



 Yann Channac
 Ingénieur
 04 91 32 38 24
 yann.channac@atmosud.org
 [Consulter le site AtmoSud](#)

ÉTUDE

ÉVOLUTION DE L'OZONE EN RÉGION SUD SUR LES 30 DERNIÈRES ANNÉES

26/04/2024

SOMMAIRE

Approfondir la compréhension de l’ozone en région Sud.....	2
Quelques notions de photochimie.....	2
Analyse des données historiques issues du réseau de mesures fixe.....	5
1. Quelle evolution de l’ozone en 30 ans en région Sud ?	6
a. Un signal différent selon l’indicateur regardé.....	6
b. Des émissions de précurseurs en baisse	7
c. Des contrastes entre les niveaux urbains et les niveaux ruraux.....	8
d. Des contrastes entre niveaux diurnes et niveaux nocturnes	10
e. Evolution de l’ozone en région Sud – conclusion partielle.....	11
2. Tendance d’évolution, en France et dans le monde	12
a. En France	12
b. Dans le monde	12
3. Au-delà de l’ozone, la pollution oxydante.....	14
Conclusion : le paradoxe de l’ozone.....	15

APPROFONDIR LA COMPREHENSION DE L'OZONE EN REGION SUD

En 2021, AtmoSud, en partenariat avec la DREAL PACA, a publié un premier état des lieux de la pollution à l'ozone en région Sud (*Ozone et COV en région Sud – émissions et enjeux*)¹, décrivant notamment la tendance d'évolution de l'ozone ces dernières décennies, l'exposition des populations à ce polluant, les principaux émetteurs de précurseurs de l'ozone et les actions à privilégier afin de lutter contre cette pollution.

Ce document actualise et approfondit l'état des connaissances sur la pollution par l'ozone dans la région en apportant des réponses aux questions laissées en suspens, en particulier :

- Dans quelles situations l'ozone augmente, ou diminue depuis 20 ans ?
- Quelle est la concentration d'ozone naturelle dans la région ?
- Quelle sont les parts de pollution transfrontalière et locale ?

QUELQUES NOTIONS DE PHOTOCHEMIE

La photochimie est un ensemble de réactions chimiques ayant lieu dans les situations où des concentrations suffisantes de dioxyde d'azote (NO_2) et de Composés Organiques Volatiles Non Méthaniques (COVNM) sont mises en présence de rayonnements UV. Ces conditions sont généralement réunies en été, dans les zones urbaines et industrielles. La particularité de la photochimie est que tant qu'elle est alimentée en rayonnement UV et en COV, elle peut se prolonger bien au-delà des zones géographiques sur lesquelles elle a démarré, y compris en zone rurale, où l'alimentation en COV se faisant par les émissions de la végétation.

La réaction principale de la photochimie est la transformation du NO_2 et des COV en ozone sous l'effet du rayonnement UV (Figure 1). C'est bien le cœur des réactions chimiques du cycle de production/consommation de l'ozone, mais il ne s'agit que de l'une des réactions de la photochimie : ce phénomène entraîne la formation d'autres espèces oxydantes, généralement en consommant une partie de l'ozone au passage. Les espèces secondaires les plus notables formées par la photochimie sont l'acide nitrique, les nitrates organiques (qui eux-mêmes participent à la formation d'aérosol organique secondaire AOS), ainsi que d'autres espèces oxydantes comme le peroxyacétylnitrate (PAN).

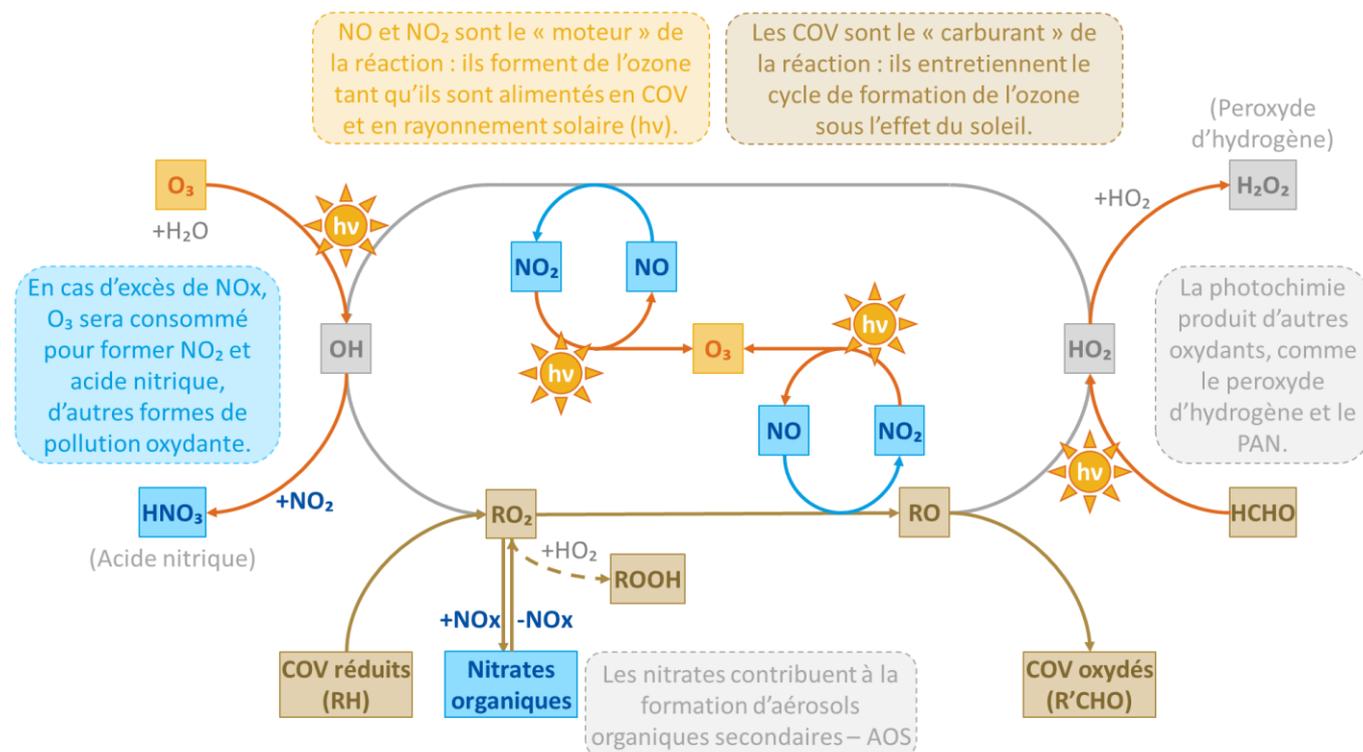


Figure 1 : Principales réactions chimiques participant à la photochimie (Cycle de Chapman)

¹ <https://www.atmosud.org/publications/ozone-et-cov-en-region-sud-emissions-et-enjeu>

La photochimie englobe les réactions de formation de l’ozone et des réactions de consommation de l’ozone. Mais, il existe des proportions « idéales » de NO₂ et de COVMN permettant de générer le maximum d’ozone (Figure 2) :

- Ces proportions varient selon la réactivité des COV présents dans le mélange.
- A concentration de COV constante, un excès de NO_x peut faire baisser les concentrations d’ozone. Cependant, cette consommation de l’ozone est liée à la production d’autres espèces oxydantes ayant elle aussi des effets sanitaires.
- En conditions réelles, la baisse des concentrations de NO_x est généralement accompagnée d’une baisse des concentrations de COVMN, dans la mesure où les émetteurs de NO_x émettent également des COVMN.

