

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche Scientifique



Université M'Hamed Bougara Boumerdès
Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie
Département : Génie des Procédés Chimiques
et Pharmaceutiques



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

*En vue de l'obtention du diplôme de Master
Spécialité : Génie des Procédés
Option : Génie de l'Environnement Appliquée
aux Hydrocarbures*

THEME

*Quantification des COV émises par les bacs
de stockage des hydrocarbures de la raffinerie
d'Arzew*

Présenté par :

DIAB Dahman

BOUDERSAYA Mohamed

BENBEHAZ Tayeb Allaeddine

Suivi par :

Mme HAMOUDI Salima

Encadré par:

M. MESSABIH Habib

Promotion 2017

Remerciements

En premier lieu, nous tenons à remercier notre DIEU, notre créateur qui nous a donné le courage, la volonté, la force ainsi que la patience pour accomplir ce travail.

Nos sincères gratitudes s'adressent à notre promotrice Madame : HAMMOUDI Salima pour son suivi durant la période de préparation de notre mémoire, son aide et ses conseils.

Nos vifs remerciements s'adressent aux personnels de la raffinerie d'Arzew Chef DRH de la raffinerie d'Arzew Mr. MOULEY et à l'ingénieur Ali Pour tout l'intérêt qu'ils nous ont portés afin de bien mener notre stage.

Un spécial remerciement pour le chef service HSE Monsieur MESSABIH Habib pour son grand aide pendant notre stage.

Nous tenons remercier tous les enseignants du département de Génie des Procédés Chimiques et Pharmaceutiques, qui nous ont aidées par le fruit de leur connaissance pendant toute la durée de notre cursus.

Nos derniers remerciements et ce ne sont pas les moindres, vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'aboutissement de ce travail.

DEDICACE

A ceux qui ont consacré leurs vies pour nous.

A celle qui m'a transmis la vie, qui m'a élevé avec amour et tendresse, à ma chère maman qui n'a jamais cessé de me soutenir et qui sans ses prières je n'aurai pas la force à continuer.

A mon cher père, mon idole, mon exemple, qui a sacrifié pour moi, qui m'a toujours soutenu et cru en moi ; qui m'a toujours donné des leçons de vie et qui sans lui je ne serai pas l'homme qui je suis devenue.

A toute la famille DIAB.

A mes adorables frères ALI et MOHAMED.

A mes précieuses sœurs, Nabila, Assia, Fatma, Khadija, Amina, Hassina.

A mes trinômes Mohamed et Alae et toutes leurs familles.

A mes chères copains Zaki, Youcef, Abdou, Nadjeh, Oussama, Hassan, Kada, Hichem, Youcef, Ayoub, Amin, Brahim, et Fateh Imoudir, Youcef lmarzak, Karim, Abbas, Abdeljalil, Omar.

A mes Amies: Amina, Chayma.

A mon Cousin Brahim.

A tous ce qui m'ont inspiré Dellal, Bensaadi, Misabih.

A tous ce qui ont participé à mon succès ammi Cherif, Samir

A tous les gens qui m'aime et que j'aime.

Je dédie ce modeste travail.

Dahman.

DEDICACE

*A ceux qui ont consacré leurs vies pour nous.
Aux sacrifices qu'ils ont faits pour leur famille,
A celle qui m'a élevé avec amour et tendresse.
A celle qui m'a transmis la vie, l'amour et
A celle et ceux qui ont toujours cru en moi.
A ma chère maman qui n'a jamais cessé de me soutenir.
A mon cher père (Rabi Yarahmou) mon idole, mon exemple,
qui a sacrifié pour moi, qui m'a toujours soutenu et cru en
moi ; qui m'a toujours donné des leçons de vie et qui sans lui
je ne serai pas l'homme qui je suis devenue.
A mon adorable frère Abderazzak.
A mes précieuses sœurs Meriem et Zahra.
A mon beau-frère Amine (Stalli).
A mes trinômes Alae et Dahman et leurs familles.
A mes chères copains Zaki, Youcef, abdo, Nadjeh,
Oussama, Hassan, Kada, Benmahamed ,Walid
,Hocine ,Ali,Hichem,Marzek, et Fateh Imoudir.
Amies Sarah, Amina,Djihane.
Cousins Farid, Othmen (Rabi Yarahmou),Omar et Lyes.
A toute la famille BOUDERSAYA.
A tous les gens qui m'aime et que j'aime.
Je dédie ce modeste travail.*

Mohamed.

DEDICACE

A ceux qui ont consacré leurs vies pour nous.

A celle qui m'a transmis la vie, qui m'a élevé avec amour et tendresse, à ma chère maman qui n'a jamais cessé de me soutenir et qui sans ses prières je n'aurai pas la force à continuer.

A mon cher père, mon idole, mon exemple, qui a sacrifié pour moi, qui m'a toujours soutenu et cru en moi ; qui m'a toujours donné des leçons de vie et qui sans lui je ne serai pas l'homme qui je suis devenue.

A toute la famille BENBEHAZ et la famille BENSALAH.

A mes adorables frères Issam CR7 et Ramsey.

A ma précieuse princesse ma sœur Tasnim.

A mes trinômes Mohamed et Dahman et toutes leurs familles.

A mes chères copains Zaki, Youcef, Abdou, Nadjeh, Oussama, Hassan, Kada, Hichem, Mouad, Mahmoud, Housseem, Abdou et Fateh Imoudir.

A mes Amies: Ilham, Ahlam, Linda, Amel.

A mon Cousin Hichem.

A tous les gens qui m'aime et que j'aime.

Je dédie ce modeste travail.

Alae.

Introduction.....	1
--------------------------	----------

Présentation de la raffinerie d'Arzew

Introduction.....	2
I.1 Historique	2
I.2 Situation géographique	2
I.3 Le rôle de la raffinerie	3
I.4 Capacités de production	3
I.5 Laboratoire	5
I.6 L'organisation de personnel de la raffinerie d'Arzew.....	6
I.7 Les principales zones du complexe	8

Chapitre I : Présentation des bacs de stockage

I.1. Capacité de stockage à la raffinerie d'Arzew	14
I.2. Emissions diffusées de la raffinerie	14
I.3 Aspects de technologie communs aux différents types de bacs	19
I.4 Situation vis-à-vis de la réglementation	26
I.5 Mesure de réduction des émissions de COV à mettre en place.....	27
I.6 Situation future-projet d'extension	27

Chapitre II : Impacte des COV sur la santé et l'environnement

II.1 Introduction	29
II.2 Définition de la pollution atmosphérique	29
II.3 Sources de pollution atmosphériques	31
II.4 Les polluants atmosphériques	33
II.5 Les grands types de pollution	37
II.6 Législation et norme de qualité de l'air en Algérie.....	38

II.7 Normes international de qualité de l'air	40
II.8 Définitions des COV	40
II.9 Principales sources des COV	44
II.10 Effets et impacts des COV sur la santé et l'environnement	45
II.11 Réduction des composés organiques volatils	48
II.12 Méthodes d'élimination des COV	49
II.13 La réglementation applicable pour les COV	51

Chapitre III : Méthodes de calcule des COV émise par les bacs de stockage

III.1 Emissions des COV de stockage	53
III.2.Methode de l'annexe 2-METHODE de l'AM 86 MODERNISEE	54
III.3 Methode de l'annexe 3 – réservoirs à toits fixes	64
III.4 Methode de l'annexe 4 – réservoirs à toit ou écran flottant	73
III.5 Méthodes EPA / AP42	83
III.6 Autres méthodes	83
III.7 Comparaisons / Criteres de choix / Gestion des cas particuliers	84
III.8 Comparaison avec les anciennes formules de l'AM du 4/09/86	86

Chapitre IV Partie calcule

IV.1 Introduction	90
IV.2 Calcule des émissions des COV	90
IV.3 Interprétation des histogrammes	103
IV.4 Etude économique	106
Conclusion générale	107

Liste des tableaux

Tableau 1 Les différents produits pétroliers de la raffinerie d'Arzew(RA1Z)	4
Tableau I.1 Flux diffuse de COV d'une raffinerie d'une capacité de 10 Mt/an.....	16
Tableau I.2 Flux diffuse des COV d'une raffinerie d'une capacité de 2.75 Mt/an.....	16
Tableau I.3 Emission annuelle en COV de quelques sites pétroliers.....	18
Tableau II.1 Les différents types de la pollution atmosphérique et leurs impacts.....	31
Tableau II.2 Classification des COV selon leur température d'ébullition	41
Tableau II.3 Les grands familles de COV	42
Tableau II.4 Effets et impacts de certains COV sur la santé humaine	46
Tableau II.5 VME et VLE pour quelques COV couramment utilisés.....	47
Tableau II.6 Texts français relatives aux COV	51
Tableau.III.1 Tableau des coefficients de couleur.....	56
Tableau.III.2 Paramètres des produits (Masse molaire/PV).....	58
Tableau.III.3 Types des joints de toit flottant.....	59
Tableau III.4 Coefficients de différents Types de joints	61
Tableau.III.4 Coefficient de structure de l'écran interne et coefficient de perméation de l'écran interne.....	61
Tableau III.5 Paramètre de différents produits pétroliers (Mmol/PV)	66
Tableau III.6 Absorbance solaire du revêtement du réservoir.....	67
Tableau III.7 Coefficient K RA, K RB et exposants n pour les réservoirs à toit flottant.....	73
Tableau III.8 Coefficient K FA, K FB et exposants m pour les réservoirs à toit flottant.....	75
Tableau.III.9 Nombre de casses vides et de drain conseillés	76
Tableau.III.10 Nombre de jambes de ponton et de jambes centrales conseillées par les réservoirs à toit flottant externe.....	77
Tableau.III.9 Nombre de jambes conseillées pour les réservoirs à toit flotant interne	79
Tableau.III.12 Nombre de colonnes de toit pour les réservoirs à toit flottant interne.....	79
Tableau.III.13 Coefficients de mouillabilité C des revêtements intérieurs des réservoirs	81
Tableau.III.14 Les différentes méthodes de calcul des émissions des COV pour les différents types de réservoirs à toit fixe.....	83
Tableau.III.15 Les différentes méthodes de calcul des émissions des COV pour les différents types de réservoirs à toit flottant et à écran flottant.....	85

Tableau IV.1 Les coefficient avec le joint.....	91
Tableau IV.2 Les coefficient de structure des réservoirs équipé d'un écran interne flottant.....	91
Tableau IV.3 Calcule de K1	93
Tableau IV.4 Calcule de K2	94
Tableau IV.5 Calcule des émissions en mois de janvier et en saison d'hiver.....	95
Tableau IV.6 Calcule des émissions en mois de août et en saison d'été.....	96
Tableau IV.7 Calcule de K3 et K4	98
Tableau IV.8 Calcule des émissions en mois de janvier et en saison d'hiver.....	99
Tableau IV.9 Calcule des émissions en mois de août et en saison d'été.....	100
Tableau IV.10 Calcule de K5.....	101
Tableau IV.11 Calcule des émissions annuelle.....	101
Tableau IV.12 Emission total annuel de la raffinerie d'Arzew.....	102
Tableau IV.13 Calcule des pertes de la raffinerie d'Arzew coté financier.....	106

Liste des figures

Figure 1 La carte géographique de la raffinerie d'Arzew.....	3
Figure 2 Capacité de production des différents produits pétroliers	5
Figure 3 Vue section du laboratoire de la raffinerie d'Arzew	5
Figure 4 L'organigramme de la raffinerie d'Arzew	5
Figure 5 Le plan de masse de la raffinerie d'Arzew	12
Figure I.1 Robe de bac	20
Figure I.2 Bac à toit fixe	20
Figure I.3 Equipement du bac à toit fixe	21
Figure I.4 Remplissage du bac.....	21
Figure I.5 Vidange du bac.....	21
Figure I.6 Elévation de température et baisse de température	21
Figure I.7 Bac à toit flottant	22
Figure II.1 Répartition des émissions de polluant atmosphérique.....	31
Figure II.2 Cycle de la pollution atmosphérique.....	32
Figure II.3 Effet et impact des COV sur la santé et l'environnement.....	33
Figure III.1 Type de joint.....	61
Figure III.2 Carte de l'ensoleillement.....	69
Figure III.3 Carte de température moyennes annuelles.....	70
Figure IV.1 Emission annuelle des bacs à toit fixe.....	103
Figure IV.2 Emission annuelle des bacs à toit flottant.....	104
Figure IV.3 Emission total (tonne par an).....	105

Liste des abréviations

COV : Composés organiques volatils.

COVNM : Composé organique volatil non méthanique.

BRI : Brut Réduit Importé.

H.S.R.N: Heavy straight run naphtha.

Fuel— HTS: Fuel haute teneur en soufre.

Fuel- BTS : Fuel basse teneur en soufre.

GPL : Gaz de pétrole liquéfié.

PM₁₀: Particules en suspension dans l'air, d'un diamètre aérodynamique (ou diamètre aéraulique) inférieur a 10 micromètres.

OMS : Organisation mondiale de santé.

CE : Communautés européens.

BTEX : (Benzène, toluène, éthylbenzène, et xylènes).

EPA : Agence de protection de l'environnement.

JOCE : Journal officiel de communautés européennes.

BOMEDD : Bulletin officiel ministère de l'écologie et du développement durable.

ICPE : Installation classées pour la protection de l'environnement.

APC : Assemblé populaire communale.

ISO : Internationale organisation standard.

AFNOR : Association française de normalisation.

ADEME : Agence de l'environnement et de la maitrise de l'énergie.

PME/PMI : Petites et moyennes entreprises.

PMI : Désignent des entreprises des tailles modestes.

JO : Journal officiel.

AOI 2517 et API 2519: API Publications 2517 & 2519 Manual of petroleum measurement standard. Chapter 19: Evaporation loss measurement, Section 2: Evaporative loss from floating-roof tanks.

API 2518: API Publication 2518 Manual of petroleum measurement standard. Chapter 19: Evaporative loss measurement, Section 1: Evaporative loss from fixed-roof tanks.

MTBE: Methyl Tertiary Butyl Ether.

UCVE : Unconfined vapor cloud explosion.

MEK: Methyl Ethyl Ketone.

Brut HMD: Brut Hassi Messaoud

VME: Valeur Moyenne d'Emission.

VLE: Valeur Limite d'Emission.

Introduction

Introduction générale

Les préoccupations environnementales prennent, de nos jours, une importance sans cesse croissante. Dans ce contexte, la protection de l'atmosphère par le contrôle des émissions gazeuses chargées en polluants devient un enjeu environnemental majeur. Parmi les différentes sources de pollution de l'atmosphère, les industries émettrices de rejets chargés en composés organiques volatils (COV) font l'objet d'une attention particulière. En effet, les COV sont des polluants avérés de la basse atmosphère de par leurs impacts sur l'environnement et la santé humaine.

Le nombre important de sites industriels, combiné à la quantité et à la nature des matières stockées forment un contexte particulièrement exposé aux accidents environnementaux majeurs tels que le dégagement des nuages toxiques, UCVE, gaz inflammable et l'émanation des COV vers l'atmosphère lors des usages quotidiens et manipulation des produits.

Ce travail est basé sur une méthode de calcul référencée à la réglementation française dans le domaine des COV car la réglementation Algérienne ne compte pas ce type de calcul, alors que cette méthode est souvent utilisée par tous les bureaux d'études français spécialisée dans les études de danger et les audits environnementaux réalisés pour les installations classées telle que représente la raffinerie d'Arzew.

Ce mémoire est réparti en quatre (4) Chapitre :

- Chapitre I : comporte la description des bacs de stockage ;
- Chapitre II : Fait point sur la pollution atmosphérique et présente la problématique de la présence des COV dans l'atmosphère. La définition de ces composés, les aspects législatifs qui leur sont liés, leurs utilisations et sources de rejets ainsi que leurs impacts sur la santé et l'environnement sont tout d'abords exposés. Les différentes techniques de la réduction des émissions des COV sont également présentées ;
- Chapitre III : Présente les différentes méthodes utilisables pour calculer les COV émises par les bacs de stockage ;
- Chapitre IV : concerne la partie pratique, dont nous avons procédé à la quantification des COV émises par les bacs de stockage de la raffinerie d'Arzew (RA1Z).

Introduction

La découverte du pétrole est un évènement historique car cette source d'énergie est stratégique dans l'économie de la majorité des pays. Son exploitation artisanale a débuté au 19^{ème} siècle, son usage était alors limité pour l'éclairage. C'est en 1899 que son utilisation s'est développée avec l'apparition des moteurs à combustion interne au Royaume uni.

Dès la fin du dernier siècle, les nouvelles qualités du pétrole et du gaz naturel constituent non seulement une source d'énergie, mais encore une matière première pour de nombreuses industries en pleine expansion.

I.1 Historique :

Comme notre pays qui possède d'importance réserve en pétrole, il est dans l'obligation de bâtir des complexes afin de permettre le traitement de cette richesse pour obtenir des produits de consommation, et assurer le développement de tout le pays par son utilisation comme matière première dans d'autres secteurs.

La raffinerie d'Arzew dénommée (RA1Z), a été construite dans le cadre du premier plan quadriennal durant la période 1970-1975, sa construction a été confiée à la société japonaise « JAPON GAZOLINE CORPORATION » le 30 juillet 1969.

Les travaux de construction furent lancés le 19 juin 1970, le démarrage des unités a débuté en juillet 1972 et l'ensemble des unités ont été mises en service en mars 1973.

I.2 Situation géographique [1].

La raffinerie d'Arzew (RA1Z) occupe une superficie de 170 hectares dans la zone industrielle sur le plateau d'El Mohgoun à l'Est d'Oran et à environ 5 km de la mer méditerranée.

La construction de la raffinerie d'Arzew a démarré en 1972, suivie par une extension majeure au début des années 80. La capacité de traitement est de 3,75 millions de tonnes par an pour le pétrole de Hassi Messaoud arrivant par pipeline et de 279 000 tonnes par an pour le brut réduit importé (BRI) destiné à produire des bitumes. Le site d'implantation du complexe regroupe les anciennes installations occupant la partie Nord/Ouest et les nouvelles installations occupant la partie Sud/Ouest.

Le Nord/Est et le Sud/Est sont réservés presque exclusivement au stockage des différents produits, aux mélanges et aux expéditions.



Fig 1: La carte géographique de la raffinerie d'Arzew

I.3 Le rôle de la raffinerie [1]:

C'est le troisième et important complexe construit dans le pays, la raffinerie d'Arzew répond aux impératifs suivants :

- ✓ Traiter le pétrole brut de Hassi Messaoud ;
- ✓ Satisfaire les consommations croissantes en carburants du marché national ;
- ✓ Fabriquer les produits stratégiques tels que les lubrifiants et les bitumes.

I.4 Capacités de production [1] :

La raffinerie dispose d'une capacité de traitement de 3,75 millions de tonnes/an de pétrole brut saharien (HASSI-MESSAOUD) et de 280.000 tonnes/an de brut réduit importé (BRI) pour satisfaire les besoins de la consommation nationale en carburants, lubrifiants, bitumes et aussi pour l'exportation des produits excédentaires (Naphta, Kérosène, Fiouls).

La production des produits pétroliers de la raffinerie est très diversifiée, elle se compose comme suit:

Tableau 1 : les différents produits pétroliers de la raffinerie d'Arzew (RA1Z)

Le produit	Qualité
GPL	Propane
	Butane
CARBURANTS	Essence Super
	Essence Normal
	Isomérat
	Naphta
	Kérosène
	Gazole
	Fuel HTS
	Fuel BTS
LUBRIFIANTS	Huiles de Base
	Huiles Finies
	Paraffines
	Graisses
BITUMES	Bitumes Routiers
	Bitumes Oxydés

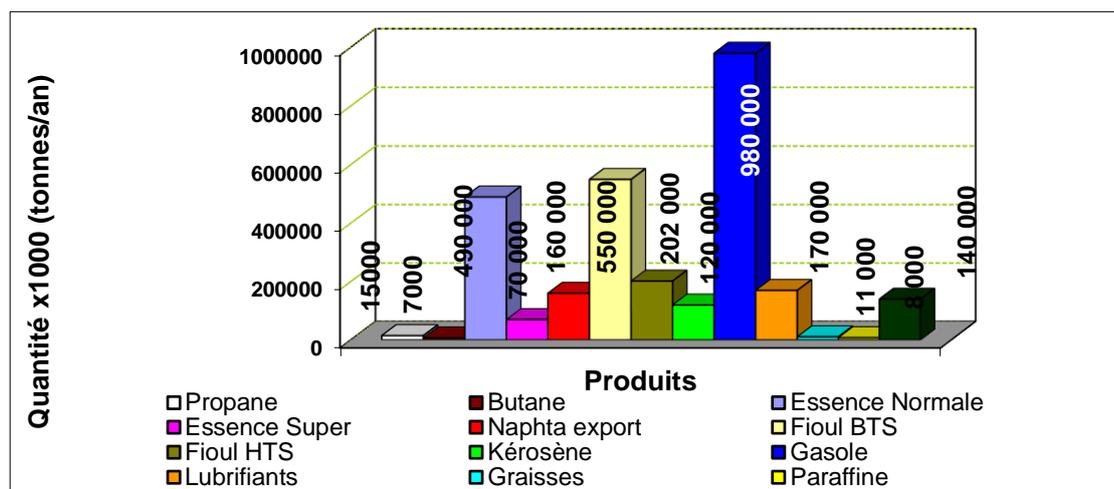


Fig. 2 : Capacité de production des différents produits pétroliers

I.5 Laboratoire : C'est un laboratoire de contrôle où sont effectués un certain nombre d'analyses sur le pétrole brut et aussi sur les différents produits intermédiaires ou finis de la raffinerie, pour l'objectif de :

✓ S'assurer que la qualité des produits finis correspond aux normes, et pour cela l'appareillage et les modes opératoires des analyses sont normalisés de sorte que les résultats aisément reproductibles comparables et permettent de caractériser un produit avec précision et qu'il est délivré avec un certificat de qualité

✓ contrôle qualité qui est composé de :

1. section des eaux ;
2. section des carburants ;
3. section lubrifiantes.



Fig. 3 : vue d'une section du laboratoire de la raffinerie d'Arzew

I.6 L'organisation de personnel de la raffinerie d'Arzew :

Les différentes structures constituant l'organigramme de la raffinerie apparaissent dans la figure 4 ci-dessous

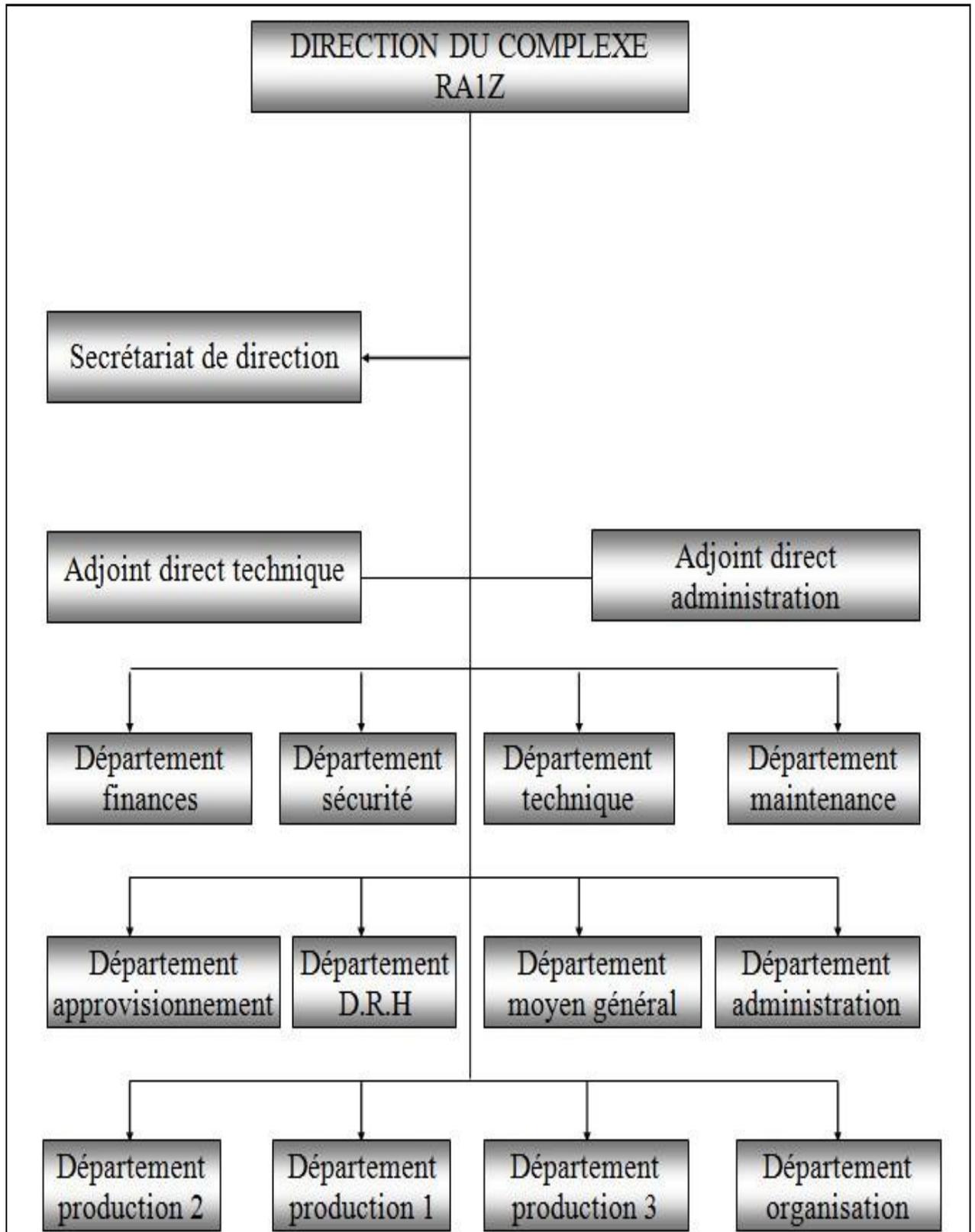


Fig. 4 : l'organigramme de la raffinerie d'Arzew

I.7 Les principales zones du complexe :

VI.7.1 Département Production P1 :

Les installations du département P1 sont celles construites en 1970. Elles produisent les carburants, les lubrifiantes, les huiles finies, les graisses et les bitumes.

Ces installations sont constituées de :

a) Zone 3 : UTILITES

- **Unité 31** : Production de vapeur et d'électricité ;
- **Unité 32** : Production de l'eau distillée ;
- **Unité 34** : unité de réception de l'eau brute venant du KAHRAMA ;
- **Unité 35** : Récupération et distribution du gaz combustible ;
- **Unité 36** : Unité d'air comprimé ;
- **Unité 67** : Réseau Eau incendie.

b) Zone 4 : CARBURANTS

Cette zone comprend cinq (5) unités, il s'agit de :

- **Unité 11** : Unité de distillation atmosphérique « Topping » pour la production des carburants et comprend deux sections :
 - a) Section fractionnement principal ;
 - b) deux (2) sections stabilisation.
- **Unité 12** : Unité de platforming.
- **Unité 13** : Séparation des gaz « Gas Plant » [1].
- **Unité 17** : Unité d'isomérisation ;
- **Unité 18** : Hot oil.

c) Zone 7: Huiles de base

Cette zone a pour tâche la fabrication des huiles de base à partir de brut réduit atmosphérique (BRA) venant du topping (unité 11) ; sa capacité de production est de 50 000 T/an.

Elle comprend les unités suivantes :

- **Unité 20** : stockage d'huile ;
- **Unité 21** : Distillation sous vide ;
- **Unité 22** : Désasphaltage au propane ;
- **Unité 23** : Extraction au furfural ;
- **Unité 24** : Déparaffinage des huiles au MEC toluène ;

➤ **Unité 25** : Hydrofinishing.

d) Zone 10 : Production des bitumes

Cette zone est composée de deux ensembles :

- **Unité 14** : Bitumes routiers ;
- **Unité 15** : Bitumes Oxydé.

