1999 par l'Ined et la Drees
- Méthodes employées :
  - modélisation agrégée pour les études médicales
  - microsimulation pour le déroulement de la carrière
- Objectifs du nouveau modèle :
  - Effectifs projetés de médecins par sexe, âge, spécialité, région, mode et zone d'exercice de 2007 à 2030 (et résultats intermédiaires)
  - Prise en compte de la diversité des comportements
  - Simulation de différents scénarios

# Choix de la méthode

- Microsimulation : simulation du devenir d'une population au niveau individuel (par tirages aléatoires)
- Pourquoi avoir choisi la microsimulation?
  - Pour obtenir des résultats détaillés
  - Pour tenir compte au mieux de la variabilité des comportements
  - Par souci de confort, pour la « simplicité » des calculs
  - Pour la souplesse
  - Du fait de la disponibilité des données et des moyens informatiques

# Principe de la microsimulation

*Exemple de la simulation du départ à la retraite*

| <b>N° médecin</b> | <b>Sexe</b> | <b>Généraliste/<br/>Spécialiste</b> | <b>Probabilité<br/>estimée</b> | <b>Aléa</b> | <b>Résultat</b> |
|-------------------|-------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------|-----------------|
| 1                 | Homme       | Généraliste                         | 0,11                           | 0,09        | O               |
| 2                 | Homme       | Généraliste                         | 0,11                           | 0,45        | N               |
| 3                 | Homme       | Généraliste                         | 0,11                           | 0,96        | N               |
| 4                 | Homme       | Spécialiste                         | 0,15                           | 0,25        | N               |
| 5                 | Homme       | Spécialiste                         | 0,15                           | 0,74        | N               |
| 6                 | Homme       | Spécialiste                         | 0,15                           | 0,03        | O               |
| 7                 | Femme       | Généraliste                         | 0,25                           | 0,83        | N               |
| 8                 | Femme       | Généraliste                         | 0,25                           | 0,21        | O               |
| 9                 | Femme       | Généraliste                         | 0,25                           | 0,12        | O               |
| 10                | Femme       | Spécialiste                         | 0,18                           | 0,45        | N               |

# Principe de la microsimulation

*Exemple de la simulation du départ à la retraite*

AVANT

| N°médecin | Sexe  | Généraliste/<br>Spécialiste |
|-----------|-------|-----------------------------|
| 1         | Homme | Généraliste                 |
| 2         | Homme | Généraliste                 |
| 3         | Homme | Généraliste                 |
| 4         | Homme | Spécialiste                 |
| 5         | Homme | Spécialiste                 |
| 6         | Homme | Spécialiste                 |
| 7         | Femme | Généraliste                 |
| 8         | Femme | Généraliste                 |
| 9         | Femme | Généraliste                 |
| 10        | Femme | Spécialiste                 |

