

Yvelines



**Syndicat Intercommunal de Meulan – Hardricourt
– Les Mureaux (SIAMHLM)**

104, RUE DE LA HAYE
78130 LES MUREAUX

EXTENSION ET RENFORCEMENT DU SYSTEME D'ASSAINISSEMENT DU SIAMHLM

DEMANDE D'AUTORISATION DE REALISATION DES TRAVAUX ET DE REJET AU MILIEU NATUREL AU TITRE DE LA LOI SUR L'EAU

VOLET ODEURS

	CABINET BOURGOIS	AGENCE DE VERSAILLES
	3 rue des Tisserands - CS 96838 BETTON 35768 SAINT GREGOIRE CEDEX	7, rue des Chantiers 78000 VERSAILLES
	Téléphone : 02-99-23-84-84 Télécopie : 02-99-23-84-70	Téléphone 01-30-83-29-29 Télécopie : 01-30-83-29-30
	E-mail : cabinet-bourgeois@cabinet- bourgeois.fr	E-mail : age-versailles@cabinet-merlin.fr

GROUPE MERLIN / Réf doc : 121903 - 804 - AUT - NT - 1 – 013

nd	tabli par	pprouvé par	date	objet de la révision
	D. DELOUVEE	C. SIMON	06/03/15	1 ^{ere} diffusion

SOMMAIRE

1	DEFINITION DE LA NOTION D'ODEURS	3
2	PRINCIPALES SOURCES D'EMISSIONS ODORANTES DE LA STEP DES MUREAUX	3
3	ETUDE DE DISPERSION DES ODEURS GENEREES PAR L'UNITE	4
3.1	OBJECTIF DE L'ETUDE	4
3.2	HYPOTHESES RETENUES DANS L'ETUDE DE DISPERSION	4
3.2.1	CARACTERISATION DES SOURCES ODORANTES	4
3.2.2	DESCRIPTION DES CONDITIONS METEOROLOGIQUES	5
3.2.3	MODELE DE DISPERSION UTILISE ET HYPOTHESES DE MODELISATION RETENUES	6
3.2.4	RESULTATS DE LA SIMULATION DE DISPERSION DES REJETS OLFACTIFS	6
3.2.5	CONCLUSION DE L'ETUDE	7
	ANNEXE : DESCRIPTION DU MODELE NUMERIQUE ARIA IMPACT	8
1	LE TERRAIN	9
2	LE DOMAINE D'ETUDE	10
3	LE REGIME	10
4	LA TURBULENCE ATMOSPHERIQUE	10
A.	METHODE DITE "RAYONNEMENT - VENT"	12
B.	METHODE DITE "GRADIENT DE TEMPERATURE"	12
C.	METHODE DITE "SIGMA DIRECTION"	12
D.	METHODE DITE "JOUR-NUIT"	13
E.	METHODE DITE "GRADIENT DE TEMPERATURE ET HUMIDITE"	13
F.	METHODE DITE "NEBULOSITE - VENT"	14
G.	METHODE DITE "SIGMA W"	16
5	LES ECARTS-TYPE	16
A)	PASQUILL - TURNER	17
B)	BRIGGS OPEN COUNTRY	18
C)	BRIGGS URBAN	18
D)	DOURY	18
E)	BROOKHAVEN	19
F)	CAS DES VENTS FAIBLES	20
6	LE CHOIX DE LA FORMULATION DE LA SURHAUTEUR	21
A)	FORMULES DE BRIGGS PLAFONNEE	24
A)	FORMULE DE ANFOSSI	26
B)	FORMULE DE HOLLAND	26
7	LA TAILLE DES PARTICULES	27
8	LES GAZ	27
9	LA CONCENTRATION AU SOL	27

1 DEFINITION DE LA NOTION D'ODEURS

La perception d'une odeur résulte de la présence dans l'environnement de composés gazeux notamment de composés organiques volatils.

Les principaux composés odorants appartiennent aux familles chimiques suivantes : soufres, azotes aldéhydes, acides gras volatils, hydrogène sulfuré et ammoniac.

La sensibilité aux odeurs est très variable d'un individu à l'autre.

Il n'y a pas de définition réglementaire de la pollution odorante. La réglementation définit seulement "le niveau d'une odeur" (exprimé en UO_E) ou "**concentration d'un mélange odorant**" comme étant le facteur de dilution qu'il faut appliquer à un effluent pour qu'il ne soit plus ressenti comme odorant par 50 % des personnes constituant un échantillon de population.

Le niveau d'odeurs est également indiqué. Rappelons que 1 UO_E/m³ correspond à un niveau d'odeur où 50% de la population **perçoit** l'odeur ou seuil de perception. En général, 2 à 3 UO_E/m³ correspondent à un niveau d'odeur où 50% de la population **reconnaît** l'odeur ou seuil de reconnaissance. Dans de nombreux cas, 5 UO_E/m³ correspond à un niveau d'odeur où 50% de la population **discerne** l'odeur ou seuil de discernement. Il s'agit du seuil à partir duquel la majorité des individus sont en mesure de différencier, discriminer, juger et apprécier une odeur. Il serait plausible que les plaintes d'odeurs surviennent habituellement lorsque ce niveau olfactif est atteint. C'est le seuil de 5 UO_E/m³ qui a été repris par la réglementation relative aux installations de compostage avec une fréquence de dépassement autorisée de 2 %. C'est donc ce niveau que nous avons retenu comme objectif.

2 PRINCIPALES SOURCES D'EMISSIONS ODORANTES DE LA STEP DES MUREAUX

Sur la **filière de traitement des eaux**, le principe épuratoire retenu est très faiblement générateur de nuisances olfactives ; l'aération des effluents évite en effet tout processus de fermentation qui produit des molécules odorantes.

D'autre part, en matière d'aération des bassins biologiques, la technique de **l'insufflation d'air** ne génère pas d'aérosols et **évite la propagation des molécules odorantes**.

Les ouvrages les plus sensibles seront :

- ✓ les ouvrages de prétraitement et les locaux de **réception de graisses et de stockage des résidus** qui seront couverts ou confinés et désodorisés.
- ✓ les installations de traitement des boues (stockages, déshydratation), confinées dans des locaux désodorisés également.

Le traitement des odeurs de la future unité sera assuré par :

- ✓ Le maintien de la désodorisation chimique existante assurant le traitement de l'air issu des prétraitements existants et du local de déshydratation des boues, dont les rejets ont été caractérisés dans l'état initial (cf. chapitre II-**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**),
- ✓ La création de nouvelles unités de désodorisation :
 - Désodorisation par lavage chimique pour traiter l'air issu des nouveaux bâtiments de traitement des boues et de réception et traitement des graisses ;

- Désodorisation sur filtre à charbon actif pour traiter l'air collecté au niveau de la vasque du digesteur (bâche de réception et de mélange des boues réalisé sous la toiture du digesteur) et sous la bâche de stockage des boues digérées ;

Le traitement des odeurs sera conçu pour protéger le personnel d'exploitation et pour réduire la gêne olfactive encourue par la population riveraine.

