



Badenerstrasse 47	Telefon	044 217 41 11
Postfach	Telefax	044 217 41 10
8021 Zürich	Postcheck	80-21080-8
www.carbura.ch	MWST-Nr.	CHE-105.841.616 MWST

# Document de base

## Déclaration des émissions COV, version révisée

Date: 20 mars 2018  
Version: 16  
Statut: Définitif

Martin B. Rahn  
martin.rahn@carbura.ch  
044 217 41 69

Marcello Fisler  
marcello.fisler@carbura.ch  
044 217 41 67

**Table des matières**

<b>1.</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>3</b>
1.1	Bases légales.....	3
1.2	Application pour les installations de stockage.....	3
1.3	Elaboration du schéma de base .....	3
1.4	Elément de l'accord de coopération.....	3
<b>2.</b>	<b>Structure du schéma de base.....</b>	<b>4</b>
2.1	Données concernant les réservoirs .....	4
2.2	Données concernant le système d'équilibrage des gaz et le transvasement des produits .....	4
<b>3.</b>	<b>Emissions COV de réservoirs d'essence .....</b>	<b>5</b>
3.1	Réservoirs de stockage .....	5
3.1.1	Réservoirs à toit fixe fermé/réservoirs sous pression avec équilibrage des gaz.....	5
3.1.2	Réservoirs à toit fixe ventilés librement avec membrane intérieure flottante .....	5
3.1.3	Réservoirs à toit flottant.....	7
3.2	Gazomètre .....	8
3.3	VRU .....	9
3.4	Soupape de sécurité.....	9
3.5	Pertes des armatures et brides.....	9
3.6	Nettoyages de réservoirs.....	10
3.6.1	Réservoirs à toit fixe et à pression avec équilibrage des gaz.....	10
3.6.2	Réservoirs à toit fixe avec membrane intérieure flottante ou à toit flottant .....	10
3.7	Evénements exceptionnels et commentaires généraux .....	11
3.8	Résumé des émissions COV des réservoirs d'essence .....	11
<b>4.</b>	<b>Emissions COV de réservoirs de pétrole aviation .....</b>	<b>12</b>
4.1	Réservoirs de stockage .....	12
4.1.1	Réservoirs à toit fixe avec membrane intérieure flottante.....	12
4.1.2	Réservoirs à toit fixe ventilés librement sans membrane intérieure flottante .....	14
4.1.3	Réservoirs à toit flottant.....	14
4.2	Pertes des armatures et brides.....	15
4.3	Nettoyages de réservoirs.....	15
4.3.1	Bases concernant le nettoyage de réservoirs de pétrole aviation .....	15
4.3.2	Réservoirs avec membrane intérieure flottante et à toit flottant .....	16
4.3.3	Réservoirs ventilés librement sans membrane intérieure flottante .....	16
4.4	Evénements exceptionnels et commentaires généraux .....	16
4.5	Résumé des émissions COV des réservoirs de pétrole aviation .....	16

## 1. Introduction

### 1.1 Bases légales

Selon l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair), un exploitant d'un dépôt doit déclarer ses émissions. En règle générale, cela se fait à l'aide d'une déclaration des émissions. Certains cantons ont inscrit une déclaration des émissions annuelle dans des arrêtés d'assainissement. À l'aide de la déclaration des émissions, il est possible de démontrer que les valeurs limites de l'OPair sont respectées.

### 1.2 Application pour les installations de stockage

Le présent document correspond au schéma de base d'une déclaration des émissions et doit être ajusté individuellement à l'installation de stockage.

### 1.3 Elaboration du schéma de base

Le schéma de base a été élaboré par la commission technique de CARBURA et de plus examiné par le comité d'experts protection de l'air de l'accord de coopération. Il est à noter que le schéma de base calcule les émissions de réservoirs d'essence et de pétrole aviation, mais ne prend pas en compte d'autres sources d'émissions (comme des réservoirs d'additifs ou d'éthanol). Ceux-ci doivent être enregistrés séparément.

Les calculs des émissions sont basés sur la norme VDI 3479 [1], sauf si d'autres données sont disponibles. VDI 3479 calcule les émissions annuelles et non les valeurs horaires comme l'exige l'OPair. De plus, la VDI fait référence à la méthode de calcul reconnue sur le plan international selon la norme API MPMS 19[2]. Les hypothèses retenues sont décrites ci-après.

S'il existe des calculs basés sur des mesures effectives, ceux-là sont toujours à privilégier. Le schéma de base se compose d'un document Excel dans lequel les formules suivantes pour le calcul des émissions sont enregistrées.

Une comparaison des émissions calculées avec les mesures à long terme dans le dépôt pétrolier de Mellingen en 2015 a montré que le calcul selon VDI 3479 sous-estime la respiration des réservoirs à toit fixe avec membranes flottantes internes en été « chaud ». L'essence d'hiver est plus polluante que l'essence d'été en raison de sa pression de vapeur plus élevée. L'utilisation d'une essence moyenne ne rend pas justice à cette différence. Par la suite, la formule de respiration des citernes ( $L_{A,a}$ ) pour ces citernes a été adaptée dans le document de base révisé et le schéma de base (Excel).

### 1.4 Élément de l'accord de coopération

La déclaration des émissions COV (document de base et schéma de base) a été approuvée par l'équipe de pilotage de l'accord de coopération lors de sa séance du 10 mars 2015 et fait ainsi part des documents de base de l'accord de coopération.

La présente version révisée a été approuvée par l'équipe de pilotage lors de la réunion du 20 mars 2018 et remplace la version du 10 mars 2015.

