



Risque de longévité : la référence à la tendance de la population nationale est-elle justifiée ?

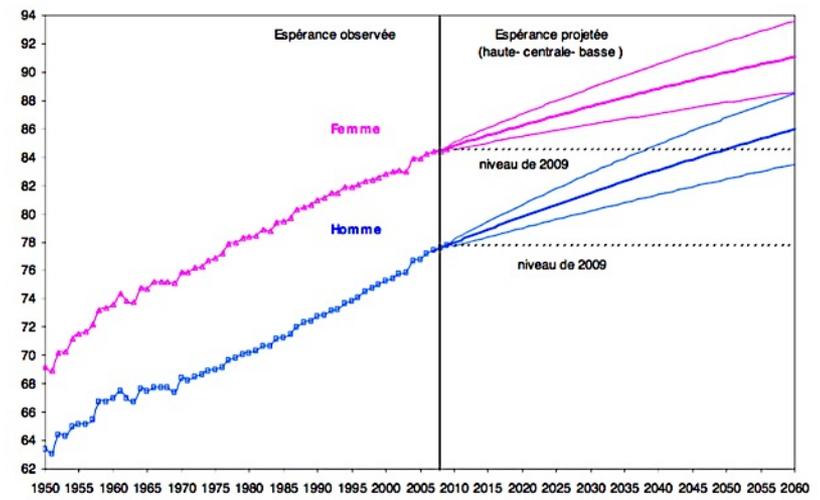
Sommaire

- 1. La tendance de longévité de la population nationale**
- 2. Ecart de tendance avec la population « assurés » : quels enjeux ?**
- 3. La population « assurés » étudiée et construite**
- 4. A l'appui de quels modèles ?**
- 5. Les résultats**
- 6. Conclusion**

La tendance de longévité de la population nationale 1/2

La longévité, vue par l'INSEE (projections 2011)

- Environ 3 mois par an de gain d'espérance de vie à la naissance.
- De l'ordre de 85 et 91 ans d'espérance de vie à la naissance respectivement pour les hommes et les femmes en 2060.
- Progression attendue en dent de scie : 2015 signe d'une espérance de vie en baisse.
- Des inégalités avérées.



Espérance de vie à la naissance, observée, projetée
(INSEE – projections 2011)

La tendance de longévité de la population nationale 2/2

Mais la longévité c'est aussi...

Sangeeta Bhatia

This tiny particle could roam your body to find tumors

10:43 • Posted mai 2016

On a trouvé la clé pour
activer le gène de la
longévité

Par Diane Mottez

La metformine lutte contre le vieillissement. Son rôle dans le bloc métabolique.

**Sport de haut niveau et longévité vont-ils
de pair ?**

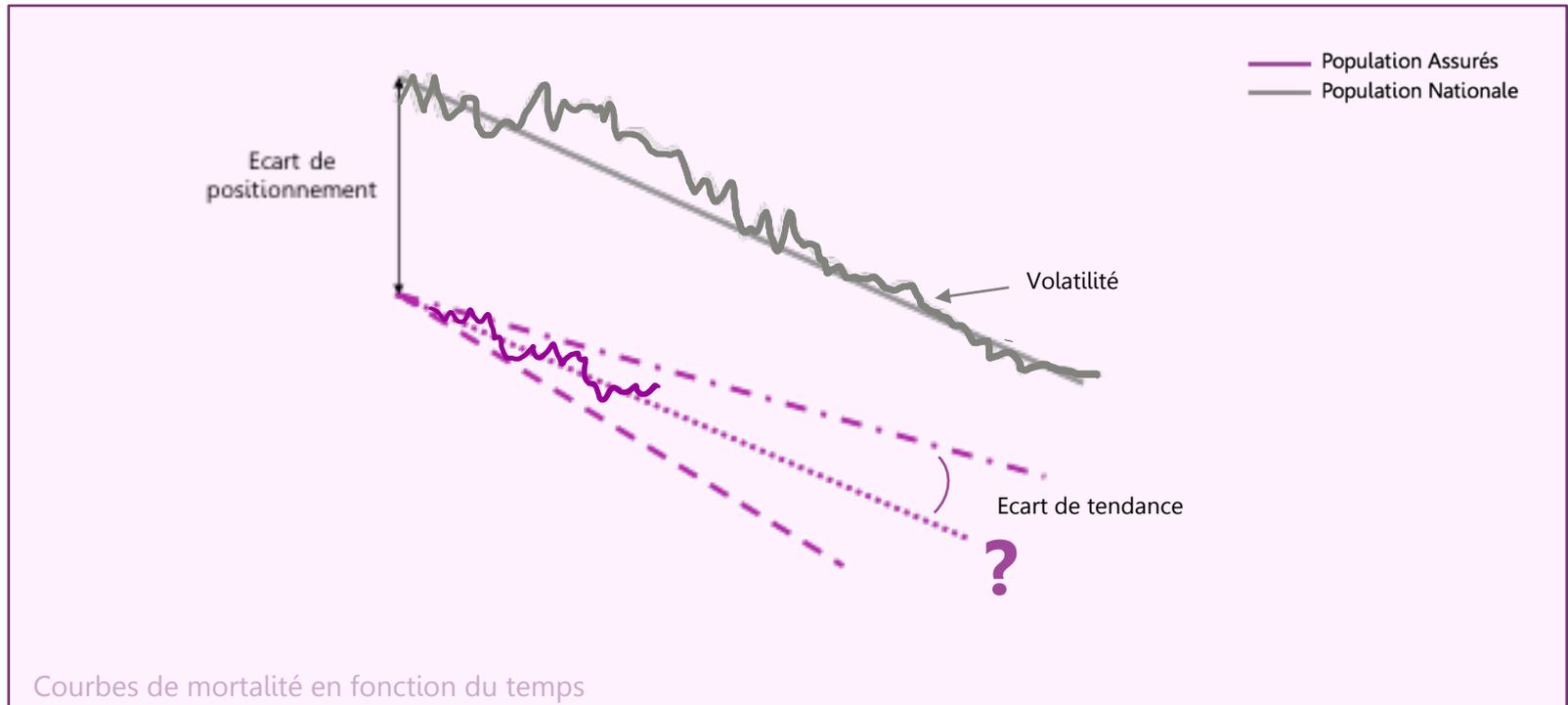
ESPÉRANCE de VIE: Les bons gènes oui, mais avec le bon mode de vie

