



# MÉTHODES D'OBSERVATION DE LA POUSSIÈRE

África Barreto (abarretov@aemet.es)

Izaña Atmospheric Research Center, Meteorological State Agency of Spain (AEMET)

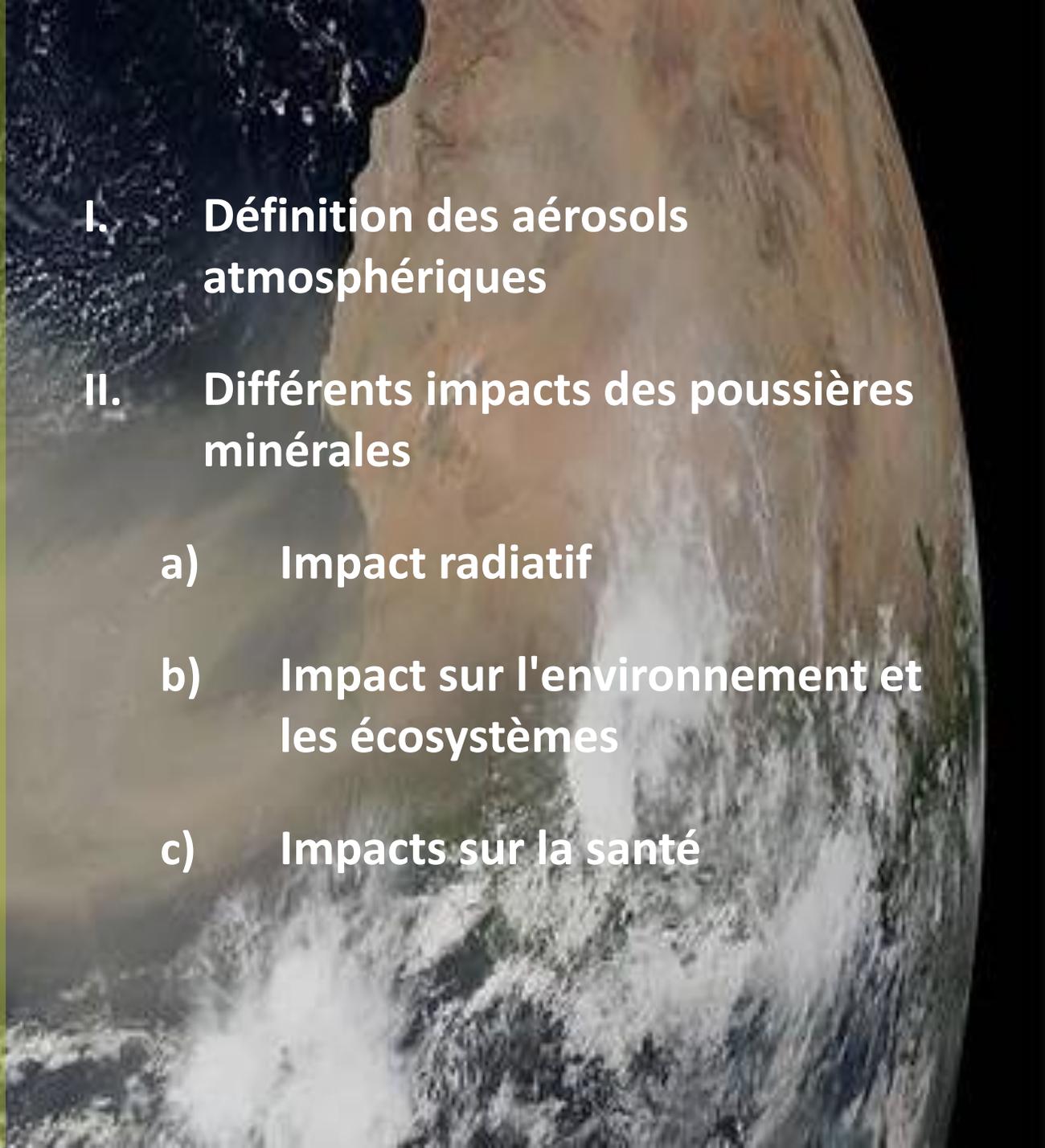
*WMO SDS-WAS CREWS Training Course for Africa: Mali (Online, April 3 2025)*

# Contour

- I. Pourquoi mesurer les poussières minérales?
- II. Aspects de la qualité de l'air
- III. Mesures in situ
- IV. Mesures par télédétection
- V. État des observations de la qualité de l'air en Afrique
- VI. État des observations de poussières en Afrique

# 1.

## Pourquoi mesurer les poussières minérales?

- 
- I. Définition des aérosols atmosphériques
  - II. Différents impacts des poussières minérales
    - a) Impact radiatif
    - b) Impact sur l'environnement et les écosystèmes
    - c) Impacts sur la santé

# DÉFINITION DES AÉROSOLS ATMOSPHÉRIQUES

## Aérosols Atmosphériques

*“Particules solides ou liquides en suspension dans l'air”*

*Naturel et Anthropique*

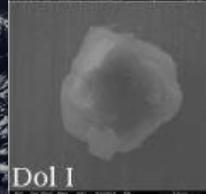
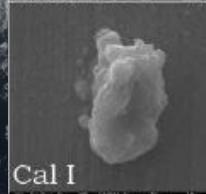
Sel de mer, poussières minérales,  
aérosols volcaniques, bactéries,  
virus, pollen

Émissions industrielles, gaz d'échappement  
des véhicules, combustion de  
biomasse/foresterie – composés carbonés,  
sulfates, nitrates ou autres composés  
organiques –

# DÉFINITION DES AÉROSOLS ATMOSPHÉRIQUES

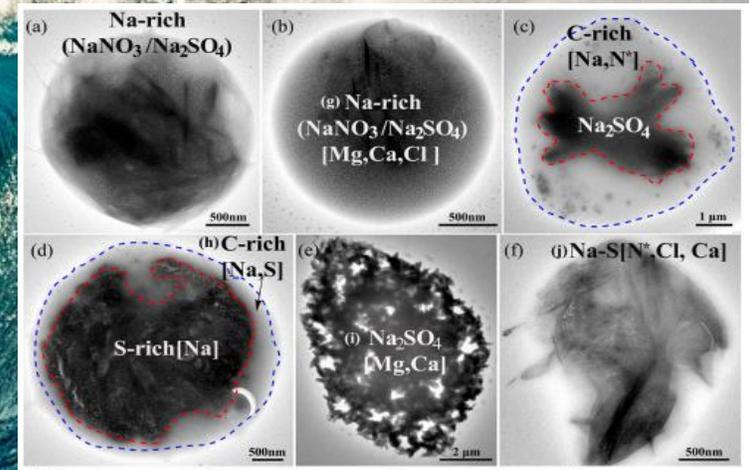
## Naturel – Poussière minérale

- Émission régie par des processus mécaniques (vent)
- Importance de la minéralogie (modifiable selon les sources)
- Forme irrégulière : effet sur la polarisation de la lumière (et effet radiatif)
- Dominance du mode grossier
- Effet radiatif important



## Naturel – Sel de mer

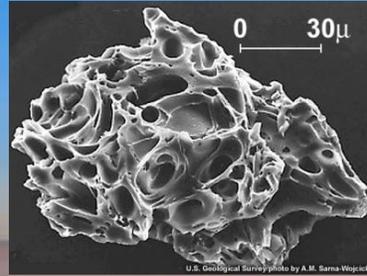
*Chi et al. (2015)*



- Composition: NaCl, sulfates et composés organiques/minéraux solubles
- Très hygroscopique – forme sphérique
- MBL (couche limite marine)
- Effet radiatif important

# DÉFINITION DES AÉROSOLS ATMOSPHÉRIQUES

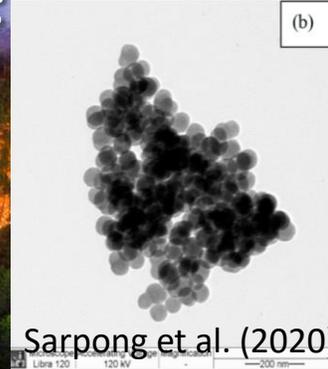
- Cendres (oxydes de Si, Al, Fe), gaz (SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>...) & WV
- Effet radiatif important
- Distribution granulométrique bimodale (sulfates & cendres).



Ash

## Naturel/Anthropique – Brûlage de biomasse

- Carbonés (BC + POA/SOA), sulfates, nitrates et composés volatils
- BC : effet radiatif important



Sarpong et al. (2020)

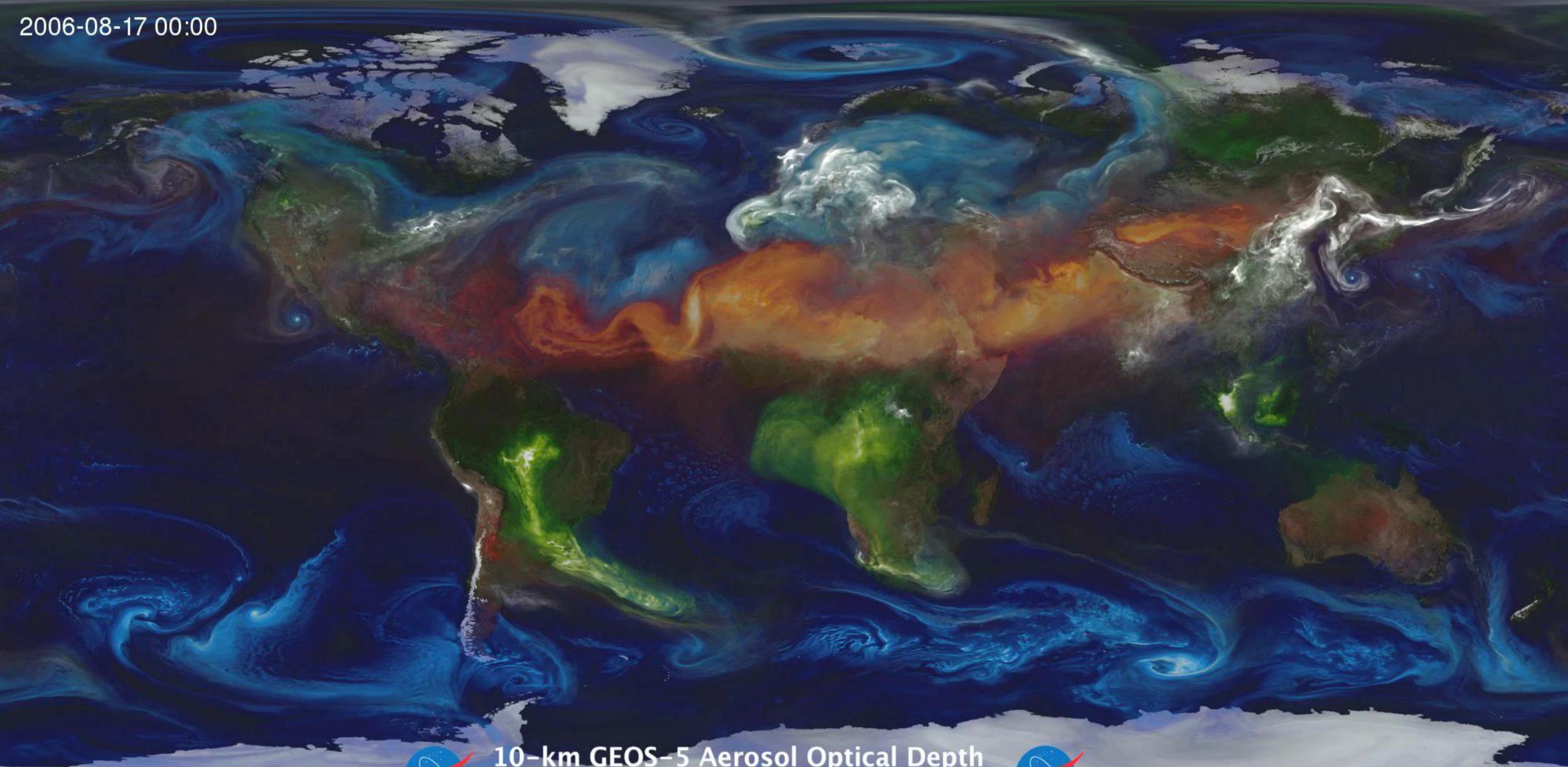
## Naturel – Aérosols volcaniques

- Différentes sources : extraction de charbon ou combustion d'énergies fossiles
- Mode fin : sulfates, nitrates et composés carbonés

## Anthropique – Industriel et trafic

# DÉFINITION DES AÉROSOLS ATMOSPHÉRIQUES

2006-08-17 00:00



10-km GEOS-5 Aerosol Optical Depth

Dust | Organic & Black Carbon | Sulfates | Sea Salt

Global Modeling and Assimilation Office - [William.M.Putman@nasa.gov](mailto:William.M.Putman@nasa.gov)



# DIFFÉRENTS IMPACTS DES POUSSIÈRES MINÉRALES

## Plages typiques de taille des particules de poussière minérale

En termes de qualité de l'air: **Particules PM**

**PM<sub>10</sub>** Concentration massique ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de tous les aérosols inférieurs à  $10\ \mu\text{m}$  (particules de  $\varnothing < 10\ \mu\text{m}$ )

**PM<sub>2.5</sub>** Concentration massique ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de tous les aérosols inférieurs à  $2,5\ \mu\text{m}$  (particules de  $\varnothing < 2,5\ \mu\text{m}$ )

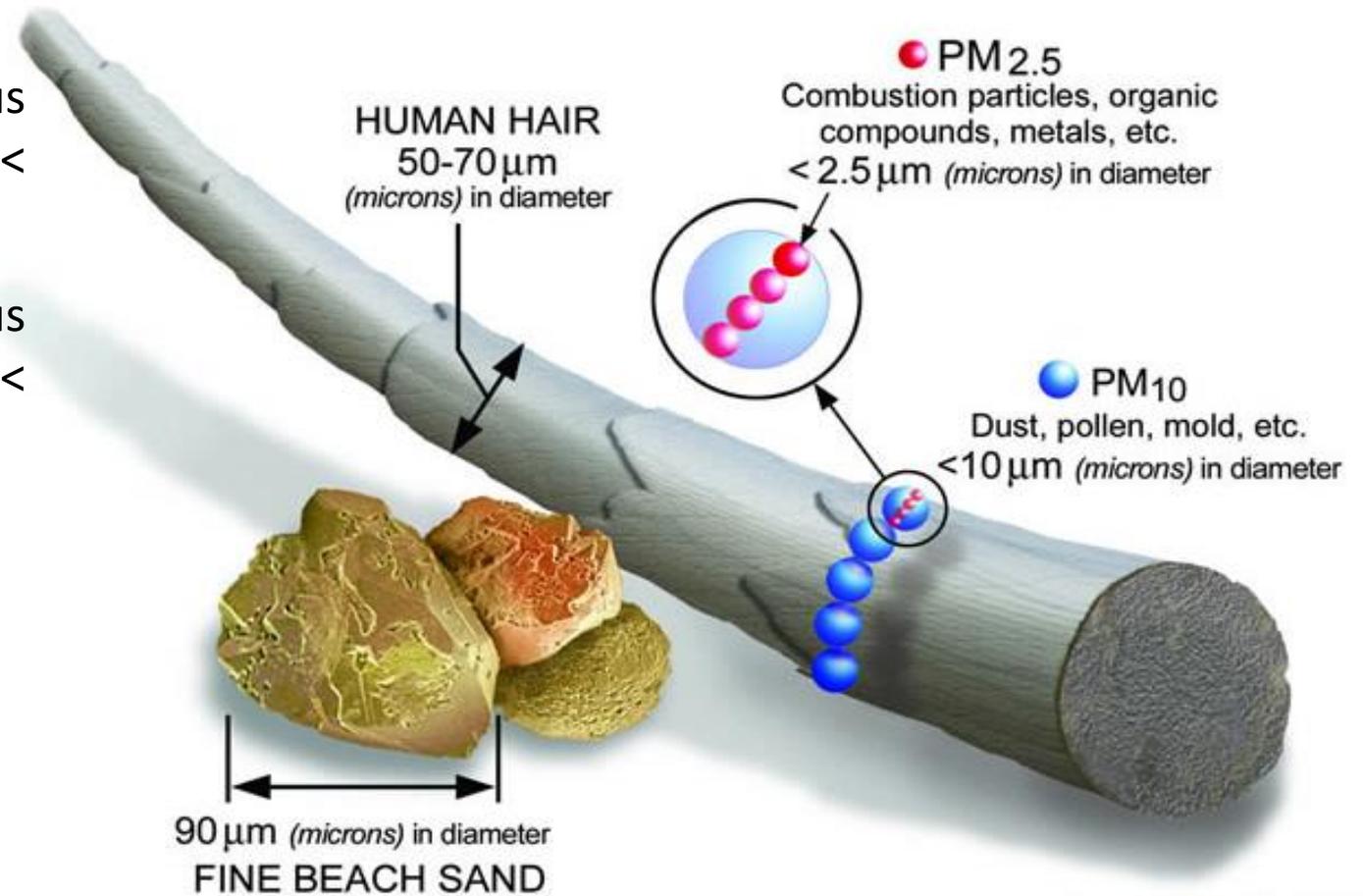
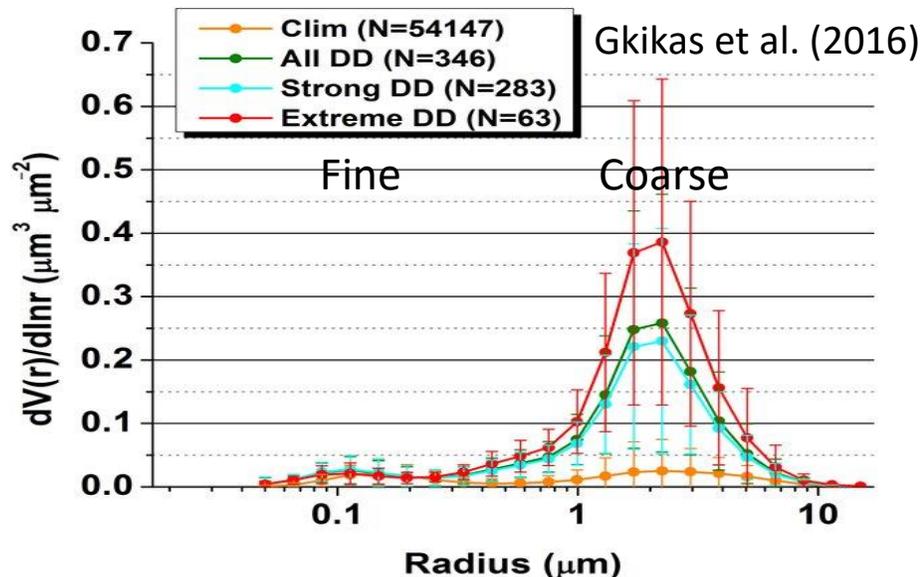
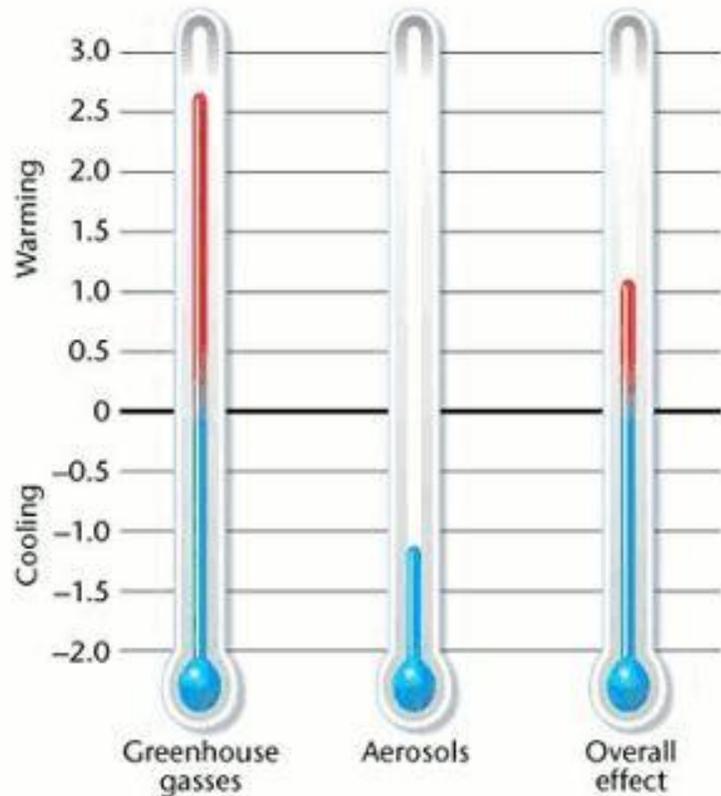


Image courtesy of the U.S. EPA

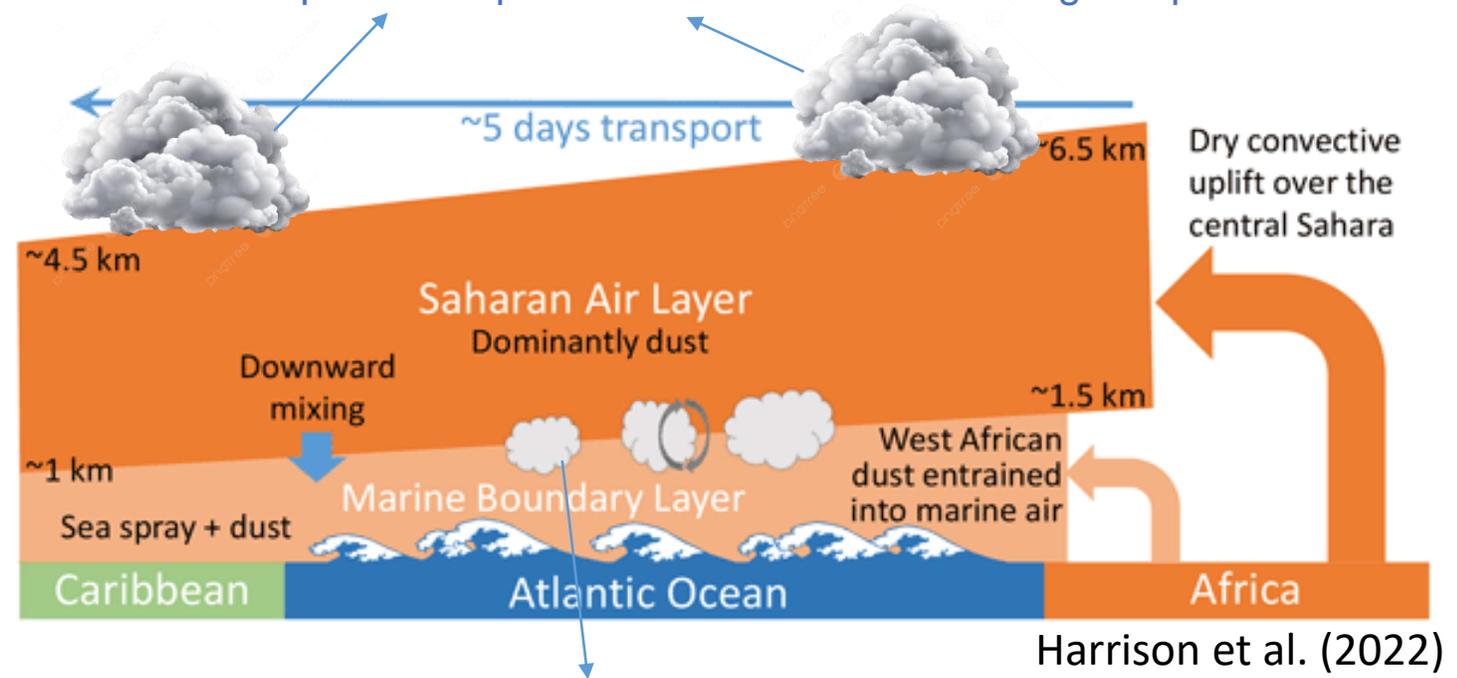
# DIFFÉRENTS IMPACTS DES POUSSIÈRES MINÉRALES

## Impact radiatif (direct) + Effet sur la formation des nuages (indirect)



L'effet global de la poussière minérale est de refroidir le système

Des nuages de niveau moyen peuvent se former dans la partie supérieure du SAL où la poussière peut favoriser la formation de glace primaire



Des nuages relativement peu profonds ont tendance à se former au sommet de la MBL

# DIFFÉRENTS IMPACTS DES POUSSIÈRES MINÉRALES

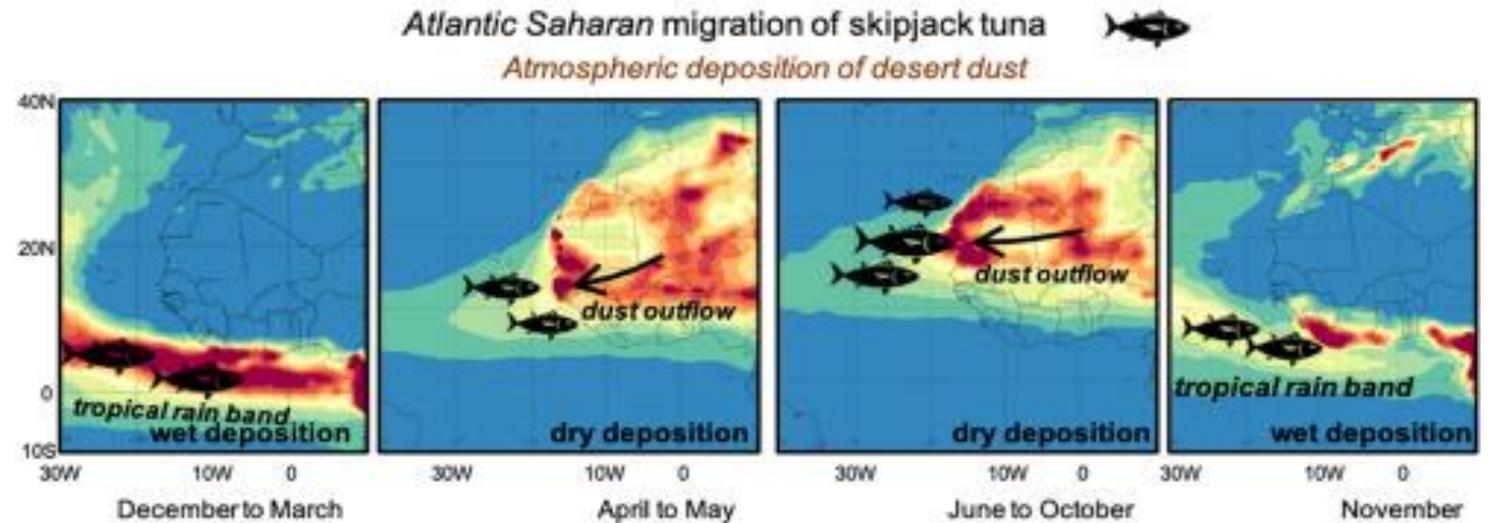
## Impacts sur l'environnement et les écosystèmes

