

## Évaluation numérique des rejets de CO<sub>2</sub>, gaz à effets de serre, au niveau de la zone industrielle d'Arzew, ALGÉRIE

<sup>1</sup>S. Hennane, <sup>1</sup>A. Hamou, <sup>2</sup>H. Chemani, <sup>3</sup>G. Janin, <sup>4</sup>A. Tayeb \*

<sup>1</sup>Laboratoire d'Etudes des Sciences de l'Environnement et des Matériaux, Département de Physique, Faculté des Sciences Exactes et Appliquées, Université Oran1 Ahmed Ben Bella, Algérie

<sup>2</sup>Département of process engineering, Laboratory of (LRTA), University M'Hamed Bougera, Independence Avenue, West Campus, 35000, Boumerdes, Algérie

<sup>3</sup>INRA, Institut National de la Recherche Agronomique - Station de recherche sur la qualité des bois -54280 CHAMPENOUX, France.

<sup>4</sup>Département Hygiène, Sécurité et Environnement LRP Sonatrach, Algérie

\*Corresponding author: h.sarra0311@outlook.fr ; Tel.: +213669 59 21 02

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received : 08/10/2018

Accepted : 02/02/2019

#### Key Words:

Greenhouse gases;  
ALOHA modeling;  
CO<sub>2</sub>; air quality.

#### Mots clés :

Gaz à effet de serre ;  
modélisation ALOHA; CO<sub>2</sub>;  
qualité de l'air.

### ABSTRACT/RESUME

**Abstract:** Our study was interested on the CO<sub>2</sub> released from the Ammoniac complex and the nitrogen fertilizer "FERTIAL / Ex. ASMIDAL" and the Liquefied Petroleum Gas production complex known by Jumbo "GPIZ" at the industrial zone (ZI) of Arzew in Algeria. These two industrial units use natural gas or its derivatives as a source of energy and as a raw material for their productions. It is known that any organic material defined by the formula of the type: C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>O<sub>z</sub> ends up giving after reaction the components of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O. For quantitative estimates of CO<sub>2</sub> emitted to the atmosphere, with the absence of direct measurement means, we have opted for the standard method applied in the GHG emission monitoring and reporting regulation. Level of the European Economic Community (version 2012 / CEE). With regard to the production and energy consumption quantities required for this calculation formula, we used the data obtained from the local administration and technical services of Z.I. Most of the greenhouse gases emitted by the industry worldwide are made up of more than 80% of Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>). For tracking traces of CO<sub>2</sub> molecules, we studied the phenomenon of dispersion of these CO<sub>2</sub> gases from the ZI through other neighboring regions based on numerical modeling of the software "Areal Locations of Hazardous Atmospheres" (ALOHA) used as a simulation tool to interpret our results.

**Résumé :** Notre étude s'est intéressée au CO<sub>2</sub> rejeté par les installations gazières du complexe d'Ammoniac et d'engrais azoté « FERTIAL/ Ex.ASMIDAL » et le complexe de production du Gaz Pétrole liquéfié connu par Jumbo « GPIZ » au niveau de la zone industrielle (Z.I.) d'Arzew en Algérie. Ces deux unités industrielles utilisent le gaz naturel ou ses dérivés comme source d'énergie et comme matière première pour leurs productions. Il est connu que de tous que toute matière organique définie par la formule brute du type : C<sub>x</sub> H<sub>y</sub> O<sub>z</sub> finit par donner après réaction les composants de (CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O). Pour les estimations quantitatives du CO<sub>2</sub> émis dans l'atmosphère, avec l'absence de moyens de mesure directe, nous

