



Arbeitsberichte der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt
Rapports de travail de l'Institut Suisse de Météorologie
Rapporti di lavoro dell'Istituto Svizzero di Meteorologia
Working Reports of the Swiss Meteorological Institute

Zürich

PRESENTATION ET ANALYSE CRITIQUE DU MODELE DE DISPERSION

utilisé dans le projet de directive fédérale
sur le dimensionnement des cheminées

par

Philippe Tercier, Payérne

Septembre 1979

Météorologie appliquée

551.511.6;551.551.8

Résumé

Le modèle de dispersion atmosphérique utilisé pour le projet d'une directive fédérale sur le dimensionnement des cheminées est une application particulière de la formule de Sutton-Briggs. Une étude comparative en est faite avec une solution analytique qui tient compte de la dépendance fonctionnelle de la valeur d'émission $E(x)$ dans la procédure de recherche des maxima de l'équation de Sutton-Briggs. L'influence des coefficients de dispersion σ étant importante, une analyse de sensibilité a été entreprise dans le but de fixer un choix adéquat de ces paramètres. Les coefficients de dispersion "JÜLICH 50 M" ont été retenus dans le projet de directive. Suivant la pente des courbes du diagramme de dimensionnement de cheminées, déterminée principalement par les coefficients de dispersion, une modification de la valeur de l'augmentation maximale admissible de la concentration près du sol $S = \chi_{\max}$ imposée à l'installation polluante se répercute de manière plus ou moins forte sur la hauteur minimale requise de la cheminée.

Zusammenfassung

Das atmosphärische Ausbreitungsmodell, welches bei der Erarbeitung des Entwurfs einer eidgenössischen Richtlinie zur Kamindimensionierung verwendet wurde, entspricht einer Spezialanwendung der Sutton-Briggs Formel. Dieses Modell wird mit einer analytischen Lösung verglichen, welche die funktionelle Abhängigkeit des Emissionswertes $E(x)$ bei der Ermittlung der Maxima der Sutton-Briggs Formel berücksichtigt. Die Ausbreitungskoeffizienten σ spielen dabei eine wichtige Rolle, deshalb wurde eine Empfindlichkeitsanalyse durchgeführt, um eine geeignete Auswahl dieser Parameter festzulegen. Für den Entwurf der Richtlinie wurden die Ausbreitungskoeffizienten "JÜLICH 50 M" berücksichtigt. Die Neigung der Kurvenschar im Kamindimensionierungsdiagramm ist hauptsächlich durch die Ausbreitungskoeffizienten gegeben. Je nach dieser Neigung wirkt sich eine Änderung der maximal zulässigen Immissionserhöhung $S = \chi_{\max}$, welche dem Schadstoffemittenten auferlegt wird, mehr oder weniger stark auf die erforderliche Schornsteinhöhe aus.

Riassunto

Il modello di dispersione atmosferico utilizzato per il progetto di una direttiva federale sul dimensionamento di ciminiere è un'applicazione particolare della formula di Sutton-Briggs. Uno studio comparativo viene fatto con una soluzione analitica che tiene conto della dipendenza funzionale del valore di emissione $E(x)$ nel processo della ricerca dei massimi dell'equazione di Sutton-Briggs. L'influenza dei coefficienti di dispersione σ essendo importante, un'analisi di sensibilità è stata fatta allo scopo di fissare una scelta adeguata di questi parametri. I coefficienti di dispersione "JÜLICH 50 M" sono stati ritenuti nel progetto di direttiva. La pendenza delle curve di dimensionamento delle ciminiere è determinata principalmente dai coefficienti di dispersione. Secondo questa pendenza, una modifica del valore di aumento massimo ammissibile della concentrazione vicino al suolo $S = \chi_{\max}$ imposta all'installazione inquinante, si ripercuote in maniera più o meno forte sull'altezza minima richiesta della ciminiera.

