



HAL
open science

Analyse démographique des effets de la pollution sur la mortalité dans quatre métropoles françaises

Alain Jourdain

► **To cite this version:**

Alain Jourdain. Analyse démographique des effets de la pollution sur la mortalité dans quatre métropoles françaises. 2017. hal-01844415

HAL Id: hal-01844415

<https://hal.science/hal-01844415v1>

Submitted on 19 Jul 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Analyse démographique des effets de la pollution sur la mortalité dans quatre métropoles françaises.

Alain Jourdain

EHESP, SHS, Arènes UMR 6051.

Introduction

Les effets à long terme de la pollution atmosphérique sont l'objet d'une attention croissante de la population et des autorités de santé publique. Le dioxyde d'azote (NO₂) fait partie des polluants les plus dangereux. (Extrapol, 2006). Il est produit notamment par les combustibles fossiles utilisés par la circulation routière. Il a des effets néfastes sur la santé car une exposition à long terme (Crouse et al., 2015) peut altérer la fonction pulmonaire et augmenter les risques de troubles respiratoires.

Les arguments pour une politique de santé environnementale sont édifiés à partir de la charge de mortalité ou de morbidité. Elle est souvent formulée en terme de nombre de décès attribuables à la pollution (Pruss-Ustun A, Mathers C, Corvalan C, & Woodward A, 2003). Ceux-ci sont évalués par l'observation des séries chronologiques de mortalité à la suite d'événements exceptionnels, généralement des pics de pollution. L'impact de la pollution peut aussi se mesurer en termes de mortalité évitable (nombre de décès avant un certain âge, généralement 65 ans) ou d'années de vie perdues entre l'âge du décès et un âge de référence. (European Environment Agency, 2016).

L'effet du NO₂ se produisant sur le long terme, une approche transversale s'avère insuffisante. L'absence de données longitudinales (cohortes) est un obstacle couramment rencontré par tous ceux qui veulent mesurer la charge de mortalité ou de morbidité. Il est courant, dans l'analyse démographique de prendre le modèle théorique de la génération pour décrire de manière rigoureuse un phénomène démographique. Par exemple, mesurer l'espérance de vie du moment à partir des données de mortalité de l'année. Dans cette étude nous proposons de mesurer les espérances de vie de générations fictives qui seraient exposées à différents niveaux de pollution au NO₂, le nombre de décès de la table ainsi que le risque relatif de mortalité attribuable à différents niveaux de pollution.

Sources de données

Pour ce faire nous avons utilisé les résultats d'une enquête représentative de la population française en 1999 pour en définir la structure (âge, sexe, état de santé) à cette date (n=16732). Avec les données de l'état civil, nous avons mesuré la mortalité de cette cohorte entre 1999 et 2011. La concentration en dioxyde d'azote a été mesurée en 2011 dans le district du recensement (iris 2000) de chaque membre de la cohorte résidant dans quatre grandes agglomérations françaises : Paris, Lille, Lyon, Marseille (n=1283). Le niveau de pollution est exprimé en quintiles ou terciles de répartition des iris 2000.

Pour des raisons pratiques, nous faisons le postulat que le niveau de pollution relevé en 2011 est une bonne approximation de la pollution subie par les membres de la cohorte entre 1999 et 2011 dont nous avons observé le statut vital par l'Etat civil.

