

## **Introduction Générale**

### **L'opportunité du thème de recherche :**

Notre sujet de recherche concerne la pollution atmosphérique, marine et les nuisances sonores (étude acoustique) de la région côtière de la baie d'Arzew située à l'Est de la wilaya d'Oran.

Le choix de ce thème de recherche a été motivé par l'absence d'une étude et une base de données environnementales qualitative et quantitative ainsi que la non-maitrise des impacts environnementaux et sanitaires générés par les activités terrestres et maritimes au niveau de cette région.

Le concept du développement durable existe depuis de longues dates, mais c'est lors de la conférence des Nations Unies sur l'environnement tenue à Stockholm en 1972 [1], que la communauté internationale s'est réunie pour la première fois afin d'examiner l'environnement mondial et les impératifs du développement. Le Sommet de Rio de Janeiro en 1992 appelé le sommet de la terre a mis les enjeux de l'environnement et du développement durable en avant [2]. Ensuite, le protocole de Kyoto a été négocié au Japon, en décembre 1997. Il s'agit d'un traité international, signé à Kyoto par 180 pays [3 à 5]. Dans ce traité, 38 pays industrialisés s'engagent à abaisser leurs émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) entre 2008 et 2012 à des niveaux inférieurs de 5,2 % à ceux de 1990 [6 à 8].

L'organisation Mondiale de la Santé a mis en 1989, l'accent sur les relations entre l'environnement et la santé [9]. Ensuite la rédaction d'une première définition de l'étendue de la santé environnementale a été écrite lors de la Conférence d'Helsinki en 1994 [10 et 11].

### **Pollution atmosphérique :**

L'absence d'estimations qualitatives et quantitatives des GES émis par les unités pétrochimiques et gazières nous a motivé à faire un inventaire des polluants atmosphériques.

Il est à noter l'absence de :

- Une station de surveillance qualitative de la pollution atmosphérique, en ligne, destinée à prévenir et alerter les citoyens des agglomérations en cas de pic de pollution et de protéger à long terme l'écosystème.
- Un investissement dans le contrôle qualitatif et quantitatif relatifs à la qualité de l'air. Ces établissements se contentent de calculer les paramètres d'autoconsommation énergétiques et les débits des gaz torchés.

- Un logiciel ou des programmes pour l'évaluation des émissions des GES (N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) spécifiques aux différents procédés pétrochimiques et énergétiques. Cela nous a permis de développer un applicatif de calcul spécifique à chaque procédé pétrochimique et gazier.
- Des statistiques relatives à la pollution atmosphérique de la région car les études sont très rares et d'ordre général. Elles ne développent pas la partie qualitative et quantitative des GES. A cet effet, établir une étude de recherche récente sur ce sujet est devenue plus que nécessaire.
- Des audits énergiques des unités grandes consommatrices d'énergie, pour réduire et optimiser la facture énergétique de ces établissements conformément aux exigences réglementaires.
- Des travaux de recherches relatifs aux perspectives des futures émissions à GES.
- Des politiques de communication en matière de pollution atmosphérique et de santé publique dans ce domaine. Les messages des seuils de risques sanitaires au citoyens ne surviennent pas dans le cas des « pics » de pollution ni ceux à faibles concentrations. Une problématique ambitieuse : informer, sensibiliser, prévenir et susciter une contribution des différents acteurs en santé publique avec la coordination des secteurs de l'industrie, l'énergie et l'écologie.

Il y a des complexes pétrochimiques qui possèdent des unités de décarbonatation, qui émettent vers l'atmosphère du dioxyde de carbone pure, parmi les complexes de production de Gaz Naturel Liquéfié (GNL) [12 à 14] et Ammoniac liquide [15 et 16]. Une opportunité d'exploiter et orienter ces gaz CO et CO<sub>2</sub> vers l'unité de production de Méthanol et résines.

### **Pollution Marine :**

Des données provenant du programme de surveillance et de recherche en matière de pollution dans la région Méditerranéenne, le Plan d'Action pour la Méditerranée (MED POL - PAM) et d'autres sources régionales montrent que de 30 à 40 millions de tonnes de déchets solides municipaux aboutissent dans la mer chaque année [17].

La pollution de la mer Méditerranée de la zone d'étude est concernée par :

- Une fréquence de trafic maritime des hydrocarbures et des produits chimiques très élevée [18],
- Une plateforme industrielle pétrolière et gazière très importante [19],

- Des effluents urbains générés par 1.619.940 équivalant habitant seulement pour la région d'Oran, dont une partie très importante n'est pas traitée [20].

La cote oranaise s'étale sur 124 km [21] et il existe une absence d'estimations qualitatives et quantitatives régulières liées aux rejets d'eau usées à l'échelle de la wilaya d'Oran à savoir :

- L'absence d'un centre de surveillance de la pollution marine en ligne [22].
- L'absence des rapports publiés sur la qualité des eaux de baignades incluant le carottage du sable côtier au niveau des ports pétrolier, marchandise et plages.
- L'absence d'une Station d'Épuration des Eaux usées (STEP) dans la région Ouest et Est d'Oran, engendre une source de pollution urbaine importante [23].
- La mise en exploitation de la première STEP de la ville d'Oran en 2008 [24].  
Additivement à des projets de constructions de STEP au niveau d'Oran dont un nombre importants enregistre un bon avancement.

### **Nuisances sonore :**

Nous constatons L'absence d'études acoustiques actualisées au niveau de la wilaya d'Oran.

### **Description de la thèse :**

Ce manuscrit se compose de trois parties ; la première partie traite la pollution atmosphérique générée par l'activité industrielle du pôle pétrochimique et gazier de la région Est d'Oran. La deuxième partie résume le diagnostic qualitatif établi sur les effluents liquides industriels et urbains de la région côtière de la wilaya d'Oran et leurs impacts sur les eaux de baignade de la région et sur la méditerranée. La dernière partie développe les nuisances sonores générées par l'activité industrielle d'Arzew et leurs impacts sur les agglomérations. Les résultats de la première et troisième partie ont fait l'objet d'une modélisation.

**La PARTIE 1** développe le diagnostic des effluents atmosphériques générés par l'activité industrielle, du pôle d'Arzew situé dans la région Est de la province métropolitaine d'Oran. Une étude qualitative et quantitative des Gaz à effet de serre a été menée sur une période d'un demi-siècle de 1963 jusqu'à 2014, avec une extrapolation des futures émissions qui a été arrêtée jusqu'à 2030. L'étude a été complétée et approfondie par des modélisations et

élaboration de cartographie de la pollution atmosphérique de dispersion et de toxicité générées par les différents effluents gazeux. Cette partie est composée de six (06) chapitres :

**Chapitre 1.** Nous avons exposé le phénomène des changements climatiques et leurs impacts sur la planète. On cite les systèmes, les éléments et les facteurs qui déterminent le climat de la terre. Nous avons défini l'effet de serre et montré les différents GES, les variations de leurs concentrations, leurs tendances et influences sur le réchauffement de la terre. Par la suite nous avons décrit la politique mondiale du développement durable et les mesures d'atténuation de ces changements climatiques.

**Chapitre 2.** Présente un pré-requis pour établir une étude approfondie sur la pollution atmosphérique en particulier celle causée par les GES. Nous avons présenté les généralités, les lois et les règles relatives à la combustion. Nous rappelons que la combustion d'énergie constitue la source principale d'émission des GES dans le monde. A cet effet, il nous a été fondamental de développer cette section qui explique les règles de la combustion, telles que la caractérisation d'un milieu réactionnel, la formulation des réactifs, la définition des agents combustibles et comburants.

**Chapitre 3** de la thèse, a été consacré aux contextes météorologiques et climatologiques de la région d'Oran, avec la présentation des éléments fondamentaux en climatologie de la wilaya d'Oran, tels que la température, les précipitations, le régime des vents et orages additivement, le brouillard et l'humidité.

**Chapitre 4** a été principalement consacré à établir une évaluation qualitative et quantitative de la pollution atmosphérique générée par l'activité industrielle du pôle pétrolier d'Arzew. La méthode d'évaluation des GES a été démontrée et exposée. Ensuite un programme de calcul spécifique à chaque procédé a été élaboré. L'évaluation qualitative et quantitative a été réalisée pour la période allant de 1963 jusqu'à 2014. Par la suite nous avons extrapolé les futures émissions des GES jusqu'à l'an 2030, en intégrant les nouvelles unités mises en exploitation ainsi que les futurs projets et la demande croissante du marché mondial. Cinq paliers de débits d'émissions ont été distingués pour les gaz CO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub>. Il est à noter que pour ce travail, il nous a été impossible d'évaluer précisément les émissions des GES par équipement tels que les fours, les chaudières et les torches à cause de la variation des débits, de la composition chimique et du pouvoir calorifique du gaz combustible au niveau de ces équipements. Pour cela nous avons établi un bilan global entrée et sortie par unité de production.

**Chapitre 5.** Nous avons réalisé cinq modélisations relatives aux cinq paliers de pollution atmosphérique déjà présentées dans le chapitre précédent. Les résultats de la modélisation ont été reportés dans des cartographies de dispersion et de toxicité. Nous rappelons la complexité de la dynamique de diffusion et dispersion de ces millions de tonnes de polluants primaires (monoxyde et dioxyde d'azote, ammoniac et dioxydes de carbone) directement émis dans l'air. Certaines de ces substances peuvent ensuite subir dans l'air des transformations chimiques conduisant à d'autres polluants dites polluants secondaires. Les oxydes d'Azote participent en outre à la formation de polluants photochimiques comme l'Ozone, néfastes pour la santé et concourent au phénomène des pluies acides. Dans cette simulation nous avons pris en considération les données Météorologies de la zone d'Arzew, ainsi que les seuils de toxicité issus de la base de données de l'Institut Nationale Risques Industriels INERIS.

**Chapitre 6.** Les impacts et les risques sanitaires ont été modestement développés dans ce chapitre, en effectuant des surveillances et échantillonnages des particules et polluants gazeux, prisent au niveau de cinq endroits à l'intérieur des agglomérations aux alentours de la zone industrielle.

**La PARTIE 2** La seconde partie de la thèse est répartie en deux chapitres, récapitulant l'étude de recherche menée sur la pollution de la mer méditerranéenne et évoquant les différents éléments qui conduisent au déséquilibre de l'écosystème marin de notre littoral.

Dans le **chapitre 7**, nous avons rapporté à partir des multiples littératures, deux volets essentiels pour approfondir et diriger notre thèse. Le premier consiste à montrer l'agression que subisse a tous moment la méditerranée par les activités terrestres, marines et même les sources naturelles. L'autre volet est la présentation du milieu physique en citant les contextes géographique, morphologique, géologique et hydrologique de la zone d'étude.

Au sein du **chapitre 8**, nous avons réparti le littoral oranais en trois régions distinctes, la première est le territoire Est connu mondialement par ses activités gazières et pétrochimiques. La deuxième c'est la région Ouest, de vocation touristique, elle est connue par ses belles plages, hôtels, ses paysages riches, ses montagnes et ses petits villages. La troisième zone et la ville d'Oran, connue par ses secteurs administratif, commercial, touristique et industriel. Les résultats d'analyses physicochimiques et spectroscopiques, opérés sur les rejets liquides industriels et urbains déversant dans la mer de ces trois régions, ont été représentés par des courbes.

**La PARTIE 3.** Elle est composée des **chapitres 9 et 10.**

Dans le **chapitre 9**, nous avons décrit les principes de base de la physique acoustique permettant la compréhension du phénomène de propagation d'une onde sonore émise par une source de bruit. Dans le **chapitre 10**, on a mis l'accent sur la problématique du bruit généré par les activités industrielles d'Arzew. Cette étude sonore nous a permis de caractériser les nuisances sonores générées. Les résultats de mesures acoustiques au niveau des limites batterie ont été modélisés afin de connaître leurs impacts sur les agglomérations.

### Références Bibliographiques

- [1] PNUÉ. *L'avenir de l'environnement mondial 3: Le passé, le présent et les perspectives d'avenir, Volume 3. Programme des Nations Unies pour l'environnement.* Edition de-boeck. ISBN 2-8041-4004-0. 2002.
- [2] MONGA Paul. *Membralité écologique des êtres dans la théologie chrétienne et pensée bantoue; Fondement d'une éthique de la tempérance.* New York. Edition Peter Lang. ISBN 978-3-631-60170-9. 2010.
- [3] OCDE. *Études économiques de l'OCDE, Thèmes spéciaux : Accroître le dynamisme des entreprises, les difficultés du secteur bancaire. Organisation de Coopération et de Développement Economiques.* 1998.
- [4] DEBRESSON Christian, L. Martin Cloutier. *Changement Climatique : Flux Technologiques, Financiers et Commerciaux.* Edition Presses université de Québec, 2004.
- [5] DEFLESSELLES Bernard, Lambert Jérôme et Arnaud Leroy. *Rapport d'information sur les négociations internationales relatives au climat. Rapport n° 2391, La conférence de Lima sur le changement climatique : La dernière étape pour un accord climatique mondial en 2015.* Publié par Assemblée nationale, DIAN 82/2014.
- [6] MANFRED Hegger. *Construction et énergie: architecture et développement durable.* Edition DETAIL, Presses polytechniques. ISBN 978-2-88074-796-1. 2011.
- [7] LECOMTE Fabrice, Paul Broutin, Etienne Lebas. *Le captage du CO<sub>2</sub> : Des technologies pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.* Editions TECHNIP, Paris 2010.
- [8] LAZZERI Yvette, Moustier Emmanuelle. *Le développement durable: du concept à la mesure.* ISBN 978-2-296-05447-9. L'Harmattan, 2008.
- [9] STEC Stephen, Susan Casey Lefkowitz. et al. *Convention d'Aarhus: guide d'application : convention de la CEE sur l'accès : Information, la participation du public, l'accès à la justice pour un environnement salubre.* Nations Unies. Commission économique pour l'Europe, United Nations, 2000.
- [10] BILLET Philippe, Michel Dourousseau, Gilles Martin, et al. *Droit de l'environnement et protection de la santé.* Editions L'Harmattan 2009 Paris
- [11] OECD. *Les économies en transition face à l'environnement progrès en Europe centrale et orientale et dans les nouveaux Etats indépendants.* OECD publishing, 28 November 2000.
- [12] HENG Sun, Dan Shu, Zhihua Jiang. *Simulation study of the dynamic performance of a MRC plant with refrigerant charged or leaked.* Cryogenics 52 (2012) 8–12. Science Direct, 2012.
- [13] WOLFGANG Foerg, Wilfred BACH, Rudolf STOCKMAN. *A new LNG baseload process and the manufacturing of the main heat exchangers.* Returne HOME revues 1998.

- [14] HOUMEUR Sana. *Modalisation et optimisation de l'Aval des chaines de GNL Algériennes*. Mémoire de Magister. Université IAP Boumerdes, Faculté des hydrocarbures et de la chimie, Algérie 2008.
- [15] GOMRI, Rabah.Étude. *Analyse et Simulation du Reforming Primaire : Four de l'Industrie d'Ammoniac*. Thèse de doctorat d'état, Page 16 – 25. Soutenue le 22/06/2006. Université Mentouri, Constantine, Faculté des sciences de l'ingénieur, Département de génie chimique.
- [16] EFMA. *Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer*. Industry Booklet, N° 1 of 8: production of ammonia, 2000, page 7- 18, Belgium, 2000.
- [18] RAFAEL Robles. *Conservation et développement durable de la mer d'alboran*. Malaga édition. UICEN. ISBN 978- 8317- 1254-3.2010.
- [19] ALBAKJAJI Mohamad. *La pollution de la mer méditerranée par les hydrocarbures liée au trafic maritime*. Thèse de doctorat, Université de Paris-Est, Juin 2011.
- [20] Site officiel de la Wilaya d'Oran, Consulté en Septembre 2015. Disponible à l'adresse [www.wilayaoran.org/31/index.php?...habitants...1...](http://www.wilayaoran.org/31/index.php?...habitants...1...)
- [21] SAHNOUN Fadela, Bendraoua Abdelaziz, Hadjel Mohamed. *Contrôle de la pollution marine du littoral oranais*. Revue Communication Science et technologie, N° 8 COST, Janvier 2010.
- [22] TAYEB A, M.R. Chellali, A. Hamou *et al*. *Impact of urban and industrial effluents on the coastal marine environment in Oran, Algeria*. Marine Pollution Bulletin xxx (2015) xxx–xxx, In Press.

## **Remerciements**

A mon Professeur A. HAMOU, je voudrais exprimer mon profond respect, d'avoir accepté de diriger ce travail ; par ses orientations et sa patience, il m'a permis d'aboutir malgré les difficultés. Ses encouragements répétés et sincères, la confiance sans faille qu'il m'a témoigné durant tout le processus de la thèse ont été déterminants dans la concrétisation de cette thèse.

Je remercie chaleureusement tous les enseignants qui m'ont enseigné dans mon parcours académique, ceux des universités et des établissements d'Oran1, USTOMB et ENPO.

Mes remerciements au Professeur BELHADJI Maamar, de l'Université d'Oran 1, Ahmed Ben Bella d'avoir accepté de présider le jury de soutenance.

Mes remerciements vont aussi à mes enseignants et membres du jury ; Professeur HADJEL Mohammed, Professeur BENDRAOUA Abdelaziz de l'université d'USTOMB et le Professeur BOUZIANI Mustapha de l'université de l'Université d'Oran 1, Ahmed Ben Bella, d'avoir accepté d'examiner mon travail.

Mes remerciements vont aussi au Professeur ZANOUN Abdelouahab de l'ENPO d'Oran d'avoir accepté d'examiner ma thèse.

Mes remerciements à notre invité Dr. ABDERRAHIM Hamza de l'Institut Hydrométéorologique de Formation et de Recherche d'Oran.

Mes remerciements à tout l'encadrement de Sonatrach qui m'ont soutenu, c'est à travers eux que j'ai pu acquérir un grand savoir faire ; formations en Management, gestion des projets, normes & réglementations, procédés pétrochimiques et gaziers. Ils m'ont permis d'acquérir une grande expérience en matière d'Hygiène Sécurité & Environnement (HSE) et d'exploitation des différents procédés hydrocarbures.

## Résumé

Dans la région Méditerranéenne il existe vingt et un états qui comptent plus de 400 millions de résidents. Selon les statistiques établies par le Plan Bleu « PB » ce chiffre devrait passer à 520 ou 570 millions en 2030, pour atteindre approximativement 600 millions en l'an 2050 et éventuellement, plus de 700 millions à la fin du 21<sup>ème</sup> siècle.

Par conséquent, le développement des activités humaines est devenu aujourd'hui une menace pour l'écosystème de la région méditerranéenne. Cette région subit depuis plusieurs décennies des agressions majeures. Nous avons réalisé un audit environnemental sur la région oranaise depuis 2003. Les volets étudiés et développés concernent la pollution atmosphérique, marine et sonore développés comme suit :

- La pollution atmosphérique générée par l'activité industrielle, du pôle d'Arzew.
- La pollution marine générée par l'activité industrielle, le transport maritime des marchandises et des hydrocarbures au niveau de la wilaya d'Oran.
- Les rejets urbains vers mer au niveau de la wilaya d'Oran.
- Les nuisances sonores

## **Abstract**

In the Mediterranean region there are twenty-one states with more than 400 million residents. According to statistics compiled by the Blue Plan "PB" this figure should rise to 520 or 570 million in 2030 to reach approximately 600 million in 2050 and Eventually, more than 700 million at the end of the 21st century.

Therefore, the development of human activities has become a threat to the ecosystem of the Mediterranean region. This region suffered for decade's major assault. We conducted an environmental audit on the Oran region since 2003. Studied and developed aspects concern air pollution, marine and sound developed as follows:

- Air pollution generated by industrial activity, the Arzew pole.
- Marine pollution generated by industrial activity, maritime transport of goods and hydrocarbons at Oran.
- Urban discharges to sea at Oran.
- Noise pollution

## ملخص

في منطقة البحر الأبيض المتوسط هناك واحد وعشرين دولة مع أكثر من 004 مليون نسمة. ووفقاً للإحصاءات التي جمعتها "BP" الخطة الزرقاء هذا الرقم سيرتفع إلى 025 أو 075 مليون في عام 2030 وفي عام 0502 ونهاية المطاف، أكثر من 007 مليون نسمة نويلم 600 مبرقي ام إلى لصتل 2030 في نهاية القرن ال12.

ولذلك، فقد أصبحت تنمية الأنشطة البشرية خطراً على النظام البيئي لمنطقة البحر الأبيض المتوسط. وعادت هذه المنطقة لهجوم كبير عقده من الزمن. وقد أجري تلمراجعة الحسابات البحرية منذ عام 3002. ودرس وتطوير الجوانب تلوث الهواء قلق والبيئية في منطقة وهران والصوت ضدها على النحو الآتي

تلوث الهواء الناتجة عن النشاط الصناعي، وأرزيو القطب.

التلوث البحري الناتجة عن النشاط الصناعي، والنقل البحري للفضائ والمواد

الهيدروكربونية في وهران

لبحر في وهران التصريف الحضري إلى

التلوث الضوضائي

## **I. Introduction**

Le changement climatique impose une nouvelle vision du monde. Quelles perspectives se situent derrière cet oxymore fortement médiatisé ?

Les fluctuations climatiques font partie du patrimoine planétaire et l'essence même du climat est constituée par une réalité dynamique [1].

Des progrès significatifs ont été réalisés dans la compréhension des changements climatiques passés et récents, ainsi que dans la projection de changements futurs. Ces progrès découlent d'un très grand nombre de nouvelles données et de méthodes plus sophistiquées d'analyse des données, d'améliorations dans la compréhension et la simulation des processus physiques dans les modèles climatiques, et d'une recherche plus large des plages d'incertitude dans les résultats des modèles.

