

 Yann Channac  
 Ingénieur  
 06 16 28 36 91  
 [yann.channac@atmosud.org](mailto:yann.channac@atmosud.org)  
 [Consulter le site AtmoSud](#)

## NOTE TECHNIQUE

### QUALITE DE L'AIR, SANTE ET ORIGINE DE L'OZONE (DONNEES AEE ET NATURE)

18/02/2025

#### SOMMAIRE

Episode 1 : les chiffres d'impact sanitaire de la pollution par l'AEE .....	2
1 Les PM2.5 toujours en tête, l'ozone créé la surprise ! .....	2
2 Les villes sont plus polluées que les campagnes (on s'en doutait) .....	3
3 Maladies cardiaques et diabète devant les maladies respiratoires.....	4
4 Il n'y a pas que la mort dans la vie (y a les longues maladies aussi) .....	4
5 Mais bon ça va mieux, quand-même .....	5
Episode 2 : Contributions des différents pays à l'ozone régional.....	5
1 La pollution n'a décidément pas de frontière (n'en déplaise aux salades) .....	6
2 Les pays européens se renvoient la... Pollution .....	7
3 OK, mais alors chez nous ? .....	8
4 Et la santé dans tout ça ? .....	9
Conclusion.....	10

## EPISODE 1 : LES CHIFFRES D'IMPACT SANITAIRE DE LA POLLUTION PAR L'AEE

L'Agence Européenne pour l'Environnement (AEE) a mis à jour en décembre 2024 sa base de données sur les impacts sanitaires de la pollution atmosphérique, et le briefing qui en expose les grandes lignes :

[https://discomap.eea.europa.eu/App/AQViewer/index.html?fq=Airquality\\_Dissemination\\_countries\\_and\\_nuts](https://discomap.eea.europa.eu/App/AQViewer/index.html?fq=Airquality_Dissemination_countries_and_nuts)  
<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/harm-to-human-health-from-air-pollution-2024>

En plus des données 2022, on trouve désormais dans cette base des données supplémentaires par rapport aux années précédentes, comme les données par région, l'impact chronique de l'ozone à travers le « pic saisonnier<sup>1</sup> » (indicateur de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) utilisé pour la Ligne Directrice) et la répartition selon les principaux effets sur la santé.

Précaution méthodologique :

- Les variables disponibles sont le dioxyde d'azote NO<sub>2</sub> et les particules fines PM2.5 en moyenne annuelle, l'ozone O<sub>3</sub> en SOMO35<sup>2</sup>, ainsi que l'ozone en « pic saisonnier ».
- Les effets sanitaires des différents polluants ne peuvent pas s'additionner (par exemple, le nombre de décès attribuables à l'ozone n'est pas la somme des décès liés au SOMO35 et de ceux liés au pic saisonnier, et le nombre de décès attribuables à la pollution de l'air n'est pas la somme des décès attribuables aux PM2.5, NO<sub>2</sub> et O<sub>3</sub>).
- Les chiffres donnés sont calculés en comparaison des Lignes Directrices (LD) de l'OMS. Ils ne prennent pas en compte les impacts de concentrations inférieures à ces LD.

### 1 LES PM2.5 TOUJOURS EN TETE, L'OZONE CREE LA SURPRISE !

**A l'échelle de l'Europe en 2022, 239 000 décès sont attribuables aux PM2.5, 48 000 au NO<sub>2</sub>, 28 000 aux valeurs élevées d'ozone (SOMO35) et... 70 000 aux pics saisonniers d'ozone !**

Avec l'inclusion de l'indicateur de pollution chronique à l'ozone dans cette base, l'ozone a un impact sanitaire plus important que le NO<sub>2</sub>, ce qui change le discours par rapport aux éditions précédentes...

**A l'échelle de la France, les chiffres sont de 21 000 décès pour les PM2.5, 5 000 pour le NO<sub>2</sub>, 3 500 pour le SOMO35 d'ozone et 9 000 pour le pic saisonnier d'ozone.**

**En région PACA, 1 800 décès pour les PM2.5, 600 pour le NO<sub>2</sub>, 400 pour le SOMO35 d'ozone et 1 000 pour le pic saisonnier d'ozone.**

Pour faciliter les comparaisons, voici les chiffres ramenés à 100 000 habitants :

Tableau 1 : Nombre de décès attribuables à chaque polluant, pour 100 000 habitants, par zone

Décès pour 100khab	PM2.5	O <sub>3</sub> (pic)	NO <sub>2</sub>
UE	54	16	11
France	31	14	8
PACA	36	20	11

<sup>1</sup> Pic saisonnier : moyenne des maxima journaliers des moyennes glissantes sur 8 heures sur les 6 mois consécutifs les plus élevés, sur un an. L'indicateur est représentatif des niveaux chroniques estivaux.