Summary

The atmospheric diffusion model applied in a project of a federal guideline for determining stack height is a particular application of the Sutton-Briggs formula. A study is made, comparing this formula with an analytical solution using a functional dependence of the emission value $E(x)$ in the process of searching for maxima of the Sutton-Briggs formula. Because of the strong influence of the dispersion-coefficients σ , a sensitivity analysis is being made, to fix an adequate choice of these parameters. The dispersion-coefficients "JÜLICH 50 M" had been considered in the project of the guideline. According to the slope of the stack-height-determining-curves, mostly given by the dispersion-coefficients, a modification of the immission standard $S = \chi_{\max}$, value imposed to the facility, influences more or less strongly the required stack height.

TABLE DES MATIERES

	page
1. Introduction	1
2. Equation de la diffusion turbulente	1
3. Modes d'application de la valeur d'émission E dans le modèle	4
3.1 Détermination de la valeur d'émission E	4
3.2 Application particulière de la valeur d'émission E(x)	4
3.3 Application fonctionnelle de la valeur d'émission E(x)	5
3.4 Comparaison des 2 modèles	6
4. Coefficients de dispersion	8
4.1 Comparaison de coefficients de dispersion	8
4.2 Influence des coefficients de dispersion sur le dimensionnement des cheminées	10
5. Influence de l'immission maximale admissible sur le dimensionnement des cheminées	10
6. Conclusions	12
7. Références	13

1. Introduction

En 1975, le Département fédéral de l'intérieur a formé un groupe de travail chargé d'élaborer une directive fédérale sur le dimensionnement des cheminées. Après avoir pris en considération plusieurs méthodes de calcul, le choix s'est finalement porté sur le procédé de calcul relativement simple, appliqué depuis plusieurs années déjà par la section de la protection de l'air de l'Institut suisse de météorologie.

Le modèle de dispersion utilisé est basé sur l'équation de Sutton tout en faisant intervenir les relations proposées par Briggs pour le calcul de la surélévation du panache. L'application de ces équations, telle que pratiquée dans l'élaboration du diagramme de dimensionnement de la hauteur libre (terrain plat sans obstacle) des cheminées entre 5 m et 100 m du projet de directive /1/, comporte diverses simplifications dont il faut évaluer l'influence. Une analyse comparative est donc faite avec une solution plus exacte, qui tient compte de la dépendance fonctionnelle de la valeur d'émission $E(x)$ dans la procédure de recherche des maxima de la relation combinée Sutton-Briggs.

Le choix des coefficients de dispersion détermine dans une large mesure les résultats du modèle utilisé. La diversité des valeurs des nombreux jeux de ces coefficients obtenus par expérience est grande. Il est particulièrement délicat de vouloir proposer un jeu de coefficients comme étant le meilleur. Tout au plus doit-on se limiter à fixer son choix sur l'un des plus appropriés en fonction du contexte général dans lequel la directive de dimensionnement de cheminée est prévue. En effet, bien que des normes de qualité de l'air toujours plus sévères (pour le SO_2 en particulier) soient proposées, l'expérience montre toutefois que les hauteurs de cheminées calculées par l'Institut Suisse de Météorologie (ISM) donnent encore satisfaction. Ceci implique toutefois que les conditions d'émission prévues soient respectées. Par conséquent, les auteurs de la directive ont admis initialement que des cheminées sensiblement plus élevées que celles calculées jusqu'ici ne se justifiaient pas absolument. D'autre part l'aménagement des cheminées doit être considéré comme un complément certes indispensable dans le cadre des limitations d'émissions, mais non comme une alternative à ces limitations.

Les coefficients de dispersion utilisés par la section de la protection de l'air (SPA) résultent d'une pondération appliquée aux résultats d'expériences relativement anciennes. Il était donc souhaitable de réexaminer l'opportunité du maintien de ces valeurs sur la base d'une analyse comparative avec des jeux de coefficients d'expériences plus récentes et plus complètes.

2. Equation de la diffusion turbulente

Une revue étoffée du problème de la relation émissions-immissions dans le cas des sources ponctuelles élevées d'effluents plus chauds que l'air ambiant a été entreprise par de nombreux auteurs dont Sutton /2/ et Pasquill /3/. Le modèle de dispersion de Sutton, du type gaussien, est discuté en particulier dans un ouvrage de Sutton /4/ et de Jeannet /5/.