Le climat mondial moyen de la Terre est régi par l'énergie du Soleil atteignant la planète et par les propriétés de la Terre et de son atmosphère, à savoir la réflexion, l'absorption et l'émission d'énergie dans l'atmosphère et à sa surface. Bien que les changements de l'énergie solaire reçue affectent inévitablement le bilan énergétique de la Terre, les propriétés de l'atmosphère et de la surface sont également importantes et celles-ci peuvent être affectées par les réactions du climat.

L'importance des réactions du climat apparaît de manière évidente dans les changements climatiques passés enregistrés dans les carottes de glace depuis 650 000 ans [2].

Des changements ont affecté plusieurs aspects de l'atmosphère et de la surface, modifiant le bilan énergétique global de la Terre, et pouvant donc altérer le climat lui-même. Parmi ceux-ci, on distingue les augmentations de concentrations de gaz à effet de serre (GES), qui tendent principalement à accroître l'absorption atmosphérique du rayonnement sortant, et l'augmentation de la présence d'aérosols (particules ou gouttelettes microscopiques en suspension dans l'air), qui réfléchissent et absorbent la radiation solaire entrante et modifient les propriétés radiatives des nuages. Des valeurs de forçage radiatif positives contribuent aux augmentations de température de surface moyenne à l'échelle du globe, tandis que des valeurs négatives entraînent des diminutions. Depuis quelques années maintenant, la communauté scientifique s'accorde sur la réalité d'une

modification du climat et les experts confirment que l'homme et ces activités n'y sont pas étrangers (IPCC 2007) [1, 2 et 3].

## **II. Les facteurs qui déterminent le climat de la Terre**

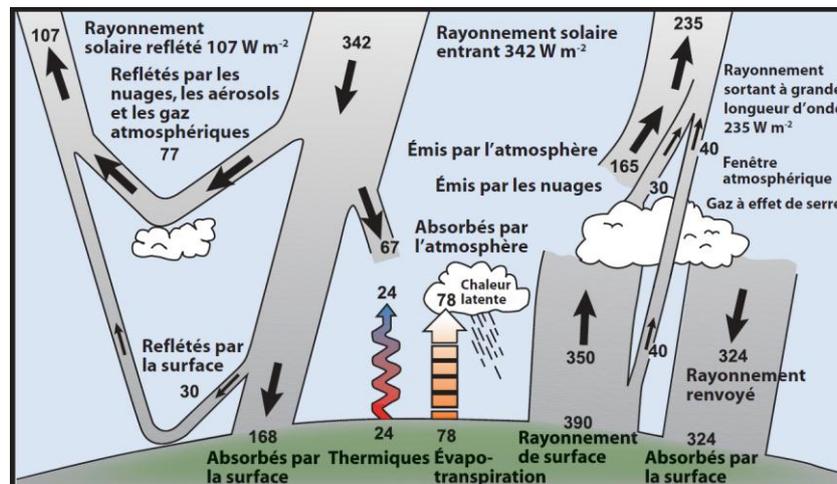
Le système climatique est un système complexe et interactif, dont les éléments sont l'atmosphère, la surface terrestre, la neige et la glace, les océans les mers, ainsi que les êtres vivants.

De toute évidence, l'atmosphère est l'élément du système climatique qui conditionne le climat ; le climat est souvent défini comme le temps moyen. Le climat est généralement décrit en termes de moyennes et de variabilités des températures, des précipitations et des vents pendant une période allant de quelques mois à plusieurs millions d'années (la période type étant de 30 ans). Le système climatique évolue avec le temps sous l'influence de sa propre dynamique interne, mais dépend également de facteurs externes qui affectent le climat (les forçages).

Les forçages externes comprennent des phénomènes naturels tels que les éruptions volcaniques et les variations du rayonnement solaire, ainsi que des modifications de la composition atmosphérique imputables à l'homme voir **Figure 1.1** [4].

Le système climatique est activé par le rayonnement solaire. L'équilibre du rayonnement sur la Terre peut être modifié de trois manières fondamentales :

- Modification du rayonnement solaire entrant (occasionné par exemple par des variations au niveau de l'orbite terrestre ou du Soleil lui-même)
- Modification de la fraction réfléchiée du rayonnement solaire (l'albédo; par exemple par des changements au niveau de la couverture nuageuse, des particules atmosphériques ou de la végétation)
- Modification du rayonnement cosmique à grande longueur d'onde émis par la Terre vers l'espace (par exemple par les variations des concentrations de gaz à effet de serre). Le climat réagit à ces modifications directement et indirectement par divers mécanismes de rétroaction.



**Figure 1.1:** Estimation de la moyenne annuelle et mondiale du bilan énergétique de la Terre [4].

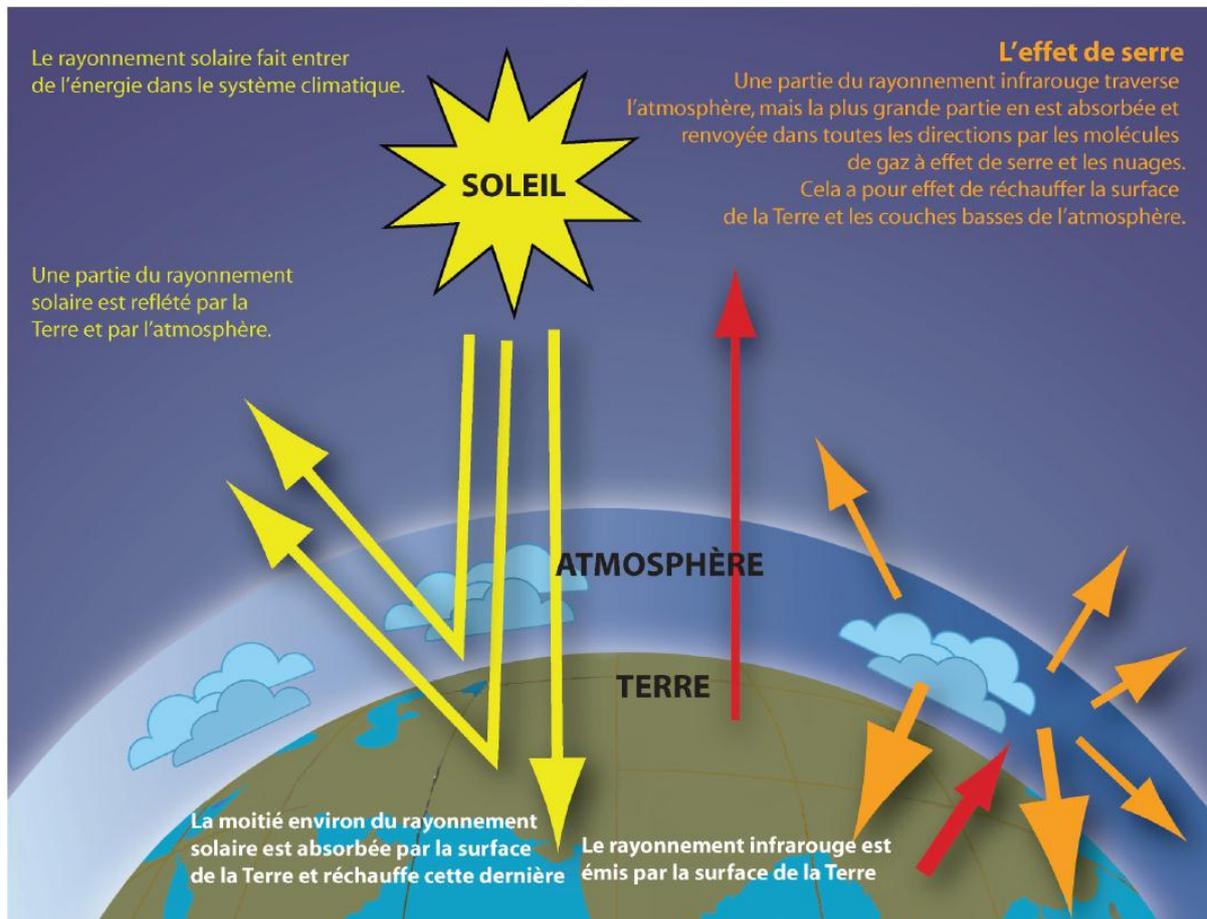
La quantité de rayonnement solaire entrant absorbé par la Terre et par l'atmosphère s'équilibre grâce à la Terre et à l'atmosphère qui dégage une quantité équivalente de rayonnement sortant à grande longueur d'onde. Source : Kiehl et Trenberth (1997).

### III. Effet de serre

Le soleil détermine le climat de la Terre en émettant de l'énergie sous la forme d'ondes très courtes, principalement dans la partie visible ou quasi visible du spectre (par ex., les rayons ultraviolets). [4]

Dans l'ensemble, un tiers de l'énergie solaire qui atteint les couches supérieures de l'atmosphère est directement renvoyé vers l'espace. Pour compenser l'énergie entrante, la Terre doit renvoyer, en moyenne, une quantité équivalente d'énergie vers l'espace. La plus grande partie de ce rayonnement thermique émis par la Terre et l'océan est absorbée par l'atmosphère, notamment par les nuages, puis elle est réfléchie de nouveau vers la Terre. C'est l'effet de serre. Les parois vitrées d'une serre affaiblissent les courants d'air et augmentent la température de l'air à l'intérieur. Il en va de même sur Terre, mais le mécanisme physique en est différent : l'effet de serre sur Terre réchauffe la surface de la planète. Sans l'effet de serre naturel, la température moyenne sur Terre serait en-dessous

du point de congélation de l'eau. L'effet de serre naturel rend ainsi possible la vie telle que nous la connaissons, voir **Figure 1.2**.



**Figure 1.2** : Représentation simplifiée de l'effet de serre naturel [4].

#### **IV. Rôle de l'atmosphère dans l'effet de serre naturel**

Les rayons solaires fournissent de l'énergie à la Terre. Une partie est directement ou indirectement réfléctée vers l'espace tandis que la majorité est absorbée par l'atmosphère ou la surface du globe. La chaleur à la surface de la Terre est due à la présence de GES qui renvoie vers le sol la majorité du rayonnement de surface [5 et 6].

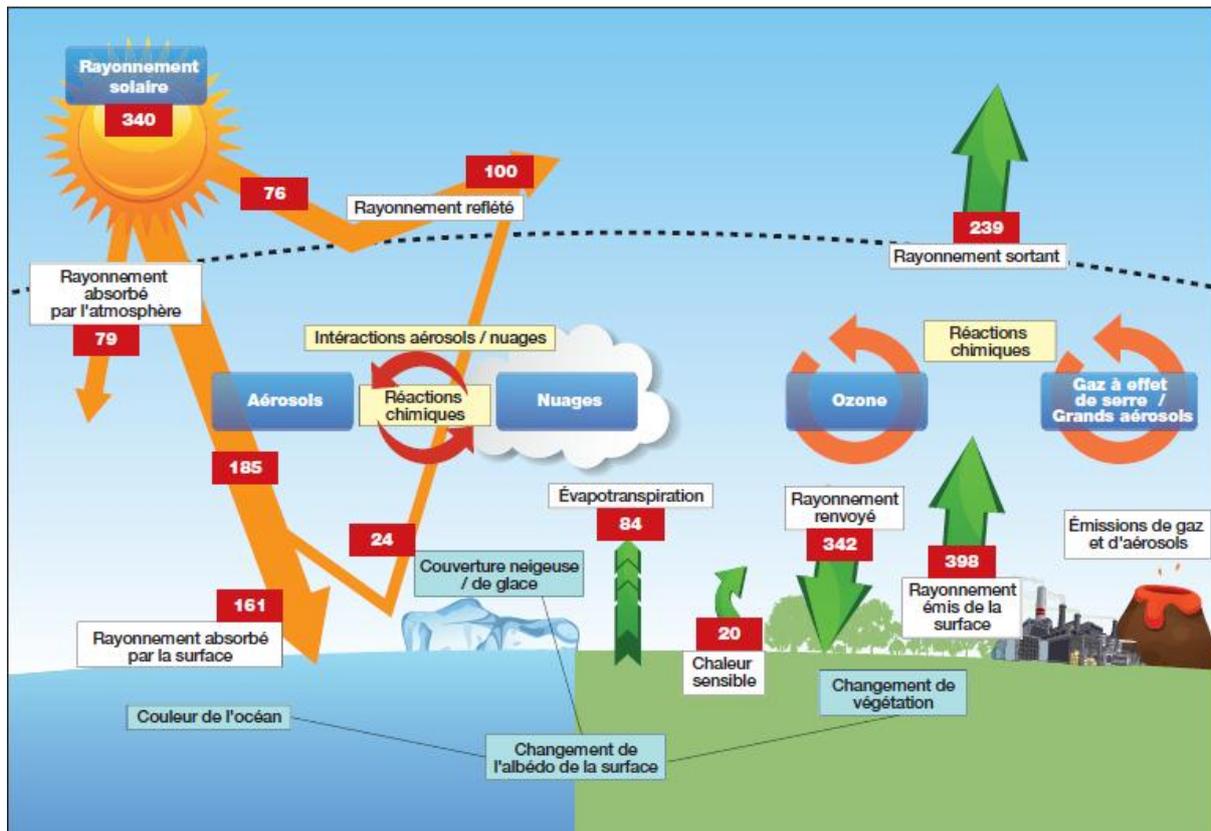


Figure 1.3 : Flux d'énergie actuels en  $W/m^2$  [5 et 6]

## V. Activités humaines et effet de serre

L'augmentation des GES par les émissions anthropiques dans l'atmosphère accroît le renvoi d'énergie vers le sol, entraînant un déséquilibre du système et provoquant l'élévation de la température terrestre.

La modification par rapport à une année de référence de la radiation induite par un élément est appelée forçage radiatif. Un forçage radiatif positif indique une contribution positive au réchauffement climatique.

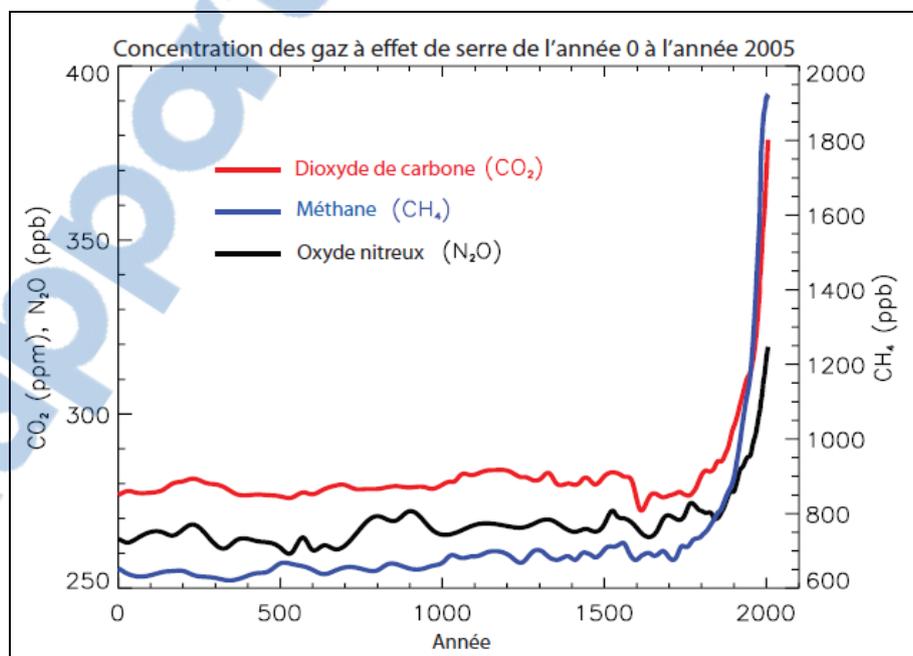
Certaines activités humaines comme l'émission d'aérosols contribuent à diminuer le renvoi d'énergie vers le sol provoqué par les GES mais ne le compensent pas. En 2013 par rapport à 1750, ce forçage radiatif négatif est estimé à  $-0,45 \pm 0,5 W/m^2$ , alors que le forçage radiatif des GES anthropiques est de  $+2,90 \pm 0,29 W/m^2$ . Ainsi, l'ensemble du forçage radiatif d'origine anthropique s'élève à  $+2,55 \pm 1,1 W/m^2$  en 2013 par rapport à 1750 [5 et 6].

## VI. Les gaz à effet de serre

Le facteur prédominant dans le forçage radiatif du climat pendant l'ère industrielle est la concentration croissante dans l'atmosphère de divers GES. Plusieurs des principaux GES existent naturellement mais l'augmentation de leurs concentrations atmosphériques au cours des 250 dernières années est largement due aux activités humaines.

D'autres GES sont uniquement dus à l'activité humaine. La contribution de chaque GES au forçage radiatif au cours d'une période particulière est déterminée par le changement de sa concentration dans l'atmosphère au cours de cette période et l'efficacité dudit gaz à perturber l'équilibre radiatif.

La concentration actuelle d'un GES dans l'atmosphère est la résultante nette de l'histoire de ses émissions et absorptions dans l'atmosphère. Les gaz et les aérosols sont émis dans l'atmosphère par les activités humaines ou sont formés à partir de précurseurs émis dans l'atmosphère. Les gaz à effet de serre à longue durée de vie (GESLV), par exemple le  $\text{CO}_2$ , le méthane ( $\text{CH}_4$ ) ou l'oxyde nitreux ( $\text{N}_2\text{O}$ ), sont stables chimiquement et persistent dans l'atmosphère à l'échelle de la décennie, du siècle, voire plus long temps, d'où leur influence à long terme sur le climat, voir **Figure 1.4**. [4 et 7].

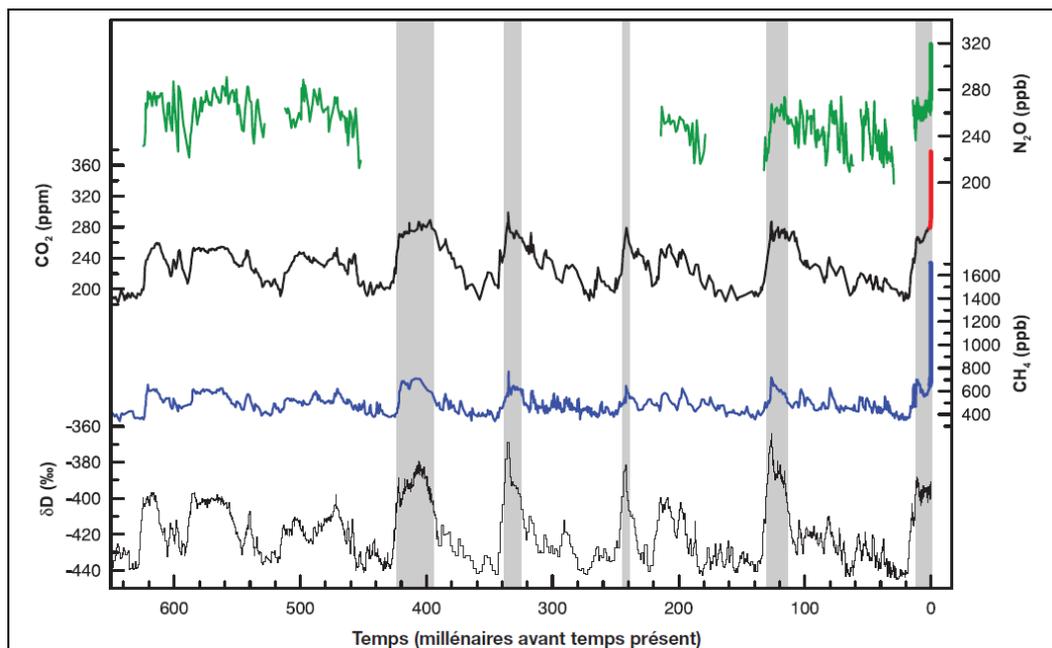


**Figure 1.4** : Concentrations atmosphériques des principaux gaz à effet de serre de longue durée, depuis 2 000 ans [4 et 7].

Leur augmentation depuis l'ère industrielle (1750) est d'origine humaine. Les unités de concentration sont exprimées en parts par million (ppm) ou en parts par milliard (ppb). Elles indiquent le nombre de molécules de GES dans un échantillon atmosphérique donné par million ou milliard de molécules d'air, respectivement.

### **VI.1. Variations de la concentration des GES issues des carottes glaciaires [2 et 8]**

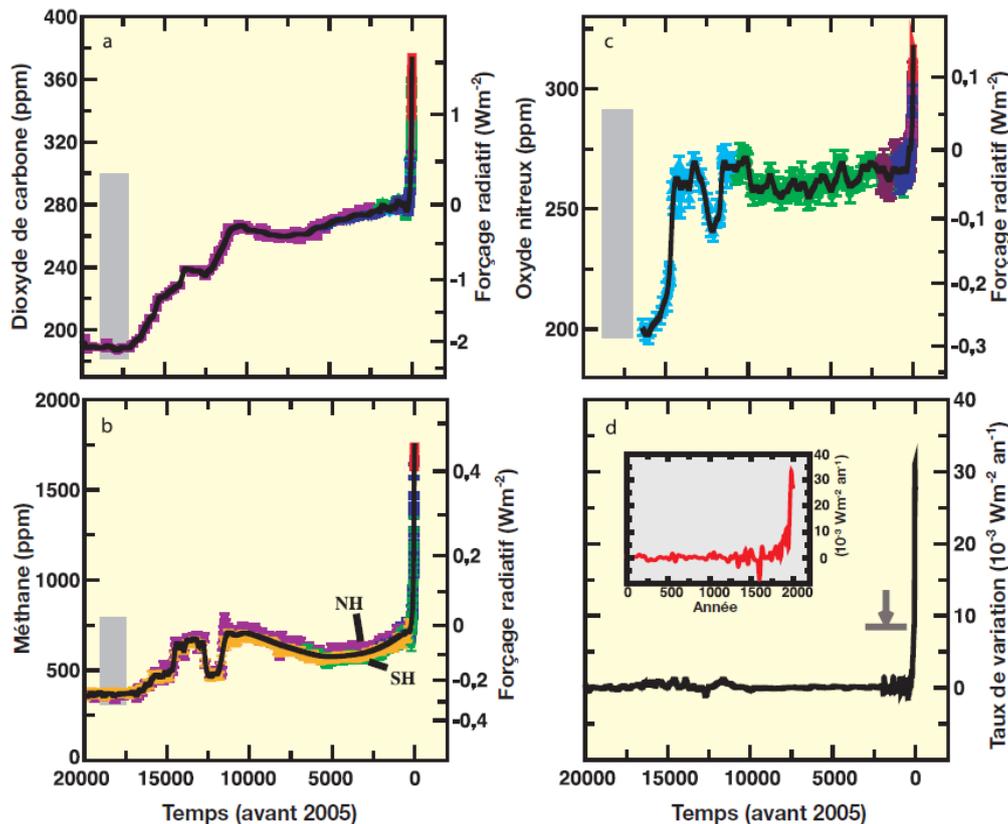
La Variations de la concentration de deutérium ( $^2\text{H}$ ) dans les glaces de l'Antarctique (indicateur représentatif de la température locale) ; et concentrations atmosphériques des gaz à effet de serre dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), méthane ( $\text{CH}_4$ ) et protoxyde d'azote ( $\text{N}_2\text{O}$ ) dans l'air encapsulé au cœur de la glace et provenant de mesures atmosphériques récentes [2].