I.7.2 Département Production P2

En 1978, suite aux besoins importants en lubrifiants, la raffinerie d'Arzew RA1Z a lancé la réalisation d'un ensemble de production de 120.000 T/an d'huile de base dont le démarrage de cet ensemble fut en 1984. Il comprend trois zones [1]:

a) Zone 19 : UTILITES

Cette unité entre dans le plan de l'extension de la raffinerie, elle a les mêmes tâches que la zone 3 du département P1, donc son objectif est de fournir les besoins des unités de P2 en vapeur, électricité, air, (service et instrument), eau (distillées et de refroidissements). Elle comprend les unités suivantes [1]:

U1100 : Production de la vapeur.

La production de la vapeur à haute pression (50 bars) est assurée par trois chaudières de vapeur (SG1101, SGAA02, SG1103) qui produisent chacune 45 T/h de vapeur HP à partir de l'eau distillée.

U1200 : Production de l'électricité.

Dans cette unité, il existe deux sources l'électricité :

- Réseau « SONELGAZ » ;
- Turbo générateur 5.5 KV.

U1300 : Tour de refroidissement

Cette unité a pour rôle de refroidir et traiter l'eau de réfrigération pour l'usage dans les unités de production. Ce refroidissement se fait dans quatre cellules avec un débit de 2500 m³ /h chacune.

U1400 : Distribution de fuel gaz

Cette Unité est destinée à réceptionner le gaz naturel de Hassi R'mel et le gaz de la raffinerie provenant de la zone 4. Les deux gaz sont mélangés dans le ballon D501 à une pression de 3.5 bars, et utilisé comme combustibles dans les fours et chaudières.

U1500 : Unité d'air comprimé

L'air service nécessaire pour les installations et l'air instrument pour les appareils de contrôle pneumatiques sont assurés par deux compresseurs de 2363 Nm³/h chacun.

L'air service passe à travers un sécheur pour la production de l'air instrument [1].

U1600 : Production de l'eau distillée

Cette unité assure la réception et le traitement de l'eau venant de la station KAHRAMA, elle ne peut être admise comme eau alimentaire des chaudières. La raffinerie RA1Z utilise un nouveau procédé de conditionnement des eaux (amélioration du pH et de conductivité), qui consiste à alimenter un évaporateur ayant pour rôle la production de l'eau distillée (65T/h) à partir de n'importe quelle qualité de l'eau, suivit d'une chaîne de déminéralisation ce qui assurera une eau de très bonne qualité.

U1700 : La torche.

U1800 : Traitement des rejets liquides du département P2.

Cette unité à pour but de traiter tous les effluents des unités de production du P2

U280 : Production de gaz inerte (Azote).

b) Zone 5 : Production des huiles de base

Elle se compose de 6 unités dont le but est de produire les huiles de base (SPO, SAE30, SEA10, BS) avec une capacité de 120.000T/an. Le traitement se fait de même manière que la zone 7 du P1 : elle comprend les unités suivantes :

Unité 100 : Distillation sous vide ;

Unité 200 : Désasphaltage au propane ;

Unité 300 : Extraction des aromatiques au furfural ;

Unité 400 : Déparaffinage au MEC-Toluène ;

Unité 500 : Hydrofinishing ;

Unité 600 : Hydrotraitement de la paraffine

Cette unité a pour objectif la production et l'améliorer la qualité des cires en éliminant les traces d'huiles contenant dans les paraffines.

c) Zones 6 : Conditionnement des huiles finies et graisses

Unité 3000 : Huiles finies

Cette unité a pour objectif de fabriquer les huiles finies par l'ajout des additifs chimiques et leurs conditionnements dans des fûts de 200 L, 5L, 2L, ainsi la fabrication de la graisse.

Elle comprend les unités suivantes [1]:

U3100 : Blending des huiles

A pour rôle la fabrication des huiles finies à partir des huiles de base et les additifs chimiques.

Dans cette unité, il y a aussi un service de conditionnement, remplissage des huiles finies dans des fûts de 200 L.

U3200 : Graisses

Cette unité a pour but de fabriquer et conditionner les différents types de graisses.

U3300 : Conditionnement des paraffines

Cette unité a pour but de conditionner des paraffines, en plaques de 5Kg.

U3600 : Remplissage des huiles vrac dans des camions citernes.

U3900 : Conditionnements des huiles et graisses

Cette unité a pour but de conditionner les huiles moteur dans des bidons en plastiques (2L et 5L).

Ces bidons à base du PEHD sont fabriqués au niveau de cette unité.

Le conditionnement des graisses se fait dans des pots en plastique de 1Kg.

d) Zones de stockage :

d-a) Zones 8A, 8B : Stockage intermédiaire des huiles de base. [1]

d-b) Zone 9 : Stockage du brut et résidus.

d-c) Zones 11, 12,13 : Stockage du pétrole brut provenant des bacs de stockage de RTO.

d-d) Zones 16: Stockage du NAPHTA et de l'eau brute pour la lutte contre incendie.

d-e) Zones 17: Stockage du kérosène et de l'essence de la première distillation

(Naphtha lourd pour U12).

d-f) Zones 18 : Stockage du fuel pour mélange.

d-g) Zone 22 et 23 : Stockage des carburants.

d-h) Zones 24 : Stockage du gazole.

d-i) Zones 25 : Stockage du fuel.

d-j) Zones 26 : Stockage du GPL (gaz de pétrole liquéfié).

d-k) Zones 29 : Stockage du BRI.

d-l) Zones 14 : Administration générale.

d-m) Zones 15 : Laboratoire.

d-n) Zones 20 : Réception et approvisionnement des produits chimiques et les pièces de rechange.

d-o) Zones 27 : Station de traitement des rejets liquides.

d-p) Zones 28/30 : Zone d'expédition : essences, gazole, kérosène et les GPL.

I.7.3 Département de production P3

Une nouvelle réorganisation des départements de production a ajouté un troisième département qui comprend les zones suivantes :

a. Zone de production des huiles finies (zone 6)

Elle est conçue pour le mélange et le conditionnement des huiles finies à partir des huiles de base fabriquées dans cette 1^{ère} chaîne de production. Les mélanges des huiles de base sont réalisés avec des additifs pour améliorer les caractéristiques. Le lubrifiant est conditionné dans des fûts de 200 litres.

La gamme de lubrifiants se compose de : huile pour moteur, huile industrielle, huile de graissage, huile hydraulique, huile de coupe et graisses industrielles.

b. Unité 3000 : unité de production des huiles finies

Elle est destinée à fabriquer des huiles finies à partir des huiles de base fabriquées dans les unités 100 à 500 et des additifs importés. (Production de 132000 tonnes/an pour une quantité de 10% d'additifs). Les grades des huiles fabriquées sont :

- Huiles pour moteurs (Essence, Diesel, Huiles pour transmission) ;
- Huiles industrielles (hydraulique (TISKA), turbines (TORBA), engrenage (FODDA), compresseur (TORADA), et huiles divers.

c. Unité 3200: Préparation et conditionnement des graisses.

d. Unité 3300 : Conditionnement des paraffines.

e. Unité 3400, 3500, 3600 : Assurent le conditionnement des huiles finies.

f. Unité 3700 : Installation portuaires

Son rôle consiste :

- Au déchargement des additifs importés des navires ;
- Au suivi des bacs de stockage (contrôle de température, niveau, pression, etc.) ;
- Au transfert des additifs vers RA1Z par camions citerne ;
- Au chargement d'huiles de base dans les navires.

g. Unité 3800 : Pomperies des eaux brutes.

h. Unité 3900 : Production des huiles finies

Réalisée en 1997, elle assure le conditionnement et le remplissage des huiles finies en bidons de 2 et 5 Litres et de la graisse en pots de 1 Kg.

i. Stockage et expéditions

Fig. 5 : Le plan de masse de la raffinerie d'Arzew.

Chapitre I

Présentation des Bacs de Stockage

I.1. Capacité de stockage à la raffinerie d'Arzew

La raffinerie d'Arzew dispose un ensemble de capacité de stockage des produits pétroliers finis semi-finis et intermédiaire.

Les bacs de stockages sont alimentés a partir des unités de production pour approvisionner la demande excessive et de satisfaire notre clientèle.

L'année 2012 aura été marquée par une augmentation de la demande des produits pétroliers sur le marché national, Les raffineries ont vu leur production baisser pour la deuxième année consécutive vu la réhabilitation de leurs unités d'exploitations afin d'augmenter les capacités de production.

Selon les premières estimations, les exportations des produits raffinés auraient connu une hausse sensible, mais cette situation bénéficie de manière très inégale au parc de raffinerie, qui poursuit sa réhabilitation (augmentation de capacités de raffinage) [4].

Il est identifié des familles d'hydrocarbure, notamment

- Essence ;
- Naphta léger et lourd ;
- Gasoil l2ger et lourd ;
- Kérosène;
- BRA (Brute Réduit Atmosphérique);
- Huiles de base ;
- Huiles finis;
- Bitumes ;
- fuel oil;
- BRI (Brute Réduit Importé);
- Additifs.

I.2. Emissions diffusées de la raffinerie

I.2.1.Nature et origine des rejets

Parallèlement aux émissions atmosphériques canalisées développées précédemment, la raffinerie est également responsable d'émissions diffuses des composés organiques volatils (COV).

L'identification des points des rejets atmosphériques concerne principalement :

➤ **Les unités de production**

Les fuites au niveau des joints d'étanchéité des pompes, des compresseurs, des soupapes, des brides de canalisation génèrent des rejets de COV à l'atmosphère.

➤ **Les dispositifs de prétraitement des rejets aqueux**

Les émanations au-dessus des déshuileurs génèrent des rejets de COV à l'atmosphère.

➤ **Les unités de stockage**

Les réservoirs aériens de stockage des produits volatils émettent des COV par « respiration » et du fait des mouvements de liquide stocké.

Les sources d'émissions diffuses de COV peuvent contribuer à hauteur de 20 à 50 % aux émissions des COV totales d'un établissement.

La fourchette des émissions constatée dans les raffineries européennes varie de 600 à 10000 tonnes de COV émises par ans [5].

I.2.2. Estimation des rejets diffusés

Plusieurs techniques d'estimation des rejets diffus de COV en milieu industrie existent. Il est tout d'abord possible d'estimer les flux annuels diffus en établissant un bilan matière basé sur le principe de la boîte noire : ce qui rentre dans la raffinerie (matières premières) ne s'y accumule pas donc en ressort (produits finis, rejets canalisés, rejets diffus, déchets, etc...). Il est également possible d'utiliser des facteurs d'émission.

La méthode DIAL, utilisant l'analyseur LIDAR (Light Détection And Ranging), a également été développée pour la surveillance des émissions de COV. Le LIDAR est un « radar » lumineux employant le laser. Couplé à la technique de l'absorption différentielle - DIAL pour Différentielle Absorption Lidar - il permet de mesurer sur des grandes distances concentrations des polluants gazeux sur des sites industrielles.

La méthode DIAL a ainsi été utilisée dans certain nombre des raffineries.

Le tableau I.1 suivant présente les émissions diffuses de COV mesurées par la méthode DIAL d'une raffinerie d'une capacité de production de 10 millions tonne par an [5].

Tableau I.1 Flux diffus de COV d'une raffinerie d'une capacité de 10Mt/an [5].

Zone de la raffinerie	Emission COV (t/an)
Station d'épuration	400
Installations portuaires	260
Zones de production	1000
TOTAL	1660

Rapport à la capacité de production de Raffinerie d'Arzew (2,75 millions de tonnes par an), est donne les émissions diffuses de COV suivants

Tableau 1.2 Flux diffus de COV d'une raffinerie d'une capacité de 10 Mt/an.

Zone de la raffinerie	Emission de COV (t/an)
Station d'épuration	110
Installations portuaires	71,5
Zones de production	275
TOTAL	456,5

I.2.3.Rejets des bacs de stockage d'hydrocarbures

I.2.3.1Nature des rejets

Un réservoir à toit fixe n'est jamais complètement rempli de liquide et le volume au dessus du produit stocké est occupé par un mélange gazeux - le ciel gazeux du réservoir - constitué d'air et des vapeurs émises par le liquide.

Les réservoirs d'hydrocarbures à toit fixe génèrent donc des émissions atmosphériques des vapeurs provenant de 02 phénomènes distincts :

➤ La respiration de la capacité

En journée, le réservoir est chauffé par le soleil ce qui évapore du produit et augmente la pression interne. La surpression est alors évacuée par les événements du réservoir: le mélange air - vapeur est rejeté à l'atmosphère. A l'inverse, les vapeurs du ciel gazeux se condensent lorsque la température plus fraîche de la nuit abaisse la température du réservoir. De l'air extérieur est admise à travers les événements pour contrer la légère dépression interne. Cet air se mélange avec les vapeurs du liquide et une nouvelle quantité de produit sera expulsée lors de l'expiration du jour suivant

➤ Les mouvements des produits

Lors de la vidange du réservoir, de l'air est également aspiré dans le ciel gazeux tandis que le mélange air-vapeur est expulsé vers l'atmosphère au moment du remplissage.

Afin de limiter les émissions des vapeurs d'hydrocarbures et donc les pertes de produit, il est possible d'empêcher la création du ciel gazeux en plaçant un disque mobile flottant directement sur la surface du liquide et suivant ses mouvements : c'est le toit flottant. Il peut s'agir d'un toit flottant externe, remplaçant le toit fixe ou d'un toit flottant interne, placé sous le toit fixe, on parle alors de « double toit ». Les mouvements du toit flottant sont possibles grâce à l'existence d'un espace entre le bord du toit et la robe du bac, espace qui est obturé par un joint d'étanchéité.

Les émissions atmosphériques ne sont cependant pas supprimées chez un bac équipé d'un toit flottant car des émissions diffuses persistent en raison de l'imperfection de l'étanchéité et de l'évaporation du film de liquide déposé sur les parois du bac lors de la descente du toit à la vidange.

La nature des vapeurs expulsées à l'atmosphère dépend du produit stocké mais elles seront regroupées ici sous le terme de composés organiques volatils (COV). L'arrêté ministériel du 2 février 1998 de la réglementation française donne des COV la définition suivante : « On entend par COV tout composé organique, à l'exclusion du méthane, ayant une pression de vapeur de 0,01 KPa ou plus à une température de 293,15 Kelvin ou ayant une volatilité correspondante dans des conditions d'utilisation particulières » [5].

Les produits actuellement présents sur le site susceptible de générer des COV sont :

- le pétrole brut;
- le naphta, léger, lourd;
- le kérosène ;
- le gasoil, léger, lourd;
- le fuel lourd;
- le slop léger, lourd;
- le bitume, le bitume oxydé;
- les solvants (furfural, MEC, toluène);
- les huiles.

I.2.3.3. Estimation des COV par respiration et par mouvement des bacs

Les flux de COV générés par les stockages d'hydrocarbures et des produits chimiques peuvent être évalué en appliquant les règles de calcul API 2517 (American Petroleum Institute).

Ces règles sont appliquées pour évaluer les émissions annuelles des stockages d'hydrocarbures et des produits chimiques. Elles sont destinées à des aérien et prennent en compte les émissions liées :

- à la respiration de ces réservoirs soumis au rayonnement solaire ;
- au mouvement des liquides (remplissage vidange).

Bertin technologies a utilisé un utilitaire où les règles de calculs API 2517 intégrées directement.

Les règles tiennent compte des caractéristiques des réservoirs (dimension, matériaux, revêtement, etc.), des produits stockés (pression de vapeur, etc), du nombre de rotation (remplissage /vidange) sur le réservoir, etc.

Le calcul a pris en compte

- 54 bacs « carburants » (brute, essence, fioul, kérosène, etc.);
- 117 bacs « lubrifiants » (huiles de bases, huiles finis, solvants, etc.);
- 19 bacs « bitumes » (bitumes, gasoil sous vide).

L'application de la méthode API2517 pour Raffinerie d'Arzew (RA1Z) donne un flux total annuel de COV rejetés de **2733 tonnes/an**. Ce chiffre est comparé avec les flux de COV déclarés auprès de l'administration française par les sites pétroliers en France.

Le Tableau 1.4 suivant rassemble ainsi les flux annuels en COV des certains établissements et leur capacité de production et de stockage [5].

Tableau 1.3 Emission annuelles en COV de quelques sites pétroliers [5].

Etablissement	Emission annuelle de COV	Capacité de stockage des liquides inflammables	Capacité de production des liquides inflammables
TOTAL France à Donges	1440 tonnes (2006)	1018000 tonnes	7306 t/jour
SRD à Dunkerque (59)	91,7 tonnes (2006)	36573 m ³	3200 t/jour
ESSO RSAF à Notre-Damede-Gravenchon (76)	2690 tonnes (2006)	1168576 tonnes	4255 t/jour
RAIZ à Arzew	2733 tonnes (2007)	891 600 m³	= 10000 t/jour

Raffinerie d'Arzew (RA1Z) à Oran [2733 tonnes (2007) 891600 m³≈10000t/jour]

On constate donc que les flux annuels de COV de Raffinerie Arzew (RA1Z) se situent dans la gamme des émissions d'autres sites pétroliers en France.

I.3. Aspects de technologie communs aux différents types de bacs

I.3.1. principaux éléments constitutifs

Il s'agit de réservoir cylindrique constitué :

- d'un fond généralement bombé ;
- d'une robe ou virole ;
- d'un toit fixe ou flottant ;
- des différents accessoires : échelle d'accès, soupapes de sûreté, protection contre l'incendie, réchauffeurs.

I.3.2. Fond de bac

Le fond de bac est construit en plaques de tôle se recouvrant aux extrémités où elles sont soudées entre elles. Certains fonds de bacs sont protégés par une ceinture bitumineuse interne.

Le fond de bac doit être conçu pour permettre une vidange aussi complète que possible, ainsi que les purges d'eau et dépôts. Pour cela on lui donne une pente d'environ 1 à 2 % qui est dirigée soit vers le centre (fond concave) soit vers le périphérique (fond convexe).

Bacs des petits diamètres = fond concave.

Bacs des grands diamètres = fond convexe (afin de faciliter les opérations de nettoyage, extraction des dépôts au voisinage des trous d'homme).

Le fond repose sur une galette de gravier ou de sable revêtu de bitume.

I.3.3. Robe de bac

La robe de bac est constituée par un empilage vertical des bandes de tôle soudées bout à bout, de largeur 1,5 à 2,5 m et de longueur pouvant atteindre 10 m.

La robe est calculée pour résister à la pression latérale qui s'exerce sur elle quand le bac est rempli d'eau (épreuve) ou du produit, si ce dernier est plus lourd que l'eau.

L'épaisseur minimum de la robe doit assurer en plus la résistance au vent latéral et aux tremblements de terre.

Un réservoir de stockage est relativement vulnérable et peut s'affaisser en cas de grand vent, s'il n'est pas conçu pour y résister. Le schéma ci-dessous montre que l'épaisseur de la robe varie de la base au sommet.

Sauf cas particuliers, les réservoirs ne sont pas calculés pour résister à une dépression supérieure à quelque millibar.

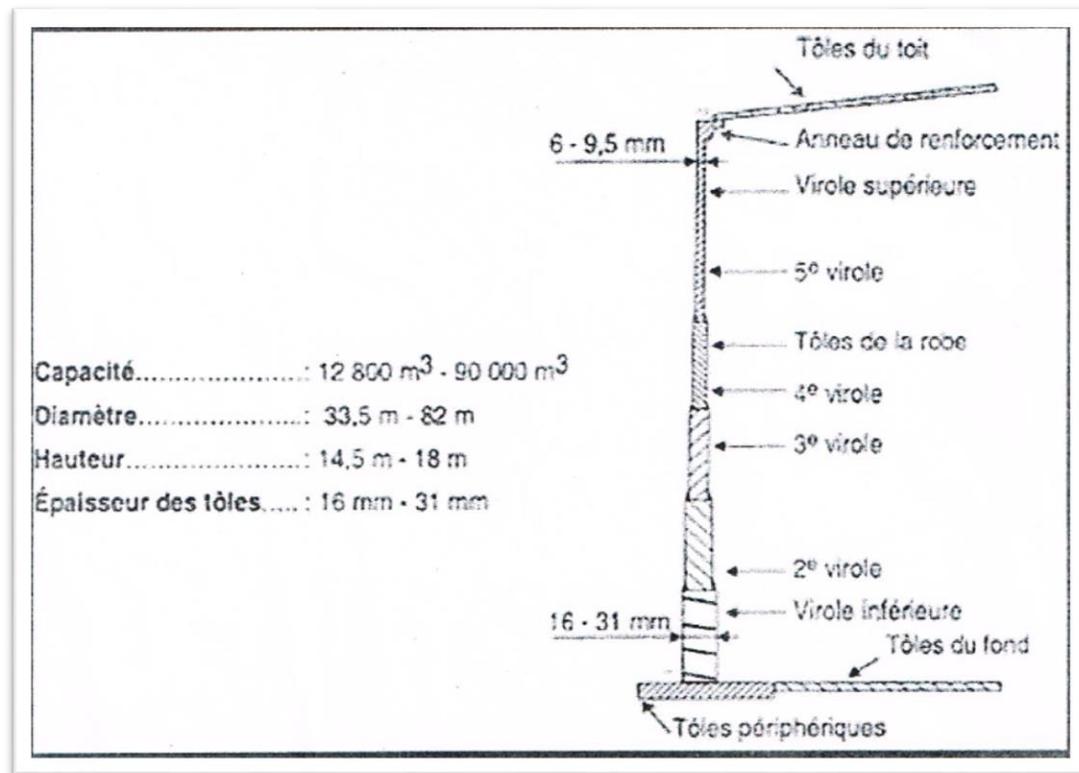


Fig I.1. Robe de bac [1]

I.3.4. ceinture

Les ceintures de renforcement sont nécessaires sur tous les réservoirs pour qu'ils conservent leur forme cylindrique : lorsqu'ils sont exposés aux vents les plus violents.

Pour les bacs à toit fixe, les plaques de toit sont fixées sur la ceinture de renforcement.

Pour les bacs à toit flottant, la ceinture de renforcement est destinée à empêcher la déformation des parois.

I.3.5. Toit

Le sommet des réservoirs est recouvert d'un toit qui peut être soit fixe, soit flottant. Quand le bac est destiné à stocker de l'eau, le toit est très souvent supprimé.

I.3.5.1. Bacs à toit fixe

Le réservoir équipé d'un toit fixe du type conique, en ombrelle, ou en parasol, est le plus économique à installer. Le toit fixe est d'une construction simple et selon la taille du réservoir, il peut être du type autoportant ou non.

Le toit autoportant conique à peu près la forme d'un cône droit très plat et n'est supporté qu'à sa périphérie. Il n'est utilisé que pour des réservoirs des petits diamètres. (Même remarque pour toits autoportants, en dôme, ombrelle ou parasol).

Le toit conique supporté a approximativement la forme d'un cône. Les tôles du toit sont supportées par des profiles disposés en parapluie, supportés eux-mêmes par des profilés concentrique reposant sur des rangées des poteaux intérieurs .plus le réservoir est grand, plus il faut de rangées des poteaux pour supporter le toit fixe.

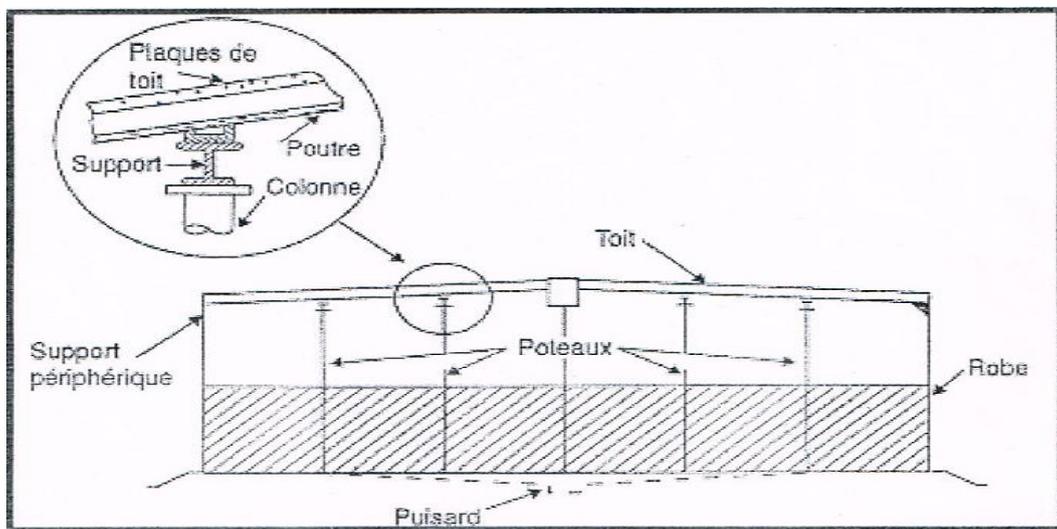


Fig I.2. Bac à toit fixe [1]

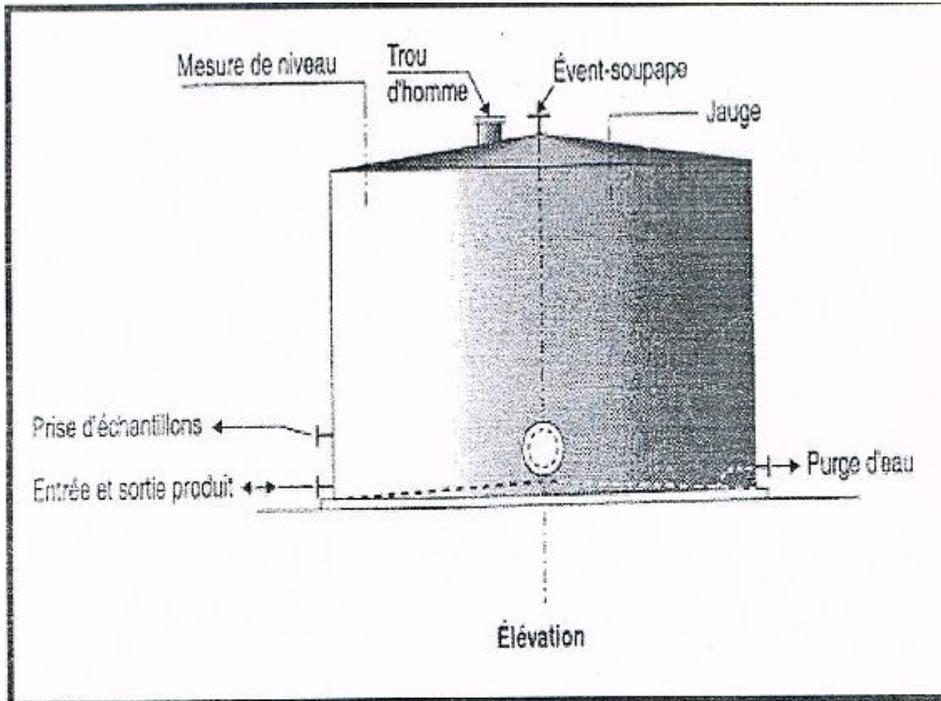


Fig I.3. Equipement du bac à toit fixe [1]

❖ **Autres équipements**

a. Les évents

Lors du remplissage ou de la vidange d'un réservoir, il faut éviter toute surpression ou dépression dangereuse

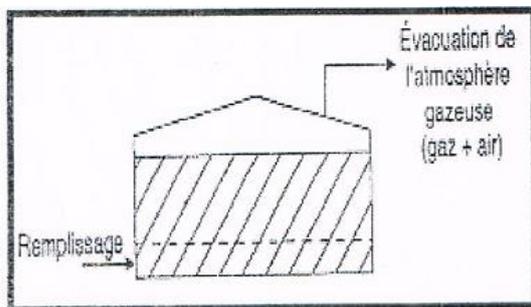


Fig I.4. Remplissage du bac [1]

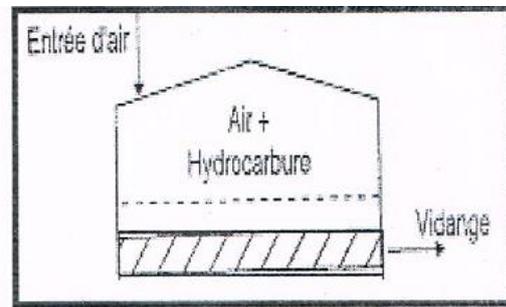


Fig I.5. Vidange du bac [1]

Il en est de même lors des variations de température qui provoquent des dilatations ou des contractions de volume de liquide stocké.