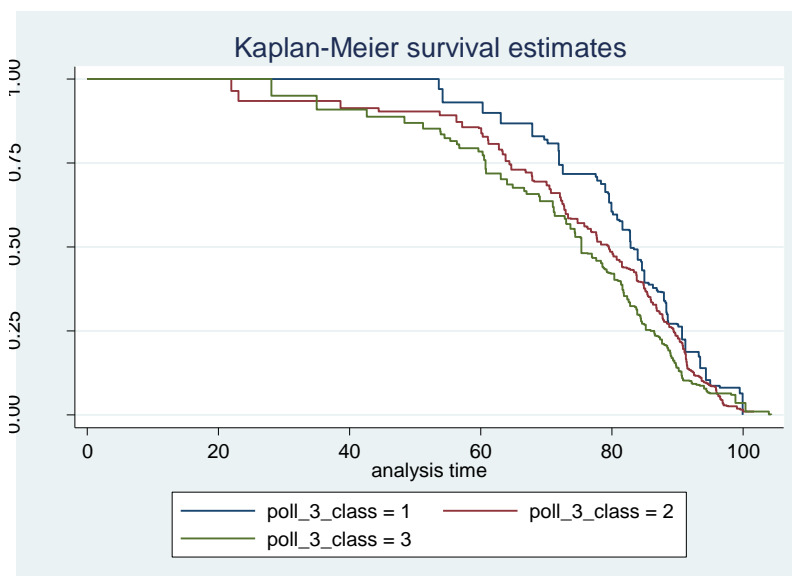
Méthode

Nous souhaitons mesurer l'effet de la pollution sur les personnes qui y sont exposées pendant leur vie entière. Nous avons dans un premier temps mesuré la mortalité par âge entre 1999 et 2011 dans les sous-populations ayant différents niveaux d'exposition en 2011- quintiles et terciles (annexe). Nous avons représenté par la méthode de Kaplan Meier la série de survivants dans les sous-populations classées en fonction du niveau de pollution. Nous avons établi les tables de mortalité correspondantes par la méthode actuarielle (annexe) et avons calculé les différences d'espérances de vie correspondantes (A). Dans un second temps nous avons comparé les proportions de survivants aux différents âges et calculé le nombre de décès correspondant au passage d'un niveau faible à un niveau élevé de pollution (B). Enfin, nous avons calculé avec une régression logistique de Cox le risque relatif de mortalité correspondant à un niveau élevé de pollution par rapport à un niveau moyen (C). D'après Crouse (2015), il existe une forte corrélation entre la pollution par le NO₂ et celles de l'ozone et des microparticules, nous avons par la suite assimilé la première et les deux autres dans la notion de pollution atmosphérique.

Résultats

A) Mortalité par âge dans les sous populations ayant différents niveau d'exposition

Graphique 1 : proportion de survivants aux différents âges, selon le degré de pollution au NO₂



Instruction stata: sts graph, by(poll_3_class) failure _d: _d == 1 analysis time _t: agedeces weight: fweight=POIDSFIN]

La proportion de survivants montre un gradient de mortalité croissant avec le tercile de pollution de la zone habitée par les personnes de l'enquête (poll_3_class). A tout âge, la class=1 des personnes des zones les moins polluées a une proportion de survivants supérieure à celle des deux autres classes.

Les espérances de vie à 30 ans de ces trois sous populations sont 58,14 et 54,11 respectivement pour la classe la moins polluée et la plus polluée¹. Les différences ne sont pas significatives au seuil de 5%, elles ne le deviennent que pour le seuil d'erreur de 10%.

B) Décès prématurés attribuables à la pollution par le NO2

Nous avons calculé le nombre de décès annuels dans les populations stationnaires associées aux tables de mortalité des trois niveaux de pollution. Le nombre de décès est estimé, pour la population des quatre métropoles étudiées, soit 9984841 habitants. Les décès prématurés sont, par convention, survenus avant 65 ans.

Tableau 1 : nombre et taux de décès selon le taux de NO2 vécu par la génération.

	Classe 1 Peu polluée	Classe 2 Moyennement polluée	Classe 3 Très polluée	Valeur très- peu	Valeur moyen- peu
Nombre de décès Avant 65 dans la génération	120129	121560	126210	6081	1431
Taux de mortalité évitables (moins de 65) pour 1000	0,70	0,83	1,16	0,43	0,13
Taux de mortalité tous âges pour 1000	12,03	12,17	12,64	0,61	0,14

Table en annexe.

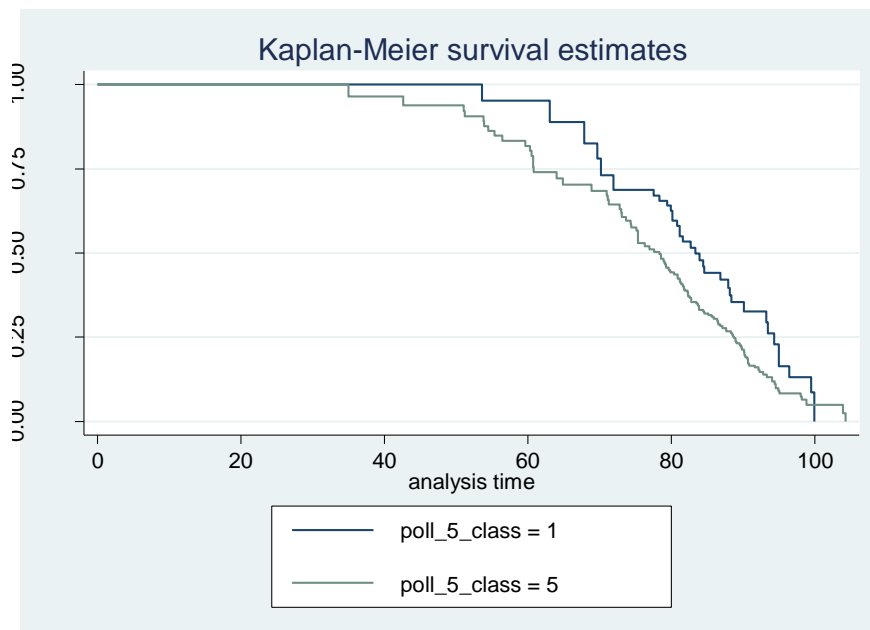
C) Mesure du risque tout au long de la vie en contrôlant des variables concurrentes.