**Figure 1.5 :** Données issues des carottes glaciaires, périodes glaciaires et interglaciaires [2,9].

Les données couvrent 650 000 années et les bandes grisées indiquent les périodes chaudes interglaciaires actuelles et passées

Les concentrations et forçage radiatif dus au dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$  en **a**), au méthane ( $\text{CH}_4$  en **b**), au protoxyde d'azote ( $\text{N}_2\text{O}$  en **c**) et taux de variation de leur forçage radiatif combiné (forçage radiatif en **d**) pendant les 20 000 dernières années, reconstitués à partir des glaces de l'Antarctique et du Groenland, des données fournies par les bulles d'air (symboles) et des mesures atmosphériques directes (tableaux a, b, c, lignes rouges), voir la **Figure 1.6**.



**Figure 1.6 :** Concentrations et forçage radiatif dus au dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), au méthane ( $\text{CH}_4$ ) et protoxyde d'azote ( $\text{N}_2\text{O}$ ) [2].

Les barres grises montrent les marges reconstituées de variabilité naturelle au cours des 650 000 dernières années. Le taux de changement du forçage radiatif (ligne noire du tableau d) a été calculé à partir de données lissées de concentration. L'amplitude d'âge dans les données de glace varie d'environ 20 ans pour des sites de haute accumulation de neige comme le Law Dome, en Antarctique, à environ 200 ans pour des sites d'accumulation basse comme le Dôme C, également en Antarctique. La flèche montre le taux maximal de changement du forçage radiatif qui existerait si les signaux anthropiques de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  et  $\text{N}_2\text{O}$  étaient lissés selon les conditions du site de faible accumulation de

Dôme C. Le taux négatif de variation du forçage autour des années 1600 présenté dans l'encart de résolution supérieure, situé au dessus de la figure (d), résulte d'une diminution de la concentration de CO<sub>2</sub> d'environ 10 ppm dans les données fournies par le Law Dome.

## **VI.2. Variation du CO<sub>2</sub>, du CH<sub>4</sub> et du protoxyde d'azote N<sub>2</sub>O atmosphériques**

Les concentrations actuelles de CO<sub>2</sub> atmosphérique et de CH<sub>4</sub> excèdent de beaucoup les relevés de valeurs préindustrielles mesurées par carottage des glaces polaires remontant jusqu'à 650 000 ans. De multiples éléments tentent à prouver que l'augmentation postindustrielle de ces gaz n'est pas liée à des mécanismes naturels.

Le forçage radiatif total sur le climat terrestre dû à l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre de longue durée, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O, et très probablement le taux d'augmentation observé dans le forçage radiatif dû à ces gaz sur une période qui débute en 1750, sont sans précédent au cours des 10 000 dernières années.

La concentration de CO<sub>2</sub> atmosphérique a augmenté d'environ 280 ppm, soit sa valeur préindustrielle, à 370 ppm en 2004 [9].

Les augmentations de CO<sub>2</sub> atmosphérique depuis des temps préindustriels sont responsables d'un forçage radiatif de  $+1,66 \pm 0,17 \text{ W m}^{-2}$ , une contribution qui domine tous les autres agents de forçage radiatif considérés dans ce rapport GIEC R4.

Les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de l'utilisation de combustibles fossiles et des effets des changements d'affectation des terres sur le carbone des plantes et du sol sont les causes principales de l'augmentation du CO<sub>2</sub> atmosphérique.

## **VI.3. Tendances des émissions des gaz à effet de serre.**

Les émissions globales de Gaz à Effet de Serre (GES) ont accru depuis l'époque préindustrielle, avec une augmentation de 70 % entre 1970 et 2004 [8].

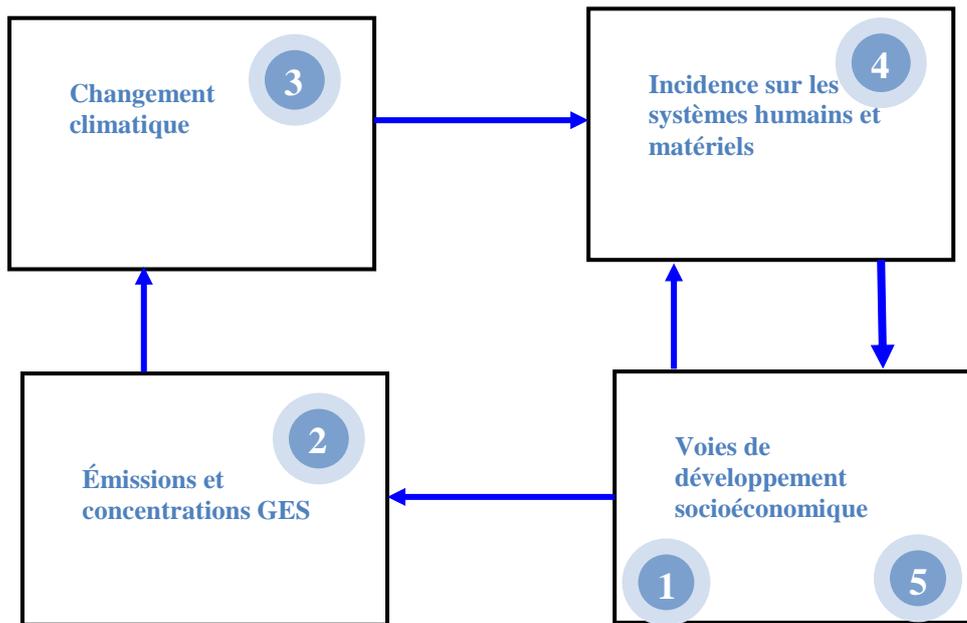
Changement climatique, cadre intégré adapté de Watson et al. 2001. Humains exige une description détaillée des entrées et des sorties ainsi que des mécanismes de rétroaction appropriées.

Dans **Figure 1.7**, le GIEC (Watson et al. 2001) propose un modèle simple mais fort utile, qui fournit un cadre pour l'évolution intégrée des relations de cause à effet. Ce modèle

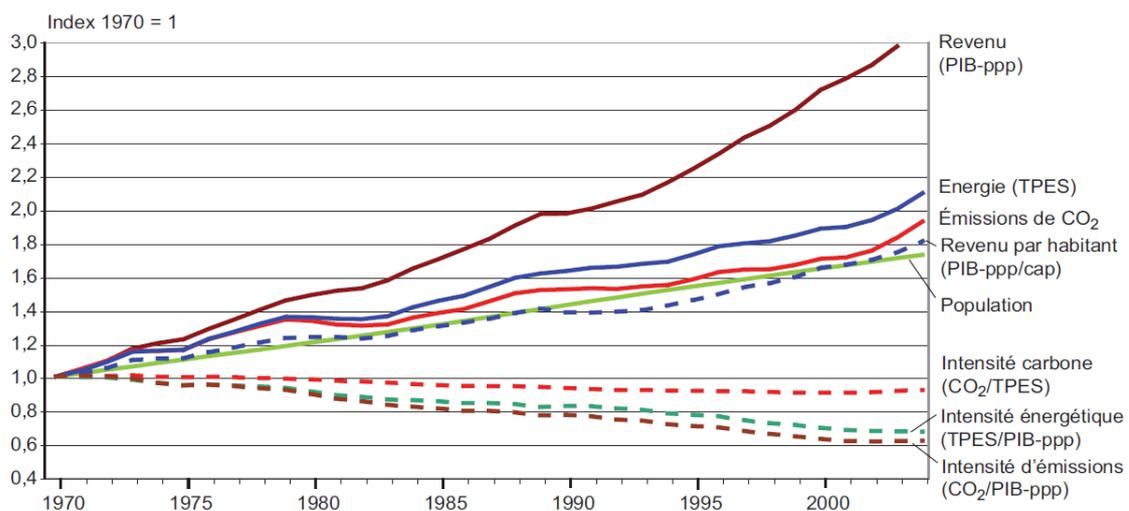
**Partie I Pollution Atmosphérique**  
**Chapitre 1 Le Changement Climatique**

comprend la croissance économique, la technologie, la population et les problèmes liés à la gouvernance des affaires publiques. La formule suivante permet de lier l'évolution des émissions de dioxyde (CO<sub>2</sub>) à d'autres facteurs et de lier notamment les changements observés dans la démographie, le Produit Intérieur Brut (PIB) par habitant, l'utilisation de l'énergie par PNB ou de l'intensité énergétique à l'évolution des émissions CO<sub>2</sub> par unité d'énergie (Intensité des Emissions de Carbone) [9] :

$$CO_2 = \Delta (\text{pop}) * \Delta (\text{PNB/ pop}) * \Delta (\text{énergie/ PNB}) * \Delta (CO_2 / \text{énergie})$$



**Figure 1.7 :** Changement climatique, modèle cadre intégré adapté de Watson et al. 2001. [7]



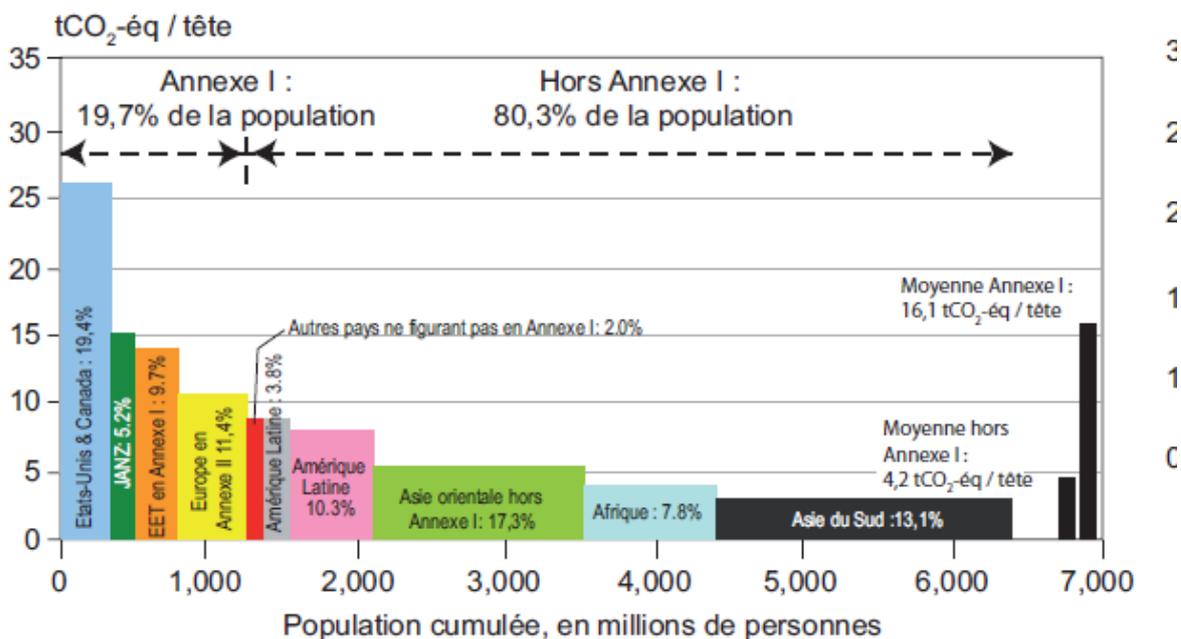
**Figure 1.8 :** Croissance relative mondiale du Produit Intérieur Brut (PIB) en termes de PPA (PIB ppa), de Fourniture Totale d'Énergie Primaire (FTEP), des émissions de CO<sub>2</sub>

## Partie I Pollution Atmosphérique

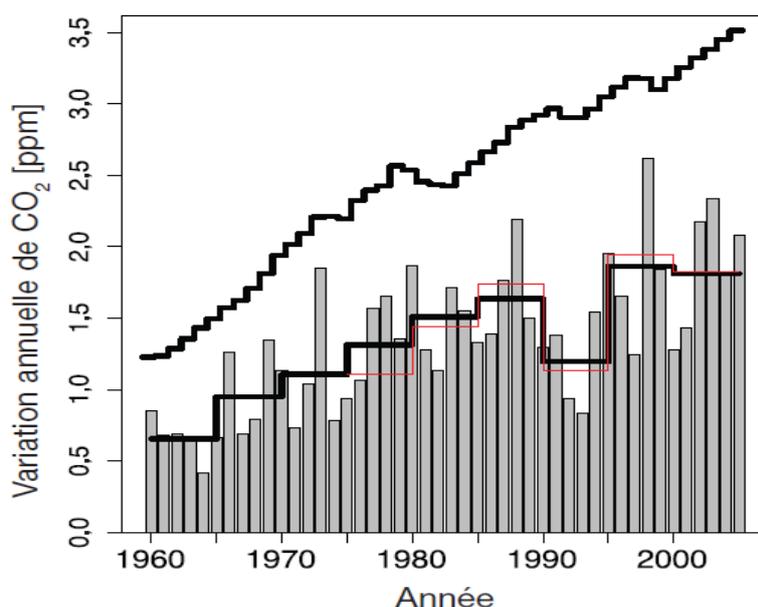
### Chapitre 1 Le Changement Climatique

(provenant de la combustion de combustibles fossiles, des torchères de gaz et des cimenteries) et de la population (Pop) [8].

En outre, pour la période 1970-2004 les lignes en pointillé indiquent les revenus par habitant (PIBppa/Pop), l'intensité énergétique (FTEP/PIBppa), l'intensité en carbone de la fourniture d'énergie ( $\text{CO}_2/\text{FTEP}$ ), et l'intensité des émissions des processus de production économique ( $\text{CO}_2/\text{PIBppa}$ ).



**Figure 1.9 :** Distribution régionale des émissions de GES en fonction de la population pour différents groupes de pays, pour l'année 2004 [8].



**Figure 1.10 :** Variations annuelles de la concentration moyenne mondiale de  $\text{CO}_2$  [2].

La variation annuelle de la concentration moyenne de CO<sub>2</sub> mondiale (barres grises) et leurs moyennes quinquennales à partir de deux réseaux de mesure différents (lignes crénelée, noire inférieure et rouge).

Les moyennes quinquennales aplanissent les perturbations à court terme associées aux forts événements ENSO en 1972, 1982, 1987 et 1997. Les incertitudes dans les moyennes quinquennales sont indiquées par la différence entre les marches d'escalier rouges et noirs, et sont de l'ordre de 0,15 ppm. La ligne noire supérieure représente les augmentations annuelles qui arriveraient si toutes les émissions de combustible fossile restaient dans l'atmosphère sans aucune autre émission.

## **VII. Réchauffement de la terre**

Nous savons que le CO<sub>2</sub> absorbe l'infra rouge, que sa concentration augmente en raison de l'activité humaine, que les changements de la température et des précipitations peuvent avoir des conséquences désastreuses, nous savons que le niveau de la mer s'élève, que l'antarctique fond et l'Océan devient plus en plus acide [10].

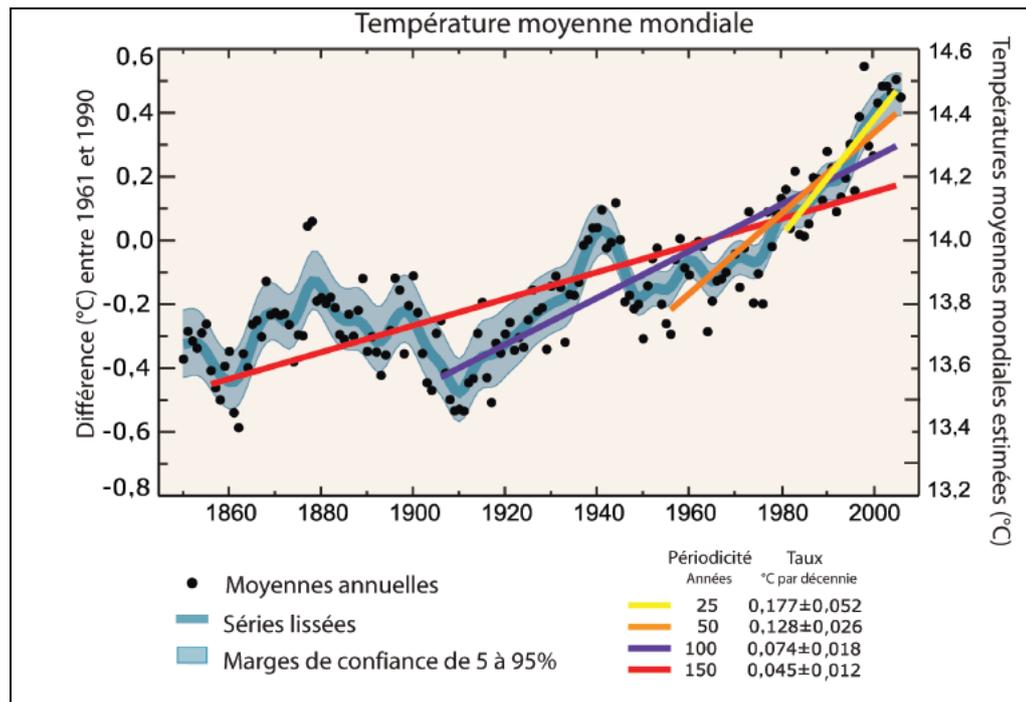
Les relevés des températures depuis les 157 dernières années montrent une hausse générale des températures de surface accompagnée d'importants contrastes régionaux. Pour ce qui est de la moyenne dans le monde, le siècle passé a subi un réchauffement qui s'est effectué en deux étapes : entre les années 1910 et les années 1940 : hausse d'environ 0,35 °C et hausse plus significative, d'environ 0,55 °C, depuis les années 1970. La vitesse du réchauffement s'est considérablement accrue pendant les 25 dernières années, et sur les 12 dernières années, on compte 11 des 12 années les plus chaudes jamais enregistrées.

Des observations à l'échelle planétaire, effectuées à la surface de la terre depuis la fin des années 1950, prouvent que la troposphère (jusqu'à une altitude inférieure à 8 km au-dessus des pôles et environ 18 Km au-dessus de l'équateur) [10] s'est réchauffée un peu plus vite que la surface, tandis que la stratosphère (jusqu'à 50 Km) [10] s'est sensiblement refroidie depuis 1979 [4].

Ceci correspond aux prévisions physiques et aux résultats fournis par la plupart des modèles. Le réchauffement planétaire est confirmé par le réchauffement des océans,

l'élévation du niveau de la mer, la fonte des glaciers, le recul des glaces de mer dans l'Arctique et celui du manteau neigeux dans l'hémisphère Nord.

En termes de moyenne planétaire, les températures de surface ont subi une hausse d'environ 0,74 °C au cours des cent dernières années de 1906 à 2005, voir la **Figure 1.11**.



**Figure 1.11** : Moyenne annuelle mondiale des températures [4 et 2].

Le Graphique supérieur : Moyenne annuelle mondiale des températures relevées (points noirs) avec ajustements simples par rapport aux données.

L'axe vertical de gauche indique les anomalies par rapport aux moyennes des années 1961-1990, l'axe vertical de droite indique la température réelle estimée (en °C).

Les ajustements des tendances linéaires indiquent les 25 (en jaune), 50 (en orange), 100 (en violet) et 150 (en rouge) dernières années, et correspondent aux périodes 1981-2005, 1956-2005, 1906-2005 et 1856-2005, respectivement.

A noter que pour des périodes récentes plus courtes, la pente est plus raide, ce qui indique un réchauffement accéléré. La courbe de couleur bleue représente de manière lissée les

variations décennales. Pour se rendre compte de l'importance des fluctuations, les marges d'erreur décennales allant de 5 % à 95 % (en gris pale) suivent le contour de la courbe (de ce fait, les valeurs annuelles ne dépassent pas ces limites).

Les résultats des modélisations climatiques obtenus par les forçages radiatifs estimés pour le XXe siècle laissent à penser qu'il y a eu peu de changements avant environ 1915, et qu'une grande partie des changements survenus au début du XXe siècle est due à des causes naturelles, dont le changement du rayonnement solaire, le volcanisme et la variabilité naturelle. Entre environ 1940 et 1970, le développement industriel croissant, consécutif à la Seconde Guerre mondiale, a fait augmenter la pollution dans l'hémisphère Nord, contribuant au refroidissement, tandis que l'accroissement des concentrations de dioxyde de carbone et d'autres gaz à effet de serre ont été les facteurs dominants du réchauffement constaté à partir du milieu des années 1970. (Graphiques inférieurs) Structures des tendances linéaires des températures à l'échelle planétaire entre 1979 et 2005 ; estimations obtenues par satellite pour la surface (à gauche) et pour la troposphère (à droite) depuis la surface de la Terre jusqu'à une altitude de 10 Km. Les zones en gris indiquent que les données sont incomplètes. À noter, un réchauffement plus uniforme dans l'espace, d'après les relevés satellitaires troposphériques, tandis que les variations de la température en surface concernent plus clairement les terres et les océans [2 et 4].