Une étude de dispersion des odeurs au niveau des différentes sources recensées a été réalisée afin de quantifier les impacts sur les habitations riveraines et les alentours du site. Cette étude est présentée ci après.

3 ETUDE DE DISPERSION DES ODEURS GENEREES PAR L'UNITE

3.1 OBJECTIF DE L'ETUDE

L'objectif de cette étude est d'évaluer, dans l'environnement du site d'implantation de la station d'épuration, les concentrations d'odeurs dans l'air générées par les différentes sources odorantes présentes sur l'installation.

3.2 HYPOTHESES RETENUES DANS L'ETUDE DE DISPERSION

3.2.1 CARACTERISATION DES SOURCES ODORANTES

Les sources odorantes prises en compte pour l'étude de dispersion sont :

- ✓ Rejet canalisé de la désodorisation chimique actuelle,
- ✓ Rejet diffus issu des bassins d'aération,
- ✓ Rejet canalisé de la désodorisation chimique future,
- ✓ Rejet canalisé de la désodorisation par filtre à charbon actif future,
- ✓ Rejet diffus issu du bassin d'orage.

SOURCES PRISES EN COMPTE

Description source	caractéristiques
source ponctuelle canalisée- désodorisation existante	
Nombre de conduit	1
Hauteur conduit	12 m
Diamètre intérieur du conduit	1 m
Débit d'émission	16 330 m ³ /h
Concentration d'odeur à l'émission	1 100 UO _E /m ³
Température	15° C
source ponctuelle canalisée- désodorisation future charbon actif	
Nombre de conduit	1
Hauteur conduit	12 m
Diamètre intérieur du conduit	0.2 m
Débit d'émission	1 400 m ³ /h
Concentration d'odeur à l'émission	500 UO _E /m ³
Température	15° C
source ponctuelle canalisée- désodorisation future chimique	
Nombre de conduit	1
Hauteur conduit	12 m
Diamètre intérieur du conduit	1 m
Débit d'émission	32 000 m ³ /h
Concentration d'odeur à l'émission	1 500 UO _E /m ³
Température	15° C
source étendue surfacique – bassin d'aération	
Nombre de bassins	3
Surface concernée / bassin	1 450 m ²
Débit d'émission	32 m ³ /h.m ²
Concentration d'odeur à l'émission	92 UO _E /m ³
source étendue surfacique – bassin d'orage	
Nombre de bassins	1
Surface concernée	750 m ²
Débit d'émission (par biofiltre)	32 m ³ /h.m ²
Concentration d'odeur à l'émission	2 000 UO _E /m ³

3.2.2 DESCRIPTION DES CONDITIONS METEOROLOGIQUES

Les paramètres pris en compte dans la simulation de la dispersion des odeurs correspondent à la rose des vents de Pontoise sur la période 1991-2010.

3.2.3 MODELE DE DISPERSION UTILISE ET HYPOTHESES DE MODELISATION RETENUES

Le modèle mathématique de dispersion utilisé pour cette analyse statistique est le logiciel ARIA Impact. Il s'agit d'un modèle de type gaussien qui intègre un algorithme spécifique permettant de calculer l'impact des sources dans le cas de vents calmes. Ce logiciel permet d'élaborer des statistiques météorologiques et de déterminer l'impact des émissions rejetées par une ou plusieurs sources ponctuelles, linéiques ou surfaciques. Il permet de simuler plusieurs années de fonctionnement en utilisant des chroniques météorologiques représentatives du site. Il ne permet pas de considérer les transformations photochimiques des polluants.

Sans être un modèle tridimensionnel, ARIA Impact peut prendre en compte la topographie de manière simplifiée.

La description du logiciel ARIA Impact est présentée en annexe.

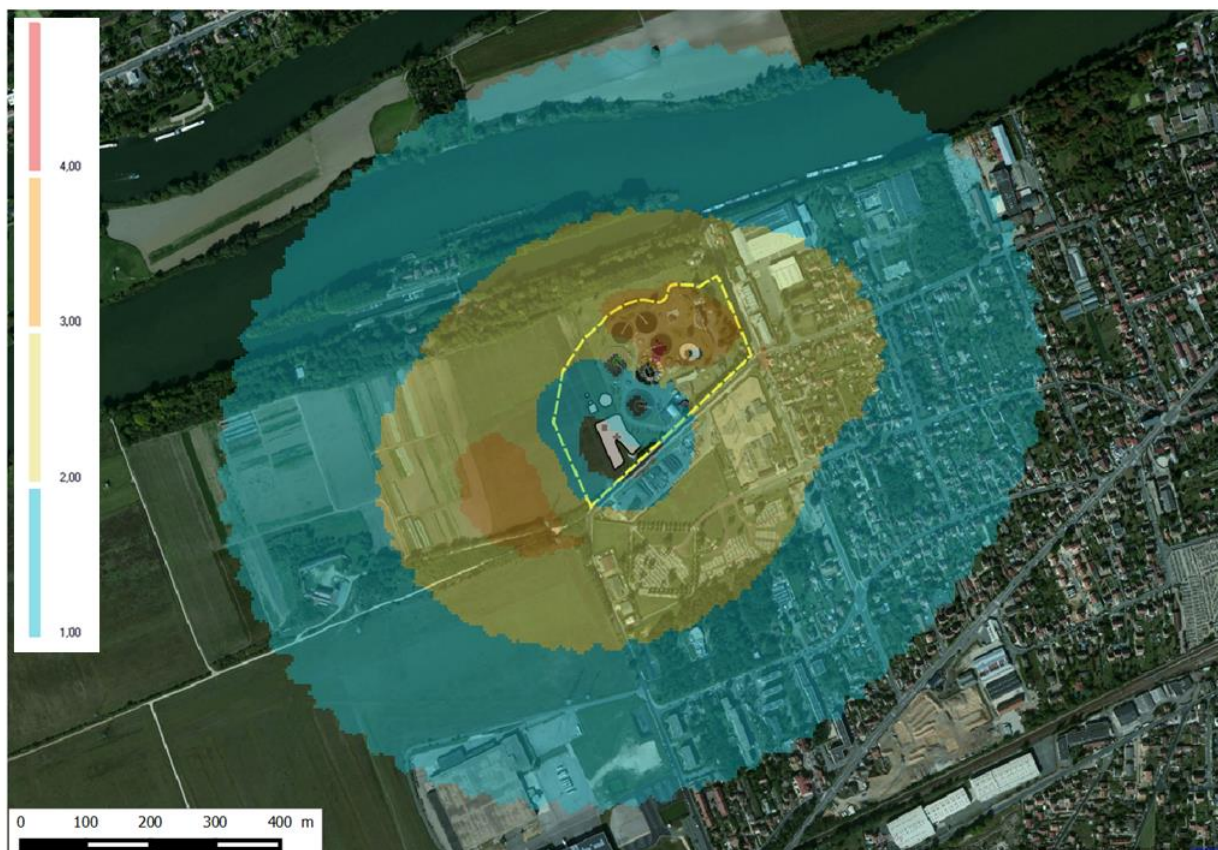
Les hypothèses de calcul qui ont été retenues sont les suivantes :

- ◆ Domaine d'étude : il consiste en un carré de 7 km de côté centré sur le projet,
- ◆ Points sur lesquels les concentrations d'odeurs ont été simulées : Une grille de calcul de résolution 70 m a été utilisée sur la zone d'étude permettant ainsi de cartographier les rejets autour du site

3.2.4 RESULTATS DE LA SIMULATION DE DISPERSION DES REJETS OLFACTIFS

Les simulations réalisées portent sur le **maximum** attendu sur l'ensemble du domaine d'étude.

