



 Dominique ROBIN
 Directeur d'AtmoSud
 06.76.49.00.26
 dominique.robin@atmosud.org
 [Consulter le site AtmoSud](#)

POURQUOI DOIT-ON CHANGER LES INDICES D'INFORMATION SUR LA QUALITE DE L'AIR POUR UNE APPROCHE CARTOGRAPHIQUE HD

Le cumul : une approche plus réaliste de l'état de l'atmosphère que le maximum

Les indicateurs d'information sur la qualité de l'air autour de la planète utilisent tous le même principe de calcul, le maximum l'emporte. La méthode de calcul est relativement simple. Une échelle de qualité est définie pour chaque polluant que compose l'indice, ce qui donne autant de sous-indices que de polluants considérés. L'indice est donné par le **sous-indice le plus élevé (règle majorante du maximum)**¹.

Les bases de cette méthode ont été élaborées **il y a plus de trente ans avec une finalité d'information globalisante**. En France, l'indice Atmo est l'une des avancées majeures de la Loi sur l'Air (LAURE) de 1996. Il convient cependant de contextualiser l'information produite. La surveillance est parcellaire et se matérialise par l'implantation de quelques stations de mesures réglementaires ne surveillant pas toutes les mêmes polluants. L'objectif est de traduire ces informations de façon accessible pour qualifier l'air d'une ville. L'évolution des dispositifs de surveillance, intégrant des approches complémentaires (mesures réglementaires, capteurs, modélisation, signalements...), produit aujourd'hui une évaluation spatio-temporelle plus fine de l'atmosphère : les **cartographies HD**.

La **connaissance acquise** et l'importance **des services d'information numériques** conduisent à reconsidérer l'élaboration de ces indices **pour mieux restituer l'état de l'atmosphère de façon cartographique et surtout les lier aux actions locales-individuelles (santé-comportement)**.

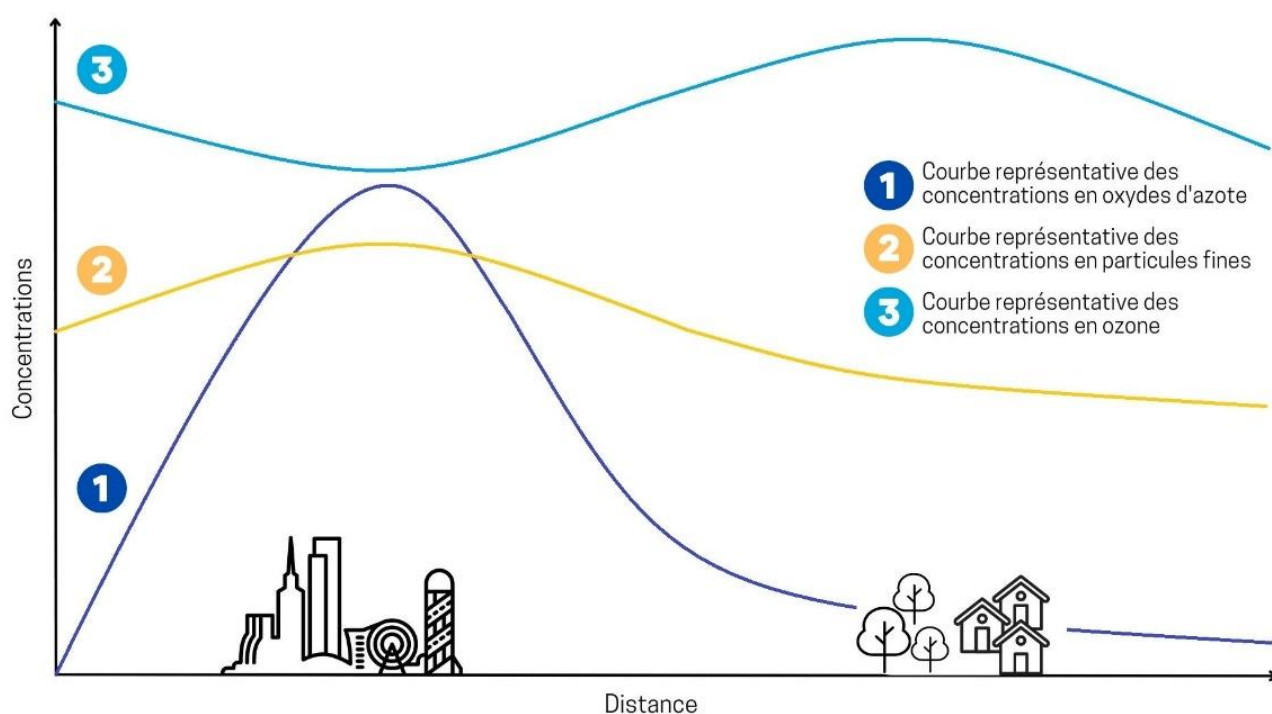
Le développement suivant abordera :

- **L'apport d'un indice basé sur le cumul plutôt que le maximum** pour produire des cartes HD, dont les premières traductions opérationnelles sont les indicateurs **ICAIRh, ICAIR24 et ICAIR365** élaborés par AtmoSud,
- La possibilité avec l'indice cumulé d'ajouter de façon lisible, de nouveaux polluants comme **les particules ultrafines ou des polluants spécifiques locaux (secteurs industriels, agricoles...)**,
- Une nécessaire **évolution du sous-indice ozone**.