### **VIII. Développement durable et mesures d'atténuation des changements climatiques**

La modification des trajectoires de développement peut renforcer le développement durable et être un facteur important de l'atténuation du changement climatique, des ressources sont toutefois nécessaires pour surmonter les nombreux obstacles à sa mise en œuvre. On comprend de mieux en mieux les options qu'ont divers secteurs en matière de choix et de mise en application des mesures d'atténuation visant à réaliser des synergies et éviter des conflits avec d'autres aspects du développement durable.

- Des mesures d'adaptation sont nécessaires, indépendamment de l'importance des mesures d'atténuation.
- La question des changements climatiques peut être considérée comme faisant partie intégrante des politiques pour le développement durable.

## **Partie I Pollution Atmosphérique**

### **Chapitre 1 Le Changement Climatique**

---

Les conséquences des politiques de développement sur les émissions de GES sont fonction des circonstances nationales et de la force des institutions. Les changements des voies de développement découlent des interactions entre les processus décisionnels publics et privés (qui ne sont pas systématiquement assimilés à des politiques climatiques) impliquant le gouvernement, le monde des affaires et la société civile.

Les politiques liées au changement climatique qui concernent l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables présentent souvent des avantages économiques, améliorent la sécurité énergétique et permettent de réduire localement les émissions polluantes. Pour atténuer l'approvisionnement en énergie, on peut également concevoir d'autres options qui permettraient de bénéficier du développement durable en évitant le déplacement de populations locales, par la création d'emplois et de prestations maladie.

La limitation du déboisement et des pertes d'habitat naturel peut être appliquée d'une manière socialement et économiquement durable ; elle profitera notamment à la biodiversité et la préservation des sols et de l'eau. Le boisement et les cultures destinées à fournir de l'énergie verte peuvent permettre de réhabiliter des terres dégradées, gérer le ruissellement des eaux, retenir le carbone des sols et présenter des avantages à l'économie rurale, mais aussi, en cas de planification insuffisante, menacer les terrains agricoles destinés à l'alimentation et même nuire à la biodiversité.

Le développement durable peut également être renforcé par de nombreuses mesures d'atténuation prises dans les secteurs de la gestion des déchets, des transports et du bâtiment.

Rendre le développement plus durable peut accroître à la fois les capacités d'adaptation et d'atténuation et réduire la vulnérabilité au changement climatique. Les mesures d'atténuation et d'adaptation peuvent avoir un effet synergique dans des cas tels que la production rationnelle de biomasse, la création de zones protégées, la gestion des terres, l'utilisation de l'énergie dans les bâtiments et la foresterie.

Dans d'autres situations, des compromis peuvent être nécessaires, par exemple dans les cas où les émissions de GES augmenteraient du fait d'une consommation d'énergie accrue due aux mesures d'adaptation.

**Références Bibliographiques**

[1] HELGA-JANE Scarwel, Isabelle TOUSSEL. *Le changement climatique : Quand le climat nous pousse à changer d'être*. Édité par les Presses Universitaire du Septentrion dans la collection Environnement et société, France 2010.

[2] SOLOMON S., D. QIN, M. MANNING *et al.*. *Résumé technique, Changements climatiques : Les éléments scientifiques*. Contribution du groupe de travail I au quatrième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques. Cambridge University Press, Royaume-Uni et New York, NY, Etats-Unis d'Amérique. GIEC 2007.

[3] JEAN-LOUIS Fellous, Catherine GAUTIER PETIT. *Comprendre le changement climatique*. Edition Odile Jacob. Paris, Août 2007. ISBN-978-2667381-1845-5.

[4] SOLOMON, S. D. QIN, M. MANNING *et al.* GIEC, *Bilan 2007 des changements climatiques : Les éléments scientifiques*. Contribution du Groupe de travail I au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat. Cambridge University Press, Royaume Uni et New York, Etats-Unis, GIEC 2007.

[5] THOMAS F. Stocker, Dahe QIN *et al.*. *Éléments scientifiques*. Contribution du Groupe de travail I au cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, Changements climatiques. GIEC, 2013.

[6] FRANÇOIS-XAVIER Dussud, Florine WONG, Jérôme Duvernoy *et al.* *Chiffres clés du climat France et Monde*. Consulté en 2015. Disponible à l'adresse : [www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr](http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr) [www.cdclimat.com/recherche](http://www.cdclimat.com/recherche). Édition 2015.

[7] WILIAM M. Ciesla. *Le changement climatique, les forêts et l'aménagement forestier : aspects généraux*. Etude FAO, Forêts 126, Rome 1997. ISBN 92-5-203664-4.

**Partie I Pollution Atmosphérique**  
**Chapitre 1 Le Changement Climatique**

---

[8] PACHAURI R. K. REISINGER. *Bilan 2007 des changements climatiques*. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, GIEC, Genève, 2007.

[9] MARTIN L. Cloutier et Christian DEBRESSON. ERIK DietzEnbachek. *Changement climatique, flux Technologiques, Financiers et commerciaux*. Edition Presse de l'université du Québec, 3<sup>ème</sup> trimestre 2004.

[8] MICHEL Petit. Odile JACOB. *Comprendre le changement climatique*, ISBN-978-2667381-1845-5. Août 2007.

[10] BORUNO Sportisse. *Pollution atmosphérique : Des processus à la modélisation*. Édition Springer Verlag, France. ISBN 978-2-287-74961-2, Paris 2008.

## **I. Introduction**

La combustion est un phénomène extrêmement répandu dans la nature, et c'est grâce à elle, en majeure partie, que l'activité humaine a pu se développer jusqu'à ce jour. Dans l'antiquité et jusqu'au moyen âge, le feu était même considéré comme l'un des quatre éléments de base dont l'univers entier était constitué. Mais qu'est-ce que c'est le feu, qu'est-ce que c'est la combustion, qu'est-ce que c'est une flamme ? Il a fallu assez longtemps, dans l'histoire de la connaissance scientifique, pour le comprendre. A l'heure actuelle, de nombreux dispositifs industriels en tirent parti, mais quelquefois leur maîtrise parfaite fait encore défaut. Ces difficultés de compréhension viennent du fait que plusieurs phénomènes physiques et chimiques assez différents interviennent conjointement, et de façon couplée, dans ce que l'on appelle le feu. [1]

A la base de ces phénomènes, se trouve d'abord un aspect chimique : et il ne s'agit pas d'une seule réaction chimique, mais de nombreuses réactions chimiques qui ont lieu simultanément pendant les processus de combustion. Il existe différents types de réactions de combustion, dépendant essentiellement des produits réactifs mis en jeu. Le premier aspect du feu est donc un aspect chimique ; c'est celui-ci qu'on appelle maintenant plus précisément combustion. [1]

Une combustion est une suite de réaction physico-chimique qui se produit lors de l'oxydation d'un composé appelé Carburant (ou Combustible) par un oxydant appelé Comburant. Une combustion peut être explosive si les réactifs sont dans les proportions stœchiométriques, l'amorce d'une combustion nécessite une source d'énergie telle qu'une étincelle ou frottement. L'absence totale de l'un de ces réactifs entraîne l'arrêt d'une combustion. Cette réaction chimique est exothermique et donne un produit de résidu. [2]

La combustion s'effectuant très fréquente à pression constante, l'énergie de combustion apparaît sous la forme d'une variation d'enthalpie  $\Delta H$ . [3]

## **II. Caractérisation d'un milieu réactionnel**

Les combustions sont des réactions mettant en jeu deux éléments : le comburant (Oxydant) et le combustible (réducteur) dont l'ensemble constitue le milieu réactionnel. Dans la majorité des combustions industrielles, les systèmes réactionnels sont constitués [4] :

- D'un combustible sous forme de charbon, d'hydrocarbures liquides ou gazeux, de Gaz de sidérurgie.
- D'un comburant sous forme d'Air, d'oxygène ou d'air suroxygéné.

Dans la plupart des applications techniques, combustible et comburant sont des espèces distinctes qu'il faut amener en contact ou mélanger pour préparer la combustion.

Pour écrire les équations de combustion ou établir des bilans massiques exprimant la conservation des espèces chimiques, il est nécessaire de connaître :

- D'une part, la nature du combustible et celle du carburant à travers leur formulation chimique ou leur analyse élémentaire ;
- D'autre part, les proportions relatives de ces deux réactifs dans le milieu réactionnel.

### **III. Formulation des réactifs**

#### **III.1. Combustible**

D'une manière générale le combustible conventionnel de type industriel ou domestique est un mélange complexe de composés organiques divers dans lesquels on retrouve les éléments chimiques suivants : Carbone : C = 12 ; Hydrogène H = 1 ; Oxygène O = 16 ; Azote : N = 14 et le Soufre : S = 32.

Ainsi d'une manière formelle, une combustion pourrait être représentée par la formule chimique globale :  $C_n H_m O_p N_q S_t$

En dehors des Hydrocarbures purs du type  $C_n H_m$  les combustibles sont connus plutôt par leur composition pondérale (cas des liquides et solides) ou volumiques (cas des Gaz). On entend par hydrocarbures purs les composés hydrocarbonés exclusivement constitués de carbone et d'hydrogène. Les quatre grandes familles Hydrocarbures sont les suivants [4] :

- Série des paraffines à chaîne ouverte saturé,
- Série des paraffines à chaîne fermée saturé,
- Série des oléfines,
- Série des aromatiques.

### **III.2. Comburant**

D'une manière générale, un comburant de type industriel est constitué d'Oxygène plus en moins dilué d'Azote. Il répond à la formule Générale :  $O_2 + x N_2$

Notons que le fait d'écrire cette formule implique qu'on manipule (1+ X) volumes (mol ou Nm<sup>3</sup>). Trois cas se présentent :

Si  $x = 0$  : on est en présence d'oxygène pur.

Si  $x = 3,78$  : on est en présence d'air atmosphérique qui répond à la combustion approximative suivante :  $O_2 = 20,9 \%$  et  $N_2$  volumique soit  $O_2 = 23,1 \%$  et  $N_2 = 76,9 \%$  massique.

Si « x » est inférieur à 3,78 : on est en présence d'air enrichi en oxygène ; ainsi un comburant comportant 30 % en volume d'oxygène correspond à la formule ( $O_2 + 2,33 N_2$ ). L'énorme majorité des combustions de type industriel et domestique font appel à l'air atmosphérique pour comburant. Mais certaines utilisations requièrent l'emploi d'oxygène ou d'air enrichi en oxygène [4].

### **III.3. Proportions relatives entre combustible et comburant [2 et 4]**

La nature des réactifs étant définie, il est nécessaire pour caractériser le milieu réactionnel de préciser sa composition, c'est-à-dire les quantités relatives de combustible et de comburant en présence. L'expression  $\emptyset$

$$\emptyset = (\text{combustible/Comburant}) \text{ vrai} / (\text{combustible/Comburant}) \text{ Stœchiométrique} \quad (1)$$

$$\emptyset = (\text{combustible/Comburant}) \text{ vrai} \times (\text{Comburant /combustible}) \text{ Stœchiométrique} \quad (2)$$

Définit la richesse du milieu réactionnel,

Si  $\emptyset = 1$ , on est en présence d'un mélange Stœchiométrique.

Si  $\emptyset > 1$ , on est en présence d'un mélange riche (on est riche en combustible mais on a un défaut de comburant).

Si  $\emptyset < 1$ , on est en présence d'un mélange pauvre (on est « pauvre » en combustible, mais on a un excès de carburant).

## Partie I Pollution Atmosphérique.

### Chapitre 2 Généralités sur la combustion

---

Un procédé commode consiste à comparer le rapport (combustible/ Comburant) à un rapport de référence, dit **rapport Stœchiométrique**. Ce rapport traduit le fait que le combustible se trouve en présence de la quantité de comburant minimale théorique nécessaire pour l'oxyder complètement.

Dans l'exploitation des fours et chaudières, on utilise la notion « excès d'air », dans la pratique industrielle, les réglages de combustion s'effectuent dans une gamme d'excès d'air allant de quelques 10 à 40 %. Le besoin d'économiser l'énergie amène à abaisser l'excès d'air (l'abaissement de l'excès d'air réduit la quantité des gaz à évacuer et relève la température de combustion). Mais ce type de réglage doit s'opérer sans déranger la qualité de combustion. Pour un générateur et un équipement de chauffe donné, il existe en effet un excès au-dessous duquel on risque de provoquer la formation d'imbrulés solides en quantités suffisamment accéléré des échangeurs et une pollution de l'atmosphère.

Le domaine de très faible excès d'air inférieur à 5 %, ne peut être envisagé que sur des très grosses installations possédant des brûleurs de haute qualité pilotés par des chaînes de régulation mesureuses avec un personnel hautement qualifié.

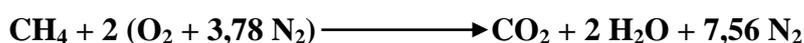
Par contre dans le procédé de synthèse où l'on cherche à valoriser chimiquement les combustibles, les combustions se déroulent en milieux très riches.

#### III.4. Mélange stœchiométrique

Ce terme exprime le fait que dans le milieu réactionnel, la quantité de comburant utilisée est telle que s'y trouve présente la quantité d'oxygène strictement nécessaire pour conduire théoriquement à l'oxydation complète du combustible. L'équation fondamentale de la combustion [5]:



La combustion stœchiométrique du Méthane CH<sub>4</sub> dans l'oxygène pur d'une part, et dans l'air d'autre part, s'écrit respectivement [3] :



Dans le premier cas, nous avons 1 volume de CH<sub>4</sub> est en présence de 2 Volumes de O<sub>2</sub>.

Dans le deuxième Cas, on a encore 2 volumes de O<sub>2</sub>, mais dilués par 7,56 volumes de N<sub>2</sub>.

$$(O_2/CH_4)_{\text{stœchiométrique}} = 2 \text{ Nm}^3 / 1 \text{ Nm}^3 = 4 \text{ kg/Kg,}$$

(Air / CH<sub>4</sub>) stœchiométrique = 9,56 Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup> = 17,31 kg/Kg.

Dans les conditions TPN,  $\rho_{O_2} = 1,428 \text{ Kg/Nm}^3$ ,  $\rho_{\text{Air}} = 1,293 \text{ Kg/Nm}^3$  et  $\rho_{CH_4} = 0,714 \text{ Kg/Nm}^3$ ,

Pour un hydrocarbure pur C<sub>n</sub> H<sub>m</sub> on aura :

$$(O_2 / C_n H_m)_{\text{stœchiométrique}} = n + \frac{1}{4} m \quad (\text{Nm}^3/\text{Nm}^3)$$

$$(\text{Air} / C_n H_m)_{\text{stœchiométrique}} = (n + \frac{1}{4} m) \times 4,78 \quad (\text{Nm}^3/\text{Nm}^3)$$

Le rapport stœchiométrique est communément appelé comburant théorique. Dans le cas où le comburant est l'air le cas de notre étude au niveau de la zone industrielle d'Arzew Oran, l'air théorique est également désigné par l'expression **pouvoir comburivore**.

#### **IV. Pouvoir comburivore**

Le pouvoir comburivore d'un combustible est la quantité d'air qu'il est nécessaire de lui fournir pour en assurer la combustion complète, et neutre stœchiométrique, c'est-à-dire sans excès d'air. Autrement dit c'est la quantité d'air comburant nécessaire et suffisante pour brûler 1 Kg de combustible solide ou liquide (pour les gaz le pouvoir comburivore est apporté au mètre cube normal de combustible).

Nous désignons P<sub>a</sub> le pouvoir comburivore exprimé en Kg d'Air par Kg de combustible et V<sub>a</sub> pouvoir comburivore exprimé en Nm<sup>3</sup> d'air [5].

#### **V. Pouvoir fumigène**

Le pouvoir fumigène est la quantité de produit de combustion gazeux émise par la combustion stœchiométrique théorique de l'unité de volume ou de masse de combustible. Autrement dit c'est la quantité de fumée produite par la combustion neutre d'un Kg de combustible solide ou liquide ou 1 m<sup>3</sup> de gaz.

Le pouvoir fumigène s'exprime [5] :

- En Nm<sup>3</sup> de produit de combustion ou fumée par Nm<sup>3</sup> de combustible gazeux ;
- En Nm<sup>3</sup> de fumée par Kg de combustible liquide ou solide.
- En Kg de fumée par Kg de combustible.

### **V.1. Pouvoir fumigène humide**

L'eau produit par la combustion est à l'état vapeur. C'est la quantité réelle de produits gazeux qu'il faudrait évacuer au cours d'une combustion théorique bien que, par définition le volume soit ramené aux conditions TPN [5].

### **V.2. Pouvoir fumigène sec**

L'eau produite par la combustion est supposée condensée. Dans ces conditions, on ne tient compte que des produits gazeux CO<sub>2</sub> et N<sub>2</sub> [5].

## **VI. Gaz carbonique total et teneur maximale en CO<sub>2</sub>**

Le gaz carbonique total, appelé souvent par les « Gaziers » carbone total, est le volume (en Nm<sup>3</sup>) de l'anhydride carbonique résultant de la combustion complète de 1 Nm<sup>3</sup> de combustible gazeux ou de 1 Kg de combustible liquide ou solide. Son symbole est V<sub>CO<sub>2</sub></sub>.

Cette grandeur, très importante à connaître dans la pratique du chauffage industriel, est liée à la nature du combustible qu'à celle du comburant [5].

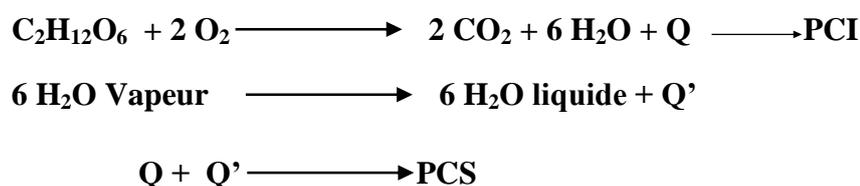
## **VII. Vapeur d'eau totale**

Cette grandeur, appelée souvent hydrogène total, caractérise le volume de la vapeur d'eau formée au cours de la combustion complète de 1 Nm<sup>3</sup> de combustible gazeux ou de 1 Kg de combustible liquide ou solide. Son symbole est V<sub>H<sub>2</sub>O</sub>.

V<sub>H<sub>2</sub>O</sub> est une caractéristique intrinsèque du combustible ; elle est utilisée pour calculer le point de rosée humide des fumées.

## **VIII. Pouvoir calorifique d'un combustible**

La chaleur produite par la combustion d'une masse de 1 Kg de combustible est appelée « pouvoir calorifique » celui-ci exprimé en MJ/Kg, se mesure de deux façons: le pouvoir calorifique supérieur (PCS) et le pouvoir calorifique inférieur (PCI). L'écart entre PCS et PCI tient compte ou non de la chaleur de l'eau (quantité de chaleur associée au changement d'état de vapeur liquide).[6]



L'écart PCS/PCI est couramment de l'ordre de 10 %. Selon le type de la chaudière, cette chaleur latente peut être récupérée en partie plus au moins importante lors de la combustion. Pour simplifier, nous nous baserons sur une valeur dite moyenne [6].

Le pouvoir calorifique d'un combustible (ou d'un carburant) est l'énergie (par unité de masse) libérée par sa combustion à pression constante et dans les conditions normales de température et de pression, c'est-à-dire 0 °C et 1013 mbar) [2].

Le pouvoir calorifique (PC) industriel est par définition le nombre de Kcal produit par la combustion complète avec de l'air, dans un calorimètre maintenu à 25 °C sous la pression atmosphérique, d'un Kg de combustible pour solides, d'un Kg, d'un litre ou d'un mètre cube, suivant les spécifications, pour les liquides et les Gaz. On distingue deux pouvoirs calorifiques.

### **VIII.1. Le pouvoir calorifique inférieur (PCI)**

C'est l'énergie (par unité de masse) libérée par la combustion d'un combustible, les fumées contenant de l'eau vapeur [2] :

$$\Phi = m_{\text{Combustible}} * \Phi_{\text{PCI}}$$

- $\Phi$  : énergie fournie sous forme de vapeur par la combustion [Joule],
- $m_{\text{Combustible}}$  : masse du combustible (carburant) en [Kg],
- $\Phi_{\text{PCI}}$  : pouvoir calorifique inférieure [Joule \* Kg<sup>-1</sup>].

### **VIII.2. Le pouvoir calorifique supérieur (PCS)**

C'est l'énergie (par unité de masse) libérée par la combustion d'un combustible à laquelle vient s'ajouter l'énergie libérée par la condensation de la vapeur d'eau des fumées [2].

Donc il représente la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de l'unité de masse (combustibles solides ou liquides) ou de volume (combustibles Gaz) de ce combustible, les éléments de combustion (combustion et air comburant) étant pris initialement dans les conditions dites Normale de température et de pression (0 °C et 1013 mbar). La thermodynamique permet de calculer quelle énergie peut être récupérée lors de la condensation de l'eau présente dans les fumées [2].

On obtient aussi l'expression suivante :

$$\Phi' = \Phi + m_{\text{Eau}} * L_v$$

$\Phi'$  : énergie libérée sous forme de chaleur par le combustible [Joule]

$m_{\text{Eau}}$  : masse d'eau produite lors de la combustion [Kg]

$L_v$  : chaleur latente de vaporisation d'eau [Joule \* Kg<sup>-1</sup>] égale 2,26 Joule\* Kg<sup>-1</sup>

**IX. Chaleur de combustion**

La thermodynamique nous indique que la chaleur de combustion, repérée dans les conditions standards par le symbole  $\Delta H^\circ_{298}$ , est égale à la différence entre les chaleurs de formation des produits et celle des réactifs. Dans l'industrie, cette chaleur de combustion n'est autre que le pouvoir calorifique (Cp).