<sup>2</sup> SOMO35 cumul des différences de concentrations entre le maxima journalier des moyennes glissantes sur 8 heures et 70 µg/m<sup>3</sup> (soit 35 ppb), sur un an. L'indicateur est plus représentatif des niveaux de pointes que le pic saisonnier.

## Comparaison des chiffres de mortalité en France de l'AEE par rapport ceux de Santé Publique France

Le dernier chiffre de mortalité publiés par Santé Publique France (SPF) était de 48 000 morts à cause des PM2.5. On est loin des 21 000 décès des chiffres de l'AEE. Quelle est la différence ?

- L'estimation de SPF est basée sur la période 2007-2008. Pour ces années-là, le chiffre de l'AEE était de 34 000 décès. L'écart se réduit.
- L'estimation de SPF est basée sur l'impact total des PM2.5, dès 0 µg/m<sup>3</sup>. L'AEE n'estime que la surmortalité au-dessus de la LD OMS.

L'AEE ne donne pas d'estimation de l'impact des PM2.5 en-dessous de la LD OMS au niveau de la France. Mais à l'échelle de l'UE, elle estime que 174 000 décès sont attribuables aux concentrations inférieures à la LD de 5 µg/m<sup>3</sup> en 2022, en plus des 239 000 décès au-dessus de la LD PM2.5 : environ 50 % de plus.

Note : pour le NO<sub>2</sub>, l'AEE estime que 87 000 décès sont attribuables aux concentrations inférieures à la LD de 10 µg/m<sup>3</sup> en 2022, en plus des 48 000 décès au-dessus de la LD NO<sub>2</sub>. Soit près de 200 % de plus !

- Enfin, il peut y avoir des différences méthodologiques liées à une répartition différente, plus ou moins précise, des niveaux de PM2.5 et de la population qui y est exposée. D'où l'importance des travaux locaux qui permettent d'affiner ces données...

## 2 LES VILLES SONT PLUS POLLUEES QUE LES CAMPAGNES (ON S'EN DOUTAIT)

Les données de l'AEE distinguent différents types d'environnement. Les voici à l'échelle de la région PACA :

Tableau 2 : Nombre de décès attribuables à chaque polluant en PACA, pour 100 000 habitants, par type d'environnement

Décès pour 100 000 habitants	PM2.5	O <sub>3</sub> (pic)	NO <sub>2</sub>
Zones quasi non habitées	16	20	0
Zone rurales dispersées	23	20	0
Villages	32	19	5
Banlieues	37	20	8
Villes	37	19	9
Centres urbains	40	19	18
Toutes zones confondues	36	20	11

Ces chiffres montrent que l'impact des PM2.5 et du NO<sub>2</sub> croissent avec le niveau d'urbanisation. En revanche, l'impact de l'ozone est identique quel que soit le type d'environnement. L'ozone a un impact plus important que les PM2.5 dans les zones naturelles, mais les PM2.5 sont majoritaires dès que des habitations humaines sont présentes. Le NO<sub>2</sub> n'a un impact comparable à l'ozone que dans les centres urbains.

On remarque également que les PM2.5 ont un impact comparable de la banlieue au centre des villes, alors que l'impact du NO<sub>2</sub> croit fortement dans les centres urbains par rapport au reste des villes. Cette différence s'explique par la répartition spatiale des sources majoritaires respectives de ces polluants (résidentiel pour les PM2.5, trafic automobile pour le NO<sub>2</sub>).

Les chiffres sont similaires à l'échelle de la France et de l'UE, avec un poids moindre de l'ozone en France et en Europe (moins d'ozone au nord), et un poids supérieur des PM2.5 dans l'UE (plus de PM à l'est).