La poussière est capable de:

- ❖ Fournir des nutriments essentiels tels que le fer, le phosphore et l'azote dans les eaux de surface
- ❖ Transport à longue distance de ces composants
- ❖ Augmenter la solubilité du fer – biodisponibilité

Phosphore – Fertilisation de la forêt amazonienne

Fe, P et N dans les eaux de surface – Impact sur les schémas de migration



Rodríguez et al. (2023)

# DIFFÉRENTS IMPACTS DES POUSSIÈRES MINÉRALES

## Aérosols et santé

- ❖ Les particules en suspension dans l'air pénètrent dans notre corps lorsque nous respirons
- ❖ Les risques associés dépendent de la composition chimique et de l'endroit où elles se déposent dans le système respiratoire
- ❖ Ces effets comprennent des maladies infectieuses (méningite et fièvre de la vallée), des problèmes respiratoires ou des maladies cardiovasculaires, pouvant parfois même conduire au cancer
- ❖ Réponse inflammatoire – Stress oxydatif – Dommages à l'ADN – Mort cellulaire

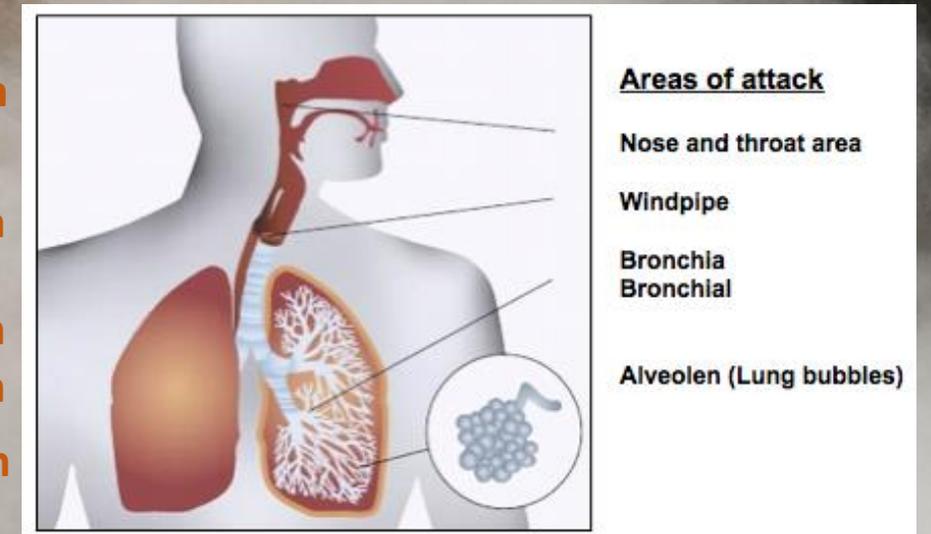
5-10  $\mu\text{m}$

3-5  $\mu\text{m}$

2-3  $\mu\text{m}$

1-2  $\mu\text{m}$

0.1-1  $\mu\text{m}$



**PM<sub>2.5</sub> + UFP (<1 $\mu\text{m}$ )**

# DIFFÉRENTS IMPACTS DES POUSSIÈRES MINÉRALES

## Quelques données épidémiologiques

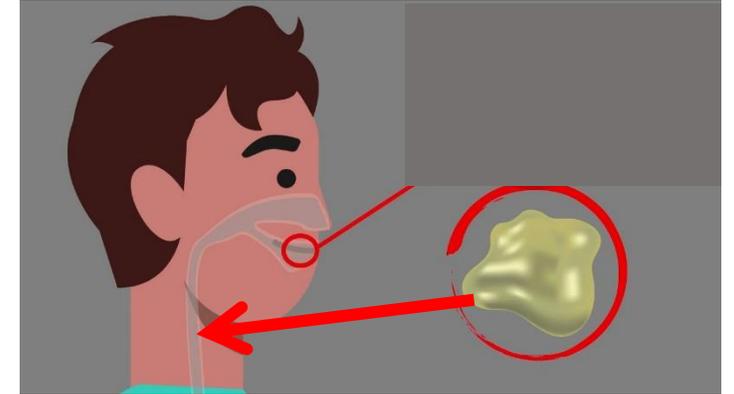
### Poussière du désert et maladies cardiovasculaires

- 1 Chaque  $+1\mu\text{g}/\text{m}^3$  de poussières dans  $\text{PM}_{10}$  est associé à une augmentation de molécules biomarqueurs de processus inflammatoires dans les expectorations des patients
- 2 Chaque  $+10\mu\text{g}/\text{m}^3$  de poussières dans  $\text{PM}_{10}$  est associée à une augmentation de 2 % du risque de mortalité cardiovasculaire

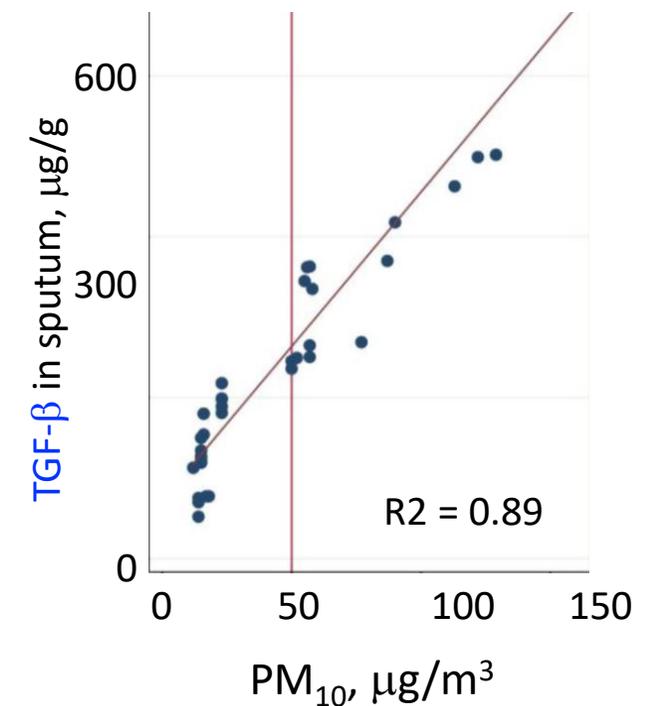
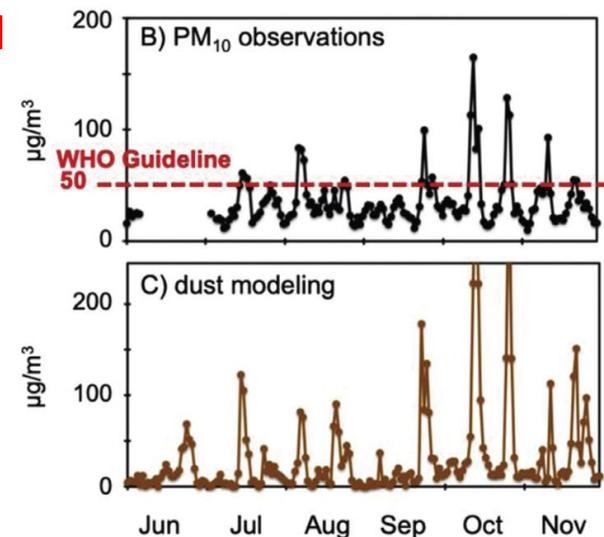
Les effets de la poussière sur la santé s'aggravent lorsqu'elle la concentration de poussière augmente

- 3 2014-2017 : 86 % des décès par défaillance cardiaque à l'hôpital sont survenus chez des patients admis lors d'épisodes de poussières graves ( $> 50\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

L'inhalation de poussières sahariennes présentes dans l'air ambiant provoque une inflammation des voies respiratoires



Domínguez-Rodríguez et al. (2020, 2021)



# DIFFÉRENTS IMPACTS DES POUSSIÈRES MINÉRALES

## Quelques données épidémiologiques

### Poussière du désert et ceinture de méningite

Maladie méningococcique dont l'incidence est la plus élevée dans la « ceinture de la méningite » de l'Afrique subsaharienne dans des conditions « favorables » : conditions sèches et poussiéreuses pendant la saison sèche (de décembre à juin).

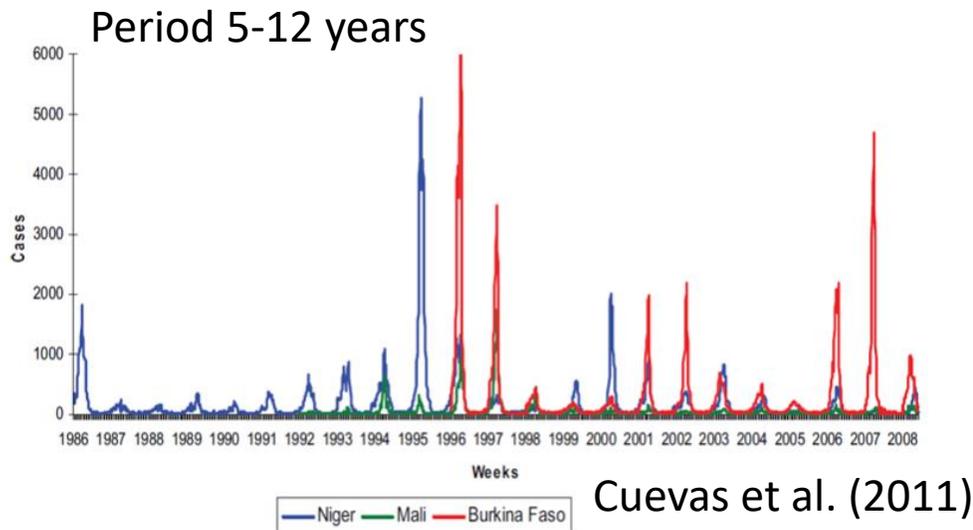
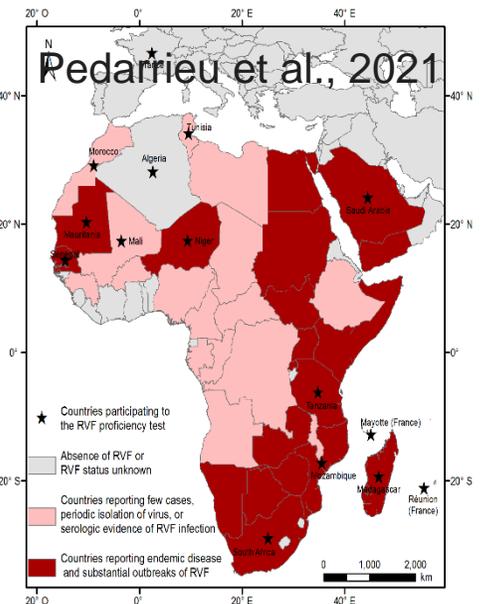


Figure 6.1; Meningitis epidemic weekly evolution over the years in Burkina Faso (1997–2008), Mali (1992–2008), and Niger (1986–2008) (Djingarey et al., 2008).

### Présence de poussière du désert et de fièvre de la vallée

Infection fongique causée par des spores de champignons généralement présentes dans le sol de régions spécifiques et agitées dans l'air par des processus mécaniques (agriculture, construction ou mouvements de poussière)



# 2.

## Aspects de la qualité de l'air

- I. **Qualité de l'air**
- II. **Lignes directrices internationales normalisées pour la gestion de la qualité de l'air**
- III. **Techniques de mesure**

## Qu'est-ce que la pollution de l'air ?

- \* Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), la pollution de l'air est un mélange complexe de particules solides, de gouttelettes liquides et de gaz. Elle peut provenir de nombreuses sources : combustion de combustibles domestiques, cheminées industrielles, gaz d'échappement des véhicules, production d'électricité, combustion à ciel ouvert de déchets, pratiques agricoles, poussière du désert...
- \* Différentes sources peuvent conduire à différents mélanges de pollution atmosphérique.
- \* Notre préoccupation est spécifiquement de définir les polluants dont il a été démontré qu'ils ont des effets nocifs sur la santé humaine et de développer efficacement nos capacités de surveillance de ces composants atmosphériques.
- \* Ces polluants se répartissent en deux grandes catégories :

## Gaz et aérosols

## Criteria Air Pollutants (Polluants Critiques )

La plupart des pays ont défini comme « polluants critiques », en établissant des limites de qualité de l'air pour chacun d'eux, les espèces atmosphériques suivantes :



Sulfur Dioxide (SO<sub>2</sub>)



Nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>)



Ozone (O<sub>3</sub>)

Carbon Monoxide (CO)



Particulate matter



# LIGNES DIRECTRICES NORMES INTERNATIONALES POUR LA SURVEILLANCE DE L'AQ

Selon le UNEP, il existe trois lignes directrices internationalement acceptées pour les réseaux ou programmes de gestion de la qualité de l'air (Polluants Critiques) :

Organization	Title/Link to Guidelines	(UNEP, Clear Air Asia, 2016)
WHO	Monitoring Ambient Air Quality for Health Impacts Assessment <a href="http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/119674/E67902.pdf">http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/119674/E67902.pdf</a>	
USEPA	Air Planning and Standards <a href="http://www.epa.gov/airquality/montring.html">http://www.epa.gov/airquality/montring.html</a> Guidance for Network Design and Optimum Site Exposure for PM <sub>2.5</sub> And PM <sub>10</sub> <a href="http://www.epa.gov/ttn/amtic/files/ambient/pm25/network/r-99-022.pdf">http://www.epa.gov/ttn/amtic/files/ambient/pm25/network/r-99-022.pdf</a> Guidance for Using Continuous Monitors in PM <sub>2.5</sub> Monitoring Networks <a href="http://www.epa.gov/ttn/amtic/files/ambient/pm25/r-98-012.pdf">http://www.epa.gov/ttn/amtic/files/ambient/pm25/r-98-012.pdf</a>	
EU	Directives for Monitoring Atmospheric Pollution (Directive 2008/50/EC) <a href="http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&amp;from=EN">http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&amp;from=EN</a>	

Ces lignes directrices présentent:

- Des normes de qualité de l'air ambiant (limite et période d'exposition) basées sur de nombreuses preuves scientifiques reliant les principaux polluants à leurs effets néfastes sur la santé publique.
- Instruments/techniques de référence
- Procédures : AQ/CQ

Méthode de référence (RM)

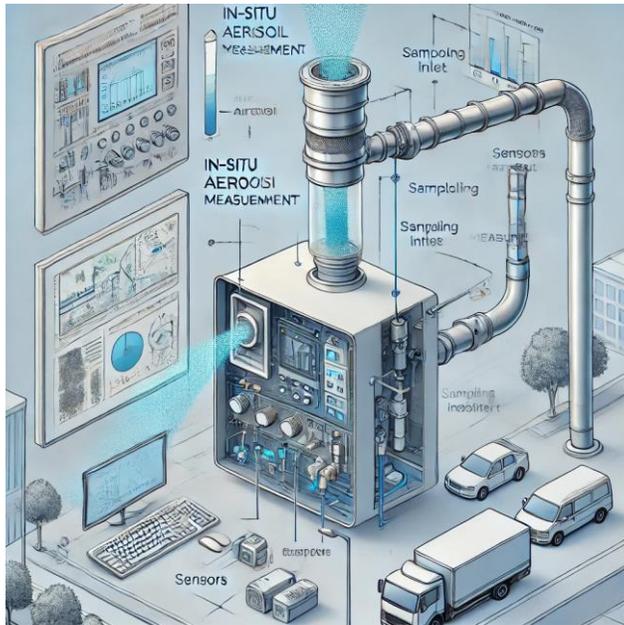
Méthode équivalente (EM)

Développé scientifiquement pour fournir une quantification pour les réglementations AQ (NAAQS)

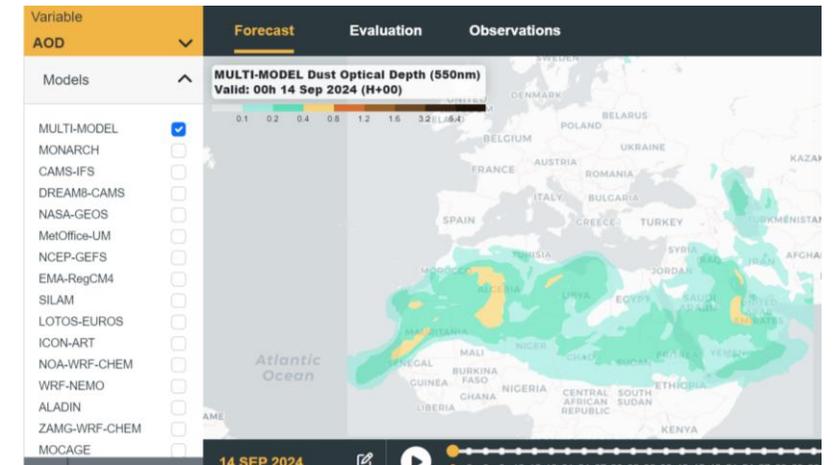
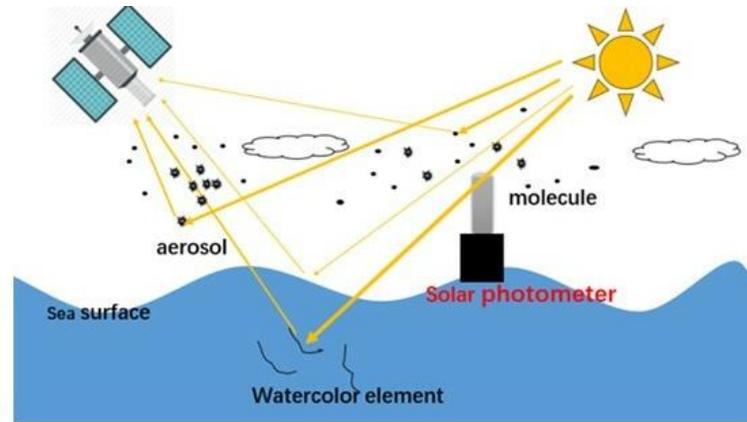
# TECHNIQUES DE MESURE

Pour surveiller la présence et l'évolution des gaz et des aérosols dans l'atmosphère (polluants principaux), nous devons examiner leur contenu dans l'air à l'aide de différentes techniques de surveillance :

## In-Situ

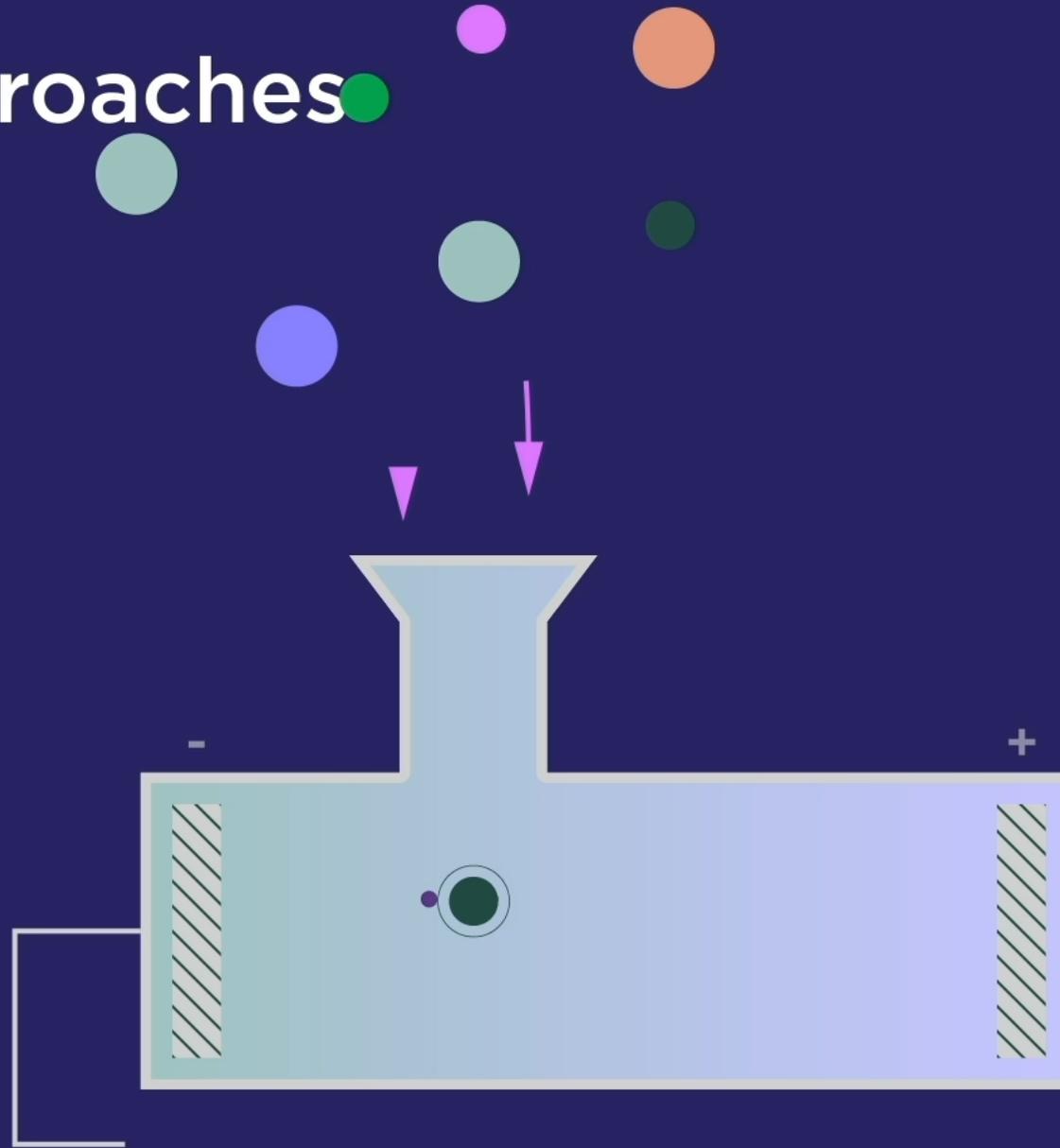


## Téledétection



## Modèles numériques

## in situ approaches



# 3. ■

## Mesures in-situ

- I. **Criteria Pollutants**
- II. **Principe de fonctionnement des mesures de PM**
- III. **Lignes directrices internationales sur les normes pour la gestion de la qualité de l'air**
- IV. **Réseaux de surveillance (mondial)**
- V. **Indice de qualité de l'air (AQI)**

# CRITERIA AIR POLLUTANTS



Sulfur Dioxide ( $\text{SO}_2$ )



Nitrogen dioxide ( $\text{NO}_2$ )



Ozone ( $\text{O}_3$ )

Carbon Monoxide ( $\text{CO}$ )



Particulate matter



# CRITERIA AIR POLLUTANTS



Sulfur Dioxide ( $\text{SO}_2$ )

Carbon Monoxide (CO)



Nitrogen dioxide ( $\text{NO}_2$ )

Ozone ( $\text{O}_3$ )

Particulate matter



# CRITERIA AIR POLLUTANTS: PM

## Criteria Air Pollutants

- Les particules en suspension dans l'air représentent un mélange complexe de substances organiques et inorganiques
- Désignées par différents diamètres aérodynamiques :  $PM_{10}$  (grossières) et  $PM_{2.5}$  (fines)
- Effets sanitaires importants (mortalité, maladies respiratoires et cardiovasculaires) même à de faibles niveaux de concentration (en particulier pour les particules fines et en fonction de la composition chimique)
- L'exposition à long terme aux particules est associée à une réduction des taux de survie et de prévalence des maladies respiratoires et cardiovasculaires

*Rôle important des capteurs à faible coût (LCS)*

## Particulate matter ( $PM_x$ )

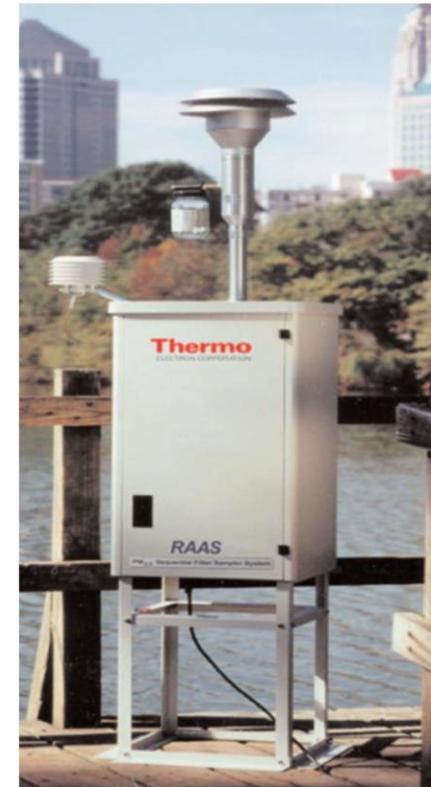


Méthode de référence (RM): In-Stack Particulate  
Filtration  $PM_x$  sampler

Méthode équivalente (EM): Beta-  
Attenuation Monitoring, Tapered  
Element Oscillating Microbalance  
(TEOM®), Laser Aerosol  
Spectrometry, Dichotomous Air  
Sampler



Beta attenuator  $PM_x$  monitor

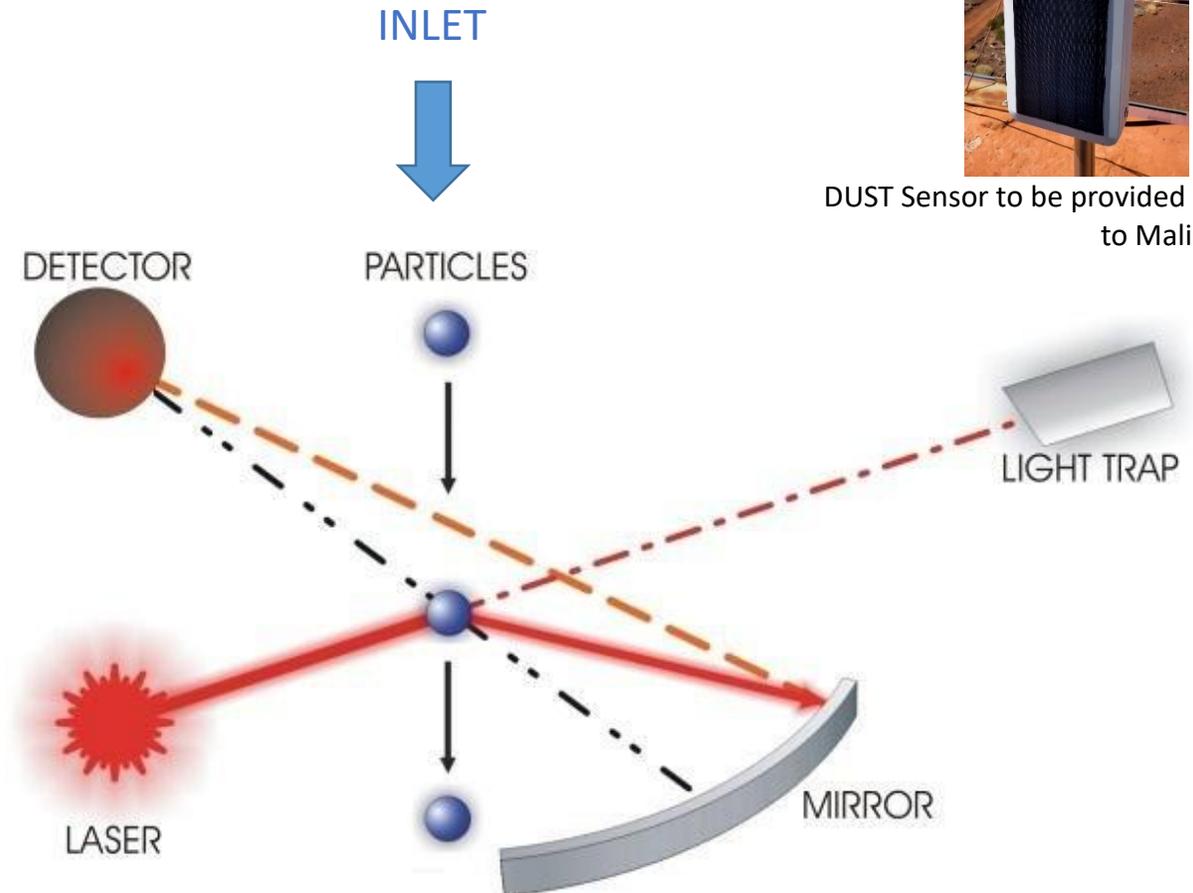


# PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES MESURES PM\*

## Optical Particle Counter (OPC, Compteur de particules optiques)

Ce principe est basé sur la diffusion de la lumière.