La carte ci-après présente le résultat des simulations.



Les zones sur lesquelles les émissions odorantes liées à la station d'épuration seront les plus perceptibles sont situées aux alentours de l'unité et à l'Ouest, en zone agricole.

La valeur de $5 \text{ UO}_E / \text{m}^3$ n'est jamais dépassée.

3.2.5 CONCLUSION DE L'ETUDE

La simulation de dispersion atmosphérique des rejets montre que le risque de nuisance est **très limité** pour les riverains grâce aux moyens de protection mis en œuvre sur le site (locaux fermés et air désodorisé avant rejet à l'atmosphère).

En effet, le niveau d'odeurs **maximal** attendu reste inférieur à 4 unités d'odeur (léger dépassement au niveau des ouvrages sur site) et inférieur à 3 unités d'odeurs dans les zones habitées.

Rappelons que les hypothèses sont majorantes puisqu'elles cumulent un flux de rejet maximal et des conditions de dispersion atmosphériques pénalisantes.

En situation normale moyenne (flux de rejet moindre et vent plus fort), les odeurs issues de la station d'épuration resteront imperceptibles.

ANNEXE :
DESCRIPTION DU MODELE NUMERIQUE ARIA IMPACT

Le logiciel ARIA Impact est un modèle gaussien statistique cartésien. Pour le calcul des retombées au sol de polluants, il permet de prendre en compte deux types de polluants :

- ◆ les effluents gazeux passifs,
- ◆ les poussières sensibles aux effets de la gravité.

Le programme effectue les calculs individuellement pour chacune des sources (sources ponctuelles, linéiques et surfaciques) et somme pour chaque espèce les contributions de toutes les sources de même type. Il permet de prendre en compte une description de la granulométrie en dix classes et l'appauvrissement du panache au cours de sa progression.

De plus, pour les vents faibles, un modèle à bouffées gaussiennes permet de calculer les concentrations au sol.

Les hypothèses de calcul de ce modèle sont les suivantes :

1. la turbulence est homogène dans les basses couches,
2. la mesure du site est représentative de l'ensemble du domaine de calcul,
3. la densité des polluants est voisine de celle de l'air,
4. la composante verticale du vent est négligeable devant la composante horizontale,
5. le régime permanent est instantanément atteint.

Ces hypothèses sont généralement majorantes et permettent une visualisation rapide des ordres de grandeurs de la pollution sur des domaines de 1 à 30 km.

Chacun des paramètres déterminants dans l'estimation de la pollution atmosphérique modélisée par ARIA Impact est détaillé ci-après.

1 LE TERRAIN

Sans être un modèle tridimensionnel, ARIA Impact permet de prendre en compte l'influence du relief de façon simplifiée. En effet, la prise en compte du relief est basée sur des modélisations qui suivent les principes suivants :

On suppose que l'axe du panache se trouve à une hauteur h par rapport au sol.

- ◆ Si l'axe du panache passe au dessus d'un relief de hauteur $h_t < h$:
 - En atmosphère neutre ou instable : la hauteur de l'axe du panache est $h + h_t/2$
 - En atmosphère stable : la hauteur de l'axe du panache ne varie pas
- ◆ Si l'axe du panache passe au dessous d'un relief de hauteur $h_t > h$:
 - En atmosphère neutre ou instable : la hauteur de l'axe du panache est $h_t + h/2$
 - En atmosphère stable : la hauteur de l'axe du panache est fixée à une valeur limite égale à dix mètres.

Il faut noter que cette formulation est pénalisante en cas de vent stable.

2 LE DOMAINE D'ETUDE

Le domaine d'étude doit être suffisamment grand :

- ◆ pour que les obstacles (bâtiments, arbres, etc..) puissent être considérés comme faisant partie de la rugosité du terrain,
- ◆ pour contenir les panaches calculés.

Dans le cas où le domaine contient plusieurs cheminées, les panaches sont calculés indépendamment les uns par rapport aux autres. Les concentrations de chaque cheminée s'additionnent en tous les points du calcul. Le fait de ne pas prendre en compte les interférences possibles entre chaque panache est majorant pour la détermination de la concentration car la surhauteur est sous-évaluée.

3 LE REGIME

La formulation du gaussien rectiligne se démontre pour un régime permanent. Il faut remarquer qu'un régime permanent est majorant par rapport à un régime transitoire.

Il est donc nécessaire que les variations des données météorologiques soient suffisamment lentes par rapport à la propagation du panache. Un moyen simple d'apprécier la période à prendre est d'effectuer le calcul :

$$T \approx L/U$$

où L est la taille du domaine et U la vitesse du vent.

4 LA TURBULENCE ATMOSPHERIQUE

La propagation du panache est supposée s'effectuer dans une couche de l'atmosphère homogène, débutant du sol et suffisamment haute pour ne pas gêner l'expansion verticale du panache.

La turbulence est représentée par une classe qui permet de choisir une paramétrisation "des écarts-type" (dimensions verticales et horizontales du panache). Cette paramétrisation traduit mathématiquement l'expansion verticale et horizontale du panache. Ainsi, une inversion thermique débutant du sol et contenant la totalité du panache sera une atmosphère stable ou très stable (classe E ou F de Pasquill).

La turbulence ayant deux origines, l'une thermique et l'autre mécanique, il est nécessaire de disposer des indications suivantes :

- ◆ une mesure de vent pour évaluer la turbulence d'origine mécanique,
- ◆ des informations concernant le rayonnement (solaire et infrarouge) : la position astronomique du soleil (heure dans l'année) et la couverture nuageuse (nébulosité en 1/8) pour apprécier la turbulence d'origine thermique.

La turbulence mécanique est prépondérante par vent fort et a tendance à rendre l'atmosphère thermiquement neutre. La turbulence thermique conduit à de fortes instabilités lorsque le sol est surchauffé et que le vent laisse s'établir la convection naturelle.