## 2. Structure du schéma de base

### 2.1 Données concernant les réservoirs

Les données de base concernant les réservoirs d'essence et de pétrole aviation sont à inscrire dans les tableaux:

Tableau 1: Données concernant les réservoirs d'essence (exemple)

Rés. no	Produit	Volume utile [m <sup>3</sup> ]	Type de réservoir + „Système OPair“ <sup>1</sup>	Diamètre [m]	Entrées [m <sup>3</sup> /a]
5	Essence d'été	33'566	Réservoir à toit fixe, ventilé librement avec membrane	44.0	15'000
9	Essence d'hiver	6'649	Réservoir à toit fixe fermé avec équilibrage des gaz	19.6	6'000
13	Essence d'hiver	6'649	Réservoir à toit flottant	19.6	7'500

### 2.2 Données concernant le système d'équilibrage des gaz et le transvasement des produits

Les valeurs de pression du système d'équilibrage des gaz et du gazomètre ainsi que le taux de remplissage du gazomètre sont enregistrées et servent de base à la déclaration des émissions et au contrôle du système d'équilibrage des gaz.

Tableau 2: Paramètres de caractérisation du système d'équilibrage des gaz et du transvasement de produits

Gazomètre	Volume utile [m <sup>3</sup> ]	
	Pression de service [mbar]	
	Pression d'échappement [mbar]	
VRU	Fabricant	
	Puissance [m <sup>3</sup> /h]	
	Valeur d'émission COV [g/m <sup>3</sup> ]	
	Valeur d'émission benzène [mg/m <sup>3</sup> ]	
Réservoirs	Surpression max. [mbar]	
	Dépression max. [mbar]	
Soupape de sécurité	Pression d'ouverture [mbar]	
Transvasement	Entrées d'essence au dépôt [m <sup>3</sup> /a]	
	Sorties d'essence du dépôt [m <sup>3</sup> /a]	

<sup>1</sup> Dispositif pour la réduction des émissions

### 3. Emissions COV de réservoirs d'essence

#### 3.1 Réservoirs de stockage

##### 3.1.1 Réservoirs à toit fixe fermé/réservoirs sous pression avec équilibrage des gaz

Les réservoirs à toit fixe fermé et les réservoirs sous pression avec équilibrage des gaz n'émettent pas d'émissions à condition que les soupapes de surpression et de dépression soient régulièrement entretenues. Des irrégularités constatées lors des rondes de contrôle sont à mentionner dans le chapitre 3.7 «Événements exceptionnels et commentaires généraux».

##### 3.1.2 Réservoirs à toit fixe ventilés librement avec membrane intérieure flottante

Calcul selon VDI 3479 des réservoirs à toit fixe ventilés librement avec membrane flottante :

$$L_{\text{Rés,a}} = (1 - \eta_{\text{SD}}) \times [(1 - \eta_{\text{VD}}) \times f \times L_{\text{A,a}} + L_{\text{B,a}}]$$

$\eta_{\text{SD}}$  rendement membrane flottante (min. 0.95; pour un joint double une valeur de 0.98 est appliquée ici)  
 $\eta_{\text{VD}}$  rendement soupape de surpression/dépression (=0, puisque ventilé librement sans soupape)  
 $f$  valeur de peinture (pour blanc: 1.0)  
 $L_{\text{A,a}}$  pertes par sorties et respiration en kg/a  
 $L_{\text{B,a}}$  pertes par remplissage (entrées) en kg/a

Lorsqu'on insère ces valeurs, on obtient:

$$L_{\text{Rés,a}} = 0.02 \times L_{\text{A,a}} + L_{\text{B,a}}$$

Les **pertes par sorties et respiration ( $L_{\text{A,a}}$ )** se calculent selon VDI comme suit:

$$L_{\text{A,a}} = f_{\text{AS}} \times c_{\text{ns}} \times V_{\text{ns}} \times d_{\text{s}} + f_{\text{AW}} \times c_{\text{nw}} \times V_{\text{nw}} \times d_{\text{w}}$$

A titre de simplification, il est supposé qu'il s'agisse uniquement de réservoirs de stockage. Pour des réservoirs de transvasement, des degrés de saturation réduits devraient être insérés. Le calcul des pertes de respiration selon VDI 3479 a été complété par un terme de correction basé sur les résultats de mesure de 2015 du dépôt de Mellingen, qui tient compte des émissions élevées les jours d'été (c'est-à-dire les jours où la température ambiante dépasse 25°C). En outre, les pertes de respiration sont calculées séparément pour l'essence d'été et l'essence d'hiver.

En utilisant les paramètres et les variables du tableau 3, on obtient la formule suivante:

$$L_{\text{A,a}} = f_{\text{AS}} \times c_{\text{n}} \times V_{\text{ns}} \times d_{\text{s}} + f_{\text{AS}} \times c_{\text{n}} \times V_{\text{nsh}} \times d_{\text{sh}} + f_{\text{AW}} \times c_{\text{n}} \times V_{\text{nw}} \times d_{\text{w}}$$