- Conséquences du premier principe : chaleur dégagée, enthalpies de formation. Une réaction chimique peut dégager ou consommer de la chaleur. Par convention, cette chaleur est considérée comme négative dans le premier cas comme positive dans le second. Elle est donc négative pour une réaction de combustion.
- L'énergie de combustion est la différence entre la somme des énergies de formation des produits finaux et la somme des énergies de formation des produits initiaux, les produits finaux étant au préalable ramenés aux conditions normales de température et de pression [3].

Pour un mélange en proportion stœchiométrique, ceci s'écrit :



**Références Bibliographiques du chapitre**

- [1] RELAND Borghi, Michel DESTRIAU. *La combustion et les flammes*. Edition Technip Paris 1995, ISBN 2-7108-0684-3.
- [2] PIERRE-FRANÇOIS Thomas. *Précis de physique et chimique 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> Année*. Edition Breal. ISBN 13 : 978-2-7495-0591-6, 2006.
- [3] MONNOT G. *La combustion dans les fours et les chaudières*. Edition Technip. ISBN 2-7108-0320-8, 1978.
- [4] EDMOND Perthuis. *Combustion industrielle*. Edition Technip. Paris ISBN 2-7108-0438-7, 1983.
- [5] MAUSS F. *Les combustibles liquides : spécifications, réglementations, utilisations*. Edition Technip, 1963.
- [6] WAUGUIER J.P. *Le raffinage du pétrole, pétrole brut, produits pétrolier, schémas de fabrication*. Edition Technip, Paris, ISBN 2-7108-0668-1, 1994.

## **I. Introduction**

L'Algérie est un pays de la zone subtropicale du Nord-Africain. Son climat est très différent entre les régions (Nord-Sud, Est-Ouest). Il est de type méditerranéen sur toute la frange nord qui englobe le littoral et l'atlas tellien (étés chauds et secs, hivers humides et frais), semi-aride sur les hauts plateaux au centre du pays, et désertique dès que l'on franchit la chaîne de l'atlas saharien[1].

Durant l'été, le mois le plus chaud, en Algérie, est Août[2]. Au sud, Algérien le climat est sec. Le Sahara est une région très ventée et aride. Les amplitudes thermiques sont généralement considérables à cause des variations de températures et aussi extrêmement élevées pendant le jour et très basses durant la nuit. En Algérie, le temps est généralement ensoleillé, il avoisine 3650 heures de soleil par année[3 et 4]. Différentes sources de données permettent de caractériser le climat en Algérie [5] :

- Les données de 1913– 1938 publiées dans «Le climat de l'Algérie» par Seltzer (1946).
- Les données de 1926–1950 des stations sahariennes publiées dans «Le climat du Sahara» par Dubief (1950–1963).
- Les données de 1913–1961 publiées dans la notice de la carte pluviométrique de l'Algérie septentrionale, établie par Chaumont et Paquin (1971).
- La carte pluviométrique publiée (1993) par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH). Les données actuelles publiées par l'Office National de la Météorologie.

La zone d'étude (Oran/Arzew) est à la proximité de la mer, sa topographie et son altitude, la région littorale d'Oran a un climat tempéré, subtropical méditerranéen. Il se caractérise par un été sec qui dure de trois à quatre mois, et des hivers doux et humides. Dans un contexte plus général, cette zone est décrite comme étant aride/semi-aride.

Les données météorologiques (statistiques climatologiques pour la période : 1985-2007) sont fournies par le Centre Climatologique National (CCN) ; elles proviennent de la station d'Arzew dont les coordonnées sont [6] : Latitude : 35°49'N Longitude : 00°16'W Altitude : 3 mètres.

Le climat de la région d'Oran est évidemment du type littoral méditerranéen à influence marine directe. Brouillards et brumes et un degré hygrométrique élevé toute l'année, caractérisent le climat de la région où les pluies sont relativement plus abondantes que sur l'intérieur (l'arrière-pays).

Le climat de cette zone se caractérise par quatre saisons distinctes l'hiver, le printemps, l'été et l'automne :

- La période allant du mois d'octobre au mois de mai, les températures enregistrées sont clémentes;
- Période sèche s'étendant de juin à septembre, juillet et août étant presque absolument secs et chauds.

## **II. Les températures**

Elle correspond à un élément fondamental en Océanographie. Ce facteur contrôle en surface l'intensité des échanges mer-atmosphère et conditionne largement et significativement l'écologie des systèmes marins et côtiers.

En Algérie les températures sont variables entre le jour et la nuit dans le Sahara au Sud. Le thermomètre indique des variables entre 40 °C le jour et 5 °C la nuit. Par contre, le Nord a un climat méditerranéen. En été, les températures sont élevées[7].

Les températures moyennes estivales et hivernales se situent entre 25 °C et 11 °C[8].

Les différentes mesures, effectuées au cours du programme de la réalisation de l'Atlas mondial sur l'Hydrologie de la Méditerranée (Guibout, 1987), ont largement contribué à une compréhension directrice des fluctuations thermiques observées au-dessus du plateau continental algérien[9 et 10].

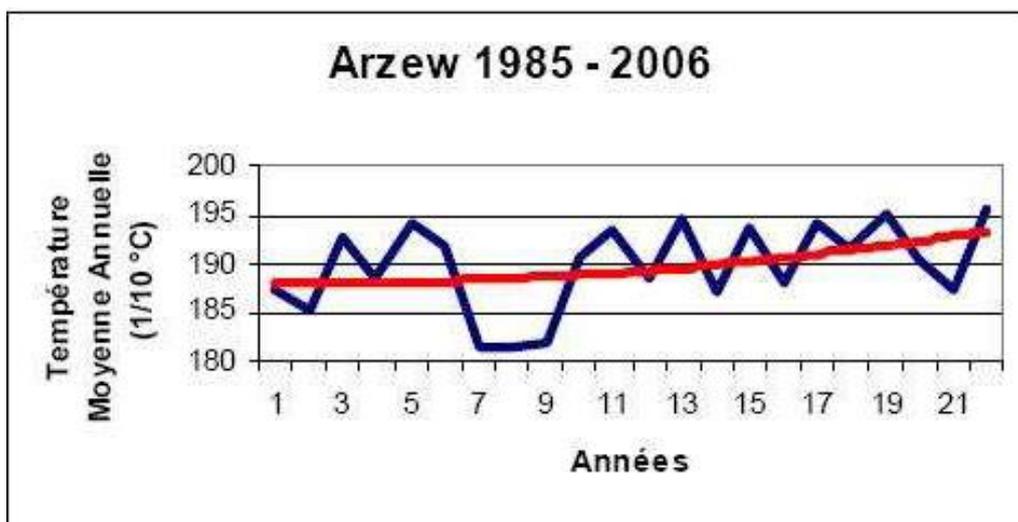
Les années modèles obtenues le long du littoral et au-dessus du plateau continental et les moyennes mensuelles montrent que :

- Une décroissance de la température de septembre à février
- Une valeur minimale en décembre-janvier ( $T_P = 6-8$  °C)
- Une augmentation du mois de mars au mois de juin
- Un maximum de juin à août ( $T_P = 25-28$  °C).

A Arzew, la moyenne de température annuelle est de 19,0°C entre 1985 et 2006.

La **Figure 3.1** représente la variation interannuelle de la température moyenne, une hausse significative de la Température moyenne est à signaler à partir des années 90.

La température minimale la plus basse enregistrée au cours de cette période à la station d'Arzew est de 0,6 °C alors que le maximum observé est de 42,5 °C. Les températures moyennes mensuelles peuvent osciller entre 18°C en janvier et 37°C en août



**Figure 3.1:** Variation interannuelle de températures sur Arzew[6].

La côte d'Arzew est le siège de deux épisodes froids marqués, avec une remontée intense en décembre et février, et un autre moins actif en avril.

### III. Les précipitations

En Algérie les précipitations sont caractérisées par une variabilité spatio-temporelle très marquante. La tranche de pluie annuelle décroît à mesure que l'on avance vers le sud et tombe à moins de 100 mm au sud de l'atlas saharien, cette valeur étant habituellement considérée comme marquant le début du désert.

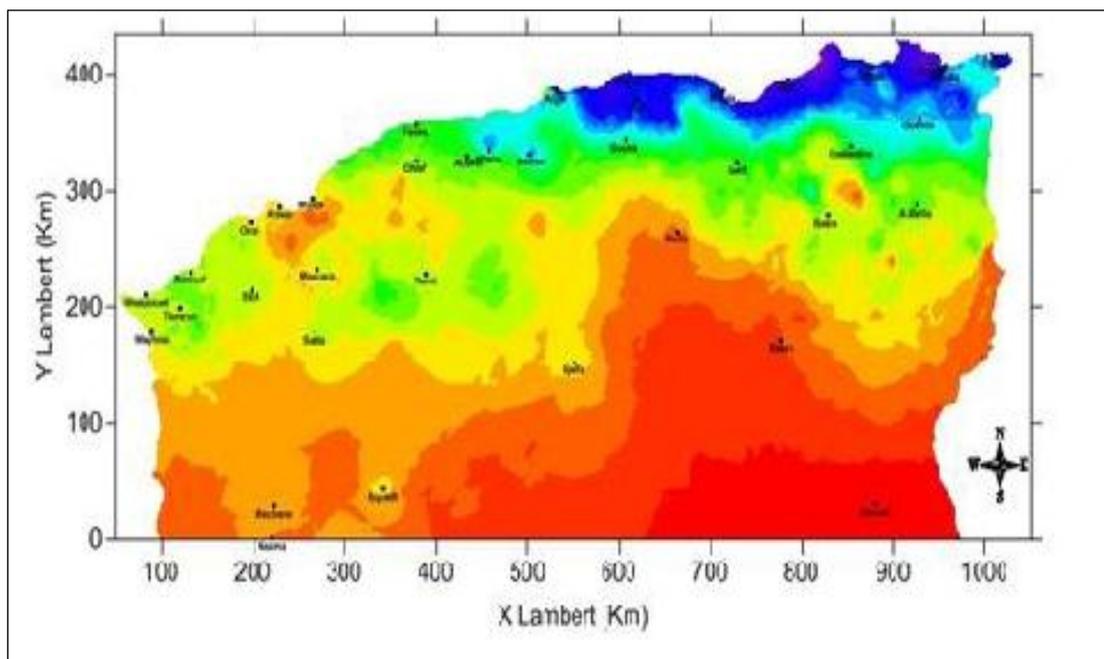
A la décroissance des pluies du Nord au Sud se superpose une décroissance de l'Est à l'Ouest.

Les bordures Nord Centre et Est reçoivent en moyenne des quantités annuelles de

précipitations variant entre 600 et 1150 mm. Elles sont de ce fait plus arrosées que le reste du pays.

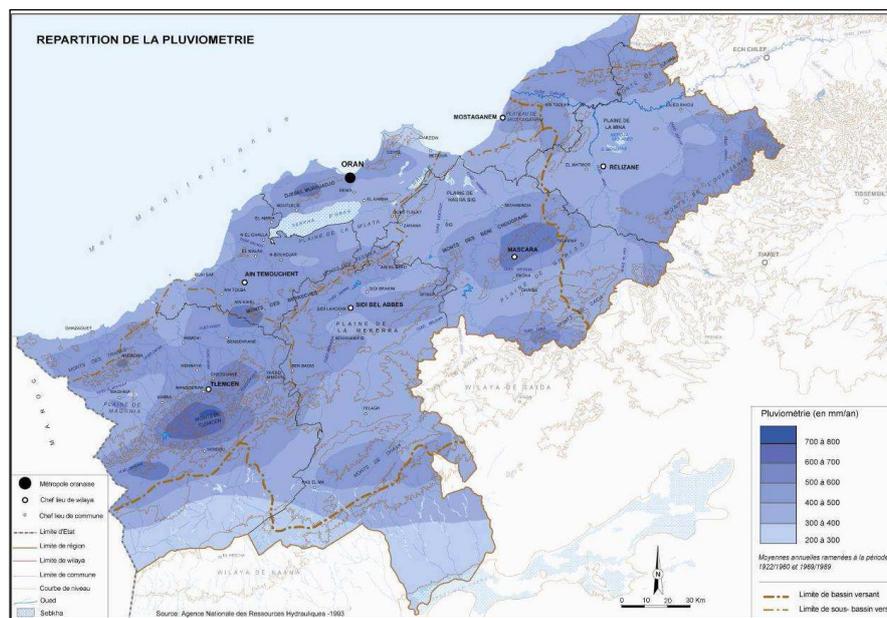
Les bordures Nord-Ouest enregistrent des totaux annuels moyens de l'ordre de 250 à 500 mm, voir la carte pluviométrique annuelle de l'Algérie du Nord **Figure 3.2**[1].

Les résultats des études effectuées (Djellouli et Daget, 1993) ont montré que depuis 1881, l'Algérie a subi deux périodes de sécheresse : entre 1943 au 1948 et la deuxième est celle que nous subissons depuis 1980[11].



**Figure 3.2:** Carte Pluviométrique annuel (mm) de l'Algérie du Nord projection Lambert Nord, (M. Mahmoud, ONM 2012). Algérie Mise à jour le lundi 17 décembre 2012[1]

Dans la région d'Oran les précipitations sont très variables sur une année et d'une année sur l'autre. Ces variations s'expliquent par l'existence d'importants gradients de précipitations dans le pays. Un gradient de précipitations longitudinal (Djellouli, 1990) explique que les pluies augmentent en allant d'Ouest en Est (450 mm/an à Oran plus de 1000 mm/an à Annaba) [5], ci-après la **Figure 3.3**.



**Figure 3.3:** Répartition de la pluviométrie dans la wilaya d'Oran et ses environs [6].

Au Nord-Ouest de l'Algérie, pendant les mois d'été, les précipitations deviennent rares voire inexistantes, et le ciel est lumineux et dégagé. L'anticyclone subtropical recouvre la région Oranaise pendant près de quatre mois. En revanche la région est bien arrosée pendant l'hiver. Les faibles précipitations (294mm de pluie et leur fréquence 72 jours par an) sont aussi caractéristiques de ce climat[4].

Une grande variabilité est remarquée sur la répartition interannuelle des précipitations sur la région d'Arzew (voir la courbe ainsi que l'histogramme **Figure 3.4** et **3.5**). Les précipitations moyennes mensuelles peuvent varier de 1 mm d'eau en saison sèche à environ 80 mm en période hivernale.

La série pluviométrique 1985 – 2006 donnent Les statistiques pluviométriques suivantes :

- Moyenne : 284 mm,
- Valeur maximale : 464 mm (2001),
- Valeur minimale : 200 mm (1988),
- Ecart-type : 58 mm.

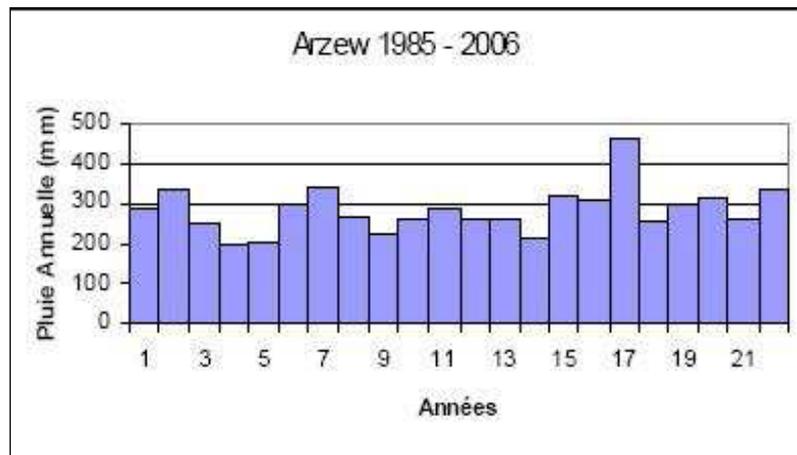


Figure 3.4 : Répartition inter annuelle des précipitations sur Arzew [6].



Figure 3.5 : Répartition inter annuelle des précipitations sur Arzew [6]

#### IV. Régime des vents

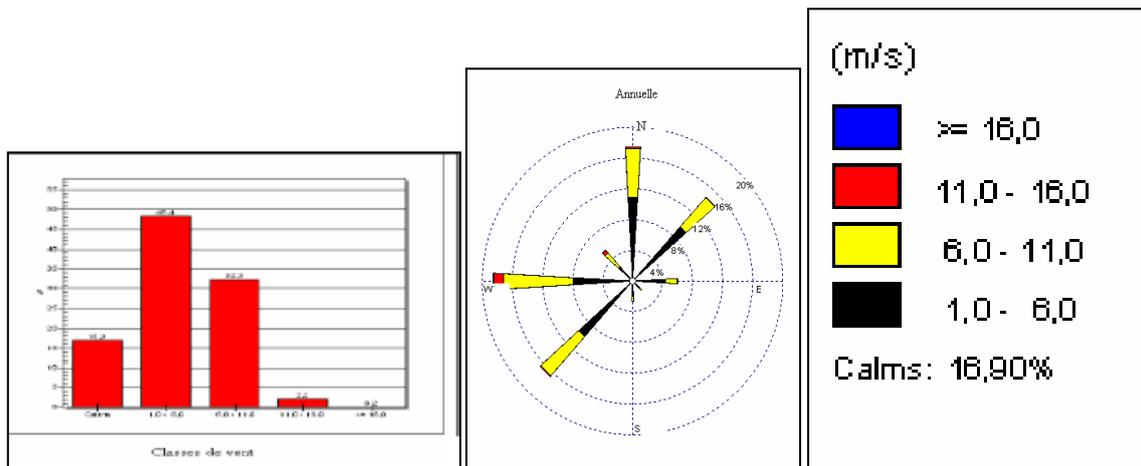
Les vents sont très variables au Nord et au Sud d'Algérie. Les forces éoliennes ne dépassent pas les 120 km/h. Au Sud, ils déplacent chaque année entre 60 et 200 millions de tonnes de poussières dans l'air. Ils soulèvent de (10 à 20 millions de tonnes de sable[11 et 4]). En été, le sirocco un vent très sec et très chaud (dit le Chehili ou Chili), se dirige du sud vers le nord.

##### Rose de vent

A l'échelle annuelle, on peut dire que les vents dominants sont de secteurs Ouest, Sud - Ouest, Nord et Nord Est. Environ 2% des vents sont compris entre 11 et 16 m/s, 10% sont

compris entre 6 et 11 m/s et 8% sont compris entre 1 à 6 m/s. les vitesses du vent les plus fréquentes sont celles qui sont comprises entre 1 et 6 m/s. les vitesses comprises entre 6 et 11 m/s occupent la deuxième position, voir **Figure 3.6**.

La rose de vent représente la distribution de quatre classes de vent selon huit directions. L'histogramme de fréquences des classes de vitesse représente la distribution fréquentielles des quatre classes de vitesse.



**Figure 3.6 : Rose des vents annuelle, période 1985 – 2007 [6]**

### **Etude du vent Max**

L'Etude est basée sur la série des vitesses du vent max journalier mesurées à la station d'Arzew pendant la période 1985-2007. L'ajustement des vitesses du vent max journalier au modèle de la loi de Gumbel nous permet d'extrapoler pour des périodes de retour de plus de 10 ans. L'application de la loi de Gumbel à la série de données des vents max journaliers mesurés à la station d'Arzew nous a permis d'aboutir aux résultats suivants :

- Les données des vitesses du vent max journalier s'ajustent à la loi de Gumbel, les points de mesure ne s'éloignent pas beaucoup de la droite d'ajustement (**Figure 3.7**)
- Les vitesses du vent max journalier pour des temps de retour de 2 ans, 5 ans, 10 ans et 20 ans sont représentées sur le **Tableau 3.1** en annexe 2.
- Par exemple, un vent max d'une vitesse de 33 m/s a une durée de retour de 20 ans (ce vent peut revenir tous les 20 ans comme il peut ne pas revenir).

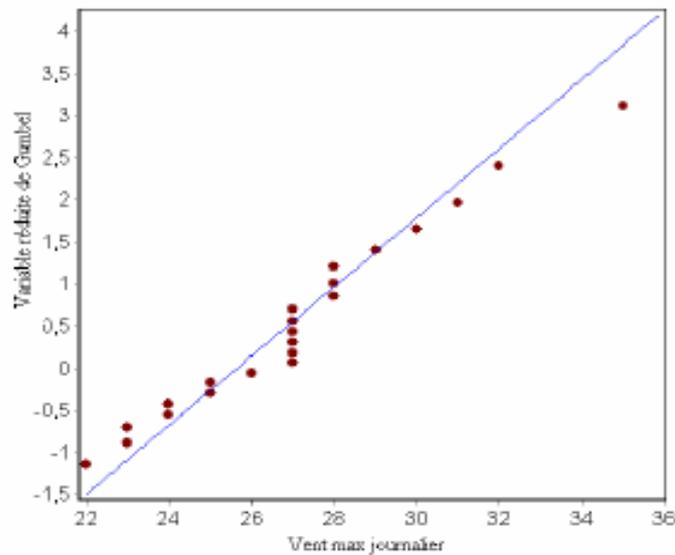


Figure 3.7: Ajustement du modèle Gumbel aux données de vent max quotidien [5]

V. Etude Fréquentielle des orages (1990-2007)

L'étude est faite sur la base du nombre mensuel de jours d'orage calculé sur la période 1989-2007(données manquantes de 1985 à 1988)[6].

Tableau 3.2: Proportion des mois ayant enregistré mois de 5 et 10 jours d'orage.