Dans le cas d'un calcul simple d'initialisation manuelle des données météorologiques, la classe de stabilité est soit fournie par l'utilisateur, soit déduite des données météorologiques introduites. Dans le cas des roses des vents saisies manuellement, les données de départ sont fournies par un fichier de données météorologiques comportant souvent plusieurs années de mesures. Ces mesures sont des mesures réelles, la classe de stabilité est donc estimée à partir de ces mesures.

Les méthodes de détermination disponibles dans le logiciel sont décrites pour la formulation de Pasquill. Pour ce qui concerne les autres formulations, les correspondances entre classes sont utilisées. Elles sont résumées dans le tableau suivant :

Pasquill	A	B	C	D	E	F
Briggs	A	B	C	D	E	F
Doury	DN	DN	DN	DN	DF	DF
Brookhaven	A	B2	B1	C	D	D

Cependant, dans ARIA Impact, les différentes classes de stabilité ne sont pas représentées par une lettre mais par un chiffre. La correspondance est la suivante:

- **Classe de Pasquill et Briggs:**

A	B	C	D	E	F
1	2	3	4	5	6

- **Classe de Doury:**

DF	DN
1	2

- **Classe de Brookhaven:**

A	B2	B1	C	D
1	2	3	4	5

A. METHODE DITE "RAYONNEMENT - VENT"

Cette méthode utilise le rayonnement net le jour et le rayonnement global la nuit. Elle est préconisée par le Guide de sureté de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique. Le schéma est le suivant :

JOUR					NUIT		
Vitesse	Rayonnement net (W/m2)				Rayonnement global (W/m2)		
m/s	>581.5	>290.75	>145.4	<145.4	>-21	>-41.9	<-41.9
< 2	A	B	B	D	D	E	F
2-3	C	B	B	D	D	E	F
3-4	B	C	C	D	D	D	E
4-6	B	B	C	C	D	D	D
>6	C	D	D	D	D	D	D

B. METHODE DITE "GRADIENT DE TEMPERATURE"

Cette méthode nécessite la connaissance de la température à deux niveaux de hauteur différents afin de pouvoir calculer le gradient de température. Une fois la détermination effectuée, la correspondance entre gradient thermique et classe de stabilité se fait de la manière suivante :

Gradient (Deg/100m)	Classe
$G < -1.9$	A
$-1.9 < G < -1.7$	B
$-1.7 < G < -1.5$	C
$-1.5 < G < -0.55$	D
$-0.55 < G < 1.5$	E
$1.5 < G$	F

C. METHODE DITE "SIGMA DIRECTION"

Cette méthode repose sur la connaissance de l'écart type de la fluctuation de la direction du vent. Une fois ce paramètre physique déterminé, la correspondance entre écart type et classe de stabilité se fait de la manière suivante :

Ecart type (Deg)	Classe
$Sd < 5$	F
$5 < Sd < 10$	E
$10 < Sd < 15$	D
$15 < Sd < 20$	C
$20 < Sd < 25$	B
$25 < Sd$	A

D. METHODE DITE "JOUR-NUIT"

Cette méthode pallie les éventuelles invalidations des deux méthodes précédentes. Elle permet de déterminer une classe de stabilité même quand le rayonnement ou la nébulosité n'est pas disponible. Elle utilise une classification fonction du jour et de la nuit ainsi que de la vitesse du vent. Le schéma est le suivant :

Vitesse (m/s)	Jour	Nuit
< 5	C	E
5-6	D	E
>6	D	D

E. METHODE DITE "GRADIENT DE TEMPERATURE ET HUMIDITE"

La prise en compte de l'humidité (U) peut s'avérer importante.

La méthode proposée est alors la suivante :

1- Si $U < 10 \%$

$G \leq -1,13^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=>	A
$-1,13 < G \leq -1,03^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=>	B
$-1,03 < G \leq -0,91^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=>	C
$-0,91 < G \leq -0,37^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=>	D
$-0,37 < G \leq +0,78^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=>	E
$+0,78^{\circ}\text{C}/100\text{m} < G$	=>	F

2- Si $10 \leq U < 20 \%$

$G \leq -1,18^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=>	A
$-1,18 < G \leq -1,05^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=>	B
$-1,05 < G \leq -0,91^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=>	C
$-0,91 < G \leq -0,22^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=>	D
$-0,22 < G \leq +1,12^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=>	E
$+1,12^{\circ}\text{C}/100\text{m} < G$	=>	F

3- Si $20 \leq U < 30 \%$

$G \leq -1,39^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=>	A
$-1,39 < G \leq -1,18^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=>	B
$-1,18 < G \leq -0,97^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=>	C
$-0,97 < G \leq -0,16^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=>	D
$-0,16 < G \leq +1,25^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=>	E
$+1,25^{\circ}\text{C}/100\text{m} < G$	=>	F

4- Si $30 \leq U < 40 \%$

$G \leq -1,61^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=>	A
$-1,61 < G \leq -1,33^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=>	B
$-1,33 < G \leq -1,00^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=>	C
$-1,00 < G \leq -0,10^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=>	D
$-0,10 < G \leq +1,32^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=>	E
$+1,32^{\circ}\text{C}/100\text{m} < G$	=>	F

5- Si $40 \leq U < 50 \%$		
	$G \leq -1,82^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=> A
	$-1,82 < G \leq -1,48^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=> B
	$-1,48 < G \leq -1,04^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=> C
	$-1,04 < G \leq -0,04^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=> D
	$-0,04 < G \leq +1,39^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=> E
	$+1,39^{\circ}\text{C}/100\text{m} < G$	=> F
6- Si $50 \leq U < 60 \%$		
	$G \leq -1,62^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=> B
	$-1,62 < G \leq -1,00^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=> C
	$-1,00 < G \leq +0,02^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=> D
	$-0,02 < G \leq +1,46^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=> E
	$+1,46^{\circ}\text{C}/100\text{m} < G$	=> F
7- Si $60 \leq U < 70 \%$		
	$G \leq -1,77^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=> B
	$-1,77 < G \leq -1,16^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=> C
	$-1,16 < G \leq +0,08^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=> D
	$+0,08^{\circ}\text{C}/100\text{m} < G$	=> E
8- Si $70 \leq U < 80 \%$		
	$G \leq -1,25^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=> C
	$-1,25^{\circ}\text{C}/100\text{m} < G$	=> D
9- Si $80 \leq U < 100 \%$		
	$G \leq -1,40^{\circ}\text{C}/100\text{m}$	=> C
	$-1,40^{\circ}\text{C}/100\text{m} < G$	=> D
10- Si $U=100\%$		=> D

F. METHODE DITE "NEBULOSITE - VENT"

C'est la méthode la plus utilisée car la nébulosité (ou indice de couverture nuageuse) est la grandeur généralement fournie par les stations de Météo France. La stabilité est déduite à partir des paramètres disponibles (vitesse du vent et nébulosité) selon la méthode suivante :