Les risques différentiels selon le niveau de NO2 semblent distribués de manière uniforme selon l'âge (graphique 2)².

¹ La classe intermédiaire est égale à 57,21.

² Cela est confirmé par le test de log log.

Graphique 2 : proportion de survivants dans les deux générations ayant vécu dans les quintiles extrêmes de pollution



Les risques correspondants ont été estimés par une régression de Cox qui nous fournit le risque relatif de mortalité entre les niveaux d'exposition. Cette méthode permet en outre de contrôler l'effet de certaines variables, telles que le sexe, le niveau de handicap et la catégorie sociale (Aschan-Leygonie, Baudet-Michel, Mathian, & Sanders, 2013).

Tableau 2 : régression de Cox appliquée à la distribution en terciles de pollution.

_t	Haz. Ratio	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
poll_3_class	1.050901	.0843113	0.62	0.536	.8979913	1.229849
SEXE	.6240832	.0676476	-4.35	0.000	.5046338	.7718068
kartz_gnew	1.906617	.2464806	4.99	0.000	1.479869	2.456427
cs1	1.159276	.0408303	4.20	0.000	1.081949	1.242128
classe3	1.041713	.0706234	0.60	0.547	.9120959	1.18975

Instruction stata: stcox poll_3_class kartz_gnew SEXE cs1 classe3 .

L'effet propre de la pollution est de l'ordre de 5% quand on passe d'une classe de pollution à une autre et de 10% maximum quand on passe d'un niveau élevé à un niveau faible de pollution.

Conclusion

Les effets possibles de la pollution par le NO2 dans une population ont été évalués en comparant les tables de mortalité de populations soumises à trois niveaux de pollution d'intensité croissante.

Les résultats de cette comparaison réalisée avec ces mêmes tables donnent les résultats suivants, selon les concepts démographiques utilisés :

- Il y a un gradient de mortalité croissant avec le niveau de pollution au NO₂. Ce gradient s'exprime notamment par une différence de 2,11 années **d'espérance de vie** à 30 ans entre les niveaux de pollution faible et forts exprimés en terciles. Cette valeur est très supérieure à celle proposée par Rabl A (2003), il est possible que la différence d'espérance de vie observée soit associée aux différences de structures des trois sous-populations.
- Le **taux de mortalité prématuré** correspondant à la différence entre les niveaux extrêmes de pollution est égal à 0,43 pour mille. Une génération d'effectif égal à celui de la population française soumise à un forte pollution connaîtrait pendant son histoire 4 2350 **décès** annuels. Ce chiffre est proche de celui avancé par l'étude Extrapol (2006). La comparaison entre les tables de mortalité est réalisée sur la base objective des populations stationnaires, mais ces comparaisons sont peut-être influencées par les structures d'âge.
- En contrôlant les variables sexe, catégorie socioprofessionnelle, indice de précarité et incapacité, le **risque relatif** de mortalité entre une pollution moyenne et une faible pollution est estimé à 5%, ce chiffre est compatible avec l'étude ESCAPE (Beelen R et al, 2014).

Ces trois niveaux d'indicateurs démographiques montrent la diversité des indicateurs de santé publique relatifs à la pollution atmosphérique. La différence des espérances de vie est un bon indicateur de santé publique mais elle omet les autres variables qui pourraient expliquer la différences entre les groupes de pollution. Les taux de mortalité et nombre annuel de décès sont parlants quand il s'agit de communiquer sur le fardeau de mortalité dû à la pollution, mais la différence comporte un biais possible lié à l'âge. La régression de Cox qui mesure un risque relatif de mortalité est moins parlante en termes de communication auprès du grand public, mais elle assure un meilleur contrôle des biais d'interprétation.