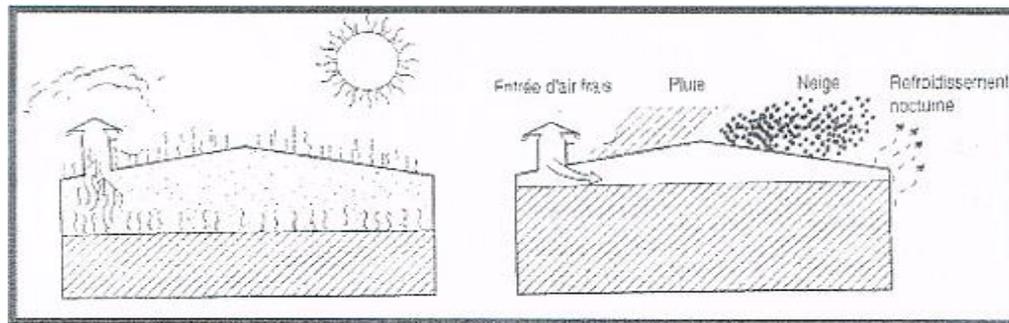


Fig I.6. Elévation de température et Baisse de température [1]

b. Les soupapes de respiration

Le choix d'une soupape s'effectue en fonction du débit de passage admissible et de la pression que peut supporter le réservoir.

En générale, les soupapes sont protégées par un grillage pour éviter toute cause de blocage (feuilles, oiseaux, ...).

I.3.5.2. Toits flottants

Les toits flottants couvrent et flottent sur la surface du liquide contenu dans les réservoirs équipés de ce type de toit.

Ils présentent trois avantages

- réduction des pertes par évaporation;
- diminution des risques d'incendie ;
- diminution de la pollution atmosphérique (odeurs).

Ceci est obtenu par l'élimination presque totale de l'espace vapeur au-dessus du liquide. Les atmosphères des produits volatils par "respiration" (vidange et remplissage alternatifs et changement de température entre le jour et la nuit) sont ainsi pratiquement éliminés.

Il existe différents types de toits flottants

a. Toit à ponton annulaire

Type ponton annulaire, le caisson recouvre jusqu'à 50% de la surface du liquide.

Le toit à ponton est constitué d'un ponton annulaire formé de caissons compartimentés.

L'intérieur de l'anneau étant bouché par une surface métallique étanche. Le rapport entre la surface positionnées et la surface totale du toit est fonction de la taille du réservoir, et aussi de la

portance offerte par le liquide stocké. On sait que cette portance (poussée d'Archimède), dépend du poids du volume déplacé par le toit, donc de la densité du liquide stocké.

Les caissons de ponton constituent un matelas d'air qui protège le liquide contre une trop importante élévation de température due à la chaleur solaire.

La partie centrale, d'une seule couche de tôles, est libre de gonfler pour libérer l'espace nécessaire aux vapeurs qui peuvent se former. Les vapeurs ainsi emprisonnées sous le pont central constituent elles-mêmes une couverture isolante.

Ces vapeurs se condensent quand la température extérieure se diminue.

Les pontons sont compartimentés par des cloisons radiales, ce qui assure la flottaison du toit, même si la partie centrale avec ses deux compartiment percés au maximum.

Le drainage des eaux de pluie est nécessaire, car la pluie, la neige; qui tombent sur le toit flottant, diminuent la flottabilité, augmentent la corrosion. Ces eaux doivent être évacuées à l'extérieur du réservoir par un tuyau flexible.

b. Toit à double pont

Type double pont, le caisson recouvre toute la surface du réservoir.

Il est constitué par 2 couches de tôle d'acier, séparées par un espace vide d'environ 40cm compartimenté en caisson indépendants renforçant la structure du toit.

Ce type de toit est préféré pour les bacs de grand diamètre pour les raisons suivantes :

- meilleure flottabilité en cas de surcharge (neige, pluie);
- meilleur drainage des eaux de pluie;
- vulnérabilité moindre aux vents violents;
- meilleure isolation thermique durant la saison chaude limitant la vaporisation de produit.

c. toit simple ("pan")

Utilisé principalement à l'intérieur de bac à toit fixe.

Ce type de toit présente les avantages offerts par le toit à ponton en ce qui concerne l'évaporation et le toit fixe protège des intempéries. Le bac est plus simple dans sa conception, l'écran intérieur (en feuille d'acier ou d'aluminium) a la forme d'une cuvette inversée et ne nécessite pas de système de drainage ou d'évacuation de la neige [4].

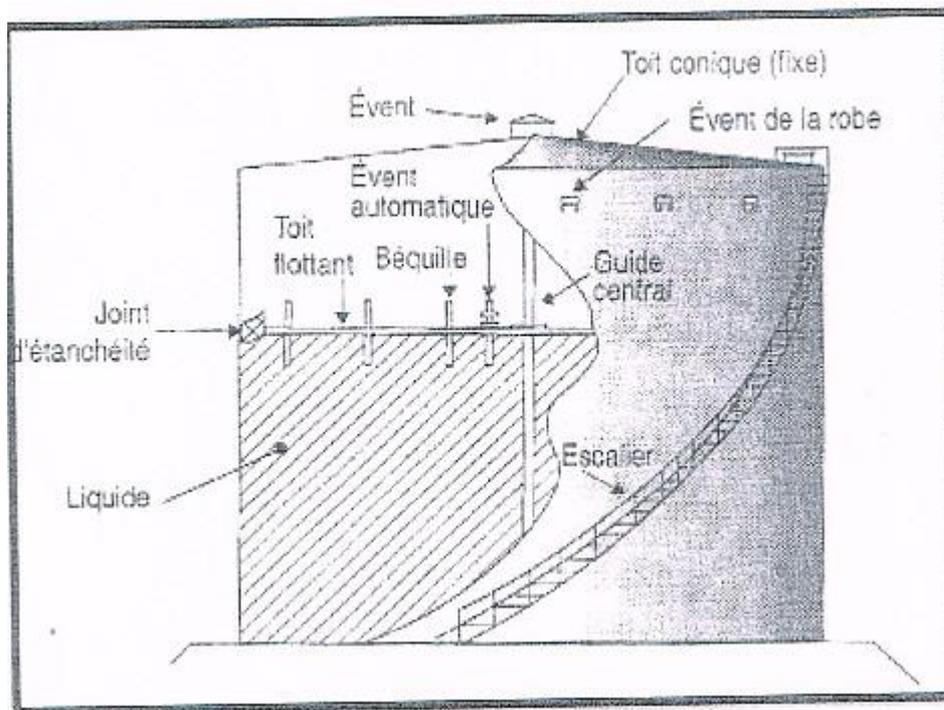


Fig I.7. Bac à toit flottant [1]

❖ Autre équipements

a. Béquilles

Lorsque la hauteur du liquide ne permet plus de maintenir le toit en flottaison, son support est assuré par des béquilles.

Les bacs peuvent comporter deux types de béquilles

- les béquilles réglables (la hauteur de réglage est fonction des consignes d'exploitation);
- les béquilles casse vide lorsque le toit repose sur les béquilles, le bac se comporte comme un bac à toit fixe.

Les événements automatiques permettent au bac de "respirer" lorsque le toit est en position basse. La hauteur de réglage est fonction de celle des béquilles fixes.

b. Evacuation des eaux pluviales

Elle est faite par des flexibles, des tubes télescopiques ou articulés. De plus, en cas de bouchage de ce système, du drain de sécurité permet à l'eau de s'écouler dans le produit afin d'éviter que le toit coule.

c. Système de joint

L'étanchéité entre le toit flottant et la robe du bac est assurée par des joints qui peuvent être réalisés de différentes manières

- **joint mécanique**

Des patins d'acier viennent racler la paroi. L'étanchéité est réalisée par un joint élastomère flexible situé au-dessus du liquide et ne subissant pas de contrainte. Le joint est maintenu appliqué contre la paroi par un contre poids.

- **joint liquide (ou tube seal)**

L'étanchéité entre la robe et le toit est maintenue par un "boudin" rempli de kérosène ou de gazole.

- **joint secs**

Ces systèmes de joints sont les derniers nés des systèmes d'étanchéité, leur mise en œuvre et leur réparation présentent une grande simplicité.

La protection des joints contre les intempéries est par un protecteur atmosphérique.

I.4 Situation vis-à-vis de la réglementation

La valeur limite d'émission pour les COV imposée par le **décret exécutif 06-138** s'applique aux émissions canalisées d'un établissement. Les émissions atmosphériques des réservoirs à toit flottant sont des émissions diffuses, générées par les défauts d'étanchéité et l'évaporation du film de liquide déposé sur les parois. Il semble donc peu opportun d'appliquer une valeur limite de rejet canalisé sur un parc de stockage dont plus de la moitié des bacs est à toit flottant externe ou interne.

Le décret exécutif 06-138 ne réglemente pas les émissions atmosphériques des bacs de stockage en particulier.

A titre d'information, un texte français réglemente de telles émissions. Il s'agit de l'arrêté du 4 septembre 1986 relatif " à la réduction des émissions atmosphériques d'hydrocarbures provenant des activités de stockage ". Au sens de l'arrêté, on entend par hydrocarbures

- le pétrole brut;
- les produits liquides issus des opérations de raffinage du pétrole et au point éclair <55°C;
- les produits composés à plus de 70% des produits ci-dessus.

L'arrêté donne les modes de calcul à utiliser pour évaluer les émissions atmosphériques d'un réservoir. Comme pour les règles API 2517, cela passe par les caractéristiques du bac, la nature du produit stocké, etc. L'arrêté distingue en outre " l'émission de référence d'un bac et son émission conventionnelle ". La première résulte du calcul en considérant le bac comme étant un bac à toit fixe, la seconde en tenant compte de ses caractéristiques réelles.

Enfin, l'article 5 de l'arrêté précise que depuis le 31 décembre 1995

- la somme des émissions conventionnelles des réservoirs d'au moins 2500 m³ d'une ICPE doit être inférieure ou égale au vingtième de la somme des émissions de référence;
- les bacs d'au moins 2500 m³ d'hydrocarbures (au sens de l'arrêté) à toit fixe et non munis d'écran flottant interne sont interdits.

Si on applique les dispositions de l'arrêté du septembre 1986 aux stockage de raffinerie d'Arzew (RA1Z) en ne prenant en compte que les bacs d'au moins 2500 m³ et que les hydrocarbures au sens de l'arrêté (pétrole brut ou produit de raffinage de point éclair < 55°C), la somme des émissions de référence obtenue atteint **63802 t/an** et la somme des émissions conventionnelles est égale à **1845 t/an** soit <1/20e de la somme des émissions de référence.

La première disposition est donc respectée. De même, tous les réservoirs d'au moins 2500 m³ et stockant des hydrocarbures hors gazole (point éclair >55°C) sont dotés d'un toit flottant externe ou interne [6].

I.5 Mesure de réduction des émissions de COV à mettre en place

Compte tenu des commentaires précédents, la mise en phase de mesures de réduction des émissions de COV sur les bacs de stockage ne s'impose pas pour la raffinerie d'Arzew (RA1Z).

I.6 Situation future-projet d'extension

Les futures zones de production 4B et 10B vont impliquer la mise en place de nouveaux bacs de stockage.

Il s'agit essentiellement de capacité de stockage supplémentaire pour l'unité 17

- 43T10 et 43T20 de 5000 m³ chacun d'isomèrat (naphta traité);
- 43T01 et 43T02 de 4000 m³ chacun MTBE (additifs);
- 43T03 et 43T04 de 200 m³ de mélange gazole/eau ou MTBE/gazole.

Les bacs d'isomèrat seront équipés de dispositifs de réduction de leurs émissions atmosphériques de type toit flottant. L'application de la méthode API 2517 pour la raffinerie d'Arzew (RA1Z) avec ces 2 bacs en plus donne un flux total annuel de COV rejetés de **2772 tonnes/an**.

De même, si on applique les dispositions de l'arrêté du 4 septembre 1986 aux stockages de la raffinerie d'Arzew (RA1Z) avec ces 2 bacs, la somme des émissions de référence obtenue atteinte **65292 t/an** et la somme des émissions conventionnelles est égale à 1887 t/an soit $<1/20$ e de la somme des émissions de référence [4].

Chapitre II

Impact des COV sur la santé et l'environnement

II.1 INTRODUCTION

La pollution atmosphérique est un phénomène très complexe compte tenu de la diversité des polluants susceptibles d'être présents dans l'atmosphère. Les niveaux de pollution au sol dépendent de la nature et des conditions de rejets polluants ainsi que des conditions atmosphériques qui on détermine le transport, la diffusion et les retombées de ces mêmes polluants. Ces phénomènes ont lieu dans la troposphère (a plus basse couche de l'atmosphère).

Des quantités croissantes de gaz et de particules potentiellement nuisibles sont émises dans l'atmosphère et entraînent des dommages à la santé humaine et à l'environnement. Elles endommagent également, à long terme, les ressources nécessaires au développement durable d la planète.

Pour chacun des polluants, les niveaux atteints sont comparés aux références disponibles. Celles-ci peuvent être des valeurs limites qui doivent obligatoirement être respectées, et dont le dépassement implique l'élaboration des plans de réduction visant à diminuer la pollution. Il existe également des valeurs cibles, aussi appelées valeurs guides, qui sont indicatives, ainsi que des seuils d'alerte, seuils d'information, seuils de protection de la santé et seuils de protection de la végétation.

Le danger relatif, présenté par les différents polluants gazeux et particulièrement pour la santé, varie avec la concentration de ces polluants dans le temps et dans l'espace, et ainsi les effets sur la santé de ces polluants peuvent varier d'un pays à l'autre. En conséquence, la surveillance continue, soignée et attentive des concentrations est nécessaire avant qu'une estimation inacceptable des effets soit faite. La situation est encore plus compliquée car certaines combinaisons des polluants ont des effets cumulatifs et parfois synergétiques.

II.2 Définition de la pollution atmosphérique

On entend par pollution de l'atmosphère, l'émission dans l'atmosphère, de gaz, des fumées ou des particules solides ou liquides, corrosifs, toxiques ou odorantes de nature à incommoder la population, à compromettre la santé ou la sécurité publique ou à nuire aux végétations, la production agricole et aux produits agro-alimentaires, a la conservation des constructions et monuments au caractère des sites [1].

Tableau II.1 les différents types de la pollution atmosphérique et leurs impacts [2]

Les grands problèmes de la pollution atmosphérique	Principaux polluants concernés	Principaux impacts	Echelle d'espace	Echelle de temps
Pollutions urbaines et industrielles	SO ₂ , NO _x , COV, poussières	Santé, corrosion des métaux	Locale	Heure
-Pollution acide -Pollution photochimique, Eutrophisation	SO ₂ , NO _x , NH ₃	Domages sur les écosystèmes	Régionale (>100Km)	Jours
Diminution de la couche d'ozone, effet de serre	CFC, NO _x , CO ₂ , CH ₄ , NO ₂ , O ₃	Climat, biosphere	Planétaire	Années

II.3 Sources de pollution atmosphériques

Les sources de pollution engendrées par les différentes activités industrielle, agricole ou urbaines sont récapitulées dans la figure ci-dessous :

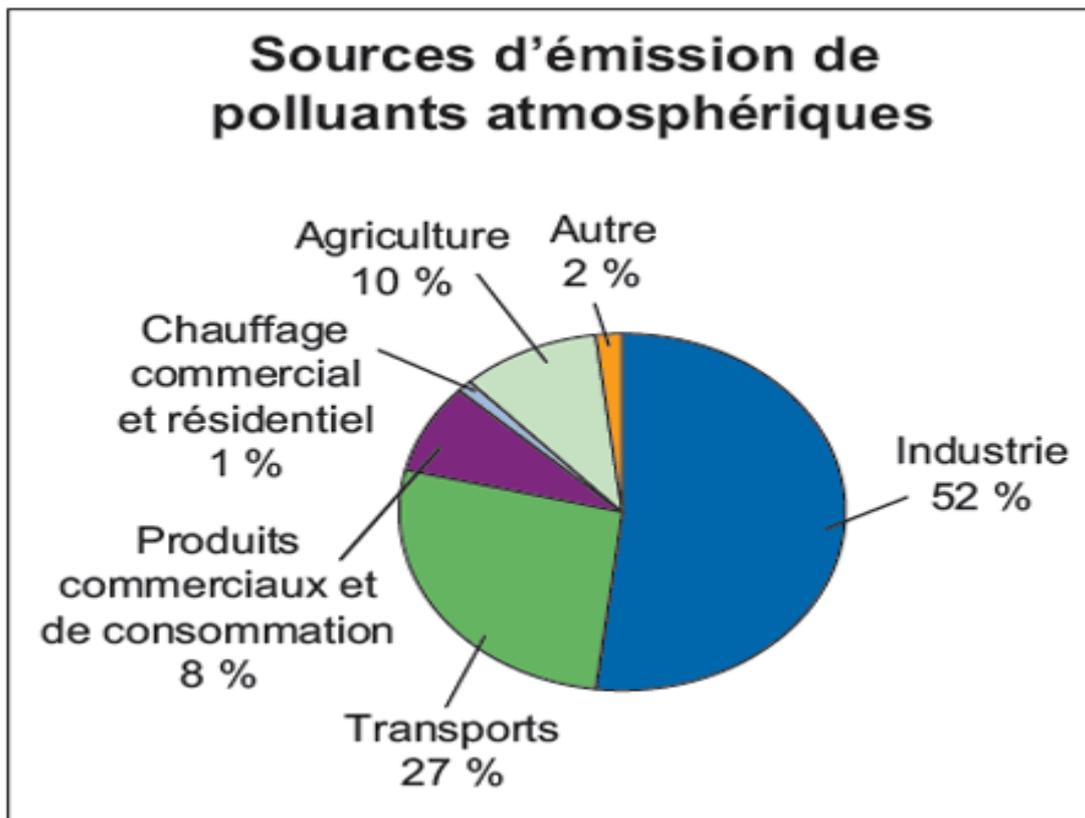


Fig II.1 Répartition des émissions de polluant atmosphérique [3]

II.3.1 Les sources naturelles

L'atmosphère renferme, à côté des éléments de base, une quantité variable des substances naturelles provenant des sources très diverses qui, dépassant un seuil, crée une source de pollution :

- Les feux de forêts, des cultures ou des prairies contribuent à des émissions importantes noyaux de condensation, d'imbrulés et de gaz ;
- Les volcans émettent des gaz comme le dioxyde de soufre et de l'hydrogène sulfureux, et des particules des cendres en grande quantité, dont les nuages peuvent parcourir des distances considérables ;
- Les embruns marins sont constitués par des aérosols renferment des cristaux de sels qui peuvent entraîner à une pollution ;
- Les végétaux sont à leur tour à l'origine d'une pollution par les pollens, les spores et les champignons ;
- L'homme et les animaux rejettent des quantités importantes de dioxyde de carbone et sont à l'origine d'une pollution microbienne. L'ozone est formé naturellement à haute altitude à partir de réaction photochimique impliquant l'oxygène de l'air, ainsi une fois transporté dans les

zones rurales par le vent, l'ozone se forme en grande quantité lorsque l'insolation est très élevée [4].

II.3.2 Les sources dues aux activités industrielles

De nombreux types d'installations industrielles émettent cependant des polluants dans l'atmosphère, constituent généralement un problème local à l'échelle d'une région ou d'une zone, et planétaire à grande échelle.

II.3.2.1 Les installations fixes de combustions

Parmi ces installations, nous pouvons citer les centrales thermiques, les foyers de combustions de l'industrie et les usines d'incinérations des ordures ménagères.

II.2.3.2 Les installations industrielles

Très diverses, citons la sidérurgie comme la poussière métallique, la pétrochimie, le stockage des produits pétroliers, la métallurgie de l'aluminium, les industries des dérivés azotes, et les ciments.

II.2.3.3 Les sources automobiles

Le trafic automobile occupe sans conteste une place déterminante. Les prestations de circulation ont en effet subi une croissance très marquée au cours des dernières décennies. Les principaux polluants sont le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NO_x), les composés organiques volatils (COV) et le dioxyde de soufre (SO_2) [4], comme se représente la figure ci-dessous :

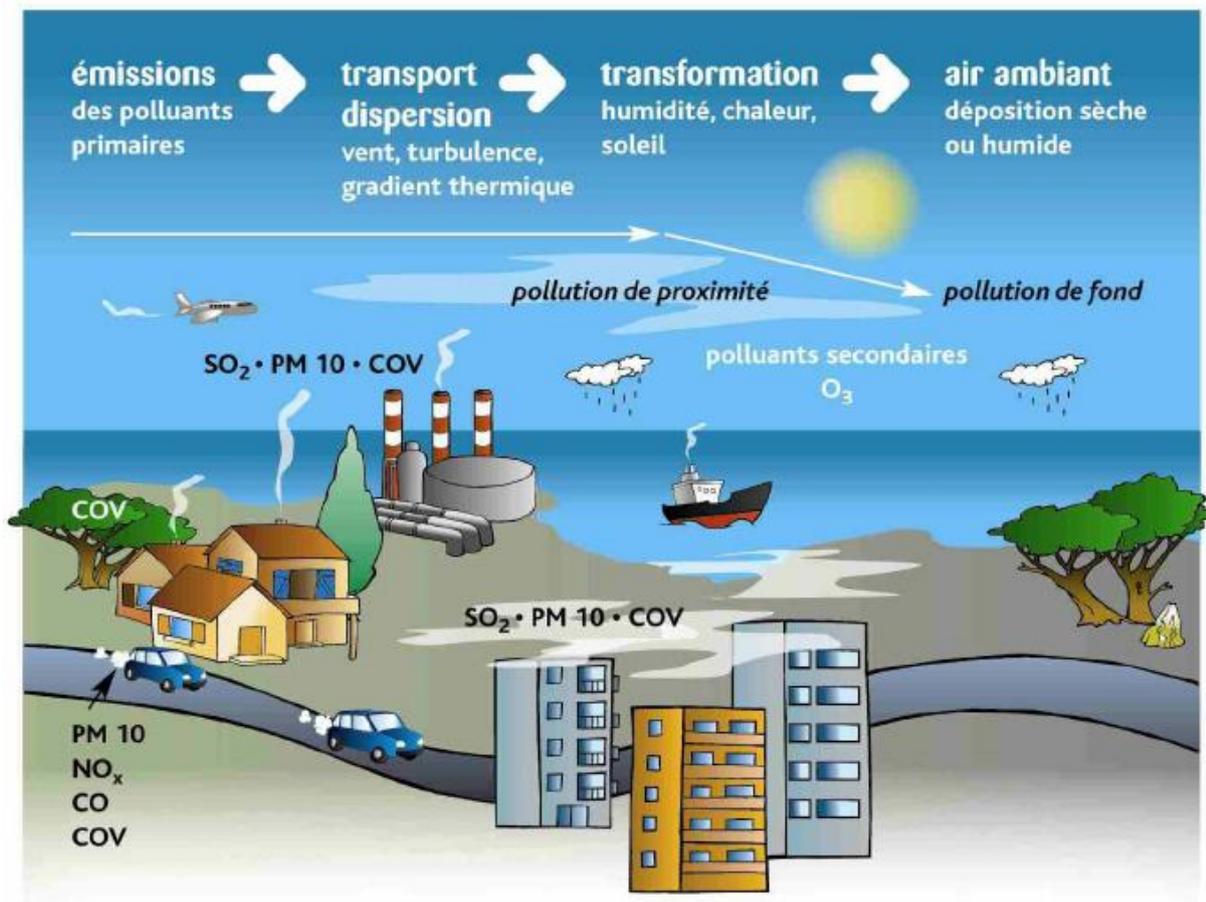


Fig.II.2 Cycle de la pollution atmosphérique [5]

II.4 Les polluants atmosphériques

L'atmosphère, étant un système dynamique, en perpétuelle interaction avec la biosphère, sa composition naturelle peut fortement varier. Cette variation est due à des substances polluantes. Ces dernières peuvent être gazeuses, liquides ou solides, et modifient la composition même de l'atmosphère.

Elles apparaissent essentiellement sous deux formes :

- **Gazeuse** : présence de gaz générés industriellement ou augmentation de la proportion d'un gaz existant naturellement ;
- **Solide** : mise en suspension de poussières dans l'air.

II.4.1 Monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz sans couleur, inodore, toxique produit lorsque des carburants contenant du carbone imbrûlés (mauvaise combustion) ou il y a peu d'oxygène. Il se forme également en raison de la brûlure des carburants à une température trop élevée.

En présence d'un approvisionnement adéquat en O₂, la plupart du monoxyde de carbone produit pendant la combustion est immédiatement oxydée en dioxyde de carbone (CO₂). Cependant, ce n'est pas le cas dans l'étincelle du moteur d'allumage dans les automobiles, particulièrement au ralenti et dans les conditions de décélération. Ainsi, la source principale du monoxyde de carbone dans l'atmosphère est le transport routier. De plus petites contributions viennent des processus impliquant la combustion de la matière organique, par exemple dans les centrales électriques et l'incinération des ordures [7].

• Emetteurs

- ✓ Les transports ;
- ✓ Les chauffages collectifs et individuels ;
- ✓ Les industries ;
- ✓ Plus généralement la combustion incomplète des composés contenant du carbone.

• Effet sur la santé

- ✓ A fortes doses, il est toxique cardio-respiratoire souvent mortel ;
- ✓ A faibles doses, il diminue la capacité d'oxygénation du cerveau, du cœur et des muscles. Sa nocivité est particulièrement importante chez les insuffisants coronariens et les fœtus [8].

• Effet sur l'environnement

Le CO, au même titre que les NO_x et COV, intervient en tant que précurseur dans le processus de formation de la pollution photochimique, notamment de l'ozone troposphérique.

II.4.2 Dioxyde d'azote

L'oxyde nitrique (NO) est un gaz inodore et sans couleur qui est produit pendant la combustion à hautes températures du carburant à l'intérieur, par exemple, des voitures et d'autres véhicules routiers, radiateurs et cuisinières. Une fois qu'il est mélangé avec l'air, il se combine rapidement avec de l'oxygène, formant du dioxyde d'azote (NO₂). La plupart du dioxyde d'azote dans l'atmosphère est formé de l'oxydation de l'oxyde nitrique (NO), de cette façon, bien qu'une partie soit émise directement de la source est également présent dans la fumée de tabac. Dans des concentrations importantes, il est fortement toxique, endommageant sérieusement les poumons avec un effet retardé. Le dioxyde d'azote est un oxydant fort qui réagit dans le ciel pour former de l'acide nitrique corrosif, ainsi que des nitrates organiques toxiques. Il joue également un rôle important dans les réactions atmosphériques qui produisent de l'ozone ou le smog au niveau du sol [7].

• Emetteurs

- ✓ Les industries;
- ✓ Les chauffages collectifs et individuels;
- ✓ Les transports routiers (véhicules environ 70% des émissions) ;
- ✓ Plus généralement, toute combustion vive.

• Effet sur la santé

- ✓ Gaz irritant pouvant pénétrer profondément dans les poumons. Il altère l'activité respiratoire et augmente les crises chez les asthmatiques ;
- ✓ Chez les plus jeunes, il favorise des infections microbiennes des bronches. Les effets de ce polluant ne sont pas tous identifiés. Il est un bon indicateur de la pollution automobile [8].

• Effet sur l'environnement

Les NO_x interviennent dans le processus de formation de l'ozone dans la basse atmosphère. Ils contribuent également au phénomène des pluies acides.

Les dépôts azotés issus des émissions d'oxydes d'azote peuvent aggraver les problèmes nutritionnels des peuplements de végétaux sensibles.

Les NO_x en présence de divers autres constituants et de rayonnement solaire énergétique ultraviolet, constituent, en tant que précurseurs, une source importante de pollution photochimique et, notamment, d'ozone troposphérique.