1. **Admission d'air** : Le capteur utilise un petit ventilateur ou une pompe pour aspirer l'air dans la chambre de mesure.
2. **Source lumineuse** : À l'intérieur de la chambre, il y a une source lumineuse, généralement une diode laser ou une LED infrarouge, qui éclaire les particules en suspension dans l'air.
3. **Diffusion de la lumière** : Lorsque les particules (PM2,5 ou PM10) traversent le faisceau lumineux, elles diffusent la lumière dans différentes directions.
4. **Détecteur de lumière** : Un photodétecteur ou un capteur optique mesure la lumière diffusée. **La quantité de lumière diffusée est proportionnelle à la taille et au nombre de particules présentes dans l'air.**
5. **Traitement du signal** : Les données du détecteur sont traitées pour calculer la concentration de particules dans l'air, exprimée en microgrammes par mètre cube ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



DUST Sensor to be provided to Mali

# LIGNES DIRECTRICES DES NORMES INTERNATIONALES POUR LA AQM (in-situ)

\* L'OMS recommande des valeurs pour limiter les concentrations de polluants atmosphériques et l'exposition à des niveaux où le risque d'effets sur la santé est faible.

\*\* Les recommandations relatives à la qualité de l'air sont basées sur des preuves purement épidémiologiques et toxicologiques.

\*\* Les recommandations relatives à la qualité de l'air sont destinées à être utilisées dans le monde entier pour atteindre une qualité de l'air sûre pour la santé publique : circonstances locales (niveau de développement, capacité de gestion de la qualité de l'air, conditions socio-économiques et politiques, questions culturelles et traditionnelles, etc.).



National Ambient Air Quality Standards  
(NAAQS, Normes nationales de qualité de l'air ambiant)

Table 0.1. Recommended AQG levels and interim targets

Pollutant	Averaging time	Interim target				AQG level
		1	2	3	4	
PM <sub>2.5</sub> , µg/m <sup>3</sup>	Annual	35	25	15	10	5
	24-hour <sup>a</sup>	75	50	37.5	25	15
PM <sub>10</sub> , µg/m <sup>3</sup>	Annual	70	50	30	20	15
	24-hour <sup>a</sup>	150	100	75	50	45
O <sub>3</sub> , µg/m <sup>3</sup>	Peak season <sup>b</sup>	100	70	-	-	60
	8-hour <sup>a</sup>	160	120	-	-	100
NO <sub>2</sub> , µg/m <sup>3</sup>	Annual	40	30	20	-	10
	24-hour <sup>a</sup>	120	50	-	-	25
SO <sub>2</sub> , µg/m <sup>3</sup>	24-hour <sup>a</sup>	125	50	-	-	40
CO, mg/m <sup>3</sup>	24-hour <sup>a</sup>	7	-	-	-	4

<sup>a</sup> 99th percentile (i.e. 3-4 exceedance days per year).

<sup>b</sup> Average of daily maximum 8-hour mean O<sub>3</sub> concentration in the six consecutive months with the highest six-month running-average O<sub>3</sub> concentration.

## Adoption de la norme AQ dans différentes régions

WHO region	Countries in the region (n)	Countries with standards for at least one pollutant and averaging time		Countries without standards		Countries with no information	
		n	%	n	%	n	%
<b>African Region</b>	47	17	36	21	45	9	19
<b>Region of the Americas</b>	35	20	57	13	37	2	6
<b>South-East Asian Region</b>	11	7	64	3	27	1	9
<b>European Region</b>	53	50	94	2	4	1	2
<b>Eastern Mediterranean Region</b>	21	11	52	1	5	9	43
<b>Western Pacific Region</b>	27	12	44	13	48	2	7
<b>Total</b>	194	117	60	53	27	24	12

Source: Kutlar Joss et al. (2017).

\*  
\*\* Les directives de l'OMS sur la qualité de l'air sont adoptées dans de nombreux pays (au moins pour un polluant)

\*  
\*\* De nombreux pays n'ont aucune norme (ou les informations manquent)

\*  
\*\* Écart entre les directives de l'OMS sur la qualité de l'air et les réglementations nationales

# RÉSEAUX DE SURVEILLANCE AQ (Global)



[Explore the data](#) [Why air quality?](#) [Why open data?](#) [Partners](#) [Developers](#) [About](#)

[Donate](#)

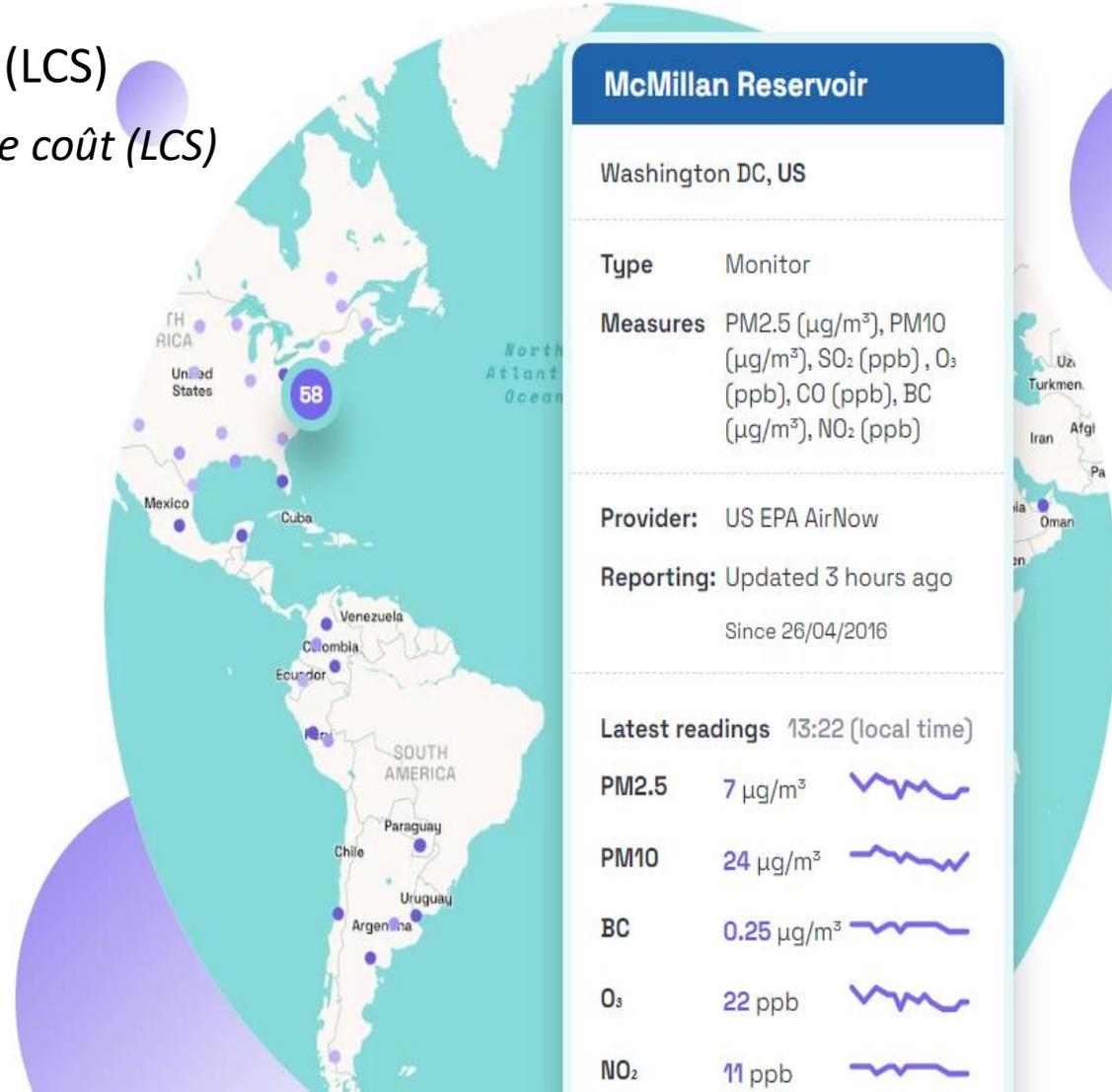
Reference Grade Monitor (RGM) + low-cost sensors (LCS)

*Moniteur de qualité de référence (RGM) + capteurs à faible coût (LCS)*

## Fighting air inequality through open data.

OpenAQ is a nonprofit organization providing universal access to air quality data to empower a global community of changemakers to solve air inequality—the unequal access to clean air.

[Learn More](#)



# RÉSEAUX DE SURVEILLANCE AQ (Global)



[Explore the data](#)

[Why air quality?](#)

[Why open data?](#)

[Partners](#)

[Developers](#)

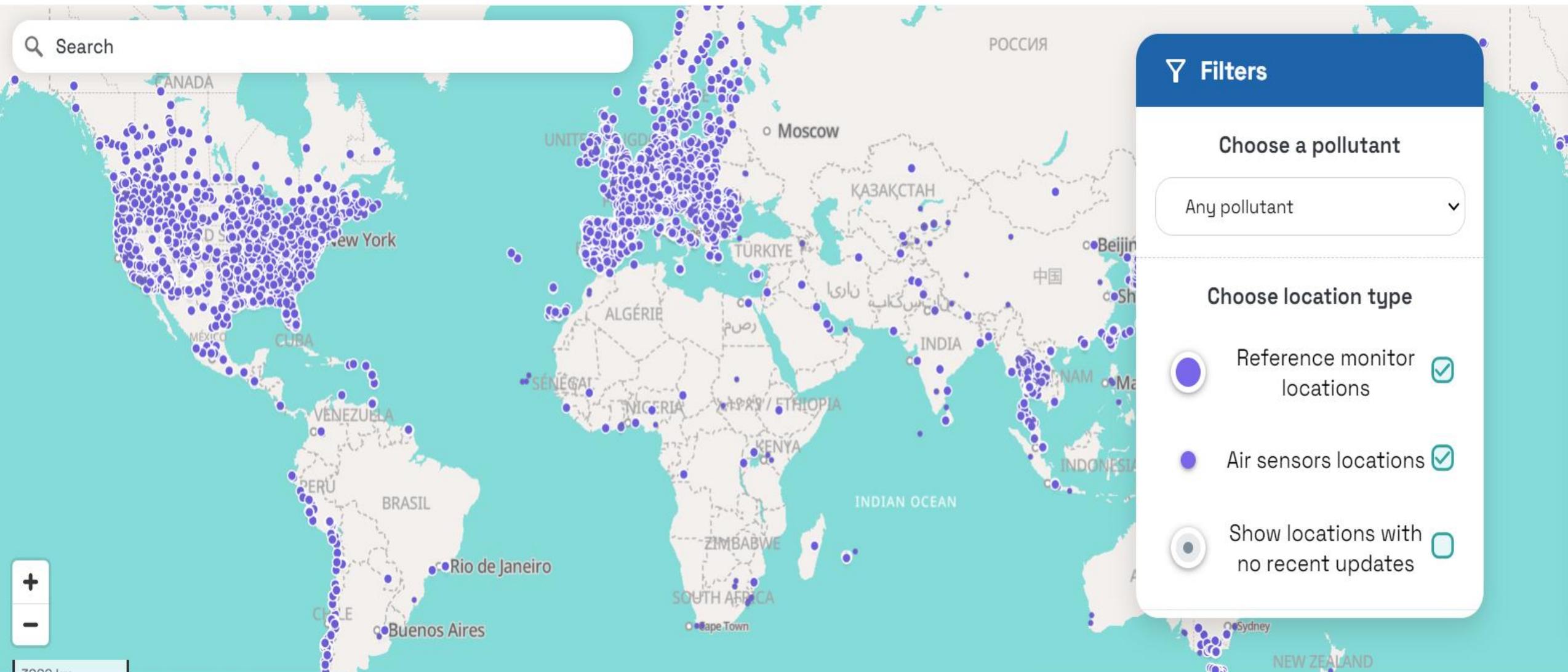
[About](#)

[Sign up](#)

[Login](#)

[Donate](#)

Search



## Filters

### Choose a pollutant

Any pollutant

### Choose location type

- Reference monitor locations
- Air sensors locations
- Show locations with no recent updates

# RÉSEAUX DE SURVEILLANCE AQ (Global)



GAW

## GAW World Data Centres

WDC-RSAT (World Data Center for Remote Sensing of the Atmosphere)

WDCA (World Data Centre for Aerosols)

WDCGG (World Data Centre for Greenhouse Gases)

WDCRG (World Data Centre for Reactive Gases)

WOUDC (World Ozone and UV Data Centre)

WRDC (World Radiation Data Centre)

## Contributing networks data archives

CASTNET (Clean Air Status and Trends Network)

IMPROVE (IMPROVE Optical Aerosol)

INDAAF (International Network to study Deposition and Atmospheric chemistry in Africa)

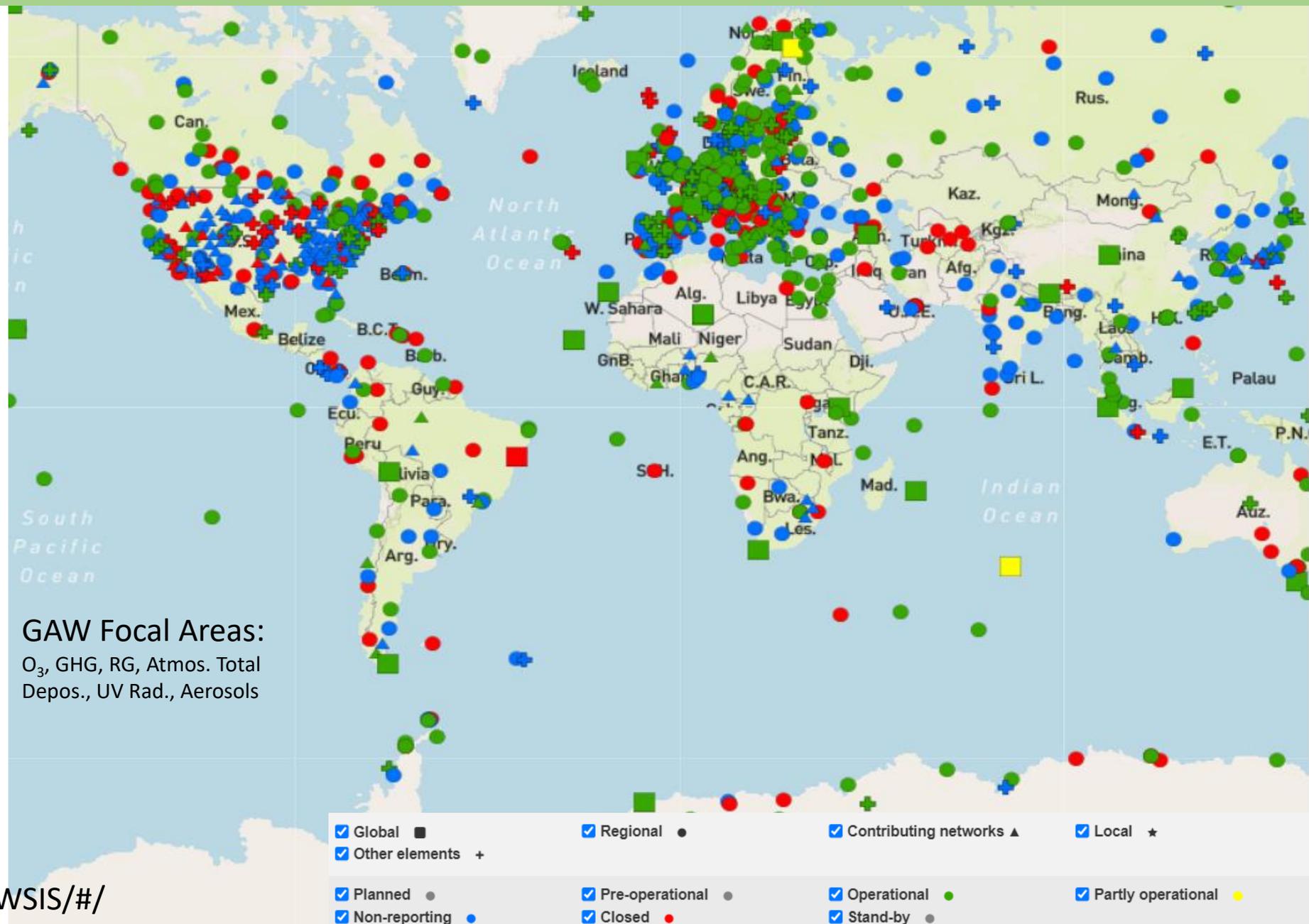
NADP (National Atmospheric Deposition Program)

TCCON (Total Carbon Column Observing Network)

## Other relevant data archives

EMEP (EMEP)

NDACC (NDACC Data Center)



<https://gawsis.meteoswiss.ch/GAWSIS/#/>

## Air Quality Index (AQI, Indice de qualité de l'air)

\*\* Un outil efficace pour informer le public sur l'exposition et les risques encourus.

\*\* Les gouvernements du monde entier élaborent et mettent en œuvre des normes de qualité de l'air qui fixent des limites d'exposition officielles pour aider à évaluer les niveaux de qualité de l'air.

\*\* Ces normes sont généralement conformes aux directives de l'OMS ou de l'EPA américaine.

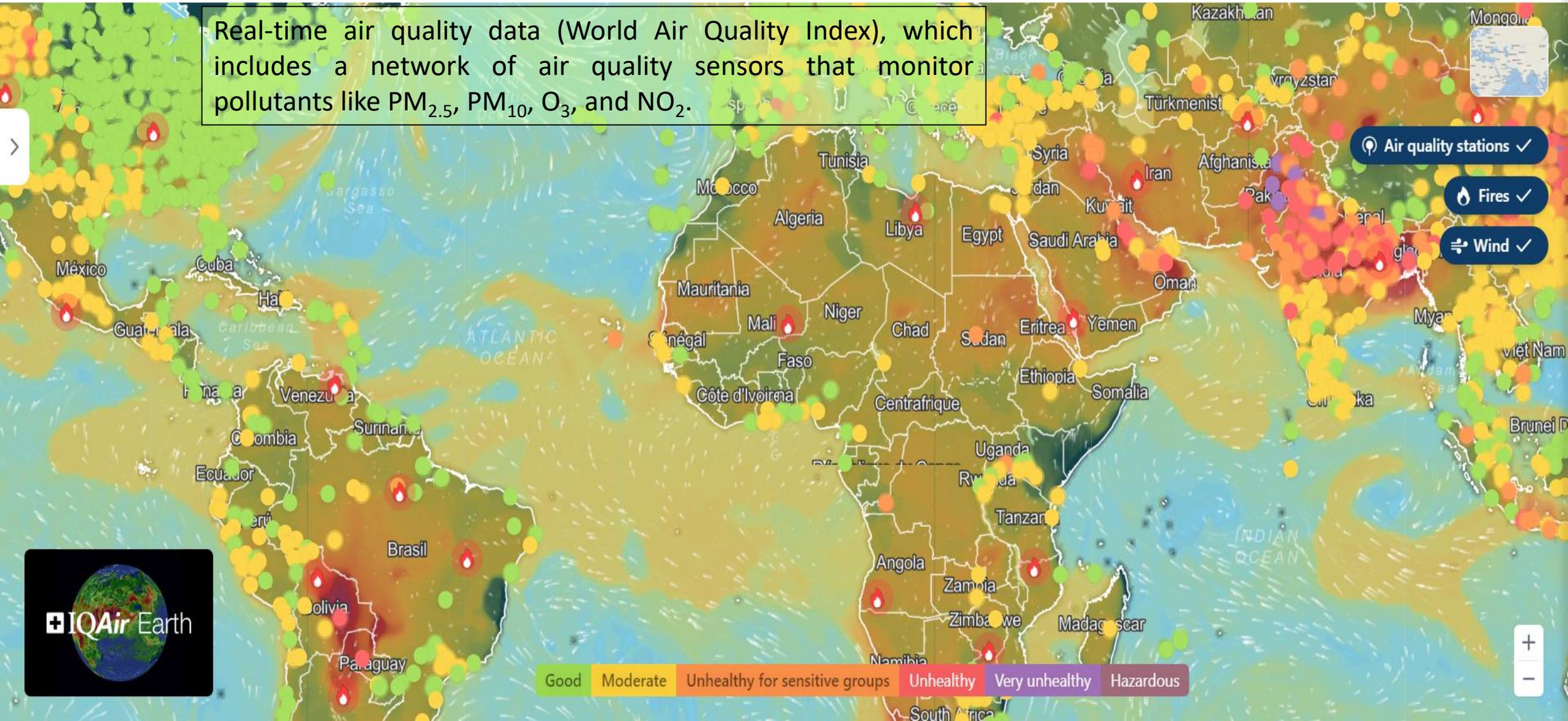
Daily AQI Color	Levels of Concern	Values of Index	Description of Air Quality
Green	Good	0 to 50	Air quality is satisfactory, and air pollution poses little or no risk.
Yellow	Moderate	51 to 100	Air quality is acceptable. However, there may be a risk for some people, particularly those who are unusually sensitive to air pollution.
Orange	Unhealthy for Sensitive Groups	101 to 150	Members of sensitive groups may experience health effects. The general public is less likely to be affected.
Red	Unhealthy	151 to 200	Some members of the general public may experience health effects; members of sensitive groups may experience more serious health effects.
Purple	Very Unhealthy	201 to 300	Health alert: The risk of health effects is increased for everyone.
Maroon	Hazardous	301 and higher	Health warning of emergency conditions: everyone is more likely to be affected.

*AQI from US EPA*

AQI: Basé sur les données de plusieurs « polluants critères »

# RÉSEAUX DE SURVEILLANCE AQ: AQI

Real-time air quality data (World Air Quality Index), which includes a network of air quality sensors that monitor pollutants like PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub>, and NO<sub>2</sub>.



# RÉSEAUX DE SURVEILLANCE AQ: AQI

Elija otro país o región para ver contenidos específicos de su ubicación y comprar en línea.

