



INEGALITES DE SANTE EN ILE-DE-FRANCE

MASTER 1 ECONOMETRIE STATISTIQUES
PARIS 1 PANTHEON-SORBONNE

DECEMBRE 2021 – JANVIER 2022

Giulia DALL'OMO, Amande EDO, Yanis REHOUNE, Camil ZAHI
Sous la direction de Hélène HUBER

Sommaire

Avant-propos.....	2
Introduction.....	3
Cadre général	4
Revenu moyen selon le département de résidence	5
Age moyen selon le département de résidence	6
Point de vue offre : nombre de médecin par habitant	7
Point de vue demande : approche sociale	8
Espérance de vie selon le département de résidence	8
Conclusion de cette partie	10
Cas pratique : Inégalités face à la pollution en Ile de France	11
Les différents polluants	14
Impact indirect du vent dans la répartition de la population	17
Les impacts de cette pollution sur la santé de la population.....	17
Conclusion	20
Codes sous Python	21
Références.....	26

Avant-propos

Le projet ci-présent a pour objectif d'analyser les inégalités de santé dans un cadre spatial à l'échelle de l'Île-de-France.

Ce sujet s'est relevé intéressant car bien qu'il soit d'actualité, il s'appuiera sur une approche pluridisciplinaire liant cadre géographique, sociale, économique, environnementale et de la santé.

Pour ce faire, notre projet s'est découpé en deux grandes parties qui font l'objet de la structure de ce rapport. A travers chaque partie, vous aurez l'occasion de suivre notre démarche qui vous conduira aux résultats conclus et interprétés. Cela étant, certaines difficultés ont eu lieu à travers ce mémoire mais nous avons pris soin de mentionner ces dernières de manière à tenir compte de ces problèmes d'arbitrages.

Nous espérons que ce projet vous plaira ! Bonne lecture !

Introduction

A travers les bases de données que nous avons pu récupérer, nous avons eu accès aux données pour chacun des départements français. Cependant notre projet se concentrant sur les départements de la région Ile-de-France, nous n'avons gardé que les données des départements concernés, à savoir :

- 75 : Paris
- 92 : Hauts-de-Seine
- 93 : Seine-Saint-Denis
- 94 : Val-de-Marne
- 77 : Seine-et-Marne
- 78 : Yvelines
- 91 : Essonne
- 95 : Val-d'Oise

Pour certaines parties, nous avons pris intérêt à diviser l'analyse en deux, entre :

- petite couronne (départements du : 75, 92, 93, 94) ;
- grande couronne (départements du : 77, 78, 91, 95).



Figure : Départements de la région Ile-de-Franceⁱ

A travers ce projet, nous avons récupéré des données sur différentes années. Dans le cas général, on supposera pour faciliter les comparaisons, que les données n'ont pas significativement évoluées d'une année sur l'autre. Si jamais cela fut le cas, nous ne manquerons cependant pas de le mentionner pour tenir compte de ce biais.

Autre biais à tenir compte, les données étant départementales, on supposera que dans un même département, l'ensemble des territoires étant homogène, ce qui n'est évidemment pas le cas en réalité, mais malheureusement les base de données recueillies n'avait pas cette précision.

Cadre général

Plus de 190 milliards d'euros par an, c'est la dépense de consommation médicale des français en 2017ⁱⁱ, soit un peu moins de 2900€ par habitant. Avec plus de 220000 médecinsⁱⁱⁱ, soit 3,3 pour 1000 habitants, La France se situe après l'Allemagne 3,6, L'Italie 3,7, La Suède 3,8, mais avant la Grande-Bretagne 2,7.

Au total, plus de 1,9 million de personnes exercent une fonction médicale ou paramédicale en France. La consommation médicale représente plus de 4% du budget d'un ménage bien que ces chiffres semblent bons, ce modèle émet de fortes inégalités.

Ici nous nous plaçons à l'échelle de la petite couronne de l'île de France. Alors que le département de Paris ainsi que le département des Hauts-de-Seine compte entre 400 et 841 médecins pour 100000 habitants, le Val-de-Marne en compte 300 à 400 pour 100000 habitants, c'est d'autant moins pour la Seine-Saint-Denis qui n'en compte que 240 à 300 pour 100000 habitants c'est encore moins pour la Seine-et-Marne qui n'en compte que 172 à 240 pour 100000 habitants.^{iv}

Deux types d'inégalités sont présents ici :

- Des inégalités d'équipement et d'implantation : même si la quasi-totalité des franciliens vit à moins de 15 min d'un médecin généraliste, l'offre de soins reste inégale selon les territoires, en particulier pour les spécialistes ce que nous analyserons par la suite. De façon générale, les territoires qui possèdent le plus grand nombre de médecins ont aussi le plus grand nombre de pharmacies, de chirurgiens-dentistes et de lits d'hôpitaux...
- Des inégalités de consommation : les inégalités constatées sont aussi dues à une différence de nature des actes médicaux. Il s'agira d'étudier l'âge moyen dans chacun des départements pour étudier des besoins qui peuvent exister de manière locale.

La généralisation de l'accès aux soins pour tous ne peut résulter du libre fonctionnement du marché, cela dépend du niveau de l'offre de soins sur laquelle les pouvoirs publics interviennent souvent directement (dispensaires, hôpitaux publics...) et de la demande, qui doit être solvabilisée par des mécanismes de type sécurité sociale.

L'efficacité des politiques de santé ne dépend pas seulement du montant des moyens financiers à mobiliser. Elle implique une meilleure « intégration des dimensions sociales et souvent environnementales » dans l'action conduite.

Il s'agira ainsi dans cette partie d'exposer les principaux déterminants qui pourraient avoir un impact sur la santé des populations à une échelle locale.

Revenu moyen selon le département de résidence

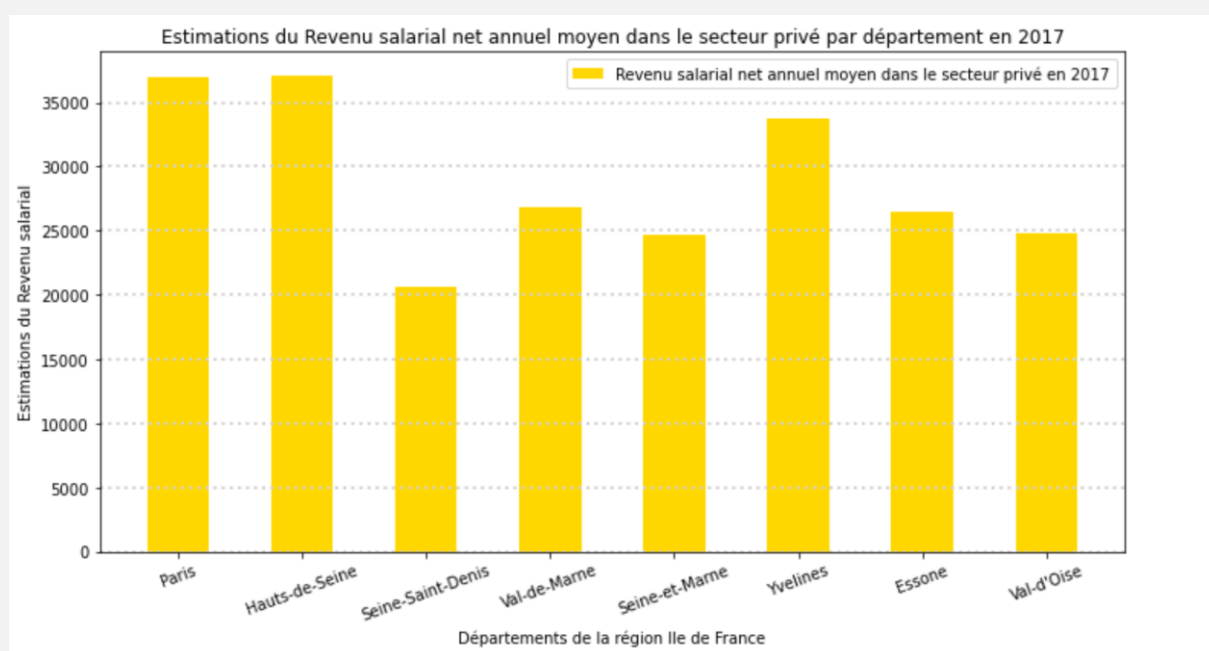
Plusieurs signaux en matière d'inégalités de revenus ont été supposés. Nous nous sommes donc intéressés aux revenus salariaux reçus par la population travaillant dans le secteur privé en fonction du département de résidence. De façon, nous pouvoir voir si des inégalités économiques peuvent potentiellement participer à des inégalités de santé. Voici les données recueillies :

Tableau 1 : Revenu moyen selon le département de résidence^v

Numéro du département	Nom du département	Ensemble	Hommes	Femmes	Cadres (y c les chefs d'entreprise salariés)	Professions interméd.	Employés	Ouvriers
0	75 Paris	36 960	42 160	31 170	56 810	27 130	16 850	16 250
1	92 Hauts-de-Seine	37 120	41 650	31 840	56 770	27 570	17 400	17 430
2	93 Seine-Saint-Denis	20 640	21 550	19 310	38 720	24 310	15 430	16 180
3	94 Val-de-Marne	26 770	28 940	24 020	46 280	25 920	16 630	17 470
4	77 Seine-et-Marne	24 630	27 250	21 230	43 820	26 630	16 950	18 720
5	78 Yvelines	33 760	38 790	27 130	57 020	27 400	17 070	18 470
6	91 Essonne	26 490	29 100	22 980	46 540	26 650	16 960	18 060
7	95 Val-d'Oise	24 760	26 760	22 080	44 660	26 170	16 640	17 770

selon les estimations du Revenu salarial net annuel moyen par sexe et PCS dans le secteur privé en 2017

A partir de ces données, nous avons établi un graphique qui reflètera vraisemblablement bien les inégalités à une échelle départementale.



Graphique 1 : Inégalités de revenu en Ile-de-France

A la suite de ces résultats, nous avons trouvé judicieux de diviser ces départements en trois groupes :

- Un premier groupe avec les départements les plus riches : à savoir Paris, les Hauts-de-Seine, et les Yvelines, que l'on nommera par la suite : « l'ouest parisien ».
- Un second groupe avec les départements les plus pauvres, ici la Seine-Saint-Denis qui a des résultats bien en dessous. Nous nommerons ce groupe : « l'est parisien ».
- Un troisième groupe avec les départements se situant dans la moyenne : le Val-de-Marne, la Seine-et-Marne, l'Essonne et le Val-d'Oise.

Les inégalités de revenus sont bien présentes ici et vont même quasiment du simple au double entre l'est-parisien et l'ouest parisien. Ces différences non négligeables sont importantes à garder à l'esprit car nous verrons par la suite que ce sont souvent les mêmes départements de l'ouest qui bénéficient d'indicateurs favorables sur différents aspects tandis que les autres, comme la Seine-Saint-Denis, accumulent les faiblesses.