II.4.3 L'ozone

L'ozone (O₃) est la forme triatomique de l'oxygène moléculaire (O₂). C'est un gaz toxique bleuâtre et instable, avec une odeur piquante, trouve naturellement dans l'atmosphère, en particulier dans la stratosphère, 19 à 30 kilomètres au-dessus de la surface de la Terre où il forme la couche d'ozone. A ces altitudes, l'ozone filtre les rayons ultraviolets (UV) entrant dans l'atmosphère cependant, près du niveau du sol, il peut altérer la fonction des poumons et peut causer d'irritations de l'appareil respiratoire. Les asthmatiques sont connus pour adopter ces symptômes plus facilement. Les dommages irréversibles au tissu de la région respiratoire et des poumons peuvent se produire si l'ozone est présent en quantité suffisamment élevée. L'ozone au niveau du sol est formé indirectement par l'action de la lumière du soleil sur les composés organiques volatils en présence du dioxyde d'azote, et c'est pourquoi il s'agit d'un polluant secondaire. Par conséquent, l'ozone se produit habituellement dans des concentrations plus élevées en été plutôt qu'en hiver, et dans des zones rurales plutôt que des zones urbaines. Les niveaux de l'ozone à travers l'Europe sont généralement moins de 15 ppb mais peuvent être aussi élevés que 60 ppb. Pendant des épisodes photochimiques des smogs, les niveaux peuvent monter à plus de 100 ppm [7].

• Emetteurs

- Il n'y a pas d'émetteurs anthropiques d'ozone mais des émetteurs de précurseurs à formation de l'ozone ;
- Ce sont les émetteurs de NO_x, CO et COV (polluants industriels et urbains).

• Effet sur la santé

Gaz agressif, fortement irritant pour les muqueuses oculaires et respiratoires. Il pénètre aisément jusqu'aux voies respiratoires les plus fines. Il peut ainsi entraîner des irritations du nez, des yeux et de la gorge, des altérations de la fonction pulmonaire, des essoufflements et des toux. Il exacerbe les crises d'asthme. Il ne semble pas possible de déterminer un seuil en dessous duquel ce polluant serait totalement inoffensif. De plus, les effets d'une exposition chronique sur le long terme restent encore mal connus [8].

• Effet sur l'environnement

L'ozone peut perturber l'activité photosynthétique des végétaux, altérer leur résistance, diminuer la productivité des cultures et provoquer des lésions caractéristiques.

La sensibilité varie selon les espèces : mélèzes, tabac (espèces sensibles), pin sylvestre, pin (espèces moyennement sensibles), épicéa commun, chêne pédonculé (espèces peu sensibles). Les effets chroniques se traduisent par l'apparition des petites taches nécrotiques réparties sur la surface des feuilles.

L'ozone contribue aussi avec les dépôts acides et d'autres facteurs défavorables (sécheresses, pauvreté des sols...) aux troubles forestiers et accentue le pouvoir acidifiant des NO_x et des SO₂ en accélérant leur oxydation en sulfates et nitrates. L'ozone contribue à l'effet de serre.

Enfin, ce polluant photochimique accélère la dégradation des matériaux tels que le caoutchouc (craquelures) [9].

II.4.4 Les composés organiques volatils

Les composés organiques volatils (hydrocarbures, solvants...) proviennent notamment des sources mobiles et de procédés industriels tels que le raffinage du pétrole, le dégraissage des métaux, l'application de peintures et de vernis, l'imprimerie,... etc.

Ils constituent une famille de polluants d'une forte diversité et d'une grande complexité.

Ils se différencient des hydrocarbures par le fait qu'ils comportent, en plus des atomes de carbone et d'hydrogène (constituants uniques des hydrocarbures), d'autres atomes divers et variés (chlore, oxygène, soufre, azote...) C'est pour cette raison qu'on les qualifie de composés organiques volatils non méthaniques (COV NM) [10].

• Emetteurs

- Les industries (procédés ou combustion incomplète des combustibles) ;
- L'évaporation stockage pétroliers ou durant le remplissage des réservoirs des bacs de automobiles ;
- Les transports ;
- Les chauffages collectifs et individuels ;
- L'application des peintures, des encres, le nettoyage des surfaces métalliques et des vêtements ;
- L'agriculture et le milieu naturel ;
- Les activités de bricolage

• Effet sur la santé

Les effets sur la santé sont appréhendés à partir des études en milieu professionnel. Les solvants organiques peuvent être responsables de céphalées, de usées Les composes oxygénées ne sont plus ou moins réactifs (alcools). Les plus réactifs regroupent formaldéhydes, acétaldéhyde, acroléine, responsables d'irritations des yeux, du nez, de la gorge et des voies respiratoires, de modifications pouvant aggraver l'état d'un asthmatique, voire sensibiliser les voies respiratoires (participation au développement de phénomènes allergiques).

Certains composés sont probablement cancérigènes (formaldéhydes) ou cancérigènes possibles (acétaldéhyde) [11].

• Effet sur l'environnement

Les COV au même titre que les NO_x et CO interviennent en tant que précurseurs dans le processus de formation de la pollution photochimique, notamment de l'ozone troposphérique.

II.5 Les grands types de pollution

II.5.1 Pollution hivernale

Pollution acido-particulaire caractérisée par la présence d'oxydes d'azote, de dioxyde de soufre et de particules.

Un temps froid et des journées peu ensoleillées favorisent la formation d'inversions de températures pouvant durer plusieurs jours. Les polluants provenant des chauffages, des industries et du trafic automobile, s'accumulent alors sous la couche d'inversion.

II.5.2 Pollution estivale

Pollution photochimique caractérisée par une hausse des teneurs en ozone troposphérique. La chaleur et l'ensoleillement participent à la formation de l'ozone troposphérique, ce polluant secondaire résulte de l'action du soleil sur des polluants primaires (oxydes d'azote NO_x , composés organiques volatils COV, monoxyde de carbone CO) provenant surtout des gaz d'échappement, des solvants et des industries [13].

II.6 Législation et norme de qualité de l'air en Algérie

Pour prévenir et réduire les pollutions et les nuisances, l'Algérie dispose d'un arsenal juridique important qui s'articule autour de la loi cadre sur la protection de l'environnement 83-03 du 05 février 1983, qui a été suivie par toute une série de textes d'application.

Mais, au plan pratique, l'abondance des normes juridiques, n'a pas toujours été suivie d'une réelle application sur le terrain.

Ce dispositif juridique se résume comme suit :

Le décret N° 93-165 du 10/07/1993, réglemente les émissions atmosphériques de gaz, de fumées ou de particules solides ou liquides, corrosifs, toxiques ou odorantes, de nature à incommoder la population, à compromettre la santé ou la sécurité publique, ou à nuire aux végétaux et à la production agricole ainsi que la conservation des constructions et des monuments historiques et naturels.

Le décret N° 88-149 du 26/07/1988, définit la réglementation applicable aux installations classées et fixe leur nomenclature.

Les installations classées sont soumises aux dispositions de la présente loi : les usines, ateliers, chantiers, carrières, et d'une manière générale, les installations exploitées ou détenues par toute personne physique ou morale, publique ou privée, qui peuvent présenter des dangers ou des inconvénients, soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé, la sécurité, la salubrité publique, soit pour la conservation des sites et monuments.

Ce décret définit trois (03) classes d'installation suivant la taille, la gravité des dangers et les inconvénients que peuvent présenter leurs exploitations.

1. Les installations soumises à l'autorisation du ministre chargé de l'environnement.
2. Les installations soumises à autorisation du wali territorialement compétent.
3. Les installations soumises une simple déclaration du président de l'APC.

Pour ce qui est du décret N° 84-378 du 15/12/1984, il fixe les conditions de nettoyage, d'enlèvement et de traitement des déchets solides urbains.

Un déchet, au sens de la présente loi, est relatif a tout résidu d'un processus de production, de transformation ou l'utilisation, toute substance, matériaux, produit ou plus généralement tout bien, meuble abandonné ou destine a l'abandon.

La loi fait l'obligation à toute personne physique ou morale produisant ou détenant des déchets d'en assurer ou d'en faire assurer l'élimination dans les conditions propres afin d'éviter les effets nocifs sur le sol, la flore, la faune, l'atmosphère, les ressources en eau, la sante de l'homme, a dégrader les sites ou les paysages, a engendrer des bruits et des odeurs.

Au cas ou les déchets sont abandonnés, déposés ou traités contrairement à cette prescription, il est procédé d'office à leur élimination au frais du contrevenant.

Le décret N°93-68 du 01/01/1992, est relatif aux modalités de la taxe sur les activités polluantes ou dangereuse pour l'environnement.

Par contre, le décret N°90-78 du 27/021990, est relatif aux études d'impact sur l'environnement.

Au titre de la loi, l'étude d'impact est un outil de base pour la mise en œuvre de la protection de l'environnement, elle vise à faire connaitre et évaluer les incidences des projets de développement socio-économique sur l'équilibre écologique ainsi que sur le cadre de vie.

Ce décret détermine les prescriptions techniques et réglementaires de l'étude d'impact. Contenu minimal de l'étude d'impact exigé par le décret :

1. Description du projet.
2. Analyse de l'état initial du site et de son environnement affecté par le projet.
3. Analyse des effets sur l'environnement.
4. Justification du projet retenu.
5. Description et évaluation des coûts des mesures de mitigation et de protection de l'environnement.

Mais, il faut dire que le droit à lui seul est incapable de résoudre tous les conflits d'intérêts que suscite la problématique environnementale.

L'action législative et réglementaire, par ailleurs incontournable, exige, pour produire des effets probants, qu'elle soit accompagnée par d'autres actions, de recherche, d'études, d'intervention directe sur le terrain et surtout d'information et de sensibilisation [1].

II.7 Normes international de qualité de l'air

L'Union Européenne a fixé des normes concernant les concentrations de polluants dans l'air ambiant :

- Pour le dioxyde d'azote (NO₂), une directive à également fixé en 1985 une valeur limite horaire de 200 microgrammes par m³ d'air (percentile 98 annuel des valeurs moyennes horaires, c'est-à-dire des valeurs ne pouvant être dépassées que 2 % du temps soit 7 jours par an).
- Pour le monoxyde de carbone, la moyenne sur 8 heures doit être inférieure à 10.000 microgrammes/m³ (objectif valeur en microgrammes par m³ air, en 1998)

Une directive européenne plus récente (1992) concernant l'ozone (O₃), a défini 3 seuils (objectif valeur en microgrammes par m³ air)

1. Seuil de protection de la santé 110 sur 8 heures.
2. Seuil d'information de la population 180 sur 1 heure.
3. Seuil d'alerte de la population 360 sur 1 heure.

II.8 Définitions des COV

La définition d'un composé organique volatil (COV) repose à la fois sur des critères chimiques et physiques. En effet, les COV sont tout d'abord des composés organiques, c'est-à-dire des composés contenant au moins l'élément carbone et un ou plusieurs autres éléments tels que l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, les halogènes (fluor, chlore, brome, iode), le soufre, le phosphore, le silicium, etc. De plus, les COV se caractérisent par leur grande volatilité passent facilement de l'état liquide à l'état gazeux, dans les conditions normales de pression et de température.

Cependant, il existe des hétérogénéités, voire des ambiguïtés dans les définitions couramment utilisées pour les COV. Ces hétérogénéités s'expliquent en partie par le fait que différents critères peuvent être utilisés pour déterminer si un composé est volatil, notamment sa pression de vapeur saturante ou sa température d'ébullition. La température d'ébullition d'un composé correspond à la température à laquelle le changement d'état liquide-gaz a lieu. Aux températures supérieures à cette température d'ébullition, le composé n'est plus que sous sa forme gazeuse. Donc, plus la température d'ébullition d'un composé est faible, plus ce composé est volatil. La pression de vapeur saturante correspond, quant à elle, à la pression de la phase gazeuse du composé se

trouvant en équilibre au dessus de sa phase liquide, à une température donnée. Plus la pression de vapeur Saturante d'un composé est élevée, plus le composé est volatil. Il est donc possible de raisonner à partir de l'un ou l'autre des critères pour aboutir à une définition des COV.

Ainsi, une définition précise, et souvent reprise, est celle de la directive européenne n° 1999/13/CE [15] qui repose sur la pression de vapeur saturante.

Cette directive définit un composé organique volatil comme « un composé organique ayant une pression de vapeur de 0,01 kPa ou plus à une température de 293,15 K [C'est-à-dire 20°C] ou ayant une volatilité correspondante dans les conditions d'utilisation particulières ». Une autre façon de définir les COV est celle du décret n° 2006-623 [16] qui repose sur la température d'ébullition. D'après ce décret, les COV regroupent tous les composés organiques dont le point d'ébullition, mesuré à la pression standard de 101,3 kPa, est inférieur ou égal à 250°C. De même, la norme NF ISO 16000-6 définit les COV selon leur température d'ébullition et distingue, d'après la classification adoptée par l'OMS en 1989, les composés organiques très volatils, volatils et semi- volatils. **Le tableau II.2** présente cette classification.

Tableau II.2 : Classification des COV selon leur température d'ébullition [3]

Volatilité	Température d'ébullition
Très volatils	< [50- 100 °C]
Volatils	[50- 100 °C] à [240 -260 °C]

Tableau II.3 : Les grandes familles de COV [4]

Famille des Composés	Exemple
Aliphatiques	heptane, hexane, pentane,...
hydrocarbures aromatiques	benzène, toluène, éthylbenzène et xylène appelé aussi famille des BTEX
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	benzo(a)pyrène
Alcools	éthanol, méthanol, butanol, IPA : alcool isopropanol
Cétones	acétates d'éthyle, de butyle, d'isopropyle
Esters	acétates d'éthyle, de butyle, d'isopropyle
Chlorés	perchloréthylène, trichloréthylène, dichlorométhane

composés azotés	aminés, nitriles
composés soufrés	mercaptans, diméthylsulfure
Ethers	1,4-dioxane
Aldéhydes	Formaldéhyde

On appelle hydrocarbure un composé formé d'hydrogène et de carbone.

➤ hydrocarbures aliphatiques

Ce sont les hydrocarbures à chaîne carbonée ouverte on distingue :

- ✚ Les hydrocarbures saturés (les alcanes), de formule chimique générale C_nH_{2n+2}
- ✚ Les hydrocarbures insaturés, formés de deux groupes :
 - ✓ Les alcènes, de formule chimique $R-CH=CH-R'$, qui possèdent une double liaison ;
 - ✓ Les alcynes, de formule chimique $R-C\equiv C-R'$, qui possèdent une triple liaison.

Les hydrocarbures aliphatiques peuvent être :

- ❖ à chaîne linéaire par exemple : n-hexane ;
- ❖ à chaîne ramifiée par exemple : méthyle pentane.

D'une façon générale, les alcanes sont moins réactifs et, de ce fait, moins toxiques que les alcènes ou les alcynes, dont les liaisons insaturées en font des réactifs vis-à-vis d'eux-mêmes exemple : formation de polymères du type polyéthylène [17-18].

➤ Les hydrocarbures alicyclique

Ce sont des hydrocarbures cycliques dérivés de la série aliphatique. Ce sont les cycloalcanes exemple : cyclohexane, les cycloalcènes (contenant une double liaison), Les cycloalcadiènes (contenant deux doubles liaisons) ou les terpènes [17-18].

➤ Les hydrocarbures aromatiques

Ils sont aussi appelés composés aromatiques ou simplement aromatiques.

Leur molécule est formée d'au moins un cycle d'atome de carbone du type de celui du benzène [4-5].

➤ Les hydrocarbures substitués

Si la molécule d'hydrocarbure contient un atome autre que du carbone et de l'hydrogène, on parle d'hydrocarbures substitués et, en le cas d'un cycle, on parle d'hétérocycle.

- Les halogénés :

Les atomes substitués les plus fréquents sont les halogènes : fluor (F), chlore (Cl), brome (Br.) et iode. Cela donne naissance à la famille des hydrocarbures halogénés exemple le chloroforme. Ce sont des composés fréquemment trouvés dans l'atmosphère en raison d'une large utilisation industrielle ou domestique.

▪ Les alcools :

La fonction alcool est caractérisée par un groupement fonctionnel hydroxyle -OH. La formule générale des alcools est donc R-OH. Ils forment une partie importante des **COV**.

▪ Les cétones :

Les cétones sont caractérisées par le groupement fonctionnel carbonyle -C=O, ou' un atome de carbone est relié à un atome d'oxygène par une double liaison. La formule générale des cétones est R-C (=O)-R'. Elles forment une partie importante des **COV**, principalement les dérivés des alcanes comme les solvants très principaux sont l'acétone (CH₃-C (=O)-CH₃).

▪ Les aldéhydes :

La fonction aldéhyde est caractérisée par le groupement fonctionnel -C (=O) H. la formule générale des aldéhydes est en conséquence R-C (=O) H. ils forment une partie importante des **COV**.

▪ Les éthers et les esters :

Les éthers sont caractérisés par liaison éther, formée d'un atome d'oxygène -O- situé entre 2 groupements R et R'. Les éthers sont obtenus par déshydratation des alcools.

▪ Les acides :

La fonction acide est caractérisée par le groupement fonctionnel -C (=O) OH. La formule générale des acides est R-C (=O) OH [17-18].

II.9 Principales sources des COV

Il existe différents types de **COV** : les composés d'origines anthropique, biogénique, ou mixte, et les composés pouvant résulter d'une activité photochimique. Les **COV** sont des polluants primaires et secondaires.

Les émissions de **COV** sont estimées à environ 1 milliard de tonnes par an dans le monde. Les émissions d'origine naturelle représentent environ 90% des émissions totales. Elles proviennent majoritairement de la fermentation, des fuites de gaz naturel et de la végétation. Le reste des émissions est d'origine anthropique et provient généralement des industries, des solvants et des transports.

Les COV proviennent essentiellement des :

II.9.1 Des Transports

Une des principales sources de pollution est due aux émissions par les véhicules légers et les poids lourds (**30%** environ). Les **COV** émis proviennent des gaz d'échappement et de l'évaporation du carburant, parmi ces **COV** on retrouve :

- les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes) qui sont considérés comme des témoins de la pollution automobile car ils sont majoritairement présents dans les carburants et solvants pétroliers [19-20-21-22] ;
- les alcanes qui sont souvent associés à la pollution occasionnée par les véhicules diesels [23-24] ;
- l'isoprène (composé d'origine mixte) qui est présent également dans les essences ;
- les additifs (éthers) tels que le MTBE (Méthyl Tertio Buthyl Ether) et l'ETBE (Ethyl Tertio Buthyl Ether) qui sont introduits dans la formulation des essences et qui sont susceptibles de se retrouver dans les gaz d'échappements des véhicules. [25]

II.9.2 Du Secteur résidentiel et tertiaire

L'utilisation domestique et artisanale des solvants, des peintures, dégraissants, désinfectants, conduit à l'émission massive de **COV** [26]. Parmi ces composés, on retrouve des composés carbonylés et des composés chlorés, excellents solvants pour un grand nombre des substances synthétiques ou naturelles.

II.9.3 Des Procédés industriels

Les composés chlorés, notamment le dichlorométhane, servent de solvant d'extraction dans les industries alimentaires et pharmaceutiques. Les composés carbonylés sont également utilisés

dans l'industrie des plastiques, des peintures, et aussi au sein des usines d'incinération [26].

II.9.4 Du Secteur de l'agriculture et des forêts

Ce secteur essentiellement composé des sources biogéniques, comprend de nombreux composés organiques volatils : les terpènes, émis principalement par la végétation [29], l'isoprène qui provient des arbres à feuilles caduques et de certaines plantes [30], les aldéhydes émis par les plantes, les insectes, les excréments animaux, la combustion de la biomasse; et les alcanes [27-28].

II.10 Effets et impacts des COV sur la santé et l'environnement

La présence de COV dans l'atmosphère présente des risques directs et indirects pour la santé humaine et pour l'environnement. Cependant, c'est un sujet complexe et encore mal connu du fait de la rareté des travaux réalisés. Ce paragraphe présente les effets les mieux étudiés de certains COV sur l'environnement et sur la santé humaine.

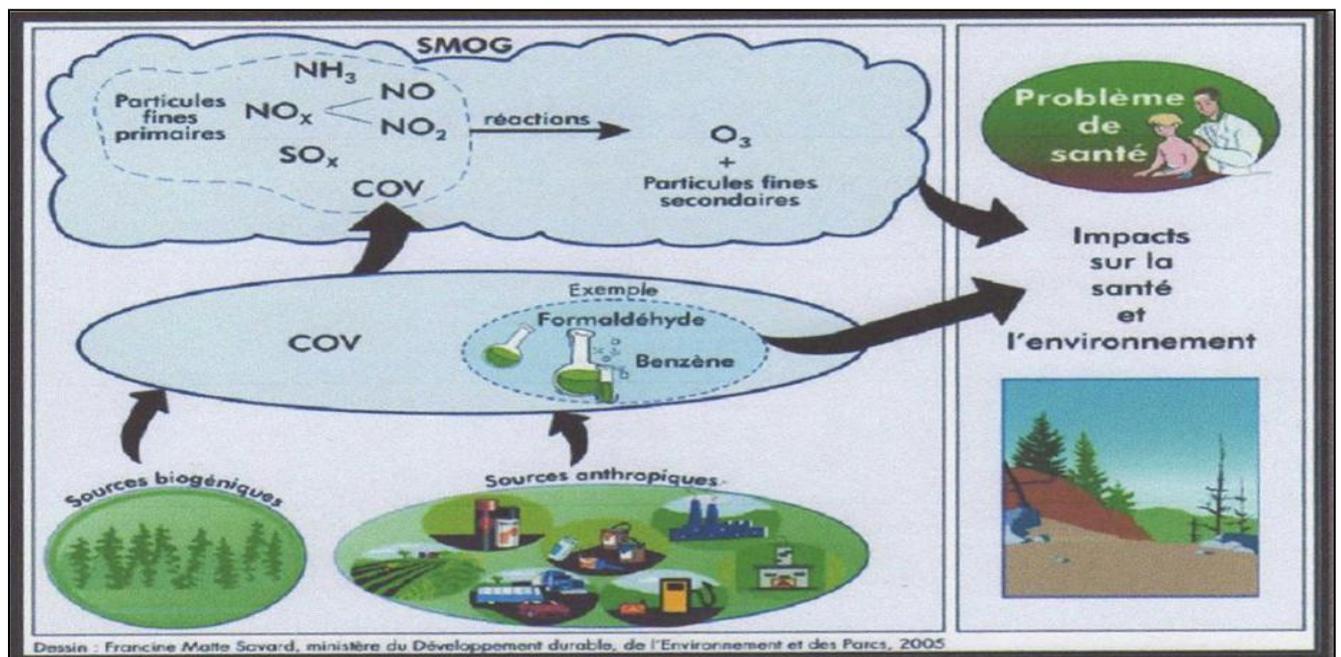


Fig.II.3 : Effets et impacts des COV sur la santé et l'environnement [19]

II.10.1 Sur la santé

Les COV ont un double effet sur la santé :

- ✚ un effet indirect en agissant sur l'ozone, en tant que précurseurs de ce gaz dans l'air : les conséquences de cette surproduction d'ozone pour la santé varient selon le niveau d'exposition, le volume d'air inhalé et la durée de l'exposition. Plusieurs manifestations sont

possibles : toux, inconfort thoracique, gêne douloureuse en cas d'inspiration profonde, mais aussi essoufflement, irritation nasale, oculaire et de la gorge. Ces effets diffèrent toutefois en fonction des individus et de l'état de santé ;

- ✚ un effet direct en tant que substance toxique, jusqu'à des niveaux de gravité extrêmes justifiant une classification rigoureuse. Les COV les plus nocifs, comme le benzène, sont classés CMR pour « cancérogène, mutagène et reprotoxique ». Ils font l'objet d'une réglementation renforcée, notamment dans le code du travail, dont les dispositions imposent à l'employeur de le substituer, ce qui prévaut sur toutes les autres mesures de réduction du risque (article R.4412-59 et suivants).

Tableau II.4 : Effets et impacts de certains COV sur la santé humaine

Composées	Maladies induites
Phénol	Irritations du système respiratoire
Toluène	Attaques de système nerveux
Benzène	Leucémie, Neurologiques
Trichloréthylène	Effet cancérogènes (cancer du foie)
Acétaldéhyde	Irritation yeux, cancer nasal
Tétrachloréthylène	Effet cancérogènes, Neurologiques
Chlorure	Effet cancérogènes

Il est donc impératif de prendre les plus grandes précautions avant toute manipulation ou exposition de ces composés et de consulter toutes les informations disponibles sur un produit dont l'emploi est envisagé. Il existe pour cela les fiches techniques du fabricant, des fiches de données de sécurité (FDS) et des fiches toxicologiques (FT) éditées par l'INRS.

Le tableau II.5 présente les valeurs de VME et VLE pour un certains nombre de COV.

Tableau II.5 VME et VLE pour quelques COV couramment utilisés [20]

Composées	VLE (mg/m ³)	VM (mg/m)
Acétate	ND	150
Benzène	25	5
Acétone	ND	750
Dichlorométhane	100	50
Formaldéhyde	1	0.1
Hexane	ND	50
Méthanol	1000	200
Trichloréthylène	200	75
Toluène	150	100
Xylène	150	100

Enfin, il faut noter la gêne olfactive provoquée par la présence de certains COV dans l'atmosphère. A proximité des installations émettrices des solvants, ce gêne est effectif pour le voisinage ainsi que pour le personnel travaillant l'intérieur des ateliers. Les composés susceptibles de générer des mauvaises odeurs sont les composés soufre (mercaptans) [34]. Mais un grand nombre d'autres COV occasionnent des gênes olfactives comme les alcools, les aldéhydes, les composés aminés ou les hétérocycles [34]. Tous ces composés génèrent une gêne olfactive de par leurs faibles seuils de perception, inférieurs en moyenne à 1mg/m [34]. Même s'il n'y a pas de nocivité avérée de ces composés, ces rejets sont considérés comme des pollutions atmosphériques par la gêne qu'ils engendrent.

II.10.2 Effets des COV sur l'environnement

L'effet principal des COV sur l'environnement est lié à leur participation à des réactions photochimiques complexes avec d'autres composés présents dans l'atmosphère.

En présence d'oxyde d'azote et du rayonnement solaire, ils contribuent à la formation des composés oxydes et nitrés dont les plus connus sont les Peroxy-Acyle Nitrate (PAN), Ils font aussi partie des gaz précurseurs de l'ozone troposphérique (basse atmosphère) en se conjuguant avec les oxydes d'azote. L'ozone est présent de manière naturelle dans l'air et il se forme par combinaison d'un atome de dioxygène et d'un atome d'oxygène provenant de la dissociation d'une molécule de dioxyde d'azote sous l'effet du rayonnement solaire.

De plus, les COV sont également impliqués dans le phénomène des pluies acides l'origine de graves dégâts principalement dans les zones forestières.

Mais à l'heure actuelle, le problème majeur reste l'augmentation de l'effet de serre et donc le réchauffement accéléré de la planète. La part de l'ozone participant à l'effet de serre total est estimée à 18% sur l'ensemble de la planète. A ce titre, une réduction de 70 à 80 % de la teneur en COV est estimée indispensable pour réduire significativement les concentrations élevées en photo-oxydants [35].

Enfin du fait des flaques accidentelles, des fuites sur des réservoirs de stockage souterrains, ou des décharges des produits non contrôlés, une pollution de certains sols a été observée [36].

II.11 Réduction des composés organiques volatils

Pour les petites moyennes installations, il est préférable de rechercher en priorité des solutions préventives. En effet plus les quantités à traiter sont faibles, plus les équipements de traitement sont chers.

II.11.1 En réduisant des émissions de COV à la source

Mettre en place un plan de gestion des solvants. Ce plan consiste à élaborer un bilan emplois/pertes des produits afin de déterminer les quantités rejetées et les points d'émissions, sur cette base, il est alors possible de mettre en place un plan détaillé et précis de réduction des émissions [34].

Dans l'élaboration de ce bilan il est important de ne pas oublier d'inventorier les points des fuites, source de ce que l'on appelle les émissions f Ces émissions, qui proviennent des soupapes, des pompes, des vannes, peuvent s'avérer importantes et avoir des conséquences en matière d'environnement, de sécurité et de durée de vie des équipements [34].

II.11.2 Mesures de réduction des émissions de COV

Plusieurs options se présentent pour la réduction des émissions de COV :

- Remplacement des COV par d'autres substances, substitution des produits à forte teneur, utilisation de COV moins nocifs;
- Modification des pratiques de gestion ;
- Modification des procédés;
- Recyclage et récupération des COV ;
- Destruction des COV.

Si aucune solution préventive ou récupératrice n'est techniquement possible ou économiquement abordable, il ne reste plus qu'à traiter les effluents chargés de COV.

En première étape, il faut identifier l'origine des effluents et mettre en place un système de captage. Pour des raisons économiques, on va essayer de minimiser les volumes d'air à véhiculer et à traiter sans pour autant dépasser en aucun point du réseau une concentration en COV entraînant des risques d'explosion.

Il existe deux principes de traitement des COV: l'oxydation (destruction) et la récupération. Pour ce qui est de l'oxydation, on distingue entre l'incinération thermique (régénérative et récupératrice), l'incinération catalytique (régénérative et récupératrice), l'irradiation (UV, plasma, faisceau d'électrons, photo-oxydation) et les procédés biologiques (biofiltres, biolaveurs, biotrickling) [34].

II.12 Méthodes d'élimination des COV

II.12.1 oxydation des COV

Tous les COV peuvent être transformés par oxydation totale en composés inorganiques. Les produits d'oxydation dépendent du COV à détruire selon la composition du COV à oxyder, les composés formés sont soit uniquement du dioxyde de carbone (CO_2 et de l'eau (H_2O), soit un mélange de CO_2 , de H_2O et d'autres produits d'oxydation. Parmi ces derniers figurent par

exemple le NO, le HCl, le SO₂ ainsi que les dioxines (polluants secondaires). Dans ce cas, un traitement des fumées en aval de l'incinérateur est éventuellement à prévoir. Pour que les COV s'oxydent, une certaine vitesse de réaction est indispensable. Elle peut être atteinte par augmentation de la température, par diminution de l'énergie d'activation nécessaire, par augmentation de la quantité d'oxygène ou par augmentation de la teneur en polluants. Trois facteurs déterminent donc le bon fonctionnement de l'oxydation: température, turbulence et temps de séjour.

II.12.1.1 L'oxydation thermique ou catalytique

L'oxydation thermique ou incinération est la technique de traitement des COV la plus employée. En France, environ 80% des COV traités sont détruits par incinération.

L'oxydation thermique opère à plus de 750 °C, Tous les COV peuvent être incinérés. Cependant, la présence des composés néo peut entraîner la formation des produits halogénés agressifs (acides) et toxiques (dioxines) qui nécessite d'apporter un soin particulier au choix des matériaux et d'installer un traitement des fumées supplémentaires.

La présence d'un catalyseur permet de ramener la température de traitement entre 200 et 400°C.

Les COV, s'ils sont solubles dans l'eau, biodégradables et concentration suffisantes, peuvent être dégradés par micro-organismes (essentiellement des bactéries) à qu'ils servent d'éléments nutritifs en présences d'oxygène. La dégradation s'effectue en deux étapes absorption du COV dans la phase aqueuse, puis oxydation.

Les procédés biologiques permettent d'atteindre un rendement de dégradation supérieur à 90% et de respecter les valeurs limites d'émission réglementaire trois types de procédés disponibles :

II.12.1.2 L'oxydation biologique

➤ Les biofiltres

Les micro-organismes sont fixés sur un matériau (tourbe, compost, écorce, copeaux de bois) forment un biofilm humide dans lequel les COV sont absorbés et oxydés.

➤ Les filtres percolateurs

Le biofilm se développe à la surface d'un support fixe en matériau inerte et peut atteindre plusieurs millimètres d'épaisseurs. Un arrosage continu, distribution de l'eau et le complément nutritif crée autour du biofilm liquide dans lequel l'oxygène et les COV sont absorbés et transférés vers le biofilm. Pour une efficacité identique, le volume occupé et généralement moindre que celui d'un biofiltre.

➤ Les biolaveurs

L'absorption est effectuée dans une tour de lavage à pulvérisation et la biodégradation dans un bassin d'activation contenant la biomasse en suspension (boues activées). Biolaveurs présentent les mêmes avantages d'encombrement, de flexibilité et de contrôle que les filtres percolateurs. Ils offrent en outre la possibilité de traiter des composés peu solubles dans l'eau ou toxique vis-à-vis des micro-organismes en utilisant une émulsion huile-eau.

II.12.2 La récupération par absorption

L'absorption ou « lavage » consiste à mettre en contact le gaz polluant avec un liquide dans lequel il est soluble à une température plus basse si c'est possible.

L'efficacité de l'absorption est généralement supérieure à 90% et peut atteindre 98%. Ce qui permet de respecter les valeurs limites d'émissions réglementaires.

Le procédé est surtout utilisé dans les industries chimiques, pétrochimiques et pharmaceutiques. Il convient bien à la récupération des produits lourds (kérosènes, anthracène, naphthalène, PVC, des cétones et du tétrahydrofurane (fabrication des bandes magnétiques), il est également utilisé en métallurgie (traitement des gaz de coke en récupération de kérosène dans le laminage à froid des métaux non ferreux).

II.12.3 La récupération par adsorption

L'adsorption consiste à éliminer les polluants par transfert de la phase gazeuse vers une phase solide, dans laquelle le gaz sera piégé, grâce à un matériau "adsorbant" pour les COV. Les deux matériaux utilisés sont le charbon actif, tiré du bois ou de la noix de coco, et les zéolithes, solides cristallins à base de silice et d'alumine.

L'efficacité de ce procédé supérieure à 95% permet donc de respecter les valeurs limites réglementaires, y compris celle fixées pour les composés chlorés. Cette technique est la seule technique adaptée au traitement de très faibles débits (événements, remplissage de réservoirs...), autre avantage l'absorption est l'une des rares techniques économiquement supportable, pour traiter les grands débits à faible concentration (cas des odeurs).

L'adsorption sur charbon actif avec désorption à la vapeur est la technique de traitement des COV la plus employée après l'oxydation thermique [20].

II.12.4 La séparation par technique membranaire

L'air chargé de COV est mis en contact avec l'une des faces d'une membrane réalisée en polymère dense (pas de cavité supérieure à 2nm) tandis que la face opposée est maintenue sous pression réduite. Le polymère facilite le passage des COV au détriment des molécules de plus petite taille (O_2 , N_2 , H_2 ,...). L'effluent s'appauvrit en composés alors que l'air en aval s'en enrichit. Le flux de transfert dépend essentiellement de la différence de pression entre les deux faces de la membrane et de sa perméabilité.

Ce procédé n'est actuellement envisageable que pour traiter des débits faibles (inférieur à $1\text{m}^3/\text{s}$), pour des effluents ne contenant pas qu'un seul COV et pour des concentrations supérieures à 1% en volume [34].

II.13 La réglementation applicable pour les COV

Les multiples risques que présentent les COV ont conduit les pouvoirs publics à multiplier les réglementations afin de limiter l'utilisation des produits les plus émetteurs et d'en favoriser la substitution. En outre, dans le cadre du protocole de Göteborg, la France s'est engagée à réduire ses émissions de COV d'environ 40% entre 1999 et 2010, ces engagements ont été repris par la directive du 23 octobre 2001 fixant à 1050 kilotonnes les émissions de COV d'ici 2010. Pour

atteindre cet objectif, la France a adopté, fin juin 2003, un programme de réduction des émissions.

Directive 2001/81/CE du 23 octobre 2001 relative aux plafonds d'émission nationaux de certains polluants atmosphériques, JOCE de 27 novembre 2001.

Arrêté du 08 juillet 2003 portant approbation de programme national de réduction des émissions des polluants atmosphériques (SO₂, NO_x, COV et NH₃), JO de 30 octobre 2003 et BOMEDD n° 03/23.

II.13.1 Pour les industries utilisant des solvants

▪ Valeurs limites d'émission ou schéma maîtrise des émissions

La directive n°99/13 du 11 mars 1999 relatives aux émissions de COV dues à l'utilisation des solvants a imposé des valeurs limites par secteur d'activité pour les émissions canalisées et diffuses de COV et des obligations particulières concernant les solvants les plus toxiques (réductions, substitution).

Directive de conseil n°1999/13/CE du 11 mars 1999 relative à la réduction des émissions des composés organiques volatils dues à l'utilisation des solvants organiques dans certaines activités et installations, JOCE L85 du 29 mars 1999

Ces dispositions ont été transposées dans la réglementation française. Elles ne concernent que les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) :

Tableau 11.6 Textes française relatives aux COV

Textes français relatives aux COV	
Pour les ICPE soumises à autorisation	- Arrêté du 29 mai 2000 modifiant l'arrêté du 02 février 1998. - Arrêté modifié du 02 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classé pour la protection de l'environnement soumises à autorisation.
Pour les ICPE soumises à déclaration	Les arrêtés des prescriptions applicables à chaque secteur d'activité concerné (dits "arrêt-type") ont été modifiés et comportent désormais des valeurs limites d'émission pour les COV.
Pour les autres installations	Pas d'obligation réglementaire.

La mise en place des mesures des réductions des émissions sera favorisée grâce à des aides financières dans le cadre du dispositif d'aide géré par l'ADEME. Ces aides faciliteront la réalisation d'action de réduction en particulier par les PME/PMI.

▪ Surveillance des émissions

Dans les installations classées soumises à autorisation, la surveillance en continu des émissions de l'ensemble des COV, à l'exclusion du méthane, doit être réalisée si, sur l'ensemble de l'installation, l'une des conditions suivantes est remplie :

- ✓ Le flux horaire maximale de COV, à l'exclusion du méthane, exprimé en carbone total dépasse 15kg/h dans le cas général, 10kg/h si l'équipement d'épuration des gaz chargés en COV est nécessaire pour respecter les valeurs limites d'émission canalisées.
- ✓ Le flux horaire maximal des COV dangereux dépasse 2kg/h (exprimé en somme des composés).

Cette surveillance continue peut toutefois être remplacée par le suivi d'un paramètre représentatif, corrélé aux émissions cette corrélation devra être confirmée périodiquement par une mesure des émissions. Dans les autres cas, des prélèvements instantanés sont réalisés.

Dans le cas où le flux horaire de COV dangereux dépasse 2kg/h sur l'ensemble de l'installation, des mesures périodiques de chacun des COV présents doivent être effectuées.

Lorsque l'installation est équipée d'un oxydateur, la conformité aux valeurs limites d'émission en oxydes d'azote, méthane et CO doit être vérifiée une fois par an, en marche continu et stable.

▪ Déclaration annuel des émissions

Les exploitants d'installations classées soumises à autorisation dont la masse annuelle de rejets de COVNM dans l'air, chronique ou accidentels, canalisée ou diffus est supérieure à 30000kg (exprimé en carbone total) doivent déclarer au préfet les émissions annuelles de ce polluant.

La déclaration des données de l'année est effectuée avant le 1^{er} avril de l'année n+1 si cette déclaration est faite par écrit.

Le format de la déclaration est décrit dans l'annexe I de l'arrêté du 24 décembre 2002.

Arrêté du 24 décembre 2002 modifié fixant les règles générales de déclaration annuelle des émissions polluantes applicables aux exploitants des installations classées soumises à autorisation.

II.13.2 Pour les stations services

Les stations services constituent une source importante d'émission des COV. Des vapeurs de benzène (COV cancérigènes), éthylbenzène, toluène, et xylène s'échappent lors du remplissage des cuves de stockage de la station et des réservoirs de carburant des automobiles.

Pour limiter ses émissions, des dispositifs de récupération des vapeurs d'hydrocarbures doivent obligatoirement être mise en place :

- ✚ Pour les opérations de remplissage des cuves;
- ✚ à la pompe, sur les pistolets de distribution de carburant, pour les stations le débit est supérieur 500 m³/an.

Ces systèmes actifs de récupération des vapeurs permettent de retour d'au moins 80% des composés organiques volatils dans les réservoirs fixe des stations.

L'exploitant est tenu de prendre toutes les dispositions nécessaires pour assurer la maintenance et le bon fonctionnement de récupération des vapeurs. Il fait réaliser un contrôle de ce système avant sa mise en service après toute réparation et au moins une fois tous les deux ans.

Arrêté modifiée du 17 mai 2001 relatif à la réduction des émissions des composés organiques volatils liés au ravitaillement en essence des véhicules à moteur dans les stations- service d'un débit d'essence compris entre 500 et 3000 m³/an [34].

Chapitre III

Méthodes de calcul des émissions Des COV

III.1 EMISSIONS DES COV DES STOCKAGES

L'arrêté propose plusieurs méthodes pour calculer les émissions des COV des stockages :

Les méthodes utilisées peuvent être :

- celle de l'annexe 2 : qui est une version modernisée de celle de l'arrêté du 4/09/86 (couvre tous types de stockages)
- celle de l'annexe 3 : qui est la méthode EPA¹ AP42, traduite en français et en unités SI pour les réservoirs à toit fixe
- celle de l'annexe 4 : qui est la méthode EPA AP42, traduite en français et en unités SI pour les réservoirs à toit ou à écran flottant
- les méthodes EPA : AP 42 Compilation of air pollutant emission factors. Vol.1: Stationary point and area sources. Chapter 7: Liquid storage tanks. L'utilisation directe de ces méthodes offre plus de liberté dans le choix des coefficients. De plus on peut utiliser un logiciel téléchargeable librement "TANKS" qui facilite les calculs (mais en unités US)
- très similaires aux méthodes EPA, on peut aussi citer les méthodes API
 - API Publications 2517 & 2519 Manual of petroleum measurement standard. Chapter 19 : Evaporative loss measurement, Section 2 : Evaporative loss from floating-roof tanks
 - API Publication 2518 Manual of petroleum measurement standard. Chapter 19: Evaporative loss measurement, Section 1 : Evaporative loss from fixed-roof tanks

Note : ces annexes fort techniques n'ont pas leur place dans un arrêté ministériel et auraient dû être intégrées à un guide.

Le logiciel TANKS 4.09d ainsi que la méthode AP-42 sont disponibles sur le site de l'EPA à l'adresse suivante : <http://www.epa.gov/ttnchie1/software/tanks/>

Les méthodes API sont disponibles sur le site de l'API (payant), mais étant pratiquement la copie des méthodes EPA (gratuites), il n'y a guère d'intérêt à en disposer.

En cas d'utilisation des méthodes EPA (complètes), une tierce expertise peut être demandée.

Les méthodes EPA sont complexes à employer (même traduites en unités SI). Elles sont donc à réserver à des utilisateurs avertis. Ce sont toutefois les meilleures méthodes disponibles.

L'annexe 2 : est d'un usage plus simple et ne déroutera pas les personnes habituées aux formules de l'arrêté du 4/09/86 relatif à la réduction des émissions atmosphériques d'hydrocarbures provenant des activités de stockage.

Note : les formules de l'arrêté du 4/09/86, ne sont plus valables, et contrairement à cet arrêté, il est tenu compte dans les calculs du vrai volume circulant et non plus d'un forfait de 10 x le volume du réservoir.

Pour les émissions liées au chargement voir le guide GESIP 2011/02 et ses fiches annexes.

III.2. METHODE DE L'ANNEXE 2 - METHODE DE L'AM 86 MODERNISEE

Note importante : les formules de l'arrêté du 4/09/86, ne sont plus valables et ne doivent plus être utilisées

Les corrélations présentées dans l'AM du 4/09/86 (AM 86 dans la suite du document) étaient des anciennes formules API fortement simplifiées. Elles n'étaient pas adaptées aux produits à faible volatilité, ni aux produits chimiques autres que les hydrocarbures. Par contre elles étaient simples d'emploi.

Afin de conserver cette simplicité d'emploi et de ne pas dérouter les utilisateurs il a été développé de nouvelles formules très ressemblantes à celles de l'AM86 mais améliorées :

- a) Prise en compte du volume circulant réel et non plus un forfait de 10 rotations par an.
- b) Calcul direct des coefficients K en fonction de la tension de vapeur du produit (théoriquement à température du stockage mais il est plus simple de la figer à 20°C). On ne reprend donc plus le système des 4 classes de l'AM 86 original.

III.2.1 Limitation d'emploi

Les limitations d'emploi sont évoquées dans le texte de l'arrêté

TEXTE DE L'ARRETE

La méthode présentée dans cette annexe est applicable à l'ensemble des réservoirs à toit fixe et des réservoirs à écran ou à toit flottant, à l'exception : - des réservoirs calorifugés ;

- des réservoirs maintenus à température constante ;
- des réservoirs équipés de soupapes afin de limiter les émissions par respiration ;
- des réservoirs dont le taux de rotation annuel de produit est supérieur à 36 ;
- des réservoirs dont la hauteur moyenne de liquide est inférieure à 40% de la hauteur de la partie cylindrique du réservoir ;
- des réservoirs contenant des liquides dont la pression de vapeur saturante à 20°C est inférieure à 1,5 kilopascal ;
- des réservoirs à toit flottant externe muni de deux barres de guidage ou plus ;
- des réservoirs à toit flottant interne dont le nombre de jambes de toit et de colonnes de toit est 30% supérieur à la valeur conseillée par la méthode EPA.

Concernant l'ensemble des cas évoqués ci-dessus, l'exploitant utilise la méthode d'évaluation des émissions donnée en annexe 3 ou 4 suivant la configuration du réservoir concerné.

✓ COMMENTAIRES

- **Réservoirs calorifugés** : la méthode de l'annexe 2 est majorante pour les réservoirs à toit fixe, elle peut donc être employée mais donnera un résultat excessif. Pas d'influence sur les autres types de réservoirs.
- **Réservoirs maintenus à température constante** : la méthode de l'annexe 2 est majorante pour les réservoirs à toit fixe, elle peut donc être employée mais donnera un résultat excessif. Un résultat correct est obtenu si l'on néglige le terme respiration. Pas d'influence sur les autres types de réservoirs.

- **Réservoirs munis de soupapes** : la méthode de l'annexe 2 est majorante pour les réservoirs à toit fixe, elle peut donc être employée mais donnera un résultat excessif. Pour les réservoirs fonctionnant à faible pression (P tarage soupape < 50 mb ou amplitude pression dépression < 70 mb)², l'influence des soupapes est négligeable sauf pour des faibles rotations (< 15). Les autres types de réservoirs ne sont normalement pas munis de soupapes.
- **Réservoirs dont le taux de rotation est supérieur à 36** : la méthode de l'annexe 2 est majorante pour les réservoirs à toit fixe, elle peut donc être employée mais donnera un résultat excessif. Pas d'influence sur les autres types de réservoirs.
- **Réservoirs dont la hauteur moyenne de liquide est inférieure à 40% de la hauteur de la partie cylindrique du réservoir** : la méthode de l'annexe 2 est minorante pour les réservoirs à toit fixe, mais l'influence est faible. Pas d'influence sur les autres types de réservoirs.
- **Réservoirs contenant des liquides dont la pression de vapeur saturante à 20°C est inférieure à 1,5 kilopascal** : la méthode est en fait applicable (en fait peu de produits sont concernés car il faut simultanément un $T_v > 15$ mb et un point éclair $< 55^\circ\text{C}$).
- **Réservoirs à toit flottant externe muni de deux barres de guidage ou plus** : la méthode de l'annexe 2 est minorante mais cette configuration est peu probable.
- **Réservoirs à toit flottant interne dont le nombre de jambes de toit et de colonnes de toit est 30% supérieur à la valeur conseillée par la méthode EPA** : méthode de l'annexe 2 est minorante mais cette configuration est peu probable.

L'arrêté n'en parle pas mais l'annexe donnera également des résultats excessifs en cas de réservoir maintenu à température constante ou niveau constant.

III.2.2 Evaluation des émissions totales :

+ TEXTE DE L'ARRETE

Les émissions totales annuelles d'un réservoir sont calculées avec la formule suivante :

$$E_T = E_R + E_M$$

E_T : émissions totales en tonnes par an.

E_R : émissions par respiration en tonnes par an.

E_M : émissions générées par les mouvements de produit en tonnes par an.

✓ COMMENTAIRE❖ **Pour un réservoir à toit fixe,**

- les émissions par "respiration" correspondent à la dilatation (et à la rétractation) jour/nuit de la phase gazeuse du réservoir à cause des variations de température.
- les émissions par "mouvement" correspondent à l'expulsion de la phase gazeuse lors du remplissage du réservoir.

Un réservoir à toit fixe maintenu à niveau constant a des émissions par mouvement nulles.

Un réservoir à toit fixe maintenu à température constante, n'a pas pour autant des émissions nulles, mais elles seront réduites si le réservoir est calorifugé (voir la gestion des cas particuliers au chapitre 7).

❖ **Pour un réservoir à toit flottant ou écran flottant,**

- les émissions par "respiration" (renommée "évaporation directe") correspondent aux pertes à travers le toit ou l'écran flottant. Ces pertes sont liées au joint périphérique, aux accessoires, aux colonnes et barres de guidage traversant le toit, etc.
- les émissions par "mouvement" correspondent au mouillage des parois lors des variations de niveau.

III.2.3 Réservoir à toit fixe :✚ TEXTE DE L'ARRETE

➤ Emission par respiration (t/an) : $E_{11} = K_1 \times D^{1,73} \times H^{0,51} \times C$

$K_1 = 7.10^{-7} \times P_v \times M_{Mol}$ avec :

P_v : pression de vapeur saturante du liquide inflammable en mbar (prise à 20°C par défaut).

M_{Mol} : masse molaire de la phase gazeuse émise en grammes par mole.

D : diamètre du réservoir en mètres.

H : hauteur du réservoir en mètres.

C : coefficient de couleur, conformément au tableau ci-dessous :

Tableau.III.1 Tableau des coefficients de couleur

Couleur externe du réservoir	C
Aluminium brillant	1,1
Aluminium moyen	1,2
Aluminium mat	1,4
Aluminium	0,8

métal poli	
Blanc brillant	0,8
Blanc mat (référence)	1,0
Brun clair	1,4
Crème	1,1
Crème usé	1,2
Gris clair	1,4
Gris moyen	1,5
Gris moyen usé	1,6
Gris foncé	1,7
Noir	1,8
Rouge primaire	1,7
Vert somber	1,7

➤ Emission générée par les mouvements (t/an) : $E_{12} = K_2 \times Q$

$K_2 = 4,11 \cdot 10^{-8} \times P_v \times M_{Mol}$ avec :

P_v : pression de vapeur saturante du liquide inflammable en mbar (prise à 20°C par défaut).

M_{Mol} : masse molaire de la phase gazeuse émise en grammes par mole.

Q : volume de produit transféré annuellement en mètres cubes et générant une variation de niveau dans le réservoir.

➤ Emission du réservoir à toit fixe (t/an) : $E_1 = E_{11} + E_{12}$

✓ COMMENTAIRES

• **Pression de vapeur saturante** : elle est prise à 20°C par défaut. Cela correspond en gros à une température ambiante de 16°C en moyenne (midi de la France), sachant que le liquide est toujours un peu plus chaud que l'ambiante à cause du rayonnement solaire. Pour une température moyenne de 9°C, les résultats sont majorés de 30 % environ.

Mais si le réservoir est conduit à température constante (notamment s'il est réchauffé), il faut prendre la pression de vapeur à température du stockage.

• **Masse molaire** : elle se trouve généralement sur la fiche de données sécurité du produit ou dans des bases de données. Il peut toutefois être difficile de trouver la valeur pour des coupes pétrolières.

La masse molaire de la phase gazeuse, peut être différente de celle du liquide dans le cadre d'une coupe pétrolière ou d'un mélange car les fractions plus volatiles sont surreprésentées

dans la phase gazeuse par rapport à la phase liquide. A défaut on peut prendre les valeurs typiques ci-dessous pour les produits commerciaux les plus courants.

Tableau.III.2 paramètres des produits (Masse molaire/Pv)

Produit	Masse molaire vapeur	Tension vapeur à 20°c
essence hiver	64	50 kPa
essence été	76	25 kPa
essence moyenne annuelle	70	40 kPa
naphta pétrochimique	80	20 kPa
jet fuel, ou white spirit	130	0.3 kPa

- **Couleur** : l'inox peut être assimilé à de l'aluminium moyen. Les autres couleurs foncées (bleu,..) sont affectées du coefficient 1.7. Si le toit à une couleur différente de la robe, on peut faire une moyenne des deux coefficients
- **Volume de produit transféré annuellement et générant une variation de niveau dans le réservoir** : par défaut c'est le volume transféré vrai notamment si le réservoir fonctionne en mode vidange / remplissage. Cela donne un résultat majorant. Une approche plus fine consiste à ne compter que les transferts qui créent une variation de niveau (que l'on peut calculer si l'on dispose des valeurs du niveau historisées – de préférence sur support informatique). Un réservoir maintenu à niveau constant (donc variation de niveau nulle), entraîne des émissions par mouvement nulles.
- **Rayonnement solaire et écart de température jour/nuit** : les valeurs sont calibrées pour un rayonnement solaire en France métropolitaine et pour un écart de température jour nuit de 13°C, En zone tropicale l'irradiation solaire est double et le résultat peut être sous estimé pour les réservoirs à toit fixe. Il est donc conseillé d'utiliser une méthode plus précise telle que celle de l'annexe 3.

III.2.4 Réservoir à toit flottant :

TEXTE DE L'ARRETE

➤ Emission par évaporation directe (t/an) : $E_{21} = K_3 \times (J_1 + J_2 \times V^n) \times D$

$K_3 = 1,1 \cdot 10^{-6} \times P_v \times M_{Mol}$ (sauf pour le pétrole brut : $K_3 = 0,007$) avec :

P_v : pression de vapeur saturante du liquide inflammable en mbar (prise à 20°C par défaut).

M_{Mol} : masse molaire de la phase gazeuse émise en grammes par mole.

D : diamètre du réservoir en mètres.

V : vitesse moyenne annuelle du vent sur le site considéré en kilomètres par heure.

J_1 et J_2 : coefficients du joint de toit flottant.

n : coefficient de vent lié à la nature du joint.

Ces deux derniers coefficients sont choisis conformément au tableau ci-dessous, pour les types de joints schématisés à la figure 1.

Tableau.III.3 Types des joints de toit flottant

Type de joint de toit flottant		J1	J2	n
Code figure 1	Traduction en anglais (correspondance API / EPA)			
PM	Mechanical shoe	3,22	0,10	1,91
PM / PS	Mechanical shoe, shoe mounted secondary seal	1,24	0,10	1,55
PM / JS	Mechanical shoe, rim mounted secondary seal	0,77	0,15	1,19
JL	Liquid mounted primary seal	1,24	0,15	1,37
Type de joint de toit flottant		J1	J2	n
JL / EP	Liquid mounted primary seal, weather shield	0,82	0,15	1,23
JL / JS	Liquid mounted primary seal ,rim mounted secondary seal,	0,63	0,10	1,20
JG	Vapor mounted primary seal	3,65	0,03	2,87
JG / EP	Vapor mounted primary seal, weather shield	2,04	0,01	3,02
JG / JS	Vapor mounted primary seal ,rim mounted secondary seal	1,36	0,00 1	3,65

Pour les joints phase gaz, on ne fait pas la différence entre une bavette racleuse et un joint gaz rempli de mousse ou de liquide (EPA/API ne fait pas non plus la différence).

L'écran de protection se distingue du joint secondaire par le fait que l'écran de protection est généralement constitué d'écailles se recouvrant l'une l'autre alors que le joint secondaire est totalement étanche et muni d'une lèvre racleuse élastomère.

➤ Emission générée par les mouvements (t/an) : $E22 = K4 \times Q \times M/D$

$K4 = 5.10^{-3}$ sauf pour le pétrole brut où $K4 = 2,5.10^{-2}$

Q : volume de produit transféré annuellement en mètres cubes et générant une variation de niveau dans le réservoir.

M : coefficient de mouillage fonction de l'état des parois, conformément aux valeurs suivantes :

M = 0,0015 pour les parois neuves ou légèrement oxydées, M = 0,0075 pour les parois très oxydées, M = 0,15 pour les parois rugueuses.

D : diamètre du réservoir en mètres.

➤ Emission du réservoir à toit flottant (t/an) : $E1 = E21 + E22$

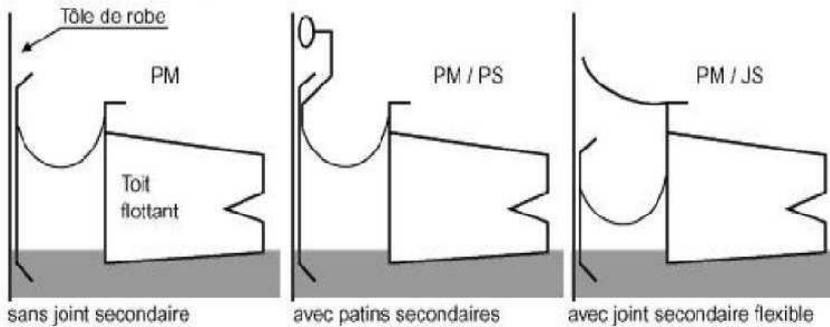
✓ COMMENTAIRES

Pour la pression de vapeur et la masse molaire voir ci-dessus.

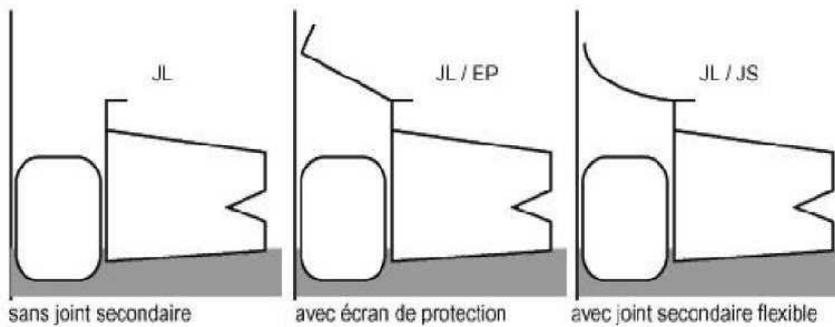
- **Vitesse du vent** : il s'agit de la vitesse moyenne annuelle à 10 m de hauteur que l'on obtient généralement auprès de METEOFRACTANCE la valeur typique est entre 2 et 5 m/s en France métropolitaine soit donc entre 7 et 18 km/h (attention à l'unité qui est en km/h dans ces formules). L'AM86 prenait un forfait de 11.7 km/h.
- **Pétrole brut** : le pétrole brut compte tenu de sa viscosité a un comportement particulier. Les valeurs prises correspondent à un brut léger (TV REID = 500 mb). Dans le cas de bruts plus lourds il est conseillé d'utiliser les formules EPA pour tenir compte de la tension de vapeur réelle.
- **Type de joint** : on a repris les dessins de l'AM86 (voir figure 1 : type de joints pris en compte).
- **Parois** : On juge l'état des parois intérieures de la robe, au niveau de la phase liquide.

La caractérisation "très oxydées" correspond à un état dégradé (nombreux cratères de corrosion). La caractérisation "rugueuses" correspond à un réservoir à la robe revêtue intérieurement d'ébonite ou autre revêtement rugueux. Un revêtement type peinture époxy donne au contraire des parois lisses et non oxydées. Par défaut on prend la caractérisation "légèrement oxydées".

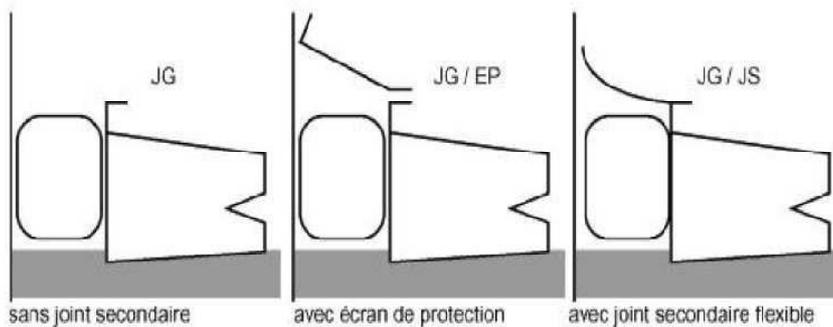
1 — PATINS MECANIQUES PRIMAIRES :



2 — JOINT SOUPLE EN PHASE LIQUIDE :



3 — JOINT SOUPLE EN PHASE GAZEUSE :



III.2.5 Réservoir à écran flottant interne :

✚ TEXTE DE L'ARRETE

➤ Emission par évaporation directe (t/an) : $E_{31} = K5 \times [(S + P) \cdot D^2 + (F + A) \cdot D + B]$

$K5 = 1,8 \cdot 10^{-7} \times P_v \times M_{Mol}$ (sauf pour le pétrole brut : $K5 = 0,0013$) avec :

P_v : pression de vapeur saturante du liquide inflammable en mbar (prise à 20°C par défaut).

M_{Mol} : masse molaire de la phase gazeuse émise en grammes par mole.

D : diamètre du réservoir en mètres.

F : coefficient de joint de l'écran flottant, conformément aux valeurs suivantes, pour les types de joint schématisés au point 6) du B de la présente annexe :

Type de joint de toit flottant	F
Sans joint secondaire (PM)	14,9
Avec écran ou patin secondaire (PM/PS)	4,0
Avec joint secondaire flexible (PM/JS)	1,5
Sans joint secondaire (JL)	4,1
Avec écran ou patin secondaire (JL/EP)	1,8
Avec joint secondaire flexible (JL/JS)	0,8
Sans joint secondaire (JG)	17,1
Avec écran ou patin secondaire (JG/EP)	8,5
Avec joint secondaire flexible (JG/JS)	5,6

S et P : respectivement, coefficient de structure de l'écran interne et coefficient de perméation de l'écran interne. Ces coefficients sont choisis conformément au tableau ci-dessous :

Ecran	Poteaux	S	P
Soudé / collé	Avec	0,45	0
Autre	Avec	0,45	0,56
Soudé	Sans	0,12	0
Soudé / collé	Sans	0,12	0,56

A et B : coefficients de configuration du réservoir, respectivement égaux à 1,3 et 220.

➤ Emission générée par les mouvements (t/an) : $E32 = K6 \times Q \times M/D$

$K6 = 7,5 \cdot 10^{-3}$ sauf pour le pétrole brut où $K6 = 3,75 \cdot 10^{-2}$

Q : volume de produit transféré annuellement en mètres cubes et générant une variation de niveau dans le réservoir.

M : coefficient de mouillage fonction de l'état des parois, conformément aux valeurs suivantes :

M = 0,0015 pour les parois neuves ou légèrement oxydées, M = 0,0075 pour les parois très oxydées, M = 0,15 pour les parois rugueuses.

D : diamètre du réservoir en mètres.

➤ Emission du réservoir à écran flottant interne (t/an) : $E1 = E21 + E22$

✓ COMMENTAIRES

• **Type de joint** : voir la figure 1 et le chapitre 2.4, pour plus de commentaires.

• **Type d'écran** : les écrans autres correspondent à des écrans boulonnés pour lesquels il y aura des émissions aux jointures des différentes parties d'écran. Ces émissions ne se produisent pas pour les écrans soudés ou collés ou monobloc ou tout autre système qui rend l'écran étanche à la perméation.

• **Toit flottant couvert** : les réservoirs à toit flottant qui ont été ultérieurement recouverts d'un dôme de protection (par exemple dôme géodésique aluminium) peuvent se calculer comme des réservoirs à toit flottant mais avec un vent nul.

Les autres paramètres ont déjà été commentés (voir le sous chapitre toit flottant).

IV.3 METHODE DE L'ANNEXE 3 – RESERVOIRS A TOIT FIXES

Il s'agit de la méthode EPA AP42 (sans aucune simplification), pour les réservoirs à toit fixe, traduite en français et mise en unités SI (travail effectué par l'INERIS : Estimation des émissions des COV par modélisation dans l'industrie chimique (INERIS N°DR C 09 103316 - 03785A - 13/03/2009)³

III.3.1. Domaine d'application de la méthode :

✚ TEXTE DE L'ARRETE

La méthode présentée dans cette annexe n'est applicable qu'aux réservoirs à toit fixe dont la pression interne est proche de la pression atmosphérique. Elle a également plus spécifiquement vocation à être appliquée pour les réservoirs à toit fixe dont la configuration ne permet pas l'application de la méthode simplifiée donnée en annexe 2 du présent arrêté.

✓ COMMENTAIRE

Pour les limitations de l'annexe 2 voir ci-dessus. Les limitations citées par l'arrêté ne sont pas toutes pertinentes, les formules de l'annexe 2 pouvant être adaptées.

L'annexe 3 propose une évaluation précise mais au prix de calculs compliqués, de notions quelque peu scientifiques et nécessitant un grand nombre de paramètres.

III.3.2 Evaluation des émissions totales par an :✚ TEXTE DE L'ARRETE

Les émissions totales annuelles d'un réservoir sont calculées avec la formule suivante :

$$E_T = E_R + E_M$$

E_T : émissions totales en tonnes par an

E_R : émissions par respiration en tonnes par an

E_M : émissions générées par les mouvements de produit en tonnes par an

✓ COMMENTAIRES

Voir commentaires déjà faits pour l'annexe 2

Attention : les formules donnent les émissions en kg/an et non pas en t/an comme indiqué dans l'introduction

III.4 Evaluation des émissions annuelles par respiration :✚ TEXTE DE L'ARRETE

$$E_R = 365 \cdot V_v \cdot D_v \cdot K_E \cdot K_S$$

E_R : émissions par respiration en kilogrammes par an

V_v : volume d'espace libre au-dessus du liquide en mètres cubes (cf. partie 1 de cette annexe pour mémoire)

D_v : densité de la vapeur de solvant de l'air du volume libre en kilogrammes par mètres cubes (cf. partie 2 de cette annexe)

K_E : coefficient d'expansion de la phase vapeur (cf. partie 3 de cette annexe) K_S : facteur de saturation de la phase vapeur (cf. partie 4 de cette annexe)

✓ COMMENTAIRES

Attention à l'unité : résultat en kg/an

Attention à l'unité de D_v : il faut l'exprimer en kg/m³ (par exemple 0.57 kg/m³ pour de l'hexane à 15°C) alors que le 2) calcule D_v en g/m³.

On parle de solvant (car le texte est issu d'un précédent travail de l'INERIS), mais il faut lire **liquide inflammable**.

✚ TEXTE DE L'ARRETE

✓ Détermination de V_v (pour mémoire) :

$$V_v = \pi \cdot R_c^2 \cdot h_v$$

V_v : volume d'espace libre au-dessus du liquide en mètres cubes

R_c : rayon du réservoir en mètres

h_v : hauteur équivalente de la phase vapeur en mètres (hauteur d'un cylindre dont le rayon est égal à celui de l'espace rempli de vapeurs y compris le volume du cône ou du dôme surmontant la partie cylindrique du réservoir)

$$h_v = h_c - h_L + h_E$$

h_c : hauteur de la partie cylindrique du réservoir en mètres

h_L : hauteur moyenne du liquide en mètres

h_E : hauteur équivalente du toit du réservoir en mètres

Pour un toit conique, la hauteur h_E est déterminée grâce aux équations suivantes :

$$h_E = 1/3 \cdot h_{T0}$$

Avec: $h_{T0} = P_{T0} \cdot R_c$

h_{T0} : hauteur de la partie conique du réservoir en mètres.

R_c : rayon de la partie cylindrique du réservoir en mètres.

P_{T0} : pente de la partie conique du toit (rapport de distances sans unité). Si cette pente est inconnue, la valeur par défaut est 0,0625

Pour un toit en forme de dôme, la hauteur h_E est calculée selon l'équation suivante :

$$h_E = h_{T0} \cdot [1/2 + 1/6 \cdot (h_{T0}/R_c)^2]$$

Avec: $h_{T0} = R_D - \sqrt{R_D^2 - R_c^2}$

h_{T0} : hauteur du dôme en mètres R_c : rayon du réservoir en mètres

R_D : rayon du dôme en mètres

COMMENTAIRES

Attention, on utilise le rayon, pas le diamètre.

La valeur par défaut de la pente du toit (0.0625) correspond à un toit conique assez plat (pente 1/16) caractéristique d'un bac de grand diamètre (API 650).

Pour les toits hémisphérique, $R_0 = R_c / \sin \theta$. θ étant l'angle moyen du toit (pente = $\tan \theta$).

Pour une pente de 0.0625, $R_0 = 16 R_c$

Le volume du cône ou du toit hémisphérique est en fait négligeable par rapport au volume de la virole (quelques % pour une pente faible).

Si l'on calcul les émissions d'un bac de référence, pour un bac à toit flottant externe, rien n'indique quel type de toit choisir. On prendra un toit conique à pente 0.0625.

✚ TEXTE DE L'ARRETE

➤ Détermination de D_v :

En supposant que la vapeur se comporte comme un gaz parfait :

$$D_v = M_v \cdot P_{VA} / R \cdot T_{LS}$$

D_v : densité de la vapeur de solvant de l'air du volume libre en grammes par mètres cubes

M_v : masse molaire de la vapeur en grammes par mole

P_{VA} : pression de vapeur saturante à la surface du liquide à la température journalière moyenne en pascals

$$R = 8,314 \text{ J/ (mol.K)}$$

T_{LS} : température journalière moyenne à la surface du liquide en kelvins

La masse molaire moyenne M_v est celle de la substance contenue dans le réservoir (corps pur) ou déterminée à partir de la composition de la phase liquide s'il s'agit d'un mélange. Dans ce dernier cas, M_v est calculée avec la formule suivante :

$$M_v = \sum y_i \cdot M_i$$

$$\text{Avec : } y_i = P_i / P_{VA}$$

M_i : masse molaire du composé i en grammes par mole

y_i : fraction molaire du composé i dans la phase vapeur

p_i : pression de vapeur partielle du composant i ou pression de vapeur saturante du composant i multipliée par la fraction molaire dans le liquide, en kilopascals.

P_{VA} : pression de vapeur saturante totale du liquide stocké en kilopascals, somme des pressions de vapeur saturantes de tous les constituants $P_{VA} = \sum p_i$

✓ COMMENTAIRES

On parle de solvant (car le texte est issu d'un précédent travail de l'INERIS), mais il faut lire liquide inflammable.

La masse molaire calculée est celle de la phase vapeur (pas de différence pour une substance pure, c'est la même que celle du liquide)

Attention à l'unité de D_v est en g/m^3

$$T \text{ en Kelvins} = T \text{ en } ^\circ\text{C} + 273.15$$

Le calcul de la masse molaire de la phase vapeur par la formule n'est possible que si l'on connaît bien la composition de la phase liquide ce qui n'est pas possible pour les coupes pétrolières. On pourra prendre par défaut:

Produit	Masse molaire vapeur	Tension vapeur à 20°C
Essence hiver	64	50 kPa
Essence été	76	25 kPa
Essence moyenne annuelle	70	40 kPa
Naphta pétrochimique	80	20 kPa
Jet fuel, ou white spirit	130	0.3 kPa

Même si on ne l'utilise pas pour les calculs, le logiciel TANKS fourni par l'EPA, offre une bonne banque de propriétés de produits pétroliers.

Attention au fait que le naphta pétrochimique peut avoir des compositions très variables.

✚ TEXTE DE L'ARRETE

La pression de vapeur saturante à la surface du liquide à la température journalière moyenne du liquide peut être calculée au moyen de la loi d'Antoine :

$$\text{Log}(P_i) = (A_i - B_i/T_{LS} + C_i)$$

P_i : pression de vapeur saturante à la surface du liquide à la température journalière moyenne (les constantes d'Antoine retenues sont en adéquation avec l'unité de pression choisie)

T_{LS} : température journalière moyenne à la surface du liquide en degrés Celsius

A_i, B_i, C_i : constantes d'Antoine du composé i . B_i et C_i sont exprimés en degrés Celsius

✓ COMMENTAIRES

La pression de vapeur peut tout aussi bien être lue sur une courbe ou relevée sur une table de valeurs, ou obtenue via une banque de données informatisées.

L'équation d'Antoine dont il existe d'ailleurs de nombreuses versions n'est qu'une façon d'approcher les valeurs recherchées (et ne saurait être d'utilisation "réglementaire")

TEXTE DE L'ARRETE

La température moyenne T_{LS} est calculée grâce à l'équation suivante :

$$T_{LS} = 0,44.T_{AM} + 0,56.T_{LM} + 0,00387 .\alpha.I$$

T_{LS} : température journalière moyenne à la surface du liquide en kelvins

T_{AM} : température ambiante moyenne en kelvins

T_{LM} : température du liquide en kelvins

I : facteur d'insolation journalière en joules par centimètre carré par jour

α : absorbance solaire du revêtement du réservoir, conformément aux valeurs suivantes :

Tableau III.4 absorbance solaire du revêtement du réservoir

Couleur externe du réservoir	α (suivant l'état du réservoir)	
	Bon état	Mauvais état
Aluminium brillant	0,39	0,49
Aluminium mat	0,60	0,68
Aluminium métal poli	0,10	0,15
Blanc	0,17	0,34
Brun	0,43	0,55
Crème	0,35	0,49
Gris clair	0,54	0,63
Gris moyen	0,68	0,74
Marron	0,58	0,67
Noir	0,97	0,97
Rouge primaire	0,89	0,91
Rouille	0,43	0,55
Vert somber	0,89	0,91

Note: cette équation n'est pas utilisable pour les réservoirs calorifugés. Dans ce cas, la température journalière moyenne à la surface du liquide est déterminée par des mesures de température à la surface du liquide.

COMMENTAIRES

L'inox est assimilable à de l'aluminium mat.

Toutes les couleurs ne figurent pas dans le tableau. Un bleu très clair est assimilable à un gris clair, un bleu sombre est assimilable à un vert sombre (faire preuve de bon sens). Si la robe a une couleur différente du toit, on peut faire une moyenne

Le facteur I d'insolation solaire vaut typiquement de 3 à 5 kWh/m³/jour⁴ en France métropolitaine soit 1100 à 1800 J/cm²/jour. On peut prendre 5 kWh/m²/jour soit 1800 J/cm²/jour pour les

DOM Tom (Antilles, Guyane, ... – rayonnement plus fort mais plus de nuages que la Côte d'Azur)



Fig.III.2 carte de l'ensoleillement

✚ TEXTE DE L'ARRETE

La température moyenne ambiante journalière T_{AM} peut être calculée par l'équation suivante :

$$T_{AM} = (T_{A \max} + T_{A \min}) / 2$$

T_{AM} : température ambiante moyenne journalière en kelvins

$T_{A \max}$: température ambiante maximum journalière en kelvins

$T_{A \min}$: température ambiante minimum journalière en kelvins

La température de la masse du liquide T_{LM} est calculée par la formule suivante :

$$T_{LM} = T_{AM} + 3,33 \cdot \alpha - 0,55$$

T_{AM} : température ambiante moyenne journalière en kelvins

T_{LM} : température du liquide dans sa masse en kelvins α : absorbance solaire du revêtement du réservoir

✓ COMMENTAIRES

Les températures demandées se trouvent classiquement dans les statistiques météo. La moyenne pour la France métropolitaine est de 12.5°C (285.6°K) avec des valeurs allant de 9 à 16 °C (hors montagne).

Si un réservoir est maintenu à température constante, la température dans la masse du liquide T_{LM} doit être forcée à cette température constante.

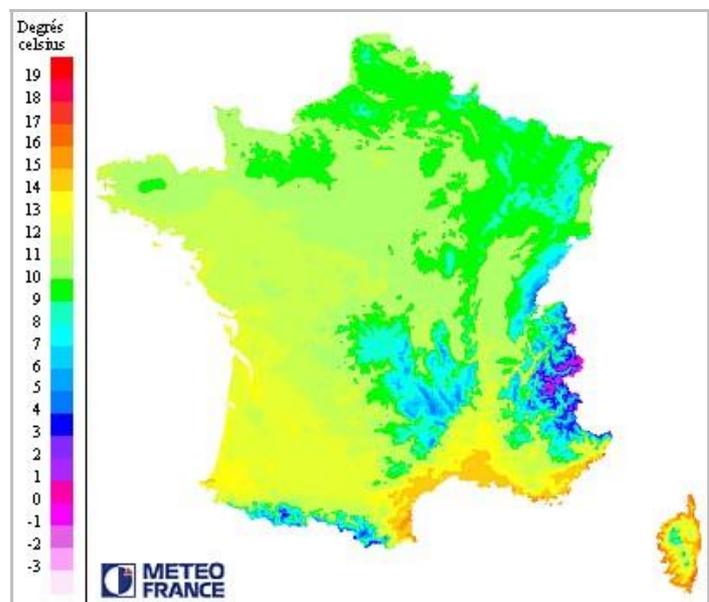


Fig.III.3 carte des températures moyennes annuelles

✚ TEXTE DE L'ARRETE

➤ Détermination de K_E :

$$K_E = (\Delta T_V / T_{LS}) + (\Delta P_V - \Delta P_S / P_A - P_{VA})$$

K_E : coefficient d'expansion de la phase vapeur (≥ 0)

T_{LS} : température journalière moyenne à la surface du liquide en kelvins

P_A : pression atmosphérique en pascals

P_{VA} : pression de vapeur saturante à la surface du liquide à la température journalière moyenne en pascals

$$\Delta T_V = 0,72 \cdot \Delta T_A + 0,0137 \cdot \alpha \cdot I$$

ΔT_V : amplitude thermique journalière de la vapeur en kelvins

ΔT_A : amplitude thermique journalière ambiante en kelvins

α : absorbance solaire du revêtement du réservoir (cf. tableau au point 2)

I : facteur d'insolation journalière en joules par centimètre carré par jour

ΔT_A est estimé de la façon suivante :

$$\Delta T_A = T_{A \max} - T_{A \min}$$

T_A : amplitude thermique journalière ambiante en kelvins

$T_{A \max}$: température ambiante journalière maximale en kelvins

$T_{A \min}$: température ambiante journalière minimale en kelvins

$$\Delta P_s = P_{s \max} - P_{s \min}$$

ΔP_V : amplitude journalière de pression en kilopascals

$P_{s \max}$: pression de vapeur saturante à la température maximale de la surface du liquide en pascals (déterminé avec l'équation d'Antoine à $T_{LS \max}$)

$P_{s \min}$: pression de vapeur saturante à la température minimale de la surface du liquide en pascals (déterminé avec l'équation d'Antoine à $T_{LS \min}$)

P_s est calculé par la formule :

$$\Delta P_s = P_{s \max} + P_{s \min}$$

ΔP_s : amplitude de tarage de la soupape de mise à l'atmosphère en pascals

$P_{s \max}$: valeur absolue de la pression de tarage de la soupape (émission) en pascals $P_{s \min}$: valeur absolue de la pression de tarage de la soupape (admission) en pascals

Note :

Si les valeurs des pressions de tarage ne sont pas disponibles, la valeur par défaut de 200 pascals est retenue pour $P_{s \min}$ et $P_{s \max}$

Si les pressions de tarage de la soupape de mise à l'atmosphère sont supérieures à 7 000 pascals, les pertes par respiration sont négligées

Si la valeur obtenue pour K_E est négative, le réglage de la soupape est considéré comme suffisamment élevé pour empêcher les pertes par respiration. Dans ce cas, K_E est égal à 0.

✓ COMMENTAIRES

L'écart jour / nuit (ΔT_A) est typiquement de 10°C

La pression atmosphérique (Pa) vaut typiquement 1013 mb = 101 300 Pa

Pour une soupape pression/ dépression tarée à +25 / - 5 mb, ΔP_s vaut 30 mb = 3000 Pa (c'est l'amplitude entre pression et dépression). La valeur proposée de 200 Pa (= 2 mb) est trop faible.

L'ordre de grandeur de 7000 Pa (70 mb) pour l'amplitude en deçà de laquelle l'effet des soupapes peut être négligé est correct.

Attention aux unités pour ΔP_V dans la formule de calcul de k_e il faudra que toutes les pressions aient la même unité (mettre tout en Pa ou en kPa voire en mb mais ne pas mélanger les unités)

✚ TEXTE DE L'ARRETE

Détermination de K_S :

$$K_S = 1/1+0.0252.P_{VA}.h_V$$

K_S : facteur de saturation de la phase vapeur

P_{VA} : pression de vapeur saturante à la surface du liquide à la température journalière moyenne en kilopascals

h_V : hauteur équivalente de la phase vapeur en mètres

✓ COMMENTAIRES

Rien à signaler

3.4 Evaluation des émissions annuelles générées par les mouvements de produit :

✚ TEXTE DE L'ARRETE

$$E_M = (M_V.P_{VA}.Q/8.31.T_{AM}).K_N.K_P$$

E_M : pertes annuelles en fonctionnement en kilogrammes par an

T_{AM} : température moyenne annuelle en kelvins

M_V : masse molaire moyenne de la vapeur en kilogrammes par mole

P_{VA} : pression de vapeur saturante à la température moyenne journalière de la surface du liquide en pascals

Q : volume de produit transféré annuellement en mètres cubes et générant une variation de niveau dans le réservoir

K_N : facteur de saturation :

$K_N = 1$ pour un nombre de rotation annuel inférieur ou égal à 36

$K_N = (180+N)/6.N$ pour un nombre de rotation annuel supérieur à 36

N est le nombre de rotations annuelles

K_P : facteur lié au produit stocké :

$K_P = 0,75$ pour le pétrole brut

$K_P = 1$ pour les autres liquides inflammables

✓ COMMENTAIRES

Le facteur de saturation K_N traduit le fait que quand le réservoir se vide et se remplit fréquemment, le ciel gazeux n'a pas le temps de se saturer en vapeurs de liquides inflammables. Un remplissage vidange par jour divise les émissions par 4.

Le facteur de saturation K_P différent pour le brut traduit le fait qu'à cause de sa viscosité on sature plus difficilement le ciel gazeux car la couche supérieure ne se renouvelle pas. Ce comportement est en fait celui de tout liquide visqueux (peinture, adhésif solvanté).

III.4 METHODE DE L'ANNEXE 4 – RESERVOIRS A TOIT OU ECRAN FLOTTANT

III.4.1 Domaine d'application de la méthode :

TEXTE DE L'ARRETE

La méthode présentée dans cette annexe a vocation à être appliquée pour les réservoirs à toit flottant dont la configuration ne permet pas l'application de la méthode simplifiée donnée en annexe 2 du présent arrêté et :

- contenant des liquides non bouillants et de pression de vapeur saturante comprise entre 0,7 et 101,3 kilopascals (ou inférieure à la pression atmosphérique sur le site),
- pour une vitesse moyenne de vent inférieure ou égale à 6,7 mètres par seconde dans le cas des réservoirs à toit flottant externe (la vitesse du vent n'influe pas sur les autres types de réservoirs à toit flottant),
- de diamètre supérieur à 6 mètres.

Elle ne s'applique pas dans les cas où :

- les liquides sont bouillants ou instables,
- pour les produits pétroliers, la pression de vapeur saturante n'est pas connue,
- les réservoirs disposent de joints détériorés ou devenus significativement perméables au liquide stocké,
- les réservoirs à toit flottant interne ne respirent pas librement à l'atmosphère (munis de soupapes, inertés ou autres configurations équivalentes).

✓ COMMENTAIRES

- **Pression de vapeur** : aucune des formules quelle que soit l'annexe ne fonctionne avec des liquides bouillants. Le seuil inférieur de T_v de 0.7 kPa (= 7 mb) n'est par contre pas justifié. Il est évident que cette donnée doit être connue.
- **Vitesse du vent** : il y a en effet une limite mais normalement peu de lieux sont concernés. En tout état de cause, il n'y a pas d'autre formule de disponible.
- **Diamètre** : il est peu probable que l'on trouve des réservoirs à toit flottant d'un diamètre < 6 m.
- **Stabilité du liquide** : n'a strictement aucune influence sur les émissions atmosphériques (ajout erroné).
- **Etat du joint** : il est également évident que la méthode ne s'applique plus si le joint est détérioré manquant...ou si le toit a coulé !
- **Réservoirs à écran flottant spéciaux** : si un réservoir à écran flottant est néanmoins muni de soupapes la méthode ne peut pas s'appliquer. L'injection d'azote ne modifie pas les calculs mais comme elle est le plus souvent couplée avec des soupapes le problème sera le même. Si les pressions / dépressions sont réduites (-5 / +25 mb) les résultats obtenus devraient quand même être acceptables.

III.4.2 Evaluation des émissions totales par an :

✚ TEXTE DE L'ARRETE

Les émissions totales annuelles d'un réservoir sont calculées avec la formule suivante :

$$E_T = E_P + E_M$$

E_T : émissions totales en tonnes par an

E_P : émissions par perméabilité en tonnes par an

E_M : émissions générées par les mouvements de produit en tonnes par an

✓ COMMENTAIRE

Attention aux unités. Les formules donnent un résultat en kg/an comme indiqué par la suite et non pas un résultat en tonnes par an comme indiqué dans cette introduction.