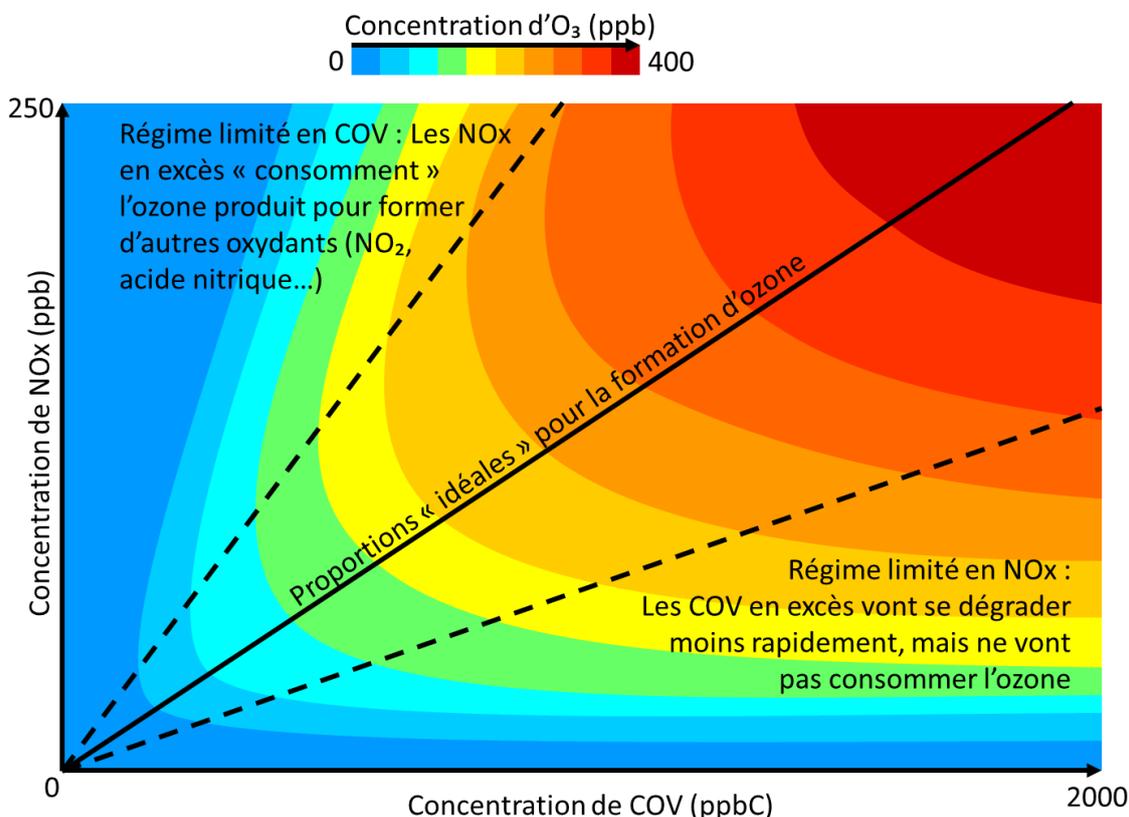


Figure 2 : Conditions de formation de l’ozone selon les concentrations respectives de COVMN et de NO₂

La photochimie atteint son maximum lorsque l’ensoleillement est au plus fort : en été, en début d’après-midi. C’est le moment de la journée où la couche convective atteint son développement vertical le plus élevé (Figure 3). La pollution photochimique se déplace à l’horizontal au gré des vents (généralement les brises en région Sud), mais se disperse également sur la verticale. Lorsque le soleil se couche, la formation d’ozone et le brassage vertical de la masse d’air s’arrêtent.

La nuit au niveau du sol, l’ozone présent dans la couche de surface est consommé : soit par dépôt sec au contact avec les surfaces solides, soit par réaction avec d’autres polluants lorsqu’ils sont présents. Ainsi, dans les zones urbaines, en présence de NO_x et de COV, l’ozone participe à la formation d’acide nitrique, AOS, etc. jusqu’à épuisement des NO_x ou de l’ozone. Il s’agit donc de transformations entre espèces oxydantes, et non d’une simple disparition.

La nuit en altitude, les concentrations d’ozone présentes dans la couche résiduelle s’homogénéisent avec celles de la troposphère libre. Si la zone fait l’objet d’une photochimie importante, la couche résiduelle accroît les concentrations d’ozone de la troposphère libre. Si ce n’est pas le cas, c’est la troposphère libre qui contribue aux concentrations d’ozone proche du sol.

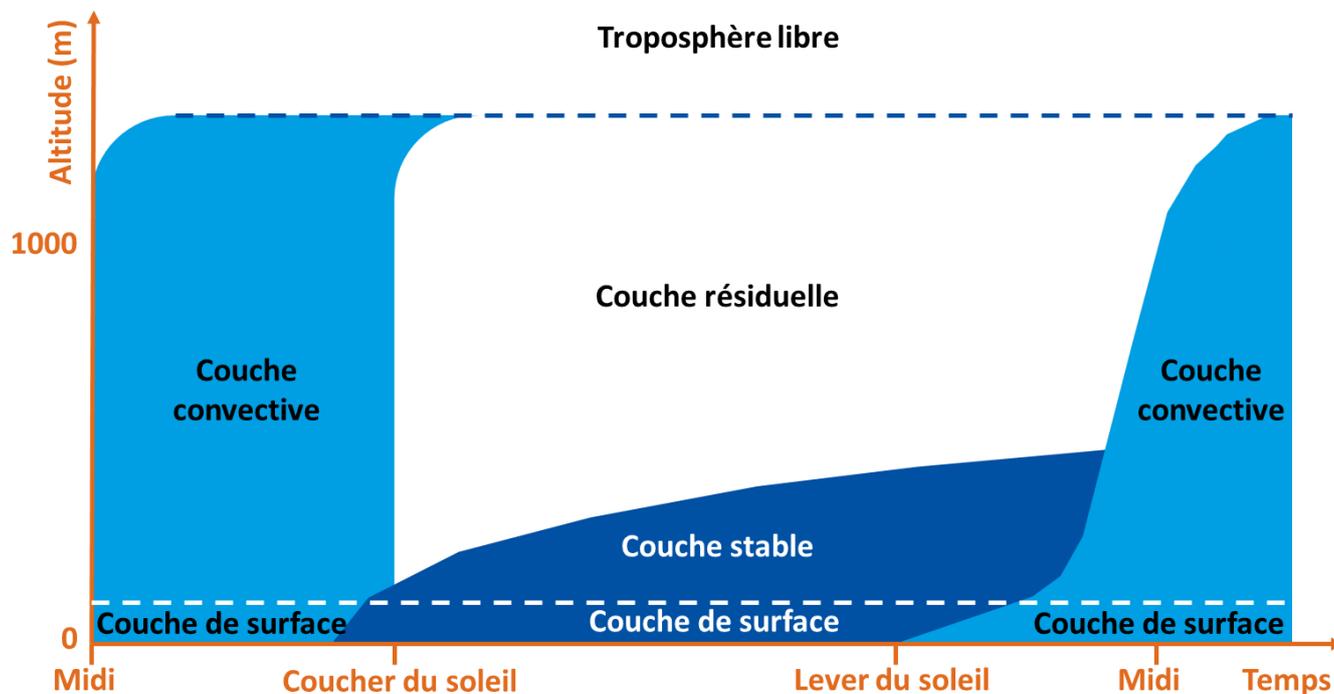


Figure 3 : Cycle des conditions de dispersion de la couche limite atmosphérique au cours d'une journée type

Dans la troposphère libre, l'ozone a une durée de vie d'environ un mois. Les concentrations d'ozone, présentes en permanence dans la troposphère libre à cause de ces échanges, contribuent au transfert de l'ozone sur de longues distances à l'échelle continentale ou transcontinentale, à une échelle de temps de l'ordre de plusieurs jours.

C'est également la raison pour laquelle un vent fort (par exemple le Mistral en région Sud) peut entraîner une hausse des concentrations d'ozone au niveau du sol : ce n'est pas lié à la photochimie locale, mais plutôt à un transfert de l'ozone présent en altitude et un brassage vertical de l'atmosphère.

ANALYSE DES DONNEES HISTORIQUES ISSUES DU RESEAU DE MESURES FIXE

Les concentrations annuelles d'ozone sont relativement homogènes sur la région Sud (Figure 1Figure 4) :

- En 2022, la valeur du pic saisonnier² s'étend de 92 à 124 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en fonction des zones.
- Toute la région dépasse largement la Ligne Directrice de l'OMS (60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en pic saisonnier).
- Les valeurs les plus élevées sont observées en périphérie, et sous les vents dominants, des principaux pôles émetteurs de précurseurs de l'ozone.
- Les valeurs les plus faibles se retrouvent dans le centre des grandes villes, là où l'ozone est le plus consommé pour produire d'autres espèces oxydantes.