La concentration sous le vent d'une cheminée (source élevée ponctuelle et continue) peut être calculée par la formule de diffusion turbulente de Sutton /4/ dans une atmosphère homogène ayant le sol comme surface de réflexion:

$$\bar{\chi}(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi \bar{u} \sigma_y \sigma_z} \exp\left(\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[\exp\left(\frac{-(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(\frac{-(z+h)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right] \quad (1)$$

avec

$\bar{\chi}$ = concentration moyenne au point (x,y,z) (g·m⁻³)
 (x,y,z) = (0,0,0): pied de la cheminée
 axe x: direction moyenne du vent

Q = débit massique du polluant (g·s⁻¹)

\bar{u} = vitesse moyenne du vent (m·s⁻¹)

h = hauteur effective de la source (m)

σ_y, σ_z = écarts-types de la dispersion latérale et verticale ÷ coefficients de dispersion (m)

La hauteur effective h de la source est la somme de la hauteur de construction h_b et de la surélévation Δh du panache qui est déterminée par les facteurs d'émission de la source et par certains facteurs météorologiques, en particulier la vitesse du vent:

$$h = h_b + \Delta h = h_b + \frac{E}{\bar{u}} \quad (2)$$

E = E (source, météorologie) = valeur d'émission (m²/s)

Les coefficients de dispersion σ_y, σ_z sont fonctions des conditions de stabilité et de turbulence atmosphérique ainsi que de la distance de transport x. Ils sont fréquemment exprimés par une relation de puissance du type

$$\sigma_y = a_y x^b \quad \sigma_z = a_z x^b \quad a, b: \text{paramètre de diffusion} \quad (3)$$

La hauteur libre (terrain plat sans obstacle) de la cheminée h_b est déterminée sur la base du calcul de la concentration maximum admissible au sol (z=0) sous le vent de la cheminée dans la direction moyenne du vent (y=0), donnée par les conditions de maximum successives de (1) selon la distance x,

$$\frac{\partial \bar{\chi}}{\partial x} = 0 \text{ et selon la vitesse du vent } \bar{u}, \frac{\partial \bar{\chi}}{\partial \bar{u}} = 0.$$

Tenant compte de (2) et (3), il s'ensuit

$$x_{\max} = \left[\frac{1}{\sqrt{2r}} \cdot \frac{h}{a_z} \right]^{\frac{1}{b_z}} \quad \text{avec } r = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{b_y}{b_z} \right) \quad (4)$$

et

$$u_{\text{crit}} = (2r - 1) \cdot \frac{E}{h_b} \quad (5)$$

et les relations (2) et (4) peuvent s'écrire

$$h = h_b \left(\frac{2r}{2r-1} \right) \quad (2\text{bis})$$

et

$$x_{\max} = \left[\frac{\sqrt{2r} h_b}{(2r-1) a_z} \right]^{\frac{1}{b_z}} \quad (4\text{bis})$$

Les coefficients de dispersion à la distance de la concentration maximale valent

$$\sigma_y(x_{\max}) = a_y \left[\frac{\sqrt{2r}}{(2r-1)} \cdot \frac{h_b}{a_z} \right]^{(2r-1)} \quad \text{et} \quad \sigma_z(x_{\max}) = \frac{\sqrt{2r}}{(2r-1)} \cdot h_b \quad (6)$$

La concentration spécifique maximale au sol dans la condition de vitesse critique du vent est déterminée par

$$\bar{X}/Q = A \cdot \frac{1}{E} \cdot \frac{1}{h_b^{(2r-1)}} \quad (7)$$

avec

$$A = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{((2r-1) a_z)^{2r-1}}{a_y (2re)^r}$$

Ce modèle considère donc la valeur d'émission E comme une grandeur indépendante de la distance x à la source, dans la procédure de recherche des maxima.