Actualité publiée il y a 8h41mn

Oncotarget

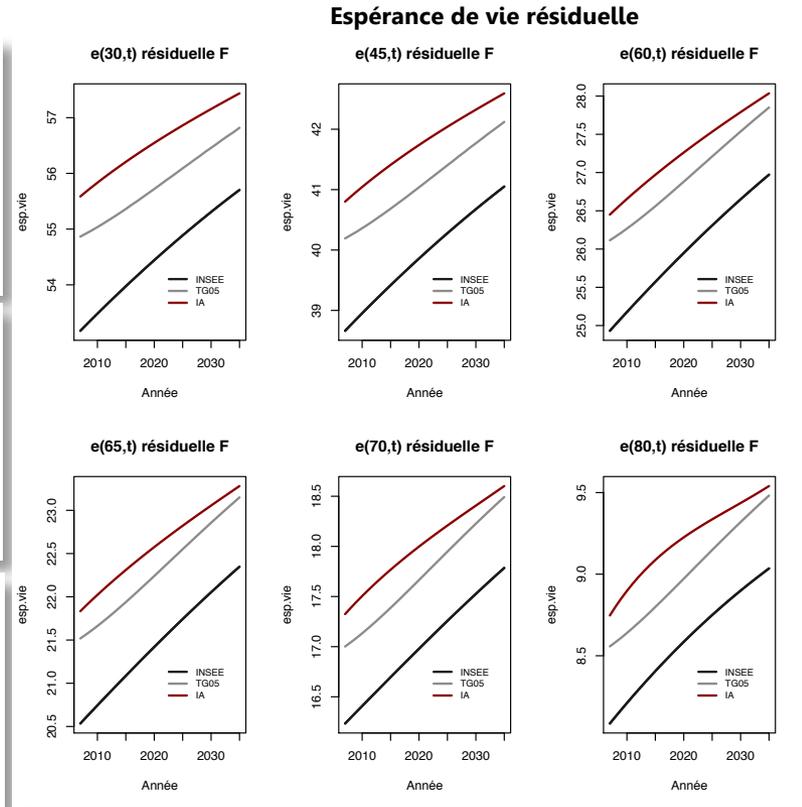
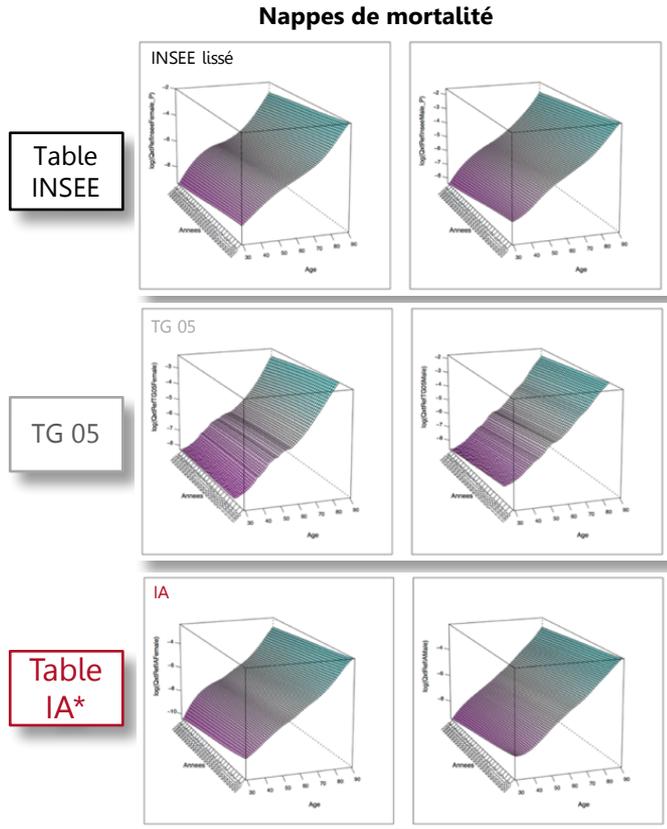
**Décès de la doyenne de
l'humanité à l'âge de 116 ans**

Quelle tendance de longévité de la population « assurés » ?



Ecart de tendance avec la population « assurés » : quels enjeux ?

- **Omniprésence de la tendance de la population nationale**
- **Provisionnement Solvabilité 1 : mortalité surévaluée ?**
- **Provisionnement Solvabilité 2 : l'approche « Best Estimate »**



La référence à la tendance de la population nationale est-elle justifiée ?

- **Construction du portefeuille « assurés »**
- **Modélisation de la tendance propre**
- **Comparaison des tendances**

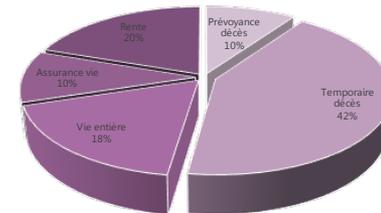
La population « assurés » étudiée

Un échantillon significatif de données décès de place

- Base de données anonymisée GT « Mortalité » de l'IA
- 15 organismes des 3 fédérations (SA, IP, Mutuelles)
- Période couverte : 1952 - 2011
- 7 711 110 lignes post retraitement
- 56% de données Hommes

- 70% de garantie décès
- 89% de non sélection
- 60 à 70% de contrats facultatifs