1) Détermination d'un indicateur de "Iv" portant sur les effets mécaniques et utilisant la mesure du vent à 11 m :

Vent (m/s)	$0 < V \leq 0,5$	$0,5 < V \leq 1,5$	$1,5 < V \leq 3,5$	$3,5 < V \leq 5,5$	$5,5 < V \leq 6,5$	$6,5 < V$
Iv	1	2	3	4	5	6

2) Détermination d'un indicateur de rayonnement "R" caractérisant les effets thermiques et utilisant la hauteur du soleil "H", fonction du jour dans l'année et de l'heure dans le jour ainsi que de la nébulosité "N" :

Hauteur soleil "H":	nuit	$0 \leq H < 15^\circ$	$15^\circ \leq H < 35^\circ$	$35^\circ \leq H < 60^\circ$	$60^\circ \leq H \leq 90^\circ$
Nébulosité "N" :					
N=0	R=5	R=5	R=3	R=2	R=1
N=1	R=5	R=5	R=3	R=2	R=1
N=2	R=5	R=5	R=3	R=2	R=1
N=3	R=5	R=5	R=3	R=2	R=1
N=4	R=5	R=4	R=6	R=2	R=1
N=5	R=4	R=4	R=6	R=3	R=2
N=6	R=4	R=4	R=6	R=3	R=2
N=7	R=4	R=4	R=6	R=3	R=2
N=8	R=6	R=6	R=6	R=6	R=3

3) Croisement des deux indicateurs de turbulence (turbulence mécanique : indicateur "Iv", turbulence thermique : indicateur "R") pour obtenir la classe de stabilité de PASQUILL :

	JOUR			NUIT ou jour couvert (R = 6)		
	R=1	R=2	R=3	R=4	R=5	R=6
Iv=1	A	A	B	F	F	D
Iv=2	A	B	B	E	F	D
Iv=3	A	B	C	E	F	D
Iv=4	B	C	C	D	E	D
Iv=5	C	C	D	D	D	D
Iv=6	C	D	D	D	D	D

On retrouve dans cette démarche les principes énoncés :

- ◆ par vent modéré et fort, l'atmosphère est bien brassée et neutre (D),
- ◆ par vent faible et si de l'énergie thermique près du sol est disponible, la convection naturelle peut s'établir (A, B ou C),
- ◆ à défaut, l'atmosphère est stable (E ou F).

Il est nécessaire de préciser que cette méthode permet d'avoir une estimation globale de la stabilité atmosphérique. Elle ne permet en aucun cas d'avoir une description de la structure verticale de l'atmosphère. L'accès à cette structure (altitude et épaisseur des couches stables ou inversion) passe par une instrumentation spécifique du site qui n'est pas réalisée en routine par les centres météorologiques.

G. METHODE DITE "SIGMA W"

Cette méthode repose sur la connaissance de l'écart type de la fluctuation de la direction du vent. Une fois ce paramètre physique déterminé, la correspondance entre écart type et classe de stabilité se fait de la manière suivante :

Ecart-type (deg.)	Classe
$\sigma_d < 5$	F
$5 < \sigma_d < 10$	E
$10 < \sigma_d < 15$	D
$15 < \sigma_d < 20$	C
$20 < \sigma_d < 25$	B
$25 < \sigma_d$	A

5 LES ECARTS-TYPE

Les calculs des écarts-type de dispersion σ_y , σ_z sont effectués par ARIA Impact avec les mêmes formules pour les deux modèles (gaz et poussières). Il est toutefois possible de choisir entre plusieurs types de formulation, aussi bien pour σ_y , σ_z .

La dispersion du polluant autour de sa trajectoire nécessite la connaissance des écarts-type. Les distributions gaussiennes des polluants sont caractérisées par les "écarts-type" horizontaux et verticaux.

Le choix des écarts-type, paramètres qui pilotent la diffusion du panache, est un problème délicat qui renferme une part d'empirisme relativement importante. Ces paramètres doivent être adaptés au site étudié. Pour évaluer la valeur des écarts-type, il faut prendre en compte les éléments suivants :

- ◆ plus le terrain est accidenté et contient des obstacles, plus la rugosité est importante,
- ◆ plus la rugosité est importante, plus la turbulence (conditions météorologiques égales par ailleurs) est élevée,
- ◆ plus la turbulence est élevée, plus les écarts-type sont importants,
- ◆ plus les écarts-type sont importants, plus vite le panache atteindra le sol (cas d'un rejet élevé),
- ◆ plus les écarts-types sont importants, plus vite le panache se disperse.

Pour les écarts-type de dispersion des panaches, on peut utiliser les formulations suivantes :

- (1) **PASQUILL - TURNER** : formulation standard.
- (2) **BRIGGS OPEN COUNTRY**, pour les sites de campagne peu accidentés.
- (3) **BRIGGS URBAN**, pour les sites urbanisés où le mélange vertical est très fort.
- (4) **DOURY**, formulation du Commissariat à l'Energie Atomique français.
- (5) **BROOKHAVEN**, formulation du Brookhaven National Laboratory.

Les formules utilisées, en fonction de la distance sous le vent des émissions et de la classe de stabilité, ont été établies pour des durées d'échantillonnage de 10 mn. Cependant, on peut facilement obtenir des concentrations moyennes tri-horaires, au plus, à partir de durées d'échantillonnage de 10 mn.

Variables significatives :

x = distance à la source sous le vent

σ_y = écart type horizontal perpendiculaire à l'axe du panache

σ_z = écart type vertical perpendiculaire à l'axe du panache

A) PASQUILL - TURNER

Pour x < 1 kilomètre :

Classe	σ_y	σ_z
A	$0,215 x^{0,858}$	$0,01 + 0,467 x^{1,89}$
B	$0,155 x^{0,889}$	$0,103 x^{1,11}$
C	$0,105 x^{0,903}$	$0,066 x^{0,915}$
D	$0,068 x^{0,908}$	$0,0315 x^{0,822}$
E	$0,050 x^{0,914}$	$0,0232 x^{0,745}$
F	$0,034 x^{0,908}$	$0,0144 x^{0,727}$

Pour x > 1 kilomètre, les valeurs des écarts-type changent pour les classes E et F :

Classe	σ_y	σ_z
E	$0,050 x^{0,914}$	$- 0,126 + 0,1480 x^{0,150}$
F	$0,034 x^{0,908}$	$- 0,017 + 0,0312 x^{0,306}$

B) BRIGGS OPEN COUNTRY

Classe	σ_y	σ_z
A	$0,22 \times (1 + 0,0001 x)^{-1/2}$	$0,20 x$
B	$0,16 \times (1 + 0,0001 x)^{-1/2}$	$0,12 x$
C	$0,11 \times (1 + 0,0001 x)^{-1/2}$	$0,08 \times (1 + 0,0002 x)^{-1/2}$
D	$0,08 \times (1 + 0,0001 x)^{-1/2}$	$0,06 \times (1 + 0,0015 x)^{-1/2}$
E	$0,06 \times (1 + 0,0001 x)^{-1/2}$	$0,03 \times (1 + 0,0003 x)^{-1}$
F	$0,04 \times (1 + 0,0001 x)^{-1/2}$	$0,016 \times (1 + 0,0003 x)^{-1}$