### 3 MALADIES CARDIAQUES ET DIABETE DEVANT LES MALADIES RESPIRATOIRES

A l'échelle nationale, les causes de décès mettent en tête les infarctus et les maladies cardiaques ischémiques :

Tableau 3 : Nombre de décès attribuables à chaque polluant en France, par cause de décès

Nb de décès (Fr)	PM2.5	O <sub>3</sub> (pic)	NO <sub>2</sub>
Asthme	1		40
BPCO*	961	524	
Diabète mellitus	2622		950
Maladie cardiaque ischémique	2756		
Cancer du poumon	2495		
Infarctus	3103		799
Toutes causes	20683	9031	4956

\*BPCO : Broncho-Pneumopathie Chronique Obstructive

A noter :

- Pour la France moins de la moitié des décès attribués à un polluant sont associés à l'un des types majoritaires de causes listés ici. L'attribution est plus complète au niveau européen.
- Les femmes sont surreprésentées dans les cas d'asthme (68%) et d'infarctus (57%).
- Les hommes sont surreprésentés dans les cas de BPCO (61%), de maladie cardiaque ischémique (62%) et de cancer du poumon (68%).

### 4 IL N'Y A PAS QUE LA MORT DANS LA VIE (Y A LES LONGUES MALADIES AUSSI)

Au-delà du nombre de décès, d'autres indicateurs sanitaires sont disponibles dans la base de l'AEE pour le dioxyde d'azote NO<sub>2</sub> et les particules fines PM2.5 (mais pas pour l'ozone O<sub>3</sub>) :

- Le nombre d'années de vie perdues (YLL), pour lequel les cancers du poumon ont un poids plus important : on meurt plus de problèmes cardiaques, mais on meurt plus jeune de cancer du poumon.
- Le nombre d'années de vie avec un handicap (YLD), pour lequel les BPCO, diabète et Asthme ont un poids plus important : on en meurt moins, mais ils dégradent la qualité de vie pendant des années.
- Le nombre d'années de vie ajustées par un handicap (DALY, la somme de YLL et YLD) : cancer du poumon, infarctus et diabète sont en tête des causes de morbidité (40 000 années de vies chacun environ).

## 5 MAIS BON ÇA VA MIEUX, QUAND-MEME

Le nombre de décès liés à la pollution atmosphérique diminue au fil des années... Sauf pour l'ozone.

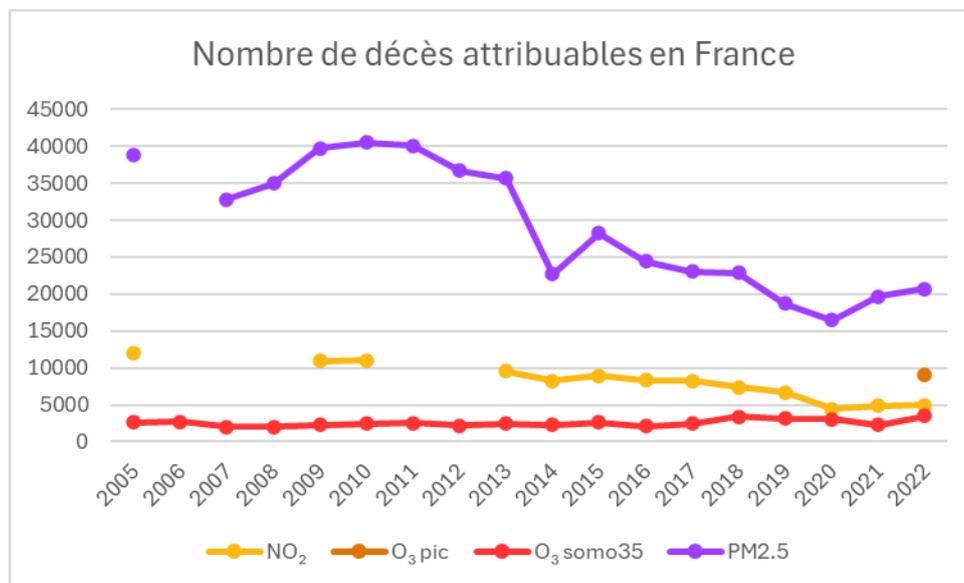


Figure 1 : Evolution du nombre de décès attribuables à chaque polluant en France, de 2005 à 2022

### EPISODE 2 : CONTRIBUTIONS DES DIFFERENTS PAYS A L'OZONE REGIONAL

Les éléments suivants sont la synthèse de deux études parues dans Nature en 2024 et discutées dans le conseil d'Expert d'ALP'AERA :