Mois	Proportion mensuelle des jours d'orages $\leq 5$ jours (%)	Proportion mensuelle des jours d'orages $\leq 10$ jours(%)
Janvier	100	100
Février	100	100
Mars	100	100
Avril	100	100
Mai	100	100
juin	100	100
Juillet	100	100
Aout	100	100
Septembre	95	100
Octobre	89	100
Novembre	100	100
Décembre	100	100

De l'analyse du **Tableau 3.2** donnant la proportion des mois qui ont connu un nombre mensuel d'orage inférieur à 5 et 10 jours à la station d'Arzew, il en ressort :

- Tous les mois de Janvier à Août et de Novembre à Décembre ont connu au plus 5 jours d'orage (Nombre de jours par mois inférieur ou égal à 5 jours).
- 95% des mois de Septembre ont connu au plus 5 jours d'orage.
- 89% des mois d'octobre ont connu au plus 5 jours d'orage.
- Tous les mois de Janvier à Décembre ont connu moins de 10 jours d'orage.

## **VI. Autres facteurs climatiques**

### **Bouillard**

Le nombre moyen de jours de brouillard à Oran par an est de 61, voir en annexe 1 le **Tableau 3.3[6]**.

### **Humidité**

La zone côtière de l'Oranais se caractérise par une humidité relative de plus de 60% tout le long de l'année. L'humidité annuelle moyenne de la zone d'étude est de 76%, avec une moyenne de minimums de 70 % et une moyenne des maximums de 80 %. Une synthèse figure dans le **Tableau 3.4**.

Le **Tableau 3.4** synthétise des relevés météorologiques des températures et précipitations de la région côtière Algérienne [12, 13 et 14].

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température minimale moyenne (°C)	0,1	3	5	9	12	15	17	19	14	11	6	-1,3	<b>11,5</b>
Température maximale moyenne (°C)	12	13	16	18	23	26	27	29	26	23	16	10	<b>17,2</b>
Record de chaleur (°C)	24,4	30	28,8	37,2	38,8	41,6	41,1	47,2	44,4	37,7	31,1	24,4	<b>47,2</b>
Précipitations (mm)	112	84	74	41	46	15	1	5	41	79	130	137	<b>764</b>
Nombre de jours avec précipitations	12	8	5	6	3	3	2	2	3,2	2	10	14	<b>70</b>

**Références Bibliographiques**

- [1] Office National de la Météorologie. Consulté le 17/09/2015. Disponible à l'adresse : <https://www.google.dz/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#>.
- [2] AZIKA KHARCHI. *Etude énergétique de chauffage, rafraichissement et eau chaude sanitaire d'une maison type en Algérie*. Thèse de doctorat en physique énergétique et matériaux, Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen. Soutenue le 01/07/2013.
- [3] Journal Officiel de l'Algérie, N° 61, 49<sup>ème</sup> Année. Loi n° 10-02 du 16 Rajab 1431 correspondant au 21 Octobre 2010. Portant approbation du Schéma National d'Aménagement du Territoire.
- [4] Accueil principal géographie de l'Algérie <http://fr.wikipedia.org/wiki/Wikip%C3%A9dia:> (consulté le 24/07/2014).
- [5] NEDJRAOUI D. Rapport FAO 2003, *Profil fourrager*. Année 2003.
- [6] Statistiques climatologiques fournies par le Centre Climatologique National (CCN); station d'Arzew, Office Nationale de Météorologie Algérie, 2008.
- [7] YAHOUAI Dalila. *Impact des variations climatiques sur l'agriculture en Oranie*. Mémoire de Magister en Biologie. Université d'Oran1, Ahmed Benbella, soutenu le 28/06/2015.
- [8] BOURAS D, MATALLAH A., MOUFFOK S. *Evolution bioclimatique et actions de développement sur le littoral occidental Algérien*. Larhyss Journal, pp. 91-104 ISSN 1112-3680, n° 06, Décembre 2007.
- [9] GUIBOUT P. Atlas hydrologique de la Méditerranée, Lab. Océanographie physique, Muséum National d'Histoire Naturelle, Edit. IFREMER et SHOM, France, 1987, 150p.
- [10] BOURAS D, Matallah A., Mouffok S *et al. Evolution bioclimatique et actions de développement sur le littoral occidental Algerien*. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 06, Décembre 2007, pp. 91-104.
- [11] KETTAB A. AIT MOUHOU B D, OUARDA. *Contribution à l'étude du phénomène de la sécheresse sur les régions littorales de l'Algérie*, 57<sup>ème</sup> congrès annuel de l'association canadienne des ressources hydriques : Eau et changement climatique: comprendre pour mieux s'adapter, Montréal, Canada, 16-18 juin 2004.
- [12] ADH.org, disponible à l'adresse : [http://www.adh-human-dignity-action.org/French/monde-et-plus/continents/mp-afrique/m-p-afrique\\_a\\_b/algérie](http://www.adh-human-dignity-action.org/French/monde-et-plus/continents/mp-afrique/m-p-afrique_a_b/algérie).
- [13] Météo France. Consulté en janvier 2014. Disponible à l'adresse : <http://www.meteofrance.com/FR/climat/sation/45.jsp>.
-

[14] Climate zone. Consulté en janvier 2014. Disponible à l'adresse : <http://www.climate-zone.com/climate/algerie/celsius/alger>. Consulté Janvier 2014.

Rapport-Gratuit.com

## **I. Introduction**

En raison de la diversité des sources d'émissions du dioxyde de carbone et les oxydes d'azote à savoir les torches, les chaudières, les turbines à gaz, les fours et les colonnes de décarbonatation. Nous avons procédé, en premier lieu à un bilan atome - atome pour le Carbone et l'Azote au niveau des entrées et sorties des unités de production du Gaz naturel liquéfié GNL, gaz pétrole liquéfié GPL, synthèse d'Ammoniac, synthèse de Méthanol, centrale Electricité et Eau industrielle ainsi que l'énergie employée pour la transformation de ces produits. La zone d'étude a été limitée entre les coordonnées (35°50'26,03''N\_0°18'45,11''O) et (35°48'08,80''N\_0°13'35,95''O).

Les éléments utilisés pour cette évaluation sont, les certificats de qualité du gaz de charge, produits finis certifiés, l'exploitation des enregistrements des débits de gaz de charge et des produits issus des différentes unités additivement à l'exploitation des systèmes de base de données.

La deuxième étape on a procédé à la conversion de ces résultats en équivalent gaz carbonique dioxyde, monoxyde de carbone (CO<sub>2</sub> et CO avec un facteur d'oxydation FO égale à 0.995 s'inspirant de l'Arrêté Français du 31 mars 2008 relatif à la vérification et à la quantification des émissions déclarées dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre pour la période 2008-2012) et des oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>). Ceci nous a permis de tracer des courbes quantitatives des émissions atmosphériques des Gaz CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O et CH<sub>4</sub> avec des incertitudes minimales. Ce travail a été réalisé pour la période allant de 1963 jusqu'à 2014 avec l'estimation des futures émissions des GES en extrapolant jusqu'à l'an 2030, intégrant les nouvelles unités mise en exploitation, les futures projets ainsi et la demande du marché mondial.

Il est à noter qu'il est impossible d'évaluer précisément les émissions des GES par équipement tel que les fours, les chaudières et les torches à cause de la variation des débits, de la composition chimique et du pouvoir calorifique du gaz combustible au niveau de ces équipements. Pour cela nous avons établi un bilan global entrée et sortie par unité de production. L'écart résultant entre ces deux bilans représente l'émission totale des GES. En complément, nous avons réalisé un suivi qualitatif des GES issus du Gaz de combustion au niveau de certaines unités, en réalisant des échantillonnages sur des chaudières et sur les collecteurs des torches.

La partie risques sanitaires a été modestement développée dans notre étude, en effectuant des surveillances et échantillonnages, présent au niveau de cinq points limites des agglomérations avec la zone industrielle. Les résultats qualitatifs et quantitatifs ce travail ont été modélisé par des logiciel, tel que le logiciel ALOA, développé dans les chapitres précédents 5 et 6 [1].

## **II. Détermination de la zone d'étude**

La plateforme d'Arzew s'étale sur une superficie de 2 500 ha. 935 ha sont occupés par des unités de production et service. Plus de 900 ha sont réservés à l'industrie pétrochimique et 400 ha sont réservés aux couloirs techniques de passage de canalisations et câbles entre les unités du pôle, et entre unités et ports gaziers et pétrolier. La plateforme comprend une concentration élevée de complexes de liquéfaction de gaz, de raffinage et de pétrochimie qui génèrent des émissions atmosphériques. Il est a noté le nombre important de capacités de stockage aérien de produits hydrocarbures (GNL, GPL, méthanol, carburants, brut, condensat...) qui sont répartis sur les divers complexes, illustré dans la **Figure 4.1** ci-dessous.

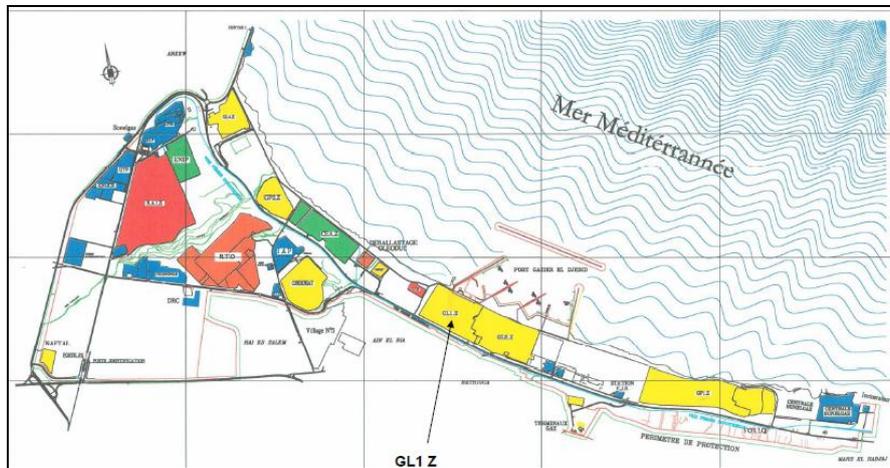
La zone industrielle d'Arzew est caractérisée par un nombre important de points de rejets atmosphériques [2].

Les sources principales de pollution atmosphérique sont les émissions industrielles dioxyde de carbone, particules en suspension additivement aux d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), qui sont précurseurs d'ozone (O<sub>3</sub>), et d'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>) [3].

Au niveau de la zone industrielle d'Arzew, on trouve essentiellement :

- Trois (03) centrales électriques, dont une est combinée à une unité de dessalement d'eau de mer.
- Huit unités de production de gaz naturel liquéfié (GNL), gaz pétrole liquéfié (GPL), Ammoniac, Méthanol et une grande raffinerie. Une unité de fabrication d'hélium appelée HELIOS et une unité de fabrication de l'azote liquide appelée COGIZ.
- Des capacités de stockage aérien d'hydrocarbures d'environ trois millions de tonnes
- Des infrastructures portuaires.
- On cite également plusieurs nouveaux projets réalisés et mis en production le deuxième semestre de 2013 et 2014, à savoir, deux complexes de production d'ammoniac SORFET, AOA et une unité de production de GNL « GL3Z » qui sont

en cours d'exploitation, dont le premier chargement d'un navire méthanier a été réalisé le mois d'Aout 2014.



**Figure 4.1** : Plan de masse de la zone industrielle d'Arzew

### III. Méthodes de calcul adoptée pour l'évaluation quantitative des GES

L'estimation quantitative des émissions de GES ( $\text{CO}_2$  et  $\text{NO}_x$ ) a été réalisée, suivant deux méthodes de calcul:

**La Première méthode** consiste à l'évaluation quantitative de la pollution atmosphérique des GES, on procédant à un bilan de matière entrée et sortie usine. Le bilan est converti en Bilan atomes carbone et azote. Le calcul est spécifique et adapté au procédé de fabrication des unités hydrocarbures et pétrochimiques qui existent dans la zone d'étude. Pour faciliter le travail nous avons mis en place un programme de calcul spécifique pour chaque unité de production, de GNL, GPL, Ammoniac, Méthanol et de l'énergie électrique.

Le programme de calcul spécifique que nous avons élaboré est basé sur les bilans de matière de chaque procédé traité [4]. Nous avons pris en considération les certificats de qualité produits certifiés par le complexe et un organisme tiers habilité, ainsi que l'exploitation des bases de données SISPRO Production et SISPRO Technique laboratoire des unités Sonatrach [5 et 6].

**La Deuxième méthode** consiste à l'exploitation du manque à produire et l'énergie perdue des unités hydrocarbures par rapport au design du procédé. L'Auto Consommation (AC) est un indicateur de pollution atmosphérique fiable. Ce taux est converti en gaz de charge

## Partie I Pollution Atmosphérique

### Chapitre 4 Evaluation des GES issue du pôle d'Arzew

---

qui pourra ensuite être interpréter en Equivalent Pétrole pour valoriser l'énergie perdue ou en **GES** le cas qui sera développé dans notre étude.

L'**AC** est la différence entre les thermies entrantes et les thermies sortantes par rapport à l'énergie entrante en thermie. Elle est généralement quantifiée par le coefficient d'autoconsommation qui exprime le rapport des thermies consommées aux thermies entrantes. Définie par la formule suivante :  $AC = (E-S) / E$ .

Cette deuxième méthode nous a permis de confirmer les résultats de la première méthode d'évaluation citée dans cette étude.

**E** : Energie entrante en thermies,

**S** : Energie sortante en thermies,

**AC** : Autoconsommation du complexe.

L'augmentation de l'**AC** est une conséquence de l'augmentation des gaz de torches et de combustion, due à l'instabilité de la production, les délestages, les déclenchements des unités de production, la surconsommation de la vapeur haute pression, de l'électricité, des fuites de gaz inter boucles de refroidissement, le dégivrage des circuits cryogéniques suite au bouchage par les hydrates de dioxyde de carbone et la gazoline par un gaz naturel chaud dirigé vers la torche et la mauvaise régulation, tous cela favorise l'augmentation de l'**AC** ce qui a comme conséquence l'augmentation des émissions de **GES** et la perte considérable d'énergie.

Pour l'estimation des rejets atmosphérique de CO<sub>2</sub>, nous nous sommes inspirés de la méthodologie décrite dans l'arrêté Français du 31 mars 2008 relatif à la vérification et à la quantification des émissions déclarées dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre pour la période 2008-2012 [7].

Les émissions de CO<sub>2</sub> sont calculées à partir de la quantité de gaz brûlé à la torche [Nm<sup>3</sup>] et de la teneur en carbone du gaz brûlé (CO<sub>2</sub> inhérent inclus), selon la formule :

$$\text{Emissions de CO}_2 = \text{données d'activité} \times \text{FE} \times \text{FO}$$

**FE** = facteur d'émission [tCO<sub>2</sub>/Nm<sup>3</sup>] de gaz torché. En l'absence de données spécifiques pour les sites, nous retiendrons les facteurs d'émission donnés dans l'arrêté :

**Gaz de type H** :  $2.14 \cdot 10^{-3} \text{ tCO}_2/\text{m}^3$ .

**Gaz de type L** :  $1.82 \cdot 10^{-3} \text{ tCO}_2/\text{m}^3$ .

La composition moyenne est un peu plus proche d'un gaz de type **L**. En première approche, à défaut de données plus précises, on appliquera un facteur d'émission moyen de  $1.98 \cdot 10^{-3} \text{ tCO}_2/\text{m}^3$ .

**FO = facteur d'oxydation = 0.995 [8].**

Ce chapitre est consacré aux quatre principaux objectifs, à savoir l'estimation des quantités du Gaz carbonique  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  et  $\text{CH}_4$  émis par les unités de production de la zone industrielle d'Arzew depuis la mise en service des ces unités. Les résultats de ce chapitre sont les données exploités pour la simulation de la dispersion de ces polluants par le logiciel ALOA.

#### **IV. Evaluation des quantités du $\text{CO}_2$ émises par les unités de production de la zone industrielle d'Arzew**

En raison de la diversité des sources d'émissions du dioxyde de carbone soit les torches, les chaudières, les turbines à gaz et les fours, nous avons procédé à un bilan de matière sur le carbone, qui constitue un élément quantifiable, avant de convertir les résultats en équivalant gaz carbonique total.

Tous les gaz carbonique concentrés ou dilués dégagés par les unités industrielles ne sont pas récupérés par les unités à cause de l'absence d'une utilité économique, additivement à l'insuffisance de solution technique sur le sort de ces gaz.

##### **Bilans communs aux complexes de liquéfaction**

Notation des flux :

F-GN : Gaz Naturel à l'entrée complexe.

F-GNe : Gaz Naturel à l'Entrée de la section décarbonatation

F-GNs : Gaz Naturel à la Sortie e de la section décarbonatation

F-GNL : Gaz Naturel liquéfié (produit final)

F-GPL : Gaz de pétrole liquéfié (produits secondaire)

F-C5 : Gazoline (produit secondaire)

F-GP : Gaz Procédé des unités, Boil-off navire et bacs de stockage,

F-G combustible : Gaz combustible vers les chaudières.

F GN utilités : Gaz naturel vers les utilités

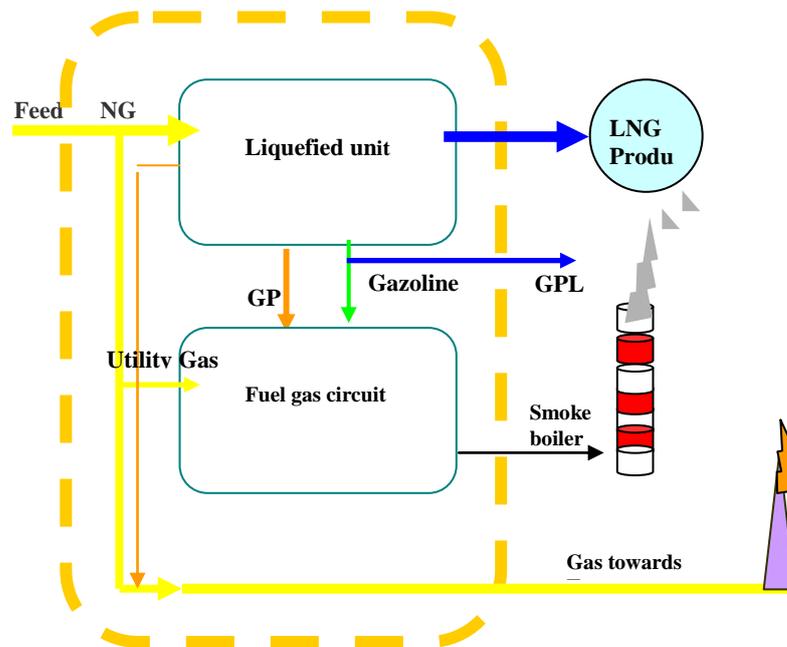
F GN pilote torche : gaz naturel vers flamme pilote des torches.

F G p- torche : Gaz torché en provenance du procédé.

F G torche : gaz torche total

#### IV.1. Evaluation des quantités du CO<sub>2</sub> émises par les unités de production GNL

Ci-dessous le schéma de principe des Bilans entrés et sortis d'une unité de production de GNL valable pour les quatre complexes GL4Z, GL1Z, GL2Z et GNL3Z voir **Figure 4.2**.



**Figure 4.2** : Schéma de principe de circulation des fluides de gaz de charge, produits, combustible et fumées unité GNL.

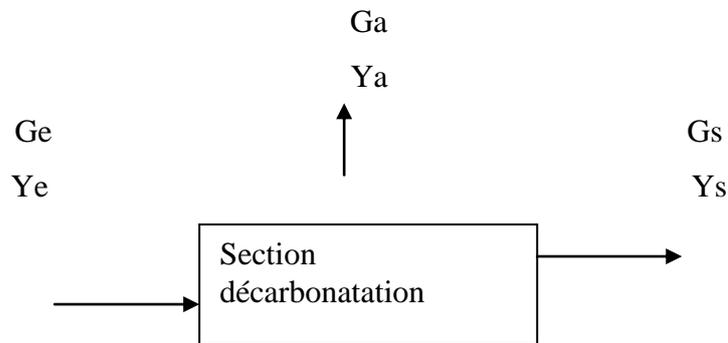
Ce schéma de principe a été inspiré des procédés, TEALARC (cascade classique GL4Z) [9 et 10], procédés MCR [11 et 12] d'Air Product, et le procédé PRICO de GL1Z et GL2Z [13].

##### IV.1.1. Calcul de la quantité CO<sub>2</sub> libérée à l'atmosphère par la section décarbonation

Les complexes de liquéfaction GNL sont dotés d'unité d'élimination des gaz acides (CO<sub>2</sub>) contenus dans le Gaz naturel de charge, afin d'éviter le bouchage dans le circuit cryogénique, dû à la solidification du CO<sub>2</sub> à la température - 42 °C. Les procédés PRICO, TEALER, prévoient l'élimination du CO<sub>2</sub> pur récupéré vers atmosphère.

