

Université Claude Bernard Lyon 1  
Institut de Science Financière et d'Assurances



# Mesure des risques biométriques liés à l'assurance vie par des méthodes de lissage non-paramétriques

Julien Tomas  
Institut de Science Financière et d'Assurances  
Laboratoire de recherche de Sciences Actuarielle et Financière



# Table des matières

- 1 L'assurance vie
- 2 Développements heuristiques

- 3 Les tables de mortalité
- 4 Méthodes de lissage non-paramétriques



## L'assurance vie

- En marge de l'assurance de biens ou de responsabilité, l'assurance vie occupe une place à part à plus d'un titre.
- on peut reporté par exemple
  - un environnement légal qui lui est propre,
  - des principes de fonctionnement qui diverge de la philosophie fondatrice des autres branches.
- Ce positionnement entraine l'idée que l'on peut donner une valeur à la vie et cette idée hérétique n'a pas été facile à admettre.
- Elle s'est heurtée, à travers l'histoire, contre des considérations éthiques, religieuses et politiques.

## L'assurance vie

- En marge de l'assurance de biens ou de responsabilité, l'assurance vie occupe une place à part à plus d'un titre.
- on peut reporté par exemple
  - un environnement légal qui lui est propre,
  - des principes de fonctionnement qui diverge de la philosophie fondatrice des autres branches.
- Ce positionnement entraine l'idée que l'on peut donner une valeur à la vie et cette idée hérétique n'a pas été facile à admettre.
- Elle s'est heurtée, à travers l'histoire, contre des considérations éthiques, religieuses et politiques.

## L'assurance vie

- En marge de l'assurance de biens ou de responsabilité, l'assurance vie occupe une place à part à plus d'un titre.
- on peut reporté par exemple
  - un environnement légal qui lui est propre,
  - des principes de fonctionnement qui diverge de la philosophie fondatrice des autres branches.
- Ce positionnement entraine l'idée que l'on peut donner une valeur à la vie et cette idée hérétique n'a pas été facile à admettre.
- Elle s'est heurtée, à travers l'histoire, contre des considérations éthiques, religieuses et politiques.

## L'assurance vie

- En marge de l'assurance de biens ou de responsabilité, l'assurance vie occupe une place à part à plus d'un titre.
- on peut reporté par exemple
  - un environnement légal qui lui est propre,
  - des principes de fonctionnement qui diverge de la philosophie fondatrice des autres branches.
- Ce positionnement entraine l'idée que l'on peut donner une valeur à la vie et cette idée hérétique n'a pas été facile à admettre.
- Elle s'est heurtée, à travers l'histoire, contre des considérations éthiques, religieuses et politiques.

## L'assurance vie

- En marge de l'assurance de biens ou de responsabilité, l'assurance vie occupe une place à part à plus d'un titre.
- on peut reporté par exemple
  - un environnement légal qui lui est propre,
  - des principes de fonctionnement qui diverge de la philosophie fondatrice des autres branches.
- Ce positionnement entraine l'idée que l'on peut donner une valeur à la vie et cette idée hérétique n'a pas été facile à admettre.
- Elle s'est heurtée, à travers l'histoire, contre des considérations éthiques, religieuses et politiques.

## L'assurance vie

- En marge de l'assurance de biens ou de responsabilité, l'assurance vie occupe une place à part à plus d'un titre.
- on peut reporté par exemple
  - un environnement légal qui lui est propre,
  - des principes de fonctionnement qui diverge de la philosophie fondatrice des autres branches.
- Ce positionnement entraine l'idée que l'on peut donner une valeur à la vie et cette idée hérétique n'a pas été facile à admettre.
- Elle s'est heurtée, à travers l'histoire, contre des considérations éthiques, religieuses et politiques.



## Développements heuristiques

- À la fin du Moyen-Âge, la conception traditionnelle chrétienne de la mort interdit sa spéculation et l'idée qu'il peut exister d'autres lois - autres que celle de dieu - qui l'explique.
- Les 1<sup>ère</sup> civilisations de la Mésopotamie croyaient au concept d'âges climatériques.
- Les assurances liées à l'espérance de vie nécessitent l'existence de tables. On doit se rappeler que c'est un marchand John Grant et un notable William Petty qui les premiers ont conçu la notion de table de mortalité en 1662.
- Par le choix de son fondateur, la démographie se définit soit
  - comme une science pure, soit
  - comme un instrument au service des états.
- L'origine politique des tables de mortalité est anglaise, mais l'origine économique est apparue aux Pays-Bas par Johan de Witt, en 1671. Sa méthode a ensuite permis à des mathématiciens d'introduire la notion de probabilité sur la durée de vie humaine.

