

MINES AGNICO EAGLE

PROJET AKASABA OUEST

MODÉLISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE

1203-REP-009

SEPTEMBRE 2015

PROJET AKASABA OUEST

MODÉLISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE

Mines Agnico Eagle

Version finale

Projet n° : 141-14776-00
N° références AEM : 1203-REP-009
Date : Septembre 2015

WSP Canada Inc.

3450, boulevard Gene-H.-Kruger, Bureau 300
Trois-Rivières (Québec) G9A 4M3 CANADA

Téléphone : 819-375-8550
Télécopieur : 819-375-1217
www.wspgroup.com



Annexe C

EXEMPLES DE CALCULS

Tableau 1 : Facteurs de conversion

PARAMÈTRES			
Item	Unité	Variable	Valeur
Conversion j - h	h/j	h	24
Conversion h - s	s/h	Cs	3600
Conversion m - km	m/km	Ckm	1000
Conversion kg - Mg	kg/Mg	Ckg	1000
Conversion kg - g	g/kg	Cg	1000
Conversion short ton - Mg (tm)	short tons/Mg	CMg	1.10
Conversion ktm - Mg	Mg/ktm	Cktm	1000
Conversion lb - kg	kg/lb	Clb	0.4536
Conversion 10 ³ gal - L	L/10 ³ gal	Ckgal	3785.4

Tableau 2 : Source ponctuelle - Dépoussiéreur - DC_CRSH1

TABLEAU DE CALCULS				
Item	Unité	Variable	Valeur	Références
Débit des gaz à la sortie	Nm ³ /h	D	16990	Hypothèse conservatrice, 10 000 cfm
Facteur d'émission (PM _{tot})	mg/Nm ³	E _{PMtot}	30	Émission maximale, article 10 du RAA
A - Matières particulaires totales (PM_{tot})				
Taux d'émission	g/s	TE _{PMtot}	1.42E-01	E _{PMtot} × Cg / (t × Cs)
C - Matières particulaires 10 µm (PM₁₀)				
Facteur d'échelle	-	F ₁₀	0.84	US EPA AP 42, table 11.19.2-3 (Grinding with Fabric Filter); ratio PM ₁₀ / PM _{tot}
Taux d'émission	g/s	TE _{PM10}	1.18E-01	TE _{PMtot} × F ₁₀
B - Matières particulaires 2.5 µm (PM_{2.5})				
Facteur d'échelle	-	F _{2,5}	0.30	US EPA AP 42, table 11.19.2-3 (Grinding with Fabric Filter); ratio PM _{2.5} / PM _{tot}
Taux d'émission	g/s	TE _{PM2.5}	4.21E-02	TE _{PMtot} × F _{2,5}

Tableau 3 : Source fugitive - Activité de chargement/déchargement - LOADL1

TABLEAU DE CALCULS				
Item	Unité	Variable	Valeur	Références
Tonnage journalier chargé/déchargé	ktm/jour	T	6.00	Description des opérations, moitié de la production maximale journalière, soit 12 ktm/jour
Nb. d'heure de travail prévu par an	h/jour	Hj	24	Production en continu
U (vitesse moyenne du vent)	m/s	U	3.93	Vitesse moyenne des vents pour les années modélisées 2010 à 2014 au site étudié
% d'humidité matière chargée	%	M	3.0	Description des opérations fournie par AEM
A - Matières particulaires totales (PM_{tot})				
k	-	k	0.74	AP 42, sect. 13.2.4.3
Facteur d'émission	kg/Mg	E	0.001427	AP 42, sect. 13.2.4.3
Taux d'émission	g/s	TE _{PMtot}	9.91E-02	$E \times T \times C_{ktm} \times C_g / (H_j \times C_s)$
B - Matières particulaires 10 µm (PM₁₀)				
k (< 10 µm)	-	k	0.35	AP 42, sect. 13.2.4.3
Facteur d'émission	kg/Mg	E	0.000675	AP 42, sect. 13.2.4.3
Taux d'émission	g/s	TE _{PM10}	4.69E-02	$E \times T \times C_{ktm} \times C_g / (H_j \times C_s)$
C - Matières particulaires 2,5 µm (PM_{2,5})				
k (< 2,5 µm)	-	k	0.053	AP 42, sect. 13.2.4.3
Facteur d'émission	kg/Mg	E	0.000102	AP 42, sect. 13.2.4.3
Taux d'émission	g/s	TE _{PM2,5}	7.10E-03	$E \times T \times C_{ktm} \times C_g / (H_j \times C_s)$