3. Modes d'application de la valeur d'émission E dans le modèle

3.1 Détermination de la valeur d'émission E

La hauteur effective étant définie par (2), la surélévation du panache est directement proportionnelle à la valeur d'émission E, pour laquelle on retient certaines formules développées par Briggs /6/. Ces formules simulent l'ascension moyenne du panache en cas de vent. La distance à laquelle l'ascension finale est atteinte est appelée "point de discontinuité". A ce point la courbe ascendante fait place à une droite horizontale. Pour des conditions atmosphériques instables homogènes, la valeur d'émission E et le "point de discontinuité" $3x^*$ sont donnés par les relations suivantes

$$E = 1,6 \cdot F^{1/3} x^{2/3} \quad (\text{m}^2/\text{s}) \quad (8)$$

$$3x^* = 6,48 \cdot F^{0,4} h_b^{0,6} \quad (\text{m}) \quad (9)$$

x^* = distance à partir de laquelle la turbulence atmosphérique domine les forces d'entraînement du panache

$$F = \frac{R}{\pi} \cdot g \cdot \frac{T_g - T_a}{T_g} = \text{flux d'accélération} \quad \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \quad (10)$$

R = débit d'effluents (m^3/s) à la température T_g ($^{\circ}\text{K}$)

T_a = température de l'air ambiant ($^{\circ}\text{K}$)

g = accélération de la pesanteur = $9,81 \text{ m/s}^2$

3.2 Application particulière de la valeur d'émission E(x)

Le modèle développé au §2 considère la grandeur E comme une constante indépendante de x dans la procédure de recherche des maxima de l'équation (1), de sorte que l'utilisation de E, telle que définie par Briggs, dans l'équation (7) constitue une application particulière ayant certaines répercussions sur la hauteur de cheminée calculée.

La valeur de E est prise $E(3x^*)$ lorsque x_{max} (équ. 4bis) $> 3x^*$ (équ. 9), mais $E(x_{\text{max}})$ si $x_{\text{max}} < 3x^*$. Cette dernière condition touche plutôt les combinaisons (F, h_b) extrêmes. Pour une installation dont la valeur du flux d'accélération F est donnée, la hauteur libre correspondant à l'égalité $x_{\text{max}} = 3x^*$ est cal-

culée par la relation suivante

$$h_b = \left[6,48 \left[\frac{a_z (2r-1)}{\sqrt{2r}} \right]^{\frac{1}{b_z}} \cdot F^{0,4} \right]^{\frac{1}{\frac{1}{b_z} - 0,6}} \quad (11)$$

L'introduction de la limite $3x^*$ implique deux domaines d'application de l'équation (7) pour chacun desquels elle s'écrit

$$\bar{X}/Q = \frac{A}{5,56 \cdot F^{0,6}} \cdot \frac{1}{h_b (2r-1) + 0,4} \quad \text{si } x_{\max} > 3x^* \quad (12)$$

$$\bar{X}/Q = \frac{A \left[\frac{a_z (2r-1)}{\sqrt{2r}} \right]^{a'}}{1,6 F^{1/3}} \cdot \frac{1}{h_b (2r-1) + a'} \quad \text{si } x_{\max} < 3x^* \quad (13)$$

avec A défini à l'équation (7)

$$a' = \frac{2}{3} \frac{d \lg x}{d \lg \sigma_z} = \frac{2}{3b_z} \quad \text{pour l'équation (3)}$$

3.3 Application fonctionnelle de la valeur d'émission $K(x)$

Si l'on tient compte de la relation fonctionnelle $E(x)$ lors de la dérivation de (1) selon x pour $y = z = 0$, les solutions correspondant aux équations (12) et (13) s'écrivent respectivement

$$(\bar{X}/Q)_1 = \frac{A'}{5,56 \cdot F^{0,6}} \cdot \frac{1}{h_b (2r-1) + 0,4} \quad \text{si } x_{\max} > 3x^* \quad (14)$$

$$\bar{x}/Q)_1 = \frac{A' \left[\frac{a_z (2r-1 + a')}{\sqrt{2r+a'}} \right]^{a'}}{1,6 \cdot F^{1/3}} \cdot \frac{1}{h_b (2r-1) + a'} \quad \text{si } x_{\max} < 3x^* \quad (15)$$

$$\text{avec } A' = \frac{(a_z (2r-1 + a'))^{2r-1}}{\pi \cdot a_y (2r+a')^r e^{\frac{2r+a'}{2}}}$$