## Développements heuristiques

- À la fin du Moyen-Âge, la conception traditionnelle chrétienne de la mort interdit sa spéculation et l'idée qu'il peut exister d'autres lois - autres que celle de dieu - qui l'explique.
- Les 1<sup>ère</sup> civilisations de la Mésopotamie croyaient au concept d'âges climatériques.
- Les assurances liées à l'espérance de vie nécessitent l'existence de tables. On doit se rappeler que c'est un marchand John Grant et un notable William Petty qui les premiers ont conçu la notion de table de mortalité en 1662.
- Par le choix de son fondateur, la démographie se définit soit
  - comme une science pure, soit
  - comme un instrument au service des états.
- L'origine politique des tables de mortalité est anglaise, mais l'origine économique est apparue aux Pays-Bas par Johan de Witt, en 1671. Sa méthode a ensuite permis à des mathématiciens d'introduire la notion de probabilité sur la durée de vie humaine.

## Développements heuristiques

- À la fin du Moyen-Âge, la conception traditionnelle chrétienne de la mort interdit sa spéculation et l'idée qu'il peut exister d'autres lois - autres que celle de dieu - qui l'explique.
- Les 1<sup>ère</sup> civilisations de la Mésopotamie croyaient au concept d'âges climatériques.
- Les assurances liées à l'espérance de vie nécessitent l'existence de tables. On doit se rappeler que c'est un marchand John Grant et un notable William Petty qui les premiers ont conçu la notion de table de mortalité en 1662.
- Par le choix de son fondateur, la démographie se définit soit
  - ✦ comme une science pure, soit
  - ✦ comme un instrument au service des états.
- L'origine politique des tables de mortalité est anglaise, mais l'origine économique est apparue aux Pays-Bas par Johan de Witt, en 1671. Sa méthode a ensuite permis à des mathématiciens d'introduire la notion de probabilité sur la durée de vie humaine.

## Développements heuristiques

- À la fin du Moyen-Âge, la conception traditionnelle chrétienne de la mort interdit sa spéculation et l'idée qu'il peut exister d'autres lois - autres que celle de dieu - qui l'explique.
- Les 1<sup>ère</sup> civilisations de la Mésopotamie croyaient au concept d'âges climatériques.
- Les assurances liées à l'espérance de vie nécessitent l'existence de tables. On doit se rappeler que c'est un marchand John Grant et un notable William Petty qui les premiers ont conçu la notion de table de mortalité en 1662.
- Par le choix de son fondateur, la démographie se définit soit
  - comme une science pure, soit
  - comme un instrument au service des états.
- L'origine politique des tables de mortalité est anglaise, mais l'origine économique est apparue aux Pays-Bas par Johan de Witt, en 1671. Sa méthode a ensuite permis à des mathématiciens d'introduire la notion de probabilité sur la durée de vie humaine.

## Développements heuristiques

- À la fin du Moyen-Âge, la conception traditionnelle chrétienne de la mort interdit sa spéculation et l'idée qu'il peut exister d'autres lois - autres que celle de dieu - qui l'explique.
- Les 1<sup>ère</sup> civilisations de la Mésopotamie croyaient au concept d'âges climatériques.
- Les assurances liées à l'espérance de vie nécessitent l'existence de tables. On doit se rappeler que c'est un marchand John Grant et un notable William Petty qui les premiers ont conçu la notion de table de mortalité en 1662.
- Par le choix de son fondateur, la démographie se définit soit
  - comme une science pure, soit
  - comme un instrument au service des états.
- L'origine politique des tables de mortalité est anglaise, mais l'origine économique est apparue aux Pays-Bas par Johan de Witt, en 1671. Sa méthode a ensuite permis à des mathématiciens d'introduire la notion de probabilité sur la durée de vie humaine.

## Développements heuristiques

- À la fin du Moyen-Âge, la conception traditionnelle chrétienne de la mort interdit sa spéculation et l'idée qu'il peut exister d'autres lois - autres que celle de dieu - qui l'explique.
- Les 1<sup>ère</sup> civilisations de la Mésopotamie croyaient au concept d'âges climatériques.
- Les assurances liées à l'espérance de vie nécessitent l'existence de tables. On doit se rappeler que c'est un marchand John Grant et un notable William Petty qui les premiers ont conçu la notion de table de mortalité en 1662.
- Par le choix de son fondateur, la démographie se définit soit
  - comme une science pure, soit
  - comme un instrument au service des états.
- L'origine politique des tables de mortalité est anglaise, mais l'origine économique est apparue aux Pays-Bas par Johan de Witt, en 1671. Sa méthode a ensuite permis à des mathématiciens d'introduire la notion de probabilité sur la durée de vie humaine.