1) Eté                      2) Correction jours d'été                      3) Hiver

$$\begin{aligned}
 \text{1) Eté} \quad L_{\text{AS}} &= f_{\text{AS}} \times c_{\text{n}} \times V_{\text{ns}} \times d_{\text{s}} = f_{\text{AS}} \times d_{\text{s}} \times \frac{T_{\text{n}}}{p_{\text{n}}} \left( \frac{p}{T_{1\text{s}}} - \frac{p}{T_{2\text{s}}} \right) \times V_{\text{G}} \times c_{\text{n}} \\
 &= f_{\text{AS}} \times d_{\text{s}} \times \frac{T_{\text{n}}}{p_{\text{n}}} \left( \frac{p}{T_{1\text{s}}} - \frac{p}{T_{2\text{s}}} \right) \times 10\% \times (c_{\text{nsSO}} \times V_{\text{SO}} + c_{\text{nsWI}} \times V_{\text{WI}}) \\
 \text{2) Correction jours d'été} \quad L_{\text{Ash}} &= f_{\text{AS}} \times c_{\text{n}} \times V_{\text{nsh}} \times d_{\text{sh}} = f_{\text{AS}} \times d_{\text{sh}} \times \frac{T_{\text{n}}}{p_{\text{n}}} \left( \frac{p}{T_{1\text{sh}}} - \frac{p}{T_{2\text{sh}}} \right) \times V_{\text{G}} \times c_{\text{n}} \\
 &= f_{\text{AS}} \times d_{\text{sh}} \times \frac{T_{\text{n}}}{p_{\text{n}}} \left( \frac{p}{T_{1\text{sh}}} - \frac{p}{T_{2\text{sh}}} \right) \times 10\% \times F_{\text{cn}} \times (c_{\text{nsSO}} \times V_{\text{SO}} + c_{\text{nsWI}} \times V_{\text{WI}}) \\
 \text{3) Hiver} \quad L_{\text{AW}} &= f_{\text{AW}} \times c_{\text{n}} \times V_{\text{nw}} \times d_{\text{w}} = f_{\text{AW}} \times d_{\text{w}} \times \frac{T_{\text{n}}}{p_{\text{n}}} \left( \frac{p}{T_{1\text{w}}} - \frac{p}{T_{2\text{w}}} \right) \times V_{\text{G}} \times c_{\text{n}} \\
 &= f_{\text{AW}} \times d_{\text{w}} \times \frac{T_{\text{n}}}{p_{\text{n}}} \left( \frac{p}{T_{1\text{w}}} - \frac{p}{T_{2\text{w}}} \right) \times 10\% \times c_{\text{nw}} \times (V_{\text{SO}} + V_{\text{WI}})
 \end{aligned}$$

Lorsqu'on insère ces valeurs, on obtient la formule simplifiée suivante:

pour  $dsh \leq 49$

$$L_{A,a} = (0.791 + 0.00059 \times dsh) \times (1.07 \times V_{SO} + 1.22 \times V_{WI}) + 0.3832 \times (V_{SO} + V_{WI})$$

pour  $dsh > 49$

$$L_{A,a} = (0.791 + 0.0029 \times dsh - 0.1415 \times dsh^2) \times (1.07 \times V_{SO} + 1.22 \times V_{WI}) + 0.3832 \times (V_{SO} + V_{WI})$$

**Tableau 3: Paramètres pour le calcul des émissions de réservoirs à toit fixe ventilés librement**

Paramètre	Description	Valeur	Unité
$f_{AS}$	Taux de saturation en été	1	
$V_G$	Volume de l'espace gazeux (quote-part du volume utile)	10% ( $V_{SO}+V_{WI}$ )	
$F_{cn}$	Facteur à prendre en compte lors de jours chauds ( $F_{cn} \geq 1$ )	( $dsh-49$ )x0.5+1	
$cn_{sSO}$	Concentration de saturation dans l'espace gazeux en été (essence d'été)	1.07	kg/m <sup>3</sup>
$V_{SO}$	Débit volumique essence d'été	Variable	m <sup>3</sup>
$cn_{sWI}$	Concentration de saturation dans l'espace gazeux en été (essence d'hiver)	1.22	kg/m <sup>3</sup>
$V_{WI}$	Débit volumique essence d'hiver	Variable	m <sup>3</sup>
$T_n$	Température normale	273.15	K
$p_n$	Pression normale	1013.25	hPa
$p$	Pression environnante	980	hPa
$T_{1s}$	Température minimale moyenne dans l'espace gazeux en été (13.35°C)	286.5	K
$T_{2s}$	Température maximale moyenne dans l'espace gazeux en été (30.35°C)	303.5	K
$ds$	Nombre moyen de jours d'été par an	153-dsh	d/a
$T_{1sh}$	Température minimale dans l'espace gazeux en jours d'été chaud (20°C)	293.15	K
$T_{2sh}$	Température maximale dans l'espace gazeux en jours d'été chaud (40°C)	313.15	K
$dsh$	Nombre de jours d'été > 25°C par an	Variable	d/a
$f_{AW}$	Taux de saturation en hiver	1	
$cn_w$	Concentration de saturation dans l'espace gazeux en hiver (essence)	0.68	kg/m <sup>3</sup>
$T_{1w}$	Température minimale moyenne dans l'espace gazeux en hiver (4.85°C)	278	K
$T_{2w}$	Température maximale moyenne dans l'espace gazeux en hiver (12.85°C)	286	K
$dw$	Nombre de jours d'hiver par an	212	d/a

Les pertes par remplissage (entrées) ( $L_{B,a}$ ) se calculent comme suit:

$$L_{B,a} = f_B \times c_n \times Q$$

- $f_B$  taux de saturation,  $f_B = 0.85$
- $c_n$  concentration de saturation en kg/m<sup>3</sup> des hydrocarbures dans l'espace gazeux au-dessus du niveau du liquide: moyenne pondérée  $c_n = 0.87$  kg/m<sup>3</sup>
- $Q$  entrées en m<sup>3</sup>/a