C) BRIGGS URBAN

Classe	σ_y	σ_z
A - B	$0,32 \times (1 + 0,0004 x)^{-1/2}$	$0,024 \times (1 + 0,001 x)^{-1/2}$
C	$0,22 \times (1 + 0,0004 x)^{-1/2}$	$0,20 x$
D	$0,16 \times (1 + 0,0004 x)^{-1/2}$	$0,14 \times (1 + 0,0003 x)^{-1/2}$
E - F	$0,11 \times (1 + 0,0004 x)^{-1/2}$	$0,08 \times (1 + 0,0015 x)^{-1/2}$

D) DOURY

Cette formulation est basée non pas sur la distance du panache à la source, mais sur le temps de transfert du panache depuis la source. Pour un panache gaussien rectiligne, la distance et le temps de transfert sont liées par la vitesse du vent. Cette formulation repose sur deux classes : diffusion faible et diffusion normale.

◆ Ecarts-type de la classe diffusion faible :

Temps de transfert	σ_y	σ_z
0-240 sec	$0.405 t^{0.859}$	$0.2 t^{0.5}$
240-97000 sec	$0.135 t^{1.130}$	$0.2 t^{0.5}$
97000-508000 sec	$0.463 t$	$0.2 t^{0.5}$
508000-1300000 sec	$0.65 t^{0.824}$	$0.2 t^{0.5}$
>1300000 sec	$200000 t^{0.5}$	$0.2 t^{0.5}$

♦ **Ecart-type de la classe diffusion normale :**

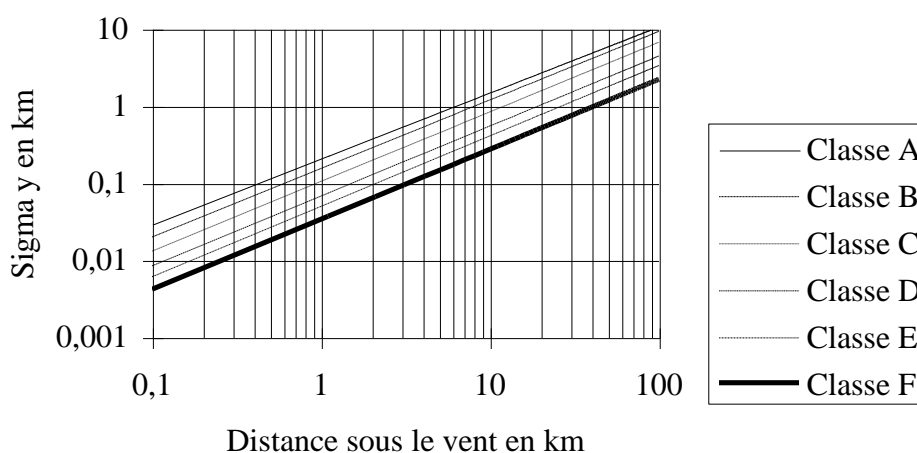
Temps de transfert	σ_y	σ_z
0-240 sec	$0.405 t^{0.859}$	$0.42 t^{0.814}$
240-3280 sec	$0.135 t^{1.130}$	$1.0 t^{0.685}$
3280-97000 sec	$0.135 t^{1.130}$	$20 t^{0.5}$
97000-508000 sec	$0.463 t$	$20 t^{0.5}$
508000-1300000 sec	$6.5 t^{0.824}$	$20 t^{0.5}$
>1300000 sec	$200000 t^{0.5}$	$20 t^{0.5}$

E) BROOKHAVEN

Classe	σ_y	σ_z
A - B1	0.40×0.91	0.41×0.91
B2	0.36×0.86	0.33×0.86
C	0.32×0.78	0.22×0.78
D	0.31×0.71	0.06×0.71

Dans les modèles de dispersion gaussienne, les écarts-type de Pasquill¹ sont couramment utilisés. Ils sont fonction de la distance parcourue par le polluant depuis la source d'émission et de la stabilité de l'atmosphère. Ces lois d'évolution sont résumées dans les figures a et b.

L'examen de ces figures montre bien que l'évolution de la taille des écarts-type horizontaux et verticaux est plus rapide en classe de forte diffusion (classe A de Pasquill) qu'en classe de faible diffusion (classe F de Pasquill) puisque la courbe correspondant à la classe A est située au-dessus de la courbe correspondant à la classe F (diagrammes avec échelles logarithmiques).



¹ Guide sûreté de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique - page 50

Figure a : Ecarts-type horizontaux en fonction de la distance parcourue depuis la source pour chaque classe de stabilité de Pasquill

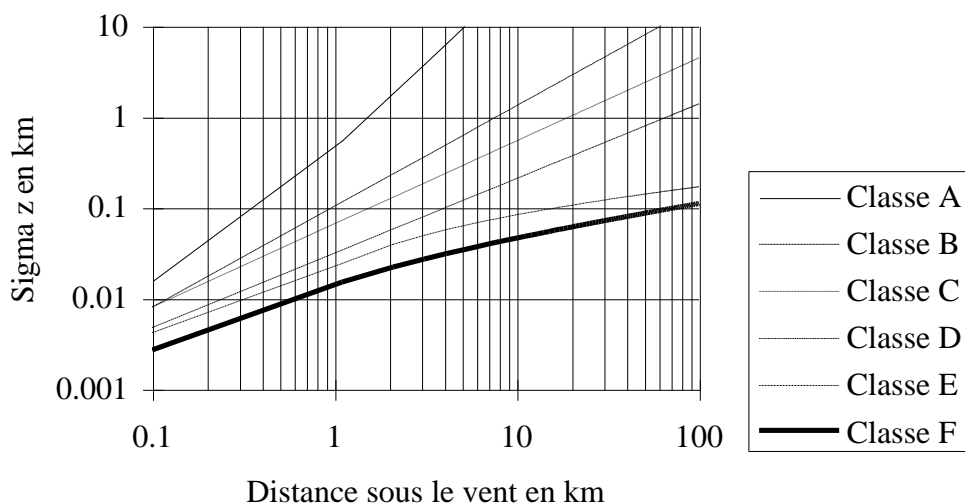


Figure b : Ecarts-type verticaux en fonction de la distance parcourue depuis la source pour chaque classe de stabilité de Pasquill

F) CAS DES VENTS FAIBLES

Dans le cas des vents faibles, un modèle à bouffées gaussiennes : DIFFUS permet de calculer les concentrations au sol.