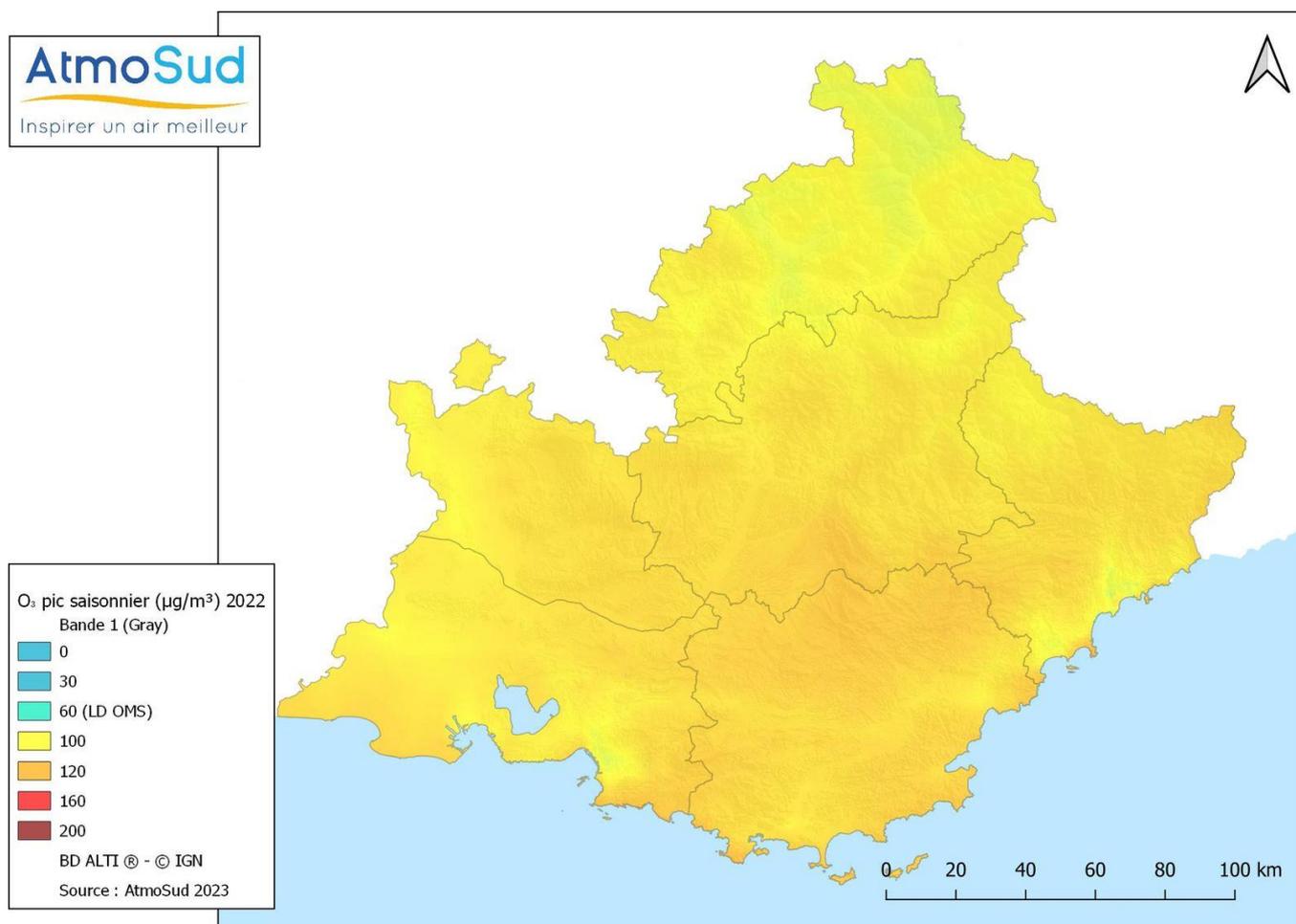


Figure 4 : Carte de l'ozone annuel 2022 (pic saisonnier OMS)

² Le pic saisonnier est l'indicateur d'ozone annuel de l'OMS. C'est la moyenne des maximums journaliers des moyennes glissantes sur 8h, sur les 6 mois consécutifs de l'année avec des concentrations les plus élevées. Il est représentatif des niveaux d'ozone l'après-midi durant toute la saison chaude.

1. QUELLE EVOLUTION DE L'OZONE EN 30 ANS EN REGION SUD ?

En raison du comportement variable de l'ozone selon les saisons, les heures de la journée et la distance par rapport aux sources, répondre à cette question implique plusieurs analyses :

- Quels sont les indicateurs de l'ozone ? Comment évoluent-ils et que représentent-ils ?
- Quel est le lien avec les émissions des précurseurs ?
- Quelles sont les situations où l'ozone évolue, à la baisse ou à la hausse ?

a. Un signal différent selon l'indicateur regardé

En fonction de l'indicateur annuel pris en compte, la tendance sur les 30 dernières années de l'évolution des concentrations d'ozone est contrastée (Figure 5) :

- La moyenne annuelle tend à augmenter légèrement.
- Les niveaux d'ozone l'après-midi durant toute la saison chaude (pic saisonnier) restent stables.
- Les niveaux d'ozone l'après-midi durant les jours les plus pollués de l'année (percentile 93 des max sur 8h³) tendent à baisser.
- Les indicateurs représentatifs des épisodes de pollution marquent une baisse plus nette (p99.8 des valeurs horaires et nombre de jours de dépassements du seuil d'information et de recommandation - SIR).

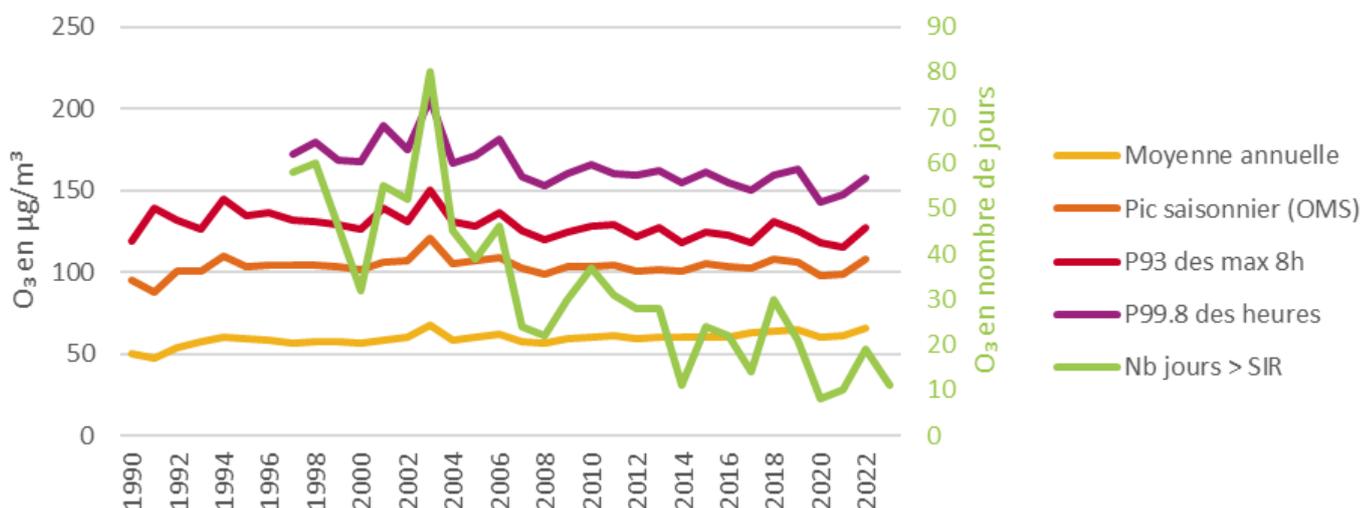


Figure 5 : Tendence d'évolution de différents indicateurs annuels de l'ozone, depuis 1990

Cette différence entre les indicateurs implique que les concentrations d'ozone n'évoluent pas de manière homogène dans toutes les situations. Il est donc nécessaire de détailler dans quels cas les concentrations d'ozone tendent à augmenter, et dans quels cas elles tendent à baisser.

³ Le percentile 93 des max sur 8h correspond à la Valeur Cible européenne : c'est la valeur du 26^e maximum journalier des moyennes glissantes sur 8h le plus élevé. Il est représentatif des niveaux d'ozone l'après-midi durant les jours les plus pollués de l'année.

b. Des émissions de précurseurs en baisse

L’ozone est produit à partir de NO₂ et de COVNM. Les émissions de NOx ont baissé de 44% en 14 ans, principalement grâce aux progrès des transports routiers (premier émetteur régional) et du secteur de la production d’énergie (Figure 6). Ces émissions sont très concentrées, majoritairement sur les centres des grandes villes et la zone industrielle de Fos-Berre.