Répartition des lignes par nature de garantie



Hommes							
Organisme	Date début observation organisme	Date fin observation organisme	Moyenne age entrée	Moyenne age sortie	Moyenne durée exposition	Moyenne âge décès	Nombre de lignes
1	01/01/1952	31/12/2011	33,23	41,67	8,44	57,65	53 473
	01/01/1967	31/12/2011	32,55	37,55	5,00	54,31	326 436
	01/01/1998	31/12/2011	68,11	79,73	11,62	83,56	846
	01/01/2009	31/12/2011	75,75	78,45	2,70	83,22	6 676
2	01/01/2004	31/12/2011	70,47	77,11	6,64	82,55	1 746
	01/01/2007	31/12/2011	65,99	69,80	3,81	72,06	1 815
	01/01/2008	31/12/2011	61,33	65,32	4,00	-	18
3	01/01/2000	31/12/2010	35,67	41,50	5,83	69,68	40 654
4	01/01/1999	31/12/2011	35,76	42,05	6,30	53,11	135 137
5	01/01/2006	31/12/2011	36,60	39,11	2,51	59,07	13 407
6	01/01/2001	31/12/2010	46,91	53,80	6,89	82,27	563 826
7	01/01/1997	31/12/2011	58,62	70,35	11,73	69,94	231 221
	01/01/2004	31/12/2011	68,98	75,59	6,61	82,08	5 379
8	01/01/1990	13/04/2011	58,47	71,78	13,31	77,50	184 475
	01/01/2005	13/04/2011	68,05	73,94	5,89	74,66	7 118
9	26/12/1979	30/06/2011	37,79	43,42	5,63	51,08	5 450
	01/12/1989	30/06/2011	45,17	53,09	7,92	54,68	766
	01/06/1994	30/06/2011	40,26	43,48	3,22	47,06	1 408
10	01/01/1998	30/06/2011	41,61	49,37	7,76	71,55	654 321
	31/12/1998	31/12/2011	57,44	68,45	11,01	77,56	34 928
11	01/01/2009	30/06/2011	37,96	39,89	1,93	58,03	402 111
12	01/01/2000	31/12/2011	35,98	40,63	4,64	54,92	570 141
13	01/01/1989	31/12/2011	32,02	35,44	3,42	48,42	380 550
	01/01/2008	31/12/2011	39,17	41,30	2,13	62,24	143 287
14	01/07/2000	31/12/2011	39,51	45,94	6,43	70,46	417 063
15	01/01/2000	31/12/2011	44,29	51,62	7,33	70,59	122 701
Total	min 1952	max 2011	41,03	47,19	6,15	65,11	4 304 953

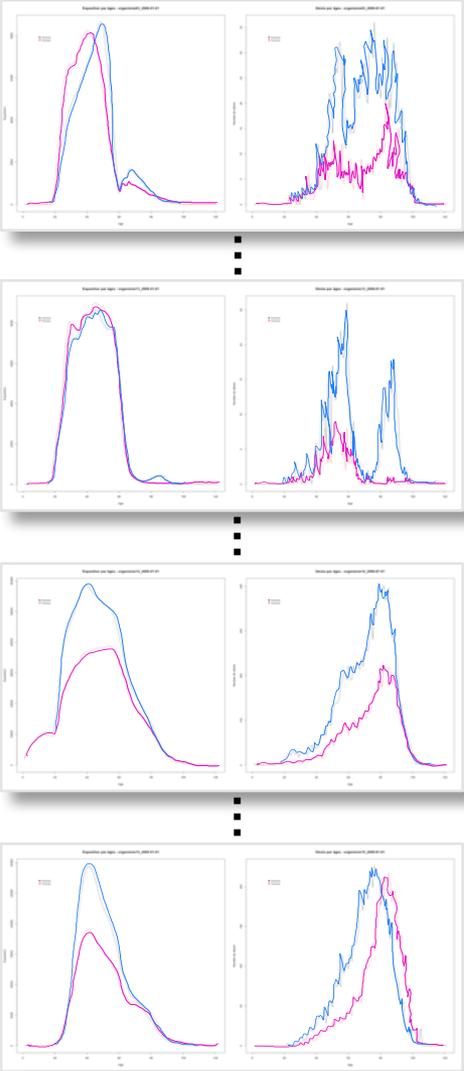
Femmes							
Organisme	Date début observation organisme	Date fin observation organisme	Moyenne age entrée	Moyenne age sortie	Moyenne durée exposition	Moyenne âge décès	Nombre de lignes
1	01/01/1952	31/12/2011	34,57	41,05	6,48	54,99	12 960
	01/01/1967	31/12/2011	31,73	36,27	4,54	53,32	338 502
	01/01/1998	31/12/2011	67,37	79,04	11,67	83,16	743
	01/01/2009	31/12/2011	75,83	78,61	2,77	85,98	7 996
2	01/01/2004	31/12/2011	71,13	76,97	5,85	86,89	807
	01/01/2007	31/12/2011	65,78	69,68	3,90	70,91	385
	01/01/2008	31/12/2011	64,17	67,85	3,68	77,42	776
3	01/01/2000	31/12/2010	31,36	36,23	4,87	69,05	49 093
4	01/01/1999	31/12/2011	32,80	38,27	5,47	50,58	56 147
5	01/01/2006	31/12/2011	36,43	39,01	2,59	54,67	12 567
6	01/01/2001	31/12/2010	59,82	67,85	8,03	87,66	268 472
7	01/01/1997	31/12/2011	56,46	67,19	10,73	73,71	20 301
	01/01/2004	31/12/2011	73,07	79,50	6,43	87,92	4 831
8	01/01/1990	13/04/2011	64,52	76,90	12,38	85,96	13 961
	01/01/2005	13/04/2011	67,39	73,40	6,01	74,26	10 097
9	26/12/1979	30/06/2011	36,68	42,11	5,43	50,73	2 597
	01/12/1989	30/06/2011	45,11	52,99	7,88	51,07	549
	01/06/1994	30/06/2011	36,80	39,72	2,92	46,80	2 070
	01/01/1998	30/06/2011	41,54	48,72	7,18	73,47	603 856
10	31/12/1998	31/12/2011	58,00	69,60	11,60	78,61	29 759
11	01/01/2009	30/06/2011	37,99	39,91	1,92	59,28	352 269
12	01/01/2000	31/12/2011	33,91	37,80	3,89	55,72	292 899
13	01/01/1989	31/12/2011	30,17	35,25	5,08	46,37	766 741
	01/01/2008	31/12/2011	38,21	40,34	2,13	51,35	148 342
14	01/07/2000	31/12/2011	40,63	46,75	6,12	74,78	317 982
15	01/01/2000	31/12/2011	46,30	53,59	7,29	78,33	91 355
Total	min 1952	max 2011	38,53	43,88	5,35	62,32	3 406 057

➔ Gommer l'hétérogénéité tout en préservant une profondeur d'historique suffisante.