España

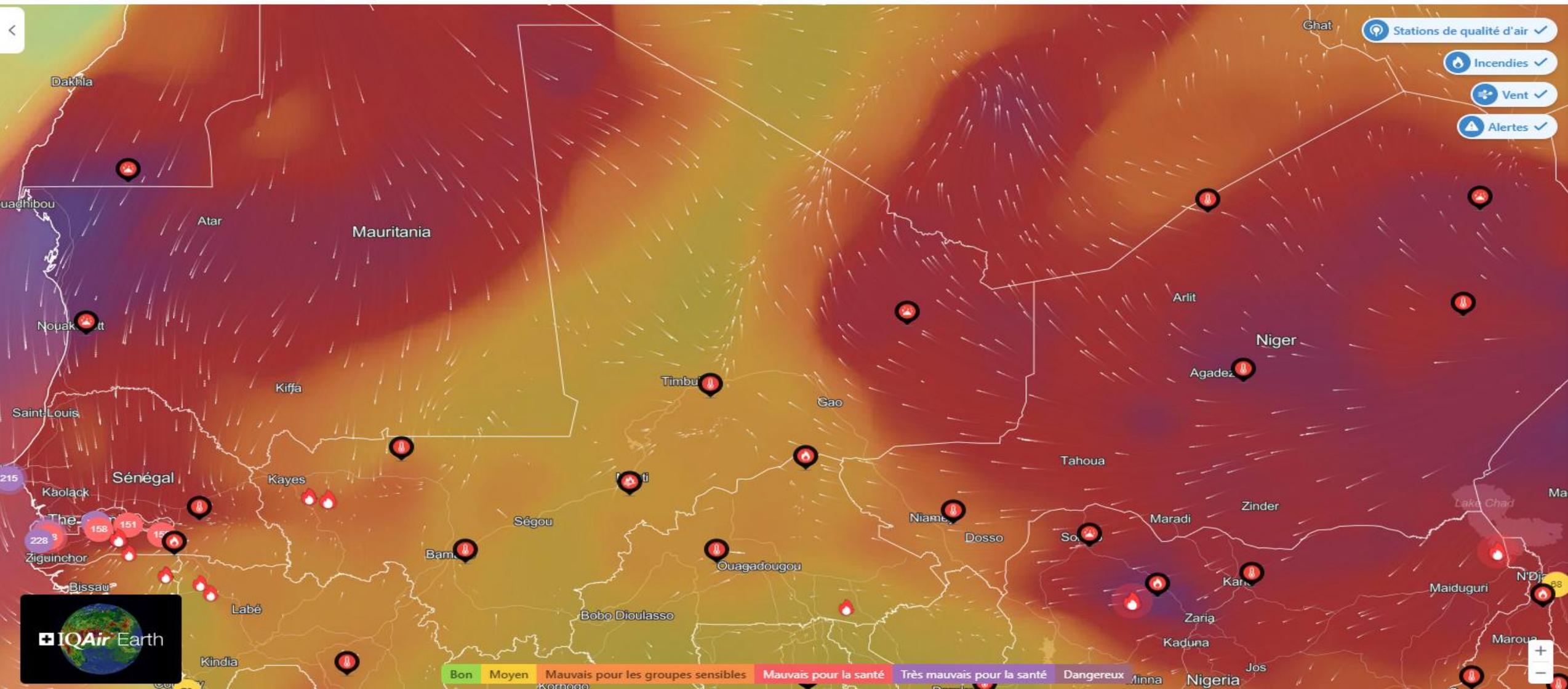
Continuar



Meurs d'air Purificateurs d'air Filtres Masques Entreprise Actualités Impact

Rechercher

Connexion



# RÉSEAUX DE SURVEILLANCE AQ: AQI



Map ▾ Sensors ▾ Data ▾ About ▾



⚙️ US EPA PM2.5 (AQI) 10-minute

Get a sensor and become a community scientist

X



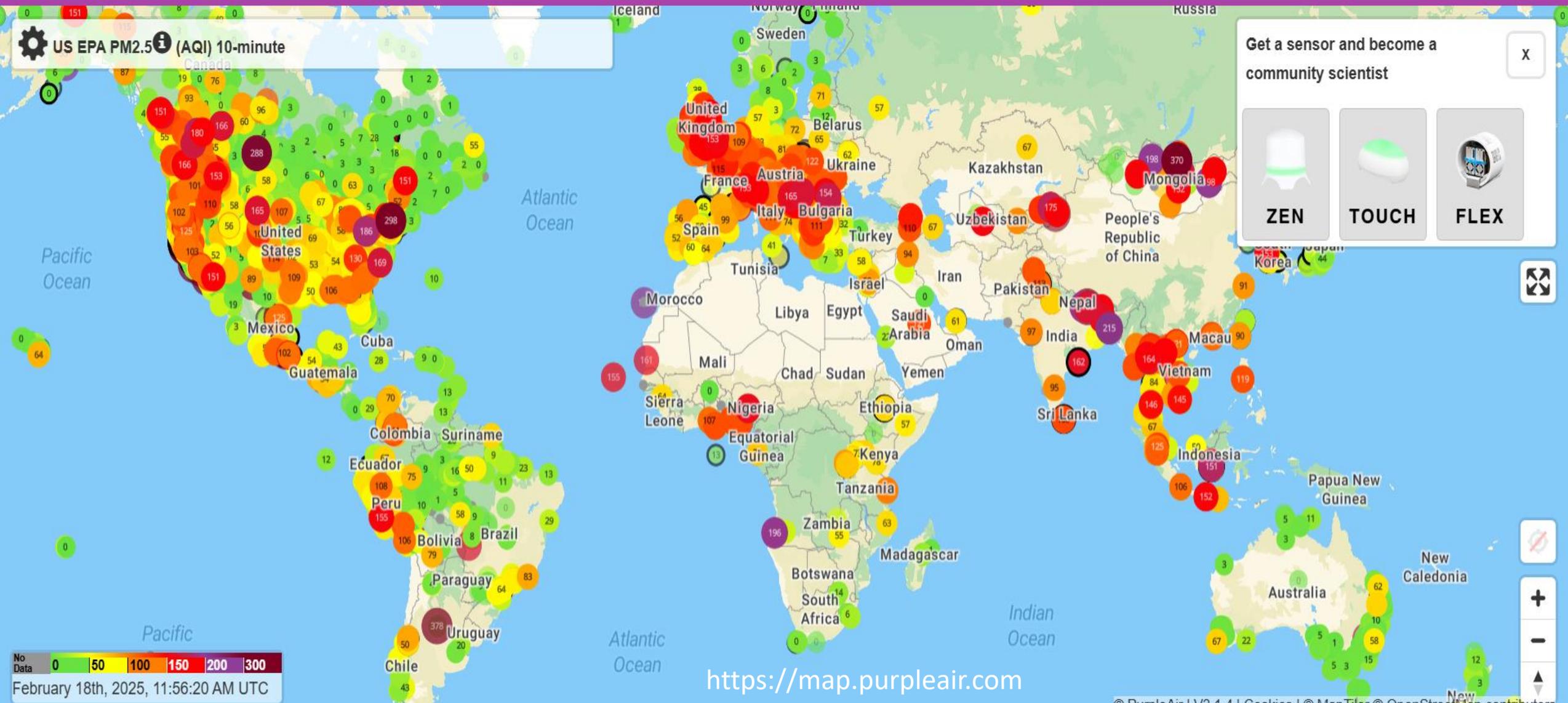
ZEN



TOUCH



FLEX



# 4.

## Mesures de télédétection

- I. **Criteria pollutants**
  - a) **Aerosol Optical Depth (AOD, Profondeur optique des aérosols)**
- II. **Réseaux de surveillance (monde)**
- III. **Capteurs à faible coût**
- IV. **Principe de fonctionnement d'un photomètre solaire**

# CRITERIA AIR POLLUTANTS: AOD

Teneur en aérosols en colonne mesurée à l'aide d'instruments de télédétection

Particulate matter  
(AOD)



*Calitoo to be provided  
to Mali*

Méthode de reference (RM): Photométrie Soleil – Lune – Étoile

Rôle important des capteurs low cost : Calitoo

# Aerosol Optical Depth AOD



# PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN PHOTOMETRE SOLAIRE

## Observations AOD sur votre site : Photométrie solaire

Beer's Law « Plus d'aérosols dans l'atmosphère provoquent plus d'extinction et moins d'énergie transmise à la surface »

$$I_{\lambda} = I_{0,\lambda} \cdot e^{-\tau_{\lambda} \cdot m}$$

$$(I_{\lambda} < I_{0,\lambda})$$

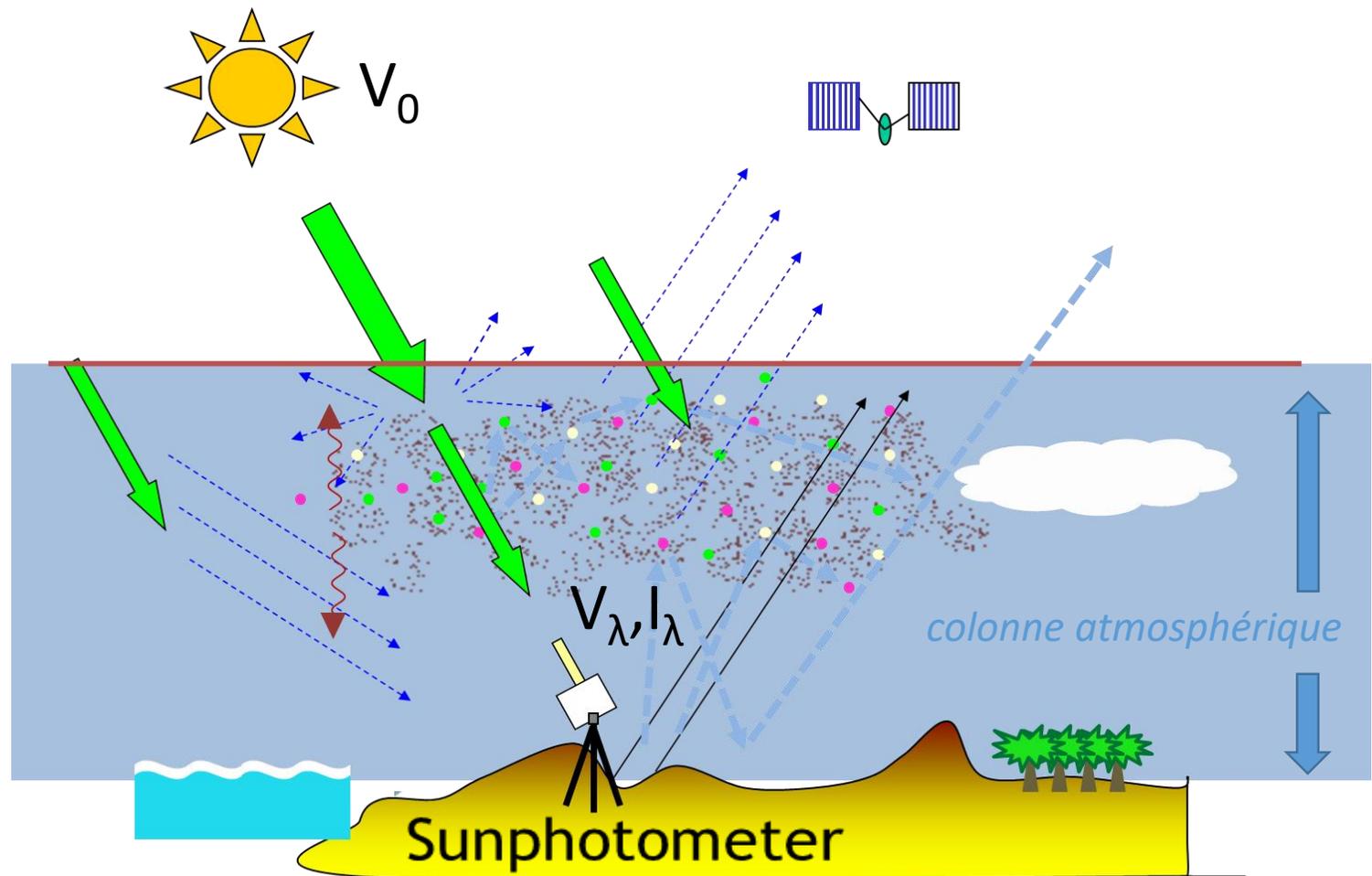
$$\tau_{\lambda} = AOD_{\lambda}$$

Angstrom Eq.

$$\tau_{\lambda} = \beta \cdot \lambda^{-\alpha}$$

$\alpha$  = Angström Exponent

taille des aérosols  $\alpha \downarrow$  grosses particules  
 $\alpha \uparrow$  particules fines



# PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN PHOTOMETRE SOLAIRE

Une augmentation du nombre d'aérosols dans l'atmosphère entraîne une augmentation de l'extinction et une diminution de l'énergie transmise à la surface. L'AOD est le degré auquel les aérosols empêchent la transmission de la lumière.

## Plages AOD typiques

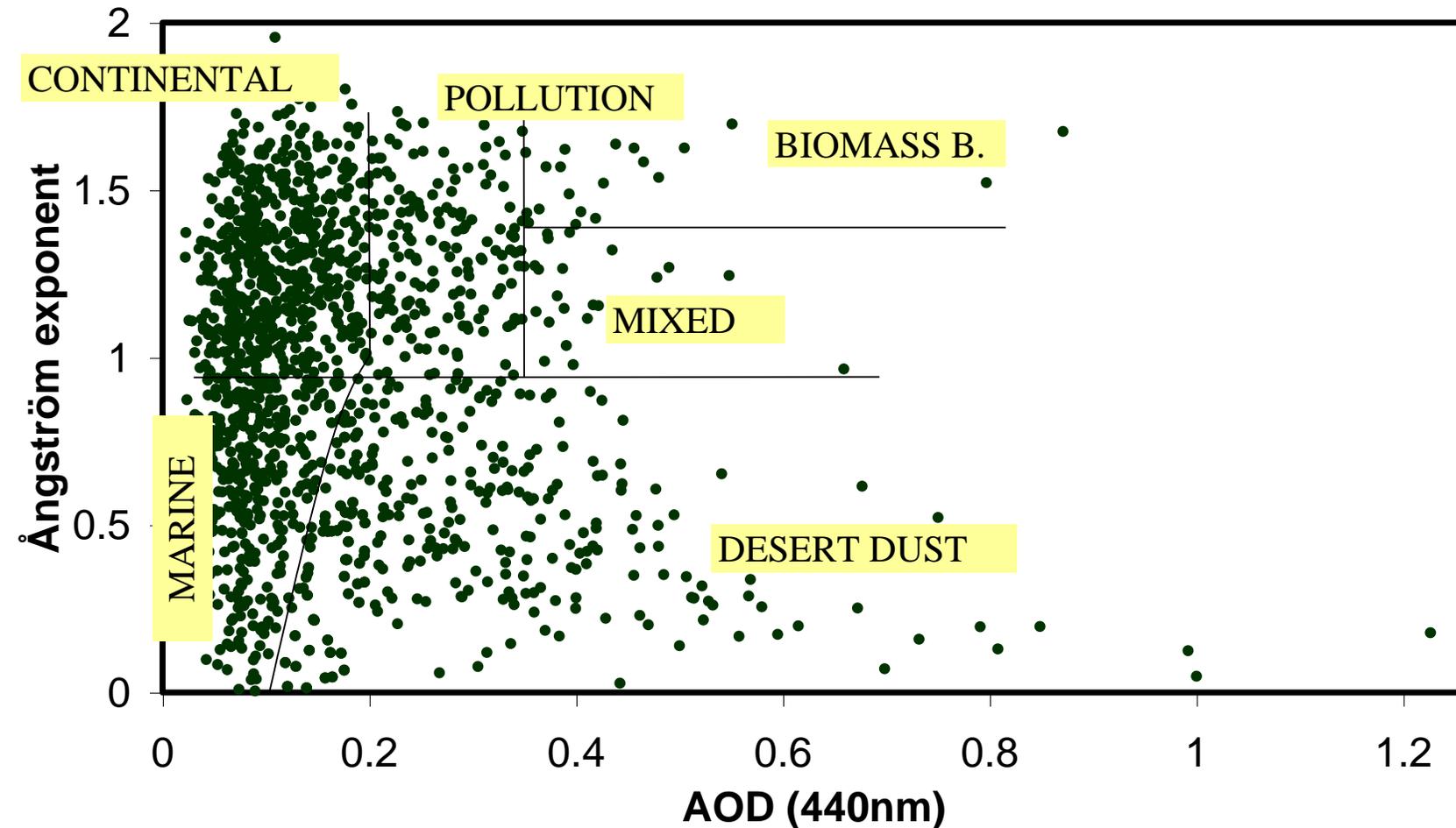
Conditions du ciel	500 nm	870 nm
Extrêmement clair	0.03 - 0.05	0.02 - 0.03
Clair	0.05 - 0.10	0.03 - 0.07
Un peu poussiéreux	0.10 - 0.25	0.07 - 0.20
Poussiéreux	0.25 - 0.5	0.20 - 0.40
Extrêmement poussiéreux	> 0.5	> 0.4



Notez que les valeurs **AOD du rouge** sont généralement inférieures à celles du **vert**. Cela est dû au fait que les aérosols classiques diffusent la **lumière verte** plus efficacement que la **lumière rouge**.

# PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN PHOTOMETRE SOLAIRE

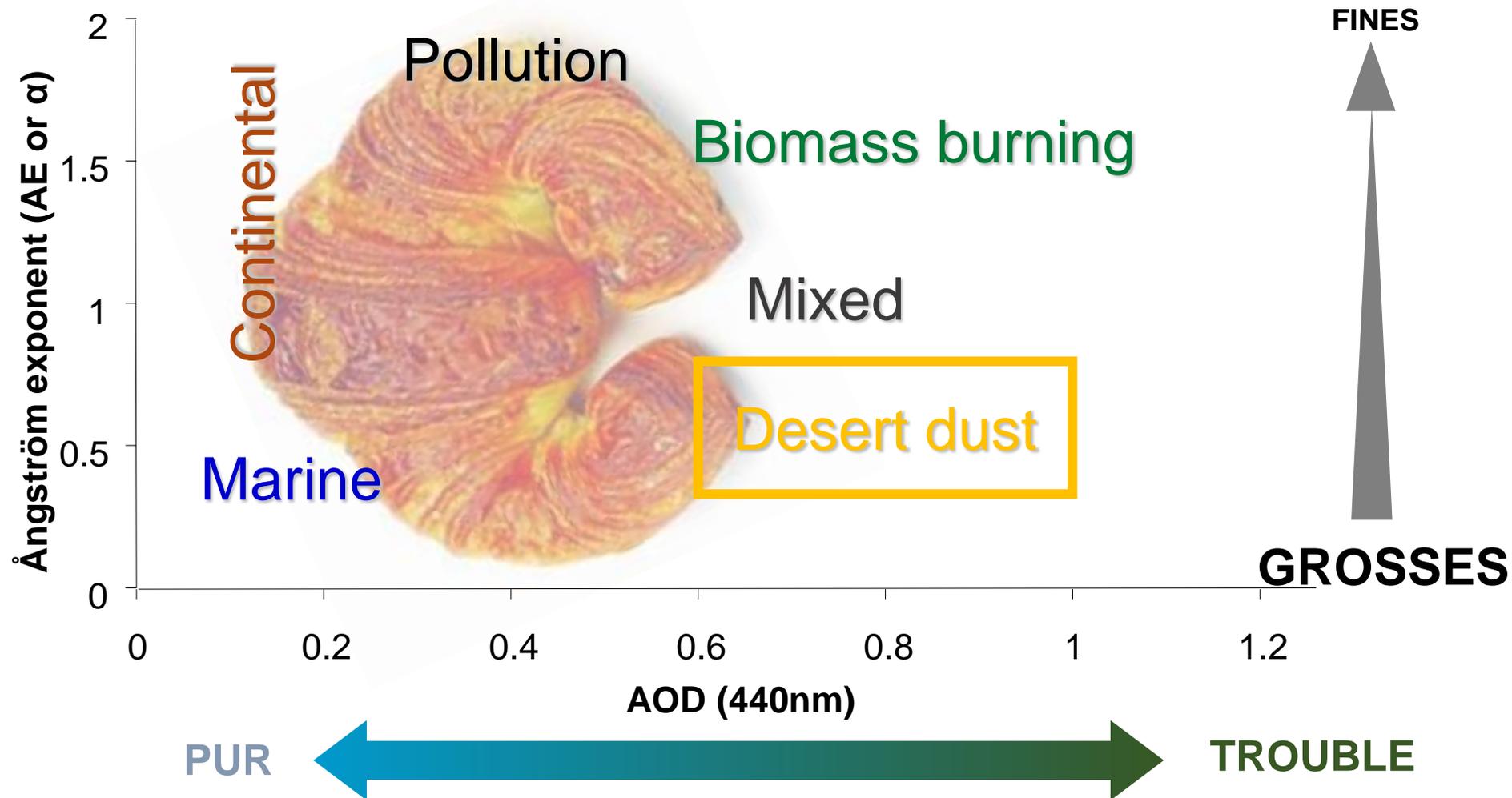
## Type d'aérosol avec diagramme AOD- $\alpha$



Le paramètre AE donne des informations supplémentaires importantes pour connaître la taille et le type d'aérosol

# PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN PHOTOMETRE SOLAIRE

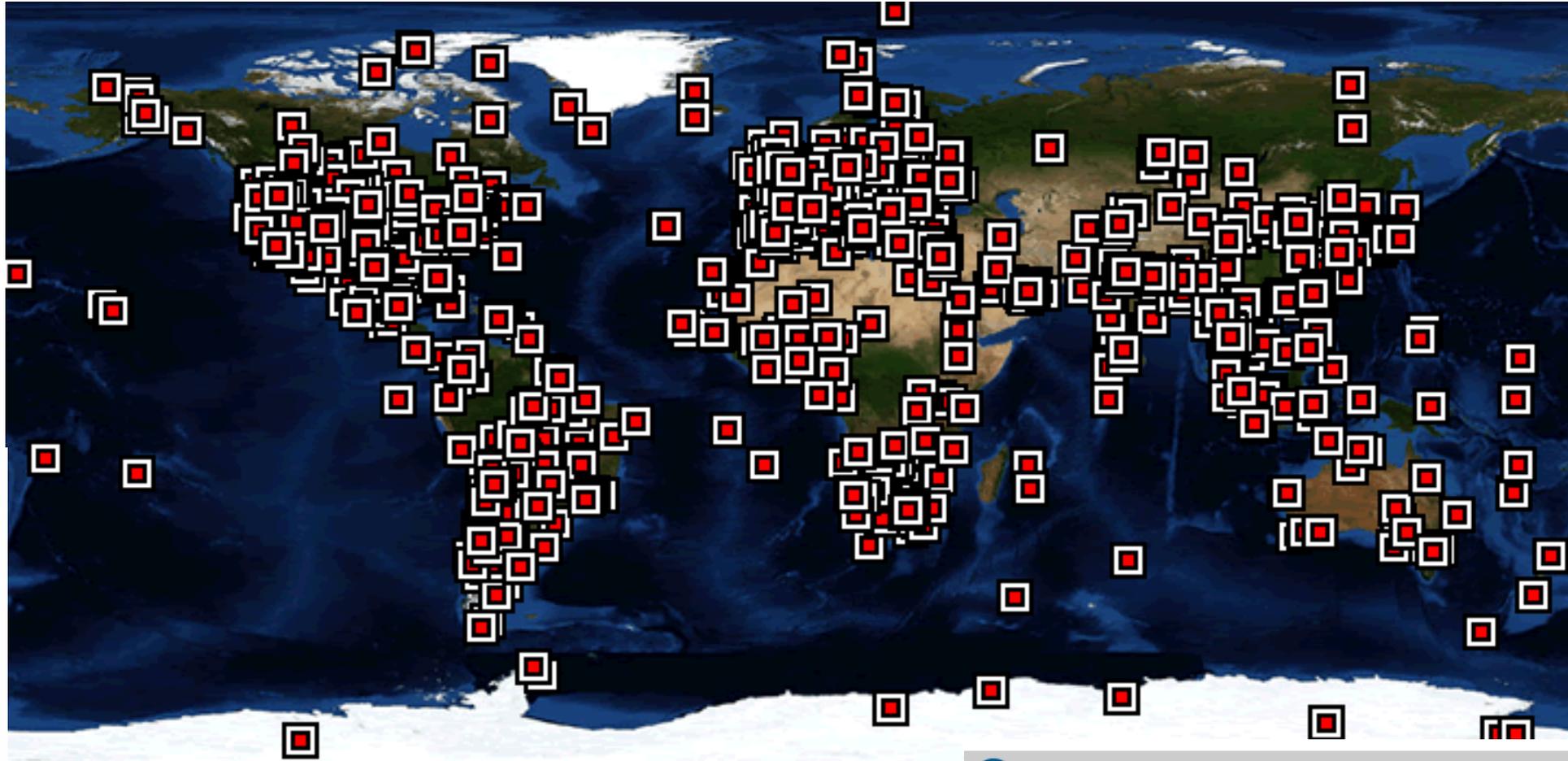
## Type d'aérosol avec diagramme AOD- $\alpha$



# RÉSEAUX DE SURVEILLANCE (Global): AERONET

## AERONET

<https://aeronet.gsfc.nasa.gov>



- \*\* Surveillance des aérosols à l'échelle mondiale + validation par satellite
- \*\* Plus de 500 stations dans le monde (mesures du soleil et de la lune)
- \*\* Hautement standardisé : instrumentation et traitement

 GODDARD SPACE FLIGHT CENTER

[+ Visit NASA.gov](#)