Age moyen selon le département de résidence

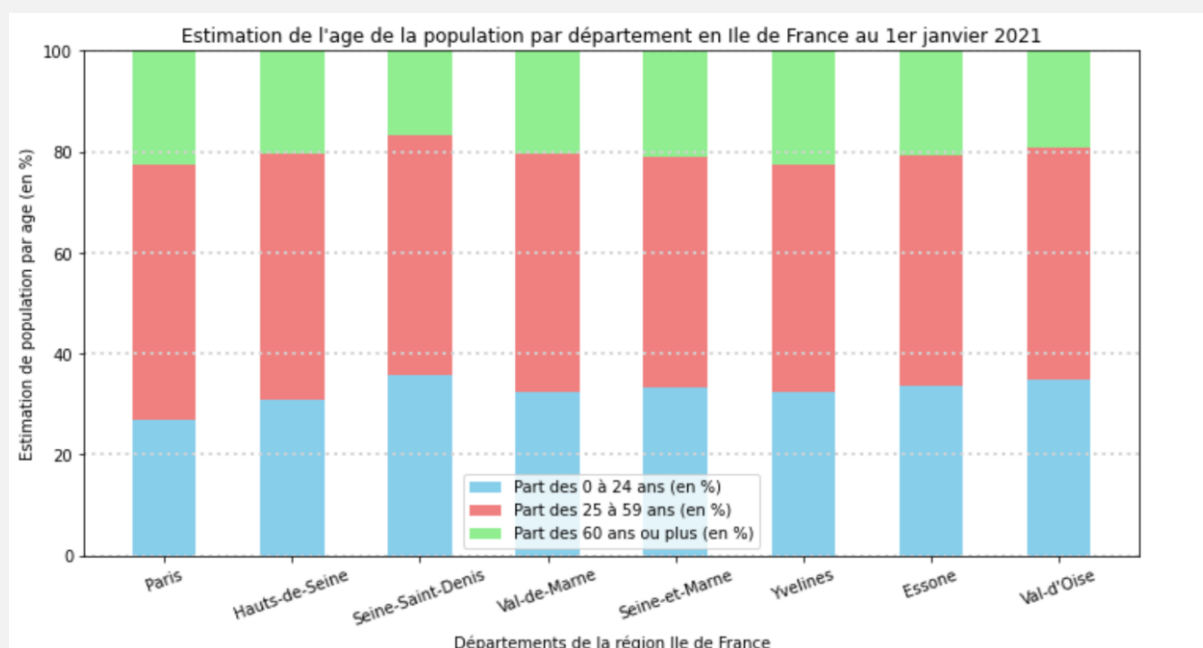
Les besoins de se soigner évoluant à la hausse avec la vieillesse, il est intéressant de s'intéresser à la composition départementale de la population dans chacun des départements. De fait, nous avons pu recueillir une base de données sur les estimations de population par sexe et âge selon le département de résidence. Voici une première visualisation des données recueillies :

Tableau 2 : Sexe et âge moyen selon le département de résidence^{vi}

	Numéro du département	Nom du département	Ensemble	Part des femmes (en %)	Part des hommes (en %)	Part des 0 à 24 ans (en %)	Part des 25 à 59 ans (en %)	Part des 60 ans ou plus (en %)	dont part des 75 ans ou plus (en %)
0	75	Paris	2 142 366	53	47	26,8	50,5	22,8	8,2
1	92	Hauts-de-Seine	1 633 100	52,5	47,5	30,8	48,7	20,5	7,3
2	93	Seine-Saint-Denis	1 669 340	50,9	49,1	35,6	47,6	16,8	5
3	94	Val-de-Marne	1 418 572	51,9	48,1	32,4	47,3	20,4	7
4	77	Seine-et-Marne	1 432 475	51,4	48,6	33,3	45,8	20,8	6,5
5	78	Yvelines	1 452 910	51,4	48,6	32,2	45,3	22,5	8,1
6	91	Essonne	1 315 456	51,1	48,9	33,6	45,7	20,7	7,1
7	95	Val-d'Oise	1 260 042	51,5	48,5	34,9	45,8	19,3	5,9

selon les estimations de population par sexe et âge au 1er janvier 2021

Une fois ces données analysées, nous avons créé le graphique ci-dessous qui établit la composition par âge des individus au sein de chaque département. La population a été divisée en 3 groupes d'âges : les jeunes (≤ 24 ans), les adultes (≥ 25 ans & ≤ 59 ans), et les seniors (≥ 60 ans).



Graphique 2 : Différences dans la composition de la population

Ce qui ressort de ce graphique nous a aidé pour constituer 3 strates de départements en fonction des caractéristiques d'âge de la population dans chaque département :

- Des départements avec une population jeune importante : La Seine-Saint-Denis.
- Des départements avec une population âgée non négligeable : Paris, les Yvelines.
- Des départements sans caractéristique d'âge significative : les Hauts-de-Seine, le Val-de-Marne, la Seine-et-Marne, l'Essonne et le Val-d'Oise.

On peut penser que la Seine-Saint-Denis ayant une population plus jeune devrait avoir moins besoin de se soigner. A l'inverse de Paris et les Yvelines qui devrait avoir davantage de demande sur les actes médicaux. Ces approches seront reprises par la suite dans le cadre de la partie offre & demande de services de santé.

Point de vue offre : nombre de médecin par habitant

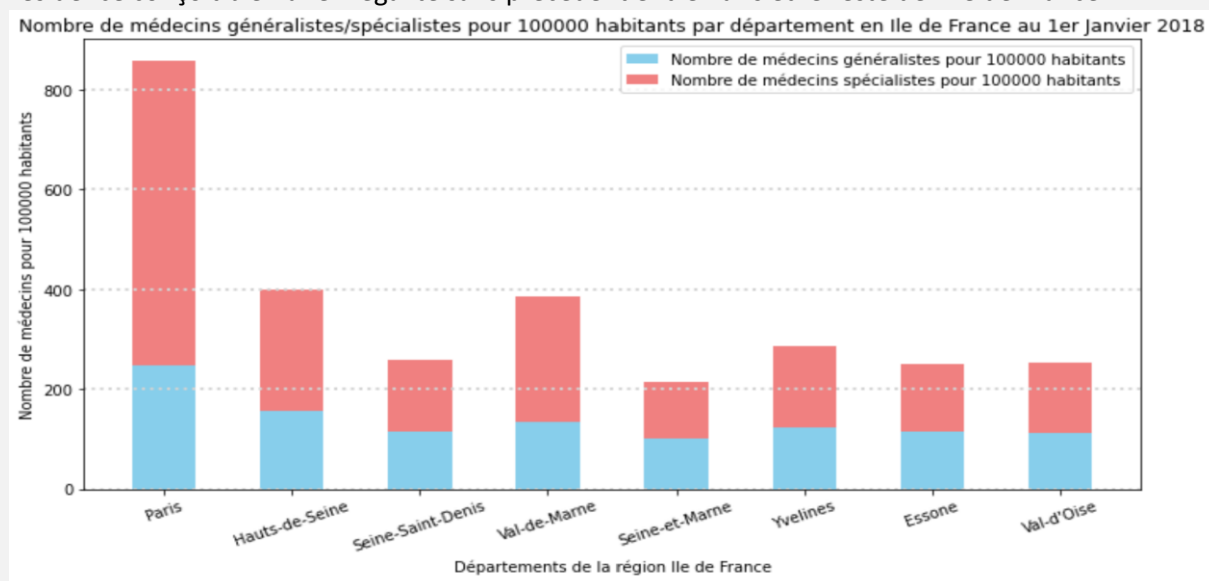
L'offre de médecin constituant l'un des points importants à analyser. En effet, comme explicité précédemment, le nombre de médecins varie fortement à l'échelle départementale. De fait, nous avons pu recueillir une base de données sur les estimations du nombre de professionnels de santé selon le département de résidence. Voici une première visualisation des données recueillies :

Tableau 3 : Nombre de médecins par habitant selon le département de résidence^{vii}

Numéro du département	Nom du département	Ensemble des médecins	dont général.	dont spécial.	Chirurg. dentistes	Infirmiers diplômés d'État	Pharm.
0	75 Paris	858	248	610	141	1 771	188
1	92 Hauts-de-Seine	399	157	242	86	868	143
2	93 Seine-Saint-Denis	258	115	142	50	659	70
3	94 Val-de-Marne	385	133	252	66	921	104
4	77 Seine-et-Marne	214	100	114	44	655	78
5	78 Yvelines	287	122	165	59	704	99
6	91 Essonne	250	114	136	49	758	93
7	95 Val-d'Oise	254	111	143	48	712	80

selon les estimations du nombre de professionnels de santé au 1^{er} janvier 2018

Le graphique ci-dessous représentant le nombre de médecins par habitant selon le département de résidence conçoit bien une inégalité sans précédent entre Paris et le reste de l'Ile de France.



Graphique 3 : Inégalités du côté de l'offre de santé

Ces résultats impliquent de lourdes inégalités territoriales. De nouveau, 3 tendances de départements ont pu être ressorties :

- Des départements avec une offre importante de service de santé, avec beaucoup de médecins généralistes et surtout une grande quantité de médecins spécialistes : cela concerne Paris.
- Des départements avec une offre moindre que l'offre parisienne mais qui reste tout de même à la hauteur des besoins avec plus de 50% de médecins spécialistes : les Hauts-de-Seine et le Val-de-Marne.
- Des départements avec de fortes inégalités vis-à-vis de Paris : cela concerne la Seine-Saint-Denis, la Seine-et-Marne, les Yvelines, l'Essonne, et le Val-d'Oise.

Ainsi, quant à l'offre de médecin, c'est un réel modèle géographique centre-périphérie qui s'opère avec une offre très importante dans la capitale pour laisser place à moins de médecins en grande couronne. La différence est déjà flagrante entre Paris et la grande couronne pour les médecins généralistes variant du simple au double sur certains territoires, or ces inégalités deviennent massives lorsqu'elles concernent les médecins spécialistes. Paris compte 5,35 fois plus de spécialistes pour un même nombre d'habitants par rapport à la Seine-et-Marne.

Point de vue demande : approche sociale

Bien qu'une partie du problème ait bien été compris par le point de vue de l'offre avec le nombre de médecins par habitant qui témoigne de certaines inégalités territoriales, un autre point de vue, côté demande peut aussi expliquer des inégalités sociales de santé.