La solution de ce problème a été élaborée par P. Bremer (SEDE) pour le cas particulier $b_y = b_z$ et fait l'objet d'un rapport interne /7/. La distance de concentration maximale est exprimée par

$$x_{\max 1} = \left[\frac{\sqrt{2r+a'} h_b}{(2r-1+a') a_z} \right]^{\frac{1}{b_z}} \quad (16)$$

et la hauteur libre correspondant à l'égalité $x_{\max 1} = 3x^*$ est donnée par la relation

$$h_{b1} = \left[6,48 \left[\frac{a_z (2r-1+a')}{\sqrt{2r+a'}} \right]^{\frac{1}{b_z}} \cdot F^{0,4} \right]^{\frac{1}{\frac{1}{b_z} - 0,6}} \quad (17)$$

3.4 Comparaison des 2 modèles

Du point de vue analytique, les deux applications précédentes de la formule de Sutton-Briggs ne sont que des solutions approchées du problème. En effet, l'équation de Sutton est représentative d'un modèle à hauteur effective constante et la dérivation de cette équation avec l'insertion de la fonction croissante de E selon la distance x à la source (2. procédure développée) n'est pas une procédure rigoureuse non plus.

La relation entre x_{\max_1} de l'équation (16) et x_{\max} de l'équation (4bis) s'écrit

$$x_{\max_1} = \left[\frac{2r-1}{2r-1+a'} \sqrt{\frac{2r+a'}{2r}} \right]^{\frac{1}{b}} x_{\max} \quad (17)$$

Le facteur de x_{\max} est inférieur à 1. Comme $h_b \sim \frac{1}{E}$ il s'ensuit dans le cas $x_{\max} < 3x^*$ que $h_{b1} > h_b$.

Le rapport des hauteurs libres de cheminée calculées par les 2 différents modèles est exprimé dans chacun des domaines de validité $x_{\max} \lesseqgtr 3x^*$ par les relations suivantes

$$\frac{h_{b1}}{h_b} = \left\{ \left[\frac{2r-1+a'}{2r-1} \right]^{2r-1} \left[\frac{2r}{2r+a'} \right]^r e^{-\frac{a'}{2}} \right\}^{\frac{1}{(2r-1)+0,4}} \quad \begin{matrix} \text{si } x_{\max} \\ \text{resp. } x_{\max_1} \end{matrix} > 3x^* \quad (18)$$

$$\frac{h_{b1}}{h_b} = \left\{ \left[\frac{2r-1+a'}{2r-1} \right]^{2r-1+a'} \left[\frac{2r}{2r+a'} \right]^{\frac{2r+a'}{2}} e^{-\frac{a'}{2}} \right\}^{\frac{1}{(2r-1)+a'}} \quad \begin{matrix} \text{si } x_{\max} \\ \text{resp. } x_{\max_1} \end{matrix} < 3x^* \quad (19)$$

Les différences relatives entre les distances de concentration maximale resp. entre les hauteurs libres de cheminée obtenues par les 2 modèles décrits, pour les 4 jeux de coefficients de dispersion (valeurs existantes) de la Table 2, § 4, sont rassemblées dans la Table 1.