**AERONET**  
AEROSOL ROBOTIC NETWORK



# RÉSEAUX DE SURVEILLANCE (Global): AERONET

AERONET <https://aeronet.gsfc.nasa.gov>

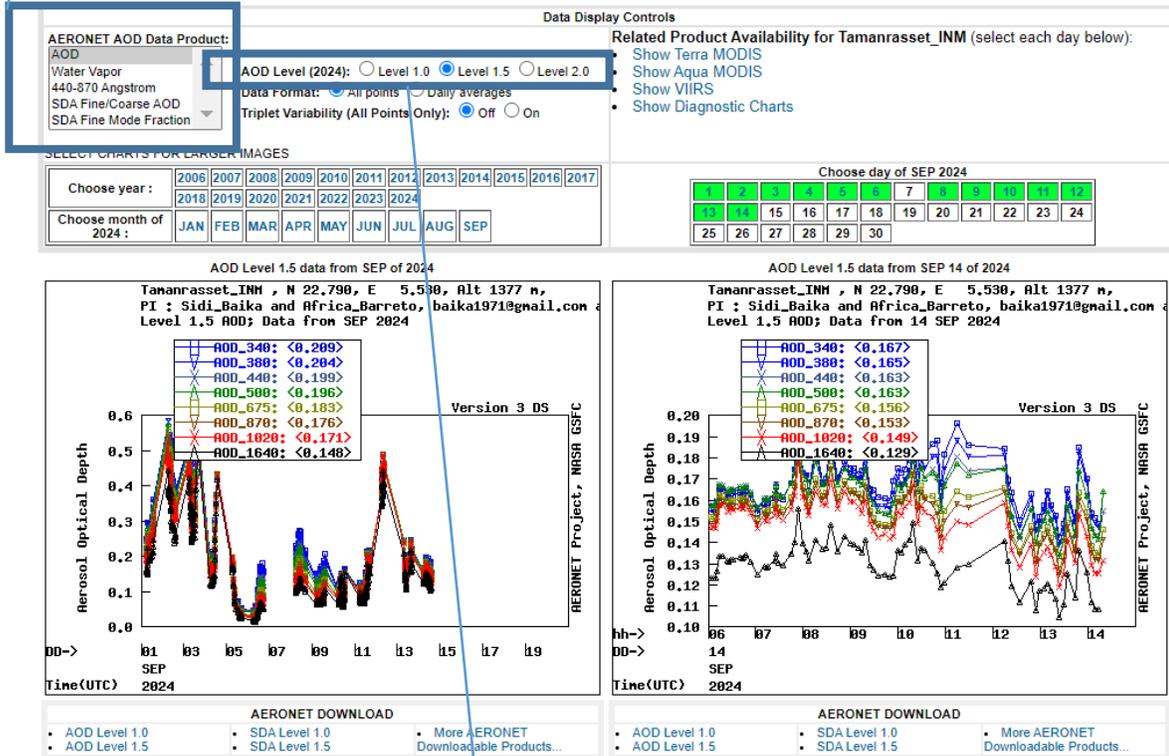
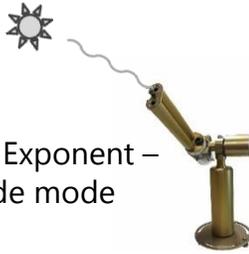
Station ID	Location	Coordinates
AAOT	Venice, Italy	(45.3N, 12.5E)
AAQ10_MY_Banting	Banting, China	(2.8N, 101.6E)
AAQ12_Kx_Xiaofuqu	Xiaofuqu, China	(22.3N, 120.4E)
AAQ13_Kx_Wanliuan	Wanliuan, Taiwan	(22.6N, 120.6E)
AAQ1_SK_Osan	Osan, South Korea	(37.1N, 127.0E)
AAQ2_SK_Suwon	Suwon, South Korea	(37.3N, 127.0E)
AAQ3_SK_CBNU	Changdeon, South Korea	(36.6N, 127.5E)
AAQ4_SK_Jincheon	Jincheon, South Korea	(36.9N, 127.4E)
AAQ5_SK_Anungju	Anungju, South Korea	(37.0N, 127.3E)
AAQ6_PH_Meycauayan	Meycauayan, Philippines	(14.8N, 121.0E)
AAQ7_PH_Bilibid	Bilibid, Philippines	(14.4N, 121.0E)
AAQ8_MY_Klang	Klang, Malaysia	(3.0N, 101.4E)
AAQ9_MY_Cheras	Cheras, Malaysia	(3.1N, 101.7E)
AAU_ET	Addis Ababa, Ethiopia	(9.0N, 38.7E)
AAU_Jackros_ET	Jackros, Ethiopia	(9.0N, 38.8E)
Abisko	Abisko, Sweden	(68.3N, 18.6E)
Abacos_Hill	Abacos Hill, Brazil	(10.8S, 62.4W)
Abu_Dhabi	Abu Dhabi, United Arab Emirates	(24.5N, 54.3E)
Adelaide_Site	Adelaide, Australia	(34.7S, 138.7E)
Agoufou	Agoufou, Mali	(15.3N, 1.5W)
AgiaGalini_AUTH	Agia Galini, Greece	(35.1N, 24.7E)
AgiaMarina_Xylatou	Xylatou, Greece	(35.0N, 33.1E)
Agoufou	Agoufou, Mali	(15.3N, 1.5W)
Agri_School	Agri, Spain	(10.1S, 56.2W)
AguaMarga	AguaMarga, Spain	(36.9N, 2.0W)
AguaS_Emendadas	AguaS_Emendadas, Spain	(15.6S, 47.7W)
AguaS_cientificas	AguaS_cientificas, Spain	(21.7N, 102.3W)
Ahmedabad	Ahmedabad, India	(23.0N, 72.5E)
Ahmedabad	Ahmedabad, India	(23.0N, 72.5E)
Aire_Abdour	Aire_Abdour, Mauritania	(43.7N, 0.2E)
Al_Ain	Al_Ain, United Arab Emirates	(24.2N, 55.1E)
Al_Dhagra	Al_Dhagra, United Arab Emirates	(24.3N, 54.5E)
Al_Khaznah	Al_Khaznah, United Arab Emirates	(24.2N, 55.1E)
Al_Osai	Al_Osai, United Arab Emirates	(24.1N, 53.0E)
Albany_Oregon	Albany_Oregon, USA	(44.6N, 123.1W)
Alboran	Alboran, Spain	(35.6N, 3.4W)
Albuquerque	Albuquerque, USA	(35.1N, 106.5W)

liste des stations dans le monde

# RÉSEAUX DE SURVEILLANCE (Global): AERONET

## Produits AERONET

Direct SUN-MOON: Aerosols Optical Depth –AOD–, Angstrom Exponent –AE–, Single Deconvolution algorithm –SDA– pour les aérosols de mode fin/grossier, aérosols de mode fin SDA



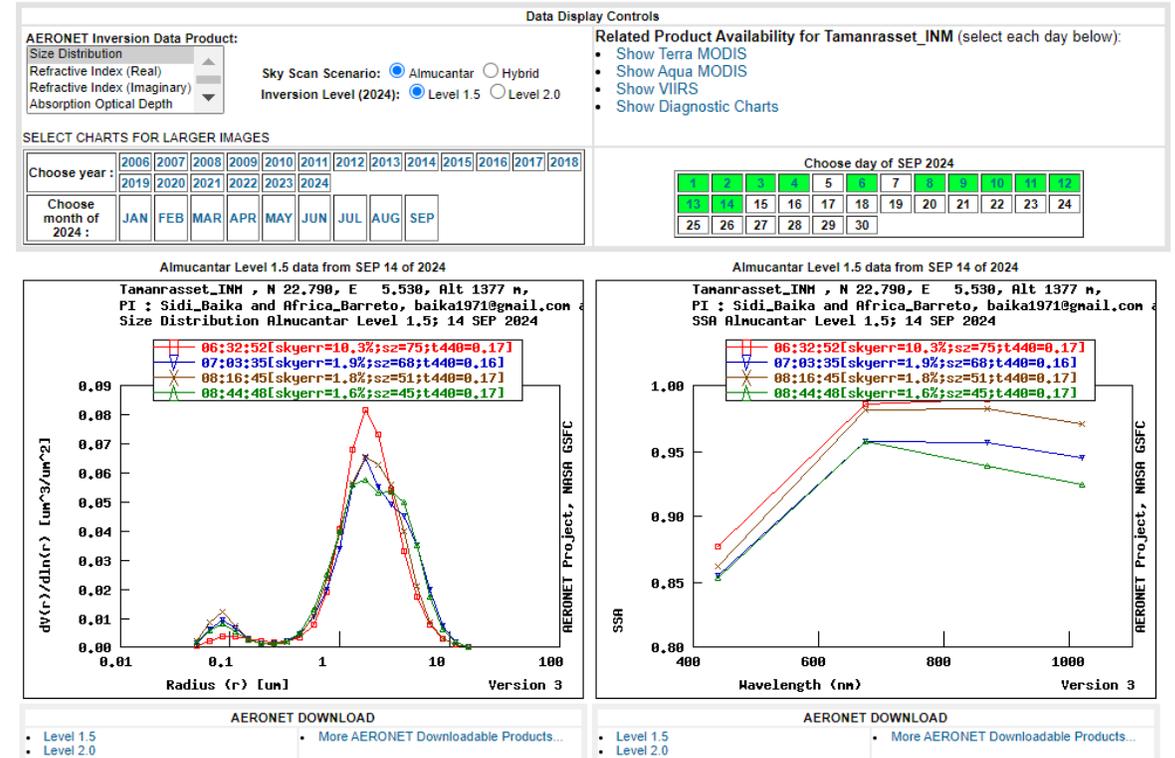
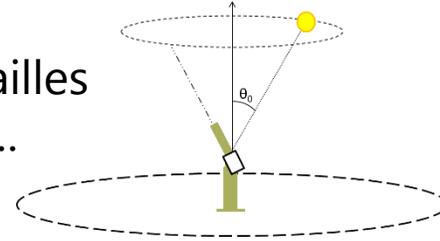
[Return to the World Map](#)

**AOD levels:** level 1.0 Données brutes (non filtrées)

level 1.5 Données préliminaires corrigées

level 2.0 Données validées (Ils peuvent ne pas exister et apparaître 1 à 2 ans après la mesure)

Inversion SUN-SKY: Distribution des tailles d'aérosols, SSA, indice de réfraction, ...



[Return to the World Map](#)

[https://aeronet.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/data\\_display\\_inv\\_v3?site=Banizoumbou&nachal=0&year=2025&aero\\_water=0&level=2&if\\_day=0&if\\_err=0&place\\_code=10&DATA\\_TYPE=76&year\\_or\\_month=1](https://aeronet.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/data_display_inv_v3?site=Banizoumbou&nachal=0&year=2025&aero_water=0&level=2&if_day=0&if_err=0&place_code=10&DATA_TYPE=76&year_or_month=1)

# Produits AERONET (Mali, Cinzana)

## Cinzana (Mali) depuis 2004!!!!

### Produits AERONET Jan-Mar 2025

**AEROSOL OPTICAL DEPTH**

+ AEROSOL OPTICAL DEPTH + AEROSOL INVERSIONS + SOLAR FLUX + OCEAN COLOR + MARITIME AEROSOL

For receiving updates on AERONET - subscribe to the mailing list by sending an email to [aeronet-join@lists.nasa.gov](mailto:aeronet-join@lists.nasa.gov)

AERONET Aerosol Optical Depth Data Display Interface Version 3 Direct Sun Algorithm

Level 1.0 Data:  
The following data are unscreened and may not have final calibration applied.

Active Status: All Total Data (Years): All AOD Level: Level 1.0 Year: All Years Month: Day: Reset

Latitude: 23.134934, Longitude: 25.539144

Search for AFRONET site: Search

**AERONET DATA ACCESS**

**DATA VISUALIZATION**

- + Synergy Tool
- + Map Explorer

**AEROSOL OPTICAL DEPTH (V3)-SOLAR**

- + Data Display
- + Download Tool
- + Download All Sites
- + Climatology Tables
- + Web Service

**AEROSOL INVERSIONS (V3)**

- + Data Display
- + Download Tool
- + Download All Sites
- + Web Service

**SOLAR FLUX**

- + Data Display

**OCEAN COLOR**

- + V3 Data Display

Data Display Controls

AERONET AOD Data Product:  
AOD  
Water Vapor  
440-870 Angstrom  
SDA Fine/Coarse AOD  
SDA Fine Mode Fraction

AOD Level (2025):  Level 1.0  Level 1.5  Level 2.0  
Data Format:  All points  Daily averages  
Triplet Variability (All Points Only):  Off  On

Related Product Availability for IER\_Cinzana (select each day below):

- Show Terra MODIS
- Show Aqua MODIS
- Show VIIRS
- Show Diagnostic Charts
- Show GMAO GEOS FP

SELECT CHARTS FOR LARGER IMAGES

Choose year: 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015  
2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025

Choose month of 2025: JAN FEB MAR

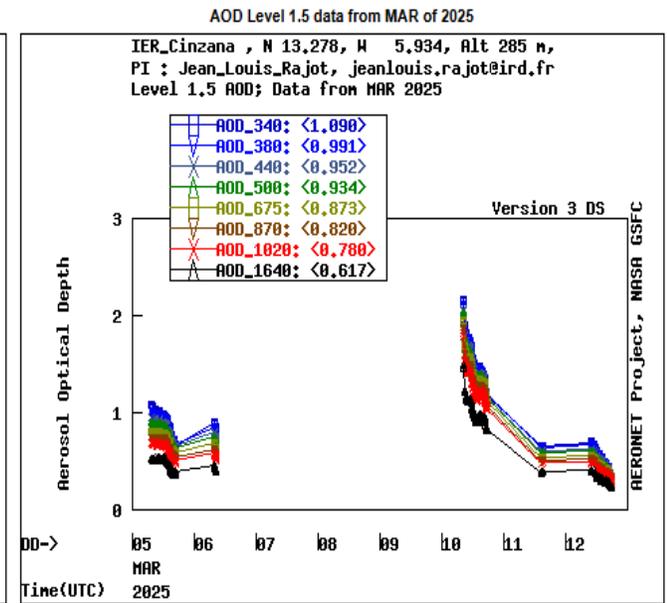
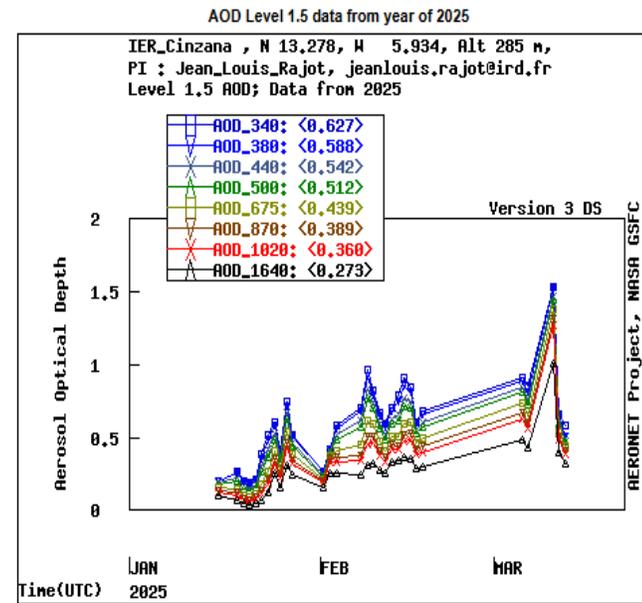
Choose day of MAR 2025

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31					

## Stations proches de Mali

Les rouges sont des stations actives:

- Cinzana (Mali)
- Banizoumbou (Niger)
- Zinder Airport (Niger)
- Tamanrasset (Algeria)



# Produits AERONET (Mali, Cinzana)

## Produits AERONET Jan-Mar 2025: Angstrom Exponent

- + PUBLICATIONS
- + SITE INFORMATION
- + STAFF
- + SYSTEM DESCRIPTION

### AERONET DATA ACCESS

#### DATA VISUALIZATION

- + Synergy Tool
- + Map Explorer

#### AEROSOL OPTICAL DEPTH (V3)-SOLAR

- + Data Display
- + Download Tool
- + Download All Sites
- + Climatology Tables
- + Web Service

#### AEROSOL INVERSIONS (V3)

- + Data Display
- + Download Tool
- + Download All Sites
- + Web Service

#### SOLAR FLUX

- + Data Display

#### OCEAN COLOR

- + V3 Data Display

**Data Display Controls**

**AERONET AOD Data Product:**

AOD  
 Water Vapor  
 440-870 Angstrom  
 SDA Fine/Coarse AOD  
 SDA Fine Mode Fraction

AOD Level (2025):  Level 1.0  Level 1.5  Level 2.0

Data Format:  All points  Daily averages

Triplet Variability (All Points Only):  Off  On

**Related Product Availability for IER\_Cinzana (select each day below):**

- [Show Terra MODIS](#)
- [Show Aqua MODIS](#)
- [Show VIIRS](#)
- [Show Diagnostic Charts](#)
- [Show GMAO GEOS FP](#)

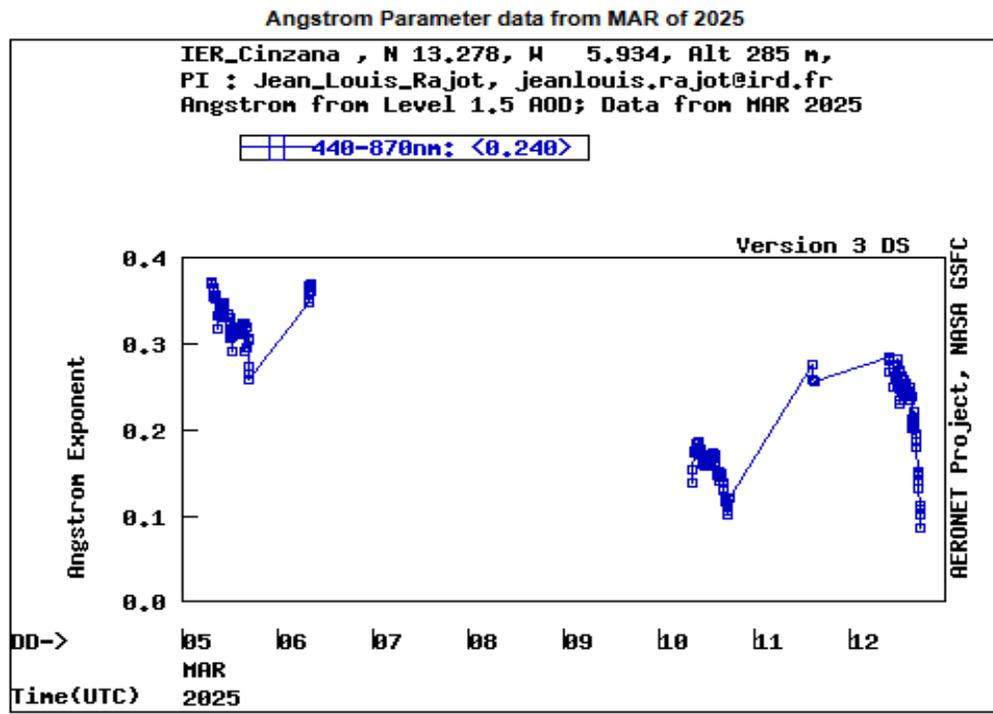
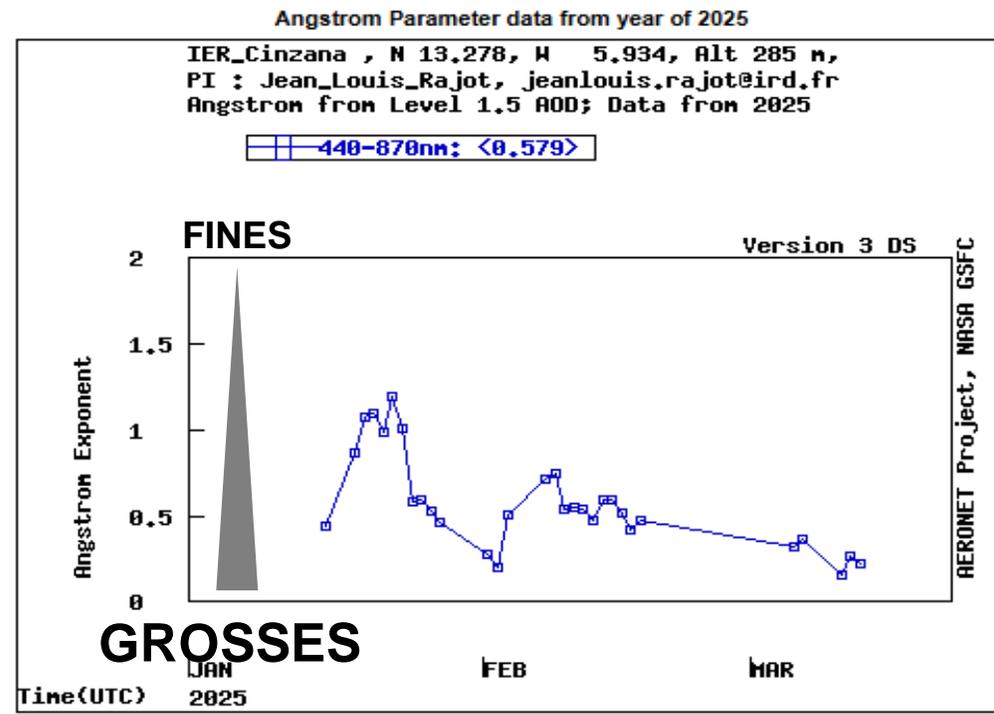
**SELECT CHARTS FOR LARGER IMAGES**

Choose year :	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025		

Choose month of 2025 :	JAN	FEB	MAR
------------------------	-----	-----	-----

**Choose day of MAR 2025**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31					



# Produits AERONET (Mali, Cinzana)

Produits AERONET Jan-Fev 2025: contribution du mode fin et grossier à l'AOD totale

- + OPERATIONS
- + PUBLICATIONS
- + SITE INFORMATION
- + STAFF
- + SYSTEM DESCRIPTION

## AERONET DATA ACCESS

### DATA VISUALIZATION

- + Synergy Tool
- + Map Explorer

### AEROSOL OPTICAL DEPTH (V3)-SOLAR

- + Data Display
- + Download Tool
- + Download All Sites
- + Climatology Tables
- + Web Service

### AEROSOL INVERSIONS (V3)

- + Data Display
- + Download Tool
- + Download All Sites
- + Web Service

### SOLAR FLUX

- + Data Display

### OCEAN COLOR

- + V3 Data Display

**Data Display Controls**

**AERONET AOD Data Product:**

AOD  
 Water Vapor  
 440-870 Angstrom  
 SDA Fine/Coarse AOD  
 SDA Fine Mode Fraction

AOD Level (2025):  Level 1.0  Level 1.5  Level 2.0

Data Format:  All points  Daily averages

Triplet Variability (All Points Only):  Off  On

**Related Product Availability for IER\_Cinzana (select each day below):**

- [Show Terra MODIS](#)
- [Show Aqua MODIS](#)
- [Show VIIRS](#)
- [Show Diagnostic Charts](#)
- [Show GMAO GEOS FP](#)

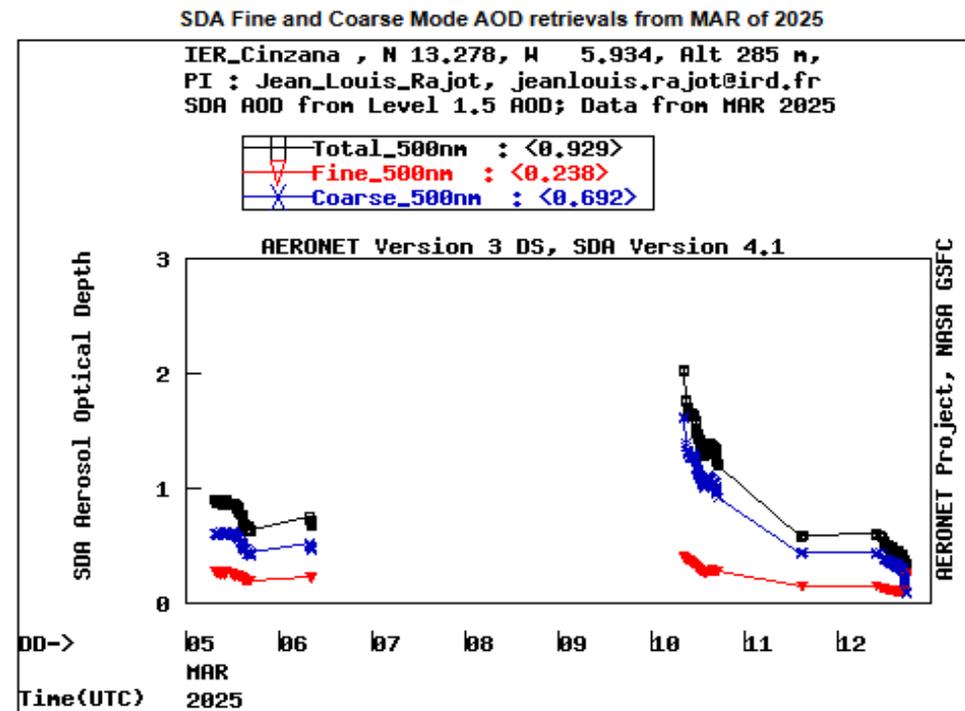
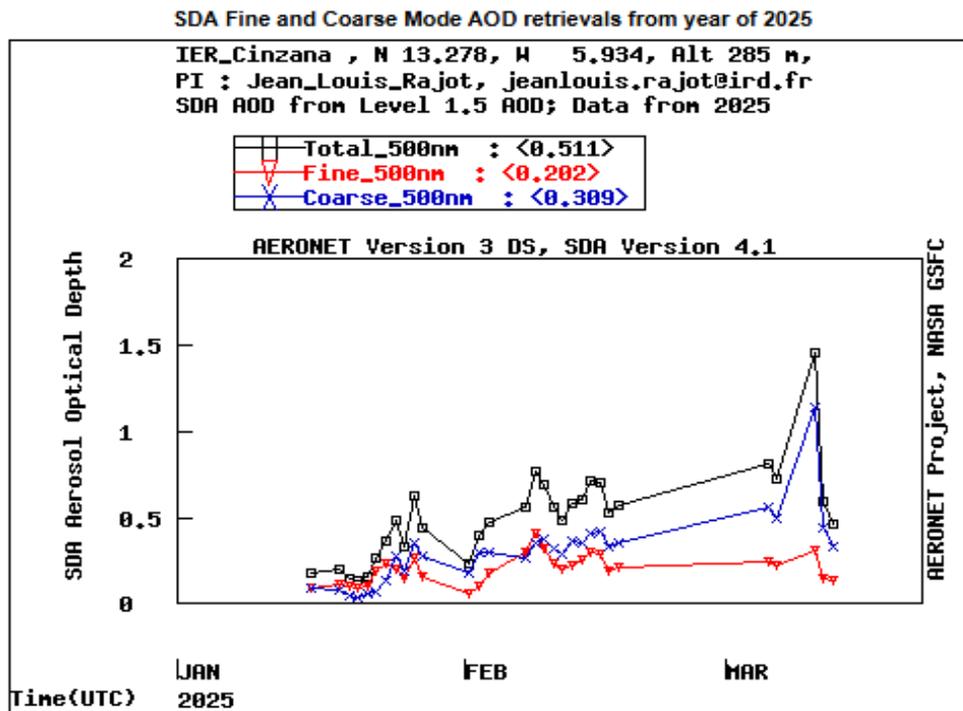
**SELECT CHARTS FOR LARGER IMAGES**