avons opté pour la formule de la méthode standard appliquée dans le règlement relatif à la surveillance et à la déclaration des émissions des GES, au niveau de la communauté économique européenne (version 2012/ CEE). Pour ce qui est des quantités de production et de consommation d'énergie nécessaires à cette formule de calcul, nous avons utilisé les données obtenues auprès de l'administration locale et des services techniques de la Z.I. d'Arzew. La plus grande partie des GES émis par l'industrie à l'échelle planétaire est composée de Dioxyde de Carbone ( $CO_2$ ) à plus de 80 %. Pour le suivi de traces des molécules de  $CO_2$ , nous avons étudié le phénomène de dispersion de ces gaz  $CO_2$  à partir de la Z.I. à travers les autres régions avoisinantes en se basant sur une modélisation numérique du logiciel «Areal Locations Of Hazardous Atmospheres» (ALOHA) servant comme outil de simulation pour interpréter nos résultats.

## I. Introduction

Selon l'agence américaine « Energy information administration » dans son rapport de décembre 2009 sur les émissions des Gaz aux Etats Unis = 81,3% des émissions de gaz à effet de serre aux USA en 2008 provenaient du dioxyde de carbone lié à l'énergie [1].

Dans ce cadre, nous avons choisi la zone industrielle d'Arzew (Algérie), et particulièrement dans notre étude, nous avons ciblé les rejets  $CO_2$  émis par les unités : GP1Z (unité industrielle qui fractionne les gaz pétroliers liquéfiés « GPL » pour les fractionner en Propane et Butane) ainsi que le complexe d'ammoniac' FERTIAL (unité industrielle qui transforme le gaz naturel pour produire l'ammoniac liquide et les engrais azotés, l'acide nitrique et les nitrates d'ammonium) [2].

Les complexes d'Ammoniac sont les plus grands fournisseurs de matières premières pour les engrais indispensables à l'agriculture moderne et donc appelés à prospérer pour répondre aux besoins d'une démographie galopante tout comme pour le cas de GP1Z. Ces deux procédés industriels sont considérés en même temps parmi les plus grands pollueurs, d'où la problématique du  $CO_2$ . Le site choisi : La zone industrielle d'Arzew, en Algérie, d'une superficie d'environ 2500 ha (Hectares) située au Nord-ouest Algérien [3] (voir fig.1) :

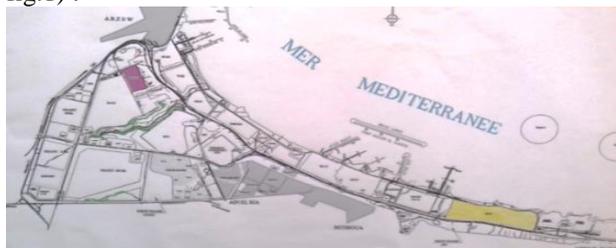


Figure 1. Localisation géographique des complexes GPL (GP1Z) et Ammoniac (FERTIAL).

L'objectif de cette étude est l'évaluation quantitative des rejets  $CO_2$ , la modélisation des dispersions de ces gaz  $CO_2$  dans l'atmosphère, enfin les possibilités et les projets de récupération de ces gaz  $CO_2$ .

En effet, toute matière organique, définie par une formule brute du type  $C_xH_yO_z$ , réagit pour donner du  $CO_2$  et  $H_2O$  [4].

Ainsi l'estimation quantitative des émissions de  $CO_2$  consiste à exploiter les données de la production et de la consommation (avec l'opportunité des pertes en énergie perdue au niveau des unités pétrolières) avec respect du processus de conception. Pour faciliter l'étude, un code informatique spécifique a été élaboré pour chaque unité de production de GPL(GP1Z) et l'ammoniac (FERTIAL) comme pour toutes les autres unités de la zone industrielle [5].

Il est évident que des impuretés présentes dans les charbons ou les fuels comme le soufre (S) très présent dans les carburants fossiles sous différentes formes vont produire des oxydes de soufre ( $SO_x$  : où  $x > 30$ ) [6].

## II. Matériel et methodes :

### II.1. Démarche :

Au cours de notre dernier stage dans le site, nous avons effectué la démarche suivante:

Suivi des émissions des fuites des GES( $CO_2$ ) à l'intérieur de l'usine :

- De certains fours de combustion
- A partir des turbines à gaz
- De certaines chaudières
- A partir des cheminées (des fours).