¹ Exemple avec l'indice européen ou l'indice Atmo français ; <https://airindex.eea.europa.eu/Map/AQI/Viewer/>

L'indice cumulé plus indiqué que le maximum pour produire des cartes à haute résolution

Le cumul plutôt que le maximum est une proposition d'évolution qui permet de conserver une bonne lisibilité et compréhension de la fabrication de l'indice. Cette proposition est basée sur une idée simple : **certains polluants ont des comportements antagonistes** (NO₂ et ozone), alors même qu'ils appartiennent à un cycle commun, **complémentaire** (c'est la photodissociation de NO₂ qui est la base d'une majeure partie de la photochimie et en particulier de la production d'ozone troposphérique). En outre, les particules fines (PM10 ou PM2.5) apportent une information complémentaire, en lien avec la diversité de leurs origines (grande diversité des sources et production secondaire). Les sous-indices (variables) ont des comportements relativement indépendants, **apportant chacun une information complémentaire**.



Représentation des concentrations en oxydes d'azote, particules fines et ozone sur une journée estivale en milieux urbain, péri urbain et rural.

Il est manifeste que le cumul permet de traduire à haute résolution, **la notion de cocktail et d'état de l'atmosphère**. Il apporte **une véritable variabilité spatiale et temporelle**, correspondant à l'évolution de la pollution dans l'espace et dans le temps. Cette information contraste avec l'information cartographique relativement **atone produite par les indices basés sur le maximum**. Dans ce dernier cas, l'information est donnée le plus souvent par un polluant, l'ozone dont la variabilité spatiale est faible.

Le cumul permet de relier plus directement l'information aux activités et aux actions, que ce soit à des pas de temps courts (horaire) ou sur du chronique (annuel). Les approches portant sur la notion de cocktail dans les **études sanitaires sont généralement basées sur des cumuls** (Etudes de Risques Sanitaires cumulées par exemple). Le **développement de services numériques** pour accompagner décideurs et citoyens dans les actions et la préservation de l'air se prêtent mieux à cette nouvelle approche que celle du maximum. Cette nouvelle méthode permet en outre d'envisager **l'ajout de polluants spécifiques** (industriels, agricoles) de façon lisible, sans dénaturer l'information bâtie sur la base des polluants réglementés.

* ICAIR – Nouvel indicateur cumulé de l'air

AtmoSud a établi trois indices cumulés répondant aux principales attentes d'information et de services numériques. L'objectif de l'information cartographique HD étant, au-delà du constat, d'accompagner l'évolution des usages, des pratiques et des décisions. Ces indices sont résolument tournés vers l'action et la décision locale :

ICAIR24

ICAIR24 – Indice cumulé de l'air sur les 24 heures de la journée

ICAIR24 – Indice cumulé de l'air sur les 24 heures de la journée – Il se base sur les échelles de référence de l'indice européen, tout comme l'indice Atmo français. Il propose une évolution de l'indice Atmo avec une résolution spatiale plus fine que la commune et une meilleure représentation de l'exposition des populations. Ces indices journaliers sont largement repris par les médias et applications pour délivrer une information à une échelle plus fine (par exemple un groupe scolaire).

ICAIR365

ICAIR365 – Indice Cumulé de l'Air des 365 jours de l'année

Il fournit une information annuelle basée sur les lignes directrices de l'Organisation Mondiale de la Santé, que les normes européennes devraient reprendre comme référence. Cet indicateur reflète l'exposition chronique des populations pour l'air extérieur. Il s'adresse à tous les publics, notamment pour des questions récurrentes d'implantation de logement, d'activités... Il est également destiné aux acteurs et décideurs locaux. Ces cartes d'indices cumulés répondent notamment aux questions de périmètre d'actions prioritaires (ZFEm, rue scolaire...) et d'aménagement du territoire (implantation d'une école, terrains de sport...).

ICAIRh

ICAIRh – Indice cumulé de l'air horaire

Il se base sur les échelles de l'indice européen. ICAIRh apporte une information spatiale et temporelle fine qui répond aux questions du quotidien. Il a vocation à accompagner l'évolution des pratiques pour mieux se préserver de la pollution atmosphérique, en proposant une meilleure lisibilité dans les secteurs où la qualité de l'air varie dans l'espace ou dans le temps. C'est sans doute le meilleur indicateur pour produire des services numériques liés à la préservation des personnes les plus vulnérables, accompagner la pratiques sportives ou toute activité dans laquelle l'air devrait être intégrée. L'indice ICAIRh proche de la vie quotidienne vise à accompagner le réflexe de la prise en compte de l'air dans le quotidien.