Des réticences qui sont expliquées dans le papier de Huguette Boissonnat-Pelsy, Chantal Sibue-DeCaigny, Accès aux soins des populations défavorisées : la relation soignant-soigné, Dans Laennec 2006/2 (Tome 54).^{viii}

En effet, une première intuition consistait à penser que, en moyenne, parmi les départements où vivent les populations les plus pauvres, des composantes comportementales peuvent être marquées puisque ces dernières ont en moyenne moins l'habitude d'être suivies chez le médecin notamment lorsqu'elles vieillissent. On a moins le réflexe d'aller chez le médecin a besoin égal par rapport aux populations les plus aisés qui ont souvent un bon suivi chez le médecin, notamment chez les spécialistes. En revanche, dans les populations les plus pauvres, on va souvent quand il est trop tard et que la maladie a eu le temps de se développer à un stade avancé. Et cela peut aussi être un facteur de ce que nous allons analyser dans la prochaine partie avec une espérance de vie moindre chez les populations les plus pauvres présentes en plus fortes parties dans l'est parisien. Des inégalités qui se cumulent dans l'espace en défaveur des plus démunis, bien que le système de sécurité sociale permette l'accès des soins à toutes à tous.

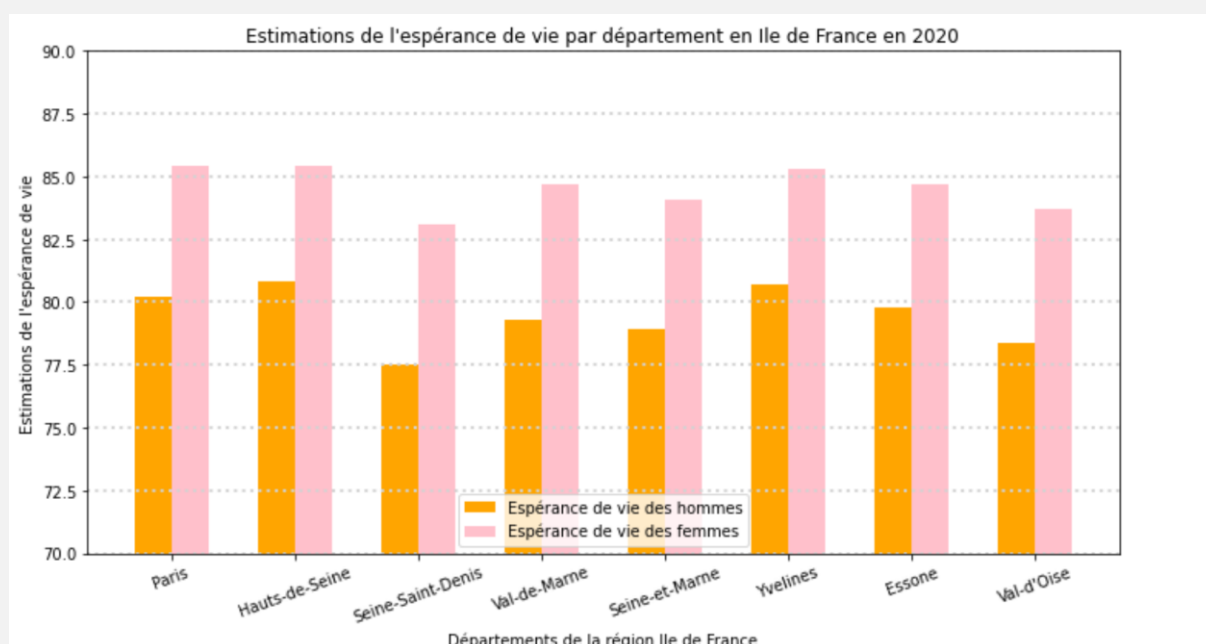
Espérance de vie selon le département de résidence

Des différences significatives ont pu être observées sur l'espérance de vie à une échelle départementale. Il a été question d'analyser l'espérance de vie à différents stades de la vie selon le département de résidence. Ces données pour lesquels les inégalités peuvent paraître moins flagrantes lorsqu'elles sont présentées sous forme de graphique, plusieurs années d'espérance de vie de différences sont en jeu entre départements de l'est parisien et de l'ouest parisien. Vous trouverez ci-dessous les données concernant l'espérance de. Bien que les différences ne soient pas très importantes lorsqu'on regarde l'espérance de vie à 60 ans, nous regarderons donc pertinemment l'espérance de vie à la naissance qui montre quant à elle des différences intéressantes.

Tableau 4 : Espérance de vie selon le département de résidence^{ix}

Numéro du département	Nom du département	Espérance de vie à la naissance pour un homme	Espérance de vie à la naissance pour une femme	Espérance de vie à 20 ans pour un homme	Espérance de vie à 20 ans pour une femme	Espérance de vie à 40 ans pour un homme	Espérance de vie à 40 ans pour une femme	Espérance de vie à 60 ans pour un homme	Espérance de vie à 60 ans pour une femme
0	75 Paris	80,2	85,4	60,9	66	41,6	46,3	23,8	27,5
1	92 Hauts-de-Seine	80,8	85,4	61,5	65,8	42,1	46,1	23,8	27,3
2	93 Seine-Saint-Denis	77,5	83,1	58,4	63,7	39,2	44,1	21,6	25,7
3	94 Val-de-Marne	79,3	84,7	60,2	65,4	40,9	45,7	23,1	27,1
4	77 Seine-et-Marne	78,9	84,1	59,5	64,5	40,4	44,8	22,7	26,3
5	78 Yvelines	80,7	85,3	61,1	65,8	41,8	46,1	23,6	27,4
6	91 Essonne	79,8	84,7	60,2	65,3	40,9	45,6	23	27
7	95 Val-d'Oise	78,4	83,7	59,1	64,4	39,8	44,7	22,2	26

selon les estimations de l'espérance de vie en 2020



Graphique 4 : Inégalités sur l'espérance de vie

Les données recueillies nous ont retourné 3 groupes de départements :

- Un groupe avec les départements où les habitants vivent plus longtemps : il s'agit de Paris, des Hauts-de-Seine, du Val-de-Marne, des Yvelines et de l'Essonne.
- Un groupe avec les départements où les habitants vivent significativement moins longtemps : la Seine-Saint-Denis.
- Un dernier groupe avec le reste des départements qui ne présentent pas de caractéristique propre : à savoir la Seine-et-Marne et le Val-d'Oise.

Ce que l'on peut remarquer a priori c'est qu'on retrouve souvent les mêmes départements avec des signaux positifs et de même pour les signaux négatifs. L'est parisien et en particulier la Seine-Saint-Denis se retrouve marginalisé par un bon nombre de points de vue tel que l'on montré ls différents points de cette partie, notamment ici avec comme nous venons de le signaler, une espérance de vie moindre à la moyenne de l'Ile de France (à 83,1 ans en 2015 selon l'INSEE).

Conclusion de cette partie

Cette partie, dont l'objectif se voulait de mettre en perspective les différentes inégalités territoriales qui pouvaient favoriser les inégalités de santé sur certains territoires, a permis d'exposer la situation à une échelle spatiale en Ile-de-France.

Ce qui en ressort, c'est que ce sont souvent à travers les mêmes départements qui se retrouvaient avec de bons indicateurs en termes économiques, sociales, d'offre de santé... que la population vivait aussi davantage longtemps. Paris et l'ouest parisien se retrouvaient favorisés.

A l'inverse, on a souvent retrouvé la Seine-Saint-Denis comme le département principal qui cumule un certain nombre de problèmes. Moins de revenus, moins d'offres de soins, des problèmes sociaux en outre de cela qui ne favorise pas la santé des plus démunis présents sur son territoire.

Maintenant que nous avons exposé un certain nombre d'aspects, nous allons étudier le cas pratique des inégalités liées à la pollution de l'air dans une seconde partie. Il s'agira de voir si comme dans cette première partie, on retrouve une séparation entre ouest et est parisien en matière d'inégalités de pollution et ses impacts sur la santé des populations résidentes.

Cas pratique : Inégalités face à la pollution en Ile de France

Après avoir présenté dans la première partie, différentes composantes départementales pouvant être la cause des inégalités de santé au sein de l'Ile de France, nous allons maintenant nous concentrer sur une inégalité majeure qu'est l'exposition à la pollution.

Nous montrerons ici encore que des effets locaux sont à l'œuvre ici et c'est ce qu'il s'agira d'analyser dans ce cas précis.

Une fois de plus, les inégalités sont flagrantes lorsqu'elles sont présentées sur une carte.

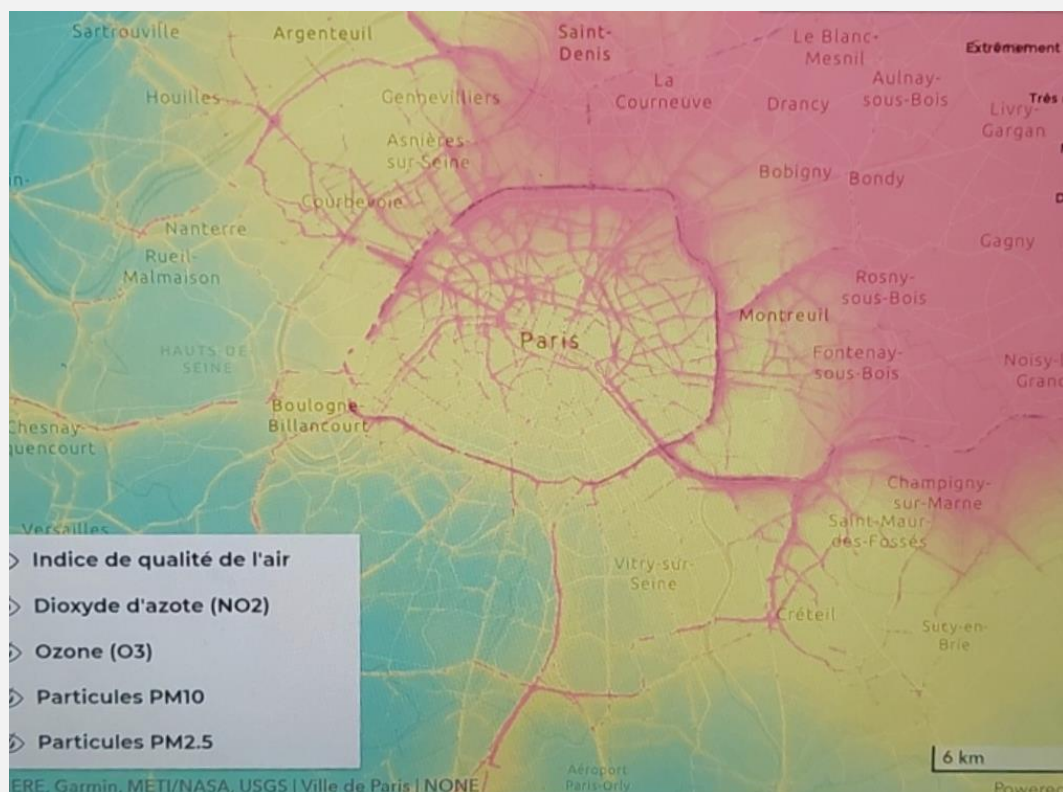


Figure 1 : État de la qualité de l'air à Paris le 06/12/2021^x

La journée du 06/12/2021 a parfaitement remis en question l'homogénéité de la pollution en fonction des territoires. L'indice varie de mauvais (à l'est) à bon (à l'ouest).