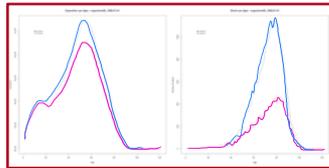
La population « assurés » étudiée et construite

Gommage de l'hétérogénéité et sauvegarde de la profondeur d'historique

Exposition et décès des 26 portefeuilles p
(organisme + période d'observation)



Portefeuille « 0 » de référence
Organisme 9 – 01/01/1998



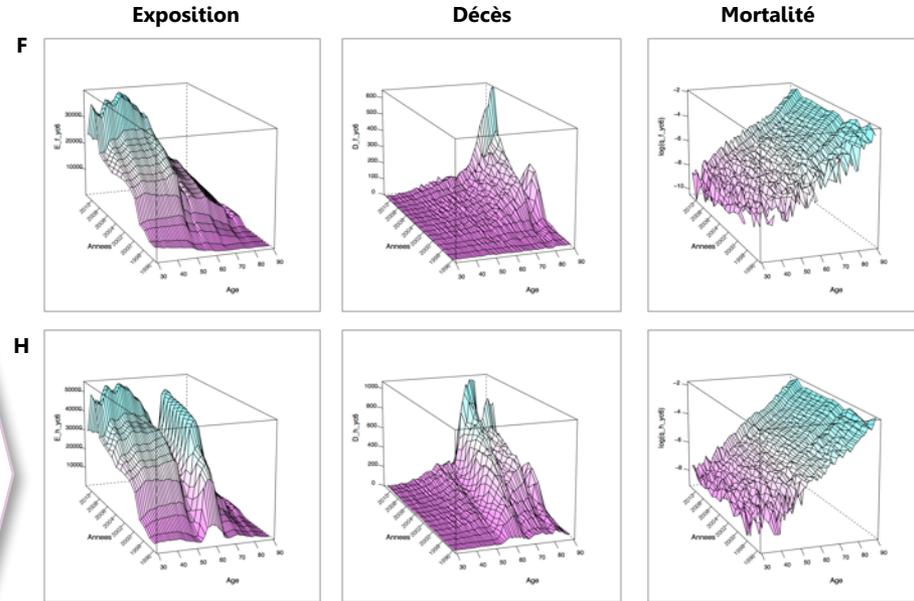
Régression de **COX**

$$\mu_x^p(t) = \alpha_p \cdot \mu_x^0(t)$$

$$D_{x,t} \sim \mathcal{P}(E_{x,t}, \mu_x(t)) \begin{cases} E_{x,t}^f = \sum_p (\alpha_p \cdot E_{x,t}^p) \\ D_{x,t}^f = \sum_p D_{x,t}^p \end{cases}$$

Coefficient de Cox

Portefeuille	Femmes	Hommes
organisme01-01/01/1952	2,41348	4,19605
organisme01-01/01/1967	0,43165	0,51621
organisme01-01/01/1998	0,41655	0,34326
organisme01-01/01/2009	1,23275	1,39363
organisme02-01/01/2004	0,65701	0,52672
organisme02-01/01/2007	1,45000	0,74455
organisme02-01/01/2008	1,50294	0,00151
organisme03-01/01/2000	1,36342	1,38975
organisme04-01/01/1999	1,17694	1,34699
organisme05-01/01/2006	2,32624	1,64333
organisme06-01/01/2001	0,93227	0,90747
organisme07-01/01/1997	1,09925	1,08021
organisme07-01/01/2004	1,17494	1,15277
organisme08-01/01/1990	1,02778	1,03864
organisme08-01/01/2005	0,94487	0,87479
organisme09-12/26/1979	0,65230	0,71247
organisme09-12/01/1989	1,04358	1,06632
organisme09-06/01/1994	1,00855	0,37984
organisme09-01/01/1998	1,00000	1,00000
organisme10-12/31/1998	1,01319	1,02925
organisme11-01/01/2009	1,52795	1,54612
organisme12-01/01/2000	1,23189	1,10444
organisme13-01/01/1989	0,76922	1,06015
organisme13-01/01/2008	0,45900	0,58034
organisme14-07/01/2000	0,78453	0,72987
organisme15-01/01/2000	1,48698	1,27996



Modèle de Cox appliqué au niveau portefeuille : « organisme – période d'observation ».

Portefeuille agrégé d'assurés construit sur la période significative 1996 – 2011 / tranche d'âge 30-90 ans.

A l'appui de quels modèles ?

Classification non-exhaustive	Paramétrique	Semi-paramétrique	Non paramétrique
Endogène	2 facteurs <ul style="list-style-type: none"> • Lee-Carter <p>(LP) Log-Poisson</p>	Modèles relationnels <p>(M3) GLM Poisson sur l'âge et l'année calendaire</p>	<p>(M4) Vraisemblance locale par lissage (avec ou sans dérive de mortalité)</p>
Exogène	1 paramètre <p>(M1) Standard Mortality Ratio (SMR)</p>	Modèles à risque proportionnel <p>(COX) Cox</p> Modèles relationnels <ul style="list-style-type: none"> • GLM Poisson sur l'âge <p>(M2) Brass</p>	

(M3) Constitue le principal modèle de l'étude.

(LP) Permet de contrôler l'approche du modèle M3.

(M2) Démontre par l'absurde qu'il existe a priori une tendance propre aux assurés.

(COX) Contribue structurellement à la création du portefeuille de l'étude.

Les résultats

Modèle Exogène de Brass – M2

Appliqué sur la période 1996-2011, avec la table INSEE brute de référence.