- National and transboundary contributions to surface ozone concentration across European countries, Garatachea et al., publiée le 14 octobre 2024 <https://www.nature.com/articles/s43247-024-01716-w>
- Geographic sources of ozone air pollution and mortality burden in Europe, Achebak et al., publiée le 3 juin 2024 <https://www.nature.com/articles/s41591-024-02976-x>

La première étude vise à estimer la part de l'ozone observable au niveau du sol qui est attribuable aux émissions de différentes zones géographiques. La deuxième vise à estimer l'impact sanitaire de l'ozone de ces différentes zones géographiques. Ces estimations sont très difficiles à réaliser du fait de la complexité et de la non-linéarité des mécanismes de production et de déplacement de l'ozone à partir des émissions de polluants précurseurs.

**Précautions de lecture** : ces études sont publiées dans Nature, qui est un journal scientifique réputé. Ça reste cependant des études "isolées". Elles n'ont pas la valeur d'une méta-analyse qui compilerait plusieurs dizaines d'articles plus ou moins concordants et qui donnerait un "état de la science" consolidé. Nous avons nos propres travaux, ALP'AERA<sup>3</sup> notamment, qui viendront fournir des informations complémentaires à ces résultats.

<sup>3</sup> <https://www.atmosud.org/etude/alpaera>

# 1 LA POLLUTION N' A DECIDEMENT PAS DE FRONTIERE (N' EN DEPLAISE AUX SALADES)

Voici les cartes des contributions des différentes zones géographiques à l'ozone observées dans chaque région et sous-région de l'UE, issues de l'étude Garatachea et al. :

- BCON : correspond à ce qui vient de l'extérieur de l'Europe. Etant donné que les vents dominants à l'échelle du globe vont généralement d'ouest en est, ça signifie vraisemblablement d'Amérique du Nord, ainsi que d'Asie en faisant tout le tour du globe.
- SEA : correspond à ce qui vient de la mer, que ce soit les sources naturelles (COV biogéniques) ou le trafic maritime.
- NOEU35 : correspond à la contribution des pays présents dans le domaine modélisé, mais n'appartenant pas à l'UE : Europe de l'Est, Turquie...

Les cartes du haut représentent la contribution à l'ozone saisonnier en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , les cartes du bas représentent la contribution à l'ozone saisonnier en pourcentage du total.