Choose year :	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025		

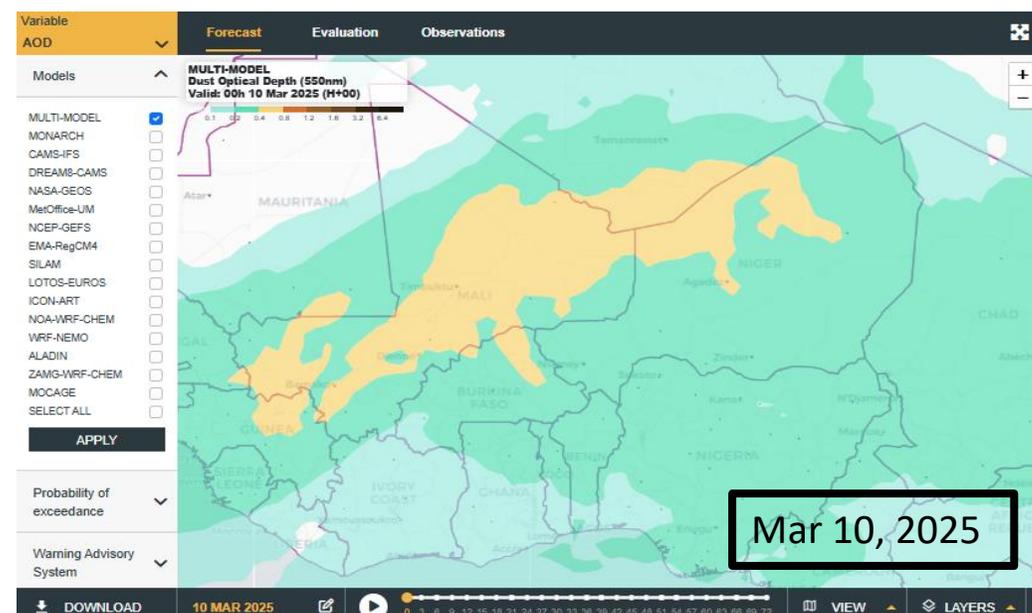
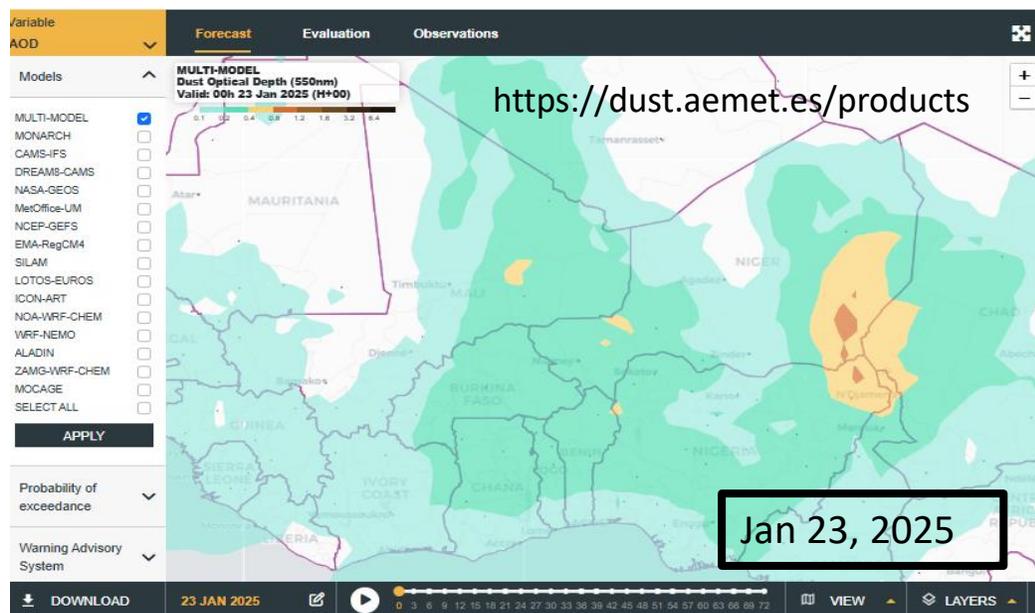
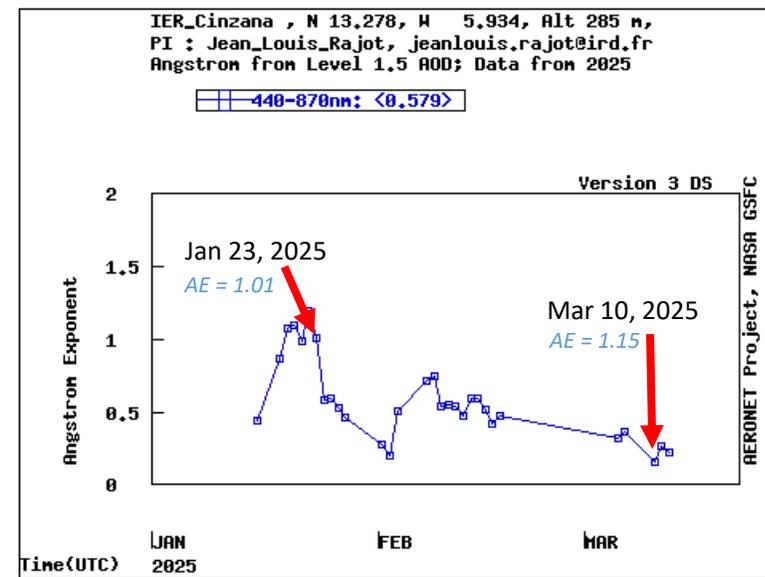
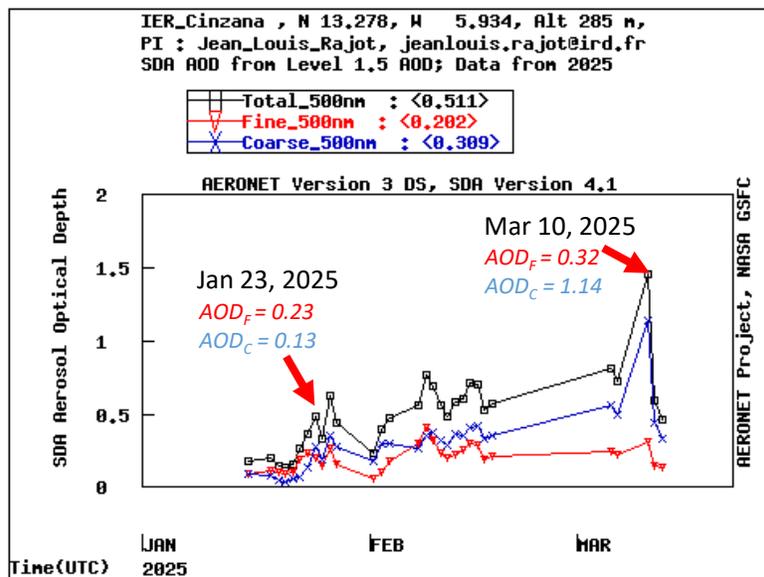
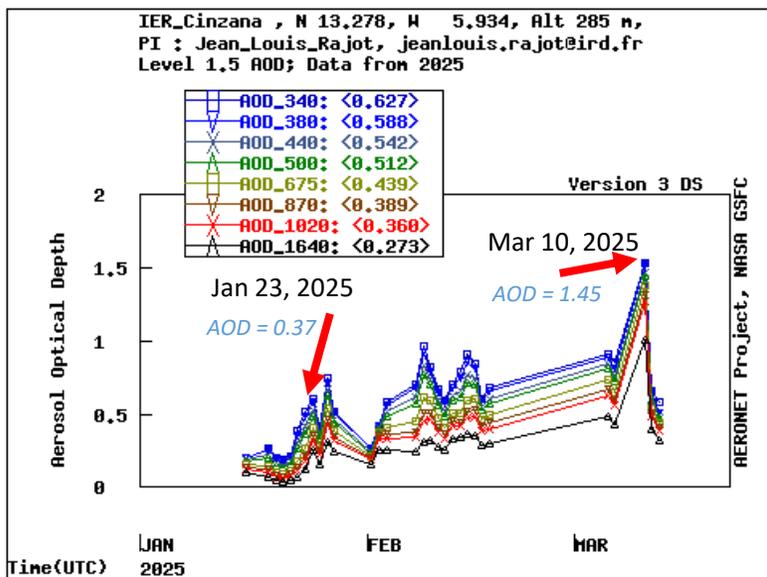
Choose month of 2025 :	JAN	FEB	MAR
------------------------	-----	-----	-----

**Choose day of MAR 2025**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31					

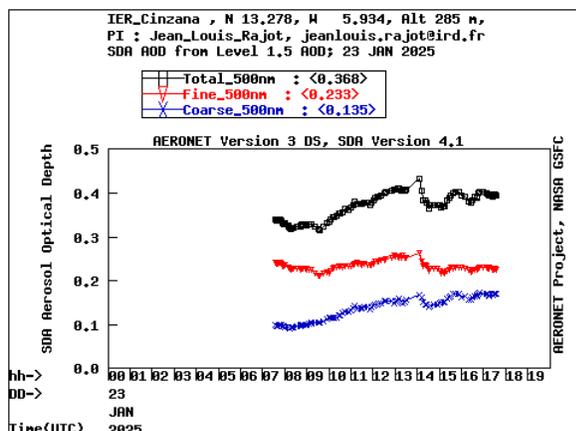
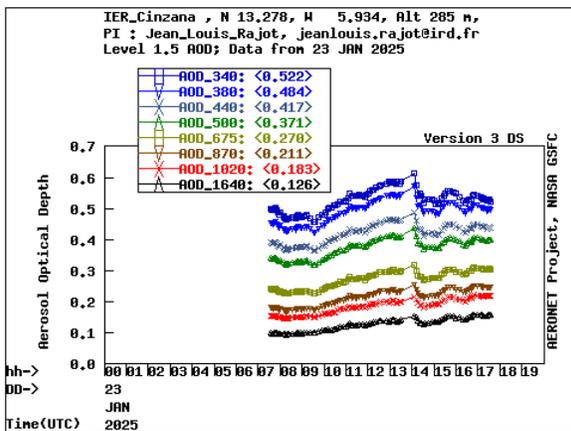


# Produits AERONET (Mali): exemple de cas

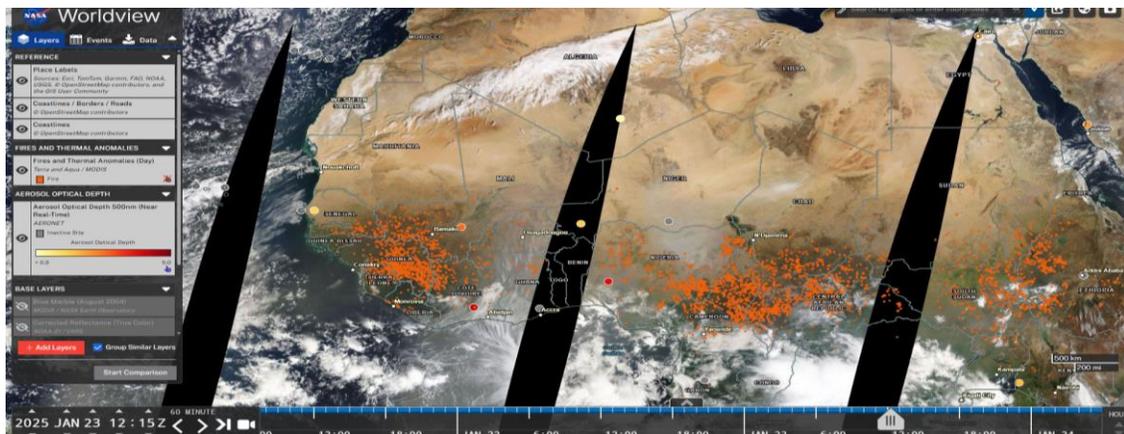
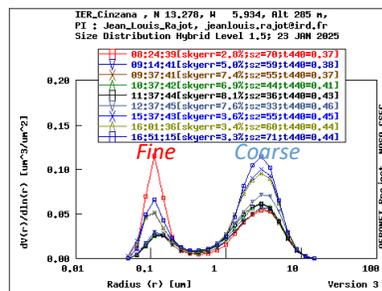
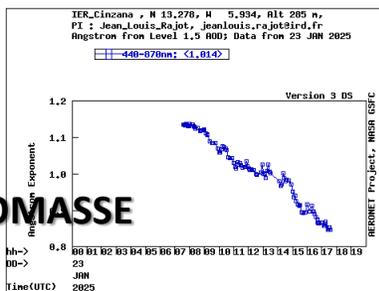


# Produits AERONET (Mali): exemple de cas

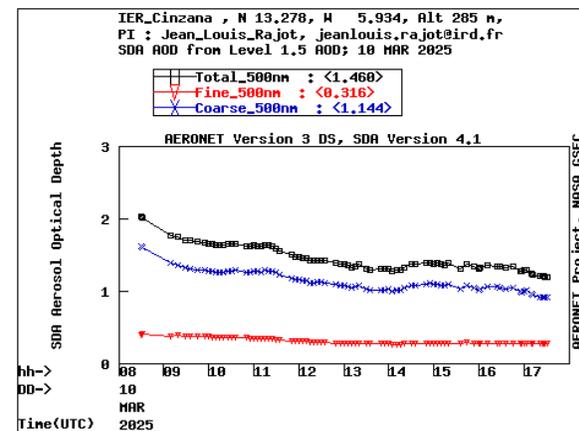
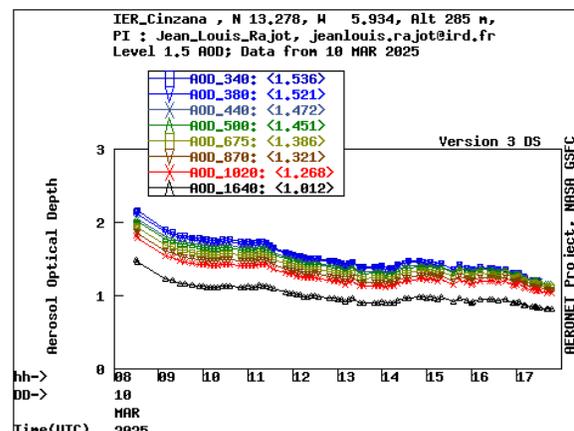
Jan 23, 2025



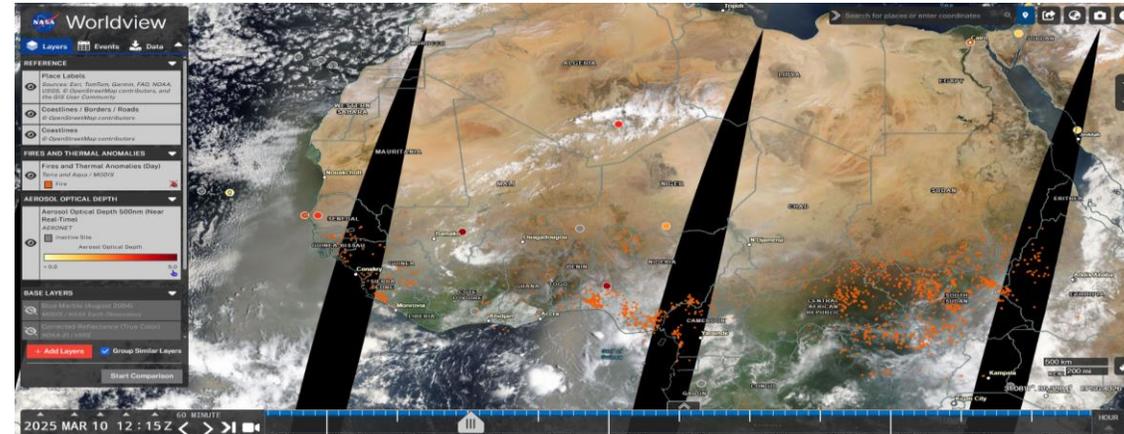
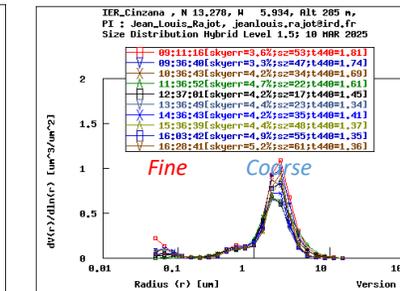
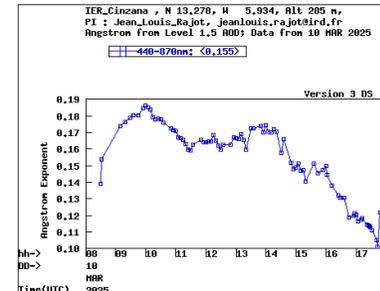
**POUSSIÈRE  
+  
COMBUSTION DE BIOMASSE**



Mar 10, 2025



**PURE POUSSIÈRE**



# CAPTEURS À FAIBLE COÛT : photomètres portables Calitoo et Microtops

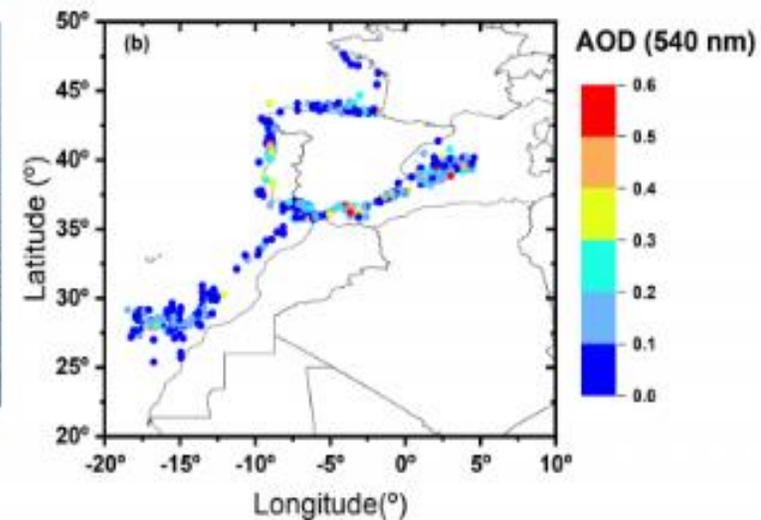
Aerosol retrievals derived from a low-cost Calitoo sun-photometer taken on board a research vessel\*

Rosa D. García<sup>a,b</sup>, África Barreto<sup>b,c,\*</sup>, Celia Rey<sup>b</sup>, Eugenio Fraile-Nuez<sup>d</sup>, Alba González-Vega<sup>d</sup>, Sergio F. León-Luis<sup>a,b</sup>, Antonio Alcantara<sup>b</sup>, A. Fernando Almansa<sup>e,b</sup>, Carmen Guirado-Fuentes<sup>b,c,f</sup>, Pablo González-Sicilia<sup>b</sup>, Victoria E. Cachorro<sup>c</sup> and Frederic Bouchard<sup>g</sup>

\*Submitted Atmos. Environ, (2024)



6 ans d'AOD au dessus de l'océan



## CRUISES

## AERONET MARITIME AEROSOL NETWORK

+ AEROSOL OPTICAL DEPTH + AEROSOL INVERSIONS + SOLAR FLUX + OCEAN COLOR  
For receiving updates on AERONET - subscribe to the mailing list by sending an email to aeronet.

- +Home
- +AERONET Home
- Maritime Aerosol
- + AEROSOL/FLUX NETWORKS
- + COLLABORATORS
- + DATA
- + NASA PROJECTS
- + PUBLICATIONS
- + STAFF
- + SYSTEM DESCRIPTION

### AERONET DATA ACCESS

- DATA VISUALIZATION
- + Synergy Tool
- + Map Explorer

### MARITIME AEROSOL NETWORK (MAN) - Version 3

#### Announcement

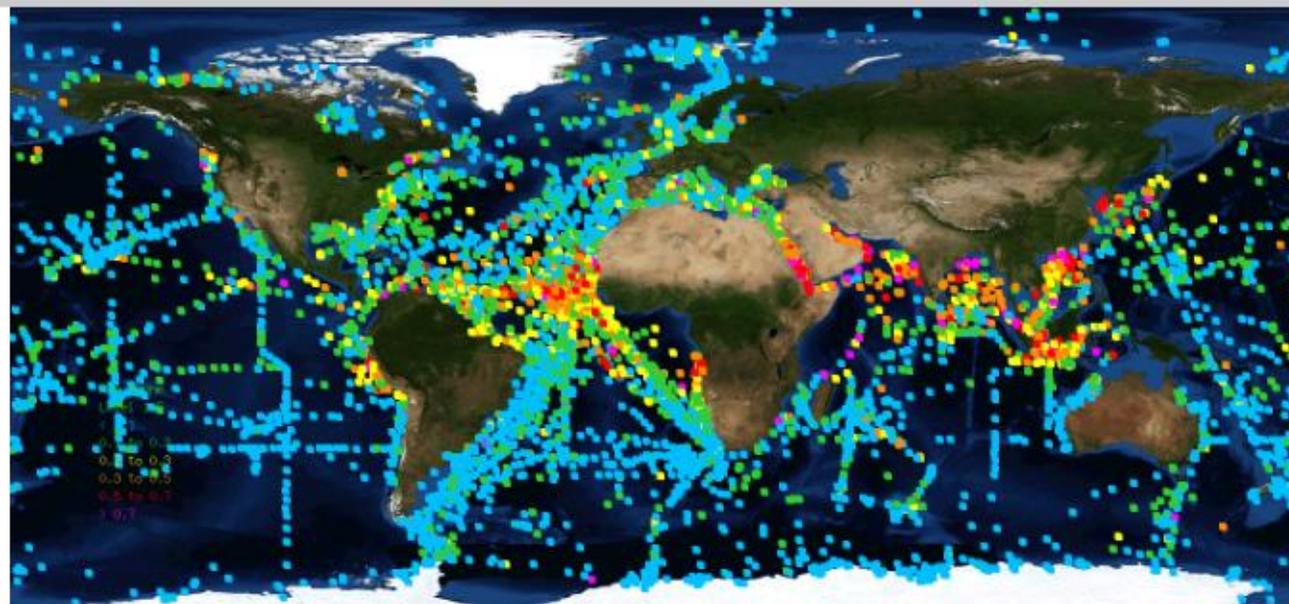
• 2 September 2022 - MAN data have been updated to Version 3

The Maritime Aerosol Network (MAN) component of AERONET provides ship-based measurements from the Microtops II sun photometers. These data provide an alternative to satellite and aerosol transport instruments have been deployed periodically on ships of opportunity and research properties over the World Oceans.



Microtops instruments currently in the network may have one of two configurations: 340, 440, 500, 675, 870, and 936nm. In addition, the temperature and pressure sensors as well as time and geographical position using a GPS. They are calibrated at the NASA Goddard Space calibration facility via a transfer calibration Microtops and the master Cimel sun photometer traceable to a Langley calibration of Mauna Loa, Hawaii. In general, the estimated optical depth in each channel does not exceed is slightly higher than the uncertainty of AEI instruments.

Additional information on data processing and quality may be found by choosing column.



# 5.

## État des observations d'AQ en Afrique



## Surveillance de la qualité de l'air en Afrique

Faits marquants : urbanisation rapide, croissance démographique et inégalités sociales.

- ❖ En Afrique, l'AQ est un facteur majeur de décès prématurés et d'autres problèmes de santé.
- ❖ L'Afrique est actuellement le continent le moins urbanisé, mais c'est la région qui connaît le taux d'urbanisation le plus rapide au monde (inégalités et « urbanisation de la pauvreté »).
- ❖ a pauvreté persistante et la pollution de l'air sont étroitement liées (inégalités sociales - dégradation de l'environnement).
- ❖ Stade de développement économique dépendant du statut de l'AQ : **économies inférieures** (manque de capacité de gestion de la qualité de l'air), **économies moyennes inférieures** (Sénégal, Kenya, Ghana, Nigéria, Zimbabwe, Tanzanie ou Mozambique avec une surveillance, une couverture et une fiabilité partielles) aux **économies émergentes** (Égypte ou Afrique du Sud avec un système de surveillance des données de qualité de l'air relativement complet).