* ICAIR24 – Indice Cumulé de l’Air journalier – basé sur les seuils de l’indice européen

L’indice cumulé journalier se base sur les échelles de l’indice Atmo. ICAIR24 détermine pour les 4 polluants (NO₂, O₃, PM10 et PM2.5) des sous-indices allant de bon (égal à 1) à extrêmement mauvais (égal à 6). Pour produire un indicateur qui cumule les polluants à l’échelle de la journée, AtmoSud propose de **faire la somme de ces sous-indices**. Pour ne pas avoir de double compte sur les particules, seul le sous-indice le plus pénalisant entre PM10 et PM2.5 est conservé. Ainsi, une situation dans laquelle **les niveaux de NO₂, d’ozone et de particules seraient tous les trois moyens, l’indice journalier serait égal à 9**, quand l’approche en max donnerait un indice de 3 (dégradé).

Grâce à l’indice en cumul, nous obtenons une approche de la pollution atmosphérique plus fine. Sur les exemples ci-dessous, nous observons qu’avec l’approche en maximum, le site urbain de Marseille Longchamp a une qualité de l’air avec un indicateur de 3 (dégradé). En approche cumulée, ce site obtient un résultat de 9.

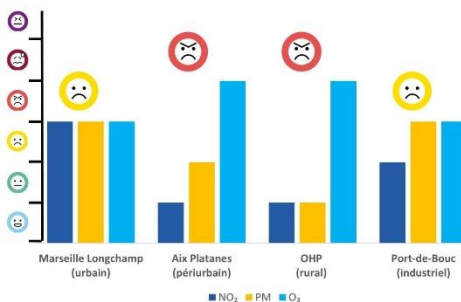
Sur cette même journée, le site rural de l’OHP a une qualité de l’air plus dégradée (mauvaise) que le site urbain de Marseille Longchamp (dégradée) avec l’approche en maximum. En approche cumulée, l’OHP a une qualité de l’air moins dégradée (indice de 6) que celle du site urbain (indice de 9).

Pourquoi ? Parce qu’avec ICAIR24, le polluant le plus pénalisant de l’approche en maximum n’est plus le marqueur unique pour qualifier l’air, c’est la somme des sous-indices qui permettra de qualifier l’air respiré par les usagers.

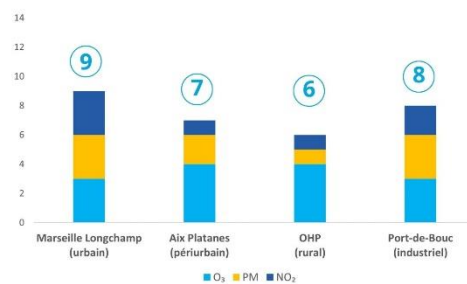


Journée estivale

Indice en max (indice Atmo)

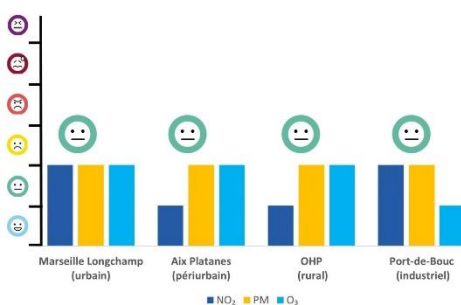


Indice en cumul (ICAIR24)



Journée hivernale

Indice en max (indice Atmo)



Indice en cumul (ICAIR24)



✳ **ICAIR365 – Indice cumulé de l'air annuel – basé sur les lignes directrices de l'OMS**

Le même principe de calcul a été adopté pour produire un indice annuel cumulé. Il se base sur les **lignes directrices de l'OMS**. Chaque **incrément d'un point d'ICAIR365** correspond au **dépassement d'une ligne directrice (LD)**. Ainsi, une valeur d'ICAIR365 de 3 correspond à 3 fois le dépassement d'une LD. Ce service est accessible sur la première page du site d'AtmoSud (onglet année).