Cette contribution démographique à la connaissance des répercussions de la pollution atmosphérique sur la santé a été réalisée par le traitement secondaire d'enquêtes de santé et de données d'état civil. L'expérience montre le grand intérêt de ce type d'approche, dans un domaine où les données sont rares, mais sa limite principale vient de la taille insuffisante de l'échantillon constitué (n=1283). De ce fait, de nombreux écarts observés sont non significatifs.

Une autre limite tient au fait que les caractéristiques de la population sont mesurées en début d'observation, l'observatin des décès pendant 11 ans et les degrés de pollution ne sont mesurés qu'en fin de période. Un déphasage temporel entre ces trois composantes est possible.

Le fait d'assimiler la pollution locale au NO₂ à l'ensemble de la pollution athmosphérique est une dernière limite aux résultats présentés dans cette étude.

Remerciements à Pierre Mormiche, Nicolas Brouard, Severine Deguen et Denis Zmirou pour leurs conseils, Cindy Padilla et Benoit Laloue pour les données fournies.

Reference List

Aschan-Leygonie, C., Baudet-Michel, S., Mathian, H., & Sanders, L. (2013). Gaining a better understanding of respiratory health inequalities among cities: An ecological case study on elderly males in the larger French cities. *International Journal of Health Geographics*, 12, 19.

Crouse, D. L., Peters, P. A., Hystad, P., Brook, J. R., Donkelaar, A. v., Martin, R. V. et al. (2015). Ambient PM_{2.5}, O₃, and NO₂ Exposures and Associations with Mortality over 16 Years of Follow-Up in the Canadian Census Health and Environment Cohort (CanCHEC). *Environmental Health Perspectives*, 123, 1180-1186.

Extrapol (2006). Effets à long terme de la pollution atmosphérique: études européennes. In IVS, ADEME, & Ministère de la santé (Eds.).

Pruss-Ustun A, Mathers C, Corvalan C, & Woodward A. (2003). Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. WHO Protection of the human environment. Geneva. Environmental Burden of Disease at national and local levels.

Annexe

Life table of the general population

```
. ttable agedeces_d [fweight = POIDSFIN], survival intervals(5)
(warning: _d has missing values; 2 obs not used)
```

Interval	Age	Beg. Total	Deaths	Lost	Survival	Std. Error	[95% Conf. Int.]
10	15	9984841	0	96004	1.0000	0.0000	.
15	20	9888837	0	338190	1.0000	0.0000	.
20	25	9550847	20568	232888	0.9978	0.0000	0.9978 0.9978
25	30	9296791	14010	209022	0.9963	0.0000	0.9963 0.9963
30	35	9073759	14429	280096	0.9947	0.0000	0.9946 0.9947
35	40	8779234	10906	339940	0.9934	0.0000	0.9934 0.9935
40	45	8428388	14693	371829	0.9917	0.0000	0.9916 0.9917
45	50	8041866	9267	425508	0.9905	0.0000	0.9904 0.9905
50	55	7607091	59358	500834	0.9825	0.0000	0.9824 0.9826
55	60	7046899	62053	603719	0.9735	0.0001	0.9733 0.9736
60	65	6381127	207110	679488	0.9401	0.0001	0.9399 0.9403
65	70	5500429	81525	572122	0.9254	0.0001	0.9252 0.9256
70	75	4846782	298035	537700	0.8651	0.0001	0.8649 0.8654
75	80	4011047	336419	528316	0.7875	0.0002	0.7871 0.7878
80	85	3146323	338884	574729	0.6390	0.0002	0.6386 0.6395
85	90	2032699	595400	472403	0.4272	0.0003	0.4267 0.4278
90	95	964896	458861	190499	0.2018	0.0003	0.2013 0.2023
95	100	315536	163737	124017	0.0715	0.0002	0.0711 0.0719
100	105	27782	22737	5045	0.0071	0.0001	0.0069 0.0074

Life table of the populations, by level of pollution

```
. ttable agedeces_d [fweight = POIDSFIN], survival by(classe3) intervals(5)
(warning: _d has missing values; 2 obs not used)
```