Table 1

Différences relatives (%) entre x_{\max_1} et x_{\max} resp. h_{b_1} et h_b

sources /8/	$\left(\frac{x_{\max_1}}{x_{\max}} - 1\right) 100$	$\left(\frac{h_{b_1}}{h_b} - 1\right) 100$	
		$\left. \begin{matrix} x_{\max} \\ x_{\max_1} \end{matrix} \right\} > 3x^*$	$\left. \begin{matrix} x_{\max} \\ x_{\max_1} \end{matrix} \right\} < 3x^*$
ISM-SPA	-34	- 8,5	9,4
JULICH 50 M	-37	-10,3	11,8
JULICH 100 M	-31	-10,0	8,9
MOY. GEOM.	-34	- 9,1	10,4

On constate que les coefficients de dispersion ont un effet peu sensible sur les différences relatives calculées des hauteurs de cheminée.

Sur l'ensemble du diagramme de dimensionnement de cheminées, les différences obtenues sur les hauteurs libres par les 2 modèles se situent entre $\pm 10\%$. En raison des motifs mentionnés au début de ce paragraphe, ces différences doivent être considérées comme un simple indice de sensibilité.

4. Coefficients de dispersion

4.1 Comparaison de coefficients de dispersion

La condition de dispersion est déterminée par la turbulence atmosphérique qui est fonction de l'écoulement du vent et du gradient vertical de température. Près du sol, la rugosité de la surface du sol joue un rôle déterminant. Une relation entre classes de dispersion et paramètres météorologiques a été définie initialement par Pasquill /3/ où il distingue six classes de dispersion, de la plus instable A à la plus stable F. Des auteurs plus récents ont introduit des classes supplémentaires.

La forte instabilité entraîne la diffusion verticale la plus intense. Le polluant diffuse rapidement vers le sol et sa concentration peut y atteindre les valeurs les plus élevées à relativement courte distance de la source. Cet état de la couche atmosphérique de surface s'avère donc déterminant dans le dimensionnement des cheminées en terrain plat sans obstacle.

Pour ses études et expertises, la section de la protection de l'air de l'ISM a défini jusqu'à ce jour une classe instable élargie aux classes B et C de Pasquill (insolation faible à modérée et vent de surface faible à modéré ou insolation forte et vent faible à fort) tout en se basant par ailleurs sur la classe bidimensionnelle ($\Delta T/\Delta z < -1$ °C/100 m et $U \leq 3$ m/s). Les paramètres de diffusion moyens instables de la relation (3) utilisés jusqu'ici par

l'ISM-SPA valent

$$a_y = 0,184 \quad b_y = 0,93 \quad a_z = 0,177 \quad b_z = 0,93$$

De nombreuses expériences dans le terrain ont été entreprises à l'étranger afin de déterminer les coefficients de dispersion pour chacune des classes de dispersion. Les données relatives à la condition instable moyenne (classe B) ont été analysées sur la base d'un ensemble de 37 couples de valeurs pour la dispersion horizontale et de 42 couples de valeurs pour la dispersion verticale /8/.

Les relations (3) peuvent s'écrire sous la forme linéaire

$$\lg \sigma = \lg a + b \lg x$$

Des différences relatives importantes existent sur les ordonnées ($\lg a$) et sur les pentes (b) des droites. Ces différences ne sont toutefois pas quelconques puisqu'une analyse statistique montre qu'elles respectent une certaine relation entre a et b , que l'on peut décrire valablement par une loi de puissance, soit,

pour la dispersion latérale (37 cas):

$$\lg b_y = \lg 0,793 - 0,101 \lg a_y \quad \text{avec une corrélation de } 0,83 \quad (20)$$

pour la dispersion verticale (42 cas):

$$\lg b_z = \lg 0,730 - 0,149 \lg a_z \quad \text{avec une corrélation de } 0,91 \quad (21)$$

La Table 2 donne une comparaison des valeurs b_y et b_z existantes avec celles calculées à partir des relations (20) et (21) pour les valeurs existantes a_y et a_z de l'ISM-SPA /5/, de JÜLICH 50 M /9/ et de JÜLICH 100 M /10/. Y figurent également les paramètres établis par moyenne géométrique (MOY. GEOM.) sur les valeurs de σ (instable B) tirées de la littérature /8/.

