

Variation du taux de dissipation de l'énergie par la turbulence atmosphérique en site urbain

M. A. Kaynéjad

Laboratoire de physique et
dynamique de l'atmosphère
Paris

RESUME

Des mesures effectuées à Paris à l'aide d'un anémomètre à fil chaud, à 30 m et 90 m au-dessus du sol ont confirmé que la distribution du taux de dissipation de l'énergie par la turbulence atmosphérique des basses couches est lognormale.

INTRODUCTION

L'étude de l'intermittence de la turbulence dans la couche limite atmosphérique a fait l'objet de plusieurs études théoriques (A. S. Gurvich et A. M. Yaglom) montrant notamment que dans un écoulement turbulent intermittent le taux de dissipation de l'énergie par la turbulence devait avoir une distribution lognormale.

Afin d'avoir une connaissance expérimentale de cette distribution en site urbain, cela dans le but d'une paramétrisation correcte de la diffusion d'éléments polluants, nous avons effectué des mesures sur des bâtiments de l'Université Pierre et Marie Curie d'une terrasse de 30 m, ainsi que du sommet de la Tour de 90 m (Jussieu).

METHODES DE MESURES

La vitesse d'écoulement de l'air a été mesurée 3 fois par jour aux deux niveaux indiqués (3 - 9 h, 12 - 13h, 17 - 18 h) pendant une année à l'aide d'un système anémométrique à fil chaud, mis au point au Laboratoire de Météorologie Dynamique et Laboratoire de Physique et Dynamique de l'Atmosphère (A. Weill,

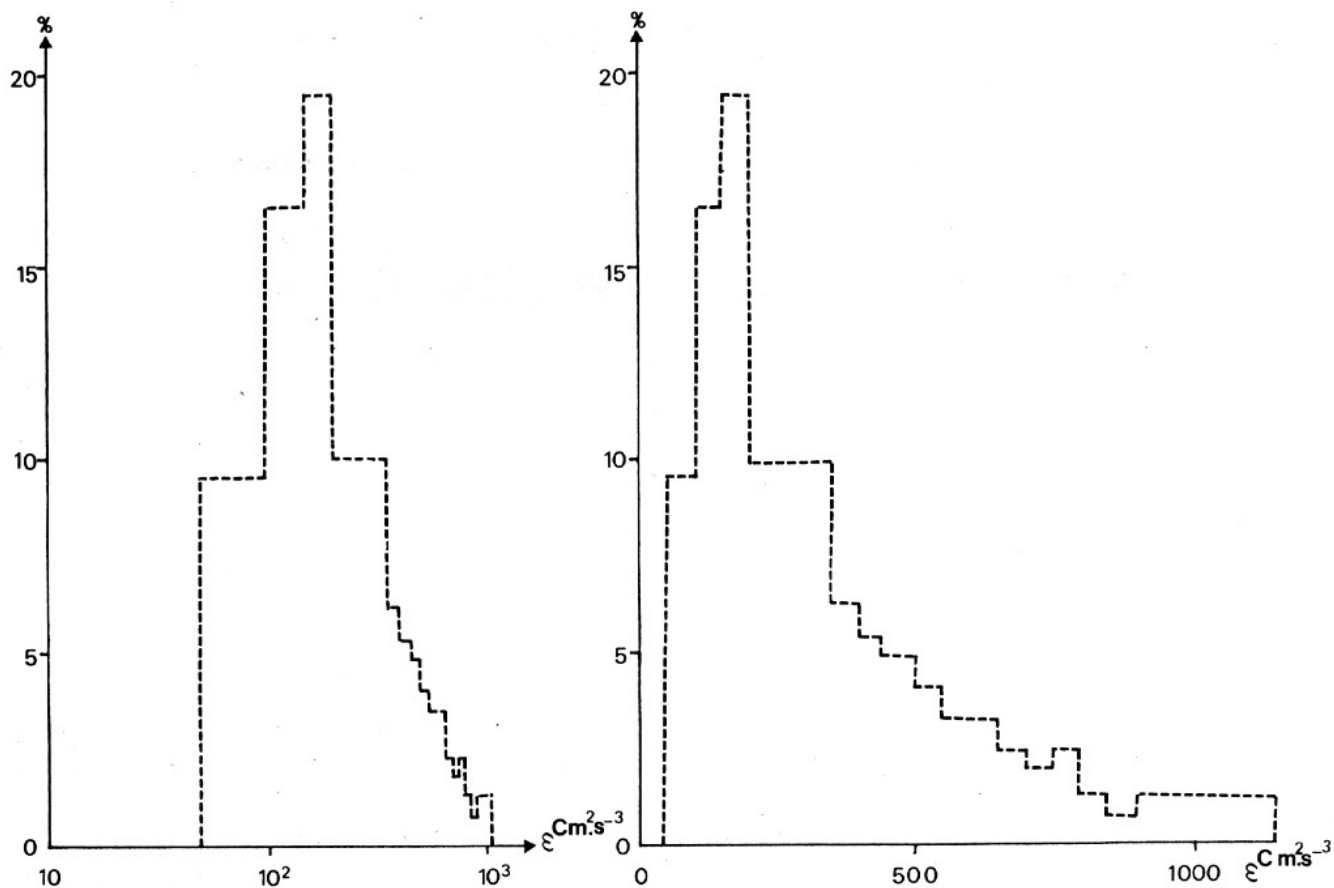
W. Brandes, C. Oberto). On en a déduit le taux de dissipation de l'énergie (ϵ) par la turbulence atmosphérique en cm^2/sec^3 , calculé par un filtrage à partir des variances $\sigma^2 f_1 f_2$ et $\sigma^2 f_1 f_3$ de modules de la vitesse dans deux intervalles spectraux ($f_1 f_2$) et ($f_1 f_3$) appartenant au domaine inertiel, (tel qu'il y ait équilibre entre la production d'énergie et sa dissipation) au moyen de la formule suivante (P. Frenzen) :