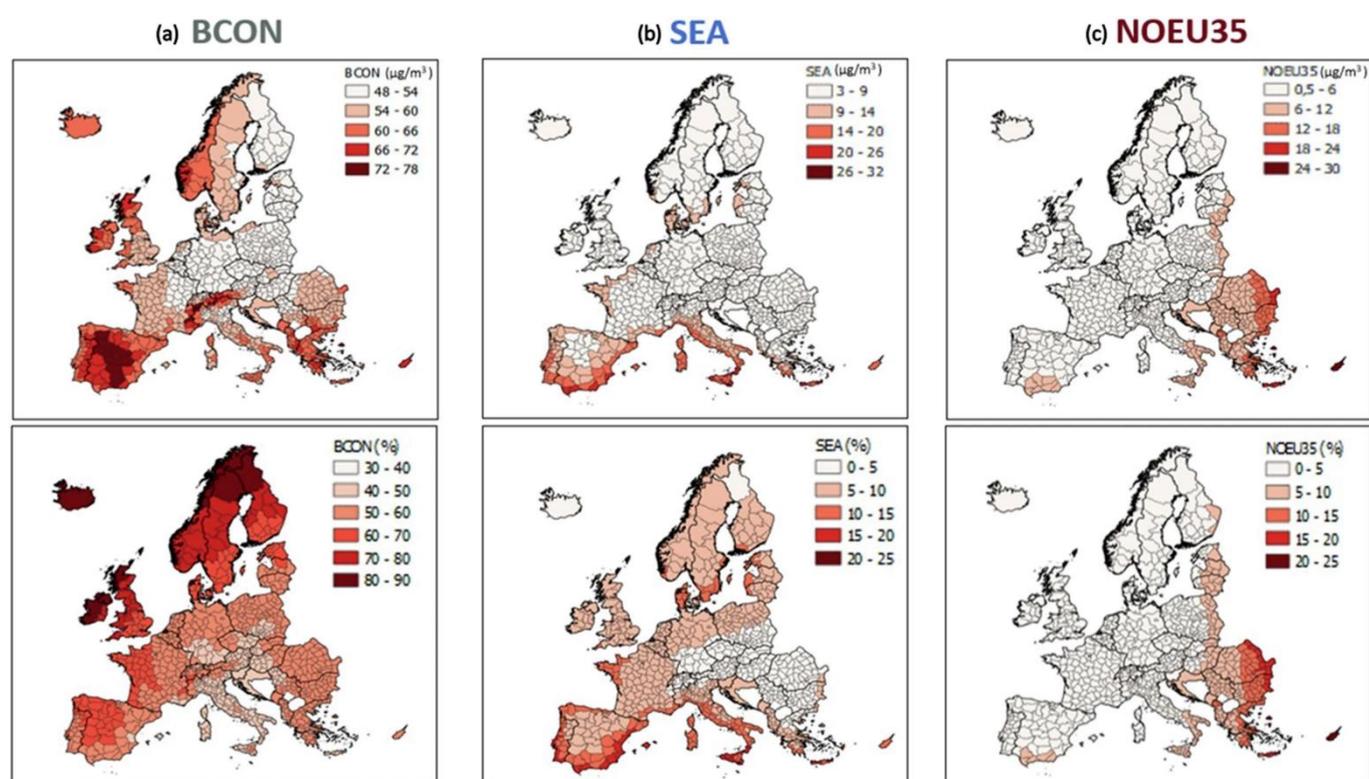


Figure 2 : cartes d'attribution des concentrations d'ozone aux différentes zones sources hors UE,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et % (source : Garatachea et al. 2024)

Ces cartes montrent que les contributions intercontinentales les plus fortes sont situées sur la façade ouest de l'Europe (là où arrivent les masses d'air), au nord de l'Europe (où la photochimie locale est moins forte) ainsi que sur les reliefs montagneux (plus proches de la troposphère libre).

La contribution des sources maritimes est plus forte... En bord de mer. Ça c'était pour les portes ouvertes.

La contribution des pays voisins de l'UE est plus forte dans les pays d'Europe de l'est.

## 2 LES PAYS EUROPEENS SE RENVOIENT LA... POLLUTION

Voici les cartes de contributions des principaux pays contributeurs en Europe (en pourcentage) :