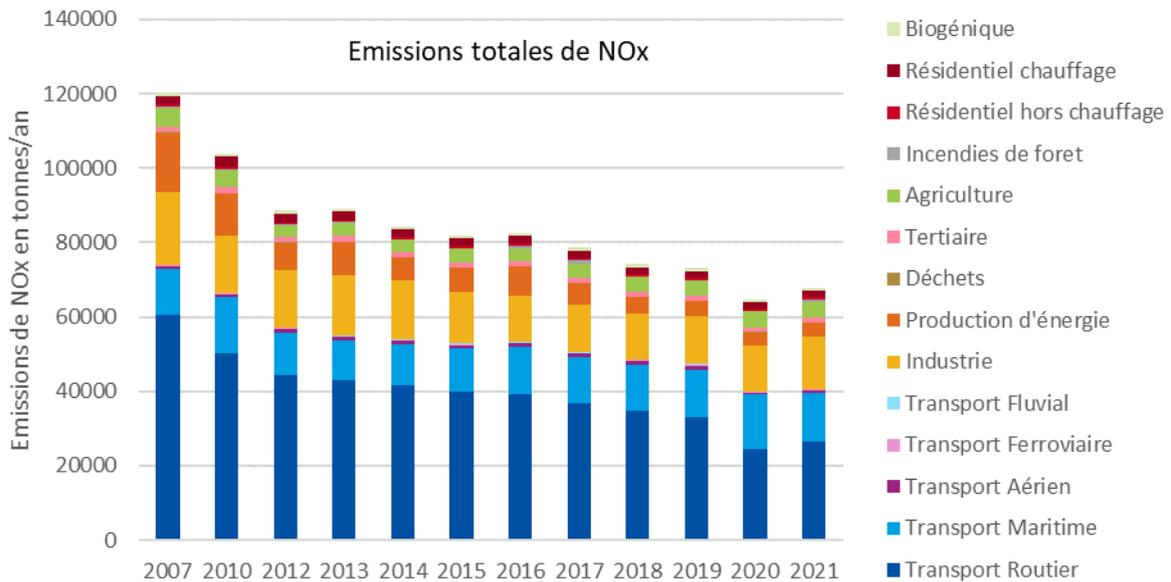


Figure 6 : Émissions annuelles de NOx en région Sud, par grand secteur d'activité

Au niveau des points d’émissions de NOx, les COVNM (hors chauffage domestique) sont principalement issus des activités humaines, l’industrie et le résidentiel en tête. Ces émissions anthropiques ont baissé de 48% en 14 ans grâce aux efforts de l’industrie, de l’énergie et des transports routiers, mais stagnent depuis 2017 (Figure 7).

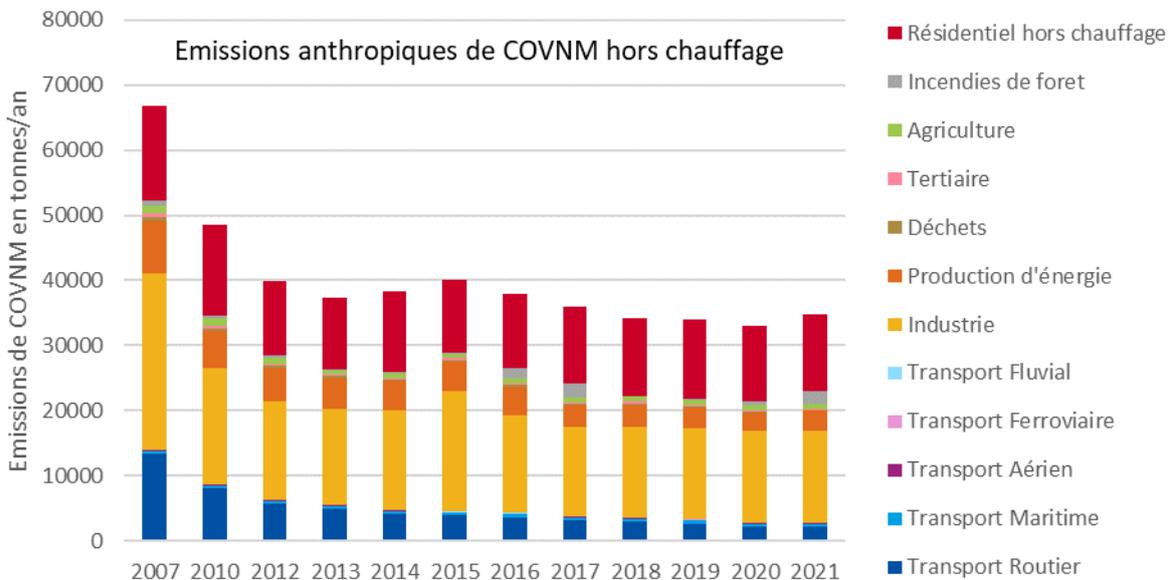


Figure 7 : Émissions annuelles de COVNM anthropiques hors chauffage en région Sud, par grand secteur d'activité

En dehors des zones d'activités qui concentrent les émissions humaines, les COVNM sont très majoritairement d'origine naturelle. Ces COVNM naturels participent peu au démarrage des épisodes photochimiques. En revanche, ils vont contribuer à la prolongation des épisodes une fois que ceux-ci ont démarré et que la masse d'air s'est déplacée en périphérie au gré des vents. Ces émissions naturelles sont stables dans le temps (Figure 8).

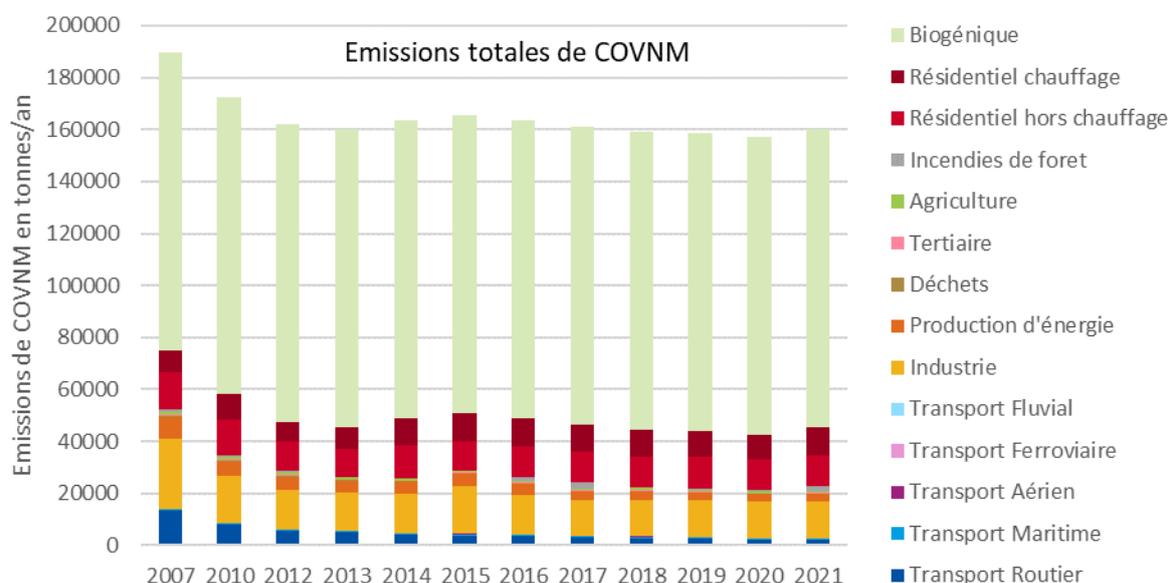


Figure 8 : Émissions annuelles totales de COVNM en région Sud, par grand secteur d'activité

La tendance à la baisse des précurseurs dans la région Sud s'est traduite par une diminution progressive du nombre de pics d'ozone (nombre de jours > seuil d'information-recommandations, P99.8 des valeurs horaires) et par un abaissement des concentrations les jours les plus pollués de l'année (P93 des max 8h). Ces indicateurs sont ceux qui représentent le mieux la photochimie locale.

Cependant, le niveau de fond en ozone ne suit pas cette baisse. D'autres mécanismes entrent en jeu, comme la production d'autres composés oxydants (consommation de l'ozone) et les apports transfrontaliers.

c. Des contrastes entre les niveaux urbains et les niveaux ruraux

Les concentrations d'ozone varient au cours de la journée et des saisons en suivant différents paramètres. Ainsi, sur les **sites ruraux**, les concentrations d'ozone sont un équilibre entre :

- Le niveau de fond naturel ;
- Les apports transfrontaliers ;
- Les transferts de pollution régionale, depuis les pôles émetteurs de précurseurs ;
- La photochimie locale (le jour uniquement), lorsque les COVNM produits localement réalimentent la pollution régionale ;
- Le dépôt sec local (réduction des concentrations).

Sur les **sites urbains**, en plus des équilibres présents en zone rurale, les concentrations sont modifiées par :

- La production locale (le jour uniquement) liée à l'émission de précurseurs (NO₂ + COVNM) par les activités humaines ;
- La consommation par réaction avec d'autres espèces chimiques, dont le monoxyde d'azote (NO), conduisant à une baisse des niveaux d'ozone et une hausse des niveaux d'autres oxydants.