Pour calculer le débit de CO<sub>2</sub> absorbé par la solution Méthyle éthane Amine MEA riche en CO<sub>2</sub> puis dégagé après une désorption par la température à 124 °C, appelé ( $G_a * Y_{Ga}$ )

**Bilan CO<sub>2</sub> autour de la section décarbonatation** voire **Figure 4.3.**



**Figure 4.3 :** schéma bilan autour d'une section de décarbonatation.

**Bilan global:**

$$G_{Ge} = G_{Gs} + G_{Ga} \quad (1)$$

$$G_{Gs} = G_{Ge} - G_{Ga} \quad (2)$$

**Bilan sur CO<sub>2</sub>:**

$$G_{Ge} * Y_{Ge} = G_{Gs} * Y_{Gs} + G_{Ga} * Y_{Ga} \quad (3)$$

**Calcul du débit de gaz riche en CO<sub>2</sub> (Ga)**

Remplacement de  $G_{Gs}$  par l'équation (2) :

$$G_{Ge} * Y_{Ge} = (G_{Ge} - G_{Ga}) * Y_{Gs} + G_{Ga} * Y_{Ga}$$

$$(G_{Ge} * Y_{Ge}) - (G_{Ge} * Y_{Gs}) = (G_{Ga} * Y_{Ga}) - (G_{Ga} * Y_{Gs}) \quad (4)$$

On calcule le débit volumique du gaz acide carbonique (Ga) à partir de l'équation (4)

$$G_{Ga} = [(Y_{Ge} - Y_{Gs}) / (Y_{Ga} - Y_{Gs})] * G_{Ge} \quad (5)$$

$$F_{Ga} = G_{Ga} * 44 \quad \text{et} \quad Y_{Ga} = 12/44$$

L'équation (5) devient

$$F_{Ga} = ((Y_{Ge} - Y_{Gs}) / (Y_{Ga} - Y_{Gs})) * G_{Ge} * 44 \quad (6)$$

#### IV.1.2. Calcul de la quantité du CO<sub>2</sub> issue de la combustion

Le débit CO<sub>2</sub> issu de la combustion est dégagé par les torches (chaude, froide, basse pression ou haute pression et le brulot des lourds), les chaudières et les turbines à Gaz. Lors de la combustion des flux combustible ( $G_C$ ) et flux torche ( $G_T$ ), **Figure 4.2.**

**Partie I Pollution Atmosphérique**  
**Chapitre 4 Evaluation des GES issue du pôle d'Arzew**

---

Nous avons établi un bilan massique du carbone pour les complexes GNL voir ci-après la **Figure 19**. Les flux entrants et sortants dans ces quatre unités de GNL sont définis, enregistrés et archivés en forma Hard et Soft dans les bases de données SISPRO technique, SISPRO Production, certificat de qualité GN, GNL et sous produits. La somme des débits massiques du carbone contenu dans les flux  $G_C$  et  $G_T$  est égale à la différence entre la quantité de carbone contenu dans les flux entrants ( $F_{GN}$ ) et celle du carbone du flux sortants ( $F_{GNL}$  et  $F_{GPL}$ ).

**Débit massique global :**

$$F_{GN} = F_{GNL} + F_{GC} + F_{GT} + F_{Ga} + F_{GPL} + F_{C5} \quad (7)$$

**Bilan massique sur carbone**

$$F_{GN} * Y_{GN} = F_{GNL} * Y_{GNL} + F_{GC} * Y_{GC} + F_{GT} * Y_{GT} + F_{Ga} * Y_{Ga} + F_{GPL} * Y_{GPL} + F_{C5} * Y_{C5} \quad (8)$$

( $F_{GC} + F_{GT}$ ) par  $F_{G \text{ combustible}}$  qui représente le débit massique des combustibles.

$F_{GPL} + F_{C5}$  par  $F_{SP}$  qui représente le débit massique des sous produits.

**De l'équation (5) et (7)**

$$F_{GN} = F_{GNL} + F_{comb} + F_{Ga} + F_{SP} \quad (9)$$

$$F_{GN} * Y_{GN} = F_{GNL} * Y_{GNL} + F_{comb} * Y_{comb} + F_{Ga} * Y_{Ga} + F_{SP} * Y_{SP} \quad (10)$$

Le terme ( $F_{comb} * Y_{comb}$ ) dans l'équation (10) représente la quantité de carbone qui se trouve à la fois dans le combustible allant vers les chaudières et vers les torches, ce terme constitue la seule inconnue dans cette équation, puisque les débits  $F_{GN}$ ,  $F_{GNL}$ ,  $F_{SP}$  avec leurs compositions sont des données connues et  $F_{Ga}$  est calculé à partir de l'équation (6).

$$F_{comb} * Y_{comb} = F_{GN} * Y_{GN} - [(F_{GNL} * Y_{GNL}) + (F_{Ga} * Y_{Ga}) + (F_{SP} * Y_{SP})] \quad (11)$$

L'équation (11) permet de déterminer la quantité de carbone contenu dans le combustible allant vers les chaudières et vers les torches ( $F_{comb} * Y_{comb}$ ) ; reste la conversion en équivalent  $CO_2$  en multipliant par 44/12 qui est le rapport des masses molaires du  $CO_2$  et du carbone.

La quantité Total du  $CO_2$  dégagé par chaque complexe de liquéfaction de GNL est égale à la somme des quantités émises par la combustion ( $F_{comb} * Y_{comb}$ ) et celle émise par la section décarbonatation.

$$F_{CO_2 \text{ Total}} = F_{Ga} + [ (F_{comb} * Y_{comb}) * (44/12) ] \quad (12)$$

#### **IV.2. Application numérique pour les quatre complexes de GNL**

Ces étapes de bilans de matière ont été intégrées dans un programme spécifique aux unités de GNL. A travers lequel nous avons développé un programme de calcul des émissions de CO<sub>2</sub> par la même méthodologie nous avons développé un programme pour calculer les émissions de NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O. Ce programme pourra calculer les émissions GES (CO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub>) par heure, jour, mois ou année selon l'information fournie et nos besoins. Nous rappelons aussi que les résultats et les courbes liées aux émissions des GES des unités depuis leur démarrage figurent dans l'Annexe 1.

##### **IV.2.1. Complexe GL1Z**

$G_{GN} = 1\ 660\ 000\ \text{Nm}^3/\text{h}$ ;  $G_{Ge} = 1608\ 000\ \text{Nm}^3/\text{h}$ ;  $G_{GNL} = 2\ 274\ \text{m}^3/\text{h}$ ; ( $p = 461,47\ \text{Kg}/\text{m}^3$ ).  
 $Y_{Ge} = 0.02$  et  $Y_{GS} = 0.000045$ .

Les quantités du produit secondaire représentent :

Propane = 8 900 Kg/h; Butane = 8 300 Kg/h; gasoline = 5 300 Kg/h.

#### **Calcul de la quantité du CO<sub>2</sub> issue de la décarbonatation**

L'exploitation de l'équation (6),

**$F_{Ga\ GL1Z} = 6\ 096\ \text{Kg}/\text{heure}$ .**

Les Quantités du Gaz CO<sub>2</sub> rejetés vers atmosphère par la section décarbonatation est supérieur à 350 Tonnes. Les résultats des quatre dernières années ont été représentés dans la **Figure 4.4 (21)** en Annexe 1.

**Quantité du CO<sub>2</sub> issu de la combustion,  $G_{G\ comb\ GL1Z}$  égale à 578 557 kg/h.**

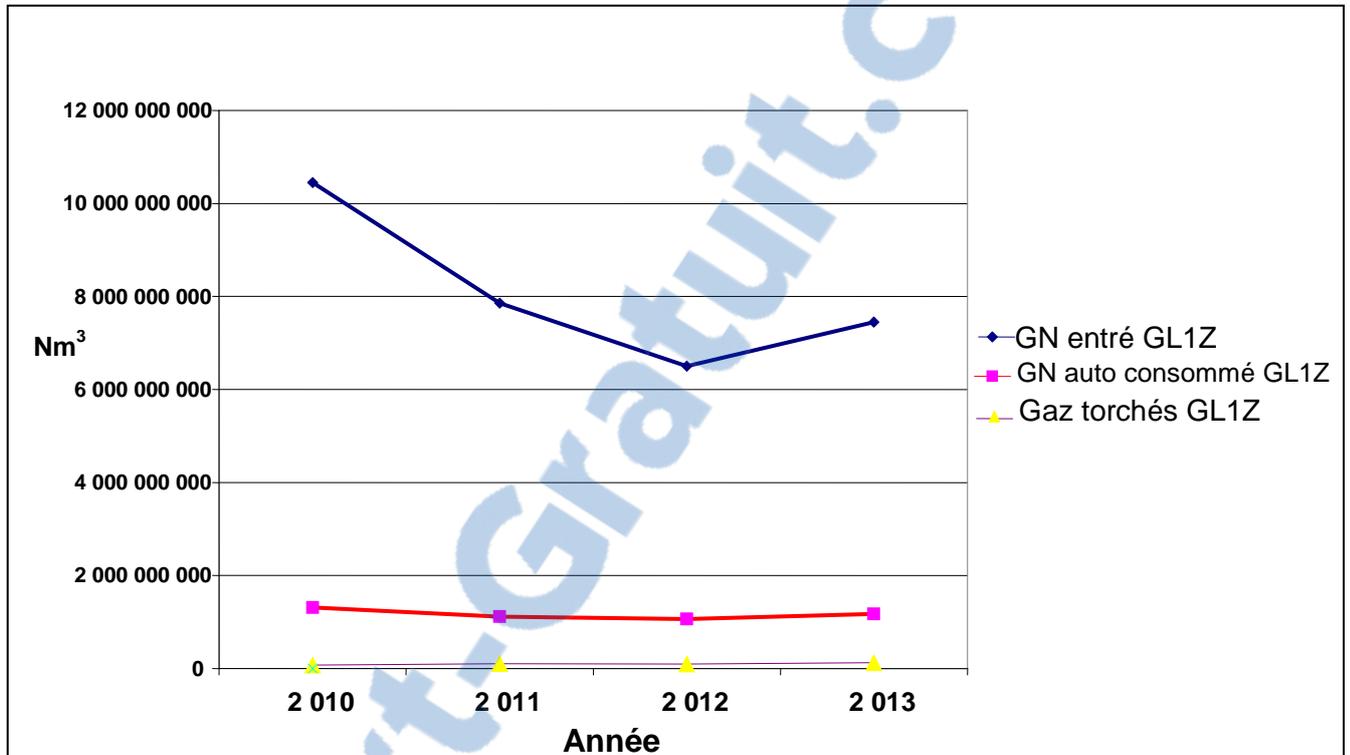
**Quantité dégagé par le complexe GL1Z :**

**$F_{CO2\ Total} = F_{Ga} + ((F_{comb} * Y_{comb}) * (44/12)) = 585\ \text{Tonnes}/\text{heure}$ .**

Une quantité très importante de Gaz hydrocarbure (non valorisé énergétiquement) est brûlée au niveau des torches. L'évaluation quantitative des débits annuels du Gaz CO<sub>2</sub> rejeté vers l'atmosphère via les torches, entre 2010 et 2013 est développée dans la **Figure 4.5**.

Le Débit global de CO<sub>2</sub> rejeté depuis la mise en production du complexe GL1Z période 1979 - 2013 a été représenté dans la **Figure 4.6**, de même pour l'estimation de la future quantité CO<sub>2</sub> entre 2014-2030. Nous remarquons l'importance des quantités des hydrocarbures qui sont transformés en GES à travers les torches, les chaudières et les turbines à gaz.

La **Figure 4.7** rapporte ces débits très importants de Gaz de torches, Gaz d'Autoconsommation et le Gaz de charge (Gaz Naturel) de l'unité GL1Z, durant les quatre dernières années.



**Figure 4.7** : les débits de Gaz de charge de l'unité GL1Z, comparé à la quantité des gaz torchés et celle de l'Autoconsommation.

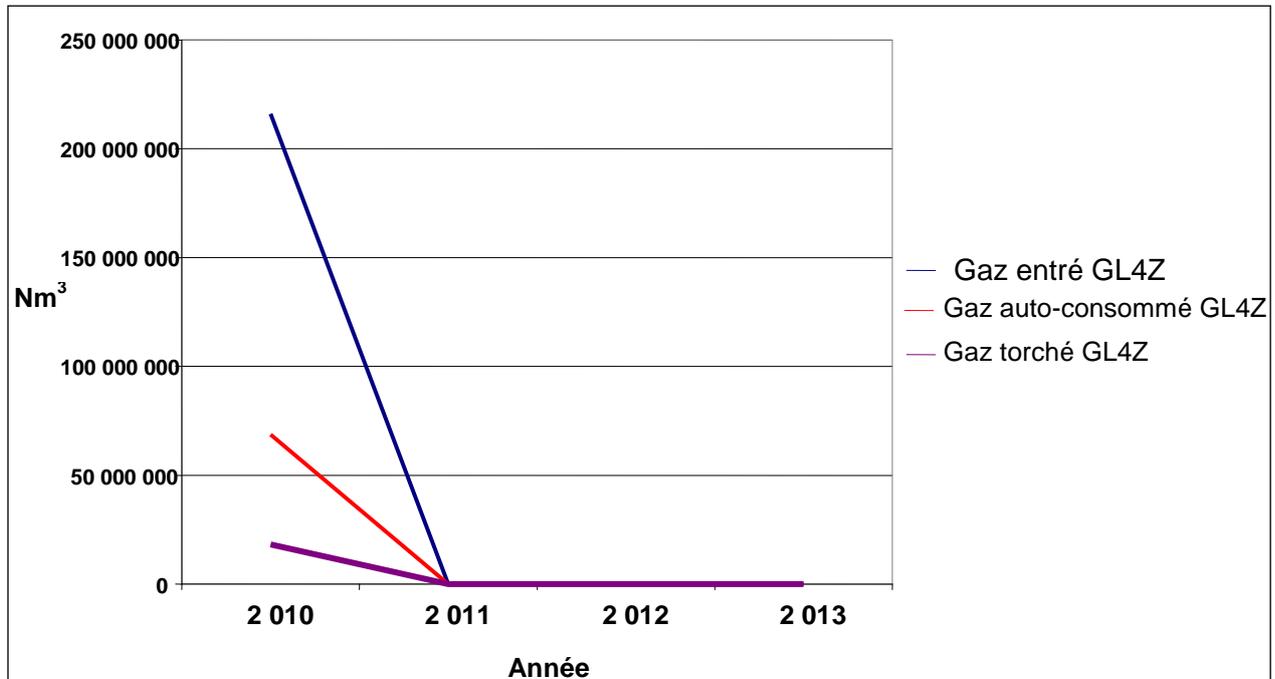
### Conclusion

Le complexe GL1Z dégage une quantité très importante de CO<sub>2</sub> estimée à 585 Tonnes de CO<sub>2</sub>/Heure. Les débits du Gaz CO<sub>2</sub> dégagés vers atmosphère par ce complexe depuis son démarrage en 1979, avait une moyenne qui voisine les trois millions tonnes de CO<sub>2</sub> par ans entre 1979-2011. Depuis 2012 ces émissions étaient au-dessous du palier de 2, 5 Millions tonnes par ans, suite à une mise en production inférieure à 50 % de la capacité de production du complexe GL1Z avec une Autoconsommation importante.

#### IV.2.2. Complexe GL4Z

GL4Z Ex CAMEL est le premier complexe de GNL dans le monde. Ce complexe était en exploitation entre 1963- 2010. Les résultats de calcul des émissions Gaz CO<sub>2</sub> sont représentés dans la **Figure 4.8** en Annexe 1.

Nous avons reporté dans la **Figure 4.9** ci-dessous les débits des Gaz torchés et ceux de l'Autoconsommation comparé avec le gaz de charge GN de l'unité GL4Z pour les quatre dernières années,



**Figure 4.9 :** Evaluation des débit du gaz « Autoconsommé », « torchés » et « le Gaz de charge » en (Nm<sup>3</sup>), de l'Unité GL4Z Ex CAMEL entre 2010 - 2014.

#### IV.2.3. Complexe GL2Z

$G_{GN} = 1\,660\,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ;  $G_{Ge} = 1\,608\,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ;  $G_{GNL} = 2274 \text{ M}^3/\text{h}$ ; ( $p = 461,47 \text{ Kg/m}^3$ ).

$Y_{Ge} = 0.02$  et  $Y_{GS} = 0.000045$ .

Les quantités du produit secondaire représentent :

Propane = 8 900 Kg/h; Butane = 8 300 KG/h; gasoline = 5 300 Kg/h.

**Calcul de la quantité du CO<sub>2</sub> issue de la décarbonation** Les résultats de calculs ont montré que les quantités de CO<sub>2</sub> rejetés vers l'atmosphère par la section décarbonation durant les quatre dernières années d'exploitation varient entre 15 000 et 19 000 Tonnes. Ces résultats ont été reportés dans la **Figure 4.10 (27)** en Annexe 1.

**L'exploitation de l'équation (6),**

**$F_{Ga\,GLIZ} = 6\,096 \text{ Kg/heure.}$**

Quantité du CO<sub>2</sub> issu de la combustion

$$G_{G \text{ comb GL1Z}} = 578\ 557 \text{ Kg/h}$$

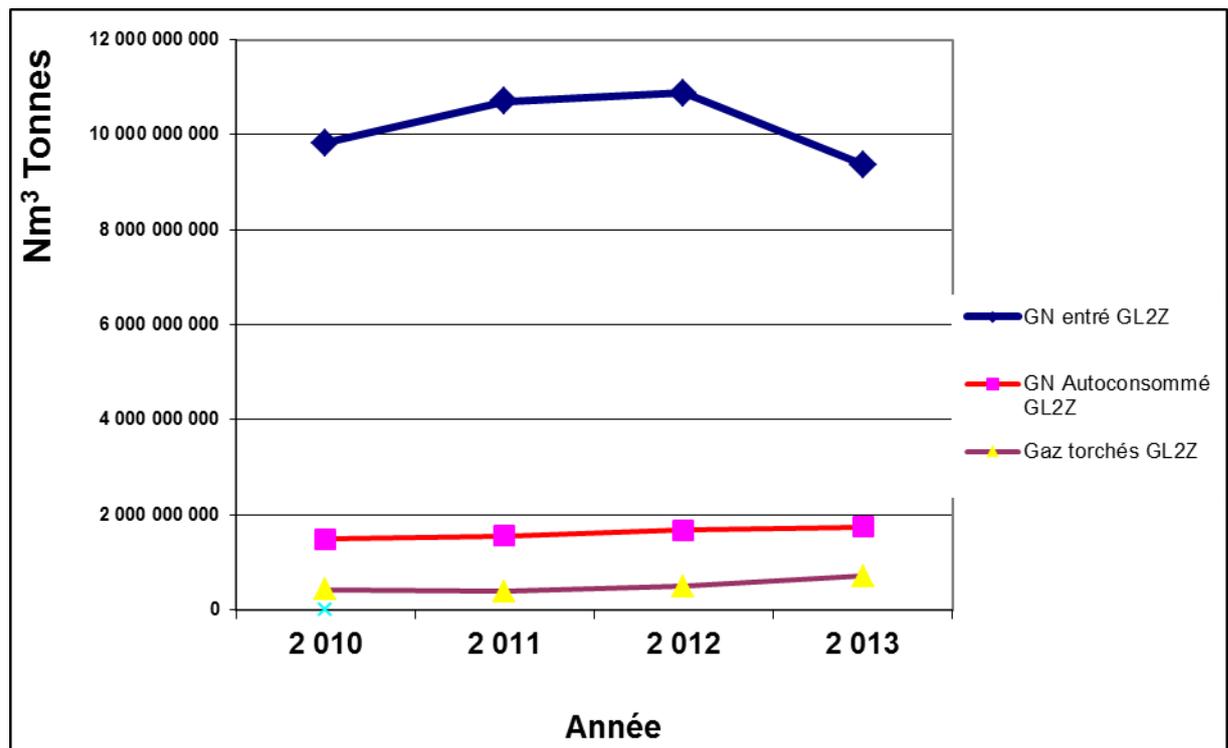
Quantité dégagé par le complexe GL2Z :

$$F_{CO_2 \text{ Total}} = F_{Ga} + ((F_{\text{comb}} * Y_{\text{comb}}) * (44/12)) = 585 \text{ Tonnes / heure.}$$

**Conclusion**

Le complexe GL2Z dégage une quantité de CO<sub>2</sub> estimée à 585 Tonnes de CO<sub>2</sub>/Heure pour marche design. Les résultats des débits CO<sub>2</sub> dégagés par GL2Z entre 1981 et 2013 avec l'estimation des émissions jusqu'à 2030. Ces débits ont été reportés dans la **Figure 4.11** dans l'Annexe 1.

Les débits du Gaz torché, Gaz d'Autoconsommation et le Gaz de charge (Gaz Naturel) de la période 2010-2014 ont été reportés dans la **Figure 4.12**. Nous remarquons l'importance des quantités des hydrocarbures issues de la combustion. Ces débits d'hydrocarbures sont brulés au niveau des torches et chaudières, et ils contribuent à l'augmentation des concentrations des GES dans l'Air.



**Figure 4.12** : Débits « GN Autoconsommé », « Gaz torchés » et « Gaz Autoconsommé par les chaudières » en (cm<sup>3</sup>), Unité GL2Z.

**IV.2.4. Complexe GNL3Z**

$G_{GN} = 830\ 000\ \text{Nm}^3/\text{h}$ ;  $G_{Ge} = 1608\ 000\ \text{Nm}^3/\text{h}$ ;  $G_{GNL} = 1140\ \text{M}^3/\text{h}$ ; ( $p = 461,47\ \text{Kg}/\text{m}^3$ ).

$Y_{Ge} = 0.02$  et  $Y_{GS} = 0.000045$ .