De même, 6 semaines plus tard lors d'un fort niveau de pollution, on retrouve des résultats similaires.

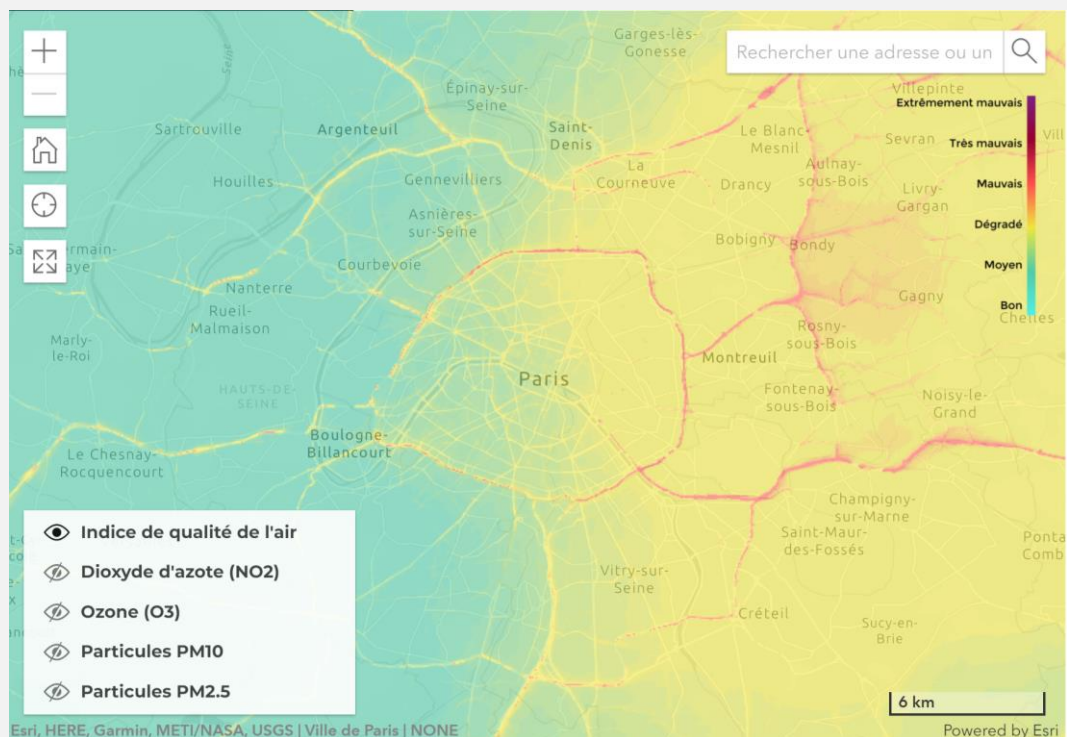


Figure 2 : État de la qualité de l'air à Paris le 16/01/2022

A une échelle régionale, voici ce qu'on observe pour la journée du 15/01/2022.

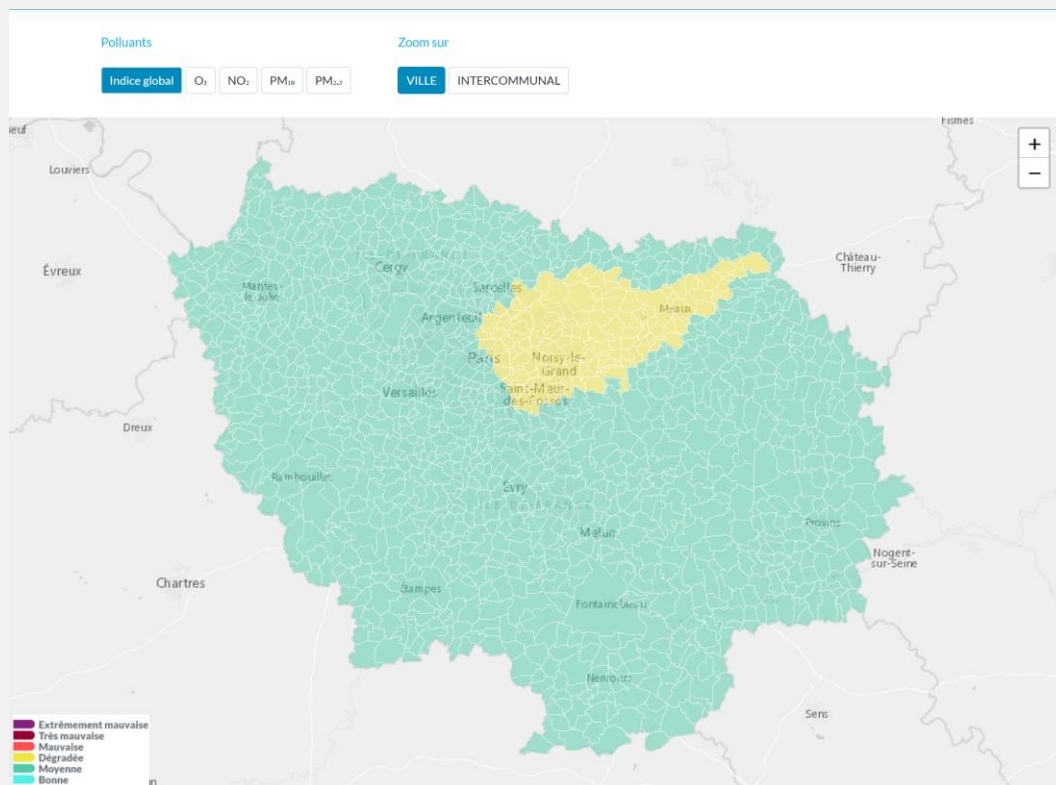


Figure 3 : État de la qualité de l'air en Ile de France le 15/01/2022

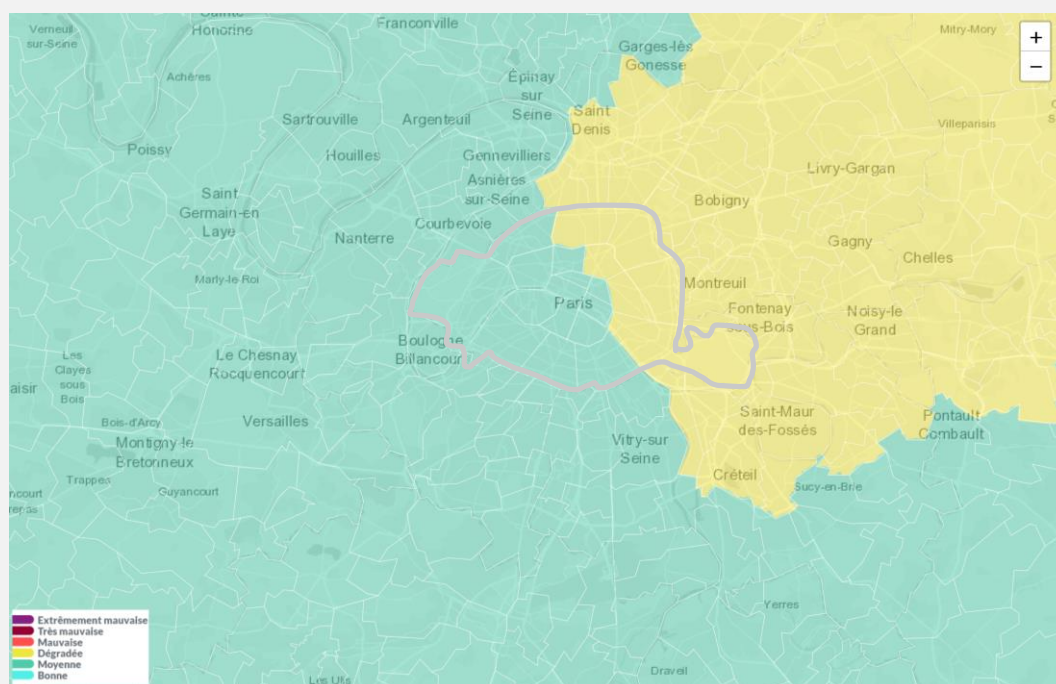


Figure 4 : État de la qualité de l'air en petite couronne le 15/01/2022

Les résultats sont à nouveau les mêmes et se reproduisent souvent dans le même sens avec les territoires de l'est davantage pollués que ceux de l'ouest en moyenne. Nous n'avons malheureusement pas pu avoir accès à des moyennes sur le long terme.

Cependant, c'est bien cette même tendance que nous avons retrouvée à maintes reprises et qui nous a donné l'intuition et l'envie de s'intéresser à ce sujet. Un indice de qualité de l'air variant de bon (vert) à mauvais (rouge) selon où l'on se situe dans la région. Le problème c'est que ce sont souvent les mêmes endroits qui sont la source de pollutions excessives, à savoir le nord-est parisien.

Il s'agira de comprendre comment fonctionne cet indice de qualité de l'air pour ensuite essayer de comprendre pour quelles raisons ce sont toujours les mêmes territoires qui y sont le plus défavorisés face à la pollution. Pour ce faire, nous avons eu accès à différents jeux de données, produits par Airparif, disponibles sur ce portail et présentés ci-dessous : [Airparif \(arcgis.com\)](https://airparif.arcgis.com)

Grace à ce site : « Ces jeux de données (et métadonnées associées) sont mis à disposition via des flux Open Data. L'objectif est de faciliter leur appropriation, leur réutilisation par des tiers, alimenter des nouveaux services web de manière automatisée. Les données, sous licence ODbL, représentent :

- Les quantités de polluants présents dans l'air relevé aux stations de mesures (concentration observée) ou spatialisées sur les territoires (concentrations cartographiées).
- Les quantités de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre rejetés dans l'air par les différentes sources de pollution (émissions).
- Les populations et superficies de territoires soumises à des dépassements de valeur réglementaire (exposition).
- Les informations agrégées pour qualifier la qualité de l'air observée et prévue (indice de qualité de l'air).
- Le déclenchement d'alerte en cas d'épisode de pollution (épisode de pollution).