## Développements heuristiques

- À la fin du Moyen-Âge, la conception traditionnelle chrétienne de la mort interdit sa spéculation et l'idée qu'il peut exister d'autres lois - autres que celle de dieu - qui l'explique.
- Les 1<sup>ère</sup> civilisations de la Mésopotamie croyaient au concept d'âges climatériques.
- Les assurances liées à l'espérance de vie nécessitent l'existence de tables. On doit se rappeler que c'est un marchand John Grant et un notable William Petty qui les premiers ont conçu la notion de table de mortalité en 1662.
- Par le choix de son fondateur, la démographie se définit soit
  - comme une science pure, soit
  - comme un instrument au service des états.
- L'origine politique des tables de mortalité est anglaise, mais l'origine économique est apparue aux Pays-Bas par Johan de Witt, en 1671. Sa méthode a ensuite permis à des mathématiciens d'introduire la notion de probabilité sur la durée de vie humaine.

## Les tables de mortalité

- Les tables de mortalité sont utilisées pour décrire la probabilité annuelle de décès d'une population en fonction de l'âge atteint et de l'année calendaire.
- Les estimations brutes, sur lesquelles se basent les tables de mortalité, peuvent être considérées comme un échantillon provenant d'une population plus importante et sont par conséquent soumises à des fluctuations aléatoires.
- Toutefois, l'actuaire souhaite la plus part du temps lisser ces quantités.
- Cette dissertation fournit une description détaillée des méthodes de graduation non-paramétriques.



## Les tables de mortalité

- Les tables de mortalité sont utilisées pour décrire la probabilité annuelle de décès d'une population en fonction de l'âge atteint et de l'année calendaire.
- Les estimations brutes, sur lesquelles se basent les tables de mortalité, peuvent être considérées comme un échantillon provenant d'une population plus importante et sont par conséquent soumises à des fluctuations aléatoires.
- Toutefois, l'actuaire souhaite la plus part du temps lisser ces quantités.
- Cette dissertation fournit une description détaillée des méthodes de graduation non-paramétriques.

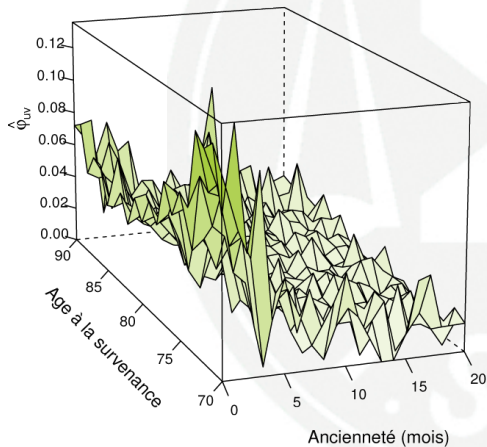
## Les tables de mortalité

- Les tables de mortalité sont utilisées pour décrire la probabilité annuelle de décès d'une population en fonction de l'âge atteint et de l'année calendaire.
- Les estimations brutes, sur lesquelles se basent les tables de mortalité, peuvent être considérées comme un échantillon provenant d'une population plus importante et sont par conséquent soumises à des fluctuations aléatoires.
- Toutefois, l'actuaire souhaite la plus part du temps lisser ces quantités.
- Cette dissertation fournit une description détaillée des méthodes de graduation non-paramétriques.

## Les tables de mortalité

- Les tables de mortalité sont utilisées pour décrire la probabilité annuelle de décès d'une population en fonction de l'âge atteint et de l'année calendaire.
- Les estimations brutes, sur lesquelles se basent les tables de mortalité, peuvent être considérées comme un échantillon provenant d'une population plus importante et sont par conséquent soumises à des fluctuations aléatoires.
- Toutefois, l'actuaire souhaite la plus part du temps lisser ces quantités.
- Cette dissertation fournit une description détaillée des méthodes de graduation non-paramétriques.

# Le lissage des tables



# Le lissage des tables



## Méthodes de lissage non-paramétriques

- Les régressions polynomiales locales et méthodes de vraisemblance locale sont examinées en détail.
  - Choix des paramètres de lissage
  - Propriétés statistiques des estimateurs
  - Critères utilisés pour la sélection des modèles
  - Construction des intervalles de confiance
  - Comparaisons entre les modèles
  - l'influence des bordures sur le choix des paramètres de lissage
- Des méthodes adaptatives de vraisemblance locale sont alors introduites.
- le montant de lissage varie en fonction de l'emplacement et ces approches permettent des ajustement de la fenêtre d'observation en fonction de la fiabilité des données.
- Enfin ce manuscrit traite de sujets importants pour les praticiens. Ceux-ci concernent la construction et la validation de tables de mortalité prospectives pour des portefeuilles d'assurance.
- On s'intéresse aussi au risque de modèle.

## Méthodes de lissage non-paramétriques

- Les régressions polynomiales locales et méthodes de vraisemblance locale sont examinées en détail.
  - Choix des paramètres de lissage
  - Propriétés statistiques des estimateurs
  - Critères utilisés pour la sélection des modèles
  - Construction des intervalles de confiance
  - Comparaisons entre les modèles
  - l'influence des bordures sur le choix des paramètres de lissage
- Des méthodes adaptatives de vraisemblance locale sont alors introduites.
- le montant de lissage varie en fonction de l'emplacement et ces approches permettent des ajustement de la fenêtre d'observation en fonction de la fiabilité des données.
- Enfin ce manuscrit traite de sujets importants pour les praticiens. Ceux-ci concernent la construction et la validation de tables de mortalité prospectives pour des portefeuilles d'assurance.
- On s'intéresse aussi au risque de modèle.

## Méthodes de lissage non-paramétriques

- Les régressions polynomiales locales et méthodes de vraisemblance locale sont examinées en détail.
  - Choix des paramètres de lissage
  - Propriétés statistiques des estimateurs
  - Critères utilisés pour la sélection des modèles
  - Construction des intervalles de confiance
  - Comparaisons entre les modèles
  - l'influence des bordures sur le choix des paramètres de lissage
- Des méthodes adaptatives de vraisemblance locale sont alors introduites.
- le montant de lissage varie en fonction de l'emplacement et ces approches permettent des ajustement de la fenêtre d'observation en fonction de la fiabilité des données.
- Enfin ce manuscrit traite de sujets importants pour les praticiens. Ceux-ci concernent la construction et la validation de tables de mortalité prospectives pour des portefeuilles d'assurance.
- On s'intéresse aussi au risque de modèle.



## Méthodes de lissage non-paramétriques

- Les régressions polynomiales locales et méthodes de vraisemblance locale sont examinées en détail.
  - Choix des paramètres de lissage
  - Propriétés statistiques des estimateurs
  - Critères utilisés pour la sélection des modèles
    - Construction des intervalles de confiance
    - Comparaisons entre les modèles
    - l'influence des bordures sur le choix des paramètres de lissage
- Des méthodes adaptatives de vraisemblance locale sont alors introduites.
- le montant de lissage varie en fonction de l'emplacement et ces approches permettent des ajustement de la fenêtre d'observation en fonction de la fiabilité des données.
- Enfin ce manuscrit traite de sujets importants pour les praticiens. Ceux-ci concernent la construction et la validation de tables de mortalité prospectives pour des portefeuilles d'assurance.
- On s'intéresse aussi au risque de modèle.

## Méthodes de lissage non-paramétriques

- Les régressions polynomiales locales et méthodes de vraisemblance locale sont examinées en détail.
  - Choix des paramètres de lissage
  - Propriétés statistiques des estimateurs
  - Critères utilisés pour la sélection des modèles
  - Construction des intervalles de confiance
    - Comparaisons entre les modèles
    - l'influence des bordures sur le choix des paramètres de lissage
- Des méthodes adaptatives de vraisemblance locale sont alors introduites.
- le montant de lissage varie en fonction de l'emplacement et ces approches permettent des ajustement de la fenêtre d'observation en fonction de la fiabilité des données.
- Enfin ce manuscrit traite de sujets importants pour les praticiens. Ceux-ci concernent la construction et la validation de tables de mortalité prospectives pour des portefeuilles d'assurance.
- On s'intéresse aussi au risque de modèle.

## Méthodes de lissage non-paramétriques

- Les régressions polynomiales locales et méthodes de vraisemblance locale sont examinées en détail.
  - Choix des paramètres de lissage
  - Propriétés statistiques des estimateurs
  - Critères utilisés pour la sélection des modèles
  - Construction des intervalles de confiance
  - Comparaisons entre les modèles
  - l'influence des bordures sur le choix des paramètres de lissage
- Des méthodes adaptatives de vraisemblance locale sont alors introduites.
- le montant de lissage varie en fonction de l'emplacement et ces approches permettent des ajustement de la fenêtre d'observation en fonction de la fiabilité des données.
- Enfin ce manuscrit traite de sujets importants pour les praticiens. Ceux-ci concernent la construction et la validation de tables de mortalité prospectives pour des portefeuilles d'assurance.
- On s'intéresse aussi au risque de modèle.

## Méthodes de lissage non-paramétriques

- Les régressions polynomiales locales et méthodes de vraisemblance locale sont examinées en détail.
  - Choix des paramètres de lissage
  - Propriétés statistiques des estimateurs
  - Critères utilisés pour la sélection des modèles
  - Construction des intervalles de confiance
  - Comparaisons entre les modèles
  - l'influence des bordures sur le choix des paramètres de lissage
- Des méthodes adaptatives de vraisemblance locale sont alors introduites.
- le montant de lissage varie en fonction de l'emplacement et ces approches permettent des ajustement de la fenêtre d'observation en fonction de la fiabilité des données.
- Enfin ce manuscrit traite de sujets importants pour les praticiens. Ceux-ci concernent la construction et la validation de tables de mortalité prospectives pour des portefeuilles d'assurance.
- On s'intéresse aussi au risque de modèle.

## Méthodes de lissage non-paramétriques

- Les régressions polynomiales locales et méthodes de vraisemblance locale sont examinées en détail.
  - Choix des paramètres de lissage
  - Propriétés statistiques des estimateurs
  - Critères utilisés pour la sélection des modèles
  - Construction des intervalles de confiance
  - Comparaisons entre les modèles
  - l'influence des bordures sur le choix des paramètres de lissage
- Des méthodes adaptatives de vraisemblance locale sont alors introduites.
- le montant de lissage varie en fonction de l'emplacement et ces approches permettent des ajustement de la fenêtre d'observation en fonction de la fiabilité des données.
- Enfin ce manuscrit traite de sujets importants pour les praticiens. Ceux-ci concernent la construction et la validation de tables de mortalité prospectives pour des portefeuilles d'assurance.
- On s'intéresse aussi au risque de modèle.

## Méthodes de lissage non-paramétriques

- Les régressions polynomiales locales et méthodes de vraisemblance locale sont examinées en détail.
  - Choix des paramètres de lissage
  - Propriétés statistiques des estimateurs
  - Critères utilisés pour la sélection des modèles
  - Construction des intervalles de confiance
  - Comparaisons entre les modèles
  - l'influence des bordures sur le choix des paramètres de lissage
- Des méthodes adaptatives de vraisemblance locale sont alors introduites.
- le montant de lissage varie en fonction de l'emplacement et ces approches permettent des ajustement de la fenêtre d'observation en fonction de la fiabilité des données.
- Enfin ce manuscrit traite de sujets importants pour les praticiens. Ceux-ci concernent la construction et la validation de tables de mortalité prospectives pour des portefeuilles d'assurance.
- On s'intéresse aussi au risque de modèle.

## Méthodes de lissage non-paramétriques

- Les régressions polynomiales locales et méthodes de vraisemblance locale sont examinées en détail.
  - Choix des paramètres de lissage
  - Propriétés statistiques des estimateurs
  - Critères utilisés pour la sélection des modèles
  - Construction des intervalles de confiance
  - Comparaisons entre les modèles
  - l'influence des bordures sur le choix des paramètres de lissage
- Des méthodes adaptatives de vraisemblance locale sont alors introduites.
- le montant de lissage varie en fonction de l'emplacement et ces approches permettent des ajustement de la fenêtre d'observation en fonction de la fiabilité des données.
- Enfin ce manuscrit traite de sujets importants pour les praticiens. Ceux-ci concernent la construction et la validation de tables de mortalité prospectives pour des portefeuilles d'assurance.
- On s'intéresse aussi au risque de modèle.

## Méthodes de lissage non-paramétriques

- Les régressions polynomiales locales et méthodes de vraisemblance locale sont examinées en détail.
  - Choix des paramètres de lissage
  - Propriétés statistiques des estimateurs
  - Critères utilisés pour la sélection des modèles
  - Construction des intervalles de confiance
  - Comparaisons entre les modèles
  - l'influence des bordures sur le choix des paramètres de lissage
- Des méthodes adaptatives de vraisemblance locale sont alors introduites.
- le montant de lissage varie en fonction de l'emplacement et ces approches permettent des ajustement de la fenêtre d'observation en fonction de la fiabilité des données.
- Enfin ce manuscrit traite de sujets importants pour les praticiens. Ceux-ci concernent la construction et la validation de tables de mortalité prospectives pour des portefeuilles d'assurance.
- On s'intéresse aussi au risque de modèle.