Tableau 4 : Source fugitive - Activité de boutage - DOZ1

TABLEAU DE CALCULS				
Item	Unité	Variable	Valeur	Références
Teneur moyenne en silt	%	s	2.425	Description des opérations fournie par AEM
% d'humidité matière chargée	%	M	3	Description des opérations fournie par AEM
Pourcentage d'utilisation	%	Utl	50	Hypothèse taux d'utilisation
A - Matières particulaires totales (PM_{tot})				
Facteur d'émission	kg/hr	E _{tot}	1.80	AP42 11.9 Western surface coal mine; Table 11.9-2
Taux d'émission	g/s	TE _{PMtot}	2.51E-01	$E_{tot} \times Utl \times Cg / Cs$
B - Matières particulaires 10 µm (PM₁₀)				
Facteur d'échelle	-	F ₁₀	0.75	AP42 11.9 Western surface coal mine; Table 11.9-2
Taux d'émission	g/s	ER _{PM10}	3.80E-02	$E_{15} \times F_{10} \times Utl \times Cg / Cs$
C - Matières particulaires 2,5 µm (PM_{2,5})				
Facteur d'échelle	-	F _{2,5}	0.105	AP42 11.9 Western surface coal mine; Table 11.9-2
Taux d'émission	g/s	ER _{PM2.5}	2.63E-02	$E_{tot} \times F_{2,5} \times Utl \times Cg / Cs$

Tableau 5 : Source fugitive - Sautage - BLASTP

TABLEAU DE CALCULS				
Item	Unité	Variable	Valeur	Références
Aire horizontale sautée par charge	m ² /hole	S	26.4	Description des opérations fournie par AEM
Nombre de trous par sautage	hole/blast	NHb	57	Description des opérations fournie par AEM
Nombre de tir par sautage	fire/blast	NF	1.0	Description des opérations fournie par AEM
Nombre de trous par tir	holes/fire	NHf	57	NHb / NF
Aire horizontale sautée par tir	m ² /fire	Sf	1500	S × NHf
Période d'émission par tir	h/fire	t	1	Pas de temps minimal du modèle CALPUFF
Quantité d'explosif par trou	tonne/hole	EQh	0.211	Description des opérations fournie par AEM
Quantité d'explosif par tir	tonne/blast	EQf	11.99	EQh × NHf
Ratio ANFO dans le mélange d'explosifs	%	Ra	0%	Description des opérations fournie par AEM
Ratio Emulsion dans le mélange d'explosifs	%	Re	100%	Description des opérations fournie par AEM
A - Matières particulaires totales (PM_{tot})				
Facteur d'émission par tir	kg/fire	E	12.78	AP-42 Tableau 11.9-2
Taux d'émission par tir	g/s	TE _{PMtot}	3.55E+00	E × Cg / (t × Cs)
B - Matières particulaires 10 µm (PM₁₀)				
Facteur d'échelle	-	F ₁₀	0.52	AP-42 Tableau 11.9-2
Taux d'émission par tir	g/s	TE _{PM2.5}	1.85E+00	TE _{PMtot} × F ₁₀
C - Matières particulaires 2.5 µm (PM_{2.5})				
Facteur d'échelle	-	F _{2.5}	0.03	AP-42 Tableau 11.9-2
Taux d'émission par tir	g/s	TE _{PM2.5}	1.07E-01	TE _{PMtot} × F _{2.5}
D - Monoxyde de carbone (CO)				
Emission Factor ANFO	kg/tonne	Eca	34.0	NPI ^[1]
Emission Factor Emulsion	kg/tonne	Ece	17.0	NPI ^[1]
Facteur d'émission par tir	kg/fire	ECO	203.80	EQf × (Eca × Ra + Ece × Re)
Taux d'émission par tir	g/s	TCO	5.66E+01	ECO × Cg / (t × Cs)
E - Oxydes d'azote (NOx)				
Emission Factor ANFO	kg/tonne	Ena	8.0	NPI ^[1]
Emission Factor Emulsion	kg/tonne	Ene	0.2	NPI ^[1]
Facteur d'émission par tir	kg/fire	ENOx	2.40	EQf × (Ena × Ra + Ene × Re)
Taux d'émission par tir	g/s	TNOx	6.66E-01	ENOx × Cg / (t × Cs)
F - Dioxyde de soufre (SO₂)				
Emission Factor ANFO	kg/tonne	Esa	0.06	NPI ^[1]
Emission Factor Emulsion	kg/tonne	Ese	0.06	Hypothèse (égal à l'ANFO)
Facteur d'émission par tir	kg/fire	ESO2	0.72	EQf × (Esa × Ra + Ese × Re)
Taux d'émission par tir	g/s	TSO2	2.00E-01	ESO2 × Cg / (t × Cs)

[1] National Pollutant Inventory. Emission Estimation Technique Manual for Explosives Detonation and Firing Ranges. Version 3.0. January 2012.

Tableau 6 : Source fugitive - Forage - FOR1

TABLEAU DE CALCULS				
Item	Unité	Variable	Valeur	Références
Nb. forage par jour	forage/jour	ntr	19	Description des opérations fournie par AEM
Durée de forage par jour	heure/jour	t	24	Description des opérations fournie par AEM
Nb. Zone de forage	-	nZone	2	Nombre de foreuses selon la description des opérations fournie par AEM
Atténuation	%	Att	70%	Water spray- National Pollutant Inventory. Emission Estimation Technique Manual for Mining, version 3.0; Section 5.3 tableau 4. Juin 2011
A - Matières particulaires totales (PM_{tot})				
Facteur d'émission (par forage)	kg/forage	E	0.59	AP-42; Tableau 11.9-4
Taux d'émission, sans atténuation	g/s	ER _{PM_{tot}-sa}	6.49E-02	$E \times ntr \times Cg / (t \times Cs \times nZone)$
Taux d'émission	g/s	ER_{PM_{tot}}	1.95E-02	ER_{PM_{tot}-sa} x (1 - Att)
B - Matières particulaires 10 µm (PM₁₀)				
Facteur d'échelle	-	F ₁₀	0.9	Hypothèse
Taux d'émission	g/s	ER_{PM_{2.5}}	1.75E-02	ER_{PM_{tot}-sa} x (1 - Att) x F₁₀
C - Matières particulaires 2,5 µm (PM_{2,5})				
Facteur d'échelle	-	F _{2,5}	0.5	Hypothèse
Taux d'émission	g/s	ER_{PM_{2.5}}	9.73E-03	ER_{PM_{tot}-sa} x (1 - Att) x F_{2,5}

Tableau 7 : Source volumique - Activité de routage - Segment P01_P06

TABLEAU DE CALCULS				
Item	Unité	Variable	Valeur	Références
Contenu en silt de la route	%	s	5.0	Description des opérations fournie par AEM
Nb. déplacement par jour	-	nv	610	Description des opérations fournie par AEM
Poids moyen des véhicules	tons	W	58.0	CAT 740
Longueur de la route	m	L	721.0	Description des opérations fournie par AEM
Temps d'opération par jour par segment	h	t	24	Description des opérations fournie par AEM
Atténuation	%	M	86	Description des opérations fournie par AEM (75% eau et 44% vitesse)
Véhicule - kilomètre parcouru	VKT	A	439.81	$nv \times L / Ckm$
Conversion	(g/VKT)/(lb/VMT)	CVKT	281.9	1 lb/VMT = 281.9 g/VKT
A - Matières particulaires totales (PM_{tot})				
k (PM ₃₀)	lb/VMT	k	4.9	AP-42, sect. 13.2.2, tableau 2
a (PM ₃₀)	-	a	0.7	
b (PM ₃₀)	-	b	0.45	
Facteur d'émission	lb/VMT	EF _{PM_{tot}}	10.067	AP-42, sect. 13.2.2, équ. 1a
Taux d'émission PM _{tot}	g/s	TE _{PM_{tot}}	1.44E+01	$EF_{PM_{tot}} \times CVKT \times A / (t \times Cs)$
Taux d'émission atténué PM_{tot}	g/s	TE*_{PM_{tot}}	2.02E+00	TE_{PM_{tot}} × (1 - M)
B - Matières particulaires 10 µm (PM₁₀)				
k (PM ₁₀)	lb/VMT	k	1.5	AP-42, sect. 13.2.2, tableau 2
a (PM ₁₀)	-	a	0.9	
b (PM ₁₀)	-	b	0.45	
Facteur d'émission	lb/VMT	EF _{PM₁₀}	2.587	AP-42, sect. 13.2.2, équ. 1a
Taux d'émission PM ₁₀	g/s	TE _{PM₁₀}	3.71E+00	$EF_{PM_{10}} \times CVKT \times A / (t \times Cs)$
Taux d'émission atténué PM₁₀	g/s	TE*_{PM₁₀}	5.20E-01	TE_{PM₁₀} × (1 - M)
C - Matières particulaires 2,5 µm (PM_{2,5})				
k (PM _{2,5})	lb/VMT	k	0.15	AP-42, sect. 13.2.2, tableau 2
a (PM _{2,5})	-	a	0.9	
b (PM _{2,5})	-	b	0.45	
Facteur d'émission	lb/VMT	EF _{PM_{2,5}}	0.259	AP-42, sect. 13.2.2, équ. 1a
Taux d'émission PM _{2,5}	g/s	TE _{PM_{2,5}}	3.71E-01	$EF_{PM_{2,5}} \times CVKT \times A / (t \times Cs)$
Taux d'émission atténué PM_{2,5}	g/s	TE*_{PM_{2,5}}	5.20E-02	TE_{PM_{2,5}} × (1 - M)