Interval	Age	Beg. Total	Deaths	Lost	Survival	Std. Error	[95% Conf. Int.]
classe3 = 1							
10	15	3540836	0	3782	1.0000	0.0000	.
15	20	3537054	0	144340	1.0000	0.0000	.
20	25	3392714	0	95481	1.0000	0.0000	.
25	30	2950947	14010	85664	0.9957	0.0000	0.9956 0.9958
30	35	3197959	0	68484	0.9957	0.0000	0.9956 0.9958
35	40	3129475	0	124824	0.9957	0.0000	0.9956 0.9958
40	45	3004851	0	96329	0.9957	0.0000	0.9956 0.9958
45	50	2908327	0	140156	0.9957	0.0000	0.9956 0.9958
50	55	2768166	0	140798	0.9957	0.0000	0.9956 0.9958
55	60	2627368	28212	226174	0.9845	0.0001	0.9844 0.9847
60	65	2372982	83343	177763	0.9486	0.0001	0.9483 0.9489
65	70	2111876	15122	198124	0.9415	0.0002	0.9412 0.9418
70	75	1898630	97934	217246	0.8900	0.0002	0.8895 0.8904
75	80	1583450	73585	241030	0.8452	0.0003	0.8447 0.8457
80	85	1268835	184872	224036	0.7101	0.0004	0.7094 0.7108
85	90	859927	240912	224168	0.4815	0.0005	0.4806 0.4824
90	95	394947	171888	65410	0.2530	0.0005	0.2521 0.2539
95	100	157649	91453	53124	0.0765	0.0004	0.0758 0.0772
100	105	13072	8027	5045	0.0183	0.0003	0.0177 0.0189
classe3 = 2							
10	15	3090905	0	26527	1.0000	0.0000	.
15	20	3064378	0	105453	1.0000	0.0000	.
20	25	2958925	20568	82595	0.9930	0.0000	0.9929 0.9930
25	30	2855762	0	79933	0.9930	0.0000	0.9929 0.9930
30	35	2775809	0	79799	0.9930	0.0000	0.9929 0.9930
35	40	2696010	0	78806	0.9930	0.0000	0.9929 0.9930
40	45	2617204	14693	147197	0.9872	0.0001	0.9871 0.9873
45	50	2455314	9267	125470	0.9834	0.0001	0.9832 0.9835
50	55	2320577	23724	153183	0.9730	0.0001	0.9728 0.9732
55	60	2143670	14773	168752	0.9660	0.0001	0.9658 0.9662
60	65	1960145	25387	263700	0.9526	0.0001	0.9523 0.9529
65	70	1671058	35485	189980	0.9312	0.0002	0.9308 0.9315
70	75	1451593	61286	193812	0.8891	0.0002	0.8886 0.8895
75	80	1196495	120065	124204	0.7950	0.0003	0.7943 0.7956
80	85	952226	112389	237080	0.6876	0.0004	0.6868 0.6884
85	90	602557	159897	150078	0.4662	0.0005	0.4651 0.4672
90	95	282582	118399	82662	0.2374	0.0005	0.2363 0.2384
95	100	81521	44256	23233	0.0871	0.0005	0.0862 0.0880
100	105	14032	14032	0	0.0000	.	.
classe3 = 3							
10	15	3303413	0	65695	1.0000	0.0000	.
15	20	3237718	0	85921	1.0000	0.0000	.
20	25	3151797	0	55212	1.0000	0.0000	.
25	30	3006585	0	43805	1.0000	0.0000	.
30	35	3052780	14429	131813	0.9952	0.0000	0.9951 0.9952
35	40	2906538	10906	136310	0.9913	0.0001	0.9912 0.9915
40	45	2759322	0	128303	0.9913	0.0001	0.9912 0.9915
45	50	2631019	0	159882	0.9913	0.0001	0.9912 0.9915
50	55	2471137	27431	199798	0.9799	0.0001	0.9797 0.9800
55	60	2243908	19068	208793	0.9711	0.0001	0.9709 0.9714
60	65	2016047	90083	210677	0.9254	0.0002	0.9250 0.9257
65	70	1715287	30918	190018	0.9077	0.0002	0.9073 0.9081
70	75	1494351	138815	126642	0.8197	0.0003	0.8191 0.8202
75	80	1228894	142769	163082	0.7177	0.0004	0.7170 0.7184
80	85	923043	241423	111630	0.5179	0.0004	0.5170 0.5187
85	90	569990	184691	98157	0.3343	0.0004	0.3334 0.3351
90	95	287142	168574	42427	0.1224	0.0004	0.1217 0.1231
95	100	76141	27803	47660	0.0573	0.0003	0.0567 0.0579
100	105	678	678	0	0.0000	.	.