**Calcul de la quantité du CO<sub>2</sub> issu de la décarbonatation**

L'exploitation de l'équation (6),

**$F_{Ga\ GNL3Z} = 3\ 048\ \text{Kg}/\text{heure}$ .**

Quantité du CO<sub>2</sub> issu de la combustion

**$G_{G\ \text{comb}\ GNL3Z} = 289\ 278\ \text{kg}/\text{h}$**

• **Quantité dégagée par le complexe GNL3Z :**

**$F_{CO_2\ \text{Total}} = F_{Ga} + ((F_{\text{comb}} * Y_{\text{comb}}) * (44/12)) = 292\ \text{Tonnes} / \text{heure}$ .**

**Conclusion**

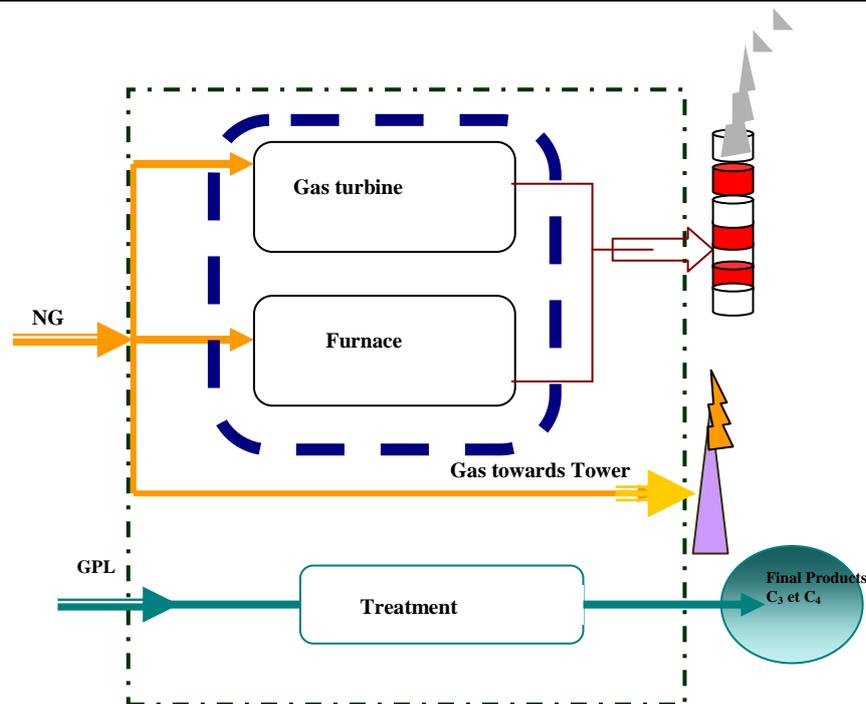
Le complexe GNL3Z dégage une quantité de CO<sub>2</sub> estimée à 292 Tonnes de CO<sub>2</sub>/Heure.

Les résultats des débits CO<sub>2</sub> dégagés par GNL3Z depuis Novembre 2013 jusqu'à 2014 avec l'estimation des émissions GES projetées jusqu'à l'an 2030 ont été représentés dans la **figure 4.13** dans l'Annexe 1.

**IV.3. Evaluation des quantités du CO<sub>2</sub> émises par les unités de production GPL**

Les complexes GPL utilisent le GN comme combustible dans les fours et les turbines à gaz. Le GPL entrant est fractionné en propane et butane qui constituent les produits finaux des unités GP1Z et GP2Z. Dans ce procédé, les turbines à Gaz fonctionnent avec du GN, alors que les fours utilisent le gaz procédé issu des lignes de traitement avec un appoint de GN.

La quantité totale du CO<sub>2</sub> dégagée par ces deux unités provient de la combustion dans les fours, les turbines à Gaz et les torches. Pour simplifier la compréhension du procédé GPL nous avons établi un schéma de principe, voir ci-après la **Figure 4.14** qui schématise les flux globaux entrants, sortants et celle de la combustion.



**Figure 4.14** : Schéma de circulation des combustibles et des fumées dans un procédé de production du GPL (Schémas de principe).

Ce schéma de principe a été inspiré des procédés GPL des complexes GP1Z et GP2Z [14, 15].

**Notation :**

**GN** : Gaz naturel entrée usine utilisé comme combustible

**GPL** : Gaz pétrole liquéfié entrée usine

**PF** : Produit final à la sortie usine (Propane et Butane après séparation)

**GP** : Gaz procédé issu des sphères de stockage de GPL et des lignes de traitement

**Fu** : Fumée issues des turbines à gaz et des fours

**GT** : Total des gaz torchés

**Débits :**

**Fi** : Débit massique du flux (i)

**Yi** : Fraction massique du carbone (C) dans le flux (i)

**Gi** : Débit volumique du flux (i)

**Fi\*Yi** : Quantité massique du carbone contenue dans le flux (i)

**Calcul de la quantité totale du CO<sub>2</sub> :**

Toute la quantité du CO<sub>2</sub> émise par les complexe GPL elle est issue de la combustion dans les fours, les turbines à Gaz et les torches.

**Bilan massique global :**

**Le bilan global autour du complexe d'après la figure donne :**

$$F_{GN} + F_{GPL} = F_{GT} + F_{FU} + F_{FP}$$

**Bilan sur le carbone :**

$$F_{GN} * Y_{GN} + F_{GPL} * Y_{GPL} = F_{GT} * Y_{GT} + F_{FU} * Y_{FU} + F_{FP} * Y_{FP} \quad (13)$$

La quantité de carbone dégagé vers l'atmosphère est celle qui est contenue dans

$$F_{FU} + F_{GT} = F_C \quad (14)$$

$$F_{GN} + F_{GPL} = F_C + F_{FP} \quad (15)$$

$$F_{GN} * Y_{GN} + F_{GPL} * Y_{GPL} = F_C * Y_C + F_{FP} * Y_{FP} \quad (16)$$

**La quantité totale du carbone émise à l'atmosphère**

$$F_C * Y_C = F_{GN} * Y_{GN} + F_{GPL} * Y_{GPL} - F_{FP} * Y_{FP} \quad (17)$$

La quantité de CO<sub>2</sub> dégagé par le complexe égale :

$$F_{CO_2} = (F_{GN} * Y_{GN} + F_{GPL} * Y_{GPL} - F_{FP} * Y_{FP}) * (44/12) \quad (18)$$

**Application numérique**

**GN** entrée usine                      **Nm<sup>3</sup>/h**

**GPL** entrée usine                      **Kg/h**

**Produit final**                              **Kg/h**

**Complexe GP1Z**

GN entré 12 200 Nm<sup>3</sup>/ h,

GPL entrée usine 817 000 Kg/hr

Produit Final = 795 000 Kg/ hr

Une base de donnée a été exploitée concernant la composition des gaz de charge GN et GPL ainsi pour le Produit Fini (PF) de l'unité GP1Z. Quelques données ont été reportées en Annexe 2 **Tableau 4.1** et **4.2**. Les résultats issus du calcul du carbone atome contenu dans le GN, GPL et PF ont été reportés dans le **Tableau 4.3** en annexe 2.

A partir des données indiquées dans les trois tableaux en Annexe 2 avec l'utilisation de l'équation (18) nous avons déterminé la quantité totale de carbone émise à l'atmosphère qui est égale à :

$$F_{CO_2} = (F_{GN} * Y_{GN} + F_{GPL} * Y_{GPL} - F_{FP} * Y_{FP}) * (44/12)$$

La quantité totale de CO<sub>2</sub> dégagé par GP1Z est environ 85 Tonnes / heure. L'évaluation des émissions depuis la mise en exploitation de ce complexe ainsi que les estimations des émissions jusqu'à l'an 2030 ont été reportées dans la **Figure 4.15** voir en Annexe 1.

#### **IV.3.1. Complexe GP2Z**

GN entré 1458 Nm<sup>3</sup>/ h,

GPL entrée sine 164 000 Kg/hr

Produit Final (C3 et C4) = 157 000 Kg/ hr

En utilisant l'équation (18) nous pouvons déterminer la quantité totale de carbone émise à l'atmosphère est donc qui égale à :  $F_{CO_2} = (F_{GN} * Y_{GN} + F_{GPL} * Y_{GPL} - F_{FP} * Y_{FP}) * (44/12)$

**F CO<sub>2</sub> = 23 Tonnes/ heure.**

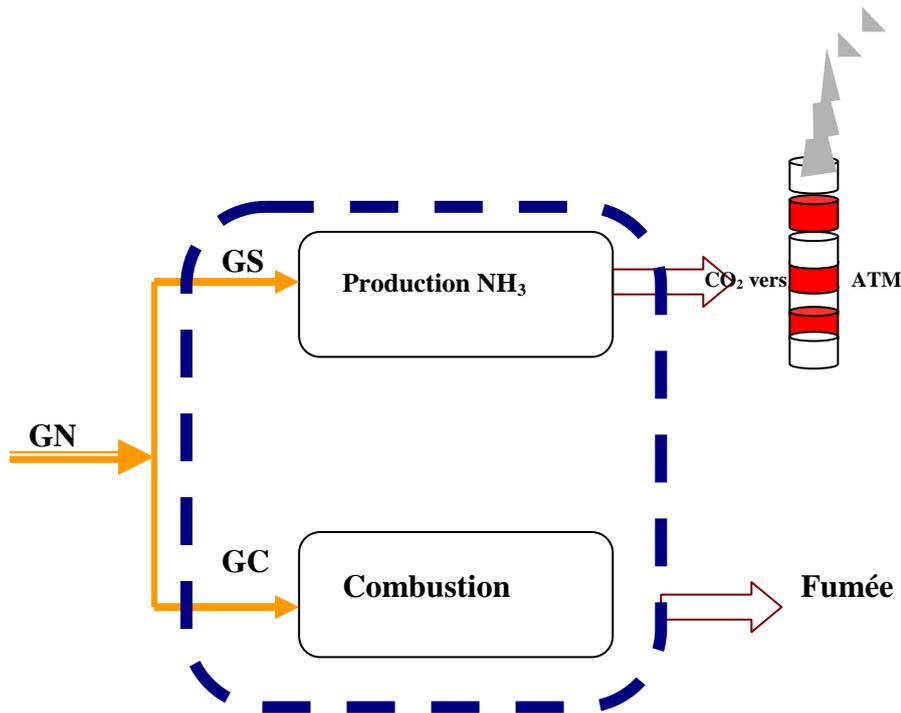
La quantité totale de CO<sub>2</sub> dégagé par GP2Z est environ **23 Tonnes / heure**. L'évaluation des émissions depuis la mise en exploitation de ce complexe additivement à l'estimation des émissions en 2030 ont été reportées dans la **Figure 4.16** en Annexe 1.

#### **IV.4. Evaluation des quantités du CO<sub>2</sub> émises par les unités de production d'Ammoniac et des Engrais Azotés**

Le schéma de principe d'un procédé de production d'Ammoniac liquide a été représenté dans la **Figure 4.17**. Les flux sont :

Le Gaz Naturel (GN) entrée usine, le Gaz de Synthèse (GS) pour la production ammoniacque et le Gaz combustible (GC) qui est utilisé dans les fours pétrochimiques, chaudières et les turbines à Gaz.

La synthèse de l'ammoniac se base sur la réaction chimique entre les deux molécules d'Azote (N<sub>2</sub>) et Hydrogène (H<sub>2</sub>). Toute la quantité de carbone contenu dans le GN est rejetée vers atmosphère sous forme de CO<sub>2</sub> pur. Donc il suffit de calculer cette quantité de carbone et faire une conversion en Gaz carbonique CO<sub>2</sub>.



**Figure 4.17 :** Schéma de circulation des combustibles et des fumées dans un procédé de production de l'Ammoniac liquide et engrais.

Ce Schéma de principe a été réalisé après un résumé établi des références suivantes [16 à 18].

#### IV.4.1. Complexe d'ammoniac et d'engrais azoté FERTIAL (Ex. ASMIDAL)

Le calcul de la quantité de CO<sub>2</sub> issue de la combustion du Gaz Combustible (GC). Ce Gaz alimente les fours, les chaudières et la Turbine. Le calcul de cette quantité a été fait par bilan de combustion du GC. Nous déduisons la quantité de CO<sub>2</sub> pur dégagé par cette usine qui est 61 Tonnes /heure.

La quantité totale de CO<sub>2</sub> dégagé par FERTIAL est environ **61 Tonnes/ heure**. Les débits massiques des émissions pour la période 1967- 2013 additivement aux futures émissions prévisionnelle jusqu'à l'an 2030 ont été reportés dans la **Figure 4.18** en Annexe 1.

#### IV.4.2. Complexe d'Ammoniac et d'engrais azoté SORFET

La quantité totale de CO<sub>2</sub> dégagé par le complexe SORFET est environ **31 Tonnes / heure**. Les débits massiques des émissions pour la période 2013-2030 ont été reportés dans la **Figure 4.19** en Annexe 1.

**IV.4.3. Complexe d'ammoniac et d'engrais azotés AOA**

La quantité totale de CO<sub>2</sub> dégagé par le complexe AOA est environ **31 Tonnes / heure**. Les débits massiques des émissions pour la période 2013-2030 ont été reportés dans la **Figure 4.20** en Annexe 1.

**IV.5. Evaluation des quantités du CO<sub>2</sub> émises par les unités Méthanol CP1Z**

La quantité totale de CO<sub>2</sub> dégagée par le complexe CP1Z est environ 21 Tonnes / heure. Les débits massiques des émissions estimatifs dégagés durant la période entre 1977 et 2013, avec l'estimation des futures émissions jusqu'à l'an 2030 ont été reportés dans la **Figure 4.21** en Annexe 1.

**IV.6. Evaluation des quantités du CO<sub>2</sub> émises par l'unité KAHRAMA**

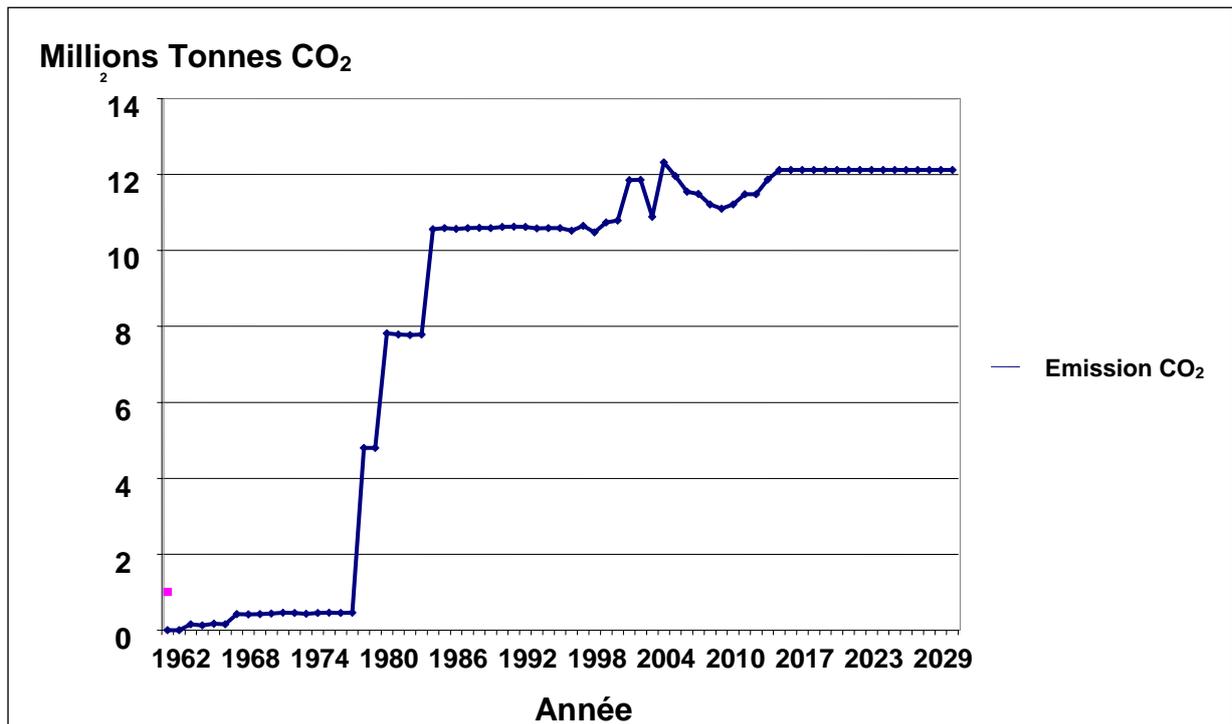
La quantité totale de CO<sub>2</sub> dégagée par KAHRAMA est environ **23 Tonnes / heure**. L'estimation des débits massiques des émissions durant la période 2008-2030 ont été reportées dans la **Figure 4.22** en Annexe 1.

**IV.7. Evaluation des quantités du CO<sub>2</sub> émises par SONELGAZ Mers El Hadjadj**

La quantité totale de CO<sub>2</sub> dégagé par la centrale électrique SONELGAZ Mers El Hadjadj est très importante elle estimée à 320 Tonnes / heure. Les débits massiques des émissions CO<sub>2</sub> pour la période 1985-2013 avec l'estimation des futures émissions jusqu'à l'an 2030 ont été reportées dans la **Figure 4.23** en Annexe 1.

**IV.8. Evaluation des quantités CO<sub>2</sub> dégagées par l'activité industrielle d'Arzew**

La quantité totale des émissions de CO<sub>2</sub> dégagée par le pôle d'Arzew entre 1962 et 2013, additivement aux futures émissions prévisionnelles, ont été reportées dans la **Figure 4.24** ci-dessous. Nous remarquons plusieurs paliers d'émission qui seront développés ultérieurement dans ce chapitre. Actuellement le palier oscille entre 11 et 12 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par ans, qui est une quantité importante.



**Figure 4.24 :** Évaluation quantitative des Émissions du « CO<sub>2</sub> » au niveau du pôle d'Arzew, Unités: GL4Z, GP2Z, GL1Z, ASMIDAL, GP1Z, GL2Z, CP1Z, GLN3Z, AOA, SORFET.

## V. Évaluation des quantités de NO<sub>x</sub> émises par la zone industrielle d'Arzew

### V.1. Évaluation des quantités du NO<sub>x</sub> émises par les unités de production GNL

Un bilan sur l'atome d'Azote a été réalisé, entré (GN), sortie production GNL et combustion a été réalisé.

$$F_{\text{comb}} * Y_{\text{comb}} = F_{\text{GN}} * Y_{\text{GN}} - [(F_{\text{GNL}} * Y_{\text{GNL}}) + (F_{\text{SP}} * Y_{\text{SP}})] \quad (19)$$

L'absence de l'Azote dans les sous produits, l'équation (20) devienne,

$$F_{\text{comb}} * Y_{\text{comb}} = (F_{\text{GN}} * Y_{\text{GN}}) - (F_{\text{GNL}} * Y_{\text{GNL}}) \quad (21)$$

L'équation (21) permet de déterminer la quantité d'Azote contenue dans le combustible allant vers les chaudières et vers les torches ( $F_{\text{comb}} * Y_{\text{N}_2}$ ); reste la conversion en équivalent N<sub>2</sub>O en multipliant par 44/14 (cas du N<sub>2</sub>O); 46/14 (cas du NO<sub>2</sub>) et 30/14 (cas du NO) qui sont respectivement le rapport de la masse molaire du N<sub>2</sub>O, NO et NO<sub>2</sub>.

La quantité Total du  $\text{NO}_x$  ( $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  et  $\text{NO}_2$ ) dégagée par chaque complexe de liquéfaction de GNL est égale à la somme des quantités émises par la combustion ( $F_{\text{comb}} * Y_{\text{N}_2}$ ). Nous avons procédé à l'application numérique pour les quatre complexes de GNL.

#### V.2. Application numérique pour les quatre complexes de GNL

##### V.2.1. Complexe GL4Z

La quantité de  $\text{NO}_x$  dégagée par le complexe GL4Z Ex. CAMEL est environ 36 Tonnes /heure. Les résultats de calcul des émissions Gaz  $\text{NO}_x$  entre 1963 et 2010 ont été représentés dans la **Figure 4.25** en Annexe 1.

##### V.2.2. Complexe GL1Z

L'unité GL1Z dégage une quantité très importante de  $\text{NO}_x$ , estimée à 232 Tonnes/heure pour le cas du design. Les débits moyens de Gaz  $\text{NO}_x$  dégagés vers atmosphère depuis 1979 oscille entre 0.6 et 0.7 Million de tonnes par ans, pour plus de détails voir la **Figure 4.26** en Annexe 1.

##### V.2.3. Complexe GL2Z

L'unité GL2Z dégage une quantité très importante de  $\text{NO}_x$ , estimée à **232 Tonnes / heure** dans le cas du design. Les débits moyens de Gaz  $\text{NO}_x$  dégagés vers atmosphère depuis 1982 arrêté l'Ans 2030 ont été représentés dans la **Figure 4.27** en annexe 1.

##### V.2.4. Complexe GL3Z

La quantité de  $\text{NO}_x$  dégagée par l'usine GNL3Z est environ **116 Tonnes / heure**, les débits massique estimatifs entre 2013-2030 ont été représentés dans la **Figure 4.28** en Annexe1.

#### V.3. Evaluation des quantités du $\text{NO}_x$ émises par les unités de production GPL

##### V.3.1. Complexe GP1Z

La quantité totale de  $\text{NO}_x$  dégagée par le complexe GP1Z est environ **5 Tonnes / heure**. L'évaluation des émissions depuis la mise en exploitation de ce complexe additivement à l'estimation des émissions en 2030 ont été reportées dans la **Figure 4.29** en Annexe 1.

### **V.3.2. Complexe GP2Z**

La quantité totale de NO<sub>x</sub> dégagée par le complexe GP2Z est environ **1.7 Tonnes/ heure**. L'évaluation des émissions depuis la mise en exploitation de ce complexe additivement à l'estimation des émissions en 2030 ont été reportées dans la **Figure 4.30** en Annexe 1.

## **V.4. Evaluation des quantités du NO<sub>x</sub> émises par les complexes Ammoniac**

### **V.4.1. Complexe d'ammoniac et d'engrais azoté FERTIAL (Ex. ASMIDAL)**

La quantité de NO<sub>x</sub> dégagée par cette usine **0.6 Tonnes /heure**. L'évaluation des émissions depuis la mise en exploitation de ce complexe additivement à l'estimation des émissions en 2030 ont été reportées dans la **Figure 4.31** en Annexe 1.

### **V.4.2. Complexe d'ammoniac et d'engrais azoté (SORFET)**

La quantité de NO<sub>x</sub> dégagée par cette usine est **0.45 Tonnