

Paramètres Influençant la Dispersion des Polluants Gazeux

N. Diaf, M Bouchaour, L. Merad et B. Benyoucef

Laboratoire De Matériaux & Energies Renouvelables, Facultés Des Sciences, Université De Tlemcen
E_mail : n_diaf@mail.univ-tlemcen.dz

Résumé – La dispersion des polluants dans l'atmosphère s'effectue essentiellement dans la couche limite atmosphérique, couche la plus troublée, agitée sans cesse par des mouvements turbulents tant horizontaux que verticaux. Cette dispersion est influencée par plusieurs paramètres. Dans ce travail, nous nous intéressons à l'étude des différents paramètres influençant la dispersion des polluants gazeux, tels que la vitesse du vent, stabilité de l'atmosphérique et état thermique. Cette étude nous permet aussi d'analyser un projet industriel avant sa réalisation et au cours de son exploitation afin de préserver son environnement.

Abstract – The dispersion of the pollutants in the atmosphere is carried primarily in the atmospheric boundary layer, the disturbed layer, unceasingly agitated by horizontal and vertical turbulent movements. This dispersion is influenced by several parameters. In this paper, we study the various parameters influencing dispersion of the gaseous pollutants, such as the speed of the wind, stability of atmospheric and thermal state. This work also enables us to analyze an industrial project before its realization in order to preserve its environment.

Mots Clés : Dispersion – Polluants gazeux – Atmosphère – Vent – Stabilité – Etat thermique.

1. INTRODUCTION

Les polluants primaires, comme les NO_x, le SO₂, le CO, les poussières et les Composés Organiques Volatils (COV), sont directement émis dans l'atmosphère. L'existence de ces polluants dans l'atmosphère est rythmée par cinq étapes:

- son émission dans l'atmosphère;
- sa dispersion et son transport par le vent;
- ses interactions avec d'autres substances ou radiations et éventuelles transformations, avec production d'une pollution secondaire;
- son interaction avec d'autres milieux, par dépôt ou immission;
- ses effets sur les milieux récepteurs.

Le phénomène de dispersion, c'est-à-dire le déplacement des polluants depuis la source, est primordial puisqu'il détermine l'accumulation d'un polluant ou sa dilution dans l'atmosphère. La dispersion dépend de plusieurs paramètres dont les conditions météorologiques et la topographie locale (altitude, relief, cours d'eau...).

2. CONDITIONS METEOROLOGIQUES ET TOPOGRAPHIQUES

2.1. Vent

Est l'un des paramètres météorologiques les plus importants pour le transport et la dispersion des polluants. Il intervient à toutes les échelles tant par sa direction que par sa vitesse. L'influence du vent sur la pollution atmosphérique est très variable selon la position de la source. Généralement la vitesse du vent augmente avec l'altitude. Au fur et à mesure que les polluants s'élèvent, la dispersion est facilitée par le vent. Plus le vent est fort, plus les niveaux de pollution seront bas. En revanche, un vent de faible vitesse favorise l'accumulation locale des polluants (figures 1, 2, 3 et 4).

- Application au cas d'une cheminée industrielle

En utilisant les théories statistiques (formule de sutton) et en considérons la basse atmosphère et pour une hauteur effective ($H = H_g + \Delta H$) de la cheminée la concentration moyenne est donnée par la formule :

$$C(x, y, o, H) = \frac{2 q_m}{C_y C_z x^{2-n} U \pi} \exp \left[- \frac{1}{x^{2-n}} \left(\frac{y^2}{C_y} + \frac{H^2}{C_z} \right) \right]$$

Avec :

Q représente le débit constant de la source contaminée, U la vitesse moyenne du vent.

n ($0 < n < 1$) : est un nombre caractéristique des conditions météorologiques.

C_y, C_z : sont deux paramètres qui dépendent de la turbulence du milieu.

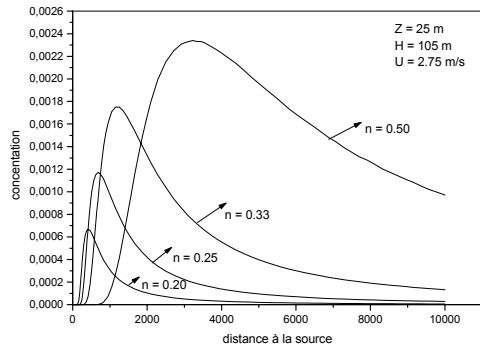


Fig. 1: Variation de la concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en fonction de la distance à la source (x) et la vitesse du vent u pour une hauteur de cheminée de 105 m.

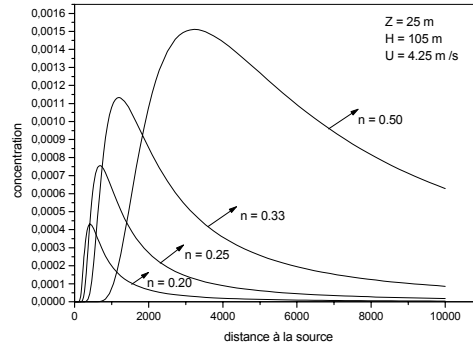


Fig. 2: Variation de la concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en fonction de la distance à la source (x) et la vitesse du vent u pour une hauteur de cheminée de 105 m.

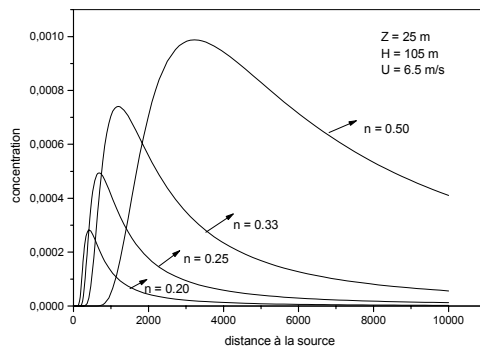


Fig. 3: Variation de la concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en fonction de la distance à la source (x) et la vitesse du vent u pour une hauteur de cheminée de 105 m.

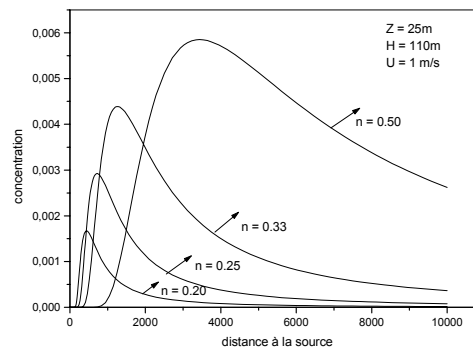


Fig. 4: variation de la concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en fonction de la distance à la source (x) et la vitesse du vent u pour une hauteur de cheminée de 105 m.

2.2. Influence de la stabilité de l'atmosphère

Une atmosphère est stable si une masse d'air, écartée de sa position d'équilibre, a tendance à revenir. Elle est instable dans le cas contraire. Ces déplacements d'air sont guidés par des lois thermodynamiques. Si la masse d'air soulevée est plus froide que le milieu environnant, elle sera plus dense et donc redescendra à son niveau de départ (atmosphère stable). Si la masse d'air soulevée est plus chaude que le milieu environnant, elle sera plus légère et subira donc une élévation (atmosphère instable). Ainsi la stabilité d'une masse d'air dépend de sa température de l'élévation, relative à la température de l'air environnant stationnaire qu'elle traverse. La structure thermique verticale de la troposphère tient alors une part importante dans le mélange verticale des masses d'air, et par conséquent la dilution des polluants. En situation normale de diffusion dans la troposphère, la température diminue avec l'altitude. Cette situation ne freine pas la diffusion verticale des masses d'air, et donc des polluants, jusqu'à ce qu'elles atteignent un certain équilibre, c'est-à-dire que la densité de l'air ambiant soit la même que l'air montant. Mais il peut exister des situations d'inversion de température à partir d'une certaine hauteur. Dans cette situation, une couche d'air chaud se trouve au-dessus d'une couche d'air plus froid et joue le rôle de couvercle thermique. L'air pollué, qui se disperse vers le haut en situation normale de diffusion, est alors bloqué par cette couche d'air chaud. Ce phénomène contribue à la pollution locale et peut conduire aux pics de pollution. Il se rencontre dans des situations météorologiques particulières :

- en début de matinée, suite à une nuit dégagée et sans vent, les couches d'air à proximité du sol se sont refroidies tandis que les couches immédiatement supérieures restent plus chaudes ;
- en hiver, lors de conditions anticycloniques (belle journée d'hivers ensoleillée, zone de hautes pressions) avec de faibles vents. Ces épisodes de pollution sont appelés « smog ».

2.3. Le gradient thermique

La limite de stabilité des couches atmosphériques à l'équilibre est de -1°C par 100 m de dénivelé en atmosphère sèche. Lorsque l'atmosphère est humide la valeur de ce gradient s'élève jusqu'à environ $-0,5^\circ\text{C}/100$

m. En conséquence, lorsque le gradient est inférieur ou égal à $-0,5^{\circ}\text{C}$ par 100 m, il y a une diffusion normale dans l'atmosphère. La température en altitude est inférieure à la température au sol.

Inversement, lorsque le gradient est supérieur à $-0,5^{\circ}\text{C}/100$ m, la diffusion est faible vers les niveaux élevés de l'atmosphère. Il est même possible, à partir du moment où le gradient devient positif d'avoir une température en haute altitude supérieure à celle à basse altitude ; c'est le phénomène d'inversion de température. Il y a une couche d'air chaud en altitude moyenne qui s'oppose à la diffusion de l'air froid au sol.

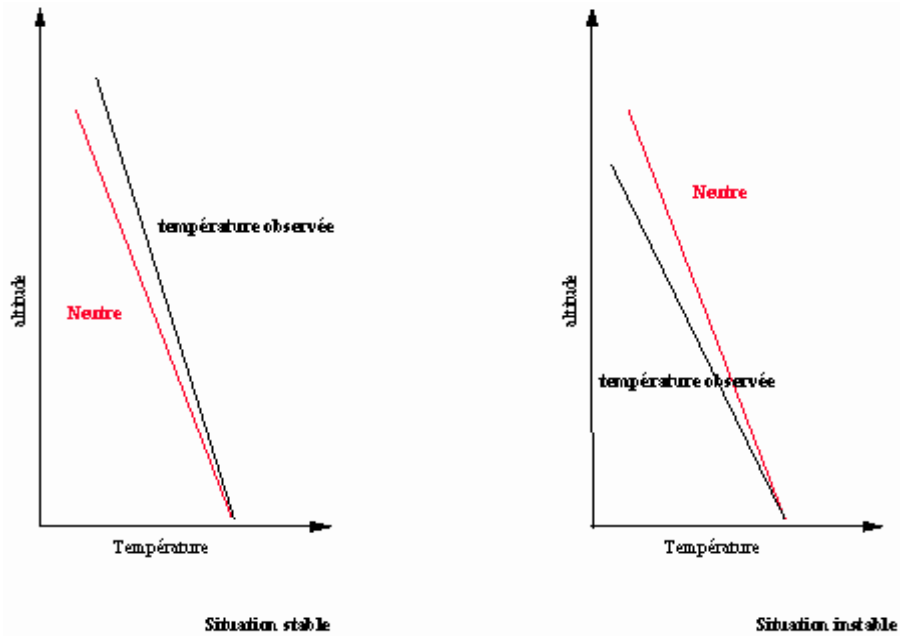


Fig. 5: Stabilité thermique

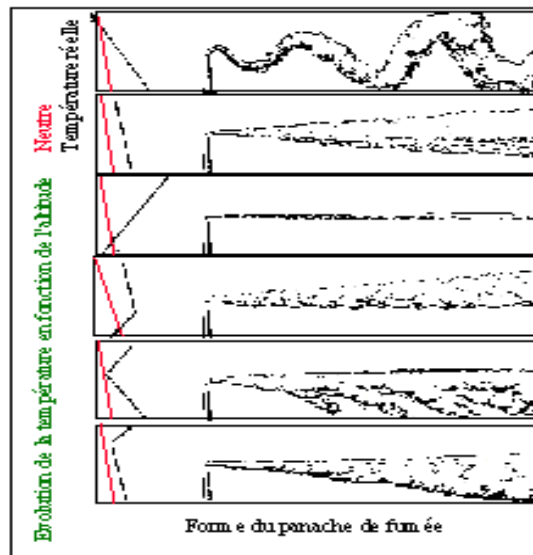


Fig. 6: comportement d'un panache de fumée en fonction de la stabilité thermique et des inversions de température.

2.4. Effet de vallée

La présence d'une vallée est généralement défavorable à la dispersion des polluants. Les couches d'air froid, plus denses s'accumulent dans le fond des vallées déterminant un gradient de température anormal et la formation de brouillards. Les polluants ont alors tendance à s'accumuler dans le fond de la vallée.

Par contre, la présence d'une vallée dans une plaine peut favoriser la dispersion des polluants par suite des vents qui naissent entre la vallée et la plaine (brise de vallée) et entre le fond et le sommet de la vallée (brise de pente).

Ces brises sont dues aux différences de température existant entre les diverses zones. La nuit, le fond de la vallée refroidit moins vite et les masses d'air du plateau descendent vers la vallée avec un rabattement des polluants (émis dans la vallée). Le matin, le phénomène s'inverse et le fond de la vallée se réchauffe moins vite que le plateau et les courants remontent de la vallée.

2.5. Rugosité et revêtement du sol

La rugosité et le revêtement du sol influencent l'écoulement des flux gazeux, donc la turbulence des masses d'air et par conséquent, la dispersion des polluants. Un sol rugueux augmente la turbulence et stimule le dépôt des particules par capture aérodynamique. Le type de couverture du sol influence la quantité de polluants éliminés par dépôt sec. Pour les particules, le revêtement joue un rôle important (érosion des sols, remise en suspension des particules déposées, ...).

3. CONCLUSION

En conclusion de ce travail, nous pouvons affirmer que la dispersion des polluants gazeux à travers l'atmosphère est très complexe. Ainsi, une situation anticyclonique, très faibles vents, favorise des niveaux de pollution élevés car elle entraîne une accumulation des gaz. L'inversion du gradient thermique vertical, induit les mêmes conséquences. A l'inverse, une situation dépressionnaire, vents plus sensibles, permet une bonne dilution des polluants dans l'atmosphère. Au cours de la dispersion, les polluants peuvent se transformer par réactions chimiques complexes pour former les polluants secondaires tel que l'ozone.

REFERENCES

- [1] Eric Joos, "Modelling of power plant plume contribution to wet and dry acid deposition", EDF série A, N°1, 1990.
- [2] P. Mery, "Méthodes simples d'estimation de pollution atmosphérique" E.32-77,1977.
- [3] D. Staten, "Modelling Smoke Stack Emissions State", AiS Teacher and his students, Wartburg Central High School, Wartburg, Tennessee, November 1998.
- [4] J. Westbrook, "Air Dispersion Models, Tools To Assess Impacts From Pollution Sources", published in Natural Resources & Environment, Spring 1999 .
- [5] B.K. Frits et al., "Dispersion Modeling Of Ground-Level Area Sources Of Particulate", Civil Engineering Dept., Texas A&M University, presented at 1999 Researchers' Conference, Amarillo National Resource Center, Amarillo, Texas, July 1999.
- [6] B. Joknson et al, "Workbook For Gaussian Modeling Analysis Of Air Concentration Measurements", , EH99-03, Department of Pesticide Regulation, Environmental Protection Agency, State of California, September1999.