Evaluation quantitative (des gaz  $CO_2$ ) émis par les unités de production des deux complexes GP1Z et FERTIAL (sachant que le flux de  $CO_2$  de la

Combustion est générée principalement par les torches et par les chaudières et turbines à gaz.

Modélisation des émissions de CO<sub>2</sub> des deux complexes.

## II.2. Matériel utilisé:

- Il est impossible de calculer avec précision l'émission de GES à partir des chaudières, des fours ou des torches en raison de l'instabilité des débits, de la composition chimique et des capacités de coloration des combustibles des gaz de l'équipement. Ainsi une analyse globale des entrées sorties est réalisée pour chaque usine de production. L'écart résultant de ces deux analyses représente l'émission totale du gaz CO<sub>2</sub>

- Notre travail a été modélisé par des simulations utilisant le code du logiciel ALOHA (Areal Locations Of Hazardous Atmospheres) [7]

- A cet égard l'analyse de la balance des atomes de carbone et d'azote a été effectuée aux entrées et sorties des usines de gaz de pétrole liquéfié (comme GP1Z) et selon la formule de la méthode standard appliquée dans le règlement relatif à la surveillance et à la déclaration des émissions des GES version 2012/CEE dont on peut résumer la méthode de calcul comme suit :

Les émissions de CO<sub>2</sub> sont calculées à partir de :

- La quantité des gaz brûlés à la tour (Nm<sup>3</sup>)
- Et de leur concentration en carbone (CO<sub>2</sub> inhérent inclus) selon la formule :

$$E_m = AD * EF * OF; \text{ OÙ:}$$

- E<sub>m</sub> : Émissions [t CO<sub>2</sub>]

AD : Données d'activité [kWh 0°C (PCS)]

- EF : Facteur d'émission [t CO<sub>2</sub>/kWh 0°C (PCS)]

- OF : Facteur d'oxydation [adimensionnel]

Avec : Activités de données = quantité de gaz brûlé = 32 617 045 Nm<sup>3</sup>/mois

EF : Facteur d'émission = t CO<sub>2</sub> / Nm<sup>3</sup> de gaz brûlés dans les flammes des torches.

En raison du manque de données particulières sur les sites ; nous avons conservé les facteurs d'émission donnés dans l'ordre : gaz type H : 2,14 10<sup>-3</sup> ; gaz type L : 1,82 10<sup>-3</sup> t CO<sub>2</sub> Comme première approche, on utilise un facteur d'émission moyen de : 1,98 tco<sub>2</sub> 10<sup>-3</sup> / m<sup>3</sup>.

Les résultats obtenus ont été convertis en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) équivalent avec un facteur d'oxydation (D.E.) de 0,995, cela nous a permis de tracer la courbe des émissions atmosphérique de CO<sub>2</sub>

L'avantage supplémentaire de cette méthode c'est qu'elle peut nous permettre de mieux évaluer les prévisions des années 2020 ou 2030 à condition d'intégrer les nouveaux projets d'installation de machines dans la zone considérée et de tenir

compte de l'évolution probable de la demande et du marché mondial de l'énergie.

La première étape de notre travail consiste à faire une étude quantitative des gaz CO<sub>2</sub> émis par les deux complexes GP1Z et FERTIAL (Ammoniac) en se basant sur les données des services techniques et de contrôle de la direction qui nous ont bien accueillis et bien renseignés.