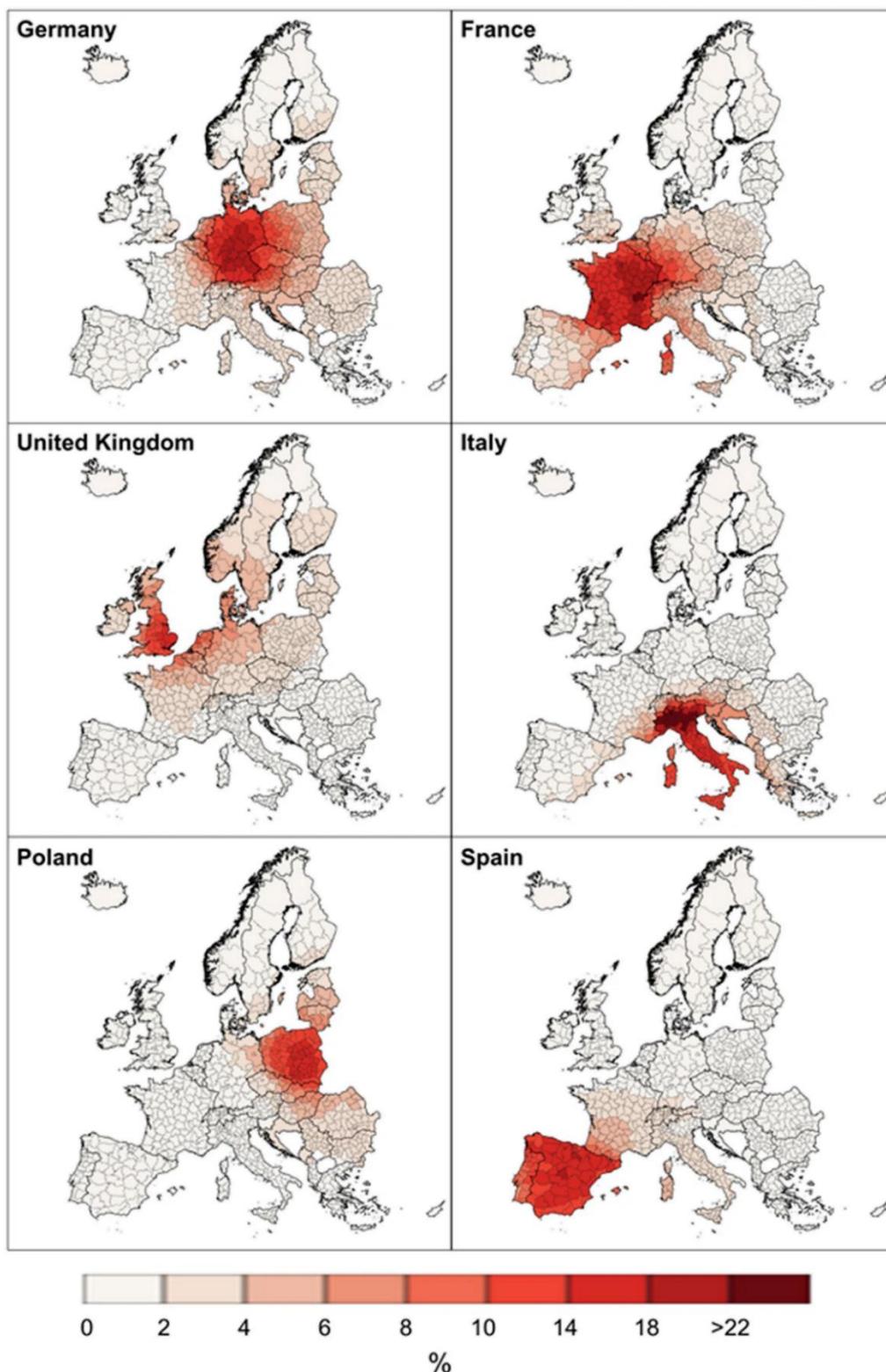


Figure 3 : cartes d'attribution des concentrations d'ozone des pays de l'UE les plus contributeurs, en % (source : Garatachea et al. 2024)

Chaque pays exporte de la pollution et en reçoit de ses voisins, au gré des vents d'altitude. En région PACA, nous recevons de l'ozone d'Italie, notamment dans le 06 et le 83. La France envoie surtout de l'ozone chez ses voisins du nord, mais nous en envoyons aussi un peu en Italie. Les contributions des autres pays en PACA sont faibles, mais présents (Allemagne, Espagne).

### 3 OK, MAIS ALORS CHEZ NOUS ?

**D'après l'étude de Garatachea et al. 2024, en PACA, la part intercontinentale (BCON) représente dans tous les cas environ la moitié ou plus de l'ozone observé. La contribution française est de moins d'un quart, y compris la production réellement locale. Ensuite la contribution maritime est la plus importante.**

Voici la répartition par département, pour 3 cas "extrêmes" :

- D13 : BCON 45-48%, France 20-22%, Mer 13-15%, Italie 7-8%. Le département le plus producteur d'ozone dans la région produit moins de 20% de l'ozone présent sur place, si on considère qu'une partie des apports nationaux vient de l'extérieur de la région, depuis la vallée du Rhône notamment. Presque la moitié de l'ozone vient d'autres continents. Presque un cinquième vient du reste de l'Europe.
- D06 : BCON 53-57%, France 11-13%, Mer 12-14%, Italie 11-13%. Plus de la moitié vient de l'autre côté de l'Atlantique. Le reste est équilibré entre la production nationale (dont une part du D13), la mer et l'Italie, plus quelques contributions minoritaires "autres".
- D05 : BCON 65-70%, France 12-14%, Mer 7-9%, Italie 5%. Les deux tiers de l'ozone viennent de l'intercontinental : la proximité des zones de montagne avec la troposphère libre facilite les échanges avec le réservoir d'ozone en altitude (attention, ce n'est pas encore la couche d'ozone qui est encore 12 km plus haut). Les contributions françaises arrivent en second, loin derrière, essentiellement par des déplacements par la vallée de la Durance. La mer et l'Italie sont des contributeurs significatifs, mais moins que sur les zones côtières.