# ÉTAT DES OBSERVATIONS D'AQ EN AFRIQUE

## Surveillance de la qualité de l'air en Afrique

Table 1.3: Synopsis of country AQM capability

Country	Key pollutants	Sulphur content of diesel [ppm]†	Inspection & maintenance for mobile sources	Emissions inventory	Routine monitoring	Health impact assessment	Projects or plans with AQ benefit ongoing	Estimated stage of air quality management
Benin	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , CO, HCs, PM	5,000	No	No	No	Two studies	Yes	Early*
Botswana	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , CO, HCs	500	No	Yes, but incomplete	Yes	Few qualitative studies	No	Intermediate**
Burkina Faso	PM, SO <sub>2</sub> , HCs, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub>	5,000	No	Yes, but elementary	No	No	Yes	Early*
Burundi	Pesticides, Persistent Organic Pollutants, Pb	5,000	No	No	No	No	No	Absent†
Cameroon	PM, CO, HCs, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub>	5,000	Yes	No	No	No	No	Initial <sup>1</sup>
Congo-Brazzaville	PM, CO, HCs, NO <sub>x</sub>	10,000	No	No	No	No	No	Absent†
Congo-Kinshasa	PM, SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , CO, HCs	3,500	No	No	No	No	Yes	Initial <sup>1</sup>
Ethiopia	PM <sub>10</sub> , CO, SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub>	10,000	No	No, but source apportionment for PM <sub>10</sub>	No, only campaign	No	No	Early*
Gabon	PM, CO, HCs, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub>	8,000	No	No	No	No	No	Absent†
Ghana	SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , CO, PM <sub>10</sub> , manganese	5,000	In progress	No	Yes	Three studies	Yes	Advanced <sup>1</sup>
Guinea	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , formaldehyde, benzene	5,000	No	No	No	No	No	Absent†
Kenya	PM, CO, HCs, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub>	10,000	No	No	No	No	Yes	Initial <sup>1</sup>
Liberia	PM, CO, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub>	5,000	No	No	No	No	No	Absent†
Madagascar	PM, CO, HCs, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub>	5,000	Yes, mobile sources	No	Yes	No	Yes	Intermediate**
Malawi	PM, SO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>x</sub> , HCs	5,000	No	No	No	No	No	Absent†
Mali	PM, NO <sub>x</sub> , CO, HC, VOC, SO <sub>2</sub> , Pb	5,000	No	Yes, for transport	No	No	No	Initial <sup>1</sup>
Mauritius	PM, NO <sub>x</sub> , CO, SO <sub>2</sub>	2,500	No	No	No	No	Yes	Initial <sup>1</sup>

Country	Key pollutants	Sulphur content of diesel [ppm]	Inspection & maintenance for mobile sources	Emissions inventory	Routine monitoring	Health impact assessment	Projects or plans with AQ benefit ongoing	Estimated stage of air quality management
Mozambique	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , Black Carbon, SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub>	5,500	No	Being developed	No	No	Yes	Early*
Nigeria	CO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , TSP, PM <sub>10</sub>	5,000	No	Yes, of 1990	No, one non operational station	No	Yes	Early*
Rwanda	Not identified	5,000	No	No	No	No	No	Absent†
Senegal	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , CO	5,000	No	No	Being initialised	No	Yes	Initial <sup>1</sup>
South Africa	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , CO, Pb	500	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Comprehensive <sup>++</sup>
Swaziland	Not identified	500	No	Qualitative	No	No	Yes	Early*
Tanzania	PM, CO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , Pb	5,000	No	No	Yes	No	Yes	Early*
Togo	Not identified	5,000	No	Yes, initial	No	No	No	Initial <sup>1</sup>
Uganda	PM, CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> , dioxins and furans, HCs, NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , re-suspended dust	5,000	No	No	No	No	Yes	Initial <sup>1</sup>
Zambia	SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , PM, black smoke, dust, CO, CO <sub>2</sub> and odours	7,500	No	Yes, initial, in copper belt	Yes	No	Yes	Intermediate**
Zimbabwe	SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , PM, CO, VOCs	5,000	Yes, for stationary sources	No	Yes	Anecdotal evidence	No	Intermediate**

† Source: PCFV (2007); † Absent = None of the topics addressed; <sup>1</sup> Initial Any one topic addressed; \* Early = Any two topics addressed; \*\* Intermediate = Any three topics addressed; <sup>+</sup> Advanced = Any four topics addressed; <sup>++</sup> Comprehensive = All topics addressed.

# ÉTAT DES OBSERVATIONS D'AQ EN AFRIQUE

## Surveillance de la qualité de l'air dans les pays d'Afrique subsaharienne

**Table 1.4:** Tools that can be applied in SSA countries to enhance AQM capability

Country	Air quality standard setting	Initial Emissions inventory*	Routine monitoring**	Health impact assessment†	
Benin	WHO guidelines	Rapid inventory assessment (RIA)	Hybrid network	More studies needed using REA	
Botswana	National standards exist	Completion and update by RIA	Is being performed	Rapid epidemiological assessment (REA)	
Burkina Faso		Completion and update by RIA	Hybrid network		
Burundi	WHO guidelines	Rapid inventory assessment			Hybrid network
Cameroon					
Congo-Brazzaville					
Congo-Kinshasa					
Ethiopia					
Gabon					
Ghana	National standards exist	Rapid inventory assessment			Is being performed
Guinea	WHO guidelines	Rapid inventory assessment	Hybrid network		Rapid epidemiological assessment
Kenya	Exist				
Liberia	WHO guidelines		Completion and update by RIA	Hybrid network	
Madagascar					
Malawi					
Mali					
Mauritius	National standards proposed		Rapid inventory assessment	Hybrid network	
Mozambique	WHO guidelines		Completion and update by RIA	Hybrid network	

\* RIA = Rapid Inventory Assessment; \*\* HN = Hybrid Network; † REA = Rapid Epidemiological Assessment

**Table 1.4 (continued):** Recommendation to enhance AQM capability

Country	Air quality standard setting	Initial Emissions inventory*	Routine monitoring**	Health impact assessment†
Nigeria	WHO guidelines	To be updated and amended by RIA	Hybrid network	Rapid epidemiological assessment
Rwanda		Rapid inventory assessment	Is being initialised	
Senegal				
Swaziland			Hybrid network	
Tanzania			Is being performed	More studies needed
Togo		To be enhanced by RIA	Hybrid network	Rapid epidemiological assessment
Uganda		Rapid inventory assessment		
Zambia		To be amended for vehicles	Revamping or hybrid network	
Zimbabwe		Rapid inventory assessment	Is being performed	

\* RIA = Rapid Inventory Assessment; \*\* HN = Hybrid Network; † REA = Rapid Epidemiological Assessment



# ÉTAT DES OBSERVATIONS D'AQ EN AFRIQUE: South-Africa



forestry, fisheries & the environment  
Department: Forestry, Fisheries and the Environment  
REPUBLIC OF SOUTH AFRICA

## SAAQIS

South African Air Quality Information System



Mozambique

Antananarivo

Login



Swakopmund Namibia

Botsuana

Gaborone

Johannesburg

Maputo

Swatini

Bloemfontein

Sudáfrica

Lesoto

Puerto Elizabeth

East London

Air Quality Index

13/09/2024 | 21:00

Search Stations

Stations Filter

Index Gauge

News

Dynamic Tables

Contact Information

About

< Latest News >

03/09/2024

02/09/2024

# ÉTAT DES OBSERVATIONS D'AQ EN AFRIQUE: South-Africa



**SAAQIS** South African Air Quality Information System



Login

## Dynamic Tables - Dynamic Table

Station Name	Time	PM10 µg/m3	PM2.5 µg/m3	NO2 ppb	NOX ppb	NO ppb	SO2 ppb	O3 ppb	CO ppm	Benzene ppb	H2S ppb
Secunda	13/09/2024 21:00	67.107	23.151	12.37	14.062	1.692	3.385	32.166	0.35		6.213
Diepkloof-NAQI	13/09/2024 21:00										
PTA West	13/09/2024 21:00	70.43	45.109	0	0.011	0.04	7.634		3.426		
Delmas MP	13/09/2024 21:00	0.523		0	0	0		3.259	0.869		
Hendrina - SAWS	13/09/2024 21:00	75.21	5.224	31.539	35.729	4.19	3.586	24.231	0.532		
Karoo-NAQI	13/09/2024 21:00	1.065	1.002						0.033		
Kliprivier	13/09/2024 21:00			20.253	26.515	6.262	3.09	13.462	0.51		
Lephalale-NAQI	13/09/2024 21:00	96.602	40.359	37.031	90.407	53.376	3.792		0.897		
Middelburg SAWS-NAQI	13/09/2024 21:00	57.305	51.073	49.459	97.24	47.781	3.357	1.441	1.185		
Middelburg MP	13/09/2024 21:00	106.833	26.167	28.166	32.698	4.537		30.222	0.946	1.005	
Mokopane	04/09/2024 16:00	43.117	6.059	4.618	6.492	1.874	0.628	41.169			
Rosslyn-NAQI	13/09/2024 21:00	426.393	144.265				4.462				
Sebokeng	13/09/2024 21:00	65.5	31.859	10.86	11.063	0.417	2.951	39.798	0.299		

Latest News

03/09/2024 02/09/2024

About

# ÉTAT DES OBSERVATIONS D'AQ EN MALI: Open AQ



[Explore the data](#)

[Why air quality?](#)

[Why open data?](#)

[Partners](#)

[Developers](#)

[About](#)

[Sign up](#)

[Login](#)

[Donate](#)

Search

## Filters

### Choose a pollutant

Any pollutant

### Choose location type

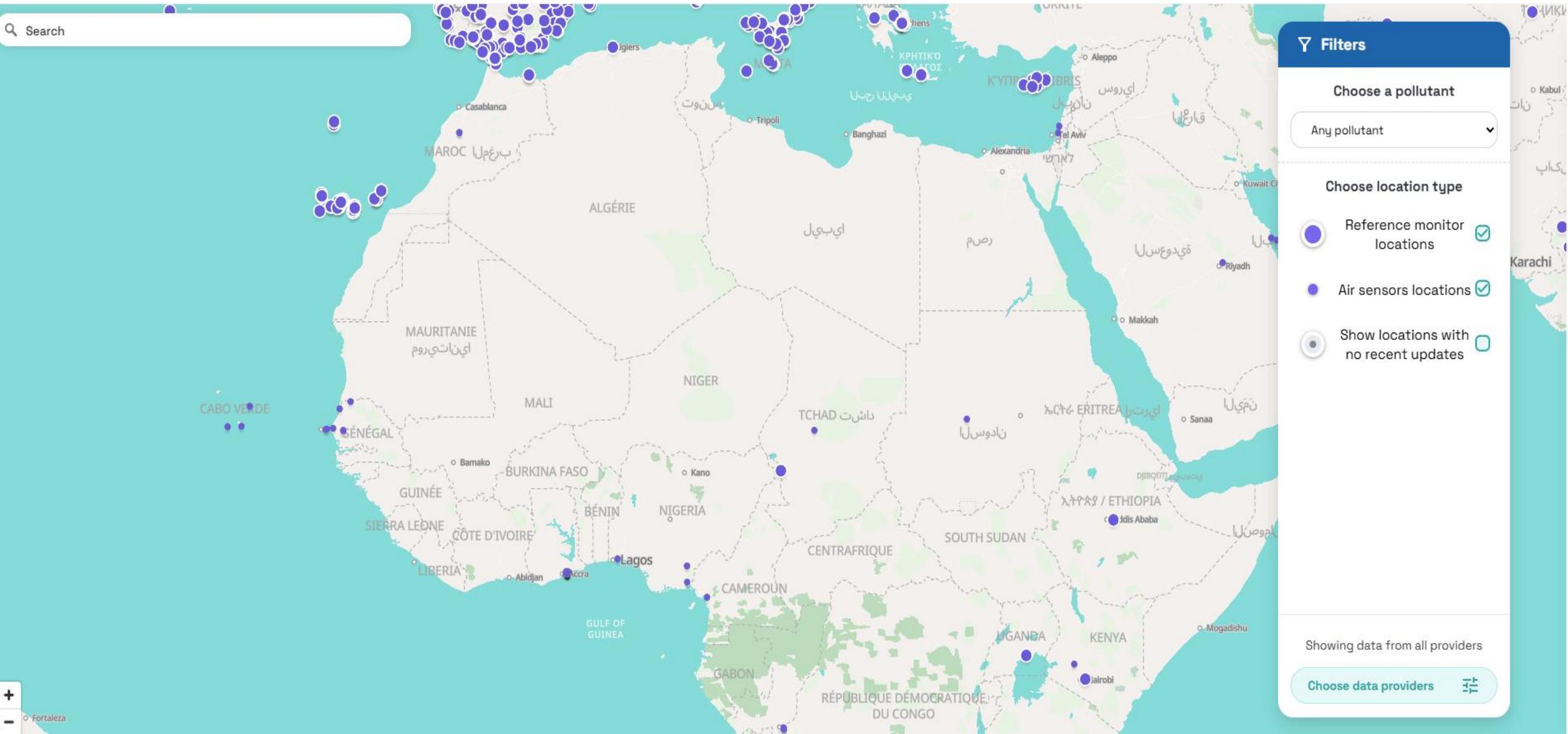
Reference monitor locations

Air sensors locations

Show locations with no recent updates

Showing data from all providers

[Choose data providers](#)



# ÉTAT DES OBSERVATIONS D'AQ EN MALL: AirQo



Products ▾

Solutions ▾

About ▾

Get Involved

Explore Data



## Community engagement using LCS

### 160+ Air quality monitors installed in 8 major African cities

To effectively tackle air pollution, access to data and contextual evidence is important to show the scale and magnitude of air pollution.

We're providing an end-end air quality solution in major African Cities leveraging the locally built low-cost monitors and existing expertise to advance air quality management and, implicitly, air quality improvement in these African cities.

Makerere University (Uganda)

- \* Ensemble de données sur la qualité de l'air hyperlocal collectées à partir de LCS distribués spatialement
- \*\* Accès ouvert à un vaste référentiel (2 millions d'enregistrements de données brutes et calibrées sur la qualité de l'air en temps réel, historiques et prévues)
- \* Accès accru aux données probantes sur la qualité de l'air pour les aider à lutter contre la qualité de l'air urbain et à atteindre les objectifs d'un air plus pur.

# ÉTAT DES OBSERVATIONS D'AQ EN MALI: AirQo



## Air Quality Map

Navigate air quality analytics with precision and actionable tips.

Search villages, cities or country

All



Burundi



Cameroon



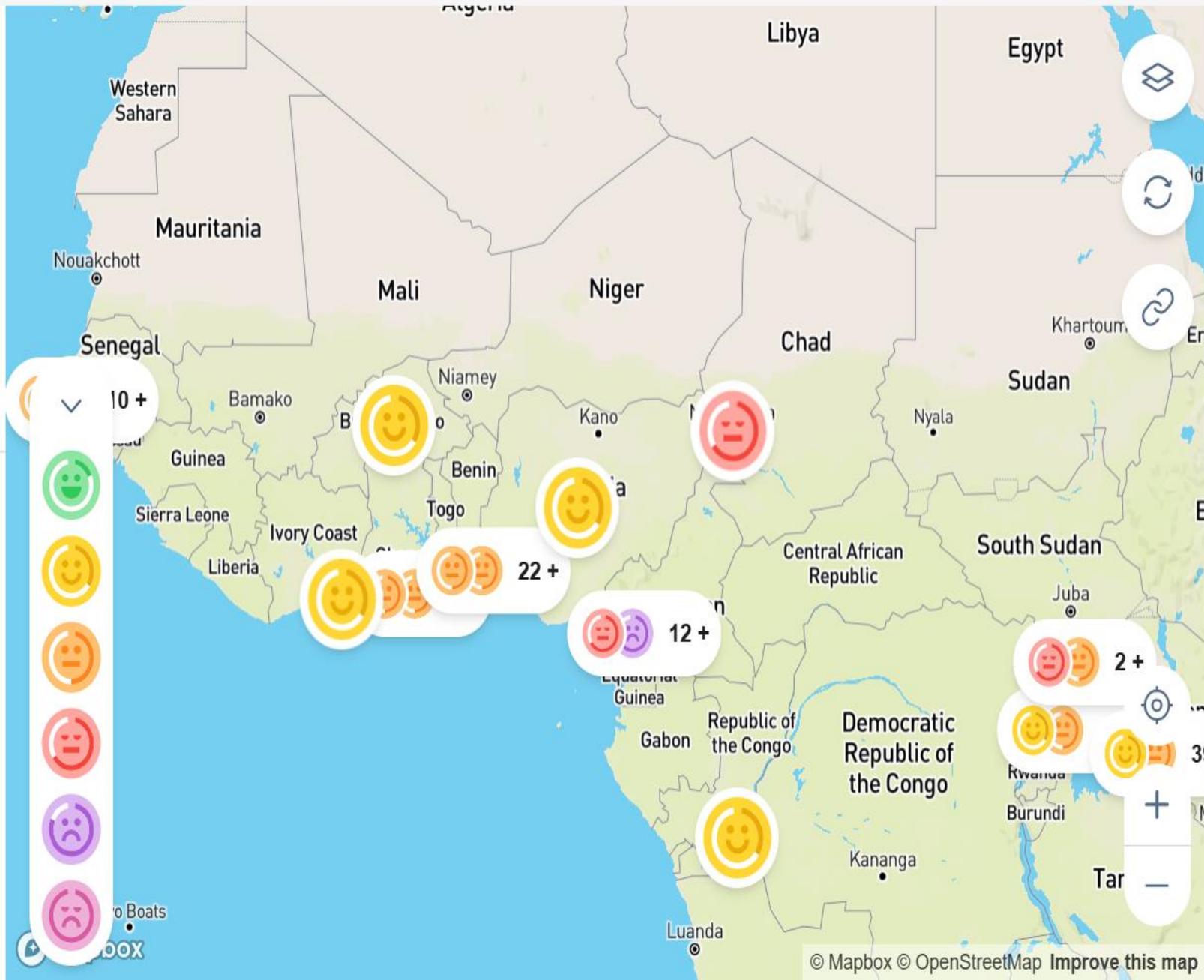
Eth

Sort by: Suggested

Faculty Of Engineering Technology  
And Applied Art  
Western Region

Kireka  
Central Region

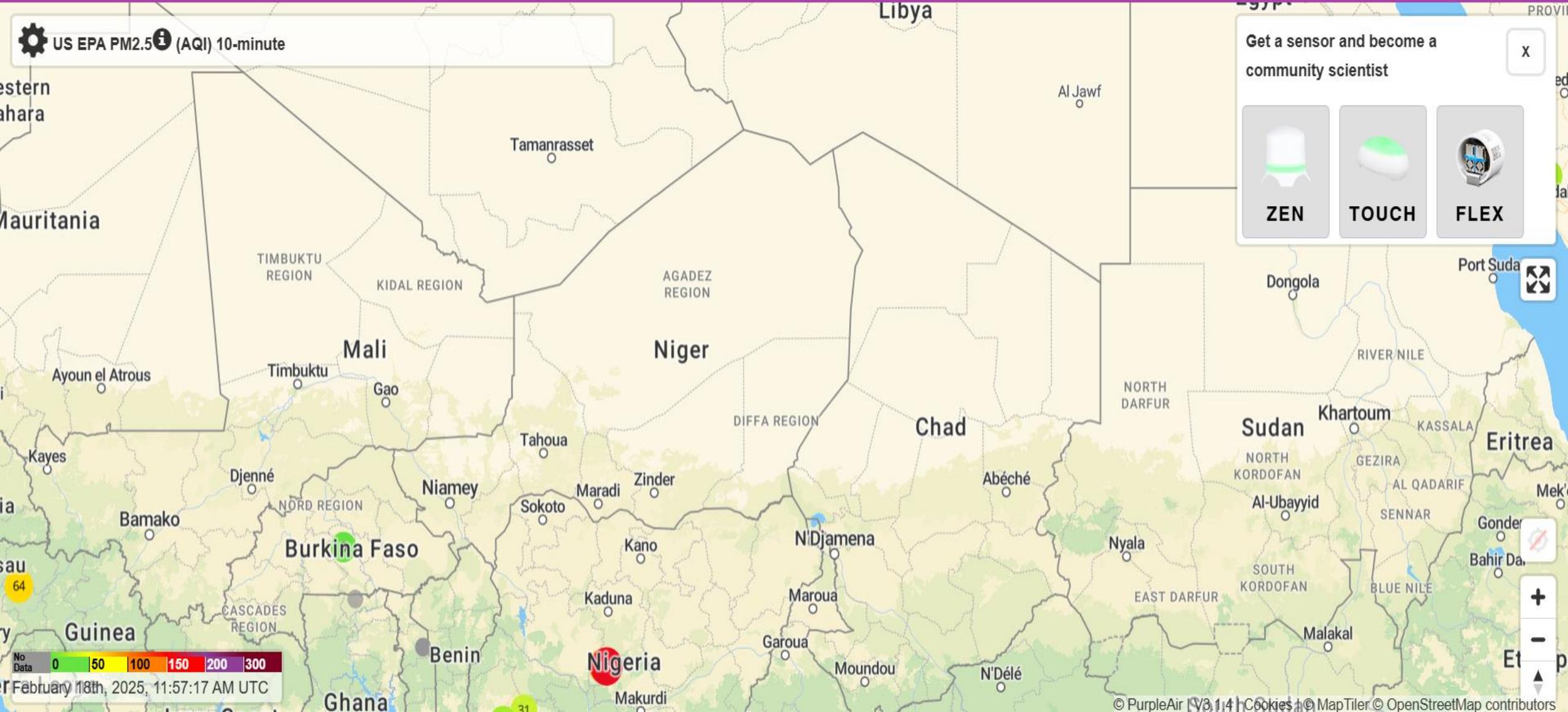
Akodo



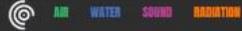
# ÉTAT DES OBSERVATIONS D'AQ EN MALL: Purple Air



Map ▾ Sensors ▾ Data ▾ About ▾



# ÉTAT DES OBSERVATIONS D'AQ EN MALL: Sensors.Africa



## ABOUT sensors.AFRICA

sensors.AFRICA is a pan-African citizen science initiative that uses sensors to monitor air, water and sound pollution to give citizens actionable information about their cities. The air quality sensors use open source technology from the [Luftdaten project](#). The initiative was seed-funded by innovateAFRICA and is being incubated by Code for Africa.

## PROJECTS UNDER SENSORS.AFRICA

### AIR

The World Health Organisation reported in 2018 that air pollution causes about 7 million premature deaths globally each year. Indoor air pollution accounts for 3.8 million deaths globally, while outdoor (ambient) air pollution causes 4.2 million deaths every year. In addition to deaths directly attributable to air pollution, exposure increases the risk of respiratory diseases and cardiovascular conditions. The leading pollutant is particulate matter (PM), which is composed of sulfate, nitrates, ammonia, sodium chloride, black carbon, mineral dust and water droplets. Citizens and governments are increasingly aware of the toxic health risks from air pollution but don't have easily accessible, hyper-local and real-time data that would provide actionable information to either avoid the effects, fight the causes, or stage interventions. sensors.AFRICA aims to change this with low-cost air quality sensors, which citizens and civic watchdogs will be able to use to measure, and monitor the quality of real-time air. The data from these air quality sensors are already being used by local watchdog NGOs and journalists to spotlight major public health risks using both the live data and data from our historical archives. We aim to ramp up these watchdog

### WATER

People living in developing nations face life-threatening environmental dangers from waterborne diseases, simply because they don't have reliable, timely and actionable data to help make decisions and/or campaign for change. The Global Burden of Disease (GBD) 2018 study projects 642,486 deaths annually due to contaminated drinking water. sensors.AFRICA seeks to change this, by deploying simple low-cost digital sensors and advanced algorithms that give citizens real-time and hyperlocal updates when there are local outbreaks of cholera or other waterborne diseases or their water is contaminated with either chemical or metallic pollutants. The project does this by applying several technologies which include deploying revolutionary new digital microscopy sensors, to test for coliforms (the organism that causes cholera) and other waterborne pathogens. The devices automatically photograph and magnify water samples on-site at key community water sources, and then use special software to analyse for coliforms in real-time. If dangerous levels are detected, a public alert is broadcast through social media / dark social channels and local authorities are summoned for definitive lab-based testing. This is a quantum leap for communities, who

### STORMWATCH

An estimated 5,000 fishermen drown during storms on just Lake Victoria every year. StormWatch will change this by using VIEWS (Lake Victoria Intense storm Early Warning System) to predict thunderstorms and send out public alerts to villagers ahead of extreme storms on Africa's great lakes. VIEWS uses data from satellite imagery and specially developed algorithms of the afternoon's land weather surrounding the lake to predict the occurrence of extreme storms later than the night with 93% accuracy. The prototype algorithm, produces predictions for all three countries bordering Lake Victoria, Kenya, Uganda and Tanzania. StormWatch will test the same methodology at two additional lakes in Tanzania, Lake Malawi and Lake Rukwa.

Capteurs installés au Kenya, en Tanzanie et au Nigeria

<https://sensors.africa/air>



# WE'VE TESTED THE QUALITY OF YOUR CITY'S AIR.

Search for your city ...

# ÉTAT DES OBSERVATIONS D'AQ EN MALI

## United Nations Environment Programme (UNEP) Air Quality Policies in Mali

(<https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/17048/Mali.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

### Air Quality Policies

This document is based on research that UNEP conducted in 2015, in response to Resolution 7 of the UNEA 1. It describes country-level policies that impact air quality. Triple question marks (???) indicate that information for the section couldn't be found.

Please review the information, and provide feedback. A Word version of the template can be provided upon request. Corrections and comments can be emailed to [Vered.Ehsani@unep.org](mailto:Vered.Ehsani@unep.org) and [George.Mwaniki@unep.org](mailto:George.Mwaniki@unep.org).