Les notices d'utilisation des flux sont disponibles au format Postman. Ces données sont aussi accessibles sur la plateforme data.gouv.fr »

Les différents polluants

L'indice de qualité de l'air tient donc de ses différents polluants :

- Le dioxyde d'azote (NO₂) : émis lors de combustions à haute température, il participe à la formation de l'ozone sous l'effet du rayonnement solaire et contribue à la formation des PM₁₀ et PM_{2,5}. Il s'agit d'une substance fortement irritante des voies respiratoires : population sensible c'est-à-dire enfants et personnes présentant déjà des problèmes respiratoires chroniques.
Les oxydes d'azote sont émis à 65% par le trafic routier, principalement par les véhicules diesel. Le chauffage constitue la 2e source d'émissions (pour 21%).
- L'ozone (O₃) : ce polluant secondaire formé par réaction entre polluants primaires d'origine automobile ou industrielle provoque le plus fréquemment de la toux sèche et des effets cardiovasculaires. À long terme il peut provoquer des mortalités respiratoires et au développement de l'asthme.
- Les particules fines (PM₁₀ et PM_{2,5}) : principalement émises par le trafic routier et le chauffage au bois, elles entraînent des effets néfastes pour la santé à court et long terme, notamment respiratoires et cardio-vasculaires sur les populations les plus sensibles. Ces particules qui sont très petites sont très dangereuses car elles passent facilement dans les poumons.
Les particules fines PM_{2,5} sont émises à 49% par le chauffage, principalement par le chauffage au bois. Le trafic routier constitue la 2e source d'émission des PM_{2,5} à Paris (35%). Les chantiers représentant la 3e source d'émission des PM_{2,5} (9%). 60% des particules émises par un véhicule proviennent de la combustion du moteur, 40% proviennent de l'abrasion des freins, des pneus et de la route.

L'impact le plus important est l'exposition chronique au PM_{2,5}. Le respect de la norme de l'OMS de 10 microgrammes par mètre cube en moyenne annuelle permettrait de gagner jusqu'à 6 mois d'espérance de vie à l'âge de 30 ans à Paris tout en permettant d'éviter un nombre 2423 morts dont 1385 infarctus aigus du myocarde en 2005.

Si l'on s'intéresse à la qualité de l'air par polluants, les résultats sont à analyser en précision. Tous les polluants n'étaient visiblement pas seulement dans l'est parisien. En effet, pour ce qui est de l'exposition à l'ozone, la qualité de l'air semblait meilleure à l'est parisien. En revanche pour les autres polluants et en particulier pour les particules fines plus dangereuses pour la santé humaine, c'est à l'est que la qualité de l'air était la plus dégradée (voir résultats sur les 4 figures ci-dessous).