Pour le remplissage, on obtient ainsi les émissions COV suivantes:

$$L_{B,a} = 0.74 \times Q \text{ [kg/a].}$$

En résumé, on obtient ainsi les émissions annuelles COV suivantes des réservoirs à toit fixe ventilés librement avec membrane intérieure:

pour  $dsh \leq 49$

$$L_{Rés,a} = 0.02 \times ((0.791 + 0.00059 \times dsh) \times (1.07 \times V_{SO} + 1.22 \times V_{WI}) + 0.3832 \times (V_{SO} + V_{WI}) + 0.74 Q)$$

pour  $dsh > 49$

$$L_{Rés,a} = 0.02 \times ((0.791 + 0.0029 \times dsh - 0.1415 \times dsh^2) \times (1.07 \times V_{SO} + 1.22 \times V_{WI}) + 0.3832 \times (V_{SO} + V_{WI}) + 0.74 Q)$$

### 3.1.3 Réservoirs à toit flottant

Calcul selon VDI 3479 pour réservoirs à toit flottant:

$$L_T = L_S + L_W$$

$L_S$  pertes de capacité en kg/a

$L_W$  pertes de prélèvement (perte de travail) en kg/a

#### a) Calcul de $L_S$

$$L_S = L_R + L_F + L_P$$

$L_R$  émissions au joint du toit flottant

$L_F$  émissions aux vannes du réservoir

$L_P$  émissions au toit, pour des toits flottants en acier:  $L_P = 0$

$L_R$  et  $L_F$  se calculent de la manière suivante:

$$L_R = F_R \times p^* \times M \times K_C$$

$$L_F = F_F \times p^* \times M \times K_C$$

$F_R$  facteur d'étanchéité du joint en kmol/a

$F_F$  facteur de pertes d'équipement du toit flottant (facteur d'étanchéité) en kmol/a

$p^*$  fonction de la tension de vapeur (sans dimensions)

$M$  poids moléculaire de la vapeur de produit en kg/kmol, pour l'essence = 64

$K_C$  facteur de produit (sans dimensions), pour l'essence 1.0

$$\rightarrow L_S = (F_R + F_F) \times p^* \times M \times K_C = (F_R + F_F) \times p^* \times 64$$

Le facteur d'étanchéité du joint  $F_R$  en kmol/a est déterminé de la manière suivante:

$$F_R = K_R \times D$$

$K_R$  perte d'étanchéité en kmol/(m×a) (joint mécanique sur patin très bien ajusté avec un joint secondaire monté sur le bord ainsi qu'une vitesse de vent de 2.2 m/s = 3.9 kmol/(m×a))

$D$  diamètre du réservoir en m

La fonction de la tension de vapeur  $p^*$  est définie comme suit:

$$p^* = \frac{\frac{p}{p_A}}{\left(1 + \sqrt{1 - \frac{p}{p_A}}\right)^2}$$

$p$  tension de vapeur effective en Pa moyenne annuelle  
pour l'essence d'été:  $p = 380$  hPa,  
pour l'essence d'hiver:  $p = 450$  hPa

$p_A$  pression atmosphérique  
( $p_A = 1013$  hPa)

La fonction de tension de vapeur fait la distinction entre l'essence d'été et l'essence d'hiver. Ainsi, la fonction de tension de vapeur donne une valeur de 0,117 pour l'essence d'été et de 0,146 pour l'essence d'hiver.

Le facteur de pertes d'équipement du toit flottant  $F_F$  est calculé de la manière suivante:

$$F_F = \sum_{i=1}^{N_F} N_{Fi} \times K_{Fi} = 41.2 \text{ kmol/a}$$

$N_F$  nombre de vannes du type i

$K_{Fi}$  facteur de pertes d'armatures de toit par type d'armatures en kmol/a (par une vitesse de vent de 2.2 m/s):

1 tube de guidage fendu avec racloir	14.5 <sup>1</sup>
2 trous d'hommes (étanches)	1.4
1 indicateur du niveau de liquide	15.9
1 tube de sondage et de prise d'échantillon	1.0
<u>2 armatures d'aération</u>	<u>8.4</u>
Total	41.2

<sup>1</sup> Pour des tubes de guidage qui sont fermés au-dessus du toit flottant, cette valeur est réduite à 10%. Au lieu de 145.2 la valeur 14.5 est utilisée.

Ainsi, les pertes de capacité peuvent être déterminées en fonction du diamètre:

$$L_S \text{ [kg/a]} = (F_R + F_F) \times p^* \times 64 = (3.9 \times D + 41.2) \times p^* \times 64 = 249.6 \times D \times p^* + 2'636.8 \times p^*$$

#### b) Calcul de $L_W$

La perte de prélèvement  $L_W$  se calcule comme suit:

$$L_W = \frac{Q \times C \times W_L \times Z}{D} = 7.61 \times 10^{-3} \times \frac{Q}{D}$$

Q entrées annuelles en m<sup>3</sup>/a

C couche de mouillage de la paroi, pour l'essence avec une paroi légèrement rouillée:  $2.57 \times 10^{-6}$  m

$W_L$  densité du liquide à 15 C en kg/m<sup>3</sup>  
essence: 740 kg/m<sup>3</sup>

Z facteur de conversion (unité américaine en unité SI; Z = 4)

#### c) Emissions par réservoir à toit flottant avec essence

Les émissions annuelles  $L_T$  [kg/a] d'un réservoir à toit flottant dépendent du diamètre du réservoir  $D$  [m] et des entrées annuelles  $Q$  [m<sup>3</sup>]:

$$L_T = 249.6 \times D \times p^* + 2'636.8 \times p^* + 7.61 \times 10^{-3} \times \frac{Q}{D}$$

#### d) Emissions de tous les réservoirs à toit flottant avec essence

Pour tous les réservoirs  $N$  à toit flottant avec essence d'un lieu de stockage, les émissions annuelles  $L$  se calculent en fonction des diamètres des réservoirs et des entrées annuelles (par réservoir) selon la formule suivante :

$$L = 249.6 \times p^* \times \sum_{i=1}^N D_i + N \times 2'636.8 \times p^* + 7.61 \times 10^{-3} \times \sum_{i=1}^N \frac{Q_i}{D_i}$$

### 3.2 Gazomètre

Le gazomètre est considéré étanche si l'espace au-dessus de la membrane est équipé d'un système de surveillance des COV. Des événements éventuels sont à noter dans le chapitre 3.7 «Événements exceptionnels et commentaires généraux».