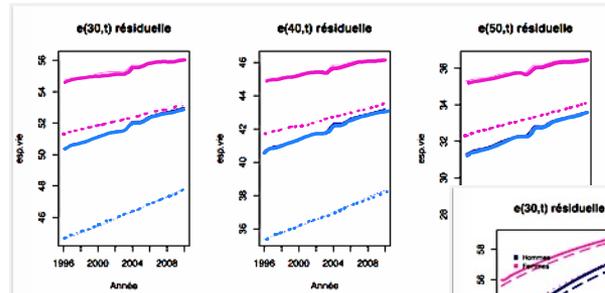
Equation du modèle :

$$\text{logit}(t \cdot \tilde{q}_x^*) = \theta_1 + \theta_2 \cdot \text{logit}(t \cdot q_x^{\text{ref}}) + \varepsilon_{x^*,t^*}$$

Paramètres d'ajustement :

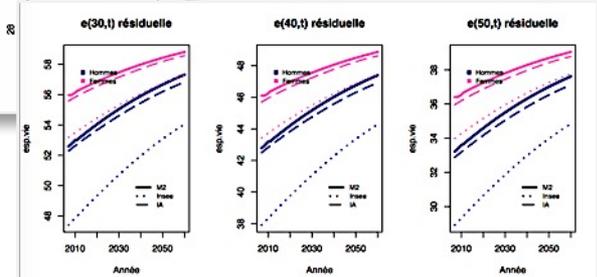
	$\hat{\theta}_1$	$\hat{\theta}_2$
Femmes	-0,1468	1,0781
Hommes	0,0222	1,1609

1



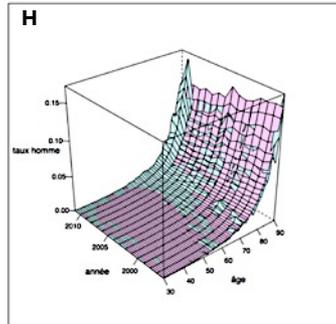
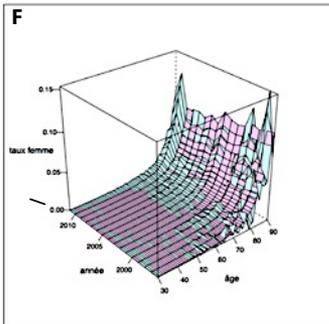
Espérance de vie résiduelle
M2/INSEE brute

Espérance de vie résiduelle
prospective M2/INSEE/IA

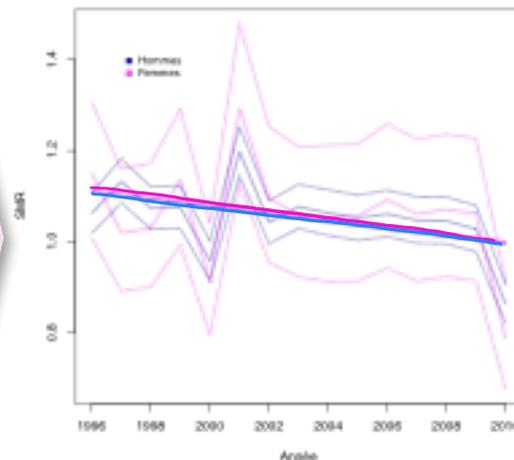


2

Comparaison des taux de mortalité bruts et ajustés



SMR (Ajustés / Observés)



3

La tendance apparaît
bien équivalente à
celle de la référence
INSEE.

Mais la tendance n'est
pas ajustée à celle du
portefeuille
étudié/observé.

Les résultats

Modèle Endogène GLM poisson – M3

Appliqué sur la période 1996-2011, à l'appui de la table INSEE brute de référence.

Equation du modèle* :

$$\log(\mu_{x^*}(t^*)) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \log(\mu_{x^*}^{ref}(t^*)) + \beta_2 \cdot x^* + \beta_3 \cdot t^* + \beta_4 \cdot x^* \cdot t^*$$

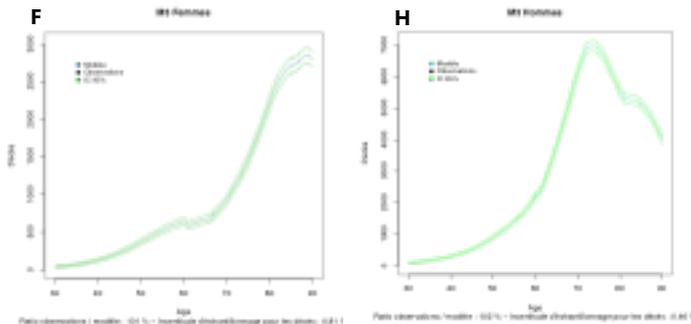
Avec : $\mu_{x^*}^{ref}(t^*) = -\log(1 - qm_{INSEE_{x^*}}(t^*))$,

Paramètres d'ajustement :

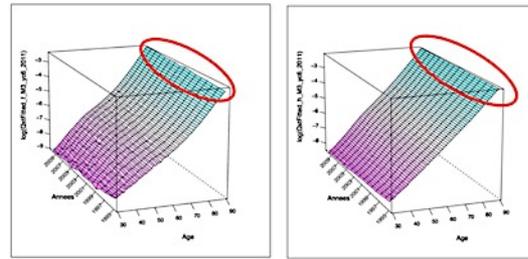
Femmes					Hommes				
Coefficient	Estimate	Std. Error	z value	p value	Coefficient	Estimate	Std. Error	z value	p value
β_0	47.0400	13.6400	3.448	0.000564	β_0	51.0800	8.1870	6.239	4.41E-10
β_1	0.8201	0.0195	42.047	< 2e-16	β_1	0.4997	0.0204	24.549	< 2e-16
β_2	-1.3980	0.1801	-7.765	8.15E-15	β_2	-0.8835	0.1111	-7.949	1.88E-15
β_3	-0.0251	0.0068	-3.680	0.000233	β_3	-0.0288	0.0041	-7.030	2.07E-12
β_4	0.0007	0.0001	7.920	2.38E-15	β_4	0.0005	0.0001	8.493	< 2e-16

1

Comparaison des taux de mortalité bruts et ajustés

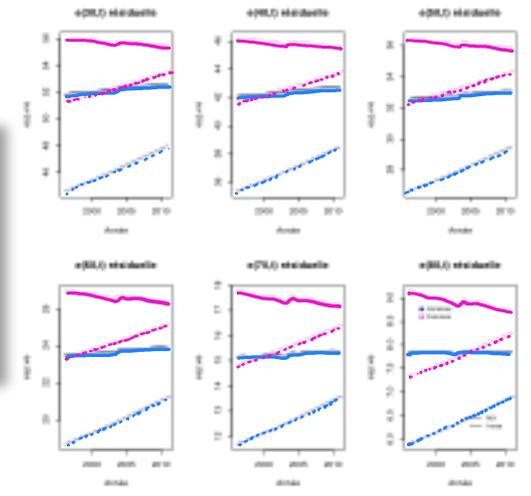


Logarithme des taux de mortalité ajustés M3

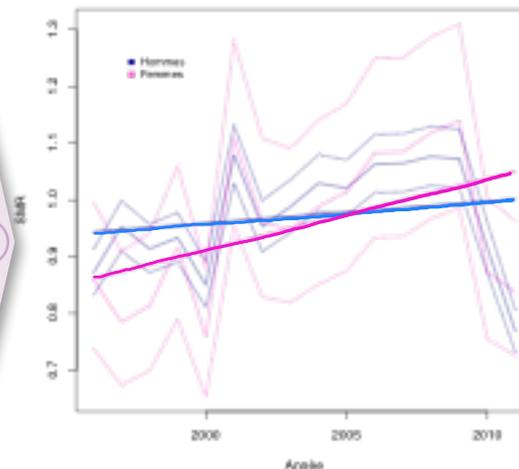


2

Espérance de vie résiduelle M3/INSEE brute



SMR (Ajustés / Observés)



3

L'ajustement apparaît naturellement bien meilleur.

Cependant la tendance endogène est surprenante !

➤ Etude de la sensibilité à chacun des portefeuilles.

* Repose sur la représentativité des Décès selon une loi de Poisson $D_{x,t} \sim \mathcal{P}(E_{x,t}, \mu_x(t))$

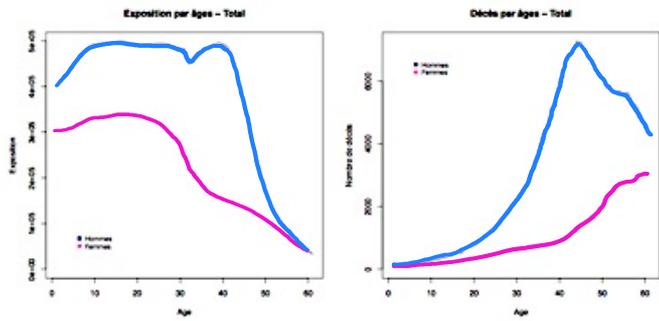
Les résultats avant et après suppression du p6

Modèle Endogène GLM poisson – M3 – 1/2

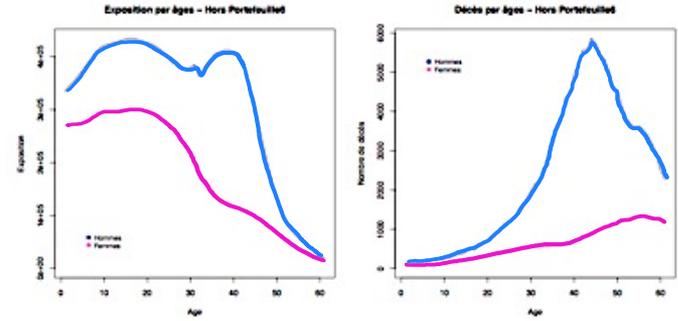
Portefeuille 6	Date début observation organisme	Date fin observation organisme	Moyenne age entrée	Moyenne age sortie	Moyenne durée exposition	Moyenne age décès	Nombre de lignes
Femmes	01/01/2001	31/12/2010	59,82	67,85	8,03	87,66	268 472
Hommes	01/01/2001	31/12/2010	46,91	53,80	6,89	82,27	563 826

Exposition et Décès

Ensemble du portefeuille



Suppression du portefeuille 6



Exposition équivalente (6% femmes, 13% hommes)

Portefeuille décès réduit notamment pour les femmes.

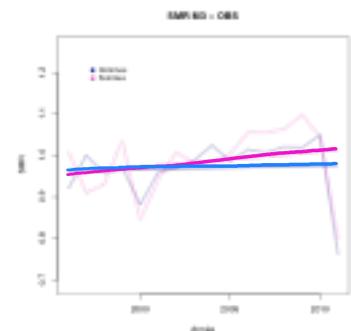
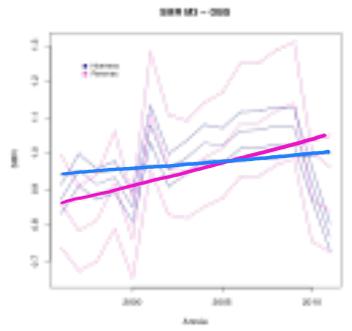
Ajustement et significativité

Femmes				
Coefficient	Estimate	Std. Error	z value	p value
β_0	47,0400	13,6400	3,448	0,000564
β_1	0,8201	0,0195	42,047	< 2e-16
β_2	-1,3980	0,1801	-7,765	8,15E-15
β_3	-0,0251	0,0068	-3,680	0,000233
β_4	0,0007	0,0001	7,920	2,38E-15
β_3	-0,0288	0,0041	-7,030	2,07E-12
β_4	0,0005	0,0001	8,493	< 2e-16

Femmes				
	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
β_0	-38,6700	14,3800	-2,688	0,00718
β_1	0,8611	0,0240	35,917	< 2e-16
β_2	0,2621	0,1972	1,329	1,84E-01
β_3	0,0180	0,0072	2,511	0,01202
β_4	-0,0001	0,0001	-1,225	2,21E-01
β_3	0,0100	0,0042	2,373	1,77E-02
β_4	-0,0001	0,0001	-1,795	7,27E-02

La significativité du GLM reste confirmée.

SMR (Ajustés/Observés)

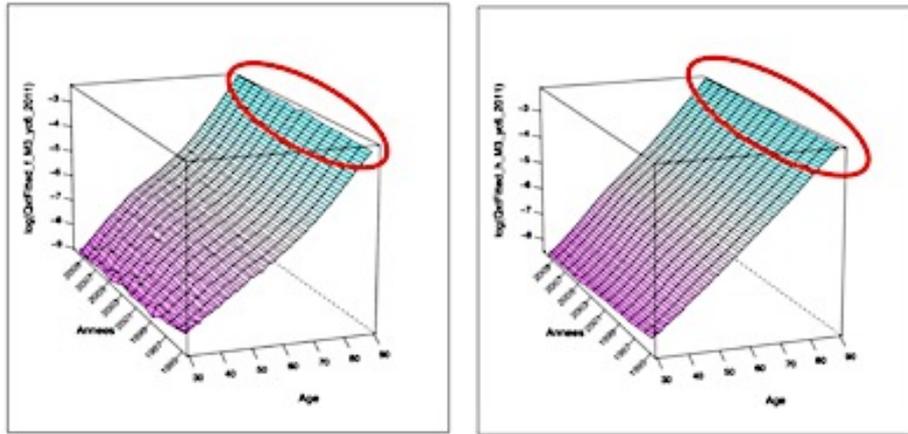


Les SMR se stabilisent.