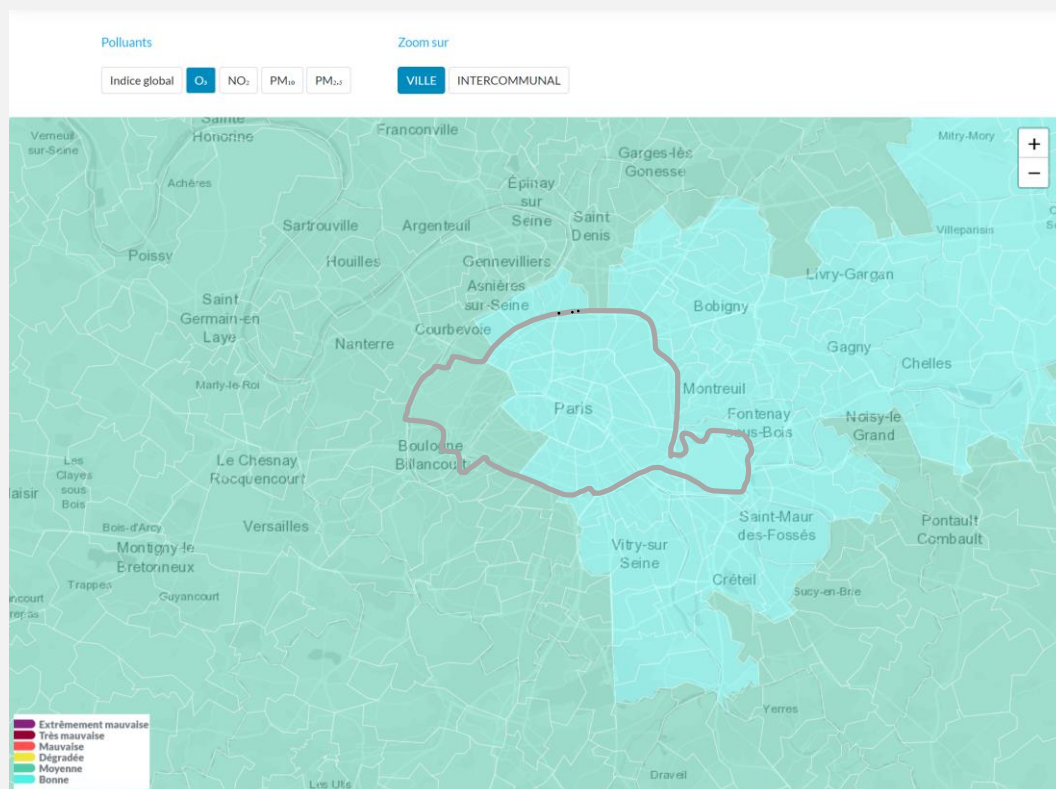


Figure 1 : Exposition à l'O3 en petite couronne le 15/01/2022

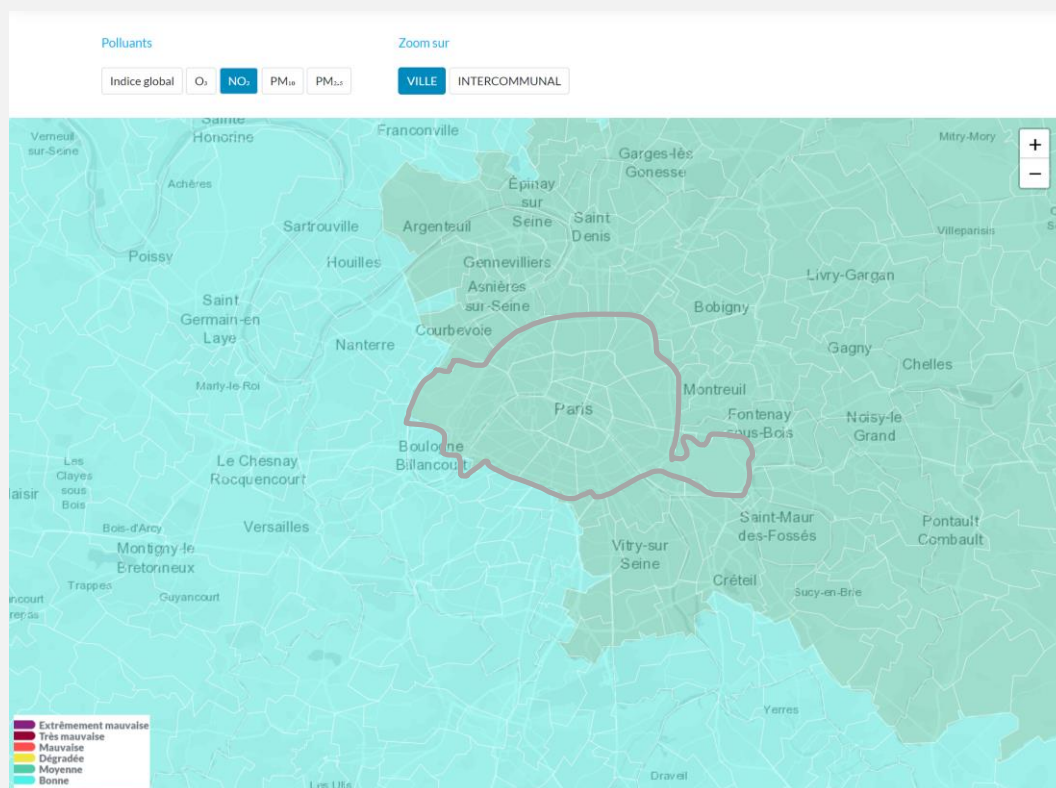


Figure 2 : Exposition au Nox en petite couronne le 15/01/2022

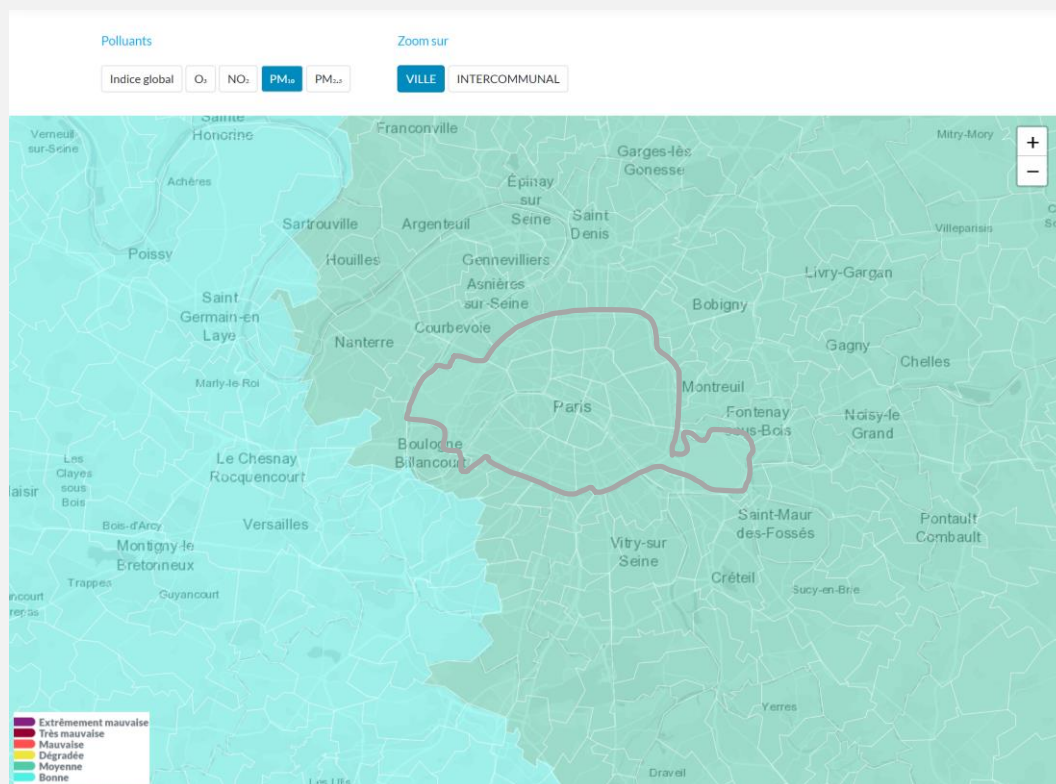


Figure 3 : Exposition au PM10 en petite couronne le 15/01/2022

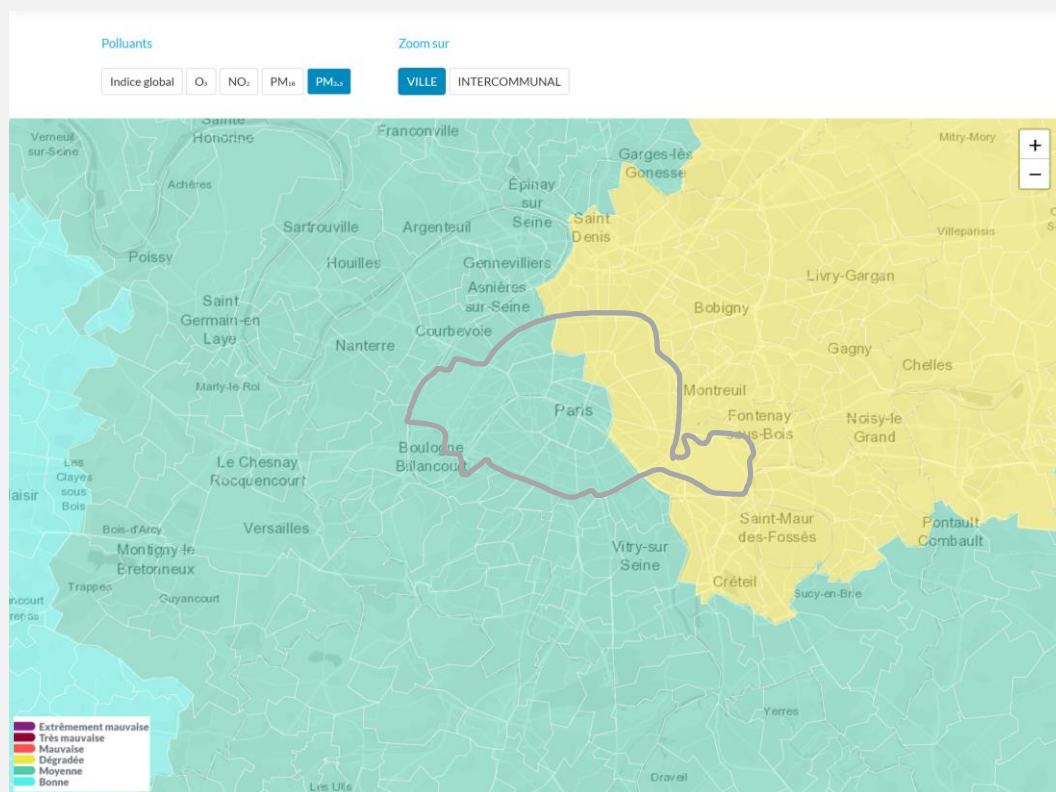


Figure 4 : Exposition au PM2,5 en petite couronne le 15/01/2022

Impact indirect du vent dans la répartition de la population

Le vent est un déplacement d'air qui s'écoule des zones de haute pression (anticyclones) vers les zones de basse pression (dépressions). Si nous nous intéressons à cela ici, c'est parce que le vent a grandement influencé la répartition de la population dès la première révolution industrielle.

Comme dans la plupart des grandes villes européennes, les vents régionaux soufflant principalement d'ouest en est. La répartition de la population va se faire avec un sud-ouest bourgeois protégé des fumées puisque le vent les pousse vers l'est. En revanche au nord-est, nous retrouverons les quartiers les plus pauvres avec des ouvriers sous la fumée.

Bien que la répartition de la population se serait rapidement opérée lors de l'industrialisation du 19^{ème} siècle, cette répartition est dans une moindre mesure toujours d'actualité et s'est même étendu par la suite aux villes et départements limitrophes.

Ainsi on retrouve encore aujourd'hui une proportion de franciliens d'un milieu populaire dans le nord-est de l'agglomération parisienne.

Les impacts de cette pollution sur la santé de la population

Pour étudier la santé de la population par départements, nous nous sommes appuyés sur les données de l'Observatoire Régional de Santé (ORS)^{xi} que nous avons recueillies.

Tout d'abord, nous avons étudié le pourcentage de la population exposée à une pollution atmosphérique par départements en 2019. Pour Paris, on atteint quasi partout la totalité de la population exposée à la pollution. Pour la petite couronne, on retrouve une exposition importante pour les territoires du nord. Pour la grande couronne, les résultats montrent une faible exposition à la pollution pour les départements de la grande couronne.

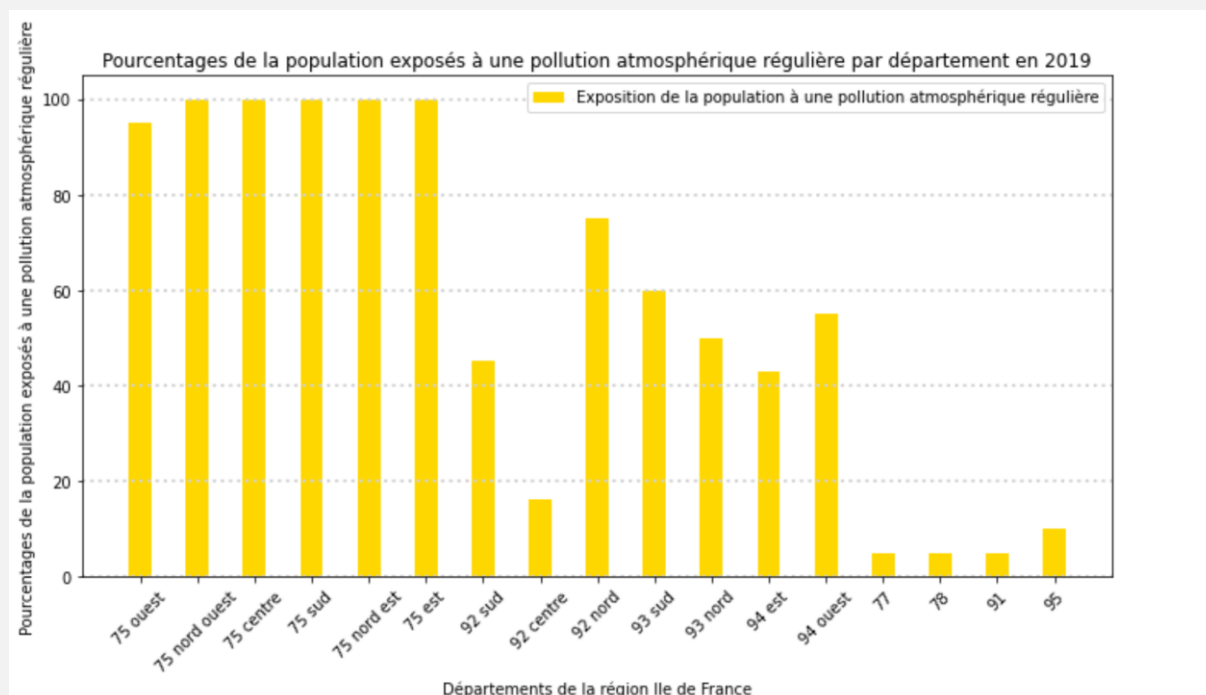


Figure 5 : Pourcentages de la population exposée à une pollution atmosphérique par département en 2019

Ensuite, nous avons récupéré les données sur la mortalité par cancer du poumon et par maladies de l'appareil respiratoire dont une pollution chronique peut entraîner des conséquences néfastes sur la santé des habitants.

En ce qui concerne les cancers, le territoire est dans une situation plutôt favorable par rapport à celle observée en moyenne en Île-de-France. Néanmoins, les résultats du premier graphique sous-entendent de légères différences au sein même de Paris avec un ouest très largement en dessous en matière de mortalité et d'admission en ALD pour cancer du poumon ou maladies de l'appareil respiratoire. A l'inverse, l'est et le nord parisien connaissent une surmortalité par cancer du poumon de +10,1 % par rapport à la moyenne régionale.

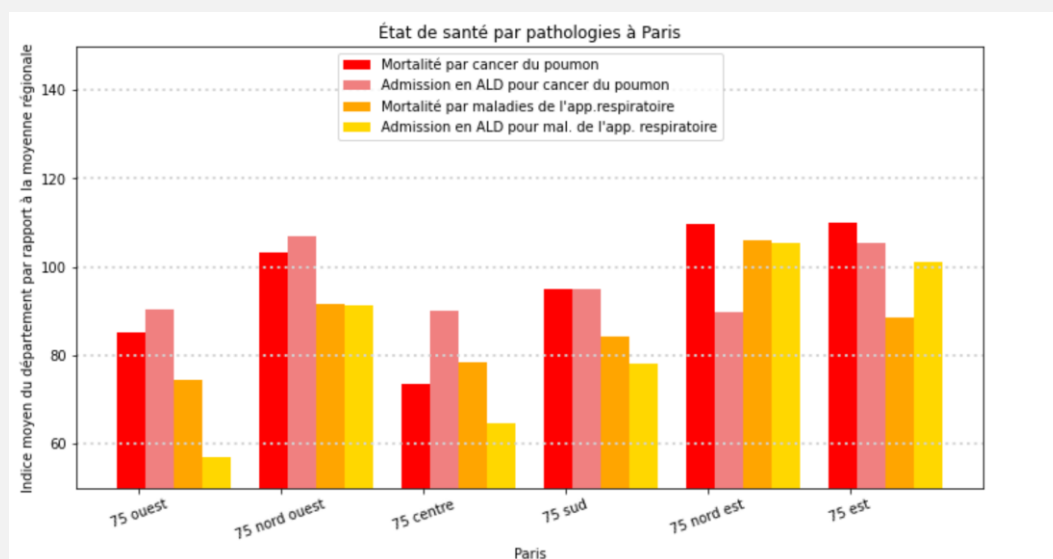


Figure 6 : Etat de santé par pathologies à Paris

De même, nous avons réalisé le même type de graphique avec les données des territoires de la petite couronne.

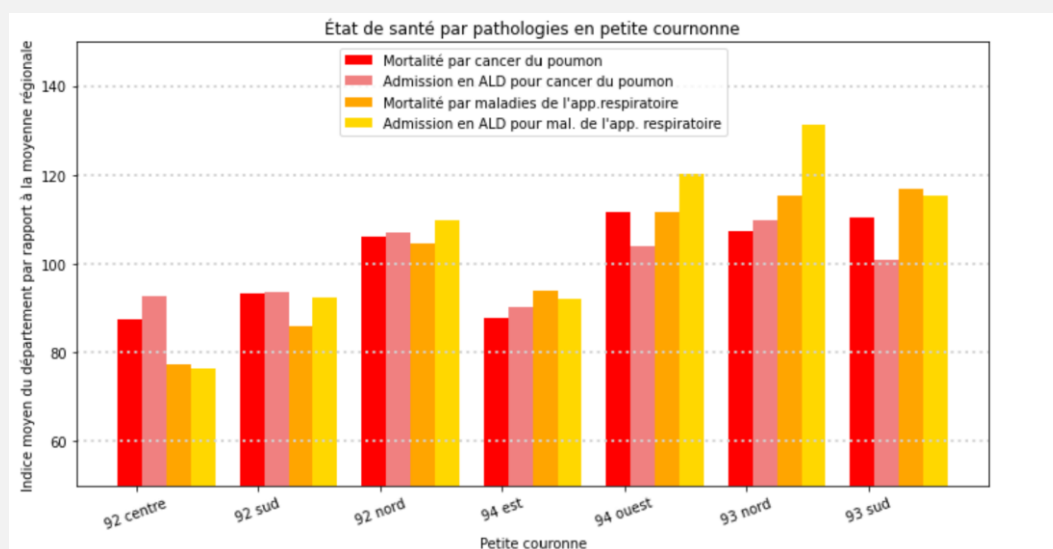


Figure 7 : Etat de santé par pathologies en petite couronne

La Seine-Saint-Denis connaît une mortalité par cancer supérieure à celle observée au niveau régional et une sous-admission en Affection Longue Durée (ALD). De même concernant les maladies cardiovasculaires, les indicateurs sont défavorables par rapport à ceux observés en moyenne en Île-

de-France. Pour les maladies de l'appareil respiratoire, on atteint une mortalité supérieure de +16,9 % à celle observée en moyenne en Île-de-France. Concernant les Hauts de Seine, les indicateurs sont favorables pour le sud et le centre. En revanche, ils sont mauvais pour le nord puisque les taux comparatifs de personnes en ALD et de nouvelles admissions en ALD pour maladies de l'appareil respiratoire sont, quant à eux, significativement supérieurs aux niveaux moyens franciliens (respectivement +12,6 % et +9,7 %).