AtmoSud dispose de cinq stations en région Sud dont l'historique de mesure est suffisamment long pour pouvoir étudier l'évolution de la fréquence des concentrations horaires d'ozone sur plus de 20 ans. Deux sont particulièrement représentatifs des situations rurales et urbaines (

Tableau 1) :

- Le site du Plan d'Aups représentatif d'une situation rurale ;
- Le site de Marseille/Longchamp, représentatif d'une situation urbaine.

Tableau 1 : Fréquence de valeurs horaires d'ozone selon les plages de concentrations

Site	Plages de concentrations (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1996-1998	1999-2001	2002-2004	2005-2007	2008-2010	2011-2013	2014-2016	2017-2019	2020-2022
		Fréquence de concentrations horaires d'ozone (en %)								
Situation rurale (Plan d'Aups / Saint Baume)	0-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20-40	2	2	1	2	2	4	3	3	3
	40-60	10	14	10	12	10	16	11	12	14
	60-80	29	31	28	35	33	28	29	29	33
	80-100	26	25	24	24	29	25	28	29	29
	100+	33	28	36	26	25	27	27	27	20
Situation urbaine de fond (Marseille/Longchamp)	0-20	25	25	19	21	19	18	15	15	14
	20-40	18	19	15	17	18	18	15	15	16
	40-60	20	22	21	21	23	23	23	22	24
	60-80	16	19	20	20	20	21	24	24	25
	80-100	11	10	15	12	12	13	15	16	14
	100+	10	6	10	8	7	6	8	9	7

En zone **rurale**, on observe **très peu de valeurs inférieures à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$** (entre 2 et 4% du temps). En effet, l'ozone n'y est pas consommé par le monoxyde d'azote (NO) dans l'air ambiant (le NO est émis par les transports et donc est généralement absent de ces zones). Il est principalement détruit par dépôt sec sur les surfaces solides (plantes, sol...). Les concentrations descendent donc peu en dessous de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et restent au niveau de la troposphère libre ($60-100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), même la nuit.

Par ailleurs, la fréquence des concentrations supérieures à $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ diminue, signe d'une baisse de la photochimie régionale. Ces caractéristiques rurales ont peu évolué depuis 20 ans.

En situation **urbaine**, où le niveau de fond en NO est plus élevé du fait des émissions par les transports, on observe une proportion de valeurs **inférieures à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ qui a diminué de 44% du temps dans les années 2000 à 30% du temps aujourd'hui**. Ces concentrations correspondent aux niveaux nocturnes, notamment à la saison froide lorsque la production d'ozone locale est faible.

Cette fréquence de valeurs basses est en diminution depuis 20 ans au profit des classes de concentrations intermédiaires (entre 40 et $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), plus proches du niveau de fond troposphérique. Cette évolution est liée à la baisse des concentrations de NO, donc à une **diminution de la consommation de l'ozone** dans les réactions d'oxydation. Cette diminution de la consommation se traduit par une augmentation des concentrations d'ozone, mais par une **diminution des concentrations des espèces secondaires oxydantes** produites par ces réactions : NO_2 , acide nitrique, nitrates organiques, AOS, aldéhydes...

Par ailleurs, la fréquence des concentrations supérieures à $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est en légère baisse, du fait d'un équilibre entre une baisse de la production d'ozone (photochimie locale) et une baisse de la consommation d'ozone.

Sur les cinq sites régionaux ayant un historique suffisant pour observer l'évolution des concentrations d'ozone, les sites urbains et périurbains (où l'ozone est consommé par le NO) ont aussi vu une réduction de fréquence des valeurs inférieures à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mais pas le site rural (Tableau 2). Les sites urbains ont également enregistré une légère baisse de la fréquence des valeurs supérieures à $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, alors qu'elle est plus marquée sur le site rural.

Tableau 2 : Variation de la fréquence d'apparition des concentrations horaires d'ozone par classe de concentration, par site, entre 1996-1998 et 2020-2022

Plages de concentrations (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Variation de fréquence des concentrations horaires d'ozone entre 1996-1998 et 2020-2022				
	Plan d'Aups /Sainte Baume (rural)	Marseille/Longchamp (urbain)	Vallée de l'Huveaune (périurbain)	Martigues/Notre-Dame-des-Marins (urbain)	Sausset-les-Pins (périurbain industriel)
0-20	0	-11	-11	-7	-5
20-40	1	-1	2	-5	-7
40-60	5	4	5	-2	-4
60-80	4	9	4	7	10
80-100	3	3	3	5	7
100+	-13	-3	-3	1	-1

d. Des contrastes entre niveaux diurnes et niveaux nocturnes

Sur les sites **ruraux**, on observe une stagnation des concentrations diurnes (maximums journaliers) aussi bien que nocturnes (minimums journaliers), quelle que soit la saison (Figure 9).

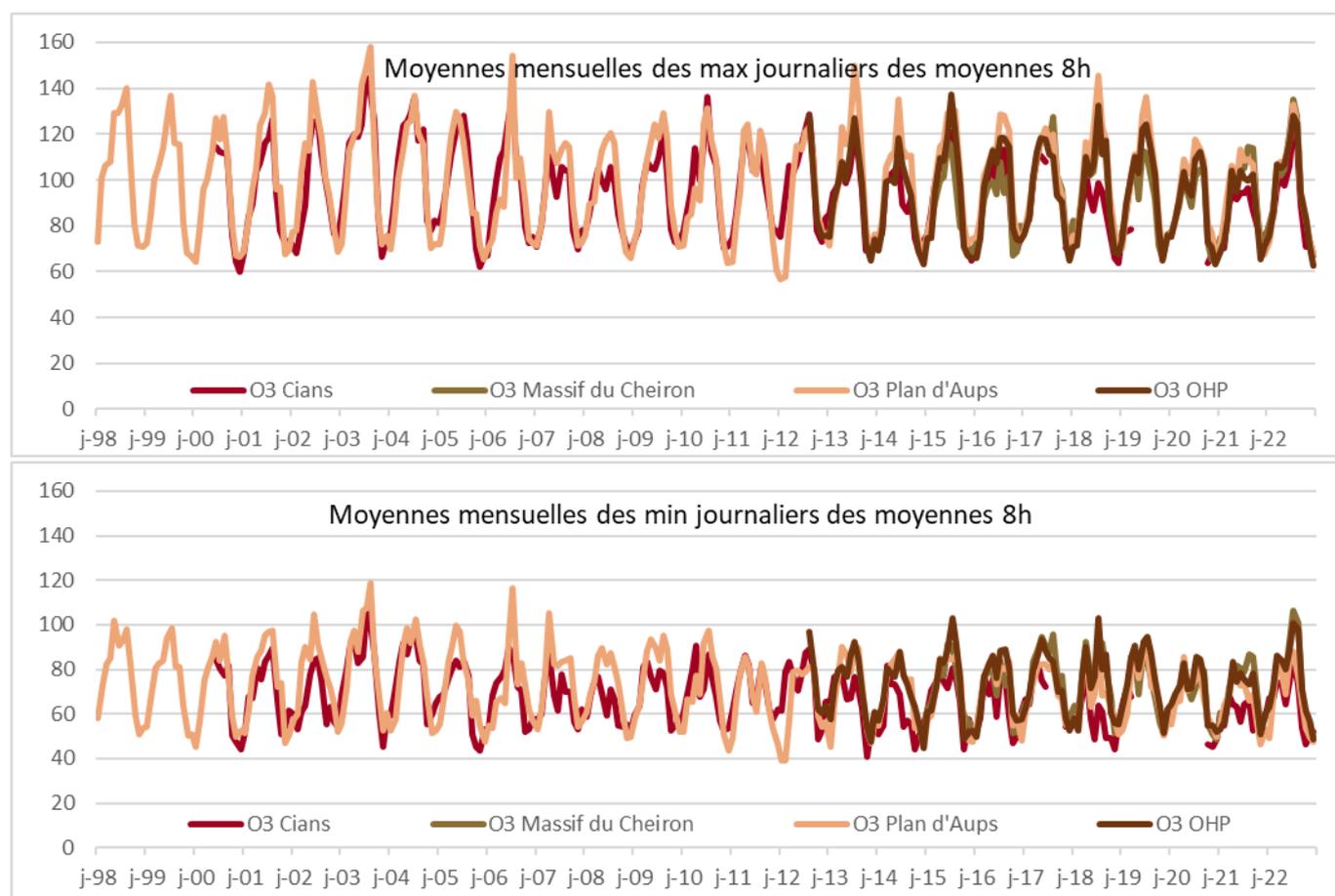


Figure 9 : Évolution des moyennes mensuelles des maximums (le jour) et des minimums (la nuit) journaliers des moyennes 8h sur les sites ruraux

Sur les sites urbains et périurbains sur lesquels l’ozone est plus consommé, les niveaux diurnes (max journaliers) sont stables (avec une légère remontée des niveaux en période hivernale), tandis que les niveaux nocturnes (min journaliers) tendent à augmenter, aussi bien en hiver qu’en été (Figure 10).