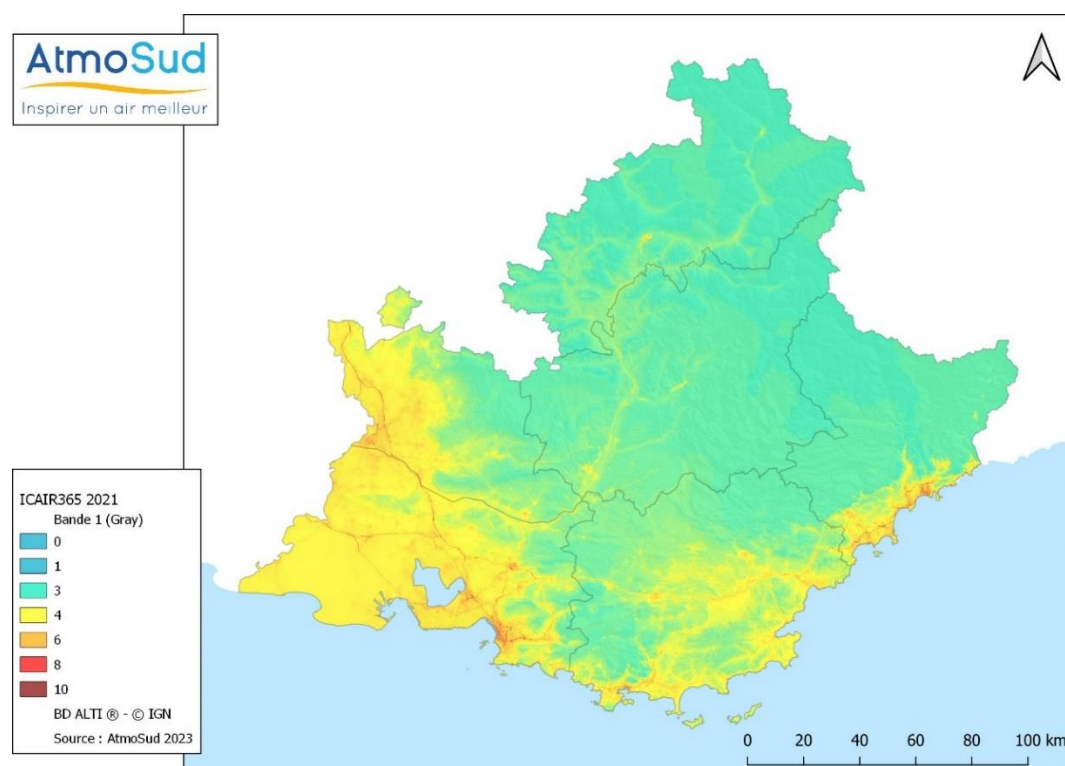
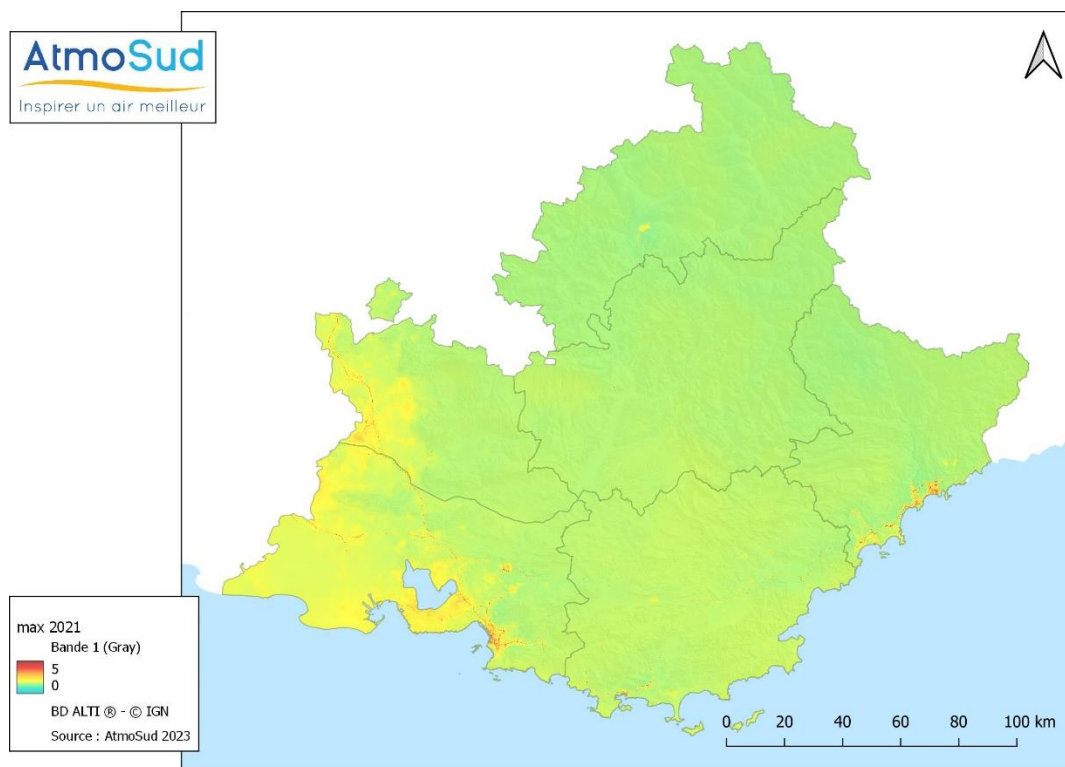