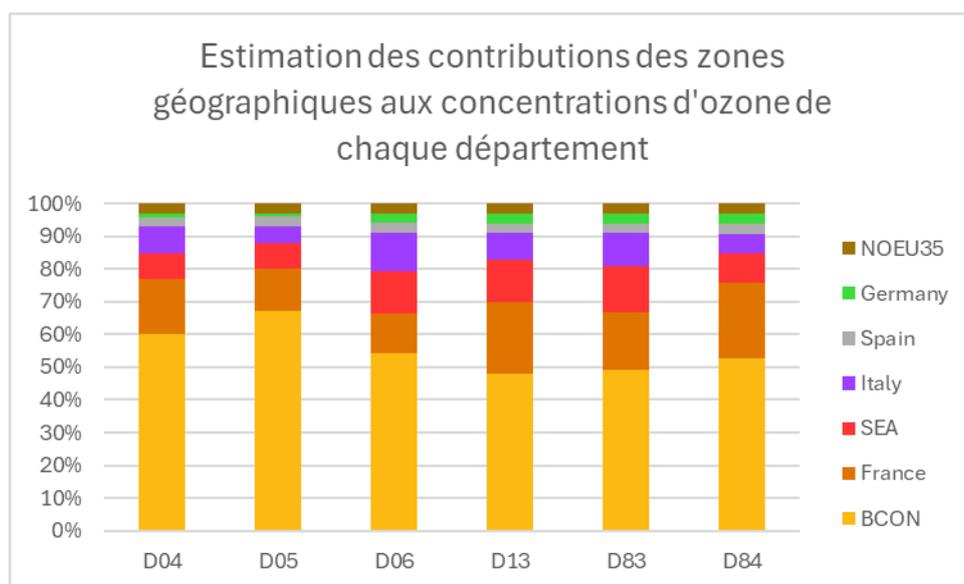


Figure 4 : Estimation des contributions des différentes zones géographiques aux concentrations d'ozone de chaque département à partir des résultats de l'étude Garatachea et al. 2024

Pour en savoir plus sur les mécanismes de l'ozone en région PACA, AtmoSud a produit un dossier détaillé sur la photochimie, ses mécanismes, les sources de ses précurseurs et son évolution :

<https://www.atmosud.org/article/lozone-et-la-pollution-photochimique-en-5-points>

Des projets d'approfondissements sont également en cours : <https://www.atmosud.org/etude/alpaera>

## 4 ET LA SANTE DANS TOUT ÇA ?

On en vient à la deuxième étude, qui s'appuie sur les mêmes données que la première pour croiser avec les données de santé.

L'étude estime qu'en France, 88% des morts attribuables à l'ozone le sont à cause de l'ozone importé d'un autre pays, dont 57% depuis une zone intercontinentale. Les variations locales dans les contributions suivent les cartes présentées au-dessus. Les zones avec les impacts les plus importants figurent dans la carte ci-dessous.