Le modèle DIFFUS modélise le transport et la diffusion des polluants en mettant en œuvre deux fonctions bien distinctes :

- ◆ Le calcul de la trajectoire du polluant (transport par le vent),
- ◆ Le calcul de la dispersion du polluant autour de sa trajectoire et de l'impact en différents points du maillage.

Pour simuler la dispersion, l'émission est découpée en un grand nombre de "bouffées" élémentaires. Les bouffées ont une taille qui évolue dans le temps en fonction de leur distance par rapport à la source et de la stabilité de l'atmosphère. Le centre de la bouffée est un point de la trajectoire du polluant. Autour de ce point, la concentration de la bouffée est supposée répartie de façon gaussienne (plus de polluant vers le centre de la bouffée que sur les bords de la bouffée).

Les distributions gaussiennes des polluants sont caractérisées par les écarts-type horizontaux et verticaux.

Pour le calcul classique, ces écarts-type vont évoluer dans le temps pour modéliser la diffusion du panache dans l'air ambiant. La loi d'évolution des bouffées suit les règles de Pasquill² qui sont classiquement utilisées dans les modèles de dispersion gaussienne. Ces évolutions sont fonction de la distance parcourue par la bouffée depuis son départ de la source et de la stabilité de l'atmosphère.

Ce type de modélisation utilisant des bouffées est exactement identique à une modélisation gaussienne classique lorsque le vent est supposé uniforme sur tout le domaine de calcul (sans vitesse verticale du vent), le terrain plat et le débit constant.

A chaque bouffée est attribuée une concentration (ou masse) de polluant en fonction du débit de la source au moment où la bouffée quitte la source.

L'impact au sol (concentration ou dépôt) est la somme des contributions de chaque bouffée.

La concentration totale s'obtient alors en sommant les contributions de chacune des bouffées situées sur les trajectoires.

L'ensemble de ces bouffées constitue la ligne d'émission.

Toutefois, il est important de préciser que le temps de calcul pour un site ayant beaucoup de vent calme est plus long que s'il n'en possédait pas.

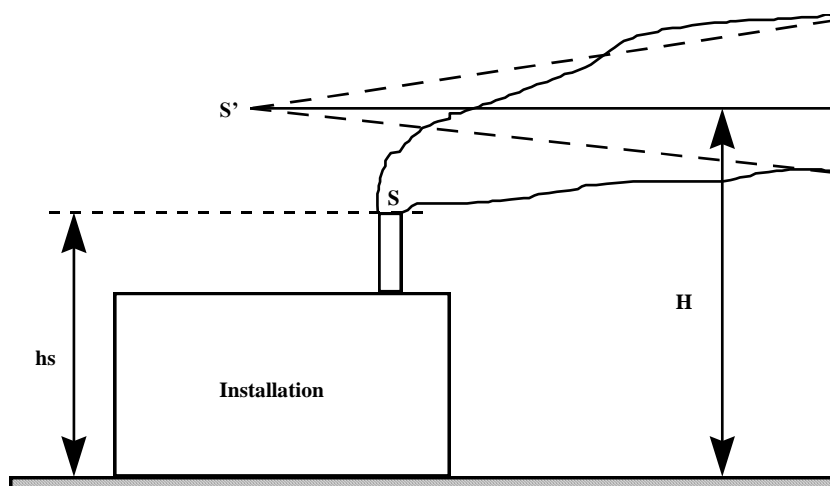
6 LE CHOIX DE LA FORMULATION DE LA SURHAUTEUR

Le point de départ des trajectoires est le sommet de la cheminée. Lorsque les rejets sont chauds ou que la vitesse d'éjection des fumées est importante, on peut prendre en compte une surélévation du panache. En effet, les fumées de combustion vont s'élever au-dessus de la cheminée jusqu'à ce que leur vitesse ascensionnelle initiale et les effets de différence de densité (dus à la différence de température air/fumées) ne soient plus significatifs. Tout se passe comme si l'émission des rejets se faisait à une hauteur réelle d'émission (hauteur de la cheminée) augmentée de la surhauteur due aux conditions d'éjection.

Dans ARIA Impact, la surhauteur d'origine thermique est prise en compte pour les grandes cheminées et la surhauteur dynamique pour les petites cheminées (la simulation des rabattements du panache par vent fort est simulée).

² Guide sûreté de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique - page 50

Dans la recherche d'une estimation rapide, on ne prend pas en compte la phase intermédiaire entre la sortie de la cheminée et la phase de transport-diffusion où les caractéristiques thermodynamiques du panache et de l'air ambiant se confondent. Dans les simulations, on remplace donc la source réelle S par la source virtuelle et ponctuelle S'. La distance horizontale entre S et S' est négligeable devant la distance de S ou S' au point de calcul. Il convient donc de déterminer la hauteur limite et la distance à partir de laquelle cette hauteur est atteinte.



La hauteur effective H est calculée comme la somme de la hauteur géométrique de la source (e.g. cheminée), notée h_s et de la surélévation (ou surhauteur) du panache ("plume rise" des anglo-saxons) notée ΔH :

$$H = h_s + \Delta H$$

Pour le calcul de la surélévation, ARIA Impact contient les formules données par Briggs, par Anfossi ainsi que la formulation de Holland.

Variables significatives :

VARIABLE	DESCRIPTION	UNITE
Cp	chaleur spécifique de l'air à pression constante	j/kg/K
d	diamètre interne de la cheminée	m
Fb	paramètre de flottabilité à l'émission	m ⁴ /s ³
Fm	paramètre de quantité de mouvement à l'émission	m ⁴ /s ²
g	accélération due à la gravité	m/s ²
Q	puissance à l'émission	Watt
ρa	densité de l'air	kg/m ³
ρn	densité des gaz émis	kg/m ³
s	mesure de la stabilité thermique de l'atmosphère (carré de la fréquence de BRUNT-VAISALA)	1/s ²
θ(z)	profil de température potentielle	K
Ta	température de l'air ambiant	K
Tp	température des gaz à l'émission	K
U	Vitesse du vent	m/s
Vp	vitesse d'émission de système	m/s
x	distance sous le vent à partir de la source	m
x*	distance de stabilisation du panache	m
z	hauteur du panache/sol	m
z _{init}	hauteur de la source/sol	m
π	3,14159	
Dc	écart critique de température (critère de sélection effet thermique/effet dynamique)	K
DH	total surhauteur	m
DH _b	surhauteur due aux effets de flottabilité	m
DH _m	surhauteur due aux effets dynamiques	m

A) FORMULES DE BRIGGS PLAFONNEE

C'est un critère qui permet de distinguer un jet d'un panache chaud. Ce critère (EPA 86) s'appuie sur les travaux de Briggs et consiste à comparer l'écart de température entre le panache et l'air à un écart critique au delà duquel les effets de flottabilité sont prépondérants.