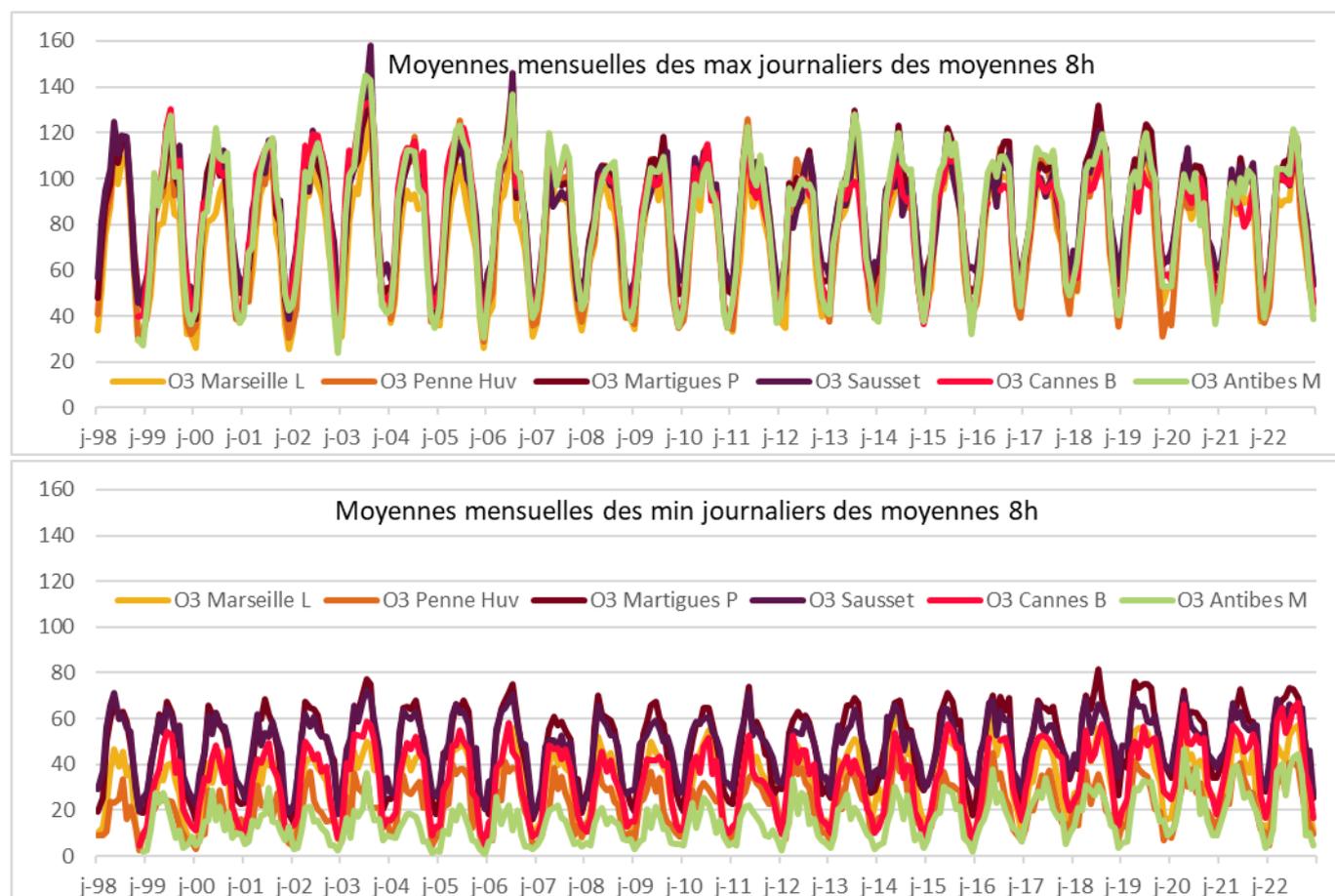


Figure 10 : Évolution des moyennes mensuelles des maximums (le jour) et des minimums (la nuit) journaliers des moyennes 8h sur les sites urbains et périurbains

Ce contraste entre les niveaux diurnes/nocturnes démontre que l’augmentation des concentrations moyennes d’ozone est essentiellement liée à la disparition progressive des valeurs basses, la nuit, en situation urbaine où il y a une plus forte consommation d’ozone.

De plus, cette augmentation ne résulte pas d’une augmentation de la photochimie, mais au contraire, d’une baisse de la production d’oxydants secondaires en ville, liée à la baisse de la pollution par les oxydes d’azote.

e. Evolution de l’ozone en région Sud – conclusion partielle

L’ozone est la somme de plusieurs dynamiques contradictoires. Ces différents indicateurs représentent donc des phénomènes différents :

- Le nombre d’épisodes de pollution et les percentiles des valeurs les plus élevées d’ozone sont les indicateurs les moins biaisés pour le suivi de la photochimie locale, et donc de l’efficacité des actions locales de réduction de la pollution. Ces indicateurs montrent une tendance à la baisse.
- La moyenne annuelle est influencée par la baisse de consommation de l’ozone, et donc par la baisse de production d’oxydants secondaires. La moyenne annuelle d’ozone ne devrait pas être utilisée seule comme indicateur de suivi de la pollution.
- Le pic saisonnier (indicateur OMS) est représentatif de l’exposition globale de la population sur l’année. Il a donc plus une vocation sanitaire. Cet indicateur montre une stabilité sur ces 30 dernières années.

Tous ces indicateurs sont influencés par les importations d’ozone transfrontalières, qui n’ont pas été quantifiées à ce jour.

2. TENDANCE D'ÉVOLUTION, EN FRANCE ET DANS LE MONDE

a. En France

La stabilité des concentrations de fond diurnes n'est pas propre à la région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur : tous les sites de mesures ruraux en France montrent des concentrations stables depuis au moins 10 ans (Figure 11).

Les concentrations mesurées sur ces sites sont d'ailleurs relativement homogènes, avec des concentrations généralement plus élevées au sud de la France (plus d'ensoleillement) et en altitude (plus proche de la troposphère libre).

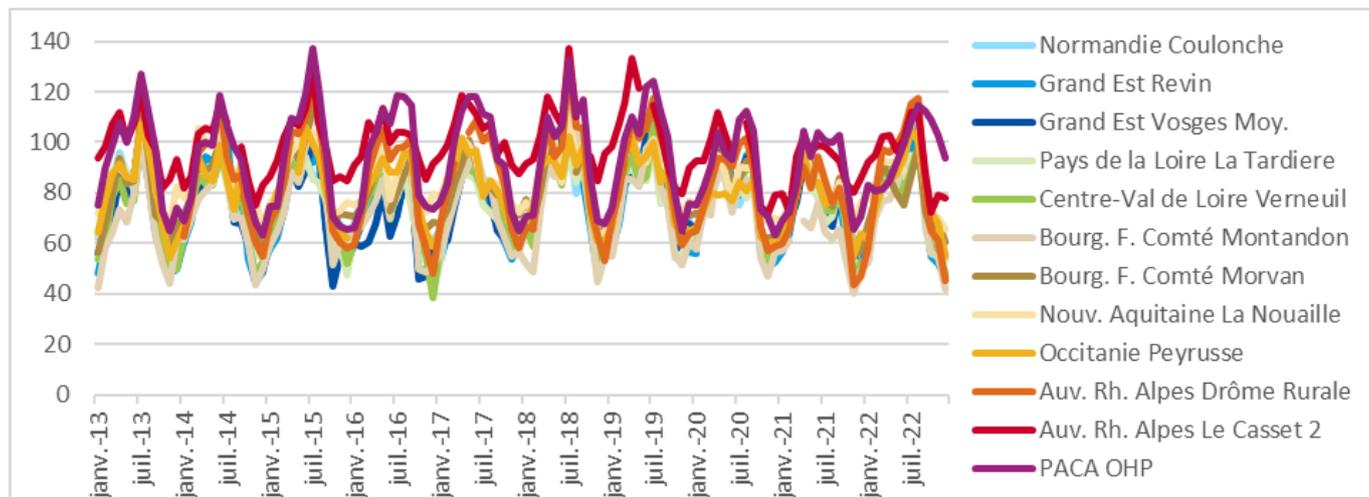
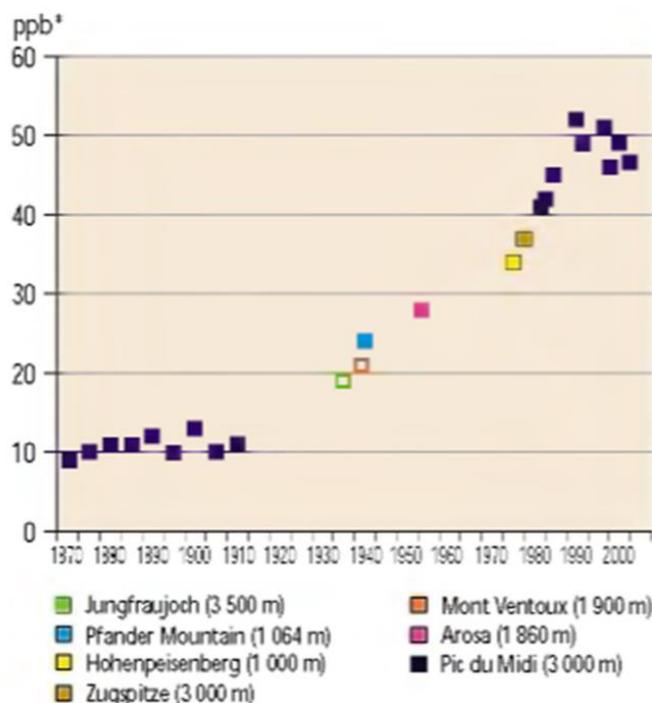


Figure 11 : Évolution des moyennes mensuelles des maximum des moyennes sur 8h sur les sites ruraux nationaux en France + OHP en PACA (Source : Geod'Air)

b. Dans le monde

Les mesures historiques réalisées sur des sites d'altitude, des Pyrénées et des Alpes et collectées par le Laboratoire d'Aérodologie de l'université de Toulouse, révèlent que les concentrations moyennes de la troposphère libre ont augmenté durant tout le 20^e siècle, partant de 10 ppb (20 µg/m³) en 1910 pour atteindre 50 ppb (100 µg/m³) en 1990. Ces niveaux semblent stagner depuis, voire baisser légèrement (Figure 12).

Figure 12 : Concentrations d'ozone dans les Pyrénées et les Alpes depuis la fin du 19^e siècle (Source : Laboratoire d'Aérodologie, Toulouse)



Des données plus récentes, synthétisées par l'Académie des Sciences, confirment cette hausse des concentrations durant le 20^e siècle suivie d'une stagnation en Europe, tandis que les niveaux d'ozone mesurés sur des sites d'altitude d'Asie et d'Amérique du Nord continuent à croître. Dans l'hémisphère sud, les niveaux semblent généralement plus bas et plus stables (Figure 13).

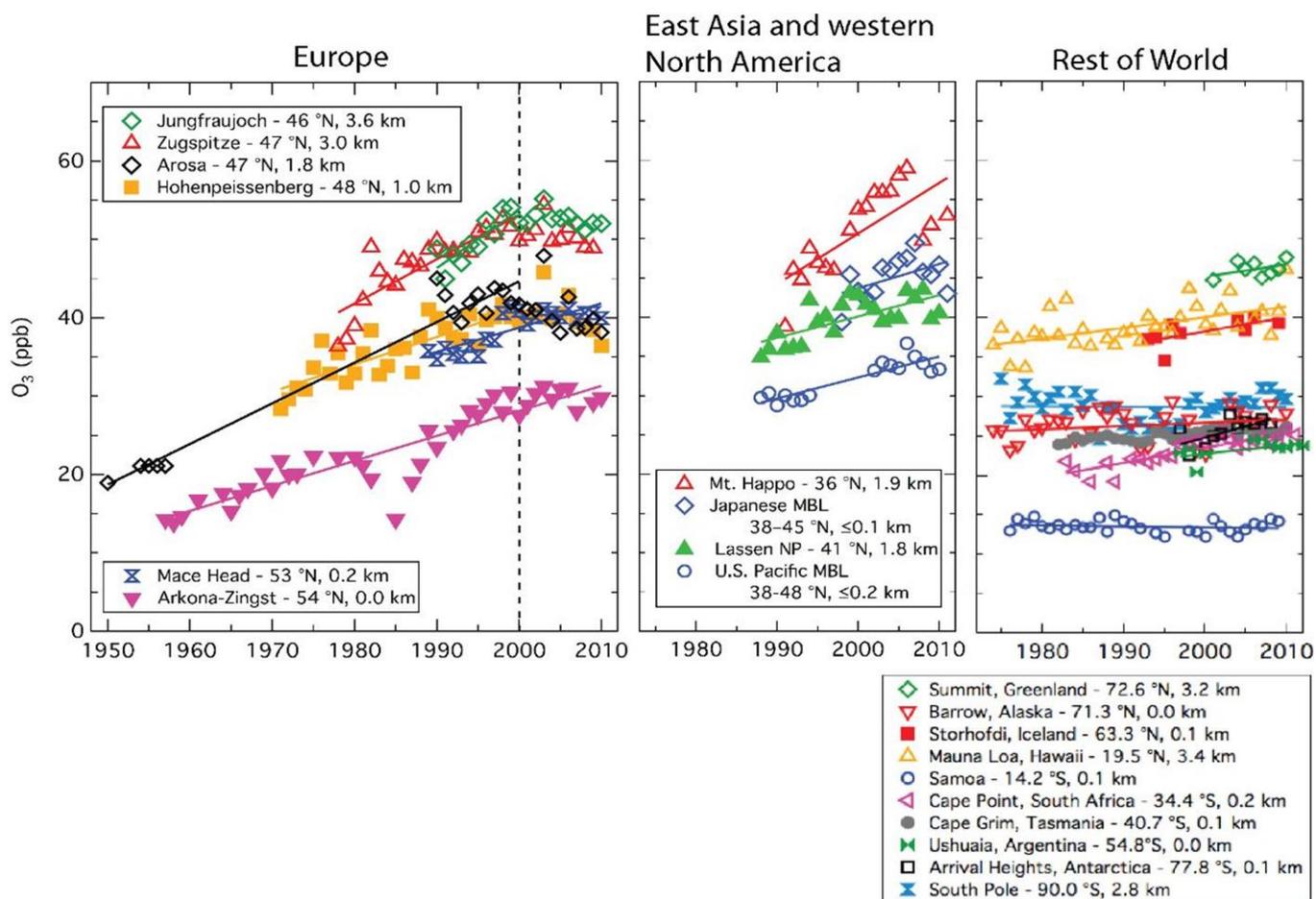


Figure 13 : Concentrations d'ozone mesurées sur des zones d'altitude proches de la troposphère libre dans le monde (Source : Académie des Sciences, 2015)

Les concentrations en ozone dans la troposphère libre, mesurées en France, restent stables depuis la fin des années 1990, malgré la baisse des émissions de précurseurs au niveau national depuis le début des années 1990⁴.

Les observations au niveau mondial semblent indiquer une contribution en baisse de la zone européenne aux concentrations d'ozone de la troposphère libre au niveau de l'hémisphère nord, et ce en cohérence avec la baisse des émissions de précurseurs.

Cette baisse de contribution serait contrebalancée par l'augmentation de la contribution de la zone asiatique, alors que celle de l'Amérique du Nord n'est pas identifiable.

⁴ Données CITEPA : <https://www.citepa.org/fr/donnees-emissions/>

3. AU-DELA DE L'OZONE, LA POLLUTION OXYDANTE

L'augmentation des niveaux d'ozone la nuit est-elle compensée par la baisse des autres formes chimiques de la pollution oxydante ?

Il est difficile de répondre à cette question de manière précise, dans la mesure où le seul autre polluant oxydant à l'équilibre avec l'ozone mesuré depuis aussi longtemps est le dioxyde d'azote NO_2 .

Qu'en est-il donc déjà de la somme $\text{O}_3 + \text{NO}_2$ en zone urbaine ?

En raison de la baisse des émissions des activités humaines, avec en premier lieu le transport routier, les concentrations de NO_2 sont en baisse depuis plus de 20 ans. Les concentrations moyennes d'ozone sont elles en légère hausse sur les sites urbains, du fait de la moindre consommation des niveaux nocturnes (Figure 14).