$$\epsilon = \frac{C}{\bar{U}} \left[\frac{\sigma_{f_1 f_2}^2 - \sigma_{f_1 f_3}^2}{t_2^{2/3} - t_1^{2/3}} \right]^{3/2}$$

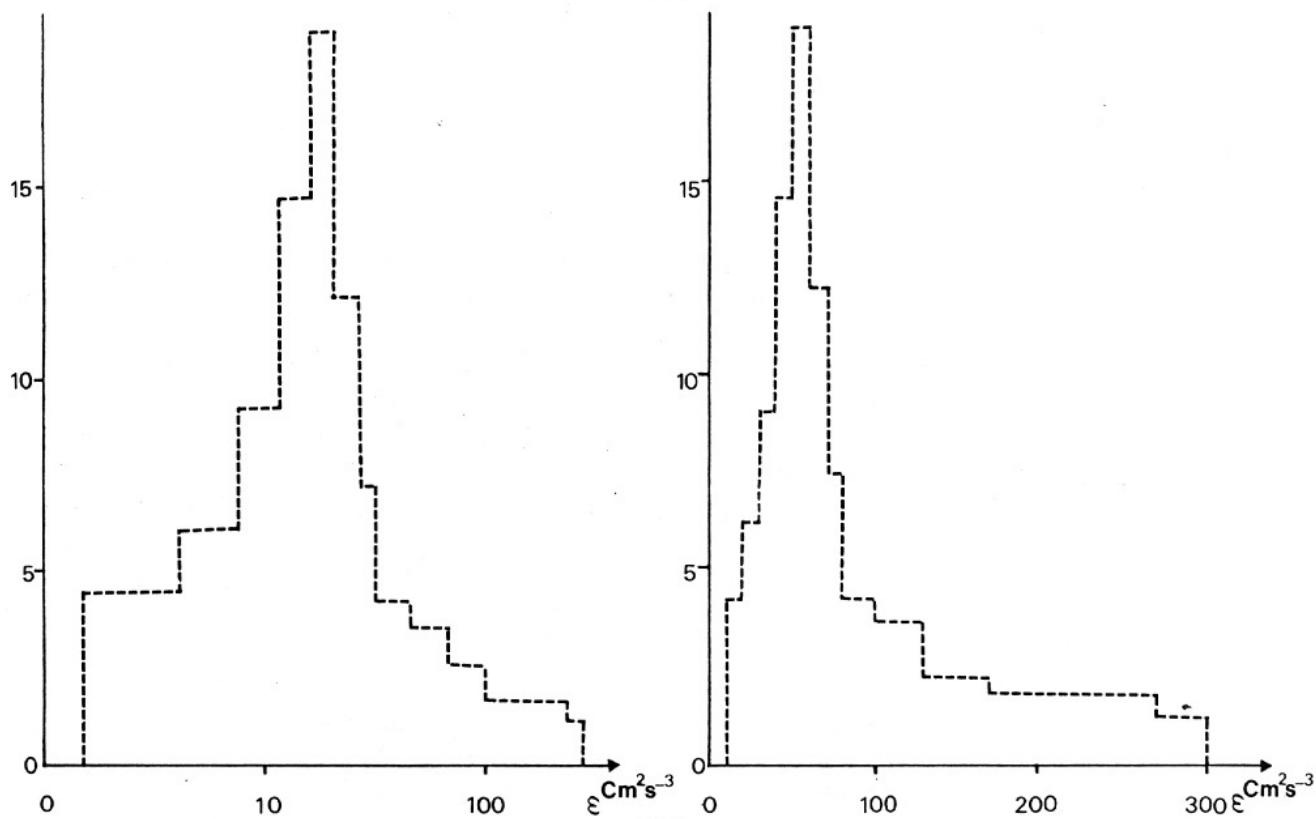
où t_1 et t_2 sont les durées des échantillonnages, \bar{U} est la vitesse moyenne de l'écoulement de l'atmosphère au niveau où sont effectuées les mesures, et C est une constante voisine de 0,33. Nous avons estimé que les valeurs de ϵ étaient obtenues à 60 % près. La vitesse moyenne est prise sur 15 minutes, ce qui élimine mieux les fluctuations d'échelle sous-synoptique que les moyennes sur 10 minutes adoptées en météorologie courante pour les mesures anémométriques.

RESULTATS

Pour les mesures à 30 m de hauteur, nous avons opéré sur 1038 échantillons, et déterminé les fréquences pour des valeurs de ϵ variant de 50 en 50 cm^2/sec^3 , tandis que pour les mesures à 90 m, nous avons opéré sur 864 échantillons avec ϵ variant de 10 en 10 cm^2/s^3 (Fig. 1a et 1b) chaque mesure représente une évaluation de ϵ sur 12 s. Nous avons porté les distribu-



(a)



(b)

Fig. 1a et 1b : Distribution du taux de dissipation de l'énergie (a) 30 m et (b) 90 m d'altitude. L'ordonnée représente le pourcentage du nombre de mesures. L'abscisse représente le taux de dissipation de l'énergie.

tions avec deux échelles pour ϵ . Une échelle linéaire, puis une échelle logarithmique. Que ce soit à 30 m ou à 90 m, la distribution avec l'échelle logarithmique a montré une loi de distribution normale. Nous avons ainsi pu déterminer la moyenne arithmétique, ainsi que la moyenne géométrique et les écarts-type (Fig. 2) : on voit une différence significative entre les deux évaluations, ce qui indique que l'on doit choisir judicieusement la moyenne dans l'étude de la diffusion.

CONCLUSION

La distribution «lognormale» du taux de dissipation en site urbain nous permet d'aborder de façon vraiment critique l'étude de la diffusion atmosphérique : l'histogramme de ϵ rendant compte des petites échelles de la turbulence, doit permettre d'aborder le calcul des coefficients d'échanges turbulents en tenant compte de la variabilité de la turbulence.

