

## Brouillard et pollution atmosphérique à Lyon



*Florent Renard et Kenji Fujiki*

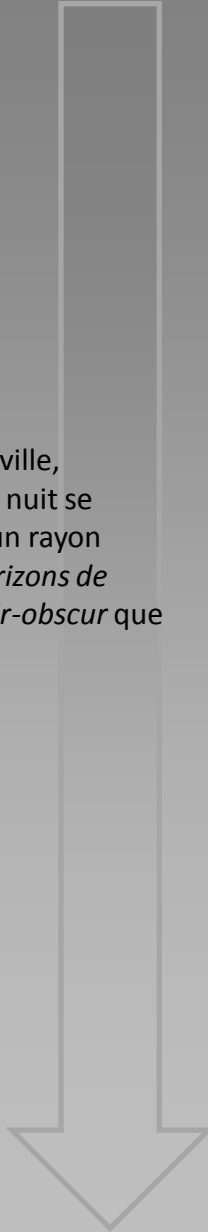
# Lyon, capitale de la gastronomie et des brouillards ?



## La réputation de Lyon à travers la littérature

- Vers **450** : « Tu me félicites de mon séjour à Rome, mais toutefois d'un ton facétieux et railleur. Tu te réjouis, dis-tu, de ce que ton intime ami *peut voir enfin le soleil* à son aise, lui qui a joui si rarement de sa vue, tant qu'il n'a bu que les eaux de la Saône. Car, tu me parles ironiquement du *ciel nébuleux* de mes Lyonnais, et tu te plains de ce que la *chaleur du midi éclaire à peine le jour voilé* sous les brouillards du matin » (**Sidoine Appolinaire**)
- **1756** : « il n'est peut-être point de climat en Europe où ils soient plus *fréquents* et *plus épais* qu'à Lyon » (**Alléon-Dulac**, 1765)
- **1838** : « Lyon est le pays de la boue noire et des *brouillards épais*, cent fois plus que Paris (...). A Lyon, un brouillard épais règne deux fois la semaine pendant six mois : alors *tout paraît noir* ; on n'y voit *pas à dix pas* de soi » (**Stendhal**, 1838)
- **1861** : « les choses ne se réfléchissent qu'à travers un *milliers de vapeurs* » (**Baudelaire**, 1861)
- **1897** : Lyon a un « ciel *toujours voilé* » (**Taine**, 1897)
- **1898** : « avant la houille et les hautes cheminées industrielles, il n'y avait pas de fumées et pourtant les brouillards étaient déjà *légendaires* » (**Vingtrinier**, 1898)
- **1898** : « Si nous parcourons les milliers de pages écrites sur Lyon dans tous les temps, nous y verrons revenir comme un refrain l'épithète de *ville du brouillard* » (**Vingtrinier**, 1898)
- **1898** : « n'est-il pas curieux de voir, déjà sous l'**Empire romain**, les lettres du Midi cribler d'épigrammes nos *Gallos-Romains de Lugdunum*, pour leur *pesanteur d'esprit* et leur provincialisme, qu'ils attribuaient aux *brouillards qui enveloppaient leur ville* ? » (**Vingtrinier**, 1898)

- **1913** : « prive de l'action bienfaisante du soleil » (**Onofrio**, 1913)
- **1931** : « l'apparition fréquente de phénomènes de ce genre est de notoriété publique » (**Allix** , 1931)
- **1949** : « la mauvaise réputation du climat de Lyon est bien établie » (**Josserand**, 1949)
- **1954** : « un monde *confus*, peuplé de spectres familiers [...]. C'était le temps du brouillard : dès octobre il s'établissait sur la ville, *comblant le vide* des rues et des places, *voilant les collines*, *amortissant les bruits*, *emprisonnant les êtres* [...]. Grâce à lui, la nuit se prolongeait *jusqu'au milieu du matin* ; au début de l'après-midi seulement, l'univers vapoureux, pour une heure, s'éclairait : un rayon fugitif tombait sur les squares, où le bronze des statues luisait de *sueur froide*, et sur les fleuves coulant vers d'invisibles *horizons de lumière*. Puis l'obscurité revenait : chacune de ces journées ressemblait à celle qui l'avait précédée. *Monotonie noire ou clair-obscur* que troublait parfois une éclaircie » (**Reverzy**, 1954)



## Des problèmes de circulation

- **1933** : « En **1894-1900**, le brouillard très dense rend la circulation en ville bien difficile » (**Limb**, 1933)
  - **1913** : *visibilité réduite* avec parfois un plafond *plus bas que les ponts et les quais*, à l'origine de *plusieurs naufrages*. Il conduit souvent à *stopper* le service des bateaux mouches de Perrache au pont de la Feuillée (**Onofrio**, 1913)
  - **1932** : le brouillard est « pour la navigation aérienne un des dangers les plus redoutables » (**Favrot**, 1932)
- ❖ **14 décembre 1848** : voiture attelée plonge dans le Rhône avec monture et passagers (**Le Censeur**, 1848)

N° 4593. Vendredi 15 Décembre 1848.

**LE CENSEUR,**  
JOURNAL DE LYON.

**LE CENSEUR** paraît tous les jours. — Il donne les nouvelles **VINGT-QUATRE HEURES** avant les journaux de Paris.

**PRIX DE L'ABONNEMENT :**  
Tous les abonnements se paient d'avance.  
En an. Six mois. Trois mois.  
36 f. 18 f. 9 f.  
nous ne répondons de rien.  
En em. Six mois. Trois mois.  
40 f. 20 f. 10 f.

Un numéro : 10 c. — Annonces : 25 c. la ligne.

**LE CENSEUR** accepte gratuitement les Articles signés avant un bot d'auteur, publie Les Manuscrits non admis ne seront pas rendus.

**LYON**

A LYON, au Bureau du Journal, rue des Célestins, n° 6, au 1<sup>er</sup>.  
A PARIS, chez MM. LEJOLIVET et C<sup>o</sup>, directeurs de l'Office «Correspondance», rue Notre-Dame-des-Victoires, n° 46, et chez M. DELAIRE, rue Jean-Jacques-Rousseau, n° 3.

Les Lettres et Envois concernant la rédaction doivent être adressés, francs de port, à M. KAUFFMANN, Rédacteur en chef du Journal.

### Chronique.

Hier au soir, sur les cinq heures et demie, une voiture bourgeoise attelée de deux chevaux est tombée dans le Rhône à la hauteur de la prison Saint-Joseph. L'épais brouillard qui obscurcissait les rives du fleuve a été cause de cet accident. Les deux chevaux sont morts ; le laquais a eu le temps de sauter à terre ; le cocher s'est foulé le poignet. Un monsieur et une dame qui se trouvaient dans l'intérieur de la voiture en ont été heureusement quittes pour la peur ; de prompts secours les ont sauvés.

- ❖ **21 décembre 1976** : bus perdu dans le brouillard qui tombe d'un quai du port Edouard-Herriot, 14 victimes
- ❖ **19 janvier 1982** : collision en chaîne sur l'A7, 5 victimes et 53 blessés



- **1932** : le brouillard « *prend à la gorge* » (Allix, 1932)
- catastrophe vallée de la Meuse en amont de Liège des 4 et 5 décembre 1930 (« plusieurs centaines de malades et une soixantaine de morts en deux jours » ; Allix, 1932)

⇒ nombreuses inquiétudes : « une **catastrophe analogue** à celle de Liège est donc théoriquement **possible** à Lyon » (Allix, 1932)

⇒ études climatologiques et médicales sur le territoire lyonnais : « associer les données de la météorologie à des analyses chimiques et bactériologiques, pour des fins d'urbanisme pratique » (Allix, 1931)

- **1931** : constitution d'une **commission de spécialistes pour l'étude des brouillards**, à l'initiative du conseil municipal de Lyon
- **1946** : Professeur Piéry de la Faculté de médecine de Lyon, ouvrage en quatre volumes consacré au « climat de Lyon »

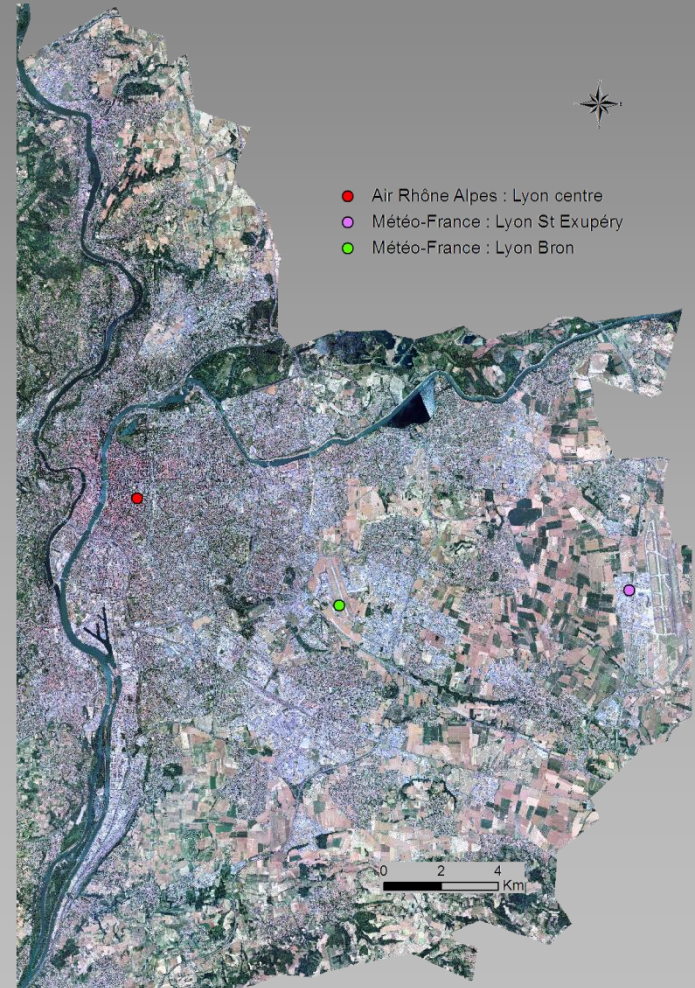
*Dernier tome* « maladies spécifiquement lyonnaises dues au froid et à l'humidité : rhumatismes, affections naso-pharyngées et pulmonaires » (Josserand, 1949)



# 1. Le brouillard Lyonnais : une tendance globale à la baisse

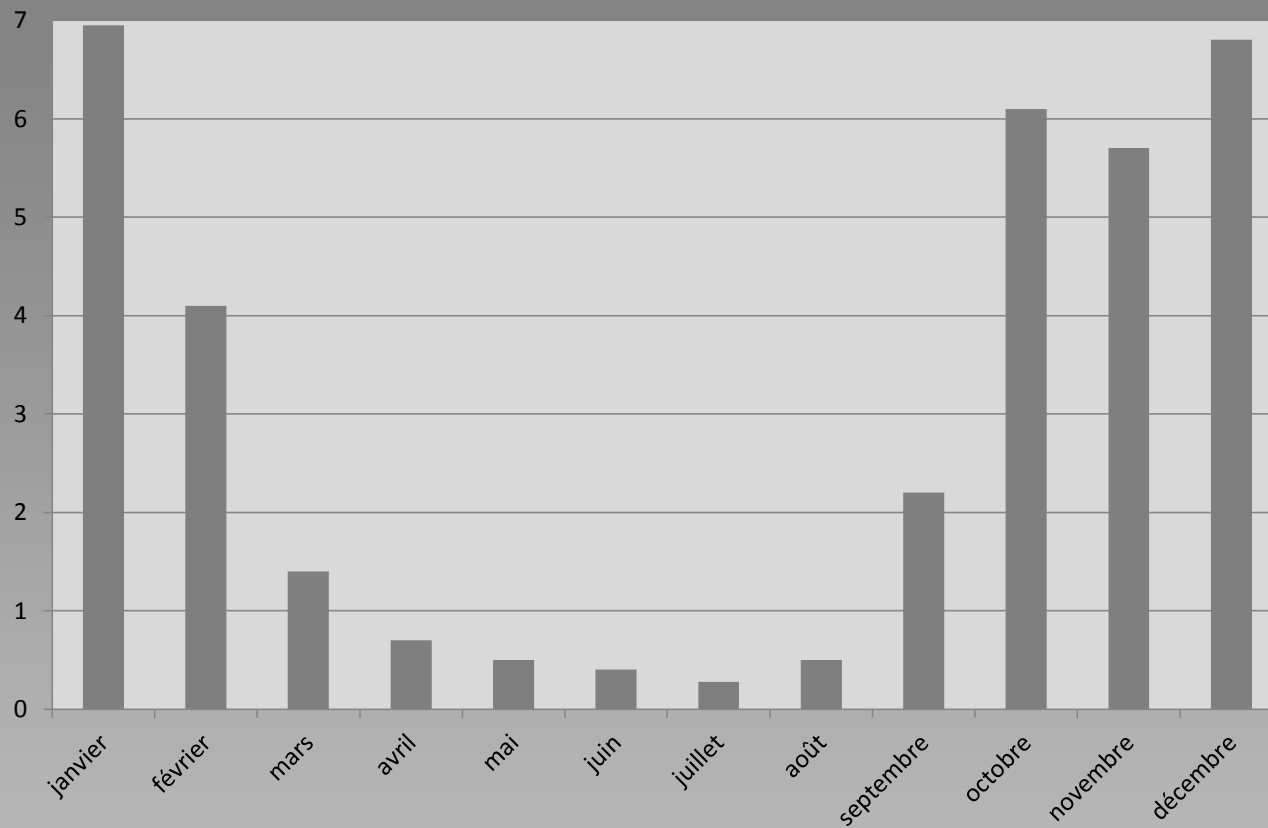
## 1.1 Postes de mesure et séries chronologiques

- **Visibilité horizontale** est strictement inférieure à 1000 mètres, entre 00 UTC et 23:59 UTC
- **Séries :** 1921 – 2015  
1976 – 2015
- **Stations :** Météo-France Lyon – Bron  
Météo-France Lyon – Saint Exupéry
- **Mesure :** Observateur  
Diffusomètre (DF320 - 09/05/2007 et 24/11/2008)

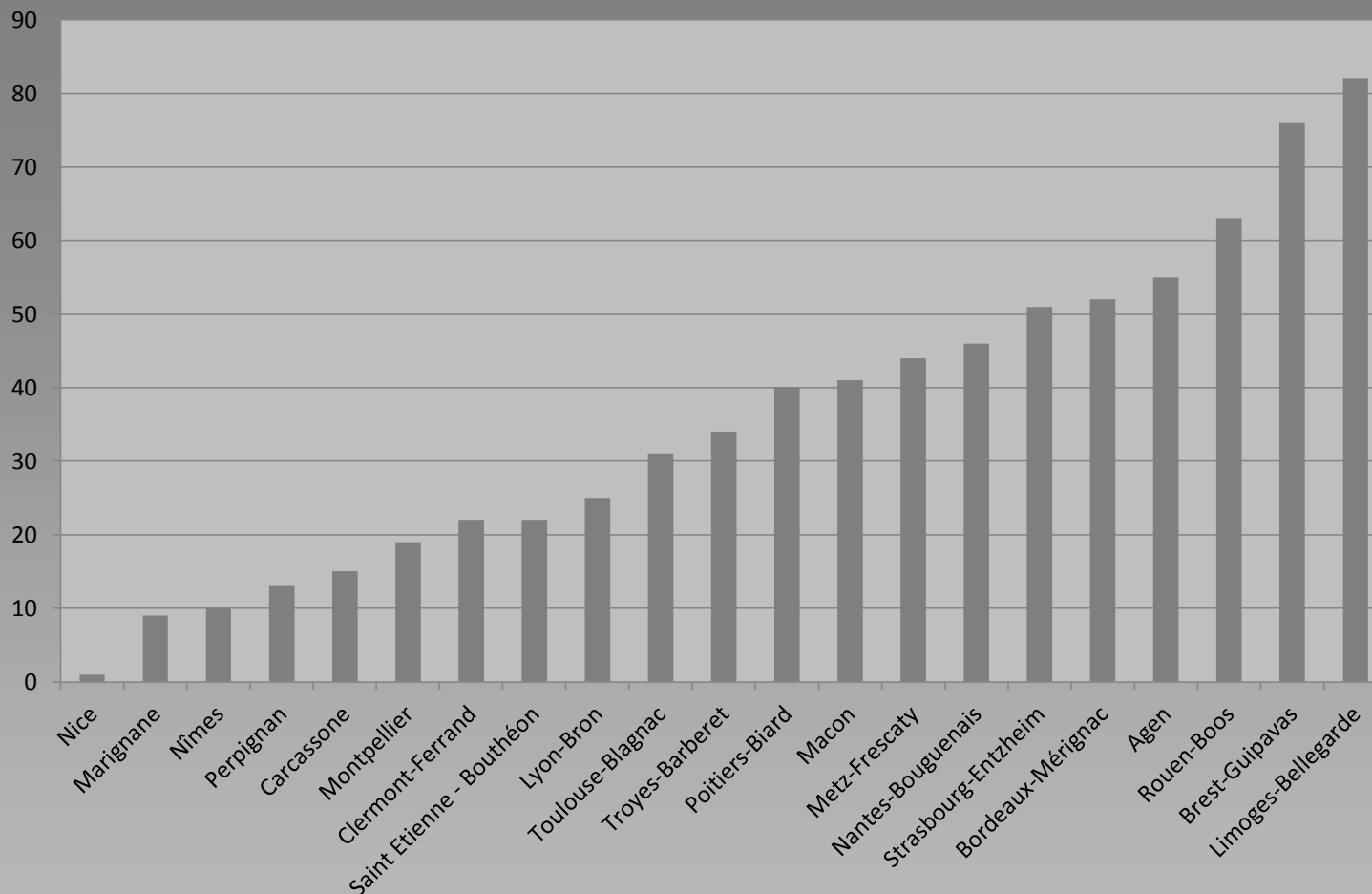


*Stations de mesures Météo-France et Air Rhône-Alpes*

## 1.2 Lyon, capitale du brouillard ?



*Nombre mensuel moyen de jours de brouillard à Lyon-Bron (1921-2015)*

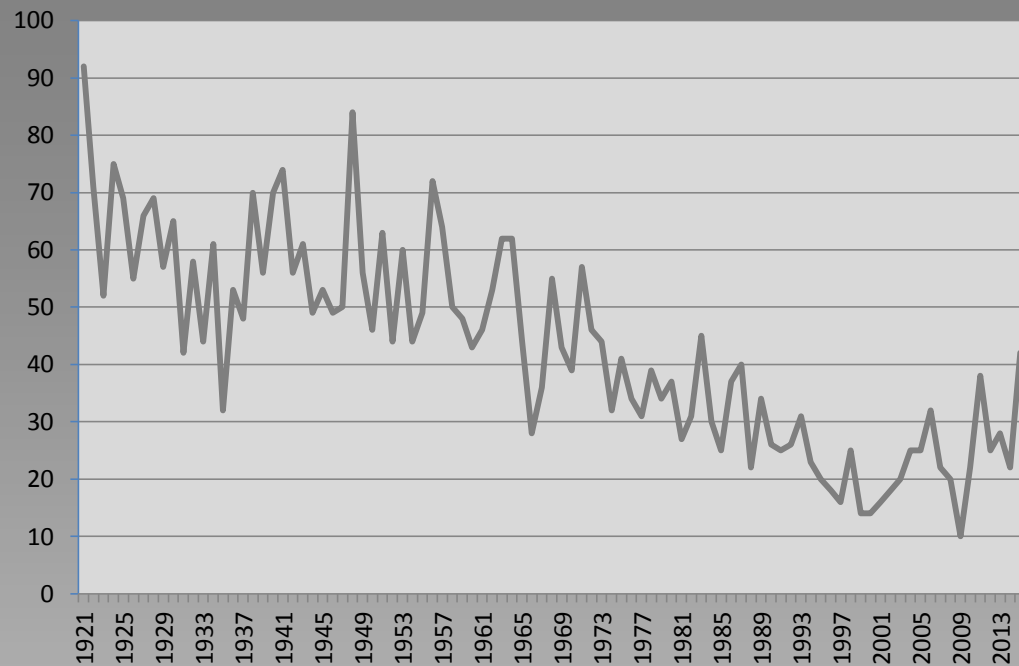


*Nombre annuel de jours de brouillards par ville en France (1981-2010 ; source : Météo-France)*

Lyon « n’a jamais été, comme beaucoup l’ont pensé, la **capitale française** du brouillard » (Comby, 1997)

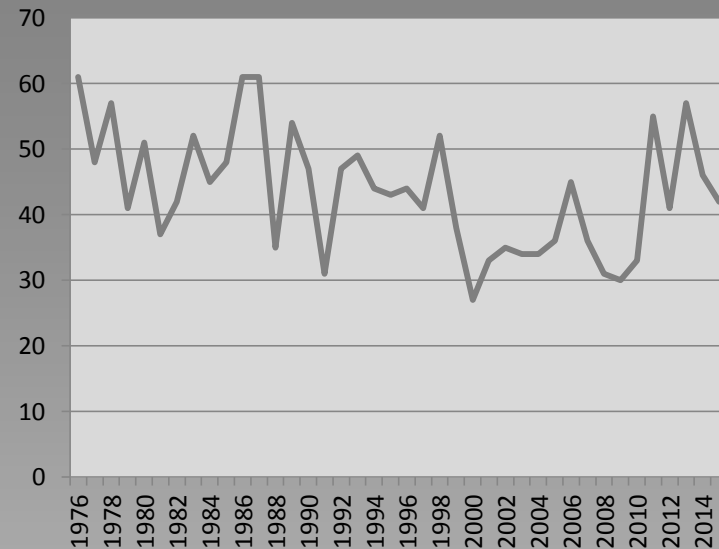


### 1.3 Une tendance généralisée à la baisse



Nombre annuel de jours de brouillard à Lyon-Bron (1921-2015)

Kendall's  $\tau = -0,65$  ; p-value < 0,0001, Sen's slope = -0,55

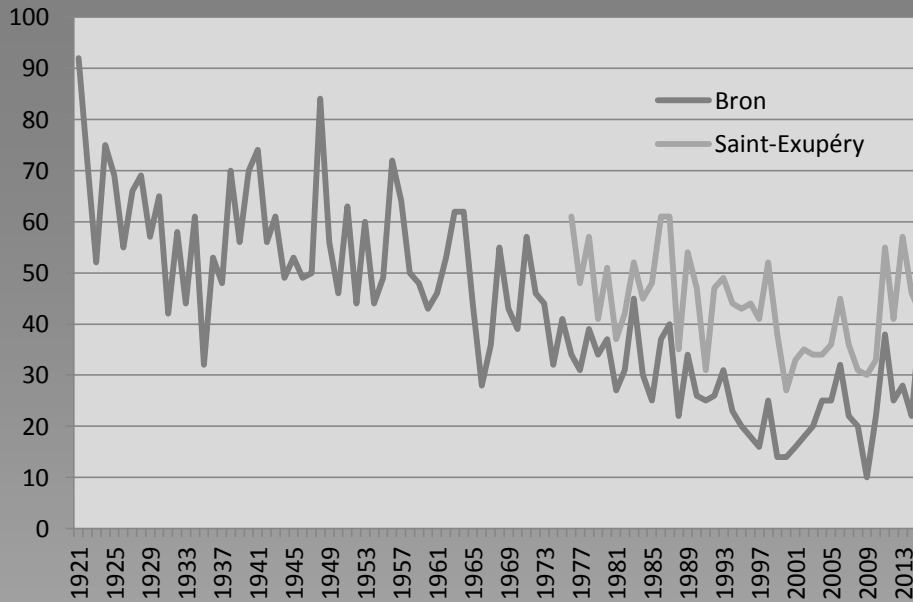


Nombre annuel de jours de brouillard à Lyon - St Exupéry (1921-2015)

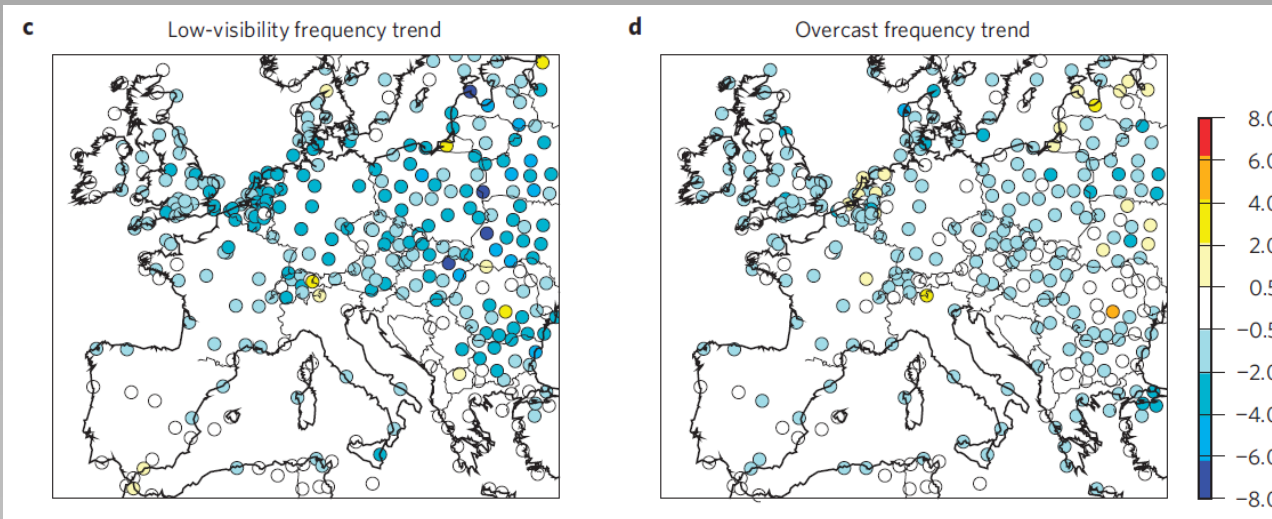
Kendall's  $\tau = -0,69$ , p-value = 0,004, Sen's slope = -0,37

« les observateurs qui connaissent Lyon depuis longtemps sont unanimes à dire que depuis un quart de siècle le brouillard a **considérablement diminué** à l'intérieur de la ville, en **fréquence**, en **intensité**, en **épaisseur** » (Allix, 1933)

➔ **tendance constatée** dans toute l'Europe de l'Ouest et l'Europe Centrale

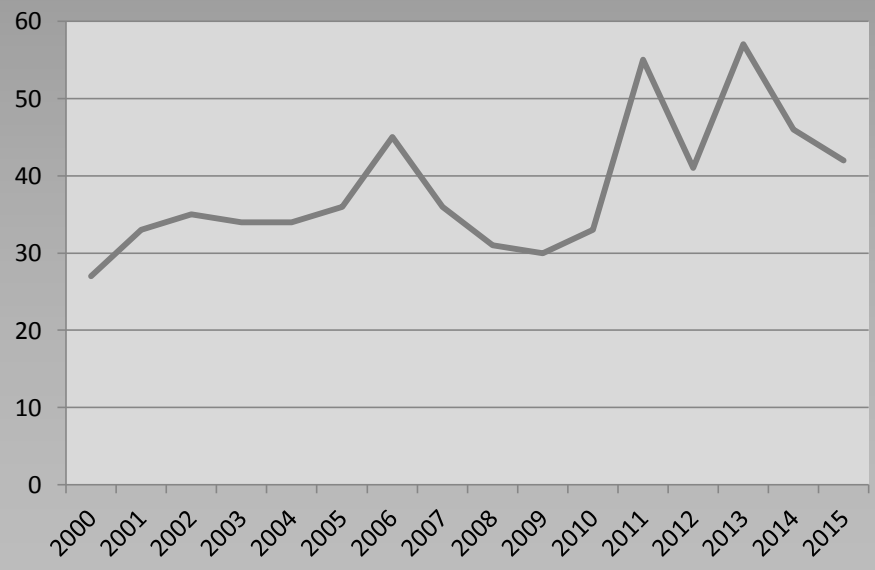
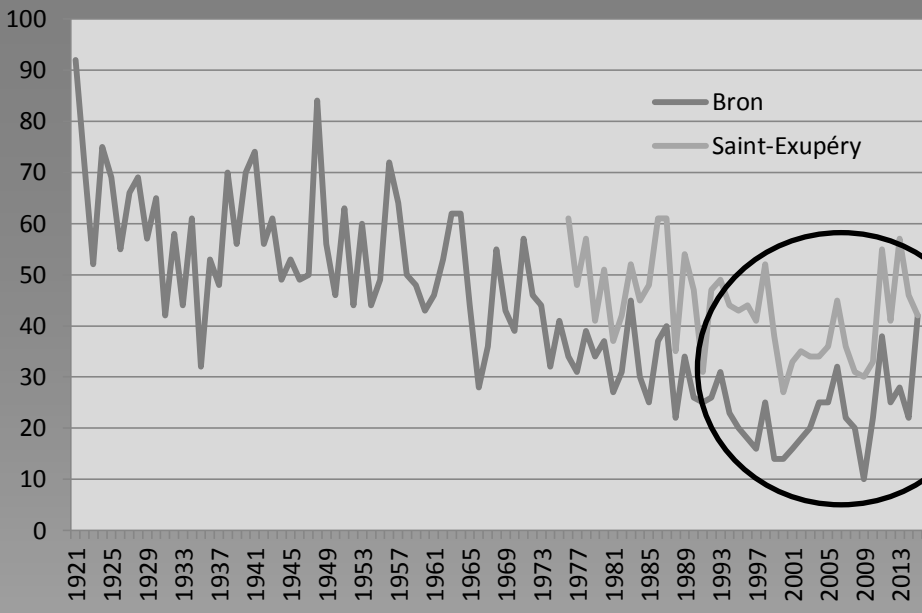


*Nombre annuel de jours de brouillard à Lyon-Bron et Lyon - St Exupéry*



*Tendances (jours/an) des jours à faible visibilité (gauche) et des jours couverts (droite) (in Vautard, 2009)*

# 1.4 Une remontée depuis la fin du XX<sup>ème</sup> ?



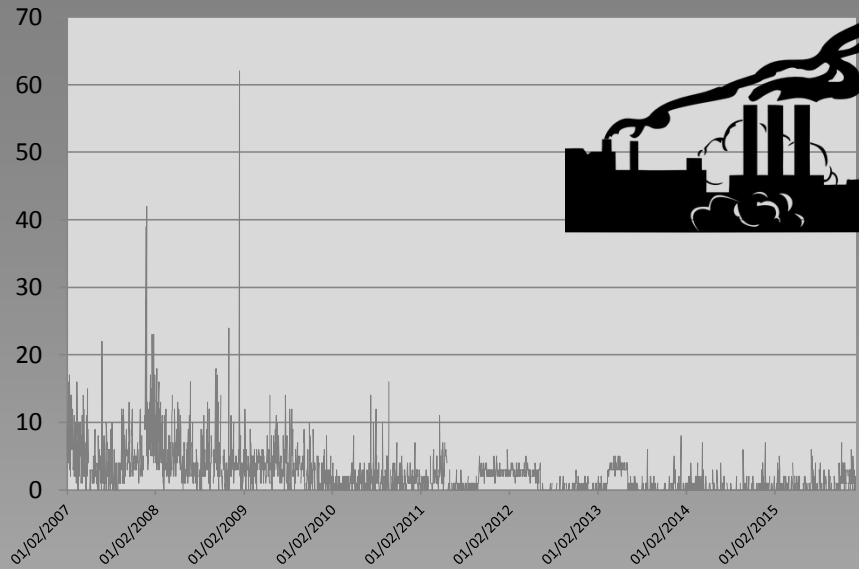
Nombre annuel de jours de brouillard à Lyon-Bron (gauche) et Lyon - St Exupéry (droite)

Lyon-Bron :  $\tau$  de Kendall = 0,51 ;  $\alpha$  = 0,05 ; p-value = 0,03  
 Lyon-St Exupéry :  $\tau$  de Kendall = 0,48 ;  $\alpha$  = 0,05 ; p-value = 0,009

## 2. Diminution du brouillard : plusieurs raisons complémentaires

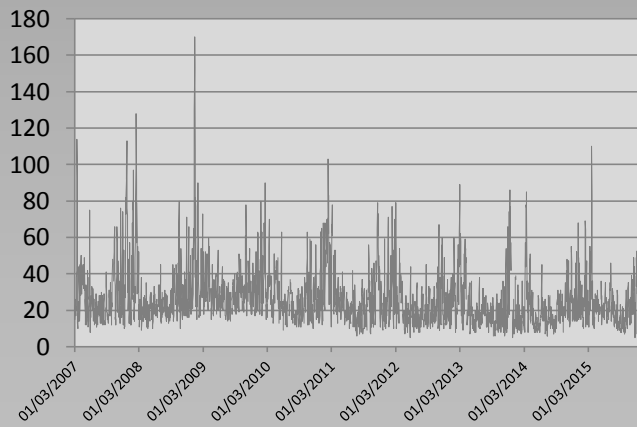
### 2.1 Réduction des émissions industrielles

- **SO<sub>2</sub> et particules**



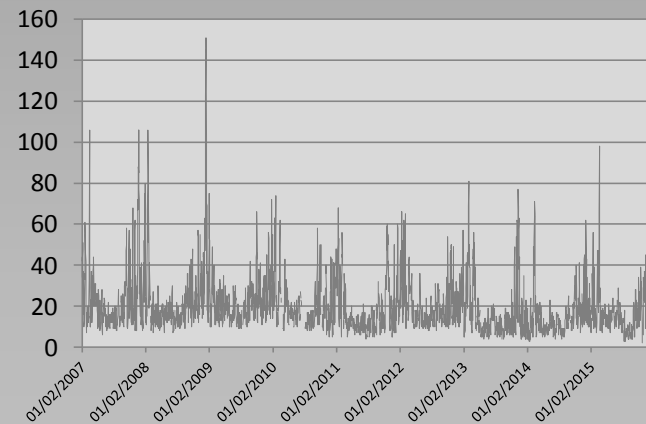
Concentration en SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) à Lyon-Centre, de 2007 à 2015

$\tau$  de Kendall = -0,43 ;  $\alpha$  = 0,05 ; p-value < 0,001



Concentration en PM10 (µg/m<sup>3</sup>) à Lyon-Centre, de 2007 à 2015

$\tau$  de Kendall = -0,15 ; p-value < 0,001

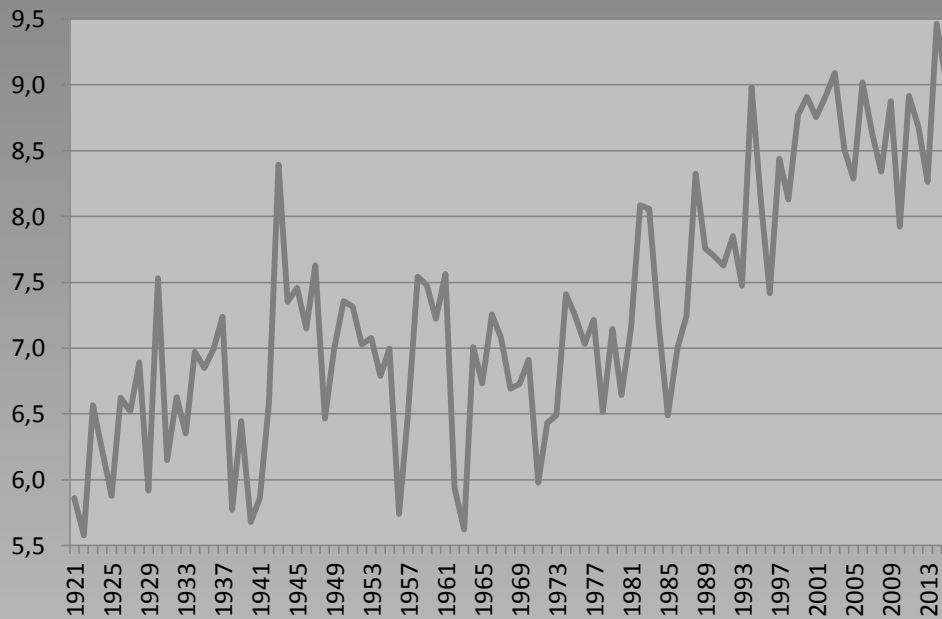


Concentration en PM2,5 (µg/m<sup>3</sup>) à Lyon-Centre, de 2007 à 2015

$\tau$  de Kendall = -0,16 ; p-value < 0,001

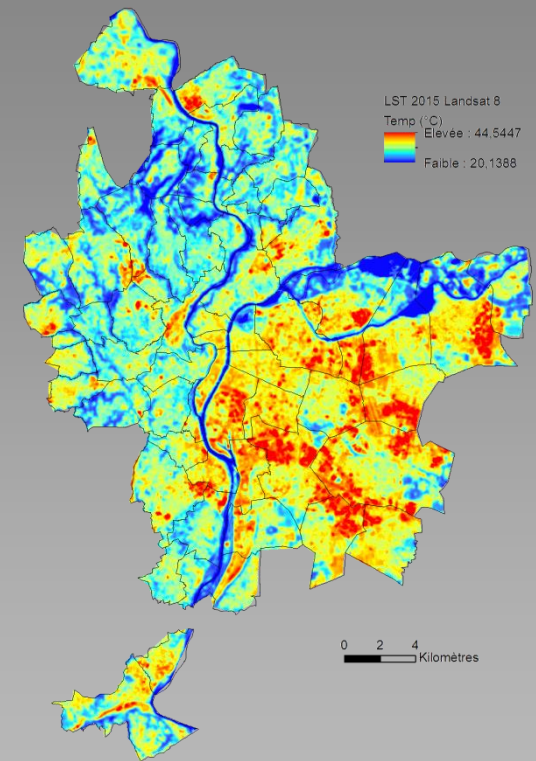
## 2.2 Augmentation des températures moyennes minimales

- Repousse **seuil condensation** (à condition que l'humidité absolue de la masse d'air n'augmente pas également en même temps que la température)
- Réchauffement climatique et **ICU**



température minimale moyenne annuelle à Lyon-Bron (1921-2015)

Kendall's  $\tau = 0,55$  ; p-value < 0,0001

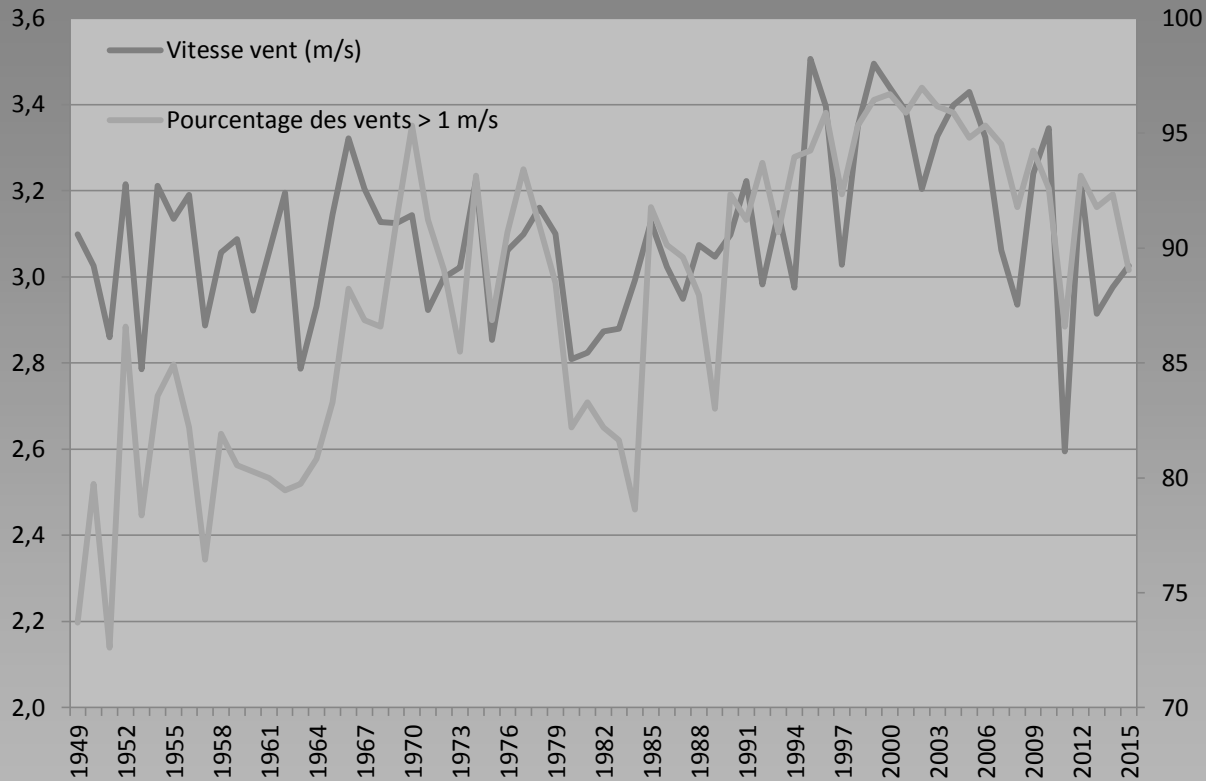


température de surface moyenne (2015) de la métropole de Lyon  
Single channel method, Landsat 8

- Forte **corrélation négative** entre **nombre de jours de brouillard** annuel et **température minimale moyenne annuelle** ( $r = -0,73$ )

## 2.3 Une atmosphère plus agitée

- **Brassage** plus fort et fréquent de l'air : limite formation du brouillard
- **Augmentation vitesse du vent** et **proportion vents** supérieurs à 1 m/s



*vitesse du vent (m/s) et proportion vents supérieurs à 1 m/s (%) à Lyon-Bron (1949-2015)*


vitesse du vent : Kendall's  $\tau = 0,16$  ; p-value < 0,03

proportion vents supérieurs à 1 m/s : Kendall's  $\tau = 0,53$  ; p-value < 0,03

- Forte **corrélation négative** entre **nombre de jours de brouillard** annuel et **proportion vents supérieurs à 1 m/s** ( $r = -0,77$ )

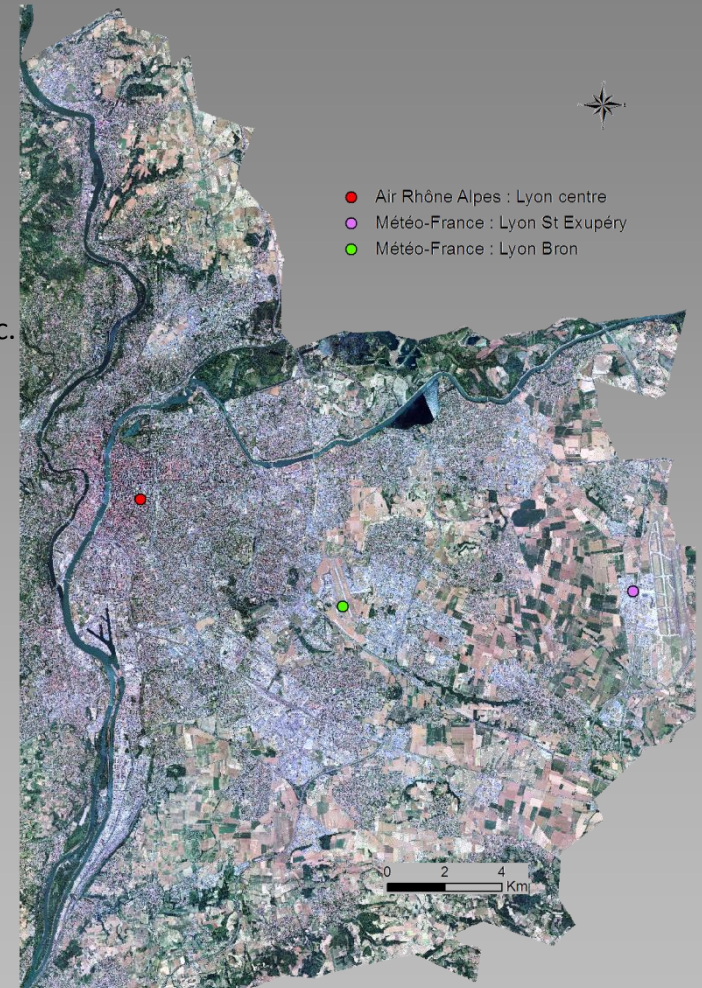
## 3. Brouillard et variations de la pollution atmosphérique

### 3.1 Mesure de la pollution atmosphérique lyonnaise

- **Source :**  Air Rhône-Alpes
- **Station** de mesure : Lyon centre (urbaine / fond)
- **Séries :** février 2007 (quotidiennes)  
janvier 2012 (horaires)
- **Paramètres :** principaux polluants ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{PM}$ ), COV, métaux lourds, etc.



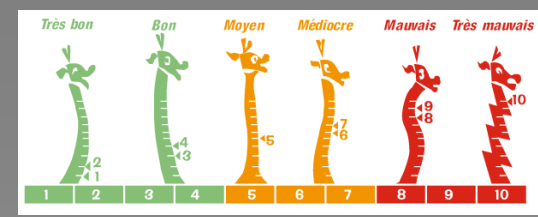
*Station de Lyon centre (source : Air Rhône Alpes)*



*Stations de mesures Météo-France et Air Rhône-Alpes*

## 3.2 Indice ATMO et principaux polluants

- **Stabilité** de la **masse d'air** : effets sur la concentration en polluants atmosphérique
- Moyenne (2007 – 2015) **indice** de qualité de l'air **ATMO** :  
*test de Mann-Whitney : différence significative (p-value < 0,0001)*



**Jours clairs** : 4,3 (bon)



**Jours de brouillard** : 5,3 (moyen)

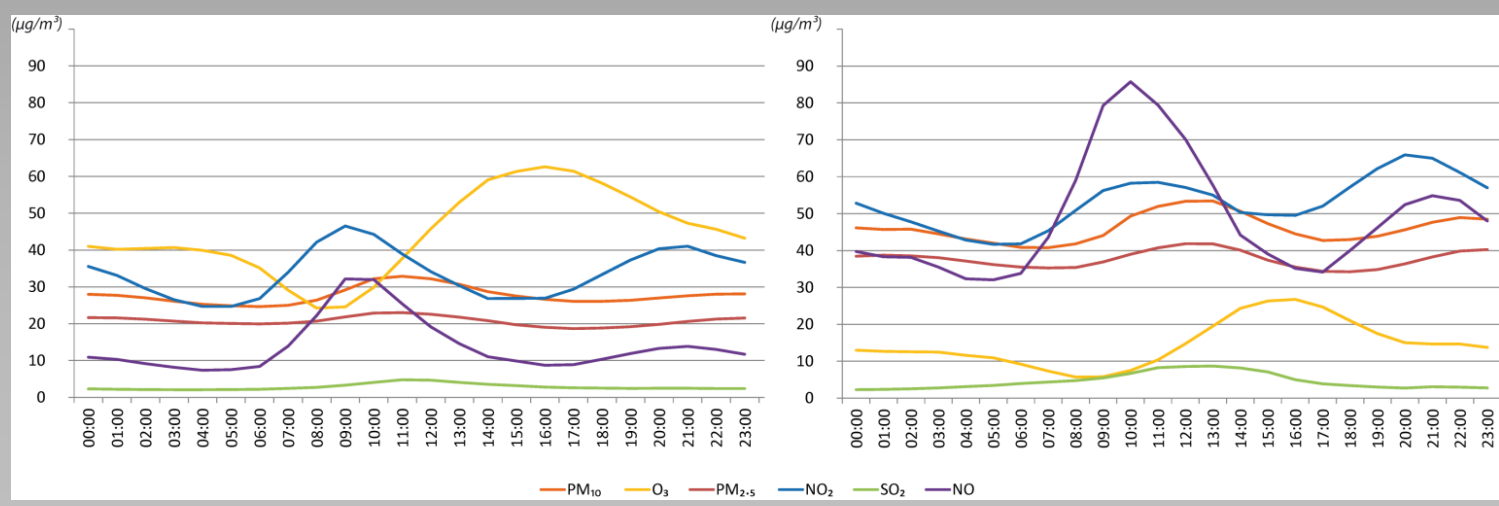


- **Augmentation** des **concentrations** en **principaux polluants** durant les **jours de brouillards**
- **Diminution** de l'**ozone** : destruction par polluants primaires et NO (titration) et dépôt sec par air stable

	NO <sub>2</sub>	NO	O <sub>3</sub>	PM10	PM2,5	SO <sub>2</sub>	ATMO
absence de brouillard	31,5	11,3	47,0	25,4	18,6	2,3	4,3
présence de brouillard	51,4	48,4	15,1	41,9	33,9	3,7	5,3

Concentrations moyennes ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$  – 2007-2015) des principaux polluants à Lyon-centre

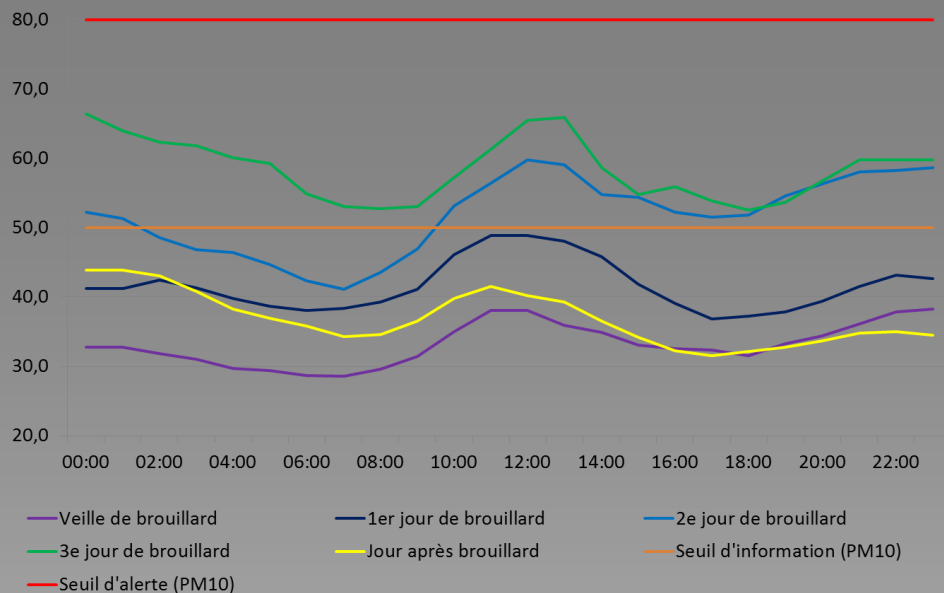
test de Mann-Whitney : différences significatives (p-value < 0,0001)



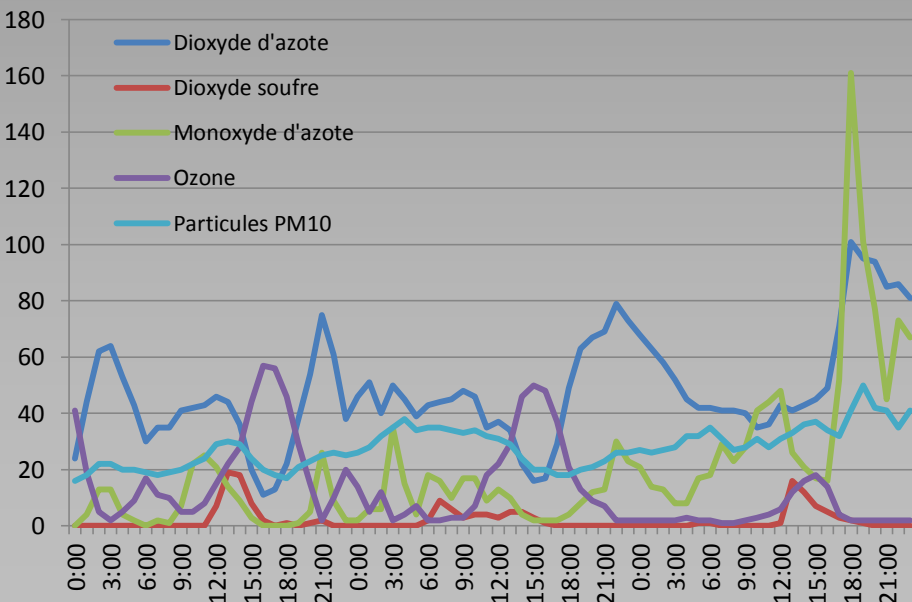
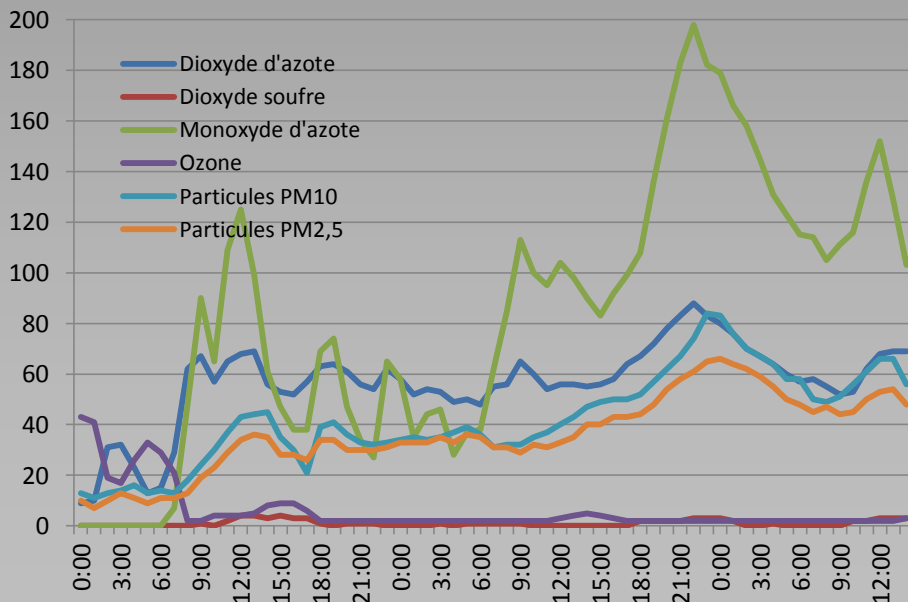
Evolution horaire moyenne de la concentration en principaux polluants ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ; 2012 – 2015) lors de l'absence (à gauche) et de la présence de brouillard (à droite)



### 3.3 Augmentation des concentrations lors de la persistance de brouillard



*Concentration en PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) à Lyon Centre, en fonction de jours de brouillard consécutifs*



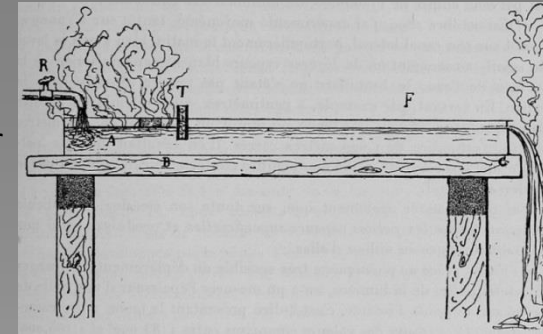
*Concentration en polluants ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) à Lyon Centre, du 5 au 7 janvier 2015 (gauche) et du 25 au 27 décembre 2015 (droite)*

## Conclusion : Lyon n'est plus la capitale du brouillard

- Forte **diminution** nombre jours de brouillard
- **Causes** : réduction des **émissions industrielles**, hausse **température minimale** et **brassage** de l'air
- Sous brouillard : **diminution qualité air** et hausse concentration en polluants
- **Perspectives** historiques de lutte contre le brouillard (Onofrio, 1913 ; Baldit, 1931)
  - **brasser l'air** : **machines soufflantes** sur les hauteurs de Lyon
  - **réchauffer** et **assécher** l'atmosphère : directement avec de **grands braseros** sur les collines, indirectement en projetant de l'air comprimé et réchauffé
  - production de **décharges électriques**, projection de gouttelettes d'eau électrisée ou diffusion de puissantes **ondes hertziennes**
  - exploiter les phénomènes de **coalescence** pour transformer le brouillard en pluie : ajout de substances à l'eau, utilisation de l'électricité ou bien en **agitant le milieu par de violentes explosions**
  - **empêcher l'évaporation** du Rhône et de la Saône : film **d'huile**

*« attacher au barrage de Couzon, long de 150 mètres, de 15 en 15 mètres, des sacs de toile à voile remplis d'étoupe bien imbibés d'huile » (Onofrio, 1913)*

« Qu'il s'agisse de prévenir la formation du brouillard, ou de le dissiper par la chaleur, par l'électricité, par coalescence des gouttes, les rares expériences entreprises n'ont abouti à **aucun résultat appréciable** » (Baldit, 1931)





Merci pour votre attention