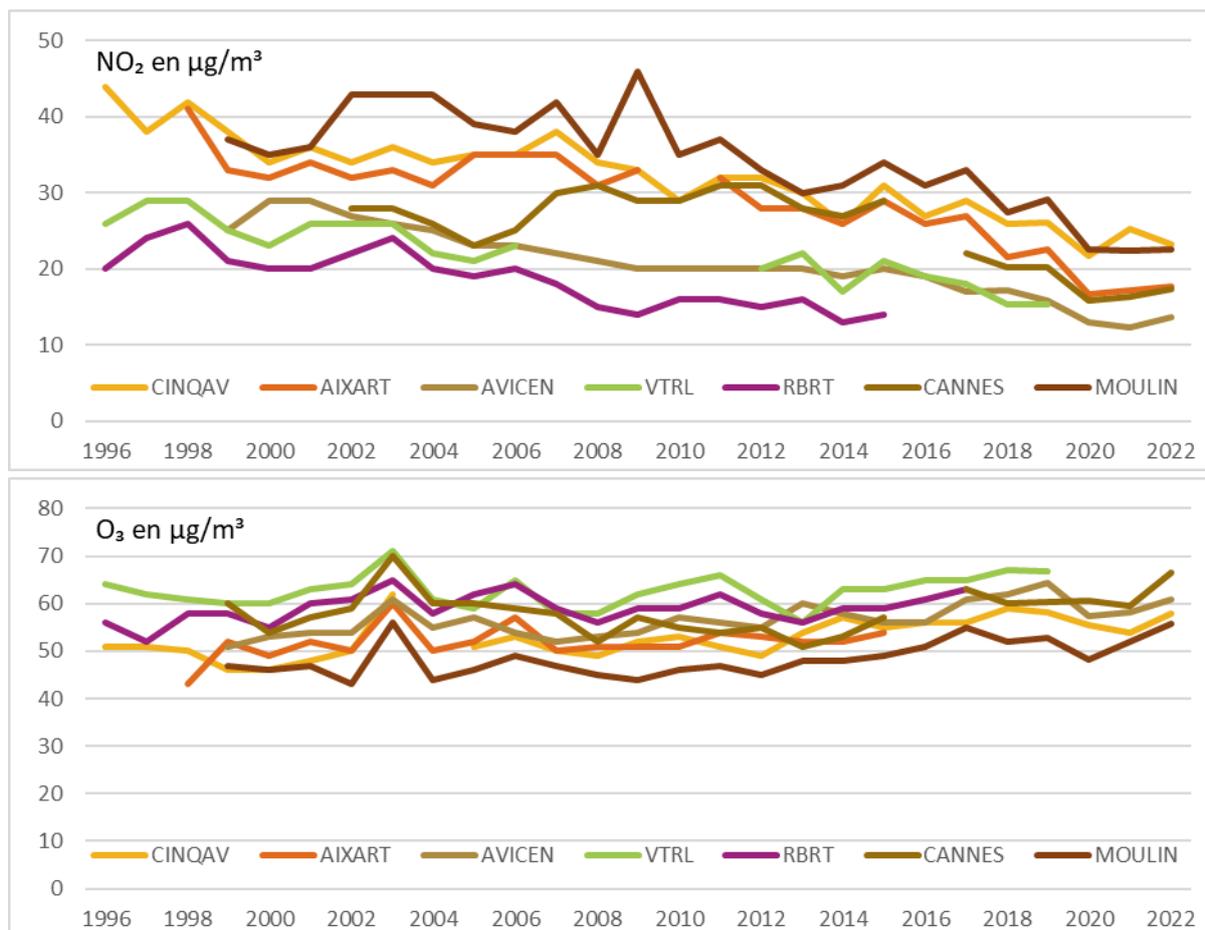


Figure 14 : Évolution des moyennes de NO_2 et d' O_3 sur des sites urbains depuis 1996.

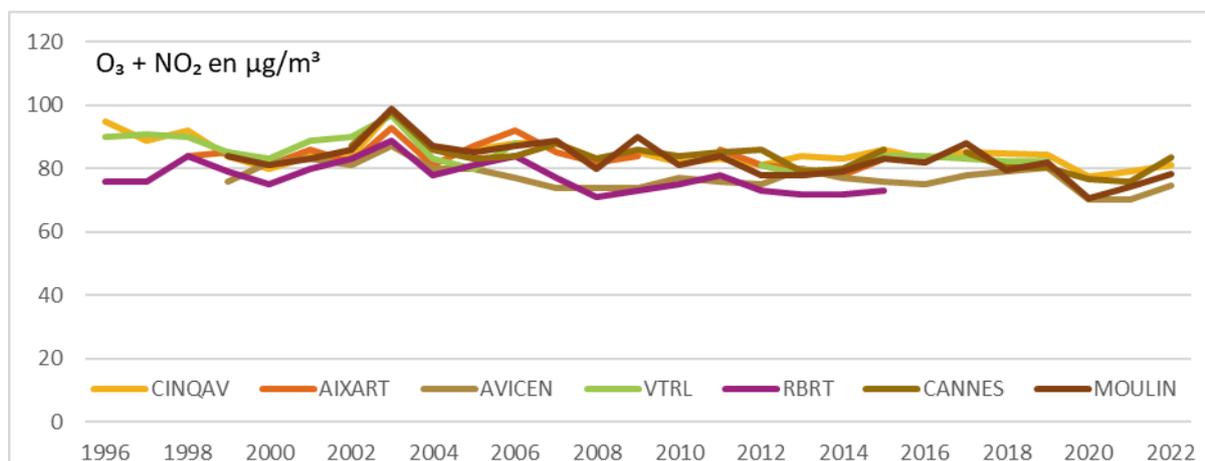


Figure 15 : Évolution de la somme des moyennes d' O_3 et NO_2 sur des sites urbains depuis 1996.

Les concentrations de NO₂ dans l'air ambiant sont issues de l'émission directe de NO₂ par les sources, ainsi que de l'oxydation du NO en NO₂, notamment par réaction du NO avec O₃ (consommation de l'O₃). La somme de ces deux formes de pollution oxydante montre une très légère tendance à la baisse : entre -0.2 et -0.6 µg/m³ par an selon les sites (Figure 15).

Cette légère diminution signifie que, en prenant en compte les autres espèces secondaires produites par la consommation d'ozone, la tendance de la pollution oxydante en ville est à la baisse depuis une vingtaine d'années.

Ainsi, l'utilisation de la moyenne annuelle d'ozone seule peut entraîner une mauvaise interprétation de la tendance d'évolution de la pollution oxydante. La combinaison de cette moyenne annuelle avec les mesures d'autres oxydants (à minima le NO₂) montre que cette pollution tend à baisser dans le temps, même si cette baisse reste lente.

CONCLUSION : LE PARADOXE DE L'OZONE

Les mesures réalisées depuis 30 ans en région Sud par AtmoSud montrent une « tendance à la hausse » des niveaux moyens en ozone. Celle-ci est expliquée par une disparition progressive des valeurs basses dans les situations où l'ozone est consommé par le NO, surtout la nuit et sur les sites urbains. Cela signifie que des valeurs très faibles remontent vers des valeurs moyennes, proches du niveau de fond troposphérique.

La réalité est, en fait, une **stabilité des valeurs diurnes de fond**, avec une baisse plus marquée des valeurs de pointe. Cette stabilité est la conséquence d'une **baisse de production photochimique régionale en lien avec la baisse des émissions de précurseurs**, mais résulte également probablement d'une **compensation partielle par une hausse des apports transfrontaliers** par le biais de la troposphère libre.

En zone urbaine, la **diminution de la consommation de l'ozone s'accompagne de la diminution des concentrations de polluants oxydants secondaires non surveillés**, produits par cette consommation. La hausse des moyennes d'ozone en ville est donc la traduction d'une baisse globale de la pollution oxydante. **L'ozone seul n'est donc pas un bon indicateur d'exposition aux oxydants en ville** : il évolue à l'inverse de tous les autres.

Concernant l'évaluation de l'efficacité des actions locales de réduction de la pollution, notamment oxydante, l'utilisation d'indicateurs basés uniquement sur les concentrations d'ozone peut causer des erreurs d'interprétation. En effet, la complexité des réactions photochimiques, les apports transfrontaliers et le changement climatique dégradent le lien entre ces actions locales et les niveaux d'ozone. **Pour ce suivi, il est donc préférable d'utiliser des indicateurs de pollution primaire (NO₂, PM, PUF, COV) ou des indicateurs cumulant l'ozone avec d'autres formes de pollution (ICAIR)⁵.**

Par ailleurs, **la contribution des apports transfrontaliers par le biais de la troposphère libre et l'influence du dérèglement climatique doit être quantifiée** afin de mieux évaluer la part de l'ozone sur laquelle les actions locales peuvent effectivement avoir un effet. C'est l'objectif du projet de coopération transfrontalière Alp'Aera (Programme Alcotra)⁶ qui doit se poursuivre jusqu'en 2026, et dans lequel AtmoSud est partie prenante en tant que chef de file de ce projet européen.

⁵ <https://www.atmosud.org/article/icair-lindice-cumule-de-lair>

⁶ <https://www.atmosud.org/etude/alpaera>



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

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