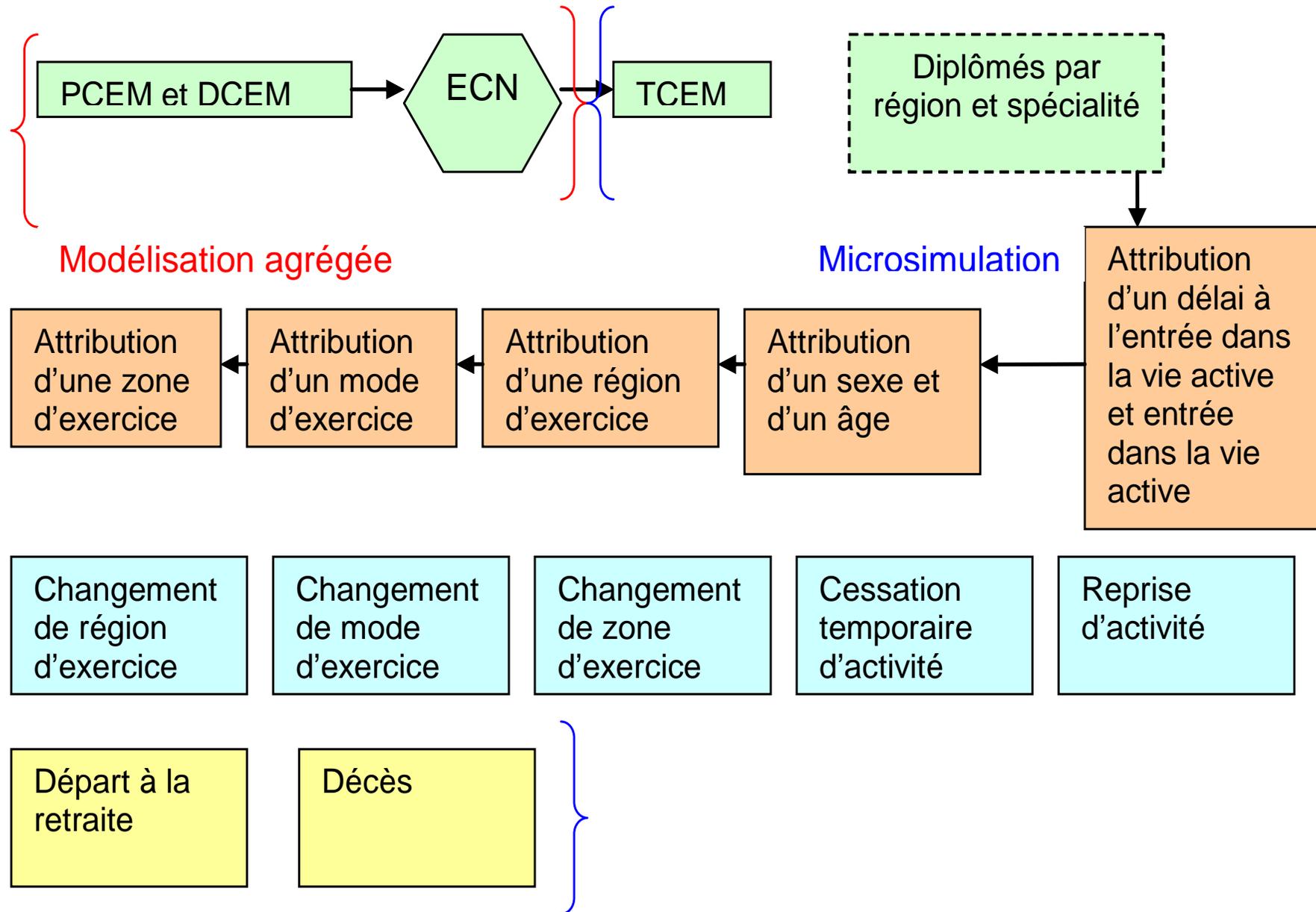
APRES

| N°médecin | Sexe  | Généraliste/<br>Spécialiste |
|-----------|-------|-----------------------------|
| 2         | Homme | Généraliste                 |
| 3         | Homme | Généraliste                 |
| 4         | Homme | Spécialiste                 |
| 5         | Homme | Spécialiste                 |
| 7         | Femme | Généraliste                 |
| 10        | Femme | Spécialiste                 |

# Le choix des événements à modéliser

- Etape préalable : recensement des événements ayant un impact sur la taille et la composition de la population
- Le choix est contraint par :
  - la disponibilité des données
  - la nécessaire parcimonie (pour limiter la complexité, les temps de calculs, le « bruit »)
  - les besoins de l'utilisateur en matière de simulation
  - le « poids » de certains événements, mêmes « rares »  
cf. l'exemple de la mobilité géographique
- Question « subsidiaire » : l'ordre des événements
  - cohérence nécessaire entre cet ordre et les champs retenus pour le calcul des probabilités
  - ordre a priori (seulement) anodin