### 3.3 VRU

Les émissions de la VRU sont déterminées en fonction du nombre d'heures d'exploitation, de la puissance de la VRU [m<sup>3</sup>/h] et des émissions COV mesurées lors du dernier contrôle. Il faut également prendre en compte que le débit volumique à la sortie de la VRU ne correspond qu'à environ <sup>2</sup>/<sub>3</sub> du débit volumique à l'entrée. Ceci parce qu'à l'entrée, il y a de la vapeur d'essence, en plus de l'air, dans le débit. Cette essence, environ 1 kg/m<sup>3</sup> (ce qui correspond à un tiers de la vapeur d'essence saturée), est éliminée de l'air dans la VRU, c'est la raison pour laquelle le débit volumique à la sortie est plus petit.

Les émissions COV de la VRU sont déterminées de la manière suivante:

Heures d'exploitation: \_\_\_\_\_ h/a  
 Puissance VRU (à l'entrée): \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/h  
 Emissions COV mesurées le \_\_\_\_\_: \_\_\_\_\_ g/m<sup>3</sup>  
 Emissions COV/heure [puissance VRU x <sup>2</sup>/<sub>3</sub> x émissions COV] \_\_\_\_\_ g/h  
 Emissions COV/année [heures d'exploitation VRU x puissance VRU x <sup>2</sup>/<sub>3</sub> x émissions COV]: \_\_\_\_\_ g/a  
 = \_\_\_\_\_ kg/a

### 3.4 Soupape de sécurité

Les fuites des soupapes de sécurité des réservoirs ne sont pas considérées dans ce calcul. Elles doivent faire l'objet d'une attention particulière lors de l'exploitation et la maintenance. Les émissions COV qui peuvent surgir de la soupape du système d'équilibrage des gaz ne sont pas décrites dans la norme VDI 3479. Par conséquent, elles sont estimées selon le modèle simple de l'équation des gaz parfaits:

$$\Delta V = V_1 \times \left( 1 - \frac{p_1}{p_2} \right)$$

$V_1$  = volume (actuel) de gaz du système d'équilibrage  
 $p_1$  = pression de fermeture de la soupape de sécurité= 1.013 bar  
 $p_2$  = pression d'ouverture de la soupape de sécurité= 1.014 bar  
 $\Delta V$  = volume de gaz échappé

Le volume de gaz correspond au volume total de gaz dans le système (gazomètre, tuyauterie, etc.) et doit être estimé par l'opérateur. L'application de cette formule mène aux émissions suivantes lors d'une charge de gaz d'essence de 1 kg/m<sup>3</sup>:

Tableau 4: Emissions COV lors de l'ouverture de la soupape de sécurité selon le volume de gaz

Volume de gaz [m <sup>3</sup> ]	Emission COV par ouverture [kg]
1'000	0.99
2'000	1.97
5'000	4.93
7'500	7.40
10'000	9.86
15'000	14.79
20'000	19.72

Les événements individuels sont à inscrire dans le tableau correspondant de la déclaration des émissions.

### 3.5 Pertes des armatures et brides

Selon VDI, l'exploitation courante est déterminante pour les pertes des armatures et des brides. Ce qui suit est une estimation moyenne des pertes des armatures et des brides sur des conduites DN200 du système de remplissage (respectivement une longueur de joint de 0.63m). Si certains paramètres dévient fortement, un ajustement individuel serait nécessaire.

	Description	Nombre	Emissions/heure [g/h]
Organes d'arrêt et de réglage	Presse-étoupe avec manchette, joint torique	10	2.3
Pompe	Garniture mécanique d'étanchéité simple	1	1
Bride	Joint souple	40	0.9
Total émissions COV/h			4.2

Les émissions annuelles se calculent comme suit:

Entrées d'essence:	_____	m <sup>3</sup>
Puissance de la pompe de remplissage:	_____	m <sup>3</sup> /h
Heures d'exploitation de la pompe de remplissage [entrées/puissance]	_____	h
Emissions COV [4.2 x heures d'exploitation de la pompe de remplissage]:	_____	g/a
	= _____	kg/a
Sorties d'essence:	_____	m <sup>3</sup>
Puissance de la pompe de déstockage:	_____	m <sup>3</sup> /h
Heures d'exploitation de la pompe de déstockage [sorties/puissance]:	_____	h
Emissions COV [4.2 x heures d'exploitation de la pompe de déstockage]:	_____	g/a
	= _____	kg/a

### 3.6 Nettoyages de réservoirs

Les émissions résultant du nettoyage des réservoirs ne sont pas traitées dans la norme VDI 3479, raison pour laquelle le comité technique de CARBURA a eu recours à des valeurs empiriques. Les gaz sont traités dans la mesure du possible par la VRU. Les émissions COV correspondantes sont incluses dans le chapitre 3.3. Le nettoyage par la VRU se fait jusqu'à environ 15 g/m<sup>3</sup>.