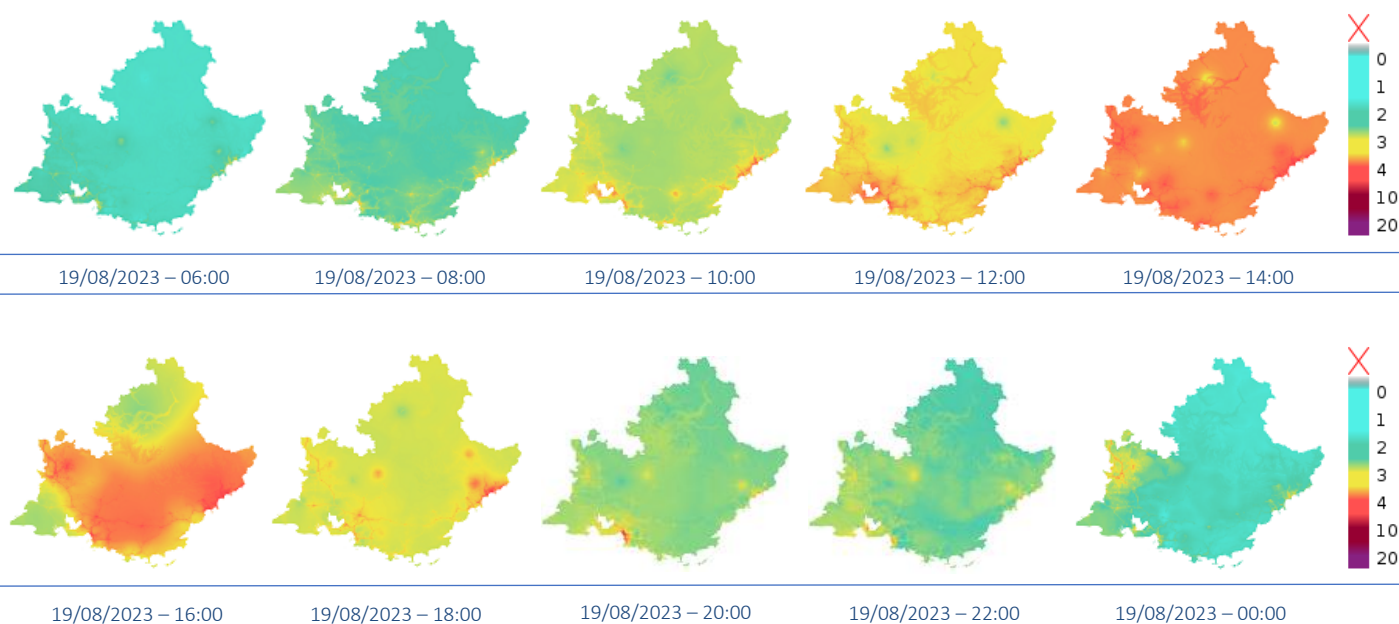
Figure 1 : carte d'indice en max (PM10, PM2.5, O₃, NO₂ normalisés par leurs LD OMS annuelles) en haut, carte d'indice cumulé ICAIR365 en bas. La carte cumulée montre plus de variabilité spatiale autour des zones urbanisées et des activités humaines que la carte en max.

✳ ICAIRh – Indice Cumulé de l’Air horaire – basé sur les seuils de l’indice européen

L’indice cumulé horaire élaboré par AtmoSud est basé sur les échelles de **qualité de l’indice européen** (Agence Européenne de l’Environnement). Concernant les PM10 et PM2.5, ICAIRh utilise une **échelle horaire** basée sur une corrélation linéaire entre la moyenne 24h et la valeur horaire. En France, la relation est **d’un facteur 2 environ**. Avec les éléments discutés précédemment, ces indices pourraient évoluer pour une meilleure clarté et qualité de l’information.

Ces indices cartographiés à haute résolution ouvrent de nouvelles perspectives en matière de lien à **l’action, à la décision locale ou individuelle, aux approches sanitaires**. La relation plus étroite **avec les activités** permet d’envisager **de nouveaux services numériques pour intégrer l’air dans les réflexes du quotidien**, avec une vue plus intégrative. ICAIRh est actuellement produit à une résolution de 25 mètres en région PACA pour chaque heure. Ces cartes tiennent compte, par assimilation **des mesures réglementaires, des sorties de modèles et de l’apport de capteurs citoyens**. Ce service est aujourd’hui opérationnel sur le site d’AtmoSud : www.atmosud.org.

Carte horaires – Indicateur ICAIRh – journée du 19/08/2023



Ajout de polluants dans l'indice (PUF, polluants industriels, agricoles) pour une information plus réaliste de l'état de l'atmosphère

Particules fines et particules ultrafines.

La mesure en routine des particules ultrafines (PUF) modifie en profondeur la façon de caractériser les particules. L'approche massique (PM10, PM2.5), historique, rend prépondérantes les particules les plus grosses en sous-estimant les très fines (1 particule de 10 µm = 1 million de particules de 0.1 µm en masse). Ceci explique qu'avec les progrès de filtration des véhicules, les mesures de particules soient peu corrélées aux oxydes d'azote et donc à la combustion.

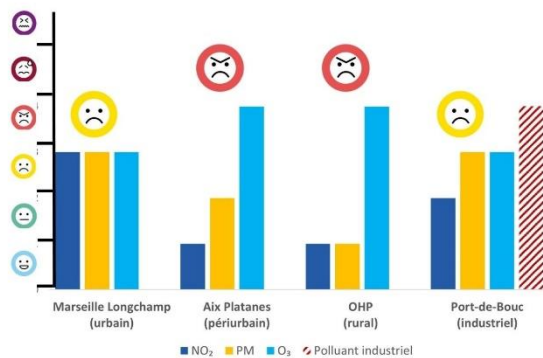
Les PUF (< 0.1 µm), mesurées en nombre, montrent que la quantité de particules reste très significative proche des axes ou dans les panaches industriels ou de navires. Il est à noter que proche des **plateformes aéroportuaires** les niveaux de PUF peuvent également être très significatifs, alors même que les autres composés réglementés (oxydes d'azote, PM) montrent des impacts plus limités.

Même si l'on parle de particules dans les deux cas, il s'agit de deux **informations complémentaires** qui mériteront de faire partie des informations diffusées à terme. En France, l'orientation du Ministère de l'Ecologie pour développer cette surveillance depuis 2021 devrait faciliter cette intégration.

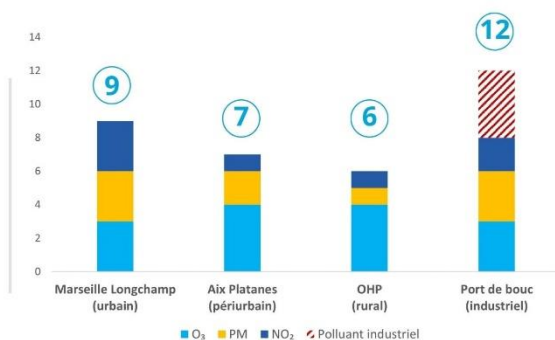
Aujourd'hui dans les **zones agricoles ou les secteurs industriels**, les indicateurs réglementaires ne représentent pas correctement l'état de la qualité de l'air. Le **principe d'un ajout de polluants spécifiques locaux (1,3 butadiène, dichloroéthane, pesticides, PUF...), en mode cumul**, est très lisible et permet d'apporter une information précieuse. Le travail sur les échelles de qualité est un passage nécessaire qui pourrait faire l'objet de travaux à l'échelle nationale ou européenne. Le **lien avec l'air intérieur** est également à envisager car notre exposition est un continuum.

Journée estivale

Indice en max (indice Atmo)

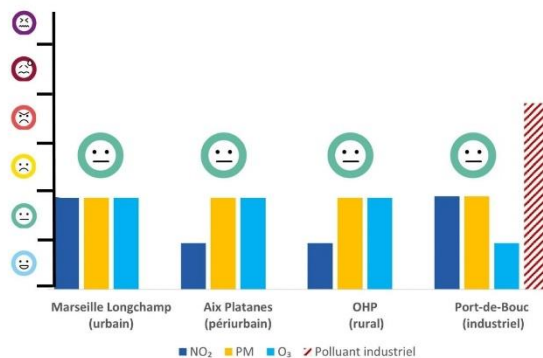


Indice en cumul (ICAIR24)

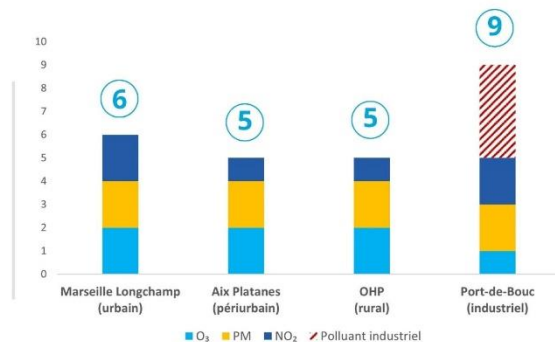


Journée hivernale

Indice en max (indice Atmo)



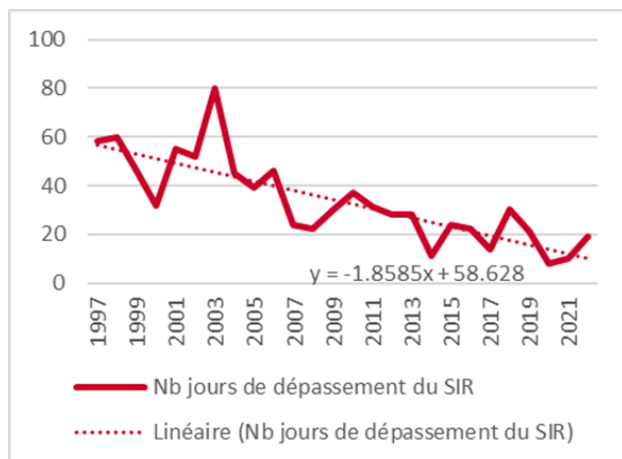
Indice en cumul (ICAIR24)



Une nécessaire évolution de l'échelle ozone

En région Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'ozone **donne l'indice Atmo 95 % du temps, été comme hiver**. Pourtant, il ne représente qu'environ 10% du coût sanitaire global de la pollution atmosphérique². En outre, l'indice Atmo, communal **est en moyenne plus dégradé sur l'année dans les zones rurales que dans le centre des grandes villes régionales** (Marseille, Toulon, Nice, Avignon), ce qui ne traduit bien évidemment pas correctement la variabilité spatiale de la pollution. Cette situation semble assez largement partagée en France.

Il est proposé de faire évoluer **l'échelle ozone** en Europe et en France pour mieux distinguer :



- ce qui relève **d'une pollution photochimique active**, dans laquelle l'ozone est un indicateur de la présence de nombreux autres composés,

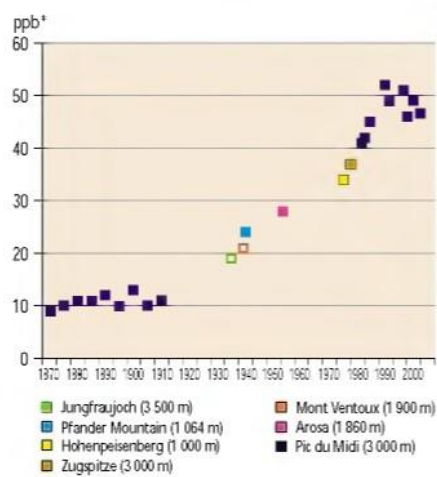
- des situations où sa présence est **relativement esseulée**, traduisant le niveau de **troposphère libre**.

Cette distinction plus claire renvoie également au lien à **l'action locale**, dans la mesure où la lutte contre les précurseurs montre aujourd'hui de **réels gains sur la pollution photochimique**. Le graphique ci-contre illustre l'évolution des dépassements du seuil d'information européen 180 µg/h, traduisant bien la baisse d'intensité des épisodes photochimiques et donc les gains apportés par les actions de réduction de précurseurs régionaux.

Le **niveau de la troposphère libre**, après une forte augmentation durant le XXe siècle, a une **tendance à la relative stabilité en Europe**, en lien avec le transport longue distance, asiatique notamment (transcontinental) **qui contrebalance la baisse de la production en France et en Europe**. La durée de vie de l'ozone dans cette strate de l'atmosphère est de l'ordre **d'une vingtaine de jours**. L'ozone de la troposphère libre, issu du transport longue distance, ou présent en dehors des épisodes de pollution photochimique locale, **n'est pas associé aux autres congénères observés pendant les épisodes photochimiques** (radicaux libres, particules ultrafines...). L'apport simple d'ozone troposphérique (hors production locale) traduit, par conséquent, un état de l'atmosphère très différent, une **pollution bien moindre**.

Remarque : par ailleurs, l'ozone est un gaz à effet de serre important. Son forçage radiatif arrive en troisième position après le dioxyde de carbone et le méthane.

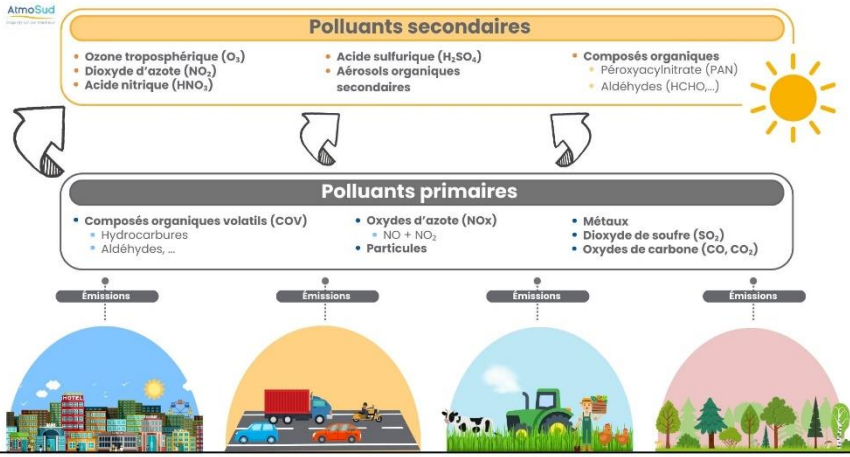
L'évolution des concentrations d'ozone sur des sites d'altitude en Europe de l'Ouest (1870-2002)



* ppb : partie par milliard (billion).

Source : Laboratoire d'Aérodologie, Toulouse.

² Selon les chiffres de l'Agence Européenne de l'Environnement, en France en 2019, les années de vies perdues à cause de la pollution atmosphérique l'ont été à 65% à cause des particules, à 23% à cause du NO₂ et à 11% à cause de l'ozone.



Les épisodes photochimiques, qui se traduisent par la présence de **nombreux polluants oxydants et de l'accroissement des particules ultrafines**, ne se produisent que d'avril à fin septembre et pas tous les jours, dans la mesure où la stabilité atmosphérique est un élément clef.

L'approche par le maximum et le premier niveau de l'échelle européenne (passage de bon à moyen) ne **permettent pas de distinguer ces deux situations** et conduisent, même au cœur

de l'hiver, à produire des indices plus dégradés en zones rurales ou périphériques. A titre anecdotique, la hausse des niveaux d'ozone tendancielle observée sur les sites urbains, ne fait que traduire la baisse des rejets de NO, donc une pollution moindre. Le mode cumul apporte un début de réponse et corrige en partie l'approche majorante qui déforme la réalité de l'état de la pollution.