# Schéma d'ensemble du modèle

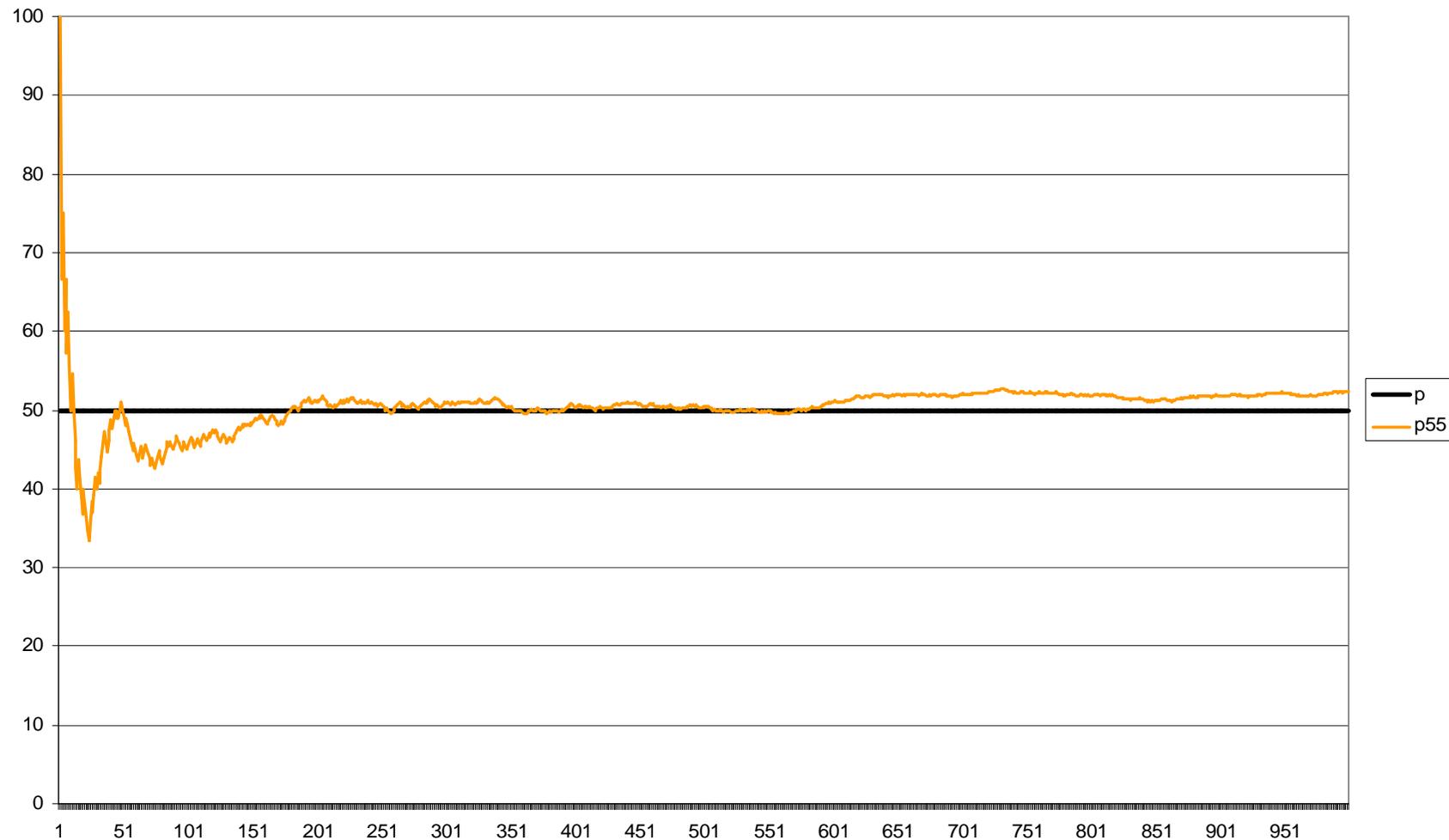


# Le choix des critères pour le calcul des probabilités

- Objectif :
  - les probabilités diffèrent selon les caractéristiques des individus
  - estimer des probabilités pour chaque « strate » d'individus (constituées notamment à l'aide de la régression)
- Éléments à prendre en compte pour la sélection des critères :
  - corrélation avec la probabilité de réalisation de l'événement
  - stabilité des probabilités observées
  - taille des strates constituées
  - intérêt par rapport aux résultats attendus

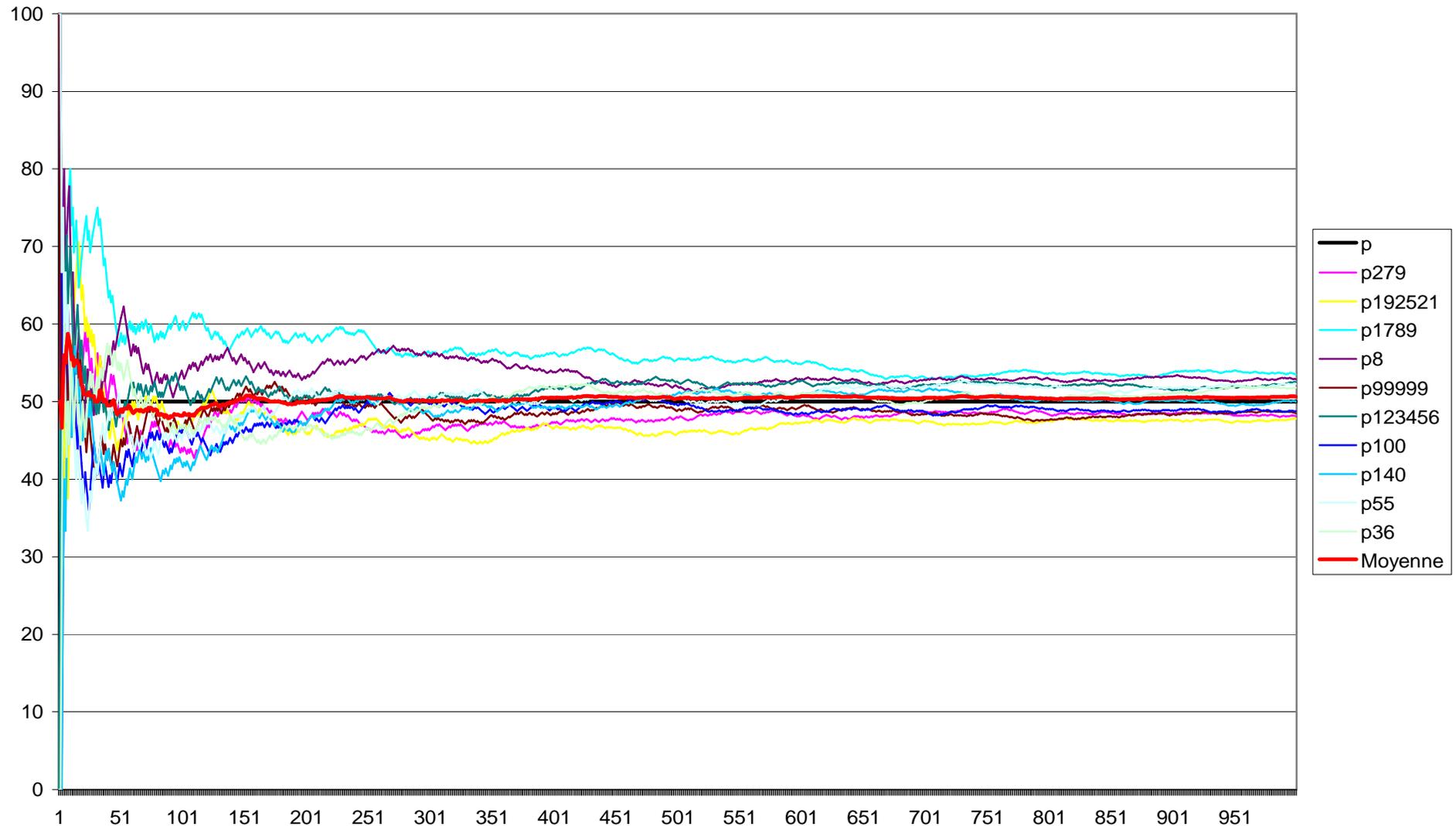
# Le choix des critères pour le calcul des probabilités

Proportions effectives obtenues à l'issue d'un tirage uniforme (racine 55)  
avec une probabilité de 50 %, sur des échantillons de taille 1 à 1000.



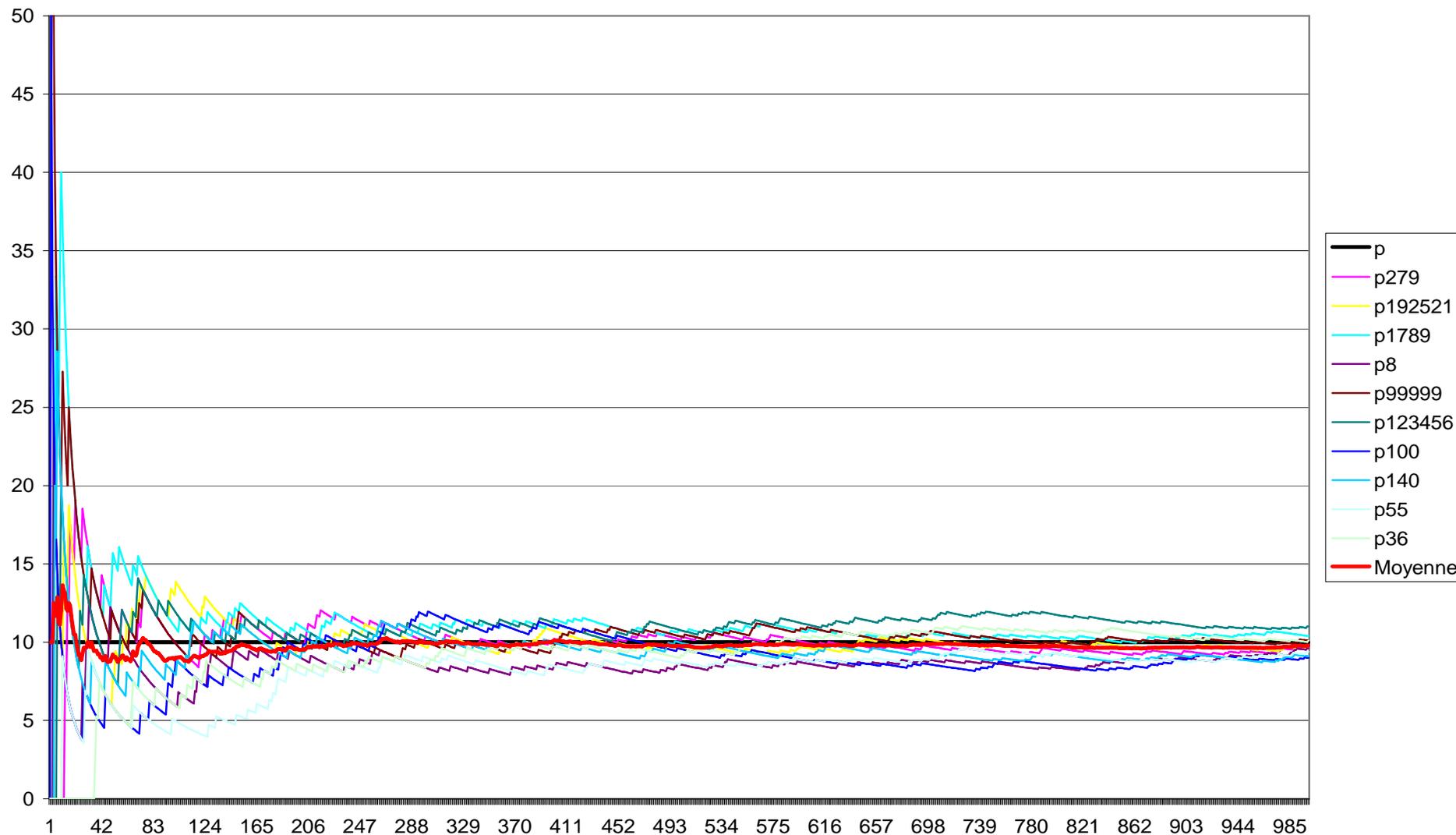
# Le choix des critères pour le calcul des probabilités

Proportions effectives obtenues à l'issue d'un tirage uniforme (10 racines différentes)  
avec une probabilité de 50 %, sur des échantillons de taille 1 à 1000.



# Le choix des critères pour le calcul des probabilités

Proportions effectives obtenues à l'issue d'un tirage uniforme (10 racines différentes)  
avec une probabilité de 10 %, sur des échantillons de taille 1 à 1000.





# Le traitement des événements « rares »

- Tirages aléatoires :
  - Méthode 1 : sélectionner les individus pour lesquels  $alea < p$
  - Méthode 2 : sélectionner  $n = pN$  individusTendance à la sous-estimation des effectifs avec la méthode 2, notamment du fait des arrondis

Exemple : abandons après le TCEM 1 (1 à 2 % - effectif cible 128)

Méthode 1 : 119 étudiants sélectionnés

Méthode 2 : 109 étudiants sélectionnés

- Décomposition en deux événements moins rares

Exemple : changement de région

- 1- Sélection des médecins changeant de région d'exercice
- 2- Attribution d'une nouvelle région d'exercice aux médecins changeant de région

# Le traitement des événements « rares »

Probabilités de quitter la région A pour la région B (en %) :

| Région de départ | Région d'arrivée |                 |           |          |                 |           |          |
|------------------|------------------|-----------------|-----------|----------|-----------------|-----------|----------|
|                  | Alsace           | Antilles-Guyane | Aquitaine | Auvergne | Basse-Normandie | Bourgogne | Bretagne |
| Alsace           | 98,69            | 0,03            | 0,06      | 0,03     | 0,02            | 0,03      | 0,01     |
| Antilles-Guyane  | 0,05             | 95,89           | 0,41      | 0,05     | 0,05            | 0,08      | 0,14     |
| Aquitaine        | 0,02             | 0,07            | 98,82     | 0,01     | 0,01            | 0,01      | 0,05     |
| Auvergne         | 0,03             | 0,10            | 0,11      | 98,07    | 0,05            | 0,08      | 0,07     |
| Basse-Normandie  | 0,01             | 0,02            | 0,09      | 0,01     | 98,24           | 0,03      | 0,23     |
| Bourgogne        | 0,04             | 0,07            | 0,04      | 0,15     | 0,02            | 98,07     | 0,04     |
| Bretagne         | 0,03             | 0,06            | 0,04      | 0,00     | 0,07            | 0,03      | 98,87    |

Probabilités de changer de région (selon la région de départ) :

1 à 2 % (max : 5,3 %)

Probabilités de rejoindre la région B pour les partants (selon la région de départ) (en %) :

| Région de départ | Région d'arrivée |                 |           |          |                 |           |          |
|------------------|------------------|-----------------|-----------|----------|-----------------|-----------|----------|
|                  | Alsace           | Antilles-Guyane | Aquitaine | Auvergne | Basse-Normandie | Bourgogne | Bretagne |
| Alsace           |                  | 2,59            | 4,75      | 2,67     | 1,71            | 2,11      | 0,86     |
| Antilles-Guyane  | 1,00             |                 | 9,93      | 1,10     | 1,05            | 1,83      | 3,45     |
| Aquitaine        | 1,93             | 6,06            |           | 1,10     | 0,83            | 0,54      | 4,11     |
| Auvergne         | 1,30             | 5,01            | 5,96      |          | 2,66            | 4,21      | 3,41     |
| Basse-Normandie  | 0,56             | 1,02            | 4,70      | 0,56     |                 | 1,59      | 13,05    |
| Bourgogne        | 2,40             | 3,40            | 1,96      | 7,83     | 0,75            |           | 2,30     |
| Bretagne         | 2,31             | 5,36            | 3,95      | 0,32     | 6,35            | 3,04      |          |

## Le traitement des événements « rares »

- La décomposition en 2 événements s'avère souvent moins « efficace » pour le changement de région :
  - 2 tirages  $\Rightarrow$  plus d'aléa
  - deuxième tirage effectué dans des strates assez petitesMais les soldes migratoires sont proches des soldes-cibles

- Cependant :
  - elle permet de prendre en compte davantage de critères et/ou différents critères pour l'estimation des deux jeux de probabilités
- L'intérêt de la décomposition est à étudier au cas par cas

# La gestion des effets de l'aléa

- Tirage aléatoire : résultats “aléatoires”, plus “réalistes”
- En moyenne, les probabilités obtenues sont proches des probabilités-cibles

Exemple : Proportion d'étudiants redoublant leur deuxième année de PCEM

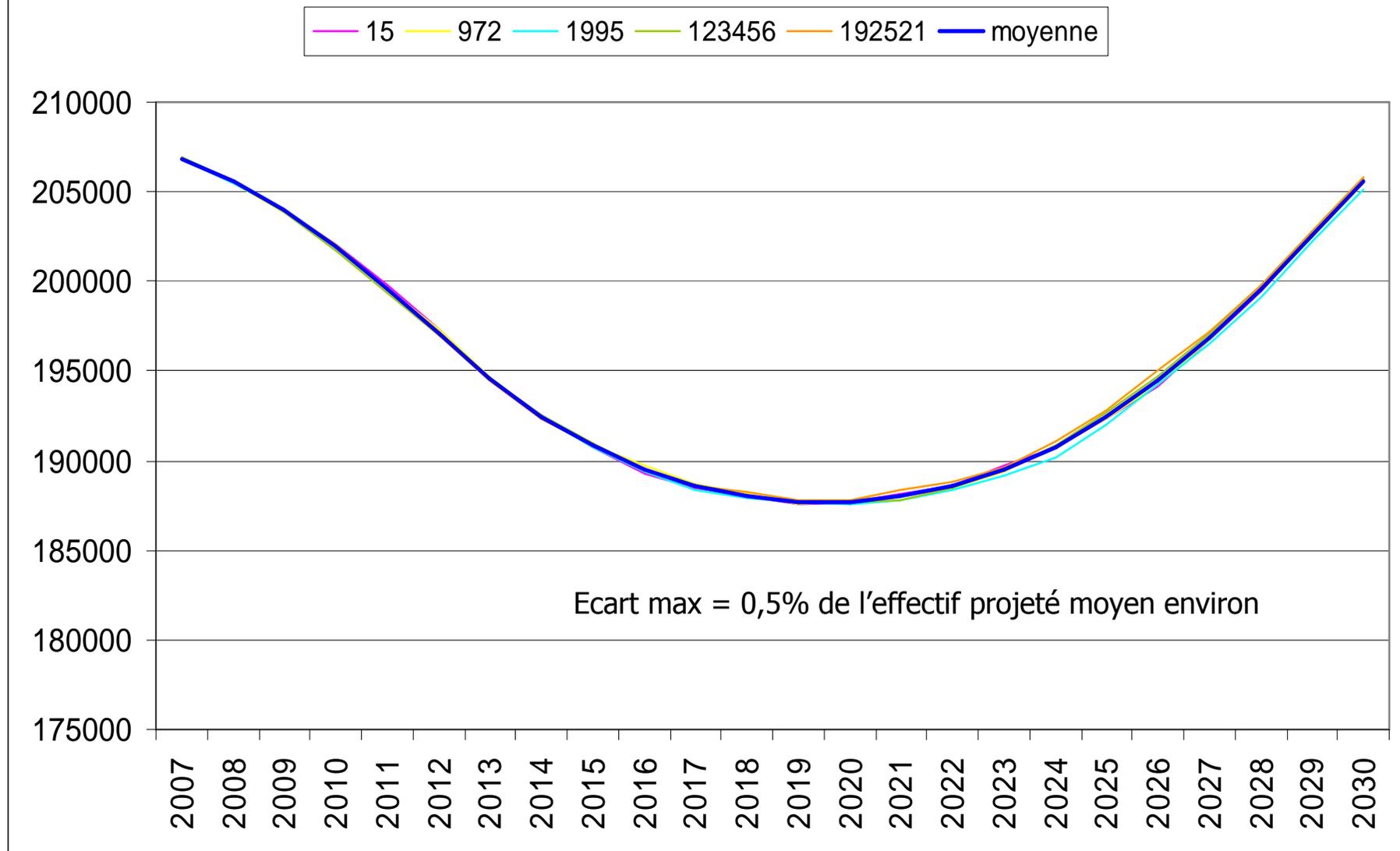
| Région            | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | ... | Moyenne des proportions obtenues de 2008 à 2030 | Probabilité-cible |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|---|-------------------|
| Alsace            | 3,9  | 5,8  | 5,9  | 3,9  | 4,4  | 1,9  | 3,6  | 6,9  | ... | 4,9   | 4,5               |
| Aquitaine         | 3,1  | 4,8  | 6,5  | 5,8  | 6,8  | 5,0  | 4,9  | 4,7  | ... | 5,4   | 5,0               |
| Auvergne          | 1,8  | 3,0  | 4,2  | 2,9  | 2,4  | 2,4  | 2,5  | 2,9  | ... | 2,9   | 2,5               |
| Basse-Normandie   | 1,3  | 0,6  | 2,5  | 1,8  | 1,9  | 3,1  | 0,0  | 1,9  | ... | 1,4   | 1,4               |
| Bourgogne         | 0,5  | 3,8  | 1,6  | 3,4  | 1,6  | 2,2  | 4,3  | 2,2  | ... | 2,7   | 2,5               |
| Bretagne          | 3,5  | 3,7  | 1,9  | 1,0  | 1,0  | 2,2  | 3,9  | 3,0  | ... | 2,0   | 2,1               |
| Centre            | 2,8  | 2,4  | 3,7  | 1,8  | 3,7  | 4,7  | 3,0  | 3,6  | ... | 3,6   | 3,6               |
| Champagne-Ardenne | 7,9  | 6,3  | 10,2 | 8,4  | 6,7  | 6,7  | 9,8  | 5,3  | ... | 7,8   | 7,5               |
| Franche-Comté     | 7,0  | 9,9  | 3,6  | 11,3 | 6,1  | 6,6  | 6,2  | 5,7  | ... | 7,1   | 6,9               |
| Haute-Normandie   | 2,6  | 3,5  | 2,5  | 3,1  | 2,5  | 1,5  | 3,1  | 4,0  | ... | 3,4   | 3,2               |
| Ile-de-France     | 3,0  | 3,2  | 3,1  | 2,6  | 3,4  | 3,9  | 3,7  | 3,1  | ... | 3,2   | 3,1               |

# La gestion des effets de l'aléa

- Le choix d'une racine positive peut poser problème si :
  - Les critères retenus pour le calcul des probabilités sont les mêmes pour deux événements successifs  
Exemple : Changement de région et changement de mode  
Avec la même racine : 90 % des individus sélectionnés pour changer de région le sont aussi pour changer de mode lorsque la population ne change pas (probabilité : 15 %) [Avec deux racines : 1,4 %]
  - La population ne change pas (ou change peu) entre deux années consécutives  
Exemple : Avec la même racine : 100 % des individus sélectionnés pour changer de région en  $n$  le sont aussi en  $n+1$  lorsque la population ne change pas [Avec deux racines : 3 %]
- Une simulation = nombre d'itérations à déterminer (5)
- Racine pour un tirage donné :  $eve + an + racine$

# La gestion des effets de l'aléa

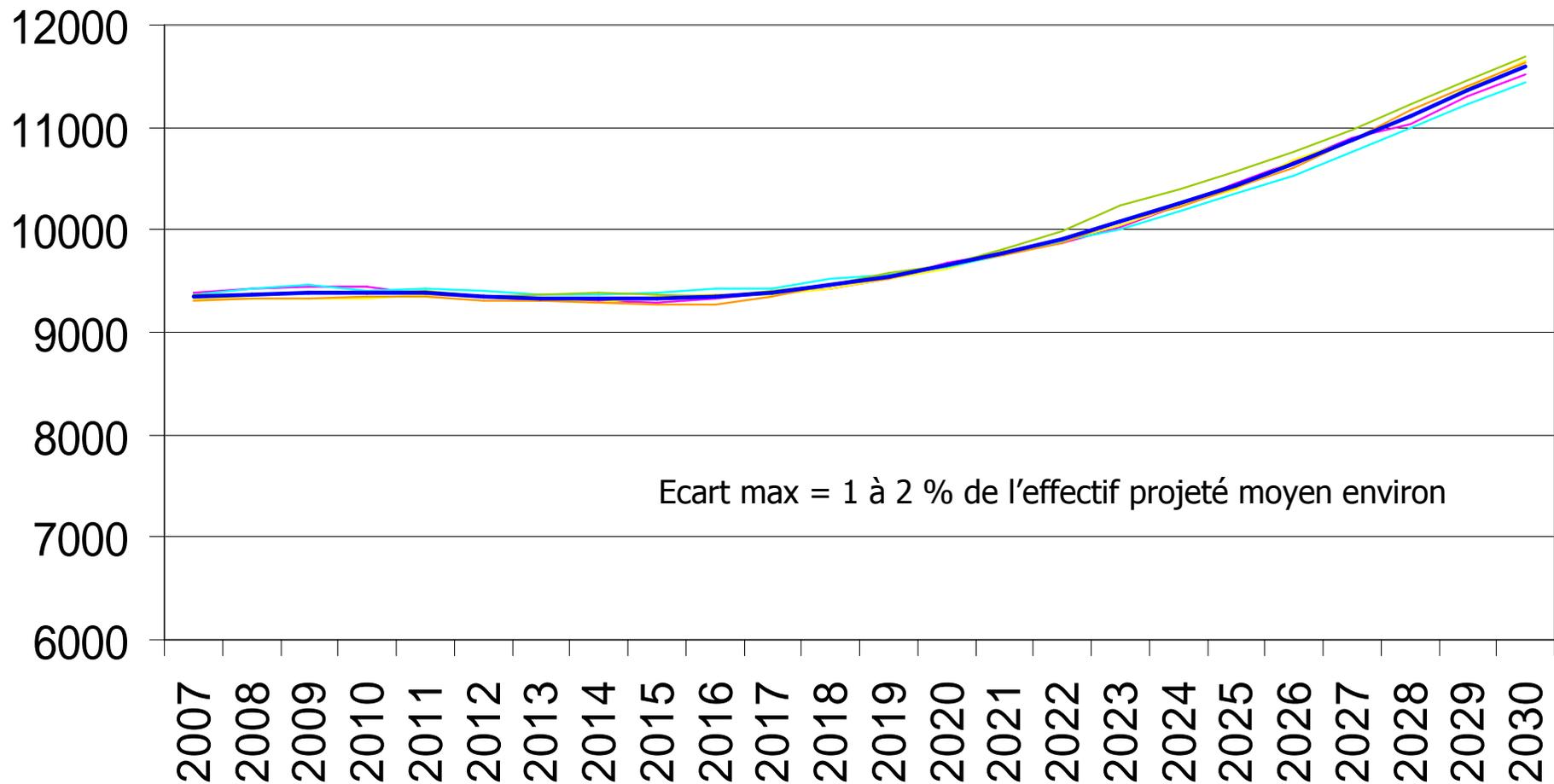
## Effectifs projetés de médecins actifs de 2007 à 2030



# La gestion des effets de l'aléa

Effectifs projetés de médecins actifs en Bretagne de 2007 à 2030

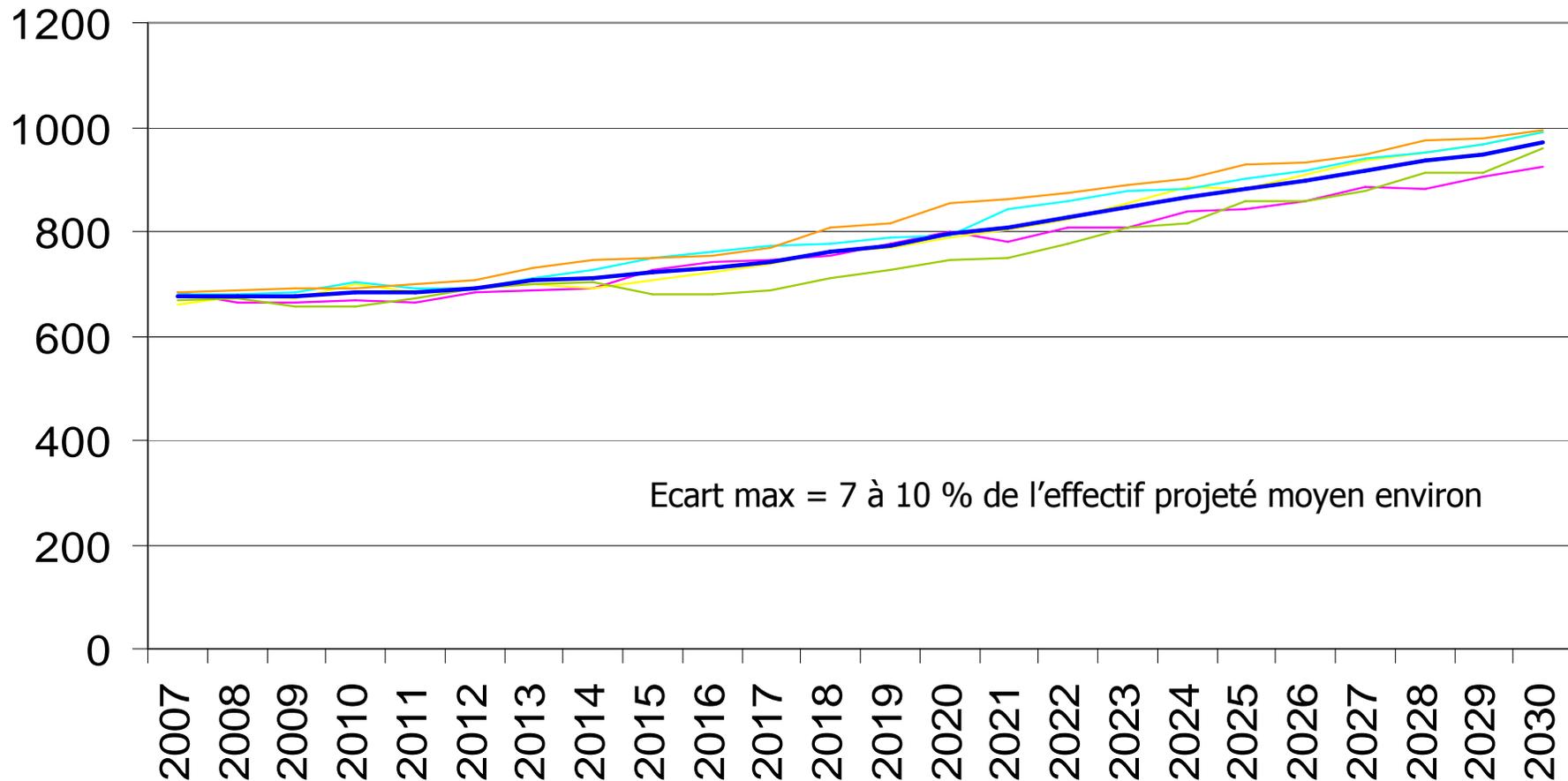
— 15 — 972 — 1995 — 123456 — 192521 — moyenne