Mali Air Quality Policy Matrix		
Goals	Status	Current Policies & Programmes
GENERAL OVERVIEW	<p><b>Overall situation with respect to air quality in the country, including key air quality challenges:</b></p> <p>No study has been carried on general country air quality. Sectoral studies have been carried by individual projects and post graduate students for their thesis.</p> <p>Air quality is mainly affected by PM during the windy season of harmattan. PM is the most important air pollutant in the country</p> <p>In the big cities, transport is (after harmattan) the main pollution source and is related to the age of the vehicles and bad fuel quality</p> <p><b>Air quality monitoring system:</b> Yes</p>	<p><b>National Ambient air quality standards:</b> Does not exist yet (being drafted)</p> <p><b>National Air Quality Policy:</b> Does not exist</p> <p><b>Air Quality legislation / programmes:</b> Decree N° 0397 related to air pollution</p> <p><b>Other:</b></p>
REDUCE EMISSIONS FROM INDUSTRIES	<p><b>Industries that have the potential to impact air quality:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>The most important industries are; food processing; construction; phosphate and gold mining among others</li> </ul> <p><b>GDP of country:</b> USD 11.3B in 2013<sup>1</sup></p>	<p><b>Emission regulations for industries:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Partially covered under the Environmental Impact Assessment (EIA) report for projects</li> </ul> <p><b>Small installation's emissions regulated:</b> No</p> <p><b>Renewable energy investment promoted:</b> No</p> <p><b>Energy efficiency incentives:</b> None</p>

	<p><b>Industries' share of GDP:</b> 24%</p> <p><b>Electricity sources:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>48.4% of the installed electricity generating capacity (304,000 KW in 2010) is generated from fossil fuel; the rest 51.6% is generated from renewable source.<sup>2</sup></li> </ul>	<p><b>Incentives for clean production and installation of pollution prevention technologies:</b> None</p> <p><b>Actions to ensure compliance with regulations:</b> None</p> <p><b>Other actions at national, sub-national and / or local level to reduce industry:</b> Agency for Industrial Areas is created, for construction of industrial areas in the capital city Bamako and all regional capital cities of country.</p>
REDUCE EMISSIONS FROM TRANSPORT	<p><b>Key transport-related air quality challenges:</b> (ex: vehicle growth, old fleet, dirty fuel, poor public transport etc)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Freight and passenger transport is usually provided by private companies or individuals</li> <li>Private car ownership is low with 14 car per 1000 individuals in 2009</li> <li>Vehicle emissions are a major source of PM, NO<sub>2</sub> and CO</li> </ul>	<p><b>Vehicle emission limit:</b> None</p> <p><b>Fuel Sulphur content:</b> (in ppm) Fuel (diesel) sulfur content restricted at 10000ppm</p> <p><b>Fuel Lead content</b> Unleaded gasoline restrictions since 2005</p> <p><b>Restriction on used car importation:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Age limit for second hand cars is set at 10 years; vehicles older than this are charged extra duty.</li> <li>Pre-importation inspection is required for road worthiness</li> </ul> <p><b>Actions to expand, improve and promote public transport and mass transit:</b> Many unsuccessful initiatives have been carried by the government and the private sector in the past years (Tababus, SOTRAMA etc.)</p> <p><b>Actions to promote non-motorized transport:</b> (ex: include sidewalks and bike lanes in new road projects, car-free areas etc) Yes in all new road constructions sidewalks and bike lanes are promoted in recent years.</p> <p><b>Other transport-related actions:</b> None</p>
REDUCE EMISSIONS FROM OPEN BURNING OF AGRICULTURAL /	<p><b>Outdoor, open burning:</b> (ex: is it commonly done? burning what kinds of wastes? etc)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Uncontrolled waste burning, which is a common practice, is one of the practices that contributes to deteriorating air quality in</li> </ul>	<p><b>Legal framework:</b> (ex: is burning banned?)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Some waste management policies and regulations exist in the country. However, not all waste streams are adequately addressed, such as e-waste, while many waste streams lack plans for policy implementation.<sup>3</sup></li> </ul>
MUNICIPAL WASTE (OUTDOOR)	<p>urban centres</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Municipal solid waste is ranked as the highest priority waste stream requiring improvement in Mali.</li> <li>Despite public awareness of the environmental risks of waste generation, there are currently no specific regulations on the management of waste plastics.</li> <li>Municipal solid waste management is also ranked as a great priority for Mali.</li> <li>Agricultural waste burning can also impact air quality in the rural areas.</li> </ul>	<p><b>Actions to prevent open burning of municipal waste and / or agricultural waste:</b></p> <p>The National Directorate for sanitation and pollution control and its regional and sub-regional offices work toward stopping open burning of municipal waste.</p>
REDUCE EMISSIONS FROM BURNING OF BIOMASS (INDOOR)	<p><b>Dominant fuels used for cooking and space heating:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Wood is the dominant fuels used for cooking for rural households accounting for 80% of the energy mix in Mali</li> </ul> <p><b>Impact:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Indoor air pollution causes an estimated 15,300 premature deaths every year<sup>4</sup></li> <li>Air pollution from indoor sources is the single largest contributor to the negative health effects of air pollution in Mali.</li> <li>The challenge for Mali is to meet its growing energy demand with affordable, reliable, domestic and imported energy supplies.</li> </ul>	<p><b>Indoor air pollution regulated:</b> No</p> <p><b>Promotion of non-grid / grid electrification:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Promotion of non-grid electrification and especially solar energy for rural electrification</li> <li>Introduction of incentives to encourage the involvement of women in generating renewable energy</li> </ul> <p><b>Promotion of cleaner cooking fuels and clean cook stoves:</b> yes many initiative from government and private sector related to promotion of gas cook stoves</p> <p><b>Other actions to reduce indoor biomass burning, or to reduce its emissions:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Access to electricity in Mali more than doubled in the last decade, helped by the introduction of a successful program for rural electrification, AMADER, which widened access to more than 36,000 rural households since 2003.</li> <li>Promotion of biofuels especially the jatropha plant</li> </ul>

# ÉTAT DES OBSERVATIONS D'AQ EN MALI

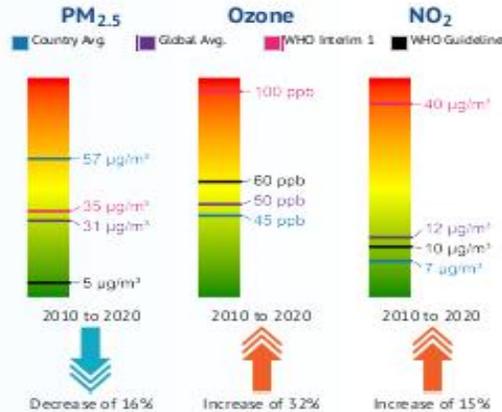
## STATE OF GLOBAL AIR / 2024 Mali Air Pollution and Health Country Profile

Air pollution accounted for nearly **11%** of all deaths in Mali in 2021. Considered separately, outdoor particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) ranked as the seventh leading risk factor for deaths, and household air pollution (HAP) ranked third. Ozone was not in the top 20 risk factors.

### Key Statistics at a Glance

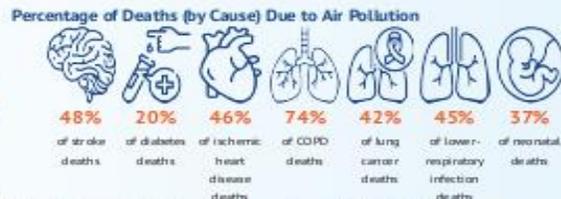


**Good News:** In February 2020, ministers responsible for environment and energy from all 15 countries within the Economic Community of West African States (ECOWAS) collaboratively formulated a comprehensive framework of regulations aimed at implementing cleaner fuels and vehicles across the region.

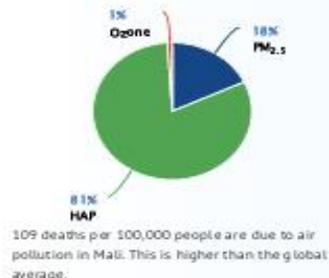


### Health Impacts of Air Pollution

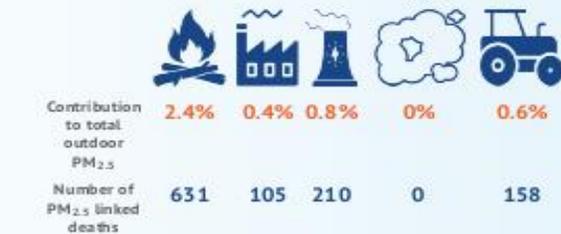
Air pollution is among the top 5 risk factors for death in Mali, with **more than 26 thousand** deaths from air pollution. The top 5 risks in Mali are: Child and maternal malnutrition, Air pollution, Unsafe water, sanitation, and handwashing, High systolic blood pressure, and Dietary risks.



### Air pollution deaths by pollutant



### Top 5 Sources of Outdoor PM<sub>2.5</sub> and Associated Health Burden



Please note that PM<sub>2.5</sub> concentrations reported here are estimated using a combination of satellite data, ground air quality monitoring data, and chemical transport models. These estimates can be more uncertain where ground monitoring data are limited or not available.  
 \*\*\* Based on data from GBD-HAPs - Global Project. [Click here to view the data for your country.](https://www.gbd-haps.org/) \*\*\*\* Based on the 2023 O'Neill et al. research on air quality monitoring in countries around the world.

**TABLE 1** Population-weighted annual average PM<sub>2.5</sub> exposures in 2019 and percentage of population living in areas that exceed the least stringent interim target set by WHO in top 10 countries with the highest PM<sub>2.5</sub>

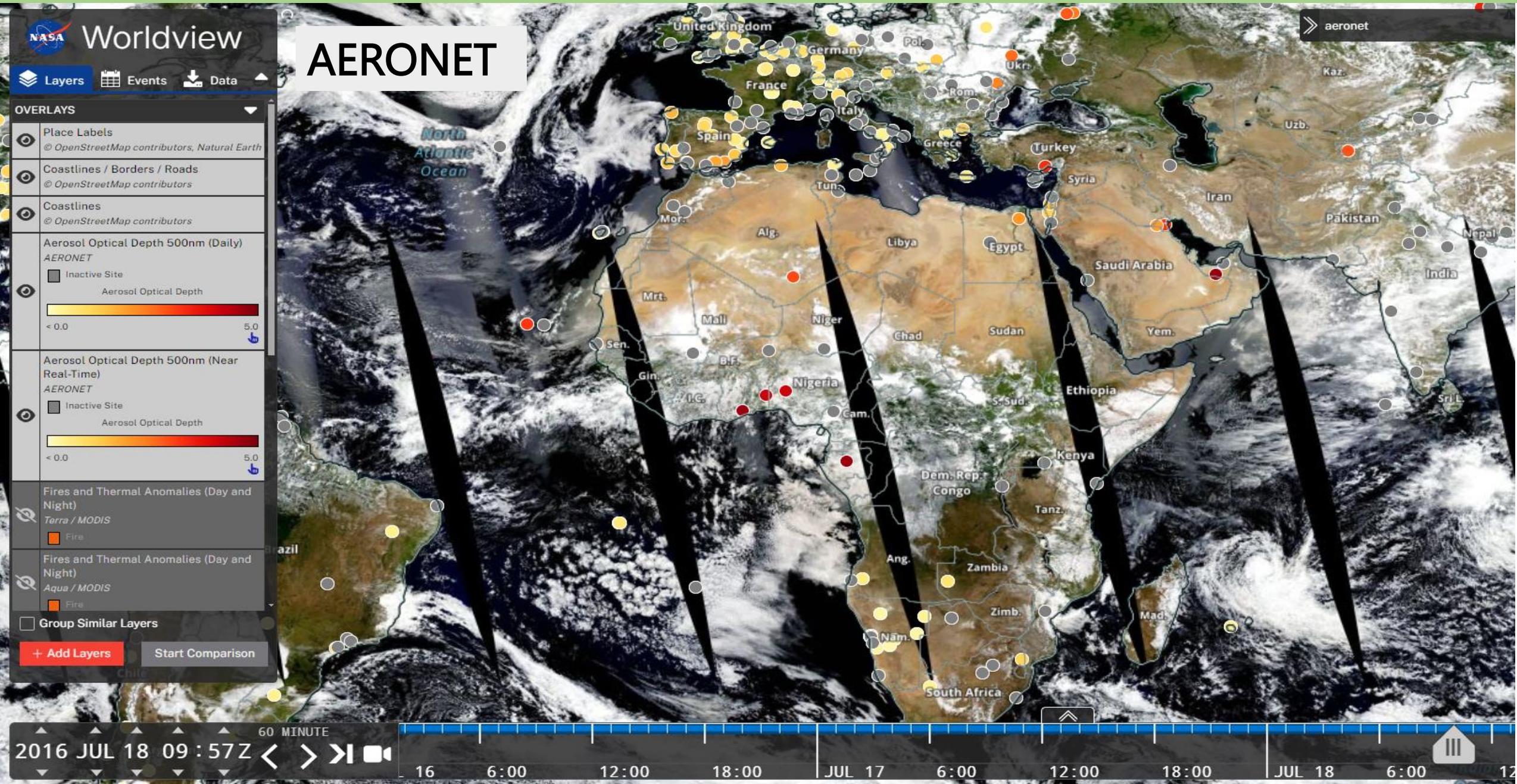
Country	Population-Weighted PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) (Uncertainty Intervals)	National Ambient Air Quality Standards
Niger	80.1 (42.2–145)	✗
Nigeria	70.4 (45.4–105)	✓
Egypt	67.9 (47.8–67.9)	✓
Mauritania	66.8 (37.6–108)	✗
Cameroon	64.5 (43.8–92.6)	✗
Mali	60.6 (33.7–103)	✗
Senegal	60.2 (37.6–92.7)	✓
Chad	59.3 (34.6–94.8)	✗
The Gambia	58.1 (35–92.6)	✓
Côte d'Ivoire	55.6 (32.7–90.3)	✓

- ✗ La pollution de l'air fait partie des 5 principaux facteurs de risque de décès au Mali, avec plus de 26 000 décès dus à la pollution de l'air
- ✗ La pollution de l'air a été responsable de près de 11 % de tous les décès au Mali en 2021
- ✗ 100% de la population du Mali vit dans des zones où les niveaux de PM<sub>2.5</sub> sont supérieurs à l'objectif intérimaire le moins strict de l'OMS pour un air sain (35 µg/m<sup>3</sup>)
- ✗ Le Mali dans le top 10 des pays avec les concentrations de PM<sub>2.5</sub> les plus élevées

# 6. ■

État des  
observations de  
poussières en  
Afrique

# ÉTAT DES OBSERVATIONS DE POUSSIÈRES SUR L'AFRIQUE



# ÉTAT DES OBSERVATIONS DE POUSSIÈRES SUR L'AFRIQUE

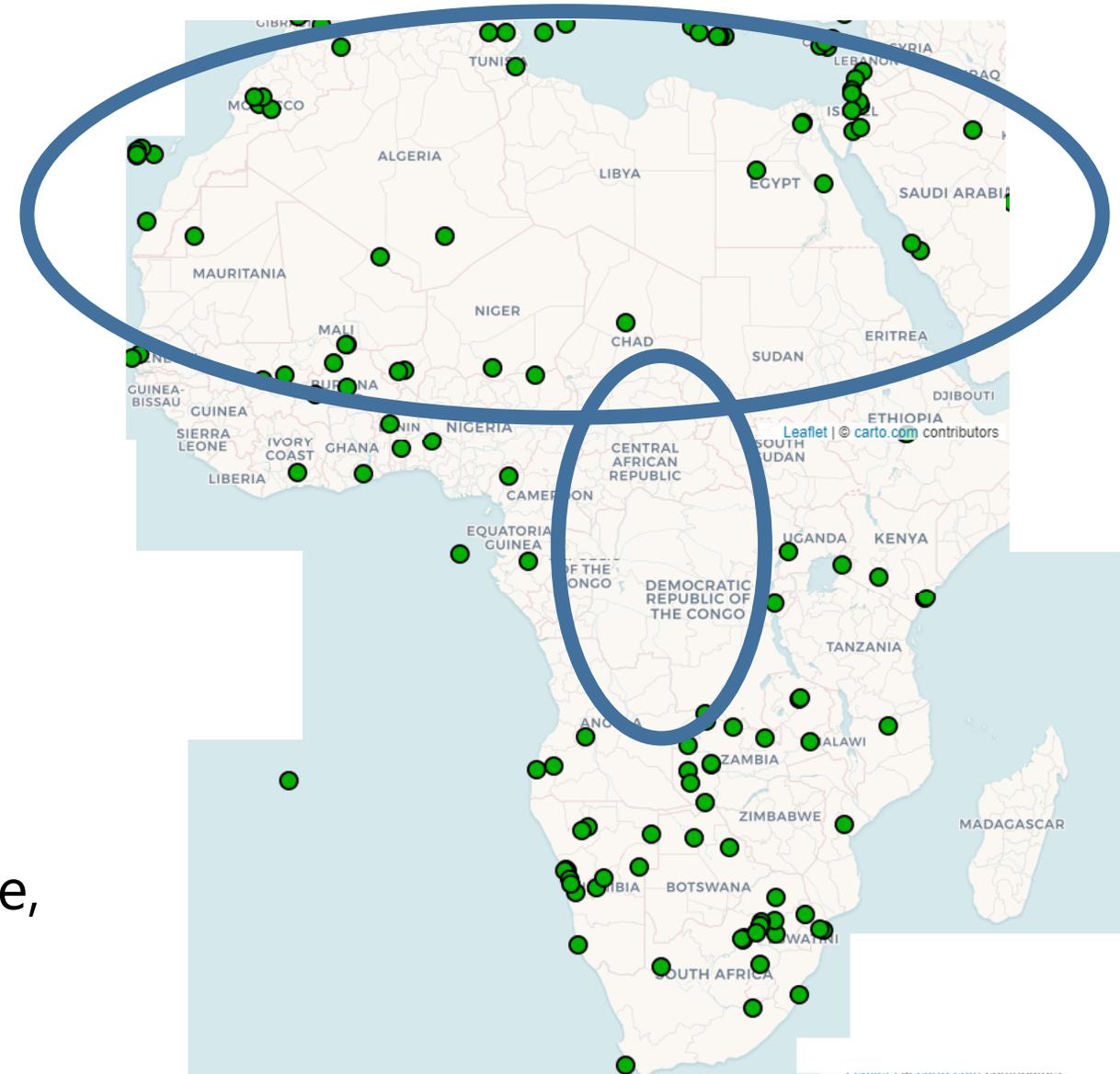
## AERONET au-dessus de l'Afrique



\*\* 100 stations sur le continent

\* Lacunes importantes sur la source de poussière la plus importante

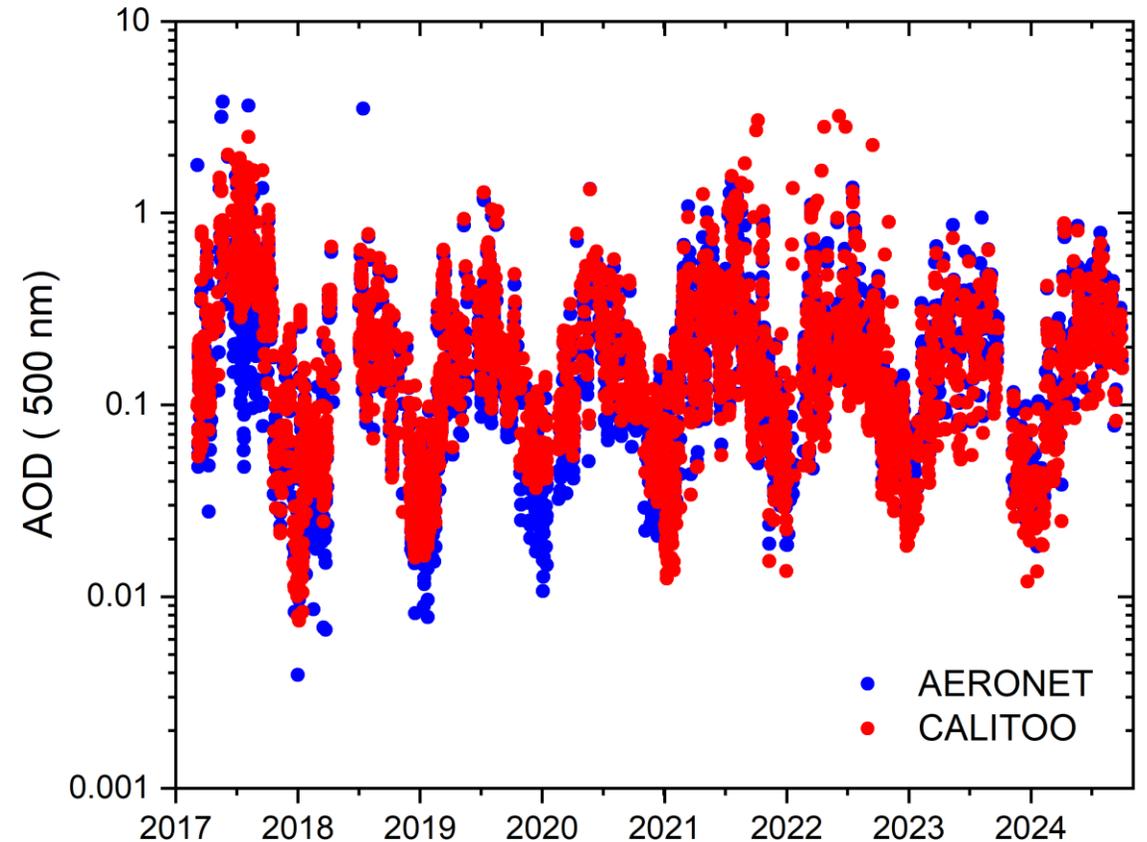
\*\* Actifs : Algérie, Maroc, Mali, Niger (x2), Tunisie, Senegal, Cameroon, Cape Verde, Egypte, Cote D'Ivoire, Ghana, Nigeria





# ÉTAT DES OBSERVATIONS DE POUSSIÈRES SUR L'AFRIQUE

## Tamanrasset (Algeria) GAW Global Station



RGM versus LCS!!

# ÉTAT DES OBSERVATIONS DE POUSSIÈRES SUR L'AFRIQUE

Tunis (Carthage), Egypt (Cairo, ?), Morocco (Ouazarzate, Atlas), Lybia (TBD), Chad??

En tant que centre d'étalonnage AERONET, nous proposons actuellement aux sites et opérateurs africains :

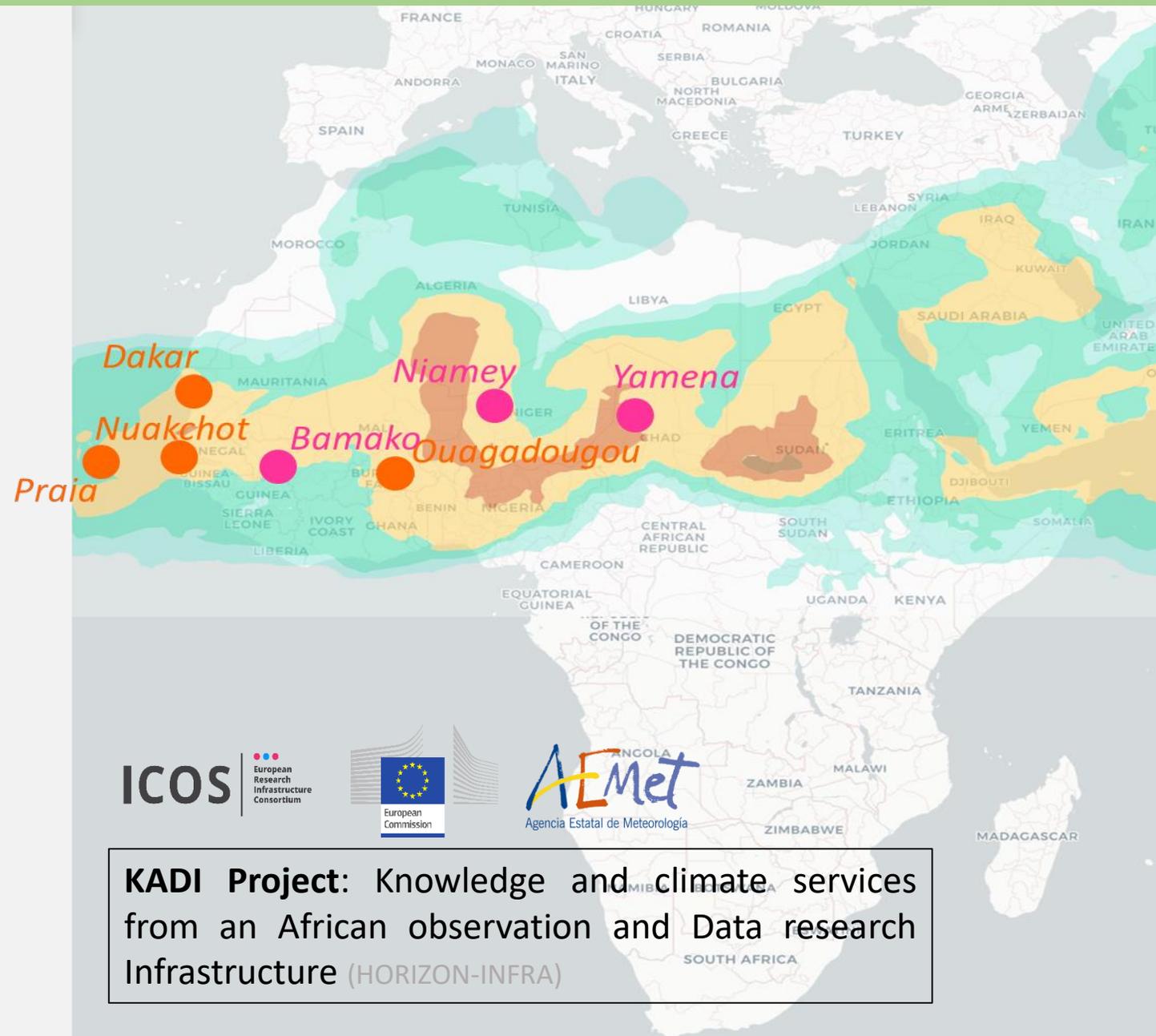
- Formation
- Étalonnage
- Support
- Ouvert pour combler les lacunes en Afrique !!



# ÉTAT DES OBSERVATIONS DE POUSSIÈRES SUR L'AFRIQUE



**CREWS & MAC-CLIMA Projects:** Training of personnel, development of new instrumentation and installation of climate monitoring systems in North Africa.



**KADI Project:** Knowledge and climate services from an African observation and Data research Infrastructure (HORIZON-INFRA)

# ÉTAT DES OBSERVATIONS DE POUSSIÈRES SUR L'AFRIQUE

N'OUBLIEZ PAS LE RÔLE IMPORTANT DES LCS (capteurs à faible coût) DANS LA SURVEILLANCE DES POUSSIÈRES/AÉROSOLS EN AFRIQUE





**Merci pour votre attention !!**

Vos commentaires: [abarretov@aemet.es](mailto:abarretov@aemet.es)