Table 2 Comparaison de paramètres de diffusion, classe instable B

Sources	dispersion latérale (équ. 20)			dispersion verticale (équ. 21)		
	a_y exist.	b_y exist.	b_y calc.	a_z exist.	b_z exist.	b_z calc.
ISM-SPA	0,184	0,93	0,941	0,177	0,93	0,945
JÜLICH 50 M	0,8685	0,8097	0,804	0,2222	0,9680	0,913
JÜLICH 100 M	0,2270	0,9704	0,921	0,1551	1,0236	0,964
MOY. GEOM.	0,371	---	0,876	0,126	---	0,995

Les 3 jeux de paramètres a et b expérimentaux, ceux de l'ISM-SPA en particulier, se rapprochent bien de la relation donnée par les droites de régression. Dans ce même contexte la croissance (b_z) des coefficients de dispersion verticale de JÜLICH avec la distance est relativement forte pour l'ordonnée (a_z) indiquée.

Pour les distances de concentration maximale caractéristiques des installations suisses (x_{\max} entre 50 m et 1300 m), les coefficients de dispersion latérale σ_y et verticale σ_z de l'ISM-SPA sont généralement plus faibles que ceux obtenus par les autres paramètres de la Table 2. Les données de "JÜLICH 100 M" se rapprochent le plus des valeurs ISM-SPA.

4.2 Influence des coefficients de dispersion sur le dimensionnement des cheminées

La sensibilité de la hauteur libre de cheminée calculée aux coefficients de dispersion peut être testée par la relation (12). Les différences relatives obtenues avec le modèle du §2 suivant le jeu de paramètres utilisé sont données dans la Table 3 en % par rapport aux hauteurs ISM-SPA. La valeur-limite de concentration $\bar{x}_{\max}(i) = \bar{x}_{\max}(\text{ISM-SPA}) = S$ représente l'augmentation maximale admissible de concentration près du sol pour l'installation dimensionnée.

Table 3 Différences relatives (%) des hauteurs libres de cheminée

$$\left(\frac{h_b(i)}{h_b(\text{ISM-SPA})} - 1 \right) 100$$

$h_b(\text{ISM-SPA})$ (m) sources	5	10	20	50	70	100
MOY. GEOM.	-35	-31	-26	-20	-17	-14
JÜLICH 50 M	-45	-40	-34	-26	-22	-19
JÜLICH 100 M	-10	- 8	- 5	- 2	0	1

Il est confirmé que les coefficients "JÜLICH 100 M" ne diffèrent des coefficients ISM-SPA que de façon négligeable. Les paramètres MOY. GEOM. et JÜLICH 50 M surtout donnent des hauteurs libres sensiblement moins élevées que celles calculées jusqu'ici dans les expertises ISM-SPA. Ces différences sont encore modifiées pour les cas où $x_{\max} < 3x^*$. Les coefficients ISM-SPA peuvent être considérés comme conservatifs. Les différences obtenues ont cependant une incidence toute relative, étant donné les différentes corrections qui sont appliquées après coup sur la hauteur libre.

5. Influence de l'immission maximale admissible sur le dimensionnement des cheminées

Dans le projet de directive de dimensionnement des cheminées, des valeurs limitées de concentrations sont requises en tant que grandeur de calcul S. Pour le SO₂, la valeur S = 0,15 mg/m³ est proposée. La valeur de 0,3 mg/m³ est habituellement retenue dans les expertises ISM-SPA. Les différences relatives

des hauteurs libres de cheminée ont donc été déterminées pour les rapports

$$\frac{S_i}{S_{ISM-SPA}} = \frac{0,2}{0,3} \text{ resp. } \frac{0,15}{0,3} \text{ et sont indiquées dans la Table 4.}$$

Table 4 Différences relatives (%) des hauteurs libres de cheminée

$$\left(\frac{h_b(i)}{h_b(ISM-SPA)} - 1 \right) 100$$

$\frac{S_i}{S_{ISM-SPA}}$	$h_b(ISM-SPA)$ (m) sources	5	10	20	50	70	100
		0,67	MOY. GEOM.	-11	- 5	1	10
JÜLICH 50 M	-24		-17	- 9	3	8	13
JÜLICH 100 M	22		25	28	33	35	36
0,50	MOY. GEOM.	12	19	27	38	43	48
	JÜLICH 50 M	- 4	5	15	30	36	42
	JÜLICH 100 M	50	54	59	64	67	69