III.4.3 Emissions par perméabilité

✚ TEXTE DE L'ARRETE

Ces émissions s'expriment de la façon suivante :

$$E_P = [(F_R) + (F_F) + (F_D)] \cdot P \cdot M_v \cdot K_C$$

E_P : émissions annuelles par perméabilité en kilogrammes par an

F_R : facteur de perte au joint périphérique en kilogrammes-mole par an

F_F : facteur total de perte aux joints des accessoires en kilogrammes-mole par an

F_D : facteur total de perte par perméabilité de l'écran (uniquement pour les toits flottants internes équipés d'écrans boulonnés) en kilogrammes-mole par an

P^* : fonction de pression de vapeur saturante

M_v : masse molaire moyenne de la vapeur en grammes par mole

K_C : facteur lié au produit stocké, $K_C = 0,4$ pour le pétrole brut, $K_C = 1$ pour les autres liquides inflammables

COMMENTAIRES

On considère 3 types d'émission pour l'écran ou le toit :

- Les pertes au joint
- Les pertes via les accessoires du toit ou de l'écran
- Les pertes via la perméation de l'écran

Dans la formule, il manque l'étoile à P (lire P^*)

✚ TEXTE DE L'ARRETE

✓ Détermination de F_R

$$F_R = (K_{RA} + K_{RB} \cdot V^n) \cdot D$$

F_R : facteur de perte au joint périphérique en kilogrammes-mole par an

K_{RA} : coefficient de perte au joint périphérique à vitesse de vent nulle en kilogrammes-mole par mètre-an (cf. tableau n°1 ci-dessous)

K_{RB} : coefficient de perte au joint périphérique dépendant de la vitesse du vent en kg-mole/(m/s)ⁿ-m-an (cf. tableau n°1 ci-dessous)

V : vitesse moyenne du vent au niveau du site en mètres par seconde

n : exposant de la vitesse du vent lié au type de joint périphérique (cf. tableau n°1 ci-dessous)

D : diamètre du réservoir en mètres

Note :

- Si la vitesse du vent au niveau du site n'est pas disponible, la vitesse du vent de la station météorologique la plus proche est utilisée,
- Pour les réservoirs à toit flottant interne et à toit flottant externe équipés d'un dôme, la vitesse du vent est considérée comme nulle ($F_R = K_{RA} \cdot D$).

✓ COMMENTAIRES

Les tableaux ne figurent pas dans l'arrêté, ils seront donnés dans une circulaire. Ils sont donnés ci-après.

Le vent considéré est une vitesse moyenne annuelle à 10 m de hauteur.

Tableau.III.5 coefficients K_{RA} , K_{RB} et exposants n pour les réservoirs à toit flottant

Accessoires	K_{RA} (kg-mole/m-an)	K_{RB} (kg-mole/(m/s) ⁿ -m-an)	n
Patin mécanique primaire			
Sans joint secondaire (PM)	8,63	2,42	2,1
Avec écran ou patin secondaire (PM/PS)	2,38	1,62	1,6
Avec joint secondaire flexible (PM/JS)	0,89	1,33	1,0
Joint souple phase liquide			
Sans joint secondaire (JL)	2,38	1,49	1,5
Avec écran ou patin secondaire (JL/EP)	1,04	1,17	1,2
Avec joint secondaire flexible (JL/JS)	0,45	1,14	0,3
Joint souple phase gazeuse			
Sans joint secondaire (JG)	9,97	3,33	3,0
Avec écran ou patin secondaire (JG/EP)	4,91	1,67	3,0
Avec joint secondaire flexible (JG/JS)	3,27	0,14	4,3

Ces coefficients ne doivent être utilisés que pour des vitesses de vent inférieures à 6,7 mètres par seconde.

✚ TEXTE DE L'ARRETE

➤ Détermination de F_F

$$F_f = [(N_{F1} \cdot K_{F1}) + (N_{F2} \cdot K_{F2}) + \dots + (N_{Fn} \cdot K_{Fn})]$$

F_F : facteur total de perte aux joints des accessoires en kilogrammes-mole par an

N_{Fi} : nombre d'accessoires d'un type donné ($i = 0, 1, 2, \dots, n$)

K_{Fi} : coefficient de perte aux accessoires pour un type d'accessoire donné en kilogrammes-mole par an

n : nombre total des différents types d'accessoires

Pour un type donné d'accessoires, K_{Fi} est déterminé au moyen de l'équation suivante :

$$K_{Fi} = K_{FAi} + K_{Fbi} \cdot (K_V \cdot V)^{m_i}$$

K_{Fi} : coefficient de perte aux accessoires pour un type d'accessoire donné en kilogrammes-mole par an

K_{FAi} : coefficient de perte aux accessoires pour un type d'accessoire donné à vitesse de vent nulle en kilogrammes-mole par an (cf. tableau n°2 ci-dessous)

K_{Fbi} : coefficient de perte aux accessoires pour un type d'accessoires donné dépendant de la vitesse de vent en $\text{kg-mole}/(\text{m/s})^m - \text{an}$ (cf. tableau n°2 ci-dessous)

K_V : facteur correctif de la vitesse du vent

V : vitesse moyenne du vent au niveau du site en mètres par seconde

m_i : exposant de la vitesse du vent lié à un type d'accessoire donné (cf. tableau n°2 ci-dessous)

Note:

- Pour les réservoirs à toit flottant externe, K_V est égal à 0,7,
- pour les réservoirs à toit flottant interne et à toit flottant externe équipés d'un dôme, la vitesse du vent est considérée comme nulle ($K_{Fi} = K_{FAi}$),
- lorsque le nombre d'accessoires n'est pas connu, un nombre est proposé pour chaque type d'accessoires dans le tableau n°2 ci-dessous.

✓ COMMENTAIRES

Pour les joints, l'EPA / API permet d'utiliser des coefficients plus favorables pour certaines qualités de joint "tight fitting" (particulièrement ajustés)

Les tableaux ne sont pas donnés dans l'arrêté. Ils sont fournis ci-dessous :

Tableau III.6 coefficients K_{FA} , K_{FB} et exposants m pour les réservoirs à toit flottant

Accessoires	K_{FA} (kg-mole/an)	K_{FB} (kg-mole/(m/s)m-an)	m	Nombre conseillé
Sonde				1
Sonde	6,4	5,9	1,1	
Casse vide				cf. tableau 4
Sans joint	3,5	0,11	4,0	
Avec joint	2,8	1,16	0,94	type conseillé
Drain de secours				cf. tableau 4
Drain toit flottant	0.82	0.15	1,1	
Drain écran flottant	0.5	0	0	
Event				1
Sans joint	0,31	1,8	1	
Avec joint	0,32	0,1	1	type conseillé
Barre de guidage				0 (écran interne) ou 1 (toit flottant)
Sans joint	14,1	210	1,4	
Avec joint	6,4	3,1	0,78	
Avec puits de jauge sans joint	19,5	378	1,4	
Avec puits de jauge avec joint	18,6	67,2	1,4	type conseillé
Jambes de ponton				cf. tableau 5
Sans joint	0,91	0,35	0,91	type conseillé
Avec joint	0,59	0,06	0,65	
Jambes centrale (ou de double pont)				cf. tableau 5
Sans joint	0,37	0,27	0,14	type conseillé
Avec joint	0,24	0,06	0,13	
Jambes d'écran flottant				cf. tableau 6
Jambes d'écran flottant	3,6	0	0	

Accessoires	K_{FA} (kg-mole/an)	K_{FB} (kg-mole/(m/s)m-an)	m	Nombre conseillé
Puits d'échelle	0 (toit flottant) ou 1 (écran interne)			
Sans joint	44,5	0	0	
Avec joint				25,4
Colonnes de toit	cf. tableau 7 0 (toit flottant et dôme)	0	0	
Sans joint	23,1	0	0	type conseillé
Avec joint				15,0
Sans joint	23,1	0	0	type conseillé
Avec joint	15,0	0	0	

D'une manière générale, les accessoires sont "avec joint", sauf pour les jambes et les colonnes de toit.

Il y a d'autres types d'accessoires (trou d'homme, puits de jauge..) mais les émissions peuvent, le plus souvent, être négligées.

Tableau III.7 nombre de casses vides et de drains c onseillés

Diamètre du réservoir (m)	Nombre de casses vides			Nombre de drains	
	Toit flottant Simple pont	Toit flottant Double pont	Ecran flottant	Toit flottant	Ecran flottant
15	1	1	1	1	0 pour les écrans soudés
30	1	1	1	1	
46	2	2	1	2	D ² /12 pour les écrans boulonnés
61	3	2	1	3	
76	4	3	1	5	
91	5	3	1	7	
107	6	4	1	nd	
122	7	4	1	nd	

nd : non déterminé

Note : les données de ce tableau ne doivent pas être utilisées si les valeurs vraies sont connues.

Tableau.III.8 nombre de jambes de ponton et de jambes centrales conseillées pour les réservoirs à toit flottant externe

Diamètre du réservoir (m)	Simple pont		Double pont Nombre de jambes
	Nombre de jambes de ponton	Nombre de jambes centrales	
9	4	2	6
12	4	4	7
15	6	6	8
18	9	7	10
21	13	9	13
24	15	10	16
27	16	12	20
30	17	16	25
34	18	20	29
37	19	24	34
40	20	28	40
Diamètre du réservoir (m)	Simple pont		Double pont Nombre de jambes
	Nombre de jambes de ponton	Nombre de jambes centrales	
43	21	33	46
46	23	38	52
49	26	42	58
52	27	49	66
55	28	56	74
58	29	62	82
61	30	69	90
64	31	77	98
67	32	83	107
70	33	92	115
73	34	101	127
76	35	109	138
79	36	118	149
82	36	128	162
85	37	138	173
88	38	148	186
91	38	156	200
94	39	168	213
98	39	179	226

Note : les données de ce tableau ne doivent pas être utilisées si les valeurs vraies sont connues.

Tableau.III.9 nombre de jambes conseillées pour les réservoirs à toit flottant interne

Accessoire	Nombre (avec D, diamètre du réservoir en mètres)
Jambe	$5+(D/3)+(D^2/56)$

Tableau III.10 nombre de colonnes de toit pour les r éservoirs à toit flottant interne

Diamètre du réservoir (m)	Nombre de colonnes de toit
$D \leq 26$	1
$26 < D \leq 30$	6
$30 < D \leq 37$	7
$37 < D \leq 41$	8
$41 < D \leq 46$	9
$46 < D \leq 52$	16
$52 < D \leq 58$	19
$58 < D \leq 67$	22
$67 < D \leq 72$	31
$72 < D \leq 82$	37
$82 < D \leq 84$	43
$84 < D \leq 88$	49
$88 < D \leq 101$	61

Note : les données de ce tableau ne doivent pas être utilisées si les valeurs vraies sont connues.

✚ TEXTE DE L'ARRETE

➤ Détermination de F_D

$$F_D = K_D \cdot S_D \cdot D^2$$

F_D : facteur total de perte par perméabilité des raccords d'écran en kilogrammes-mole par an

K_D : coefficient de perte par perméabilité des raccords d'écran par unité de longueur de raccord en kilogrammes-mole par mètre-an, $K_D = 0,5$

S_D : facteur de longueur des raccords d'écran en mètres par mètre carré avec :

$$S_D = L_{\text{raccord}} / A_{\text{écran}}$$

L_{joint} : longueur totale des raccords d'écran en mètres

$A_{\text{écran}}$: surface de l'écran en mètres carrés

Note :

- la perte par perméabilité des raccords d'écran des réservoirs à toit flottant externe et des réservoirs à toit flottant interne équipés d'un écran soudé ou collé est nulle,
- lorsque la longueur totale des raccords d'écran n'est pas connue, une valeur de S_D par défaut de $0,65 \text{ m/m}^2$ est retenue.

✓ COMMENTAIRES

Rien à signaler

✚ TEXTE DE L'ARRETE

➤ Détermination de P^*

$$P^* = (P_{VA}/P_A) / \{ 1 + [1 - (P_{VA}/P_A)]^{0.5} \}^2$$

P^* : fonction de pression de vapeur saturante

P_{VA} : pression de vapeur saturante à la température moyenne journalière de la surface du liquide en kilopascals

P_A : pression atmosphérique moyenne sur le site en kilopascals

Pour calculer P_{VA} , la température journalière moyenne à la surface du liquide est déterminée de la même manière que pour les réservoirs à toit fixe.

✓ COMMENTAIRE

Pour les réservoirs à toit flottant ou écran flottant, la température est en fait calculée par :

$$T_{LM} = T_{AM} + 3,33 \cdot \alpha - 0,55$$

T_{AM} : température ambiante moyenne journalière en kelvins

T_{LM} : température du liquide dans sa masse en kelvins

α : absorbance solaire du revêtement du réservoir

Ce bloc de texte figure au chapitre "toit fixe" (voir à cet endroit les commentaires sur les paramètres).

III.4.4 Emissions par mouvement

✚ TEXTE DE L'ARRETE

Les émissions par mouvement s'estiment par la formule :

$$E_M = [4.Q.C.D_L/D][1+(N_C.F_C)/D]$$

E_M : émissions par mouvement en kilogrammes par an

Q : volume de produit transféré annuellement et générant une variation de niveau dans le réservoir en mètres cubes

C : coefficient de mouillabilité en mètres cubes par mètre carré (cf. tableau n°3 ci-dessous)

D_L : densité moyenne du liquide en kilogrammes par mètre cube

D : diamètre du réservoir en mètres

N_C : nombre de colonnes de toit présentes dans le réservoir (cf. tableau n°7 ci-dessous) F_C : diamètre des colonnes de toit en mètres

✓ COMMENTAIRES

Les tableaux seront fournis par circulaire.

Tableau III.11 coefficients de mouillabilité C des revêtements intérieurs des réservoirs

Liquides inflammables stockés	Etat du revêtement		
	Neuf ou légèrement oxydé	Très oxydé	Rugueux
Essence et autres produits monocomposants	$2,57.10^{-6}$	$1,28.10^{-5}$	$2,57.10^{-4}$
Pétrole brut	$1,03.10^{-5}$	$5,13.10^{-5}$	$1,03.10^{-3}$

La mouillabilité est plus grande pour un produit visqueux tel que le pétrole brut.

La première série de coefficients doit être employée pour tous produits non visqueux (mono composants ou pas).

• **Parois** : On juge l'état des parois intérieures de la robe, au niveau de la phase liquide.

La caractérisation "très oxydées" correspond à un état dégradé (nombreux cratères de corrosion).

La caractérisation "rugueuses" correspond à un réservoir à la robe revêtue intérieurement d'ébonite ou autre revêtement rugueux. Un revêtement type peinture époxy donne au contraire des parois lisses et non oxydées.

Par défaut on prend la caractérisation "légèrement oxydées"

III.5. MÉTHODES EPA / AP42

Ces méthodes sont décrites dans le document : AP 42 Compilation of air pollutant emission factors. Vol.1: Stationary point and area sources. Chapter 7: Liquid storage tanks. Elles sont librement téléchargeables sur le site de l'EPA.

L'utilisation directe des ces méthodes offre plus de liberté dans le choix des coefficients et de la nature des accessoires au prix d'une complexité qui peut être difficile à gérer.

De plus on peut utiliser un logiciel qui facilite les calculs (mais en unités US) librement téléchargeable (Logiciel "TANKS") :

Le logiciel tanks offre bien plus de degrés de liberté au prix d'une plus grande complexité et d'une recherche d'un plus grand nombre de données (données météo mensuelles que l'on peut corrélérer avec différents produits stockés au cours de l'année par exemple).

En cas d'utilisation des méthodes EPA (complètes), une tierce expertise peut être demandée.

III.6. AUTRES MÉTHODES

Très similaires aux méthodes EPA, on peut aussi citer les méthodes API

- API Publications 2517 & 2519 Manual of petroleum measurement standard. Chapter 19 : Evaporative loss measurement, Section 2 : Evaporative loss from floating-roof tanks
- API Publication 2518 Manual of petroleum measurement standard. Chapter 19: Evaporative loss measurement, Section 1: Evaporative loss from fixed-roof tanks

Les méthodes API sont disponibles sur le site de l'API (payant), mais étant pratiquement la copie des méthodes EPA (gratuites), il n'y a guère d'intérêt à en disposer.

III.7 COMPARAISONS / CRITERES DE CHOIX / GESTION DES CAS PARTICULIERS

Réservoir à toit fixes			
Type de réservoir	Annexe 2 (méthode type AM86)	Annexe 3 ou 4 (Méthodes EPA simplifiées en unité SI)	Méthode EPA complètes
Réservoir calorifugé	Considérer une tôle alu brillant (le plus bas coefficient de couleur)	Considérer une tôle alu brillant (le plus bas coefficient de couleur)	Considérer une tôle alu brillant (le plus bas coefficient de couleur)
Produit réchauffé ou refroidi	Calculer la pression de vapeur à température réelle produit. Emission surestimée pour un produit réchauffé	Forcer la température de masse du liquide calculée à la valeur réelle. Emission surestimée pour un produit réchauffé	Forcer la température de masse du liquide calculée à la valeur réelle. Emission surestimée pour un produit réchauffé
Réservoir muni de soupapes (>70mb)	Ne pas utiliser	Utilisable	Utilisable
Réservoir dont le taux de rotation est supérieur à 36	Résultat obtenu majorant	Utilisable	Utilisable
Réservoir exploité à niveau constant	Négliger le terme mouvement	Négliger le terme mouvement	Négliger le terme mouvement
Réservoir conduit à niveau bas (<40% en moyenne)	Résultat obtenu légèrement minorant mais influence négligeable	Utilisable	Utilisable
Produit très volatil (type pentane)	utilisable	Utilisable	Utilisable
Produit peu volatil (Pv <1.5 kPa)	utilisable	Utilisable	Utilisable
Réservoir à axe horizontal	Travailler en diamètre équivalent et hauteur équivalente	Travailler en diamètre équivalent et hauteur équivalente	Travailler en diamètre équivalent et hauteur équivalente
Réservoir sphérique	Travailler en hauteur équivalent	Travailler en hauteur équivalent	Travailler en hauteur équivalent

Pour les réservoirs à axe horizontal, le diamètre équivalent s'obtient par : $D_{eq} = \sqrt{(4LD/\pi)}$ où L et D sont respectivement la longueur (entre ligne de tangence) et le diamètre du réservoir horizontal.

La hauteur équivalente s'obtient par $H_{eq} = \pi D/4$. Pour les sphères $H_{eq} = 4/6 D$.

Réservoir à toit flottant écran flottant			
Type de réservoir	Annexe 2 (méthode type AM 86)	Annexe 3 ou 4(méthode EPA simplifiées en unité SI)	Méthode EPA complète
Réservoir calorifugé	Considérer un réservoir sans calorifuge	Considérer un réservoir sans calorifuge	Considérer un réservoir sans calorifuge
Produit réchauffé ou refroidi	Calculer la pression de vapeur à la température réelle du produit	Calculer la pression de vapeur à la température réelle du produit	Calculer la pression de vapeur à la température réelle du produit
Réservoir muni de soupapes (> 70 mb)	Non prévu par la méthode pour toit ou écran flottant influence probablement négligeable	Non prévu par la méthode pour toit ou écran flottant influence probablement négligeable	Non prévu par la méthode pour toit ou écran flottant influence probablement négligeable
Réservoir exploité à niveau constant	Terme mouvement négligeable	Terme mouvement négligeable	Terme mouvement négligeable
Réservoir conduit à niveau bas (<40 % en moyenne)	Utilisable (paramètre sans influence pour les toits ou écrans flottants)	Utilisable (paramètre sans influence pour les toits ou écrans flottants)	Utilisable (paramètre sans influence pour les toits ou écrans flottants)
Produit très volatil (type pentane)	Résultat légèrement minorant	Utilisable	Utilisable
Produit réchauffé ou refroidi	Calculer la pression de vapeur à la température réelle du produit	Calculer la pression de vapeur à la température réelle du produit	Calculer la pression de vapeur à la température réelle du produit
Produit peu volatil (Pv < 1.5 kPa)	Utilisable	Utilisable	Utilisable
Toit flottant muni de deux barres de guidage	Résultat minorant	Utilisable (sous réserve d'utiliser le bon nombre d'accessoires)	Utilisable (sous réserve d'utiliser le bon nombre d'accessoires)
Nombre de béquille non standard	Influence faible	Utilisable	Utilisable
Réservoir dont le taux de rotation est supérieur à 36	Utilisable (paramètre sans influence pour les toits ou écrans flottants)	Utilisable (paramètre sans influence pour les toits ou écrans flottants)	Utilisable (paramètre sans influence pour les toits ou écrans flottants)

III.8 COMPARAISONS AVEC LES ANCIENNES FORMULES DE L'AM DU 4/09/86

8.1 Rappel des hypothèses des formules de l'AM du 4/09/86

L'AM 86 présentait des corrélations très simplifiées. Il s'appliquait pour des produits ayant une TVR supérieure à 30 mb.

PRODUITS

Prise en compte de 4 catégories de produit :

- Naphta léger : TVR > 750 mb
- Essence : 500 mb > TVR > 750 mb
- Naphta : TVR < 500 mb
- Pétrole brut quelle que soit la Tv

Assimiler tous les produits ayant une TVR comprise entre 30 et 500 mb à des produits de TVR = 500 mb, est très pénalisant pour les produits à faible tension de vapeur. Un même coefficient couvre des produits ayant un rapport de tension de vapeur (Tv) de 16.

Les formules de l'AM 86 ne prenaient pas en compte la masse molaire du produit. Cette simplification est acceptable pour des hydrocarbures pour lesquels, la volatilité décroît avec la masse molaire. Elle ne l'est plus pour les produits chimiques pour lesquels il peut y avoir un fort découplage entre tension de vapeur et masse molaire.⁵

• VOLUME CIRCULANT

L'AM 86 fixait forfaitairement le volume circulant dans le réservoir à 10 fois le volume du réservoir. Il ne prenait donc pas en compte le vrai volume circulant. Or le volume circulant (et donc le nombre de remplissage vidange) est un point essentiel pour chiffrer les émissions par mouvement.

• CONDITIONS METEO

L'AM 86 fixait une valeur unique pour le vent et ne prenait pas en compte la température ambiante.

• SPECIFICITE RESERVOIR A TOIT FIXE

L'AM 86 ne prenait pas en compte les soupapes du réservoir qui peuvent limiter les effets de la respiration jour / nuit du réservoir.

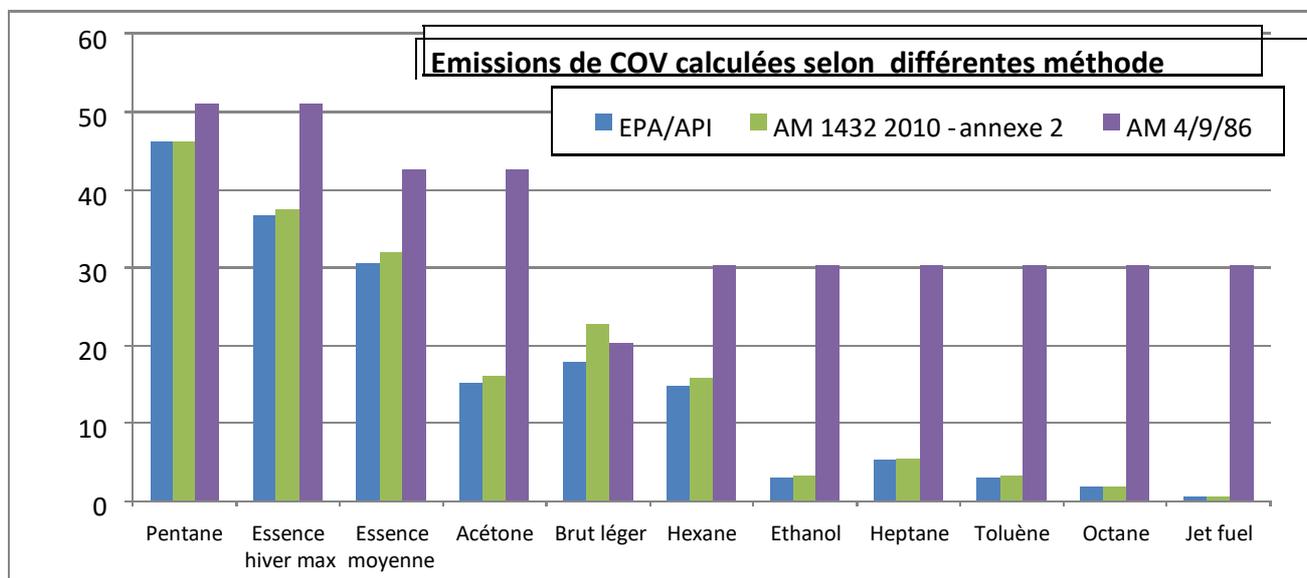
• SPECIFICITES RESERVOIR A TOIT OU ECRAN FLOTTANT

L'AM 86 prenait bien en compte les types de joint, le type d'écran, l'état des parois, mais ne prenait pas en compte toute la gamme d'accessoires qui peut équiper un toit ou écran flottant : jambes support, barre de guidage, puits de jauge, événements casse vide...

III.8.2 Comparaisons

❖ CAS D'UN RESERVOIR A TOIT FIXE

Hypothèses : volume 1500 m³ couleur blanc (référence) - situé en région lyonnaise⁶ – 15 rotations par an



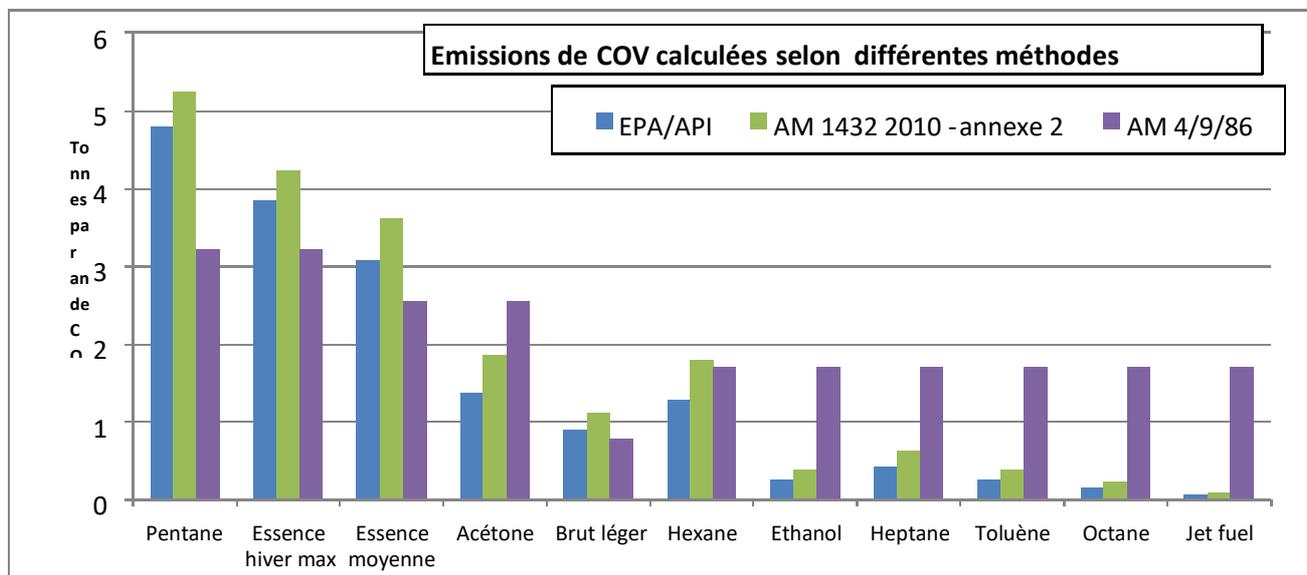
L'exercice est fait pour divers produits types, le pentane étant le plus volatil et le jet fuel le moins volatil (mais néanmoins soumis à l'obligation de quantification des émissions)

On voit bien que l'AM du 4/09/86 ne distingue en fait que 4 types de produits. Les valeurs deviennent aberrantes pour des produits moins volatils que l'essence !

Pour le brut, certains coefficients propres à la méthode EPA n'ont pas été pris en compte non plus.

❖ **CAS D'UN RESERVOIR A ECRAN FLOTTANT**

Hypothèses : volume 5000 m³ couleur gris clair - situé en région lyonnaise – 15 rotation par an - écran flottant boulonné (sans poteaux), joint souple phase liquide, sans joint secondaire.