◆ Paramètre de flottabilité à l'émission :

$$Fb = \frac{gQ}{\pi\rho_{\alpha}C_pT_a} \approx \frac{g(T_p - T_a)V_p}{T_p}$$

◆ Paramètre de quantité de mouvement à l'émission :

$$Fm = \frac{\rho_{\pi}}{\rho_{\alpha}} V_p U \approx V_p U$$

◆ Mesure de la stabilité thermique de l'atmosphère :

$$s = \frac{g}{T_p} \frac{\partial \theta}{\partial z}$$

◆ Calcul de l'écart de température critique Dc :

- Atmosphère neutre ou instable :

$$.Fb > 55 \text{ m}^4/\text{s}^3 \quad Dc = \frac{0,0297T_p V_p^{1/3}}{d^{2/3}}$$

$$.Fb \leq 55 \text{ m}^4/\text{s}^3 \quad Dc = \frac{0,00575T_p V_p^{2/3}}{d^{1/3}}$$

- Atmosphère stable :

$$Dc = 0,01958T_a V_p s^{1/2}$$

Si $Dc > (T_p - T_a)$ alors les effets de flottabilité sont prépondérants.

◆ Distance de stabilisation :

- Atmosphère neutre ou instable :

- Effets de flottabilité prépondérants :

$$.Fb > 55 \text{ m}^4/\text{s}^3 \quad x^* = 49Fb^{3/8}$$

$$.Fb \leq 55 \text{ m}^4/\text{s}^3 \quad x^* = 119Fb^{2/5}$$

Effets dynamiques prépondérants :

$$x^* = \frac{4d(V_p + 3U)^2}{V_p U}$$

• **Atmosphère stable :**

Effets de flottabilité prépondérants :

$$x^* = \frac{\pi U}{\sqrt{s}}$$

Effets dynamiques prépondérants :

$$x^* = \frac{\pi U}{2\sqrt{s}}$$

♦ **Formulation de la surhauteur :**

• Atmosphère neutre ou instable :

Effets de flottabilité prépondérants :

$$DH_{b(x)} = 1,6 \frac{Fb^{1/3} \min(x, x^*)^{2/3}}{U}$$

Effets dynamiques prépondérants :

$$DH_{m(x)} = 2 \frac{Fm^{1/3} \min(x, x^*)^{1/3}}{U^{2/3}}$$

En atmosphère neutre et instable, la surhauteur de Briggs est plafonnée. Il existe donc une valeur limite de cette surhauteur qui est donnée par la formule suivante:

$$DH_{\max} = 400 \frac{Fb}{U}$$

La surhauteur prise en compte dans le cas d'atmosphère instable ou neutre est le minimum entre la valeur limite et le surhauteur normale.

$$DH = \min(DH_{\max}, DH)$$

- Atmosphère stable :

Effets de flottabilité prépondérants :

$$DH_{b(x)} = 2,6 \left(\frac{Fb}{sU} \left(1 - \cos \left(\frac{\sqrt{s} \min(x, x^*)}{U} \right) \right) \right)^{1/3}$$

Effets dynamiques prépondérants :

$$DHm_{(x)} = 2,6 \left(\frac{Fm}{\sqrt{s}U} \left(\sin \left(\frac{\sqrt{s} \min(x, x^*)}{U} \right) \right) \right)^{1/3}$$

La fonction "min" signifie le plus petit des deux arguments entre parenthèses.

N.B. Pour prendre en compte les effets de flottabilité cumulés aux effets dynamiques, il convient de faire la somme des cubes :

$$DH(x) = \sqrt[3]{DHb_{(x)}^3 + DHm_{(x)}^3}$$

A) FORMULE DE ANFOSSI

- ◆ Paramètre de flottabilité à l'émission (équivalent à celui de Briggs) :

$$Fb = \frac{gQ}{\pi \rho_a C_p T_a} \approx \frac{g(T_p - T_a) V_p}{T_p}$$

- ◆ Mesure de la stabilité thermique de l'atmosphère :

$$s = \frac{g}{T_p} \frac{\partial \theta}{\partial z}$$

- ◆ Formulation de la surhauteur :

$$DH_{(x)} = 2,6 \frac{Fb^{1/3} x^{2/3}}{U} \left(\frac{x^2 S}{V^2} - 4.3 \right)^{-1/3}$$

B) FORMULE DE HOLLAND

$$DH = 1,5 \frac{d V_p}{U} + 2,7 \frac{V_p d^2}{U} \frac{T_p - T_a}{T_p}$$

Cette formule ne tient compte que d'une capacité de surélévation ou de rabattement dynamique et elle ne dépend pas de la stabilité.

7 LA TAILLE DES PARTICULES

Le diamètre des poussières doit être compris entre 5 µm et 200 µm pour que la loi calculant la vitesse de chute (Stokes) soit applicable.

8 LES GAZ

Dans ARIA Impact, les gaz sont supposés chimiquement inertes.

9 LA CONCENTRATION AU SOL

La concentration du polluant au sol se détermine en fonction de divers paramètres définis dans cette annexe dont : la valeur des écarts-type, la taille des particules, la vitesse du vent, la hauteur de la cheminée...

Compte tenu des hypothèses considérées dans cette étude, la solution de l'équation de transport-diffusion dans l'atmosphère s'écrit pour un polluant sous forme gazeuse :

$$C(x, y, z = 0) = \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_z U} \text{Exp} \left[-0,5 \left(\frac{y}{\sigma_y} \right)^2 \right] \times \text{Exp} \left[-0,5 \left(\frac{H}{\sigma_z} \right)^2 \right]$$

où :

- C(x, y, 0) : Concentration en polluant (g/m³)
- (x, y, 0) : Coordonnées du point dans un système de coordonnées ayant pour origine la projection au sol de la source, et dont l'axe Ox est orienté dans la direction du vent (m)
- U : Vitesse du vent (m/s)
- Q : Débit de la source (g/s)
- σ_y, σ_z : Ecarts-type de dispersion horizontale et verticale (m)
- H : Hauteur effective du panache par rapport au sol (m)

Le calcul est effectué de la manière suivante :

Pour la calcul de la dispersion des poussières, la hauteur H_j , correspondant à la hauteur efficace du panache pour une particule j est calculée en fonction de la distance à la source x , et du vent horizontal U . La formule est la suivante :

$$H_j = H - V_{gj} \frac{x}{U}$$

V_{gj} (en m/s) est la vitesse de chute gravitaire des particules de type j (classe de taille) :

$$V_{gj} = \frac{d_j^2 g (\rho_p - \rho_a)}{18\mu}$$

avec :

d_j	diamètre des particules de classe j (m)
g	accélération de la pesanteur (m/s^2)
ρ_p	masse volumique des poussières (kg/m^3)
ρ_a	masse volumique de l'air (kg/m^3)
μ	viscosité dynamique de l'air = $1.8 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m.s}$

La vitesse de gravité simule l'effet de gravité sur les particules de polluant. Elle a pour effet d'incliner l'axe du panache vers le sol.