Le rapport $\frac{S_i}{S_{ISM-SPA}}$ modifie fortement les différences de hauteurs libres

calculées. Pour la valeur 0,67 de ce rapport, les coefficients de dispersion JÜLICH 50 M mènent à des hauteurs libres en moyennes proches de celles calculées jusqu'ici par l'ISM-SPA. Par contre des hauteurs libres légèrement supérieures, mais dans une proportion croissante avec la hauteur, sont obtenues lorsque ce rapport passe à la valeur 0,5. Ces modifications correspondent dans l'ensemble au but retenu par les auteurs du projet de la directive fédérale sur le dimensionnement des cheminées.

6. Conclusions

L'utilisation de l'expression de surélévation du panache de Briggs comme une constante plutôt qu'une fonction de la distance de transport dans la procédure de dérivation de l'équation de diffusion de Sutton entraîne des différences relativement faibles qui se situent entre $\pm 10\%$ sur la hauteur libre de cheminée calculée et entre 0 et -35% sur la distance de concentration maximale. Le calcul de la hauteur de cheminée est en outre plus ou moins sensible à une diminution de la valeur d'immission maximale admissible au sol suivant les coefficients de dispersion utilisés.

Pour les raisons mentionnées dans l'introduction quant aux hauteurs de cheminée calculées, il s'est avéré nécessaire de revoir les coefficients de dispersion utilisés jusqu'ici par la section de la protection de l'air de l'ISM. Des coefficients de dispersion (JÜLICH 50 M, classe instable B), obtenus récemment par voie expérimentale au centre de recherche nucléaire de Jülich (RFA), correspondent au but recherché. Par conséquent, ils ont été retenus dans le projet de la directive fédérale. Ces coefficients sont en outre considérés plus particulièrement dans le cadre d'une revue générale /8/ des nombreux jeux de coefficients de dispersion σ existants exprimés sous la forme exponentielle ax^b .

7. Références

- /1/ BUNDESAMT FUER UMWELTSCHUTZ : "Richtlinien über die Mindeshöhe von Kaminen und deren Erläuterungen", 2. Entwurf, Bern, 20.6.1978.
- /2/ STERN A.G. : "Air Pollution", Vol.I, Academic Press Inc., 3. edition, 1976.
- /3/ PASQUILL F. : "Atmospheric Diffusion", D. Van Nostrand, 1968.
- /4/ SUTTON O.G. : "Micrometeorology", Mc Grau-Hill, New York, 1953.
- /5/ JEANNET P. : "Etude et évaluation des émissions et immissions dues à des usines d'incinération des ordures, aspects météorologiques", rapport interne de l'Institut suisse de météorologie, Service de la protection de l'air, Payerne, 1974.
- /6/ BRIGGS G.A. : "Plume Rise", AEC Critical Review Series, 1969.
- /7/ BREMER P. : "Dimensionnement de cheminée sur la base des formules de plume-rise Briggs", Mémo interne 1-8, SEDE S.A., Vevey, 20.3.1973.
- /8/ TERCIER Ph. : "Revue et analyse de coefficients de dispersion atmosphérique exprimés sous la forme ax^b ", rapport de travail de l'Institut suisse de météorologie, Zürich, en préparation.
- /9/ VOGT K.J., GEISS H. : "Tracer experiments on the dispersion of plumes over terrain of major surface roughness", Kernforschungsanlage Jül.-1131-ST, Oktober 1974.
- /10/ GEISS H., VOGT K.J. : "Ergebnisse von Ausbreitungsexperimenten mit Abluftfahnen in 100 m Emissionshöhe", in Vorbereitung.

Adresse de l'auteur:

Philippe Tercier
Institut suisse de météorologie
Section de la protection de l'air
Station aérologique

CH-1530 Payerne