#### 3.6.1 Réservoirs à toit fixe et à pression avec équilibrage des gaz

Le volume de gaz d'un réservoir à toit fixe ou à pression y compris le volume de la coupole correspond à environ 110% du volume utile. Ainsi, les émissions COV lors d'un nettoyage se calculent comme suit :

Volume de gaz du réservoir [1.1 x volume utile]:	_____	m <sup>3</sup>
Charge restante de COV dans le réservoir [15 g/m <sup>3</sup> x volume de gaz]:	_____	g
	= _____	kg

#### 3.6.2 Réservoirs à toit fixe avec membrane intérieure flottante ou à toit flottant

Le volume de gaz d'un réservoir à toit fixe ventilé librement avec membrane intérieure flottante ou d'un réservoir à toit flottant correspond au volume entre le fond et la membrane flottante. Celle-ci se trouve à une hauteur d'environ 180cm. Ainsi, les émissions COV lors d'un nettoyage se calculent comme suit :

Volume de gaz du réservoir [1.8 m x surface du plancher]:	_____	m <sup>3</sup>
Charge restante de COV dans le réservoir [15 g/m <sup>3</sup> x volume de gaz]:	_____	g
	= _____	kg

### **3.7 Événements exceptionnels et commentaires généraux**

Dans le cas d'événements exceptionnels, ceux-ci doivent être décrits brièvement et il faut estimer les émissions. Dans ce chapitre, il faut par exemple également énumérer les travaux planifiés (par exemple les travaux anticorrosion) ainsi que les défauts et les incidents.

### **3.8 Résumé des émissions COV des réservoirs d'essence**

Dans certains cas, notamment lors de l'application des bases du VDI, le calcul se fait sur des émissions annuelles. Ainsi, une indication sur des valeurs horaires est difficilement possible.

Les émissions doivent être présentées comme des valeurs annuelles et il faut estimer si l'OPair ou l'arrêté d'assainissement ont été respectés.

Par la suite, la valeur horaire moyenne est déterminée afin de pouvoir faire une appréciation et une comparaison avec les valeurs prescrites de l'OPair.

## 4. Emissions COV de réservoirs de pétrole aviation

Dans une installation de stockage avec des réservoirs de pétrole aviation, il y a habituellement aussi des réservoirs d'essence. Ceux-ci sont dominants dans les émissions COV. Les émissions supplémentaires du pétrole aviation peuvent être négligées à condition que les réservoirs de pétrole aviation soient équipés, au minimum, de membranes flottantes.

Si les émissions doivent être estimées pour des raisons particulières (p.ex. lorsqu'il n'y a pas de stockage d'essence en parallèle), l'approche pragmatique suivante est choisie:

En principe, les émissions sont calculées comme pour l'essence, mais il faut considérer que des joints d'étanchéité de moindre qualité sont installés en général dans des réservoirs à toit fixe avec membrane intérieure flottante contenant du pétrole aviation. Une efficacité de 0,95 au lieu de 0,98 est utilisée. De plus, il faut considérer que les réservoirs de pétrole aviation n'ont pas obligatoirement une peinture blanche. Pour cette raison, les mêmes formules que celles de l'essence sont utilisées, mais avec un facteur de peinture d'aluminium-argent (1.1) au lieu de blanc (1.0).

Ainsi, les émissions COV du pétrole aviation peuvent être déterminées selon le modèle ajusté d'essence. Les émissions calculées à base d'essence sont à diviser par cent. Ceci correspond approximativement au rapport entre la pression de vapeur à 20°C du pétrole aviation (0.003 bar) et celle de l'essence (0.4 bar).

### 4.1 Réservoirs de stockage

#### 4.1.1 Réservoirs à toit fixe avec membrane intérieure flottante

$$L_{\text{Rés,a}} = (1 - \eta_{\text{SD}}) \times [(1 - \eta_{\text{VD}}) \times f \times L_{\text{A,a}} + L_{\text{B,a}}]$$

$\eta_{\text{SD}}$  rendement membrane intérieure (min. 0.95)  
 $\eta_{\text{VD}}$  rendement soupape de pression (=0, puisque ventilé librement sans soupape)  
 $f$  valeur de peinture (pour alu-argent: 1.1)  
 $L_{\text{A,a}}$  pertes par sorties et respiration en kg/a  
 $L_{\text{B,a}}$  pertes par remplissage (entrées) en kg/a

Lorsqu'on insère ces valeurs, on obtient la formule simplifiée suivante:

$$L_{\text{Rés,a}} = 0.055 \times L_{\text{A,a}} + 0.05 \times L_{\text{B,a}}$$

Les **pertes par sorties et respiration** ( $L_{\text{A,a}}$ ) se calculent comme suit. Il est renoncé à la distinction entre l'essence d'été et d'hiver et également à la correction pour les jours d'été, car cela ne fait pas beaucoup de différence pour les émissions du pétrole aviation. Par contre, les réservoirs de pétrole aviation étant transvasés régulièrement, une valeur moyenne de 0,8 est utilisée pour le degré de saturation.

$$L_{\text{A,a}} = L_{\text{A,S}} \times d_{\text{S}} + L_{\text{A,W}} \times d_{\text{W}}$$

$$L_{\text{A,a}} = f_{\text{A,S}} \times c_{\text{ns}} \times V_{\text{n,S}} \times d_{\text{S}} + f_{\text{A,W}} \times c_{\text{nw}} \times V_{\text{n,W}} \times d_{\text{W}}$$

$L_{\text{A,S}}$  perte de respiration moyenne journalière en été en kg/d  
 $L_{\text{A,W}}$  perte de respiration moyenne journalière en hiver en kg/d  
 $f_{\text{A,S}}$  taux de saturation en été:  
 réservoirs de transvasement: 0.63  
 réservoirs de stockage: 1  
 → moyenne: 0.8

$f_{A,W}$	taux de saturation en hiver: réservoirs de transvasement: 0.57 réservoirs de stockage: 1 → moyenne: 0.8
$c_n$	concentration de saturation en $\text{kg/m}^3$ des hydrocarbures dans l'espace gazeux au-dessus du niveau du liquide: été $c_{ns}$ : $1.14 \text{ kg/m}^3$ hiver $c_{nw}$ : $0.68 \text{ kg/m}^3$
$V_n$	débit volumique (été resp. hiver)
$d_S$	nombre de jours d'été (mai à sept.): $d_S = 153 \text{ d/a}$
$d_W$	nombre de jours d'hiver (octobre à avril): $d_W = 212 \text{ d/a}$

Ainsi, on obtient la formule suivante simplifiée (calcul de  $V_n$  ci-dessous):

$$L_{A,a} = V_{n,S} \times 140 + V_{n,W} \times 116$$

Le débit volumique pour l'été respectivement l'hiver se calcule comme suit :

$$V_n = \left( \frac{T_n}{\rho_n} \right) \times \left( \frac{\rho}{T_1} - \frac{\rho}{T_2} \right) \times V_G \times \frac{1}{t}$$

$T_n$	température normale = 273.15 K
$\rho_n$	pression normale = 1013.25 hPa
$\rho$	pression environnante en hPa
$T_1$	température minimale moyenne dans l'espace gazeux: $T_{1,S} = 286.5 \text{ K}$ $T_{1,W} = 278 \text{ K}$
$T_2$	température maximale moyenne dans l'espace gazeux: $T_{2,S} = 303.5 \text{ K}$ $T_{2,W} = 286 \text{ K}$
$V_G$	volume de l'espace gazeux au-dessus du produit en $\text{m}^3$ (hypothèse: 10% du volume de pétrole aviation $V_B$ )
$t$	période de référence ( $t = 1 \text{ d}$ )

Lorsqu'on insère ces valeurs, on obtient la formule suivante pour l'été respectivement pour l'hiver; pour  $p$  la valeur insérée est 980 hPa:

$$V_{n,S} = 0.27 \times 0.19 \times 0.1 V_B [\text{m}^3/\text{d}] = 0.00513 V_B [\text{m}^3/\text{d}]$$

$$V_{n,W} = 0.27 \times 0.10 \times 0.1 V_B [\text{m}^3/\text{d}] = 0.0027 V_B [\text{m}^3/\text{d}]$$

Ainsi, il est possible de calculer les émissions annuelles de COV des réservoirs en fonction du volume de pétrole aviation ( $V_B$ ) pour les sorties et la respiration:

$$L_{A,a} = (0.00513 [1/\text{d}] \times 140 [\text{d/a}] + 0.0027 [1/\text{d}] \times 116 [\text{d/a}]) \times V_B = \mathbf{1.0314 V_B [\text{kg/a}]}$$

Les pertes par remplissage (entrées) ( $L_{B,a}$ ) se calculent comme suit:

$$L_{B,a} = f_B \times c_n \times Q$$

$f_B$  taux de saturation,  $f_B = 0.85$

- $c_n$  concentration de saturation en  $\text{kg/m}^3$  des hydrocarbures dans l'espace gazeux au-dessus du niveau du liquide:  
moyenne pondérée  $c_n = 0.87 \text{ kg/m}^3$
- $Q$  entrées en  $\text{m}^3/\text{a}$

Pour le remplissage, on obtient ainsi les émissions COV suivantes :

$$L_{B,a} = 0.74 \times Q \text{ [kg/a].}$$

En résumé et en considération du rendement de la membrane intérieure flottante, on obtient ainsi les émissions annuelles COV suivantes des réservoirs à toit fixe ventilés librement avec membrane intérieure flottante:

$$L_{R\acute{e}s,a} = 0.055 \times 1.0314 V_B + 0.05 \times 0.74 Q = 0.057 \times V_B + 0.037 \times Q$$

Volume de pétrole aviation (volume utile), $V_B$ :	_____	$\text{m}^3$
Entrées dans les réservoirs avec membrane intérieure flottante, $Q$ :	_____	$\text{m}^3/\text{a}$
Emission COV/année, base essence [ $L_a = 0.057 \times V_B + 0.037 \times Q$ ]:	_____	kg/a
Emission COV/année, base pétrole aviation [réduction d'un facteur 100]	_____	kg/a

#### 4.1.2 Réservoirs à toit fixe ventilés librement sans membrane intérieure flottante

Pour des réservoirs à toit fixe sans membrane intérieure flottante avec pétrole aviation, les émissions COV sont calculées selon VDI 3479 comme dans le chapitre 4.1.1 avec la différence que le rendement de la membrane intérieure ( $\eta_{SD}$ ) est mis à 0 :

Lorsqu'on insère ces valeurs, on obtient la formule simplifiée suivante:

$$L_{R\acute{e}s,a} = 1.1 \times L_{A,a} + L_{B,a}$$

Les **pertes par sorties et respiration** ( $L_{A,a}$ ) et **par remplissage** ( $L_{B,a}$ ) ne sont pas affectées et peuvent être déduites de 4.1.1. :

$$L_{A,a} = 1.0314 V_B \text{ [kg/a]}$$

$$L_{B,a} = 0.74 \times Q \text{ [kg/a].}$$

En résumé, on obtient ainsi les émissions annuelles de COV suivantes des réservoirs à toit fixe ventilés librement sans membrane intérieure flottante:

$$L_{R\acute{e}s,a} = 1.1 \times 1.0314 V_B + 0.74 Q = 1.1345 \times V_B + 0.74 \times Q$$