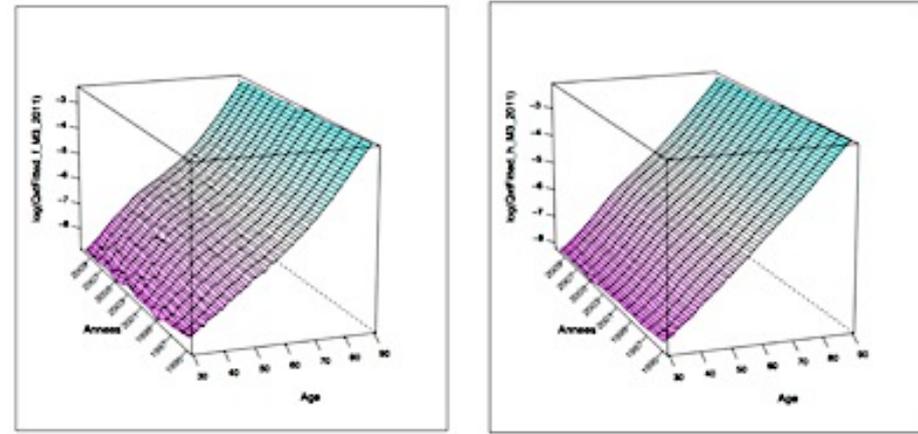
Les résultats avant et après suppression du p6

Modèle Endogène GLM poisson – M3 – 2/2

Ensemble du portefeuille

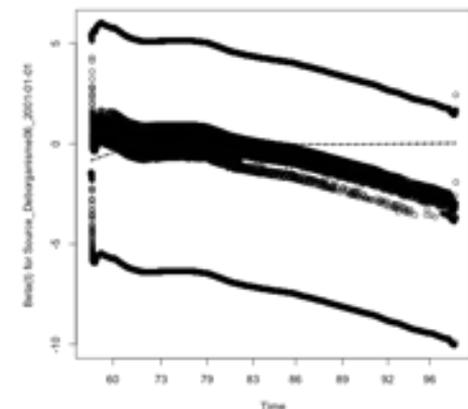


Suppression du portefeuille 6



La mortalité du portefeuille « assurés », obtenu en supprimant le portefeuille 6, retrouve une tendance décroissante attendue en fonction du temps.

Confirmé par la décroissance des résidus de Schönfeld, le portefeuille 6 est donc supprimé.

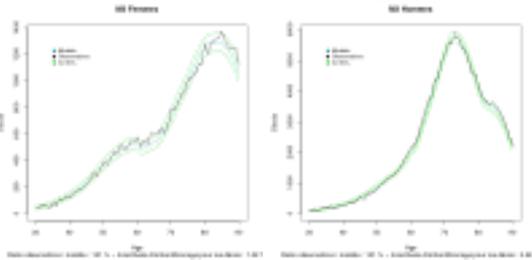


Résidus de Schönfeld
(p6 hommes)

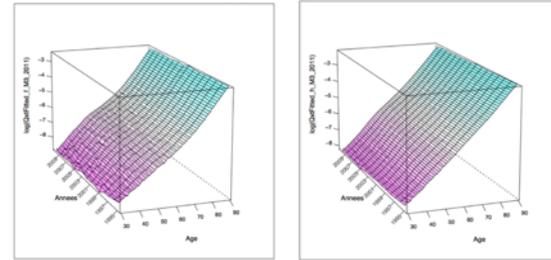
Les résultats (hors portefeuille 6)