Enfin, nous avons analysé les résultats en grande couronne.

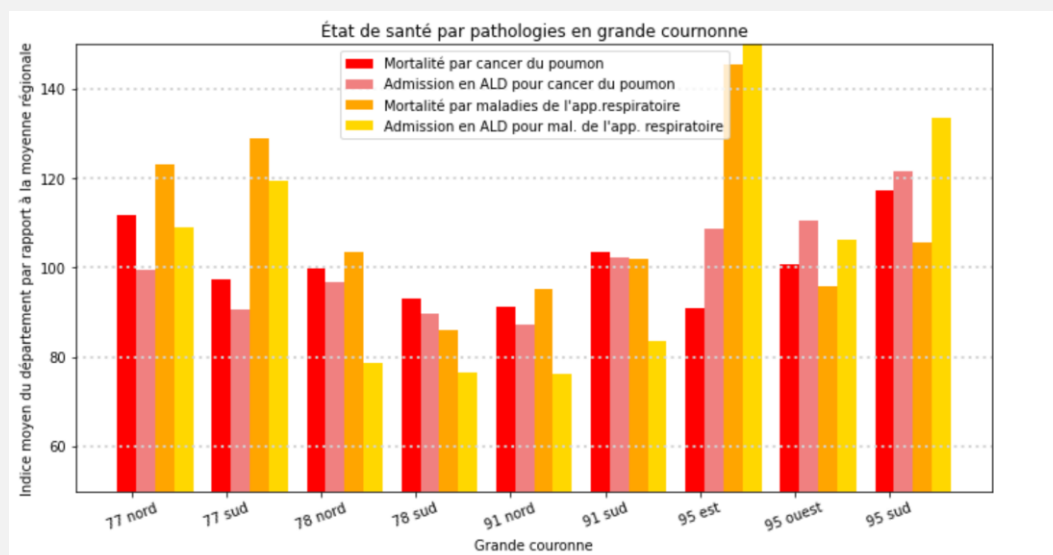


Figure 8 : Etat de santé par pathologies en grande couronne

Dans les Yvelines, la mortalité par cancer du poudon est inférieure à celle observée en Île-de-France et en ce qui concerne les nouvelles admissions en ALD pour cancer, elles sont inférieures de -10,3 % par rapport à la moyenne régionale. De même pour l'Essonne où les résultats semblent plutôt bons. En revanche, pour ce qui est du Val d'Oise, entre 2013 et 2015, la mortalité est supérieure à la moyenne régionale et les taux comparatifs de personnes en ALD pour maladies de l'appareil respiratoire sont aussi significativement supérieurs aux niveaux moyens franciliens. Quant à la Seine et Marne, le territoire présente des niveaux de mortalité par maladies cardiovasculaires, par cardiopathie ischémique et par maladies vasculaires cérébrales supérieurs à la moyenne francilienne (respectivement de +24,1 %, +16,9 % et +25,0 %). Les décès par maladies cardiovasculaires représentent 23,2 % des décès du territoire.

Conclusion

Ainsi, nous avons vu que la pollution n'était souvent pas présente de façon homogène en Ile-de-France. L'est parisien, bien plus exposé à une pollution nocive pour les habitants avec une exposition aux particules fines fortes. C'est cette même cause qui est aussi responsable dans une moindre mesure de maladies cardiovasculaires et de cancers des poumons où les habitants de l'est parisien sont proportionnellement plus touchés. Des inégalités de santé demeurent encore aujourd'hui en Ile-de-France.

Une exposition à la pollution a donc bien entendu des risques de développer un cancer des poumons ou des maladies respiratoires mais là n'est pas le seul paramètre car comme nous l'avons développé en partie 1, le suivi de la santé des patients est également important pour éviter de laisser s'installer une maladie et comme nous l'avons vu, l'offre de santé étant moins développée en grande couronne.

Codes sous Python

```
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
import os
```

Tableau 1 : Revenu moyen selon le département de résidence

```
data_revenu_moyen = pd.read_csv('BASES DE DONNEES/REVENU MOYEN PAR DEPARTEMENT.csv',
sep=',')
data_revenu_moyen
```

Graphique 1 : Inégalités de revenu en Ile-de-France

```
labels = ["Paris", "Hauts-de-Seine", "Seine-Saint-Denis", "Val-de-Marne", "Seine-et-
Marne", "Yvelines", "Essone", "Val-d'Oise"] # Noms des départements
serie = [36960, 37120, 20640, 26770, 24630, 33760, 26490, 24760] # Valeurs des revenus par
département
fig = plt.figure(figsize=(12, 6)) # Taille de la figure
width = 0.5 # Taille des bars
plt.bar(labels, serie, width, color="gold", label="Revenu salarial net annuel moyen dans le secteur
privé en 2017") # Création du graphique
plt.title("Estimations du Revenu salarial net annuel moyen dans le secteur privé par département en
2017") # Titre du graphique
plt.xlabel("Départements de la région Ile de France") # Titre de l'axe des abscisses
plt.ylabel("Estimations du Revenu salarial") # Titre de l'axe des ordonnées
plt.xticks(rotation=20) # Rotation des noms de départements de quelques degrés
plt.grid(which='major', axis='y', color="lightgray", linewidth=2, linestyle=':') # Affichage de la grille
plt.legend(loc="best") # Affichage de la légende
plt.show() # Affichage du graphique
```

Tableau 2 : Sexe et âge moyen selon le département de résidence

```
data_age_moyen = pd.read_csv('BASES DE DONNEES/AGE MOYEN PAR DEPARTEMENT.csv', sep=',')
data_age_moyen
```

Graphique 2 : Différences dans la composition de la population

```
labels = ["Paris", "Hauts-de-Seine", "Seine-Saint-Denis", "Val-de-Marne", "Seine-et-
Marne", "Yvelines", "Essone", "Val-d'Oise"] # Noms des départements
serie_1 = [26.8, 30.8, 35.6, 32.4, 33.3, 32.2, 33.6, 34.9] # Valeurs de la part de 0-24 ans par département
serie_2 = [50.5, 48.7, 47.6, 47.3, 45.8, 45.3, 45.7, 45.8] # Valeurs de la part de 25-59 ans par département
serie_3 = [22.8, 20.5, 16.8, 20.4, 20.8, 22.5, 20.7, 19.3] # Valeurs de la part de 60 ans et plus par
département
fig = plt.figure(figsize=(12, 6)) # Taille de la figure
```

```

width = 0.5 # Taille des bars
plt.bar(labels, serie_1, width, color="skyblue", label="Part des 0 à 24 ans (en %)") # Création du
graphique
plt.bar(labels, serie_2, width, color="lightcoral", label="Part des 25 à 59 ans (en %)",bottom=serie_1)
# Création du graphique
plt.bar(labels, serie_3, width, color="lightgreen", label="Part des 60 ans ou plus (en
%)",bottom=[sum(serie) for serie in zip(serie_1,serie_2)]) # Création du graphique
plt.title("Estimation de l'age de la population par département en Ile de France au 1er janvier 2021")
# Titre du graphique
plt.xlabel("Départements de la région Ile de France") # Titre de l'axe des abscisses
plt.ylabel("Estimation de population par age (en %)") # Titre de l'axe des ordonnées
plt.xticks(rotation=20) # Rotation des noms de départements de quelques degrés
plt.ylim(0, 100) # Limite sur l'axe des ordonnées
plt.grid(which='major', axis='y', color="lightgray", linewidth=2, linestyle=':') # Affichage de la grille
plt.legend(loc="lower center") # Affichage de la légende
plt.show() # Affichage du graphique

```

Tableau 3 : Nombre de médecins par habitant selon le département de résidence

```

data_densité_de_médecin_par_habitant = pd.read_csv('BASES DE DONNEES/DENSITE DE MEDECIN
PAR HABITANT PAR DEPARTEMENT.csv', sep=';')
data_densité_de_médecin_par_habitant

```

Graphique 3 : Inégalités du côté de l'offre de santé

```

labels = ["Paris", "Hauts-de-Seine", "Seine-Saint-Denis", "Val-de-Marne", "Seine-et-
Marne", "Yvelines", "Essone", "Val-d'Oise"]
serie = [36960, 37120, 20640, 26770, 24630, 33760, 26490, 24760]
fig = plt.figure(figsize=(12, 6))
width = 0.5
plt.bar(labels, serie, width, color="gold", label="Revenu salarial net annuel moyen dans le secteur
privé en 2017") # Création du graphique
plt.title("Estimations du Revenu salarial net annuel moyen dans le secteur privé par département en
2017") # Titre du graphique
plt.xlabel("Départements de la région Ile de France") # Titre de l'axe des abscisses
plt.ylabel("Estimations du Revenu salarial") # Titre de l'axe des ordonnées
plt.xticks(rotation=20) # Rotation des noms de départements de quelques degrés
plt.grid(which='major', axis='y', color="lightgray", linewidth=2, linestyle=':') # Affichage de la grille
plt.legend(loc="best") # Affichage de la légende
plt.show() # Affichage du graphique

```

Tableau 4 : Espérance de vie selon le département de résidence

```

data_espérance_de_vie = pd.read_csv('BASES DE DONNEES/ESPERANCE DE VIE PAR
DEPARTEMENT.csv', sep=';')
data_espérance_de_vie