Tableau 8 : Source ponctuelle - Gaz d'échappement du routage - Caterpillar 740

TABLEAU DE CALCULS				
Item	Unité	Variable	Valeur	Référence
Nombre de hp du véhicule	hp	veh _{hp}	458	Documentation technique
Tier	-		T4i	Description des opérations fournie par AEM
Zero-hour, steady-state emission factor (PM)	g/hp-hr	EF _{ss}	0.0092	[1], Table A4
Facteur d'ajustement transitoire	-	TAF	1.00	[1], Table A5, Construction Equipment Off-highway Trucks
Constante de détérioration (PM)	-	A	0.473	[1], Table A6
Fraction de vie médiane utilisée	-	age _{fact}	1.000	Hypothèse conservatrice
BSFC _{ss}	lb/hp-hr	BSFC _{ss}	0.367	[1], Table A4
BSFC _{TAF}	-	BSFC _{TAF}	1	[1], Table A5, Construction Equipment Off-highway Trucks
soxcnv ^[2]	-	soxcnv	0.3	[2], grams PM sulfur/grams fuel sulfur consumed (T4i engines)
soxbas	-	soxbas	0.0015	default certification fuel sulfur weight percent (T4i engines)
soxdsl ^[3]	-	soxdsl	0.0015	[3] episodic fuel sulfur weight percent
Facteur de chargement	-	load _{fact}	0.59	[4], Appendix A, Diesel Off-highway Trucks
A - Matières particulaires totales (PM_{tot})				
Facteur de détérioration	-	DF	1.473	[1], eq. 4, $DF = 1 + A \times age_{fact}$
Brake Specific Fuel Consumption	lb/hp-hr	BSFC	0.367	$BSFC_{ss} \times BSFC_{TAF}$
Facteur d'ajustement (sulfur content)	g/hp-hr	S _{PMadj}	0.0000	[1], eq. 5, $S_{PMadj} = BSFC \times 453.6 \times 7.0 \times soxcnv \times 0.01 \times (soxbas - soxdsl)$
Facteur d'émission ajusté PM ₁₀	g/hp-hr	EF _{adj-PM10}	0.014	[1], eq. 2, $EF_{adj-PM10} = (EF_{ss} \times TAF \times DF) - S_{PMadj}$
Taux d'émission PM ₁₀ = PM _{tot}	g/s	TE _{PM10}	1.02E-03	$EF_{adj-PM10} \times veh_{hp} \times load_{fact} / Cs$
B - Matières particulaires 2.5 µm (PM_{2.5})				
Facteur d'échelle	-	F _{2.5}	0.97	[1], p.25
Taux d'émission PM _{2.5}	g/s	TE _{PM2.5}	9.87E-04	$TE_{PM10} \times F_{2.5}$
[1] Exhaust and Crankcase emission factors for Nonroad engine modeling - Compression-Ignition, US-EPA, Report No. NR-009d, July 2010				
[2] Voir [1], page 22. The soxcnv term represents the fraction of diesel fuel sulfur converted to PM. This varies by technology type. Soxcnv is equal to 0.02247 for the Base, T0, T1, T2, T3, T3B, T4A, and T4B technology types. For Tier 4 engines meeting stringent PM standards below 0.1 g/hp-hr, soxcnv is equal to 0.30. This applies to the T4 and T4N technology types.				
[3] Voir [1], page 7. Fuel sulfur levels affect PM emissions. NONROAD users can adjust for local (episodic) fuel sulfur levels. In the absence of local information, suggested nationwide average fuel properties are provided in Table 2.				
[4] Median life, annual activity and load factor values for nonroad engine emissions modeling, US-EPA, Report No. NR-005c, April 2004				

Tableau 9 : Source surfacique - Aire d'entreposage - P_PGA

TABLEAU DE CALCULS				
Item	Unité	Variable	Valeur	Références
Teneur moyenne en silt	%	s	2.425	Description des opérations fournie par AEM
Nb de jours avec précipitation	-	P	0	Paramètre pour la version horaire de l'éq. de l'INRP
Pourcentage du temps avec vitesse de vent > 19.3km/h	-	l	100	Paramètre pour la version horaire de l'éq. de l'INRP
A - Matières particulaires totales (PM_{tot})				
Facteur aérodynamique PM _{tot}	-	J _{PMtot}	1	Guide pour les carrières et sablières. INRP, section 8.9.
Taux d'émission	g/s.m ²	TE _{PMtot}	3.69E-05	INRP : $1.2E^{-4} \times J_{PMtot} \times 1.7 \times (s / 1.5) \times (365 - P) / 235 \times (l / 15) \times Cg / (h \times Cs)$
B - Matières particulaires 10 µm (PM₁₀)				
Facteur aérodynamique PM ₁₀	-	J _{PM10}	0.5	Guide pour les carrières et sablières. INRP, section 8.9.
Taux d'émission	g/s.m ²	TE _{PM10}	1.84E-05	INRP : $1.2E^{-4} \times J_{PM10} \times 1.7 \times (s / 1.5) \times (365 - P) / 235 \times (l / 15) \times Cg / (h \times Cs) \times Att$
C - Matières particulaires 2.5 µm (PM_{2.5})				
Facteur aérodynamique PM _{2.5}	-	J _{PM2.5}	0.2	Guide pour les carrières et sablières. INRP, section 8.9.
Taux d'émission	g/s.m ²	TE _{PM2.5}	7.38E-06	INRP : $1.2E^{-4} \times J_{PM2.5} \times 1.7 \times (s / 1.5) \times (365 - P) / 235 \times (l / 15) \times Cg / (h \times Cs)$