- Au niveau du complexe FERTIAL : La production d'Ammoniac est essentiellement consommatrice d'hydrocarbures (Gaz naturel) et d'eau. L'Ammoniac est produit à l'état liquide, anhydre, généralement à la T°C : 33°C ce qui permet son stockage dans des réservoirs à pression atmosphérique normale [8]

Bilan de matière : Que nous résumerons par le tableau ci-dessous :

**Tableau 1. Bilan matières des unités 1 et 2 du complexe FERTIAL**

Année	Ammoniac I (tonne/année)	Ammoniac II (T/année)	Ammoniac I+II (T/année)
2014	158947	285 837	444 784
2015	146 678	282451	429 129
2016	254 564	321 456	576020
2017	187 250	298 354	485604

Nous devons noter la grande différence des données de production d'Ammoniac avant rénovation du four principal (four de craquage) en 2015 et juste après rénovation en début 2016 : cette dernière année 2016 est considérée comme une année de référence avec une production élevée et élimination des fuites incontrôlées des gaz à travers les fissures de l'ancien four.

Bilan énergétique : pour le complexe FERTIAL (avec ses deux unités 1 et 2 d'ammoniac) le bilan énergétique est représenté respectivement dans les tableaux ci-dessous :

**Tableau 2 : Bilan énergétique (Ammoniac 1)**

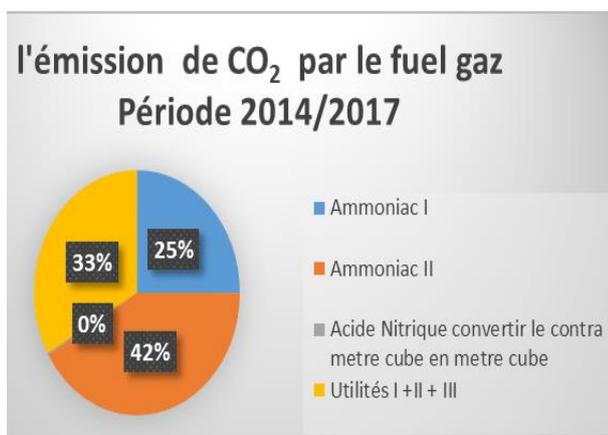
Année	Production T/Année	Gaz Combustible CM <sup>3</sup> /Année	Électricité KWh/Anée	Consom matin Vapeur (VH) (Tm/Année)
2014	158 947	94 345 008	17 194 802	597 695
2015	146 678	71 600 594	15 952 019	561 130
2016	254 564	154 480 670	26 200 460	750 470
2017	187 250	121 456 360	21 250 385	612 246

**Tableau 3 : Bilan énergétique (Ammoniac 2)**

Année	Production T/Année	Gaz Combustible Cm <sup>3</sup> /Année	Électricité KWh/Année	Consomma tion Vapeur (VH) (Tm/Année)
2014	285 837	181 012 426	23 016 841	504 914
2015	282 451	187 492 258	20 518 741	354 039
2016	321 456	194 764 432	24 470 258	721 540
2017	298 354	182 564 346	22 980 346	698 630

**Bilan des gaz émis par les cheminées d'évacuation des gaz :**

Notre étude a ciblé dans le même complexe FERTIAL, les foyers des émissions atmosphériques et les sièges de fuite des gaz (CO<sub>2</sub>) à l'intérieur de l'unité (fours). Pour une meilleure présentation des résultats des bilans des gaz émis par les cheminées d'évacuation des gaz ; nous avons choisi la forme de diagramme suivante :

**Figure 02 : bilan d'émission de CO<sub>2</sub> par FERTIAL**

-Au niveau du complexe GPIZ :

**Bilan de matière : Bilans de la production du GPL****Le tableau 4 : le bilan matière des complexe GPIZ pour les années 2014 /2015/2016**

Année	2014	2015	2016
Production de GPL (tonnes)	6 509 044	6 851 449	6 542 329

La production annuelle est en augmentation de l'ordre de 1% depuis l'année de référence 2014.

**Bilan énergétique :****Tableau 5 : le bilan énergétique des complexe GPIZ pour les années 2014 /2015/2016**

Année	2014	2015	2016
Production de GPL (tonnes)	6 509 044	6 851 449	6 542 329
Consommation spécifique (thermies /tonne)	245	228	227
Économie d'énergie (thermies/tonne)	20	3	2
Économie d'énergie (thermies)	130 180 880	20 554 347	13 084 658
Économies (Dinar Algérien)	1 197 664, 09	189099,992	120378,854

**Tableau 6 : Bilans de la consommation d'électricité de GPIZ**

	Unité	2014	2015	2016
Consommation	(GWh)	245,3	242,6	238,7
	(Tep/PCS)	42 859	43 596	52 150
Coût de l'énergie	MDA	515,2	506,9	606,4
Coût spécifique	Dinar Algérien /kWh	2,10	2,09	2,54

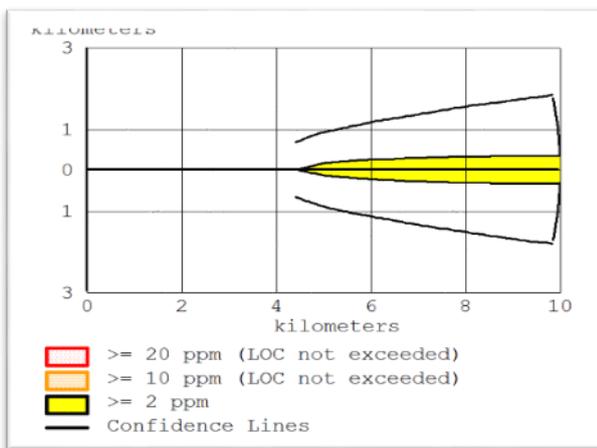
La consommation en énergie électrique n'est pas tellement liée aux variations de la production sachant que la source principale de l'énergie de fonctionnement des machines est le gaz naturel, le fuel

**III. Résultats et discussion :**

**Modélisation des émissions CO<sub>2</sub> des deux complexes :** Sachant que ces molécules des gaz toxiques éjectés dans l'air libre voyagent selon les bons vents qui les portent pour les laisser se déposer plus ou moins loin de leur point de départ en fonction de leur poids moléculaire, la température ambiante, et la puissance des courants qui les transportent [9]. Les scientifiques sont unanimes pour expliquer l'interaction de la libération de GES (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ...) dans

l'atmosphère par combustion des combustibles fossiles et les perturbations des températures et du climat du globe, l'augmentation de 0,8 ° C de la température moyenne de la terre par rapport au siècle dernier est reconnue scientifiquement [10].

Nous avons trouvé dans le logiciel ALOHA (Areal Locations Of Hazardous Atmospheres) un bon indicateur pour la modélisation de la dispersion de ces gaz CO<sub>2</sub> à partir des deux complexes FERTIAL et GP1Z dont les résumés se traduisent en graphiques suivants :

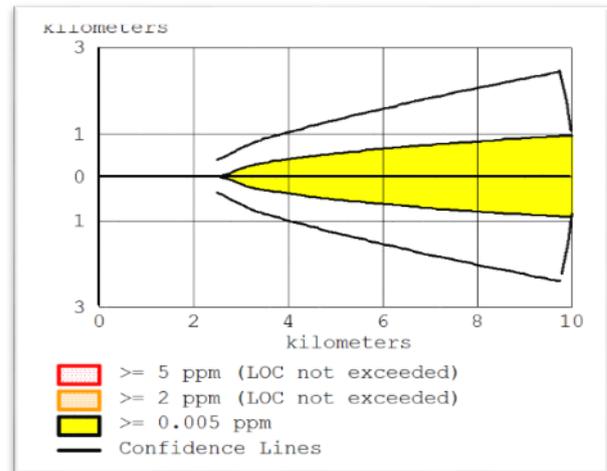


**Fig. 3:** FERTIL moyenne de la période 2014- 2017

- la toxicité de CO<sub>2</sub> se présente sous forme d'ellipsoïde où le gradient de concentration diminue en se dirigeant vers l'extérieur de cette ellipsoïde, variant entre 20 et 2 ppm.

- Pour la période 2014/2017 nous avons eu une concentration de 2 ppm dispersée sur une surface de 5,5 Km de longueur par 1 Km de largeur à partir de 4,5 Km du point de départ.

- 20 ppm et 10 ppm de CO<sub>2</sub> Loc not exceeded : surface non concernée par la dispersion



**Fig. 4:** GP1Z Moyenne de la période 2014 - 2017

La toxicité de CO<sub>2</sub> est présentée dans notre graphique sous forme d'ELLIPSE où le gradient de concentration diminue aussi en se dirigeant vers l'extérieur de cette ellipse, variant entre 5 et 0,005 ppm.

- Pour la période de 2014/2017 nous avons eu la concentration des 0,005 ppm dispersées sur une surface de 7,5 Km de longueur par 2 Km de largeur à partir de 2,5 Km du point de départ qui est l'installation industrielle de gaz de pétrole liquéfié (GP1Z) d'Arzew.

- 5 ppm – 2 ppm Loc not exceeded : surface non concernée par la dispersion

#### IV. Conclusion

Dans ce modeste travail qui aspire à contribuer à ce débat, sans prétendre épuiser la problématique des gaz à effet de serre, nous avons noté avec optimisme la bonne volonté des services techniques de SONATHRACH qui veillent jalousement sur le contrôle et le recensement des points de fuites des GES ou des gaz toxiques avec des rapports et des audits réguliers. Nous avons vécu une espèce de lutte continue pour inverser, sinon modifier, la courbe de ces rejets de CO<sub>2</sub> qui a une tendance vers l'augmentation parallèlement à la production et à la demande :

- En s'attaquant aux sources d'émission internes comme les machines ou les fours défaillants, comme ce fut le cas de l'exemple du four principal de FERTIAL qui, une fois renouvelé a vu ses fuites de CO<sub>2</sub> éliminées.

## V. References

1. Dario, C.; Aarhus, U. Roskilde, Denmark Greenhouse Gas and Livestock Emissions and Climate Change; Elsevier Inc. All rightsreserved (2018).
2. Agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie APRU Efficacité énergétique dans l'industrie, textes réglementation en vigueur, (2015) 49-59.
3. Tayeb, A.; Hamou, A.; Debbah, S. Modelization of Atmospheric Pollution to Green House Gases CO<sub>2</sub> of Arzew Industrial Pole. JSM Environ SciEcol (2015) 1015.
4. Rojey, A. ; Durant, B. Natural Gas, OPHRYS Publishing. (1994)253-256.
5. Agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie APRU, Efficacité énergétique dans l'industrie, textes réglementation en vigueur 49-59.
6. Control and treatment of sulfuroxidesemissions ; Prevention et traitement des emissions d'oxydes de soufre ; Conference : National on control and treatment of sulfuroxidesemissions, Colloque National sur la prevention et traitement des emissions d'oxydes de soufre, Le Havre (France), (1997) 4-5.
7. National Oceanic and atmospheric Administration Office of Response and Restoration Emergency Response Division Seattle Simulator ALOHA Areal Locations of Hazardous Atmospheres, Washington. (2004).
8. Barthelemy, B.; Courèges, P. Risk management: Global optimization method, organization Press. 2nd ed. (2004).
9. Les voix du Monde RFI ; Climat : ce qu'il faut retenir de la COP22 à Marrakech au Maroc ; (2016).
10. Tialdi, D. Sustainable Development in international Law: An Analysis of Key Environmental Economic instrument. 22-27.

**Please cite this Article as:**

Hennane S., Hamou A., Chemani S., Janin G., Tayeb A., Évaluation numérique des rejets de CO<sub>2</sub>, gaz à effets de serre, au niveau de la zone industrielle d'Arzew, ALGÉRIE, ***Algerian J. Env. Sc. Technology***, 5:2 (2019) 977-982