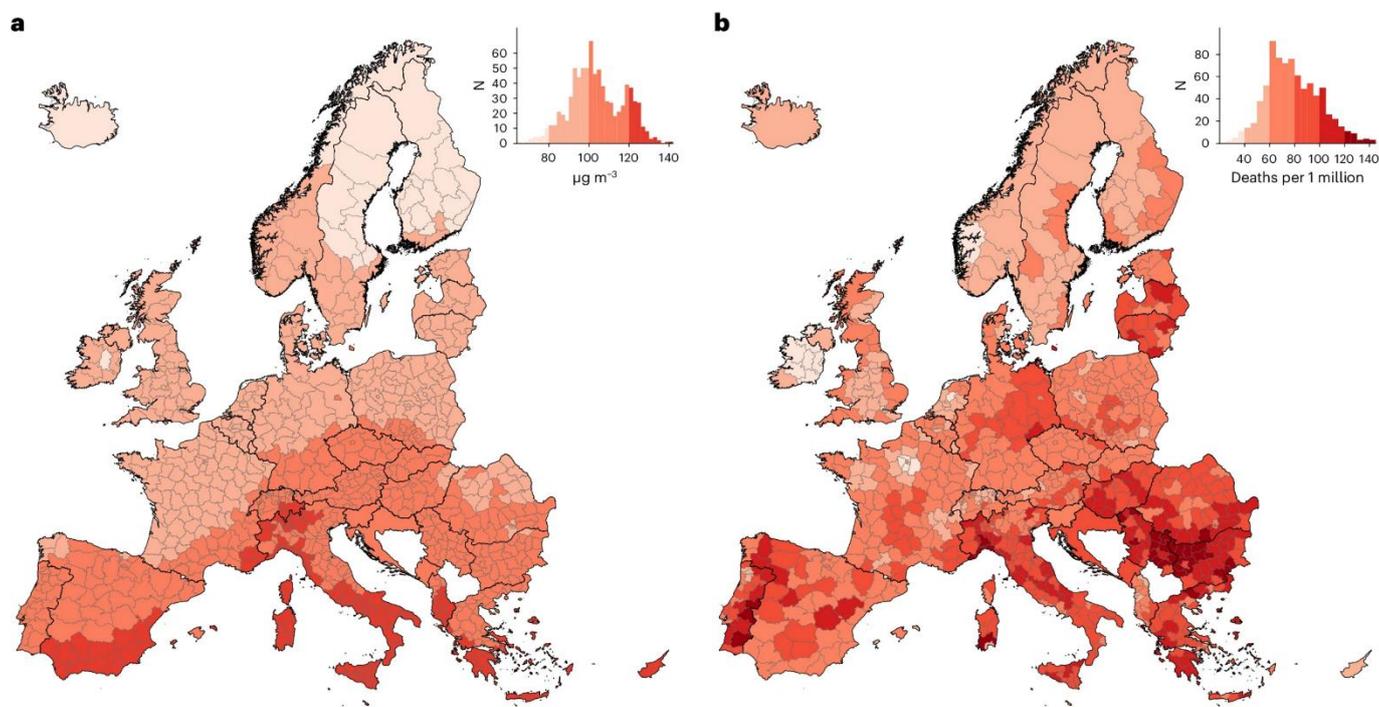


Figure 5 : cartes des concentrations d'ozone en pic saisonnier (a) et du nombre de morts attribuables à l'ozone pour 1 mhab (b). (source : Achebak et al.2024)

## CONCLUSION

**La pollution atmosphérique est, d'après l'Agence Européenne de l'Environnement, la première cause de mortalité environnementale en Europe.**

Ces données montrent que **la baisse des effets néfastes de la pollution atmosphérique sur la santé des populations doit cibler en priorité les sources de PM2.5**. Ces sources peuvent être directes (résidentiel, chauffage domestique en premier lieu), mais également indirectes par l'émission de précurseurs d'aérosols secondaires (transport routier, industrie, transport maritime).

Il convient également de continuer à faire **baisser les émissions de NO<sub>2</sub> dans les centres urbains**, par des actions sur les transports urbains et sur les choix d'aménagement urbain qui rendent nécessaires ces déplacements. Sans oublier le trafic maritime à Marseille qui est devenu la première source de NO<sub>2</sub> sur cette ville.

Enfin, si le poids de l'ozone dans le coût sanitaire devient plus important avec la prise en compte du nouvel indicateur de pollution chronique, les études récentes publiées dans Nature montrent que les leviers d'action locale sur ce polluant sont en réalité très faibles. Ces données expliquent également pourquoi les niveaux chroniques d'ozone ne suivent pas la baisse des émissions locales de précurseurs.

Cependant, **les sources de précurseurs d'ozone sont les mêmes que celles des autres polluants**. Les actions locales de baisse des concentrations de PM2.5 et de NO<sub>2</sub> ont donc également un effet positif sur celles d'ozone (même s'ils se limitent à réduire les épisodes photochimiques). Il faut rappeler également que l'ozone produit localement a un impact dans notre région mais aussi dans les régions voisines, et que l'ozone est un gaz à **effet de serre**. Par ailleurs, les réactions photochimique qui produisent l'ozone localement sont également à l'origine de **nombreux coproduits ayant un impact sur la santé** : PUF, aldéhydes, acide nitrique... Toutes les actions locales de réduction des émissions de précurseurs d'ozone sont donc bonnes à prendre.



[www.atmosud.org](http://www.atmosud.org)

**AtmoSud**  
Inspirer un air meilleur

#### A propos d'AtmoSud

##### Siège social

146 rue Paradis « Le Noilly Paradis »  
13294 Marseille Cedex  
Tel. 04 91 32 38 00  
Fax 04 91 32 38 29  
[Contact.air@atmosud.org](mailto:Contact.air@atmosud.org)

##### Etablissement de Martigues

06Route de la Vierge  
13500 Martigues  
Tel. 04 42 13 01 20  
Fax 04 42 13 01 29

##### Etablissement de Nice

37 bis avenue Henri Matisse  
06200 Nice  
Tel. 04 93 18 88 00

SIRET : 324 465 632 00044 – APE – NAF : 7120B – TVA intracommunautaire : FR 65 324 465 632