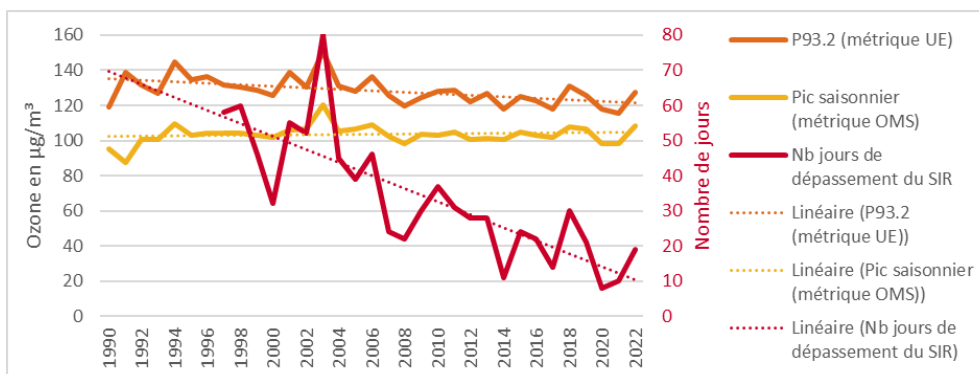
L'approche par le maximum et le choix du premier palier (bon/moyen à 50 µg/m³) conduisent l'indicateur ozone à **écraser l'information de façon peu fondée une grande partie de l'année**. Comme indiqué précédemment, l'ozone donne l'indice Atmo en Provence-Alpes-Côte d'Azur, même au cœur de l'hiver, dans toutes les situations. Les niveaux traduisent, alors dans la **grande majorité du temps**, celui de la troposphère libre (grande échelle). Le niveau des autres polluants, en dehors des zones sources est généralement faible. La représentation spatiale, dans la mesure où l'ozone est prégnant dans l'indice actuel, **ne traduit pas fidèlement l'état de l'atmosphère**. Il conduit à considérer les sites ruraux, objectivement les moins pollués comme des sites avec une qualité de l'air « **moyenne** » ou « **dégradée** », la plupart du temps. Comme indiqué en Provence-Alpes-Côte d'Azur, la fréquence des indices Atmo les plus dégradés **qualifie les communes rurales**. Elles sont moins bien notées sur l'année que les villes centres ou les zones industrielles.

Le niveau de fond hivernal en zone rurale, partout en France depuis plus de 10 ans, se situe en général autour de 60 µg/m³ en journée. Les premiers seuils de l'indice devraient nécessairement se situer au-dessus de cette valeur.

A l'échelle horaire, le **sous-indice ozone de l'EPA (Agence de Protection de l'Environnement américaine)** paraît plus consistant et permettrait de mieux distinguer ces deux **situations (108 µg/m³)**. À noter que la ligne directrice de l'OMS sur 8 heures est à 100 µg/m³.

La valeur de 100 µg/m³ sur une heure pourrait être un bon compromis.

Concernant l'approche chronique, l'utilisation d'un percentile (**93,2 des moyennes 8h quotidiennes par exemple, valeur cible européenne**) permet de restituer plus clairement ce qui relève de l'évolution de la photochimie locale (généralement à la baisse en France et en Europe) de l'approche grande échelle (transport transfrontalier d'ozone).



Tendance d'évolution de l'ozone selon différents indicateurs (moyenne régionale PACA, source AtmoSud)

ICAIR, un indicateur cumulé de l'air adapté la communication experte comme grand public et orienté vers le numérique

Le principe d'un indice calculé sur la somme des polluants et non plus le sous-indice le plus fort permet :

1. De mieux représenter les phénomènes de pollution atmosphérique
2. De faciliter la communication vers le grand public
3. De lier l'indice aux leviers d'action

La représentation de l'indice cumulé apporte du contraste et de la variabilité spatiale mettant en lumière les diverses sources de pollution. La qualité de l'air n'est pas la même sur un axe routier, dans sa proximité ou dans un parc. Avec un indice cumulé horaire, la variabilité temporelle est restituée. En été ou en hiver, les heures les plus polluées ne sont pas les mêmes. Restituer cette variabilité, c'est donner aux citoyens les moyens d'adapter leur activité en fonction de la pollution, et donner aux acteurs politiques des éléments concrets sur les leviers d'actions (impact des pics de trafic, de l'usage des chauffages au bois...).

Pour les applications et les usages numériques la variabilité spatiale et temporelle de l'indice, à l'échelle horaire, sont des atouts forts. Proposer un indice à grande échelle et sur une journée n'en fait pas un outil du quotidien. ICAIRh permet d'aller vers des conseils pour les activités quotidiennes (activités sportives, sortie avec des enfants, conseil pour des personnes sensibles) qui sont les ressorts des applications.

Les flux, API, ICAIRh peuvent ainsi être repris et contribuer à la circulation d'une information à grande échelle utile et scientifiquement fondée sur la qualité de l'air.