



# AIC TOULOUSE 2022

35<sup>ème</sup> colloque annuel  
de l'Association Internationale  
de Climatologie

## Emissions anthropiques, pollution de l'air et impact sanitaire en Afrique sub-saharienne

*Cathy Liousse (LAERO, Toulouse)*

*LAERO Toulouse : S. Keita, T. Doumbia, J.F. Léon, C. Granier, E. Gardrat, M. Dias-Alves, C. Galy-Lacaux, L. Roblou, F. Solmon, H. Cachier, J. Adon*

*LASMES Côte d'Ivoire : V. Yoboué, S. Gnamien, E. N'Datchoh Touré, E. Assamoï, J. Bahino, M. Doumbia, G. Ossouhou*

*Université Paris Diderot : A. Baeza-Squiban*

*Université de Montpellier : I. Annesi-Maesano*

*GET : S. Becerra, M. Belland, A. Bonnasieux*

*Université de Cotonou, Bénin : A. Akpo et J. Djossou*

*Institut Pasteur Cote d'Ivoire : K. Kouamé*

*Université de Douala, Douala, Cameroun : M. Ouafu*

*Xi'an Jiaotong University, China : H. Xu*

# Préambule



Afrique de l'Ouest est en proie à une augmentation peu régulée de ses sources anthropiques d'émissions polluantes

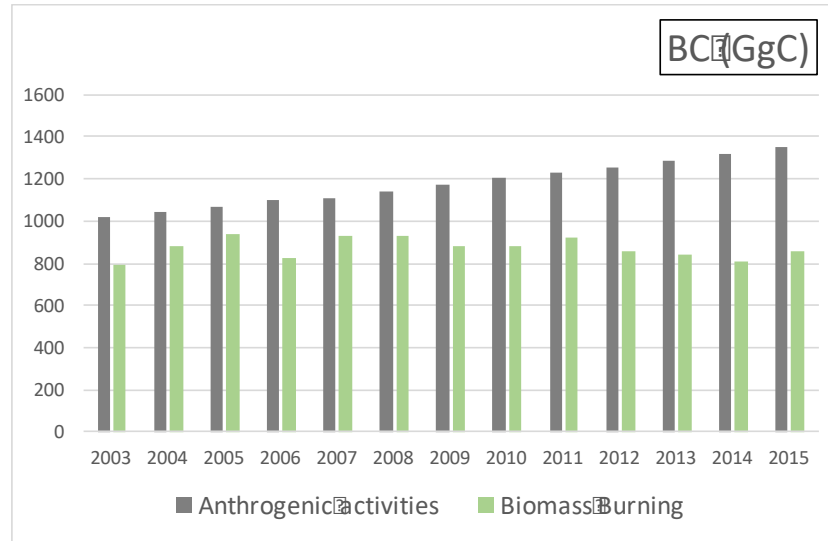
- ⇒ Dégradation préoccupante de la qualité de l'air de ses villes et de la santé de ses populations.
- ⇒ Mais cette thématique est très peu étudiée dans cette région du monde.

S'ajoutent aux pollutions urbaines, des pollutions régionales : poussières désertiques venant du Sahel et du Sahara et polluants émis par les feux de savane

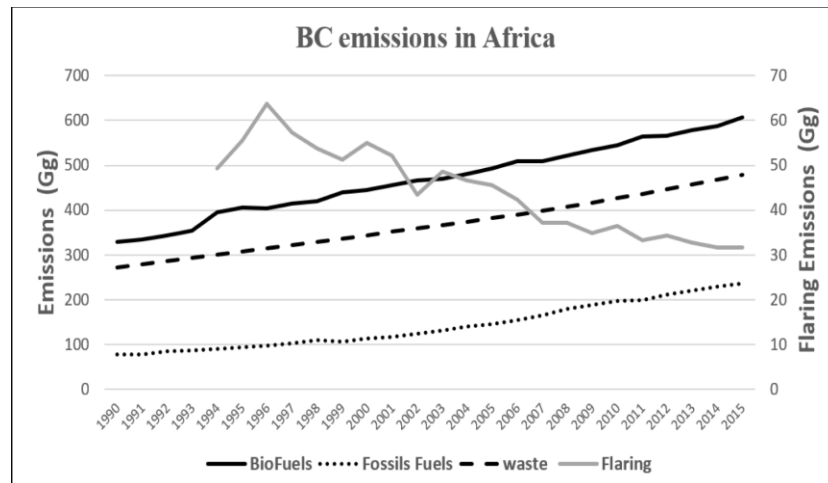
Depuis 2005 : avancées des connaissances grâce à des projets scientifiques portant sur ces questions à différentes échelles (de l'individu à l'échelle régionale).

**Les résultats présentés ici sont issus des projets pollution de l'air/santé POLCA, DACCIWA et PASMU, avec pour villes d'étude : Bamako (Mali), Dakar (Sénégal), Yaoundé (Cameroun), Abidjan (Côte d'Ivoire), Korhogo (Côte d'Ivoire) et Cotonou (Bénin).**

# (1) Contribution des différentes activités humaines sur les émissions de polluants atmosphériques en Afrique

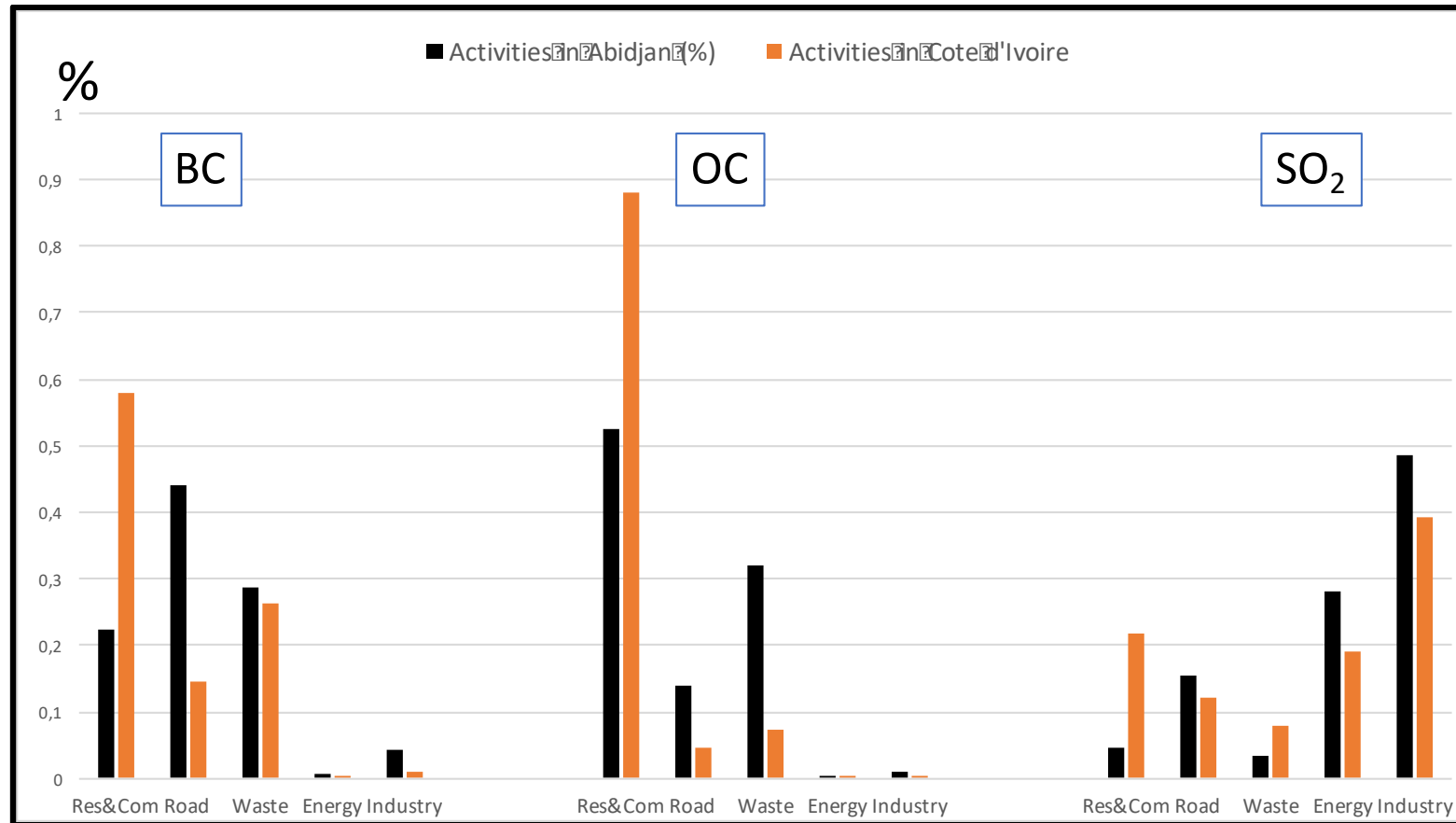


Augmentation des activités anthropiques



Feux domestiques > Déchets > Trafic

# (1) Contribution des différentes activités humaines sur les émissions de polluants atmosphériques en Côte d'Ivoire



## Dioxyde de soufre:

Importance des secteurs énergie et industrie

## Carbone organique :

A l'échelle de la Côte d'Ivoire et d'Abidjan :

Feux domestiques  
>Déchets>Trafic

## Carbone suie :

A l'échelle de la Côte d'Ivoire :

Feux domestiques  
>Déchets>Trafic

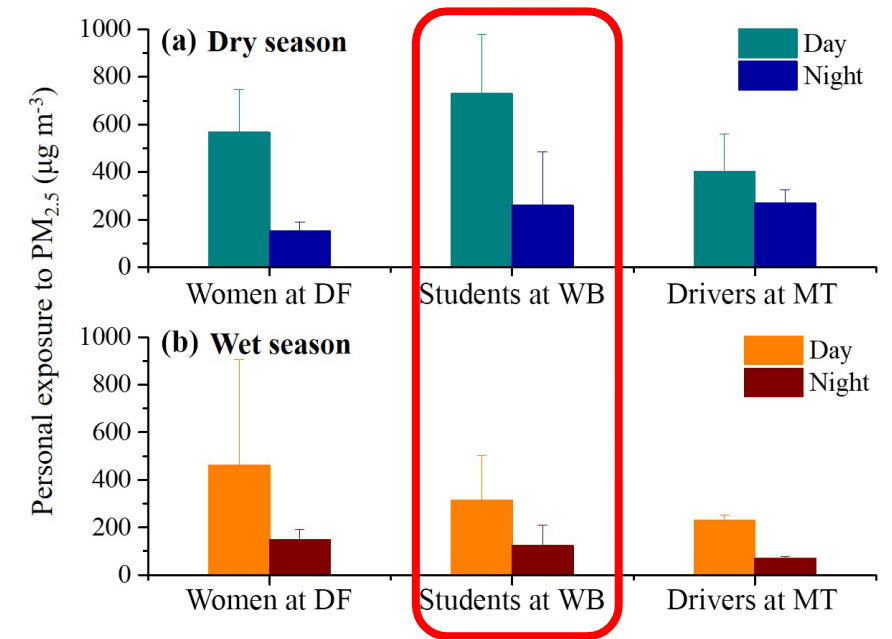
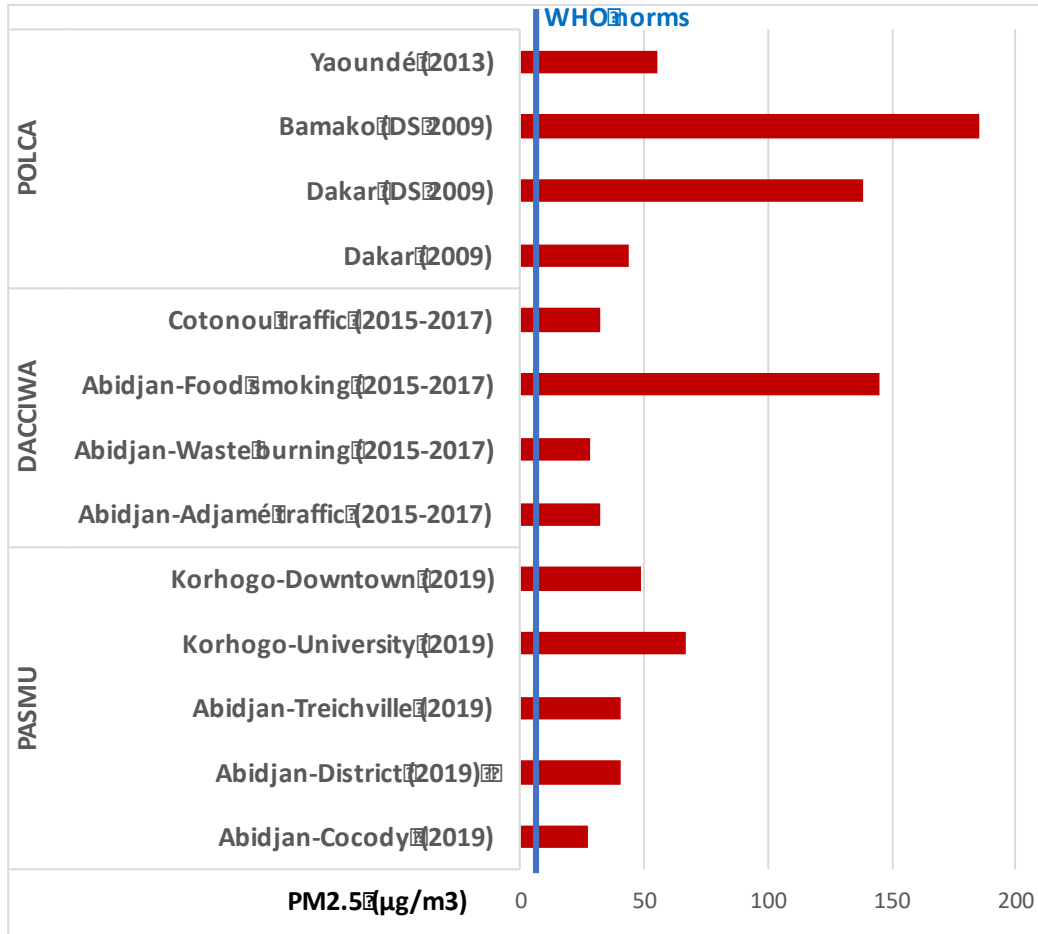
A l'échelle d'Abidjan :

Trafic>Déchets>Feux domestiques



(Keita et al., 2021, 2022, Gnamien et al., 2022)

## (2) Niveaux de concentration des polluants particulaires en zones urbaines 3 à 10 fois plus importants que les normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS)



Exposition personnelle en PM2.5 des étudiants proche du site “waste burning” : concentrations 10 plus importantes que sur site (Xu et al. 2019).

## CAMS GLOBAL REANALYSIS

[CAMS](#)[CMAQ](#)[PM2.5](#)[PM1](#)[PM10](#)[O3](#)[NO2](#)[SO2](#)[CO](#)[MAP](#)[TABLE](#)[CHART](#)[METADATA](#)[Levels](#)

2019 ▾

[Trends](#)

### PM<sub>2.5</sub> (ug/m<sup>3</sup>) [2019]



+

-

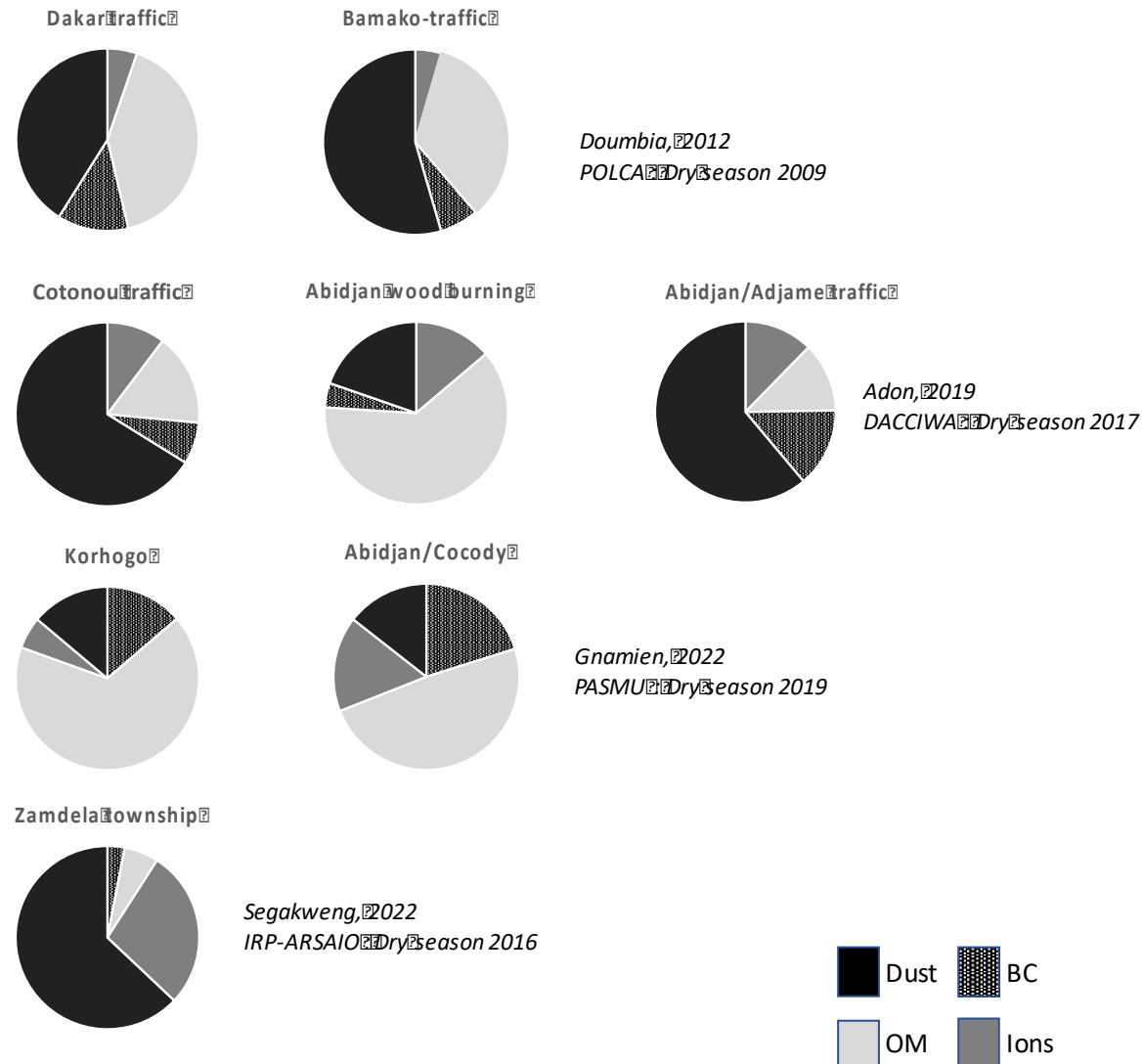
[f](#)[in](#)[t](#)

Développement d'un atlas de la qualité de l'air à partir des réanalyses CAMS (*Copernicus Atmosphere Monitoring Service*) :

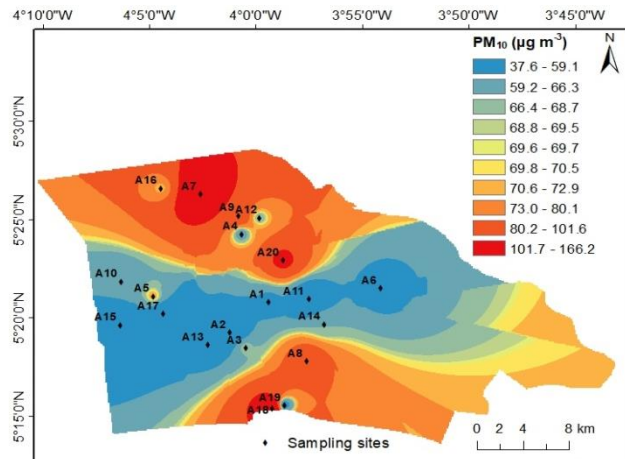
Voir poster n°198 (T. Doumbia)

Focus Afrique

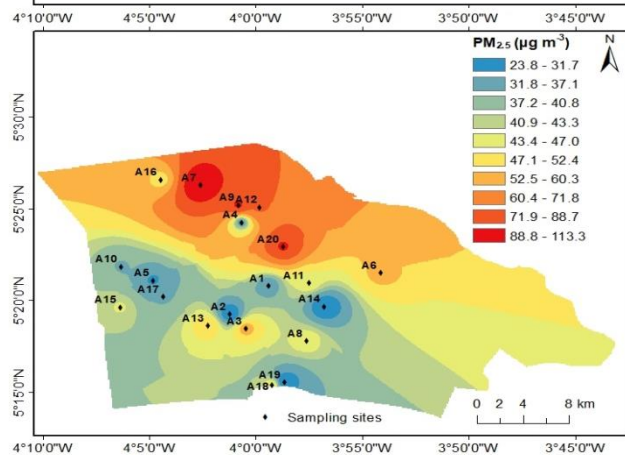
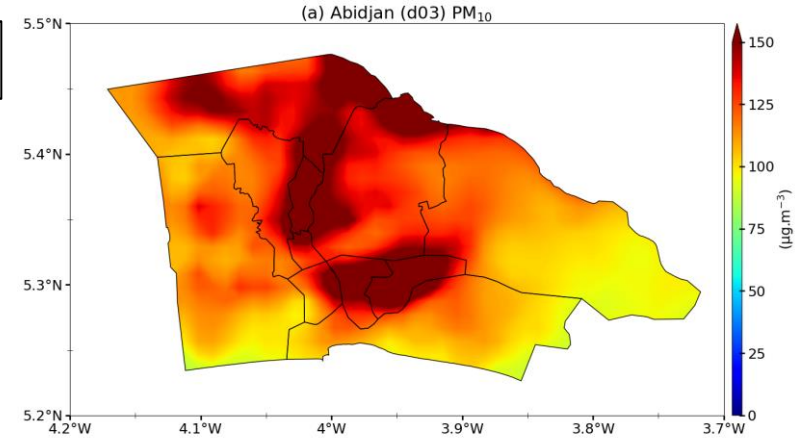
# (3) Prédominance du carbone organique et des poussières désertiques avec des variations saisonnières importantes



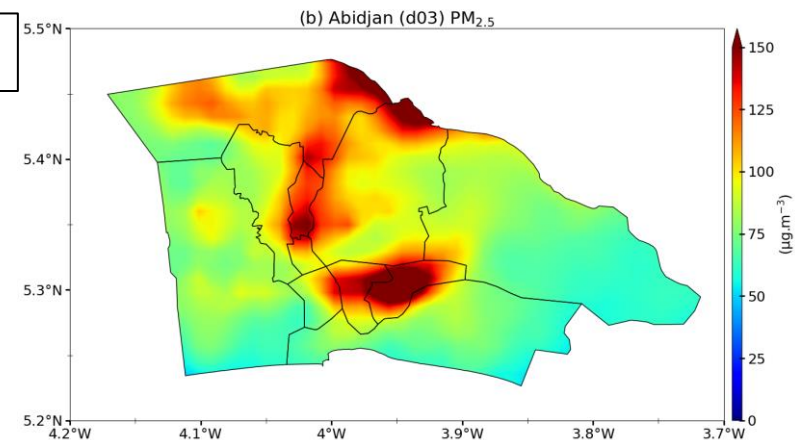
# (4) Importantes variations spatiales des concentrations particulaires à l'échelle de la ville



PM<sub>10</sub>



PM<sub>2.5</sub>

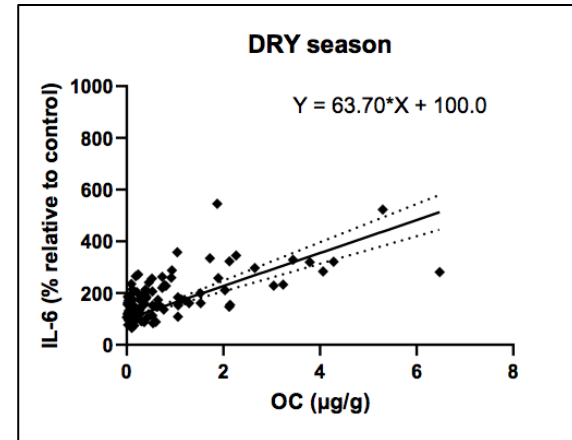
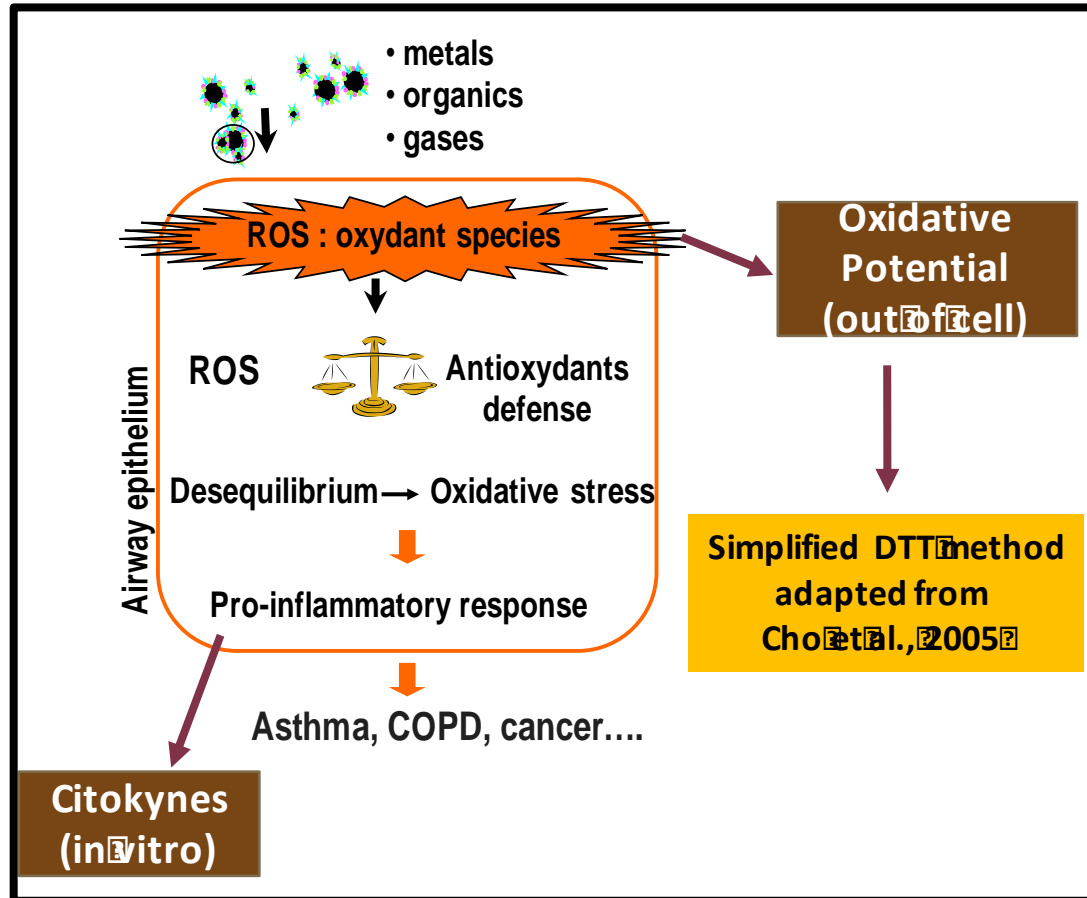


Mesures sur 20 sites à Abidjan  
(Gnamien et al., 2021)

Modélisation WRF-chem à Abidjan  
(PhD Gnamien 2022)



# (5) Impact pro-inflammatoire des aérosols est corrélé avec l'aérosol carboné

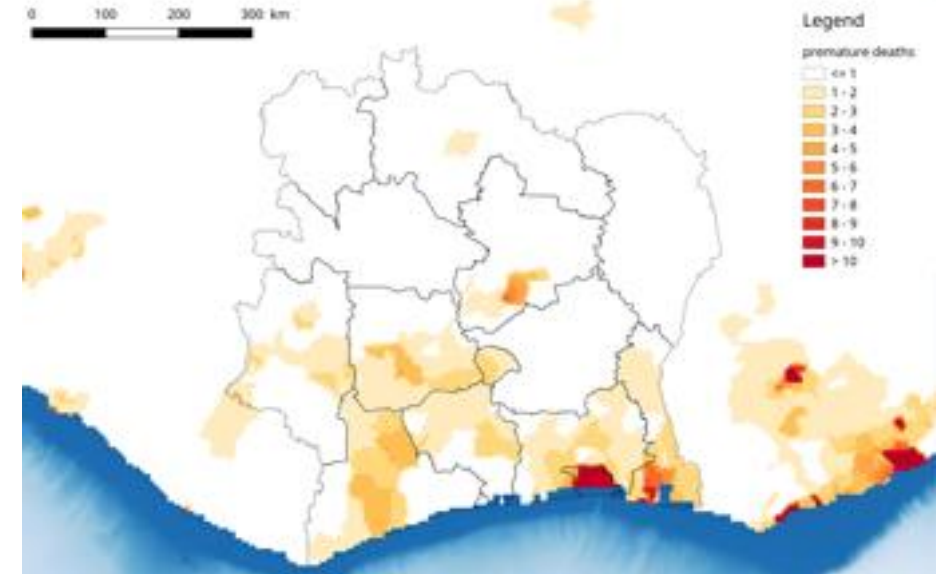
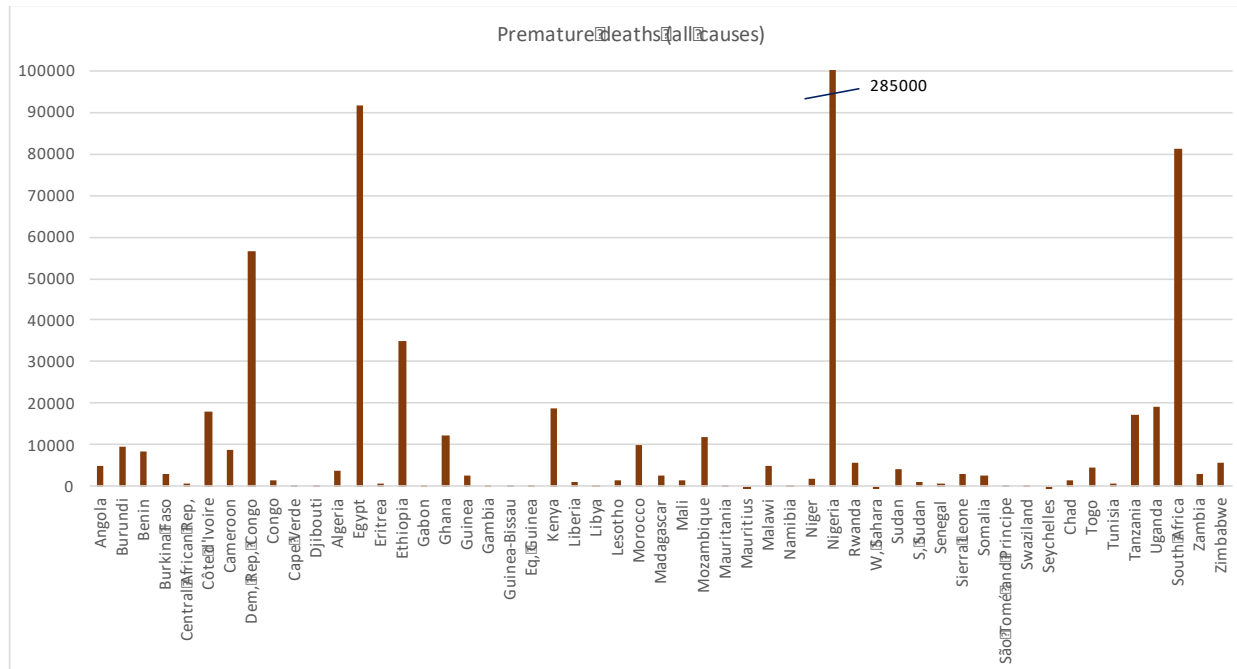


DACCIWA campaign  
 Tran et al., in prep.

Species/PM <sub>2.5</sub>	Abidjan		Korhogo	
	DTTm DS1 and DS2	DTTm HS1 and HS2	DTTm DS1 and DS2	DTTm HS1 and HS2
EC/PM <sub>2.5</sub>	0,37	0,76	0,57	0,81
OC/PM <sub>2.5</sub>	0,23	0,00	0,12	0,28
TC/PM <sub>2.5</sub>	0,35	0,61	0,26	0,55
CH <sub>3</sub> COO/PM <sub>2.5</sub>	-0,17	-0,38	-0,23	-0,14
HCOO/PM <sub>2.5</sub>	0,24	-0,19	-0,11	0,43
C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /PM <sub>2.5</sub>	0,20	0,39	-0,09	0,04
Cl/PM <sub>2.5</sub>	0,31	0,47	0,02	-0,06
NO <sub>3</sub> /PM <sub>2.5</sub>	0,65	-0,14	-0,03	0,34
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /PM <sub>2.5</sub>	0,63	-0,11	0,03	0,31
Na <sup>+</sup> /PM <sub>2.5</sub>	0,61	0,39	-0,19	0,22
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /PM <sub>2.5</sub>	0,54	0,15	0,13	0,36
K <sup>+</sup> /PM <sub>2.5</sub>	0,65	0,01	0,06	0,29
Mg <sup>2+</sup> /PM <sub>2.5</sub>	0,54	0,52	-0,12	0,06
Ca <sup>2+</sup> /PM <sub>2.5</sub>	0,42	0,42	-0,12	0,08

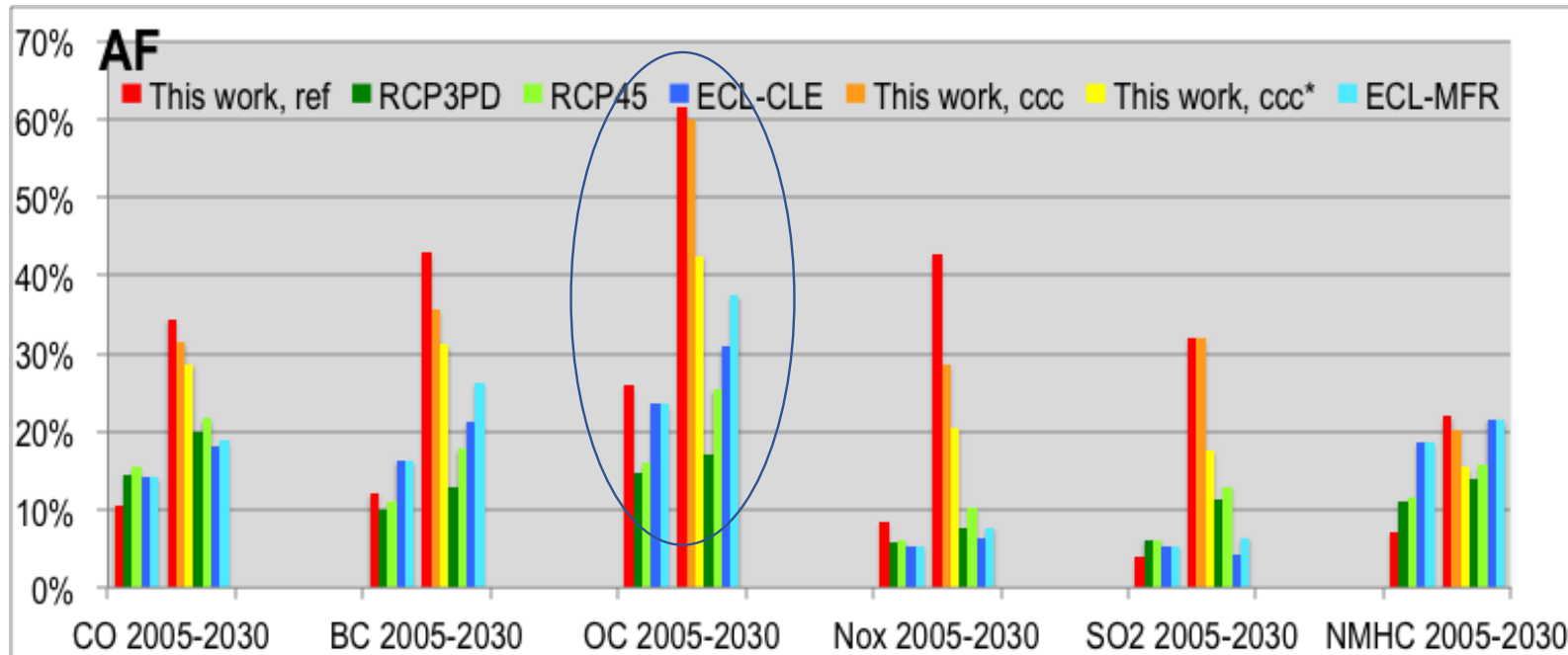
- Abidjan: Correlations with EC better in HS than DS and with WSI also
- Korhogo: Highest correlations with EC and TC (PhD Gnamien 2022)

# (6) Impacts des particules fines sur la santé des populations : 1 million de décès potentiels en Afrique



DACCIWA results : N'Datchoh et al., in prep., from RegCM anthropogenic PM2.5 modeling.  
In agreement with data given by Lelieveld et al., 2020 and by WHO.

# (8) Et demain? Emissions anthropiques en 2030 en Afrique



Inventaire d'émissions anthropiques (trafic, feux domestiques, brûlage des déchets, industries, centrales thermiques ...)

*2030 : scénario BAU*

*2030 ccc\* : Kyoto + réduction des émissions trafic et résidentielles*

*Liousse et al., 2014*

**Si aucune mesure n'est prise, les émissions africaines de OC représenteront 60% des émissions mondiales**

**Emissions x4 => OCx4 en zones urbaines et OCx2.5 en zones rurales (RegCM modeling)**

**Emissions /2 => nombre de décès potentiels /3 (RegCM modeling)**

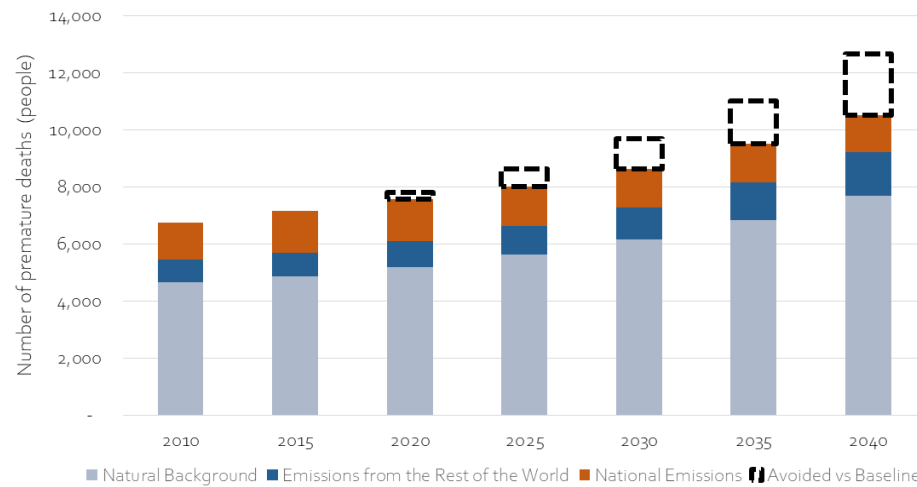
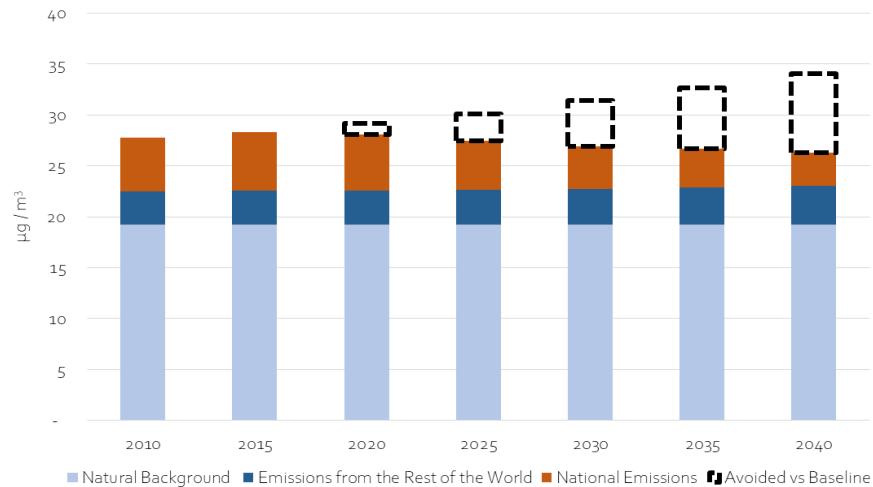
(9) Importance des efforts de réduction des émissions prévus dans les *Contributions Déterminées au niveau National* (CDN) de la Côte d'Ivoire sur la qualité de l'air et ses impacts.

16 mesures prioritaires ont été identifiées dans 5 secteurs:

- Energies domestiques
- Transport,
- Déchets,
- Agriculture,
- Pétrole & Gaz

MEASURES	SECTORS	STATE OF IMPLEMENTATION
M1 – Promotion des foyers améliorés; M2 - Substitution de la biomasse par le gaz; M3 - Promotion des équipements d'éclairage propre	Energies Domestiques	Mesures Additionnelles SLCP <b>Mesures et politiques en cours</b> <b>Mesures et politiques en cours</b>
M4 – Renouvellement progressif du parc automobile M5 – Promotion d'un Diesel propre (10 ppm Diesel Soufre) M6 – Transition vers des combustibles propres (électricité, gaz)	Transport	<b>Mesures et politiques en cours</b> Mesures Additionnelles SLCP Mesures Additionnelles SLCP
M7 – Suppression du brûlage à ciel ouvert des déchets M9 – Mise en place de décharges modernes (CVET) M10 - Mise en œuvre du tri-sélectif des déchets M11 – Récupération du méthane des décharges M12 – Amélioration de la gestion des eaux usées	Déchets	Mesures Additionnelles SLCP <b>Mesures et politiques en cours</b> Mesures Additionnelles SLCP Mesures Additionnelles SLCP Mesures Additionnelles SLCP
M8 – Réduction du brûlage des résidus M13 - Aération Intermittente des Rizières M14 - Contrôle du méthane provenant du bétail	Agriculture	Mesures Additionnelles SLCP Mesures Additionnelles SLCP Mesures Additionnelles SLCP
M15 – Récupération du méthane ds la production gaz et pétrole M16 - Réduction des fuites lors du transport du gaz naturel	Pétrole & Gaz	Mesures Additionnelles SLCP Mesures Additionnelles SLCP

# (9) Importance des efforts de réduction des émissions prévus dans les *Contributions Déterminées au niveau National* (CDN) de la Côte d'Ivoire sur la qualité de l'air et ses impacts.



- 45% de réduction des concentration de PM2.5 due aux émissions nationales en 2030 et 74% en 2040
- 10% (1,100 personnes) de décès prématurés dus à l'exposition aux PM2.5 évités à l'horizon 2030 et plus de 18% (2,200 personnes) à l'horizon 2040

=> La mise en place de ces actions pour être efficace ne peut se faire sans le concours des populations

# (10) La vulnérabilité des populations à la pollution de l'air très marquée par les inégalités sociales

	RCI (out of 16)	Emission Factor (Total particulate matter) g/kg
Dump workers	8.73	88
Lubafrique's smokers	9.42	55
Adjamé's Taxi drivers	10.21	53

RCI inversement proportionnel aux émissions

Lien fort entre exposition personnelle et IRC  
(temps d'exposition, distance à la source)

*Variabilité du RCI liée au statut des personnes dans leur activité (statut précaire => faible ICR => grande vulnérabilité)*

## Calcul d'indices de culture du risque (RCI)



(Becerra et al., 2020, Living with" air pollution in Abidjan (Cote d'Ivoire): a study of risk culture and silent suffering..)

Composition du RCI des travailleurs sur le site déchets en fonction de leur statut



# CONCLUSION

- Importance de la réduction des émissions ou des changement d'outils sur la qualité de l'air et la composition chimique des aérosols
- Impact sur la santé des populations et sur le climat
- Mise en place de ces actions ne peut se faire qu'en concertation des populations et des pouvoirs publics
- *Nouveau programme de recherche interdisciplinaire **APIMAMA** : étudier l'impact de différents scénarios d'émissions liés au trafic et à l'ensemble des autres sources (domestique, déchets, industries ...) sur la qualité de l'air et la santé des populations à Abidjan. Ces scénarios seront établis en fonction de leurs performances environnementales et sociales, en lien avec les politiques d'action publique et la société civile. Des mesures sur des groupes de femmes (exposition personnelle, entretiens, santé) seront également réalisées pour l'étude de la source feu domestique et commerciale.*



**MERCI POUR VOTRE ATTENTION !**





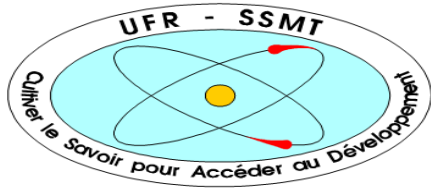
Ministère de l'Enseignement  
Supérieur et de la  
Recherche Scientifique



Institut de Recherche  
pour le Développement  
FRANCE



université  
**PARIS  
DIDEROT**  
PARIS 7



**anr**<sup>®</sup>



Institut Pasteur de Côte d'Ivoire



Laboratoire des Sciences de la Matière de  
l'Environnement et de l'Energie Solaire