# La gestion des effets de l'aléa

**Effectifs projetés de médecins hospitaliers dans le Limousin de 2007 à 2030**

— 15 — 972 — 1995 — 123456 — 192521 — moyenne



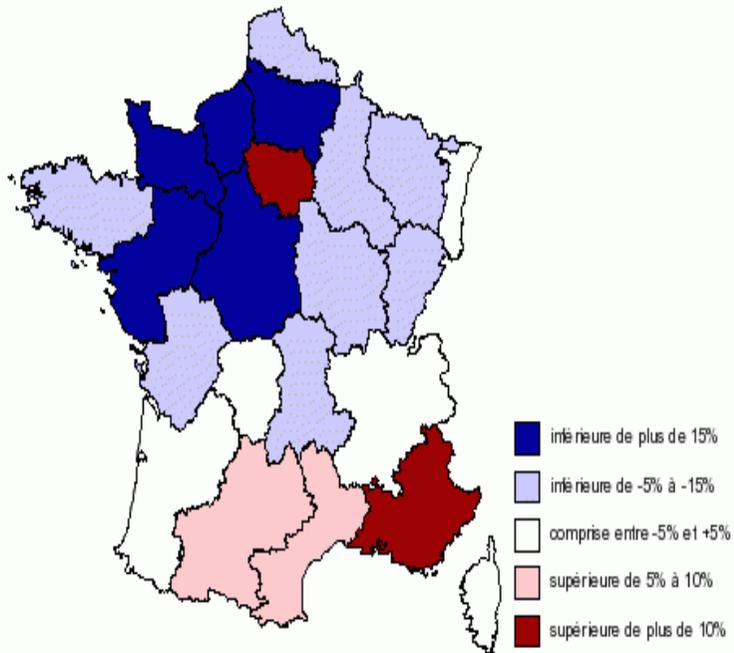
# Le choix des hypothèses et ses conséquences

- Hypothèse principale : comportements constants
  - Comportements des médecins
  - Décisions politiques en matière de régulation
- Choix motivé par :
  - la neutralité de cette hypothèse
  - l'objectif des projections, qui n'est pas de prévoir
- Mais :
  - ne correspond pas au scénario le plus probable
  - n'est pas la seule hypothèse possible
  - difficultés pour l'interprétation et la compréhension (cf. exemple des appels d'air)
- Avantages :
  - “simplicité” de l'estimation des probabilités
  - simulation des changements de comportements facilitée

# Le choix des hypothèses et ses conséquences

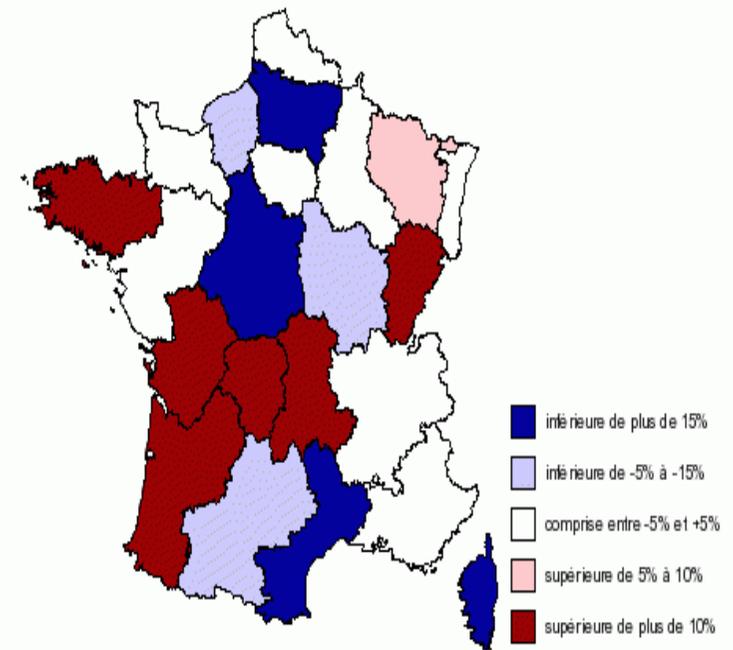
Densité de médecins en 2006

Par rapport à la moyenne France métropolitaine



Densité de médecins en 2030

Par rapport à la moyenne France métropolitaine



# Conclusion

- La microsimulation est un outil intéressant
  - utile pour des modèles complexes et des modèles plus simples (confort)
  - sa mise en œuvre ne pose pas de problème technique majeur
- Mais il faut prêter attention :
  - aux effets de l'aléa, notamment sur les résultats "fins"
  - à la simulation des événements "rares"
  - au compromis à réaliser quant aux choix des événements modélisés et des critères pour l'estimation des probabilités
  - au choix des hypothèses et à l'interprétation des résultats qui en découlent