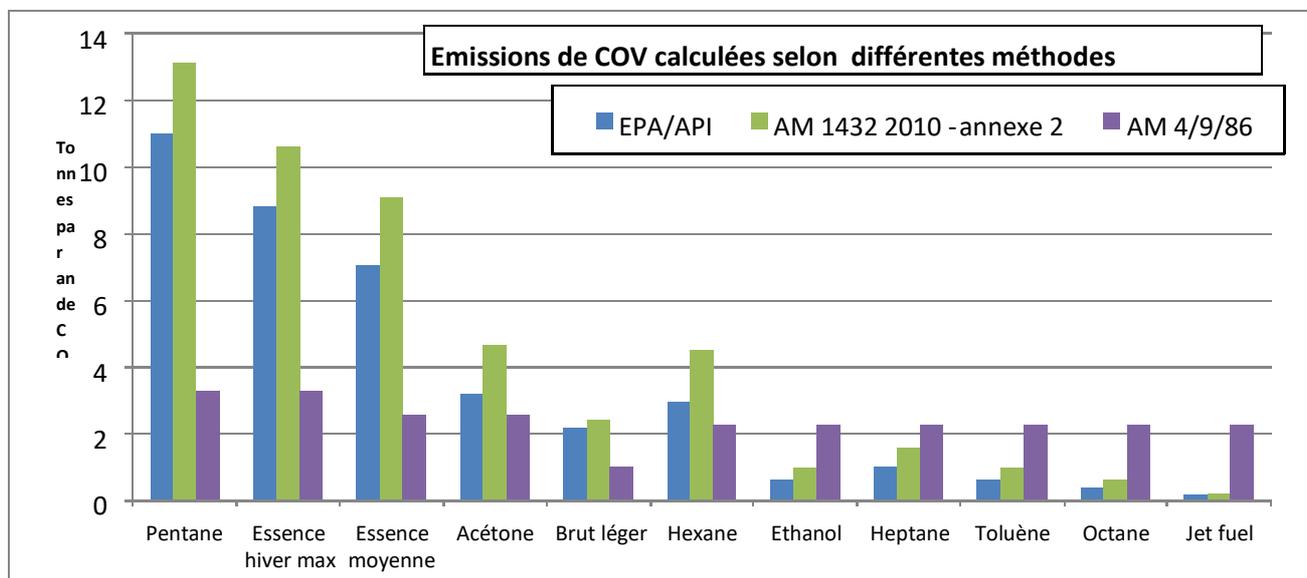
Note : la réglementation n'impose pas un toit flottant pour des produits moins volatils tels que l'octane ou le jet fuel. La même série de produits a été gardée pour faire la comparaison avec un réservoir à toit fixe.

Pour les produits les plus volatils, les nouvelles méthodes induisent des chiffres supérieurs car l'AM 86 sous estimait les pertes via la perméation du toit ou les accessoires.

Le léger décalage entre AM 1432 annexe 2 et méthode EPA (annexe 3) est lié au fait que l'annexe 2 considère la tension de vapeur à 20°C alors que pour des conditions météo moyennes, la température du liquide est plutôt de 16°C.

❖ **CAS D'UN RESERVOIR A TOIT FLOTTANT**

Hypothèses : volume 40 000 m³ couleur gris clair - situé en région lyonnaise – 15 rotations par an, joint souple phase liquide avec écran secondaire.



Note : La réglementation n'impose pas un toit flottant pour des produits moins volatils tels que l'octane ou le jet fuel. La même série de produits a été gardée pour faire la comparaison avec un réservoir à toit fixe.

Pour les produits les plus volatils, les nouvelles méthodes induisent des chiffres très supérieurs car l'AM 86 sous estimait les pertes via les accessoires du toit et limitait la vitesse du vent à 11.7 km/h.

L'écart entre annexe 2 et EPA/API (annexe 3) a déjà été expliqué au paragraphe toit fixe.

Chapitre VI

Partie calcul

VI.1 Introduction

Pour quantifier les quantités de COV dégagée par les mouvements de remplissage et vidange des bacs, nous avons choisi une méthode (réglementation française) pour pouvoir calculer les COV générés par les bacs de stockage, notamment les bacs à toit flottant pour les produits volatils et bacs à toit fixe pour certains produits légers et les solvants trouvés en traces dans les produits non volatils.

VI.2 Calcule des émissions des COV

V.2.1 Réservoir à toit fixe

❖ **Emission par respiration (t/an) :**

$$E1 = K1 \times D^{1,73} \times H^{0,51} \times C \quad \text{Eq.1}$$

$K1 = 7.10^{-7} \times P_v \times M_{Mol}$ avec :

P_v : pression de vapeur saturante du liquide inflammable en mbar (prise à 20°C par défaut).

M_{Mol} : masse molaire de la phase gazeuse émise en grammes par mole.

D : diamètre du réservoir en mètres.

H : hauteur du réservoir en mètres.

C : coefficient de couleur $C = 1.4$

❖ **Emission générée par les mouvements (t/an) :**

$$E2 = K2 \times Q \quad \text{Eq.2}$$

$K2 = 4,11.10^{-8} \times P_v \times M_{Mol}$ avec :

P_v : pression de vapeur saturante du liquide inflammable en mbar (prise à 20°C par défaut).

M_{Mol} : masse molaire de la phase gazeuse émise en grammes par mole.

Q : volume de produit transféré annuellement en mètres cubes et générant une variation de niveau dans le réservoir.

➤ **Emission du réservoir à toit fixe (t/an) :**

$$E1 = E1 + E2 \quad \text{Eq.3}$$

VI.2.2 Réservoir à toit flottant

❖ **Emission par évaporation directe (t/an) :**

$$E3 = K3 \times (J1 + J2 \times V^n) \times D \quad \text{Eq.4}$$

$K3 = 1,1.10^{-6} \times P_v \times M_{Mol}$ (sauf pour le pétrole brut : $K3 = 0,007$) avec :

P_v : pression de vapeur saturante du liquide inflammable en mbar (prise à 20°C par défaut).

M_{Mol} : masse molaire de la phase gazeuse émise en grammes par mole.

D : diamètre du réservoir en mètres.

V : vitesse moyenne annuelle du vent sur le site considéré en kilomètres par heure.

$J1$ et $J2$: coefficients du joint de toit flottant.

n : coefficient de vent lié à la nature du joint.

Ces deux derniers coefficients sont choisis conformément au tableau ci-dessous, pour les types de joints schématisés au point 6 du B de la présente annexe.

Tableau VI.1 Les coefficients avec le joint

Type de joint de toit flottant	J1	J2	N
PM/PS	1.24	0.10	1.55

❖ **Emission générée par les mouvements (t/an) :**

$$E4 = K4 \times Q \times M/D \quad \text{Eq.5}$$

$K4 = 5.10^{-3}$ sauf pour le pétrole brut où $K4 = 2,5.10^{-2}$

Q : volume de produit transféré annuellement en mètres cubes et générant une variation de niveau dans le réservoir.

M : coefficient de mouillage fonction de l'état des parois, conformément aux valeurs suivantes :

M = 0,0015 pour les parois neuves ou légèrement oxydées.

D : diamètre du réservoir en mètres.

➤ **Emission du réservoir à toit flottant (t/an) :**

$$E34 = E3 + E4 \quad \text{Eq.6}$$

VI.2.3 Réservoir à écran flottant interne❖ **Emission par évaporation directe (t/an) :**

$$E31 = K5 \times [(S + P).D^2 + (F + A).D + B] \quad \text{Eq.7}$$

$K5 = 1,8.10^{-7} \times P_v \times M_{Mol}$ (sauf pour le pétrole brut : $K5 = 0,0013$) avec :

P_v : pression de vapeur saturante du liquide inflammable en mbar (prise à 20°C par défaut).

M_{mol} : masse molaire de la phase gazeuse émise en grammes par mole.

D : diamètre du réservoir en mètres.

F : coefficient de joint de l'écran flottant, conformément aux valeurs suivantes, pour les types de joint schématisés au point 6) du B de la présente annexe, $F = 5.6$

S et P : Respectivement, coefficient de structure de l'écran interne et coefficient de perméation de l'écran interne.

Ces coefficients sont choisis conformément au tableau ci-dessous :

Tableau VI.2 Les coefficients de structure des réservoirs équipés d'un écran interne flottant

Ecran	Poteaux	S	P
Autre	Avec	0.45	0.56

A et B : coefficients de configuration du réservoir, respectivement égaux à 1.3 et 220.

Emission générée par les mouvements (t/an) :

$$E32 = K6 \times Q \times M/D \quad \text{Eq.8}$$

$K6 = 7,5.10^{-3}$ sauf pour le pétrole brut où $K6 = 3,75.10^{-2}$

Q : volume de produit transféré annuellement en mètres cubes et générant une variation de niveau dans le réservoir.

M : coefficient de mouillage fonction de l'état des parois, conformément aux valeurs suivantes :

M = 0,0015 pour les parois neuves ou légèrement oxydées, M = 0,0075 pour les parois très oxydées.

D : diamètre du réservoir en mètres.

❖ **Emission du réservoir à écran flottant interne (t/an) :**

$$E1 = E21 + E22 \quad \text{Eq.9}$$

VI.2.4 Calcule des constantes K des produits pétroliers

VI.2.4.1 Réservoir à toit fixe

❖ Emission par respiration :

$$K1 = 7.10^{-7} \cdot P_v \cdot M_{mol} \quad \text{Eq.10}$$

Tableau VI.3 Calcul de K1

BACS	Produits	T° (°C)	Masse molaire	Pv	K1
20T721	raffinat spindle	35.16	96.08	1.44	9.68486E-05
20T722	raffinat mi-visqueuse	37.8	96.08	1.44	9.68486E-05
20T723	raffinat visqueuse	38.9	96.08	1.44	9.68486E-05
20T724	raffinat visqueuse	40	96.08	1.44	9.68486E-05
20T726	raffinat bright-stock	60.5	96.08	1.44	9.68486E-05
20T731	huile d'équilibrage	49	72.11	103.32	0.005215284
20T732	huile d'équilibrage	65	72.11	103.32	0.005215284
20T733	huile d'équilibrage	20.23	72.11	103.32	0.005215284
45T508	gas-oil léger		236	282	0.0465864
TK501A	Charge de l'unité	90	72.11	1.44	7.26869E-05
TK501B	Charge de l'unité	90	72.11	1.44	7.26869E-05
TK502	Charge de l'unité	90	72.11	1.44	7.26869E-05
TK2302	raffinat SAE 10	44	96.08	1.44	9.68486E-05
TK2303A	raffinat SAE 30	70	96.08	1.44	9.68486E-05
TK2303B	raffinat SAE 30	76	96.08	1.44	9.68486E-05
TK2304A	RAFFINAT BS	58	96.08	1.44	9.68486E-05
TK2304B	RAFFINAT BS	61	96.08	1.44	9.68486E-05
TK2701	gas-oil s/vide	49	236	282	0.0465864
TK2702A	extraits	66	96.08	1.44	9.68486E-05
TK2702B	extraits	72	96.08	1.44	9.68486E-05
TK2704	distillats excédentaires	70	96.08	1.44	9.68486E-05

❖ Emission générée par les mouvements :

$$K2 = 4,11 \cdot 10^{-8} \cdot P_v \cdot M_{mol} \quad \text{Eq.11}$$

Tableau VI.4 Calcule de K2

BACS	Produits	T° (°C)	Masse molaire	Pv	K2
20T721	raffinat spindle	35.16	96.08	1.44	5.6864E-06
20T722	raffinat mi-visqueuse	37.8	96.08	1.44	5.6864E-06
20T723	raffinat visqueuse	38.9	96.08	1.44	5.6864E-06
20T724	raffinat visqueuse	40	96.08	1.44	5.6864E-06
20T726	raffinat bright-stock	60.5	96.08	1.44	5.6864E-06
20T731	huile d'équilibrage	49	72.11	103.32	0.000306212
20T732	huile d'équilibrage	65	72.11	103.32	0.000306212
20T733	huile d'équilibrage	20.23	72.11	103.32	0.000306212
45T508	gas-oil léger		236	282	0.002735287
TK501A	Charge de l'unité	90	72.11	1.44	4.26776E-06
TK501B	Charge de l'unité	90	72.11	1.44	4.26776E-06
TK502	Charge de l'unité	90	72.11	1.44	4.26776E-06
TK2302	raffinat SAE 10	44	96.08	1.44	5.6864E-06
TK2303A	raffinat SAE 30	70	96.08	1.44	5.6864E-06
TK2303B	raffinat SAE 30	76	96.08	1.44	5.6864E-06
TK2304A	RAFFINAT BS	58	96.08	1.44	5.6864E-06
TK2304B	RAFFINAT BS	61	96.08	1.44	5.6864E-06
TK2701	gas-oil s/vide	49	236	282	0.002735287
TK2702A	extraits	66	96.08	1.44	5.6864E-06
TK2702B	extraits	72	96.08	1.44	5.6864E-06
TK2704	distillats excédentaires	70	96.08	1.44	5.6864E-06

VI.2.4.2 Réservoir à toit flottant

❖ Emission par évaporation direct :

$$K3 = 1,1 \cdot 10^{-6} \cdot P_v \cdot M_{mol} \quad \text{Eq.12}$$

Tableau VI.5 Calcul de K3

BACS	PRODUITS	TEMPERATURE	Masse Molaire	Pv (g/cm ²) à 37,8°	k3
T104	Brut MSD	18.5	166.8	744	0.007
T105	Brut MSD	18.6	166.8	744	0.007
T201	HSRN	29.6	123.05	150	0.02030325
T202	HSRN	40	123.05	150	0.02030325
T203	Unifinat	14.3	123	137	0.0185361
T204	HSRN	13.7	123.05	150	0.02030325
T205	Isomérat/HSRN	11.6	79.5	1020	0.089199
T206	Reformat	14	78	395	0.033891
T207	Reformat	25.8	78	395	0.033891
T208	Essence Sb	13.2	74.37	724	0.059228268
T209	Essence Sb	13	74.37	724	0.059228268
T210	Essence S	13.5	74.37	677	0.055383339
T211	Essence N	13	74.37	677	0.055383339
T212	Essence N	13.5	74.37	677	0.055383339
T213	Essence N	14	74.37	677	0.055383339
T214	NAPHTA	13	84.843	515	0.04806356
T216	NAPHTA	23.3	84.843	515	0.04806356
T217	NAPHTA	20.1	84.843	515	0.04806356
T218	Kéro	21.9	166.62	288.4	0.052858529
T219	Kéro	12.2	166.62	288.4	0.052858529
T220	Kéro/jet	12.3	166.62	288.4	0.052858529
T221	Kéro/jet	12.4	166.62	288.4	0.052858529
T229	NAPHTA	33.2	84.843	515	0.04806356

❖ Emission générée par les mouvements :

$$K4 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ sauf pour le pétrole brut ou } K4 = 2,5 \cdot 10^{-2}$$

VI.2.4.3 Réservoir à écran flottant interne

- ❖ Emission par évaporation directe :

$$K5 = 1,8 \cdot 10^{-7} \cdot P_v \cdot M_{mol} \quad \text{Eq.13}$$

Tableau VI.6 Calcul de K5

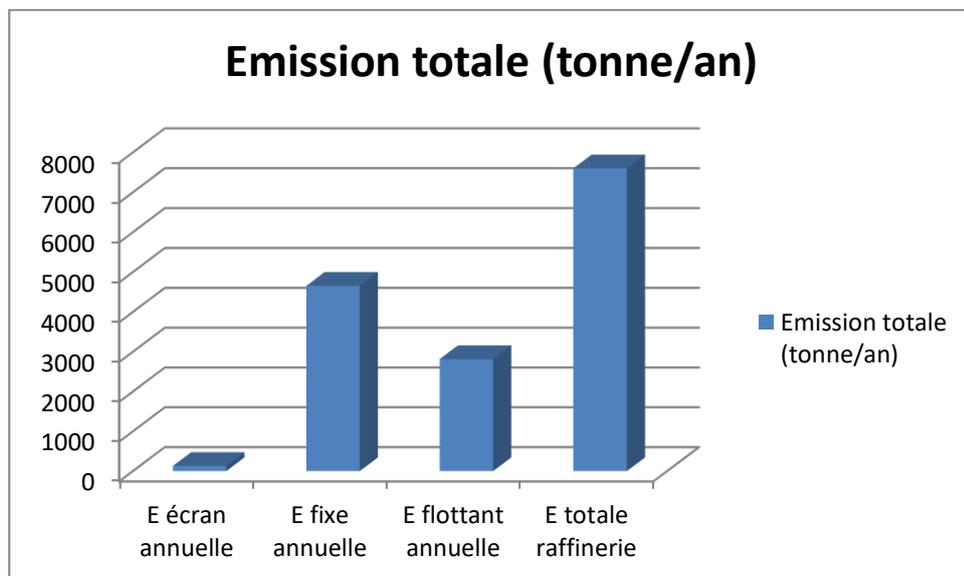
Bacs	produits	Température °C	Masse molaire (g/mol)	PV (mbar)	K5
47T250	E.S	13	103	677	0.01255158
47T251	E.N	12	80	677	0.0097488
47T252	KERO	18	166,62	288.4	0.008649577

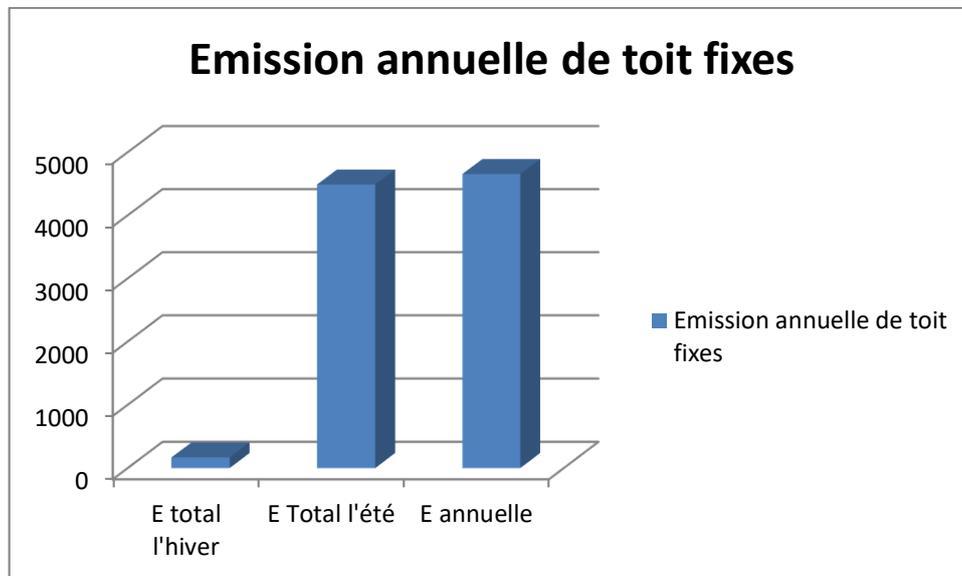
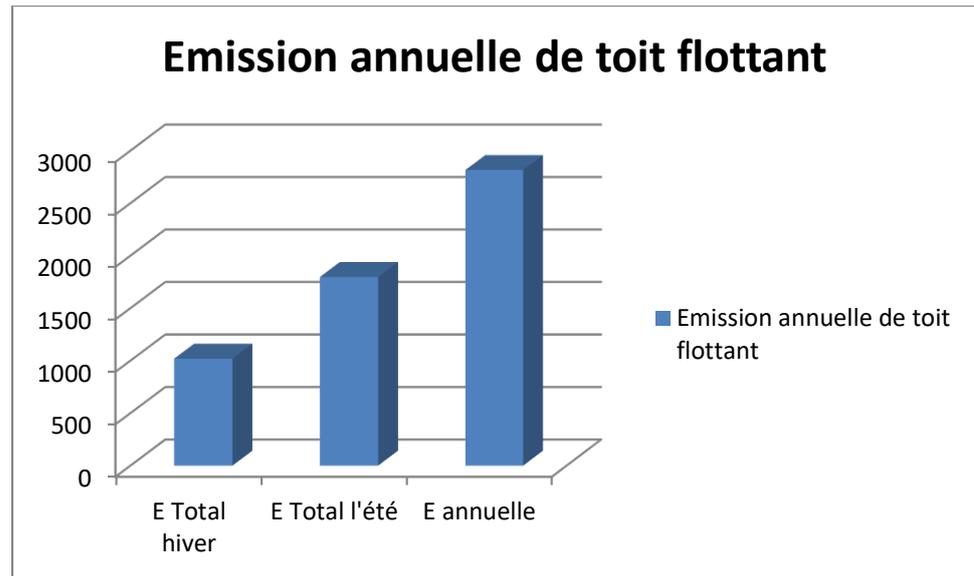
- ❖ Emission générée par les mouvements :

$$K6 = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ sauf pour le pétrole brut ou } K6 = 3,75 \cdot 10^{-2}$$

Bacs	produits	D (mm)	V	S	P	F	A	B	M	K5	K6	E5	E6	E56
47T250	E.S	7740	250	0.45	0.56	5.6	1.3	220	0.002	0.01255158	0.0075	4.191131666	0.000363372	4.191495038
47T251	E.N	10640	750	0.45	0.56	5.6	1.3	220	0.002	0.0097488	0.0075	3.975148227	0.000792998	3.975941225
47T252	KERO	6770	200	0.45	0.56	5.6	1.3	220	0.002	0.00864958	0.0075	2.707355119	0.000332349	2.707687468
													E56 par mois	10.87512373
													E56 annuelle	130.5014848

Toits de bacs de stockage	Emission totale (tonne/an)
E écran annuelle	130.5014848
E fixe annuelle	4654.552996
E flottant annuelle	2815.239452
E totale raffinerie	7600.293934





Conclusion

L'étude environnementale est consacrées à faire point sur tout ce qui menace la santé et l'environnement.

Les sociétés de pétrole algériennes doivent s'adapter pour minimiser la pollution due au différents process pétroliers. Pour cette raison on a réalisé une étude de quantification des COV émises par les bacs de stockage de la raffinerie d'Arzew.

On a effectué un calcul des émissions des COV de différents types de bacs en été et en hiver en prenant compte des facteurs influençant.

Les résultats obtenus ont montré que la raffinerie d'Arzew perd des quantités élevée en produits stockés c'est-à-dire des COV qui peuvent nuire à la santé et à l'environnement.

Comme toute entreprise commerciale, une raffinerie de pétrole est soumise à une comptabilisation des dépenses et des recettes, on a effectué une étude économique pour convertir ces pertes en Dinars Algériens ; la somme perdue était considérable.

Pour réduire les émissions des COV ; on suggère l'utilisation des installations couplés aux bacs dont le but est de récupérer les produits évaporés en condensant les vapeurs. Cela va nous permettre d'atteindre un gain soit sur le plan de conservation de la santé et de l'environnement soit sur le plan financier.

Référence

Présentation de la raffinerie d'Arzew

Manuel opératoire de la raffinerie d'Arzew

Chapitre I : Présentation des bacs de stockage

- [1]. Manuel opératoire HB3 (1983).
- [2]. Manuel opératoire U1800 .
- [3]. Manuel officiel, (1983) Raffinerie.
- [4]. Manuel opératoire de la raffinerie d'Arzew (RA1Z).
- [5]. Etude de danger EDD par BERTIN technologie.
- [6]. Décret exécutif 06-138 du 16 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 15 avril 2006 réglementant l'émission dans l'atmosphère de gaz, fumées, vapeurs, particules liquides ou solides, ainsi que les conditions dans lesquelles s'exerce leur contrôle. Journal officiel 16 avril 2006.

Chapitre II : Impact des COV sur la santé et l'environnement

- [1]. (**journal officiel, 1983**) : Journal officiel de la République Algérienne du 08/02/1983. Loi n°83-03 du 5 février, relative à la protection de l'environnement.
- [2]. Rapport analytique sur l'état de l'environnement wallon 2006-2007,p.651.
- [3]. K. Mouaici, Etude de quelque sources de polluants atmosphérique dans la région de Béjaia, Université de Béjaia, Mémoire d'ingénieur, p39.51, (2002).
- [4]. (**DAY, 1999**) : DAY R, Enquête préliminaire sur l'impact de la décharge publique de BOULIMAT (BEJAIA) sur la santé humaine. PFE écologie, Univ Abderrahmane Mira- Béjaia 1999.
- [5]. K. Mouaici, Etude de quelques sources de polluants atmosphérique dans la région de Béjaia, Université de Béjaia, Mémoire d'ingénieur, p45, (2002).
- [6]. (**AHLVIK, 1997**) : AHLVIK P. Programme to calculate Emission from road transport Methodology and Emission Factors, COPERT II, EEA.
- [7]. (**BUCHDAHL, 2000**) : BUCHDAHIL J. Encyclopedia of the Atmospheric Environment, 2000.
- [8]. (**BLANCHOT, 2002**) : BLANCHOT L. Doctissimo : Ma santé en un mot, pollution atmosphérique : quels effets sur la santé ? Septembre 2002.
- [9]. (**ANONYME II, 1999/2000**) : Plan Régional Pour La Qualité De L'air - Provence Alpes Côte-d'Azur).

[10]. (ANONYME I, 1999) : CHAPITRE II, généralités sur la pollution atmosphérique et ses effets, projet du plan régional pour la qualité de l'air en Bourgogne Juillet 1999.

[11]. (ANONYME III, 2002) : Les Connaissances Générales. Plan Régional pour la Qualité de l'Air en région Centre).

[12]. K. Mouaïci, Etude quelques sources de polluants atmosphérique dans la région de Béjaïa, Université de Béjaïa, Mémoire d'ingénieur, p39.45, (2002).

[13]. (ANONYME IV, 2001) : la météo, ORAMIP, Observatoire Régional de L'air en Midi-Pyrenees.

[14]. (Décret du 06 mai 1998) : Critères internationaux de qualité de l'air.

[15]. directive n° 1999/13/CE du Conseil européen du 11 mars 1999 relative à la réduction des émissions de composés organiques volatils dues à l'utilisation des solvant organiques dans certaines activités et installations.

[16]. décret 2006-623 du 29 mai 2006 relatif à la réduction des émissions de composés organiques volatils dues à l'utilisation des solvants organiques dans certains vernis et peintures et dans les produits de retouche.

[17]. OQAI. Inventaire des données françaises sur la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments. 2001, 174p.

[18]. Klaasen CD : Casarett & Doull's Toxicology : the basic science of poison. Edition Mc Graw Hill, (1995).

[19]. Viala A, Botta A. Toxicologie. Edition Lavoisier 2^{ème} édition (2005).

[20]. Prévôt A. S. H., Dommen J., Baumel M; (2000). Influence of road traffic on volatile organic compound concentrations in and above a deep Alpine valley.

[21]. Vega E., Mugica V., Carmona R. and Valencia E;(2000). Hydrocarbon source apportionment in Mexico City using the chemical mass balance receptor model.

Atmospheric Environment.

[22]. Clark A.G. and Ko Y.H;(1996). The relative significance of vehicular emissions and other emissions of volatile organic compounds in the urban area of Leeds, UK. The Science of Toatal Environment 189/190: 401-407.

[23]. Pfeffer H. U;(1994). Ambient air concentrations of pollutants at traffic-related sites in urban areas of North Rhine-Westphalia, Germany, The Science of Total Environment 146/147 : 263-273.

[24]. Schauer J.J., Kleeman M.J. Cass G.R. and Simoneit B.R.T;(2002).

Measurement of emissions from air pollution sources. 5. CL-C32 organic compounds from Gasoline- Powered Motor Vehicles. Environmental Science and technology 36, 3806-3814.

[25]. siegl W.O., Hammerle R.H., Herramann H.M., Wenclawiak B.W. and Lucers-Jongen B;(1999). Organic emissions profile for a light-duty diesel vehicle Atmospheric Environment. Volume 33. Issue 5. 797-805.

Chapitre III Méthodes de calcul des émissions de COV

Guide lecture de la nouvelle de la nouvelle réglementation sur le stockage et le chargement/déchargement de liquide inflammables; partie stockage (1432A); Arrêté 1432A modifié par l'arrêté du 10 février 2011; Rapport 2011/01, fiche 2011/01-8 "Emission de COV".