Contrôle de la robustesse du modèle GLM Poisson M3 : Log Poisson LP

Taux de mortalité bruts et ajustés

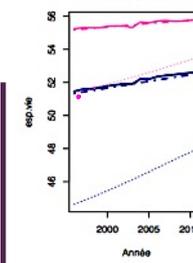


Nappes ajustées



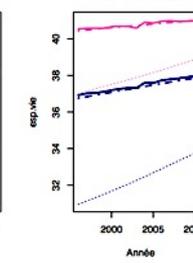
M3 LP

e(30,t) résiduelle

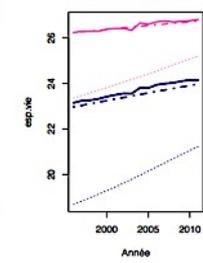


Espérance de vie résiduelle

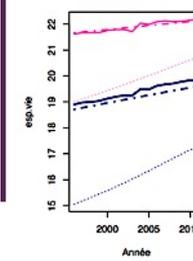
e(45,t) résiduelle



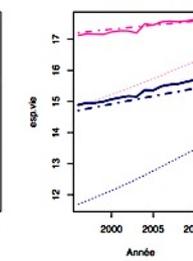
e(60,t) résiduelle



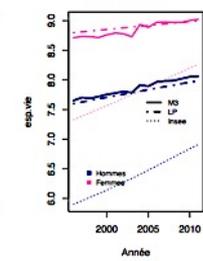
e(55,t) résiduelle



e(70,t) résiduelle



e(80,t) résiduelle

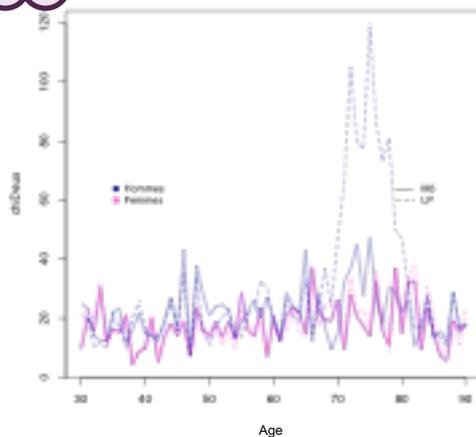


M3

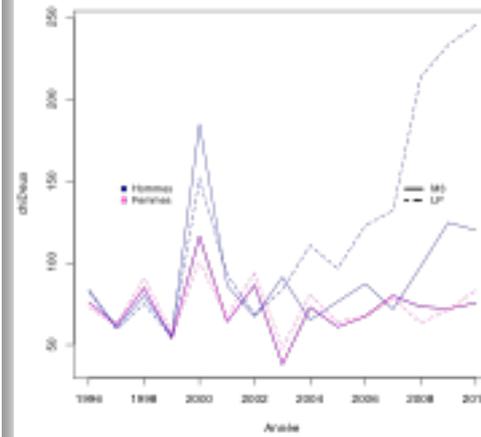
LP

M3 LP

ChiDeux LP-M3



ChiDeux LP-M3



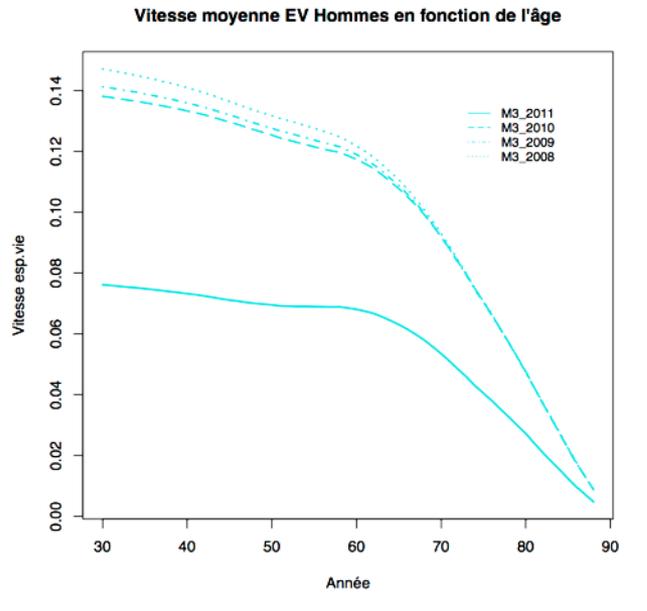
La tendance observée est équivalente pour les deux modèles.

Le test du Chi Deux met en évidence le GLM Poisson comme étant le meilleur modèle.

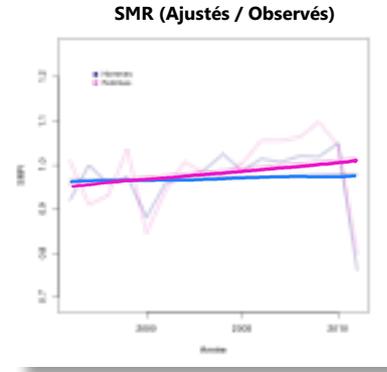
Les résultats (hors portefeuille 6)

Restriction de la période d'observation 1996-2010

- L'ajustement du modèle M3 sur une période d'observation restreinte fait état d'une rupture nette de tendance avec l'année 2011.

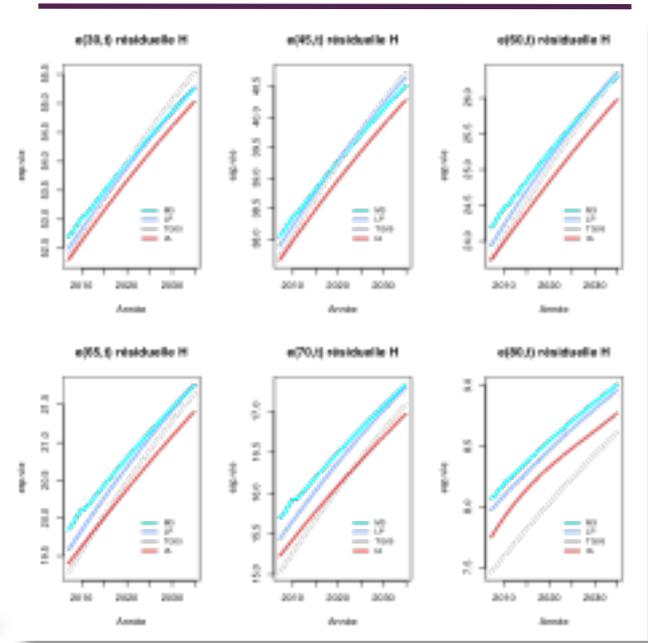
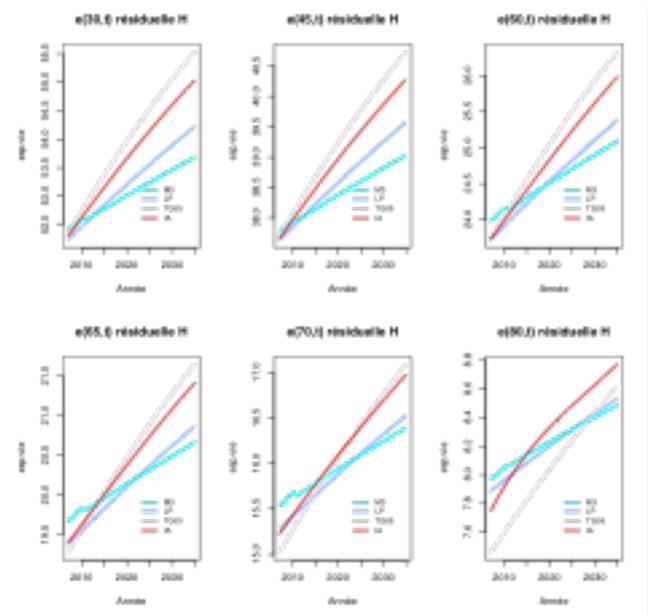


2011



Modèle M3 – hors p6	Période 1996-2010	Période 1996-2011
Femmes	-0,217%	0,391%
Hommes	-0,140%	0,089%

2010



➔ En supprimant le portefeuille 6, et l'année 2011, la tendance de la longévité de la population « assurés » étudiée est équivalente à celle de la population nationale.

Conclusion

- **L'approche actuelle peut-elle être remise en question ?**
- **De l'intérêt de réaliser une étude sur une segmentation plus fine.**
- **Les données et de qualité : une nécessité...**
- **Quels impacts avec les orientations sociétales actuelles ?**
- **Et si ... ?**