Volume de pétrole aviation (volume utile), $V_B$ :	_____	$\text{m}^3$
Entrées dans les réservoirs sans membrane intérieure flottante, $Q$ :	_____	$\text{m}^3/\text{a}$
Emission COV/année, base essence [ $L_a = 1.1344 \times V_B + 0.77 \times Q$ ]:	_____	kg/a
Emission COV/année, base pétrole aviation [réduction d'un facteur 100]	_____	kg/a

#### 4.1.3 Réservoirs à toit flottant

Le calcul selon la norme VDI 3479 pour N réservoirs à toit flottant avec pétrole aviation reste inchangé par rapport au calcul pour l'essence (voir chapitre 3.1.3). Pour  $p^*$ , on utilise 0,125, ce qui correspond à une tension de vapeur d'essence moyenne de 400 hPa:

$$L = 31.2 \times \sum_{i=1}^N D + N \times 329.6 + 7.61 \times 10^{-3} \times \sum_{i=1}^N \frac{Q_i}{D_i}$$

Les émissions annuelles L sont divisées par 100 pour les réservoirs de pétrole aviation.

## 4.2 Pertes des armatures et brides

Selon VDI, l'exploitation courante est déterminante pour les pertes des armatures et des brides. Ce qui suit est une estimation moyenne des pertes des armatures et des brides sur des conduites DN200 du système de remplissage (respectivement une longueur de joint de 0.63m). Si certains paramètres dévient fortement, un ajustement individuel serait nécessaire.

	Description	Nombre	Emissions/heure [g/h]
Organes d'arrêt et de réglage	Presse-étoupe avec manchette, joint torique	10	2.3
Pompe	Garniture mécanique d'étanchéité simple	1	1
Bride	Joint souple	40	0.9
Total émissions COV/h			4.2

Les émissions annuelles se calculent comme suit:

Entrées de pétrole aviation:	_____	m <sup>3</sup>
Puissance de la pompe de remplissage:	_____	m <sup>3</sup> /h
Heures d'exploitation de la pompe de remplissage [entrées/puissance]	_____	h
Emissions COV [4.2 x heures d'exploitation de la pompe de remplissage]:	_____	g/a
	= _____	kg/a
Sorties de pétrole aviation:	_____	m <sup>3</sup>
Puissance de la pompe de déstockage:	_____	m <sup>3</sup> /h
Heures d'exploitation de la pompe de déstockage [sorties/puissance]:	_____	h
Emissions COV [4.2 x heures d'exploitation de la pompe de déstockage]:	_____	g/a
	= _____	kg/a
Total pétrole aviation (émissions COV entrées + émissions COV sorties)/100 =	_____	kg/a

## 4.3 Nettoyages de réservoirs

### 4.3.1 Bases concernant le nettoyage de réservoirs de pétrole aviation

Puisque la concentration de pétrole aviation dans l'espace gazeux du réservoir est, en règle générale, en dessous de la limite inférieure d'explosibilité, les gaz ne sont pas spécialement traités ou brûlés lors du nettoyage. Les réservoirs sont ventilés afin de les rendre accessibles au nettoyeur.

Pour le calcul, la concentration dans l'espace gazeux est estimée à 10 g/m<sup>3</sup>. Les valeurs ainsi calculées correspondent aux émissions COV et ne doivent pas être réduites en plus par le facteur 100.

### 4.3.2 Réservoirs avec membrane intérieure flottante et à toit flottant

Le volume de gaz d'un réservoir à toit fixe ventilé librement avec membrane intérieure flottante correspond au volume entre le fond et la membrane flottante. Celle-ci se trouve en général à une hauteur de 180 cm. Ainsi, les émissions COV lors d'un nettoyage se calculent comme suit

Volume de gaz du réservoir [1.8 m x surface du plancher]: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>  
Charge restante de COV dans le réservoir [10 g/m<sup>3</sup> x volume de gaz]: \_\_\_\_\_ g  
= \_\_\_\_\_ kg

### 4.3.3 Réservoirs ventilés librement sans membrane intérieure flottante

Dans le cas de réservoirs ventilés librement sans membrane intérieure flottante, l'espace gazeux correspond au volume utile du réservoir. La suite du calcul est analogue à la précédente:

Volume de gaz du réservoir [volume utile]: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>  
Charge restante de COV dans le réservoir [10 g/m<sup>3</sup> x volume de gaz]: \_\_\_\_\_ g  
= \_\_\_\_\_ kg

## 4.4 Événements exceptionnels et commentaires généraux

Dans le cas d'événements exceptionnels, ceux-ci doivent être décrits brièvement et il faut estimer les émissions.

Dans ce chapitre, il faut par exemple également énumérer les travaux anticorrosion.

## 4.5 Résumé des émissions COV des réservoirs de pétrole aviation

Dans certains cas, notamment lors de l'application des bases du VDI, le calcul se fait sur des émissions annuelles. Ainsi, une indication sur des valeurs horaires est difficilement possible.

Les émissions doivent être présentées comme des valeurs annuelles et il faut estimer si l'OPair ou l'arrêté d'assainissement ont été respectés.

Par la suite, la valeur horaire moyenne est déterminée afin de pouvoir faire une appréciation et une comparaison avec les valeurs prescrites de l'OPair.

#### Références:

[1] Verein Deutscher Ingenieure (VDI), Richtlinie 3479, Emissionsminderung Raffineriefarne Mineralöltankläger, August 2010

[2] Manual of Petroleum Measurement Standard, Chapter 19: „Evaporative Loss Measurement“ API Publications 2417 and 2419 - American Petroleum Institute, April 1997