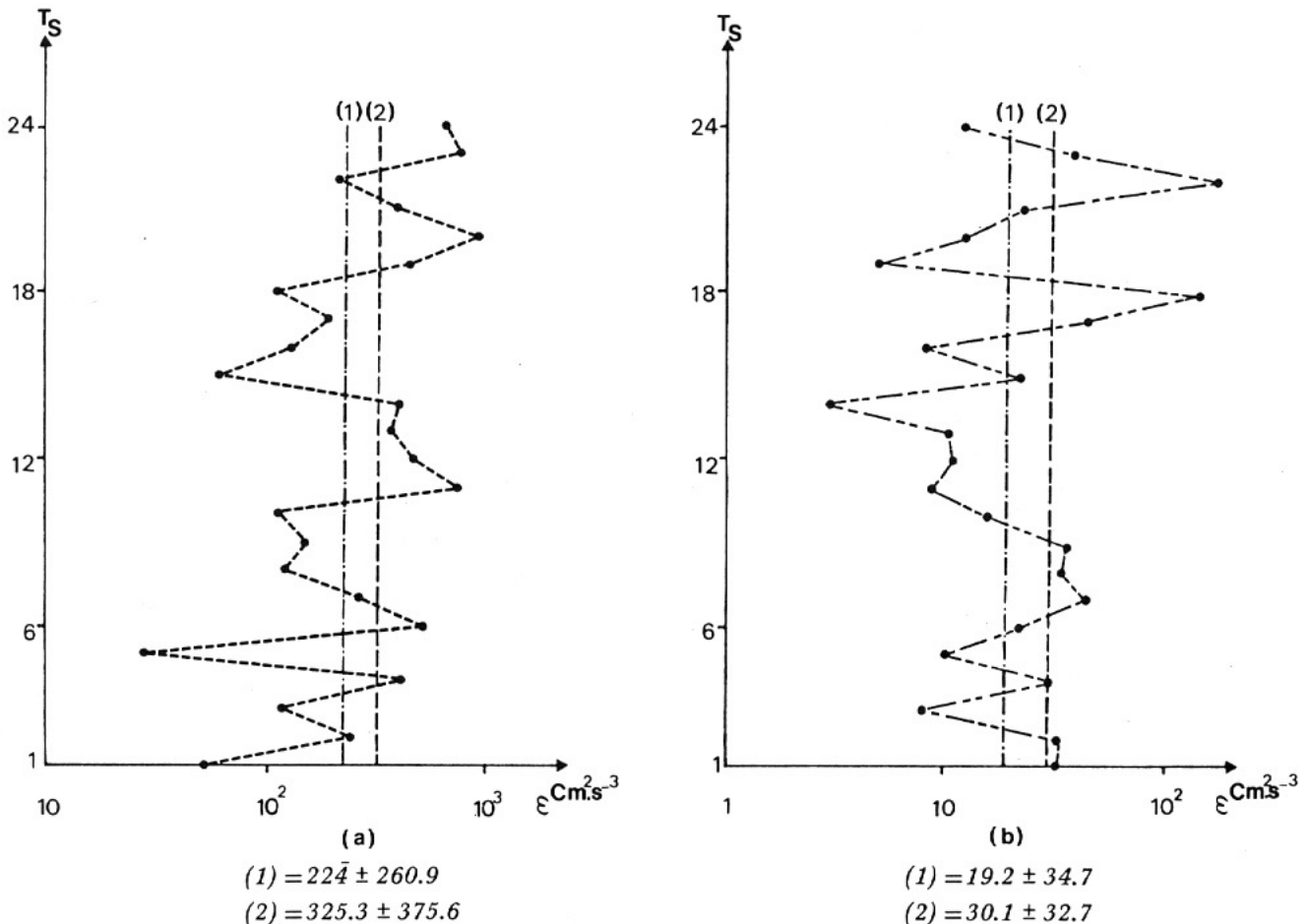


Fig. 2 : Variation du taux de dissipation de l'énergie dans le temps (a) 30 m et (b) 90 m.

T_s = durée de chaque mesure

ϵ = taux de dissipation

(a) représente la moyenne géométrique

(b) représente la moyenne arithmétique.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Gurvich A. S., et Yaglom A. M.
 International Union of Geodesy and Geophysics and International Union of Theoretical and Applied Mechanics 1966 pp. S 59.

[2] Weill A., Brandes W., Oberto C. et Bares P.
 Journal de Physique, supplément du N°1 tome 37, Janvier 1976 pp. cl - 173.

[3] Brandes W.
 Journal of Physics E, volume 5, 1972 p. 876.

[4] Frenzen P.
 Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, volume 91 N° 1, 1965 p. 28.

[5] Kaynejad M. A.
 Thèse Ingénieur Docteur Paris 1975 p. 93.