```


Graphique 4 : Inégalités sur l'espérance de vie

```

labels = ["Paris", "Hauts-de-Seine", "Seine-Saint-Denis", "Val-de-Marne", "Seine-et-
Marne", "Yvelines", "Essonne", "Val-d'Oise"] # Noms des départements
serie_H = [80.2, 80.8, 77.5, 79.3, 78.9, 80.7, 79.8, 78.4] # Valeurs de l'espérance de vie par département
pour les hommes
serie_F = [85.4, 85.4, 83.1, 84.7, 84.1, 85.3, 84.7, 83.7] # Valeurs de l'espérance de vie par département
pour les femmes
fig = plt.figure(figsize=(12, 6)) # Taille de la figure
index = np.arange(8) # Nombre de groupes de bars
width = 0.3 # Taille des bars
plt.bar(index, serie_H, width, color="orange", label="Espérance de vie des hommes") # Création du
graphique
plt.bar(index+width, serie_F, width, color="pink", label="Espérance de vie des femmes") # Création
du graphique
plt.xticks(index+width/2, labels) # Affichage de 2 courbes par département
plt.title("Estimations de l'espérance de vie par département en Ile de France en 2020") # Titre du
graphique
plt.xlabel("Départements de la région Ile de France") # Titre de l'axe des abscisses
plt.ylabel("Estimations de l'espérance de vie") # Titre de l'axe des ordonnées
plt.xticks(rotation=20) # Rotation des noms de départements de quelques degrés
plt.grid(which='major', axis='y', color="lightgray", linewidth=2, linestyle=':') # Affichage de la grille
plt.legend(loc="lower center") # Affichage de la légende
plt.show() # Affichage du graphique

```

Figure 9 : Exposition de la population à la pollution atmosphérique par département

```

labels = ["75 ouest", "75 nord ouest", "75 centre", "75 sud", "75 nord est", "75 est", "92 sud", "92
centre", "92 nord", "93 sud", "93 nord", "94 est", "94 ouest", "77", "78", "91", "95"] # Noms des
départements
serie = [95, 100, 100, 100, 100, 100, 45, 16, 75, 60, 50, 43, 55, 5, 5, 5, 10] # Pourcentages de la population
exposés à une pollution atmosphérique régulière
fig = plt.figure(figsize=(12, 6)) # Taille de la figure
width = 0.4 # Taille des bars
plt.bar(labels, serie, width, color="gold", label="Revenu salarial net annuel moyen dans le secteur
privé en 2017") # Création du graphique
plt.title("Pourcentages de la population exposés à une pollution atmosphérique régulière par
département en 2019") # Titre du graphique
plt.xlabel("Départements de la région Ile de France") # Titre de l'axe des abscisses
plt.ylabel("Pourcentages de la population exposés à une pollution atmosphérique régulière") # Titre
de l'axe des ordonnées
plt.xticks(rotation=45) # Rotation des noms de départements de quelques degrés
plt.grid(which='major', axis='y', color="lightgray", linewidth=2, linestyle=':') # Affichage de la grille
plt.legend(loc="best") # Affichage de la légende
plt.show() # Affichage du graphique

```


Figure 109 : Etat de santé par pathologies à Paris

```

labels = ["75 ouest", "75 nord ouest", "75 centre", "75 sud", "75 nord est", "75 est"] # Noms des
découpages
serie_CM = [85.2, 103.1, 73.4, 95.1, 109.6, 110.1] # Mortalité par cancer du poumon
serie_CA = [90.5, 106.9, 90.0, 95.0, 89.8, 105.3] # Admission en ALD pour cancer du poumon
serie_MM = [74.3, 91.5, 78.3, 84.1, 106.0, 88.4] # Mortalité par maladies de l'app. respiratoire
serie_MA = [56.8, 91.2, 64.7, 78.1, 105.3, 101.0] # Admission en ALD pour mal. de l'app. respiratoire
fig = plt.figure(figsize=(12, 6)) # Taille de la figure
index = np.arange(6) # Nombre de groupes de bars
width = 0.2 # Taille des bars
plt.bar(index, serie_CM, width, color="red", label="Mortalité par cancer du poumon") # Création du
graphique
plt.bar(index+width, serie_CA, width, color="lightcoral", label="Admission en ALD pour cancer du
poumon") # Création du graphique
plt.bar(index+2*width, serie_MM, width, color="orange", label="Mortalité par maladies de
l'app. respiratoire") # Création du graphique
plt.bar(index+3*width, serie_MA, width, color="gold", label="Admission en ALD pour mal. de l'app.
respiratoire") # Création du graphique
plt.xticks(index+width/4, labels) # Affichage de 4 courbes par découpage
plt.title("État de santé par pathologies à Paris") # Titre du graphique
plt.xlabel("Paris") # Titre de l'axe des abscisses
plt.ylabel("Indice moyen du département par rapport à la moyenne régionale") # Titre de l'axe des
ordonnées
plt.ylim(50, 150) # Taille de l'axe des abscisses
plt.xticks(rotation=20) # Rotation des noms de départements de quelques degrés
plt.grid(which='major', axis='y', color="lightgray", linewidth=2, linestyle=':') # Affichage de la grille
plt.legend(loc="upper center") # Affichage de la légende
plt.show() # Affichage du graphique

```

Figure 11 : Etat de santé par pathologies en petite couronne

```

labels = ["92 centre", "92 sud", "92 nord", "94 est", "94 ouest", "93 nord", "93 sud"] # Noms des
découpages
serie_CM = [87.3, 93.3, 106.1, 87.8, 111.7, 107.5, 110.5] # Mortalité par cancer du poumon
serie_CA = [92.6, 93.7, 107.1, 90.2, 104.1, 109.7, 100.9] # Admission en ALD pour cancer du poumon
serie_MM = [77.2, 85.8, 104.5, 93.9, 111.5, 115.2, 116.9] # Mortalité par maladies de l'app. respiratoire
serie_MA = [76.5, 92.4, 109.7, 92.1, 120.1, 131.2, 115.2] # Admission en ALD pour mal. de l'app.
respiratoire
fig = plt.figure(figsize=(12, 6)) # Taille de la figure
index = np.arange(7) # Nombre de groupes de bars
width = 0.2 # Taille des bars
plt.bar(index, serie_CM, width, color="red", label="Mortalité par cancer du poumon") # Création du
graphique
plt.bar(index+width, serie_CA, width, color="lightcoral", label="Admission en ALD pour cancer du
poumon") # Création du graphique

```

```
plt.bar(index+2*width, serie_MM, width, color="orange", label="Mortalité par maladies de
l'app.respiratoire") # Création du graphique
plt.bar(index+3*width, serie_MA, width, color="gold", label="Admission en ALD pour mal. de l'app.
respiratoire") # Création du graphique
plt.xticks(index+width/4, labels) # Affichage de 4 courbes par découpage
plt.title("État de santé par pathologies en petite couronne") # Titre du graphique
plt.xlabel("Petite couronne") # Titre de l'axe des abscisses
plt.ylabel("Indice moyen du département par rapport à la moyenne régionale") # Titre de l'axe des
ordonnées
plt.ylim(50,150) # Taille de l'axe des abscisses
plt.xticks(rotation=20) # Rotation des noms de départements de quelques degrés
plt.grid(which='major', axis='y', color="lightgray", linewidth=2, linestyle=':') # Affichage de la grille
plt.legend(loc="upper center") # Affichage de la légende
plt.show() # Affichage du graphique
```

Figure 12 : Etat de santé par pathologies en grande couronne

```
labels = ["77 nord", "77 sud", "78 nord", "78 sud", "91 nord", "91 sud", "95 est", "95 ouest", "95 sud"] #
Noms des découpages
serie_CM = [111.9,97.5,99.7,93.1,91.2,103.6,90.8,100.8,117.4] # Mortalité par cancer du poumon
serie_CA = [99.4,90.6,96.7,89.7,87.4,102.4,108.8,110.7,121.6] # Admission en ALD pour cancer du
poumon
serie_MM = [123.1,129.1,103.6,86.0,95.3,101.9,145.4,95.8,105.8] # Mortalité par maladies de
l'app.respiratoire
serie_MA = [109.0,119.4,78.7,76.4,76.2,83.7,163.8,106.3,133.5] # Admission en ALD pour mal. de
l'app. respiratoire
fig = plt.figure(figsize=(12, 6)) # Taille de la figure
index = np.arange(9) # Nombre de groupes de bars
width = 0.2 # Taille des bars
plt.bar(index, serie_CM, width, color="red", label="Mortalité par cancer du poumon") # Création du
graphique
plt.bar(index+width, serie_CA, width, color="lightcoral", label="Admission en ALD pour cancer du
poumon") # Création du graphique
plt.bar(index+2*width, serie_MM, width, color="orange", label="Mortalité par maladies de
l'app.respiratoire") # Création du graphique
plt.bar(index+3*width, serie_MA, width, color="gold", label="Admission en ALD pour mal. de l'app.
respiratoire") # Création du graphique
plt.xticks(index+width/4, labels) # Affichage de 4 courbes par découpage
plt.title("État de santé par pathologies en grande couronne") # Titre du graphique
plt.xlabel("Grande couronne") # Titre de l'axe des abscisses
plt.ylabel("Indice moyen du département par rapport à la moyenne régionale") # Titre de l'axe des
ordonnées
plt.ylim(50,150) # Taille de l'axe des abscisses
plt.xticks(rotation=20) # Rotation des noms de départements de quelques degrés
plt.grid(which='major', axis='y', color="lightgray", linewidth=2, linestyle=':') # Affichage de la grille
plt.legend(loc="upper center") # Affichage de la légende
plt.show() # Affichage du graphique
```

Références

- ⁱ [⇒ Région ÎLE-de-FRANCE ≡ Présentation, Carte & Chiffres Clés \(regions-et-departements.fr\)](https://regions-et-departements.fr)
- ⁱⁱ [Les dépenses de santé en 2017 > édition 2018 > DREES \(solidarites-sante.gouv.fr\)](https://solidarites-sante.gouv.fr)
- ⁱⁱⁱ [Médecins \(nombre total\) | Panorama de la santé 2019 : Les indicateurs de l'OCDE | OECD iLibrary \(oecd-ilibrary.org\)](https://oecd-ilibrary.org)
- ^{iv} [donnees-acces-aux-soins-idf_visite.pdf \(solidarites-sante.gouv.fr\)](https://solidarites-sante.gouv.fr)
- ^v [Revenu salarial net annuel moyen par sexe et PCS dans le secteur privé en 2017 | Insee](https://insee.fr)
- ^{vi} [Estimations de population par sexe et âge au 1er janvier 2021 | Insee](https://insee.fr)
- ^{vii} [Professionnels de santé au 1^{er} janvier 2018 | Insee](https://insee.fr)
- ^{viii} [Accès aux soins des populations défavorisées : la relation soignant-soigné | Cairn.info](https:// Cairn.info)
- ^{ix} [Espérance de vie en 2020 | Insee](https://insee.fr)
- ^x [État de la qualité de l'air à Paris - Ville de Paris](https://villedeparis.fr)
- ^{xi} [Mieux connaître la santé des Franciliens et ses déterminants dans les nouveaux territoires de coordination \(ors-idf.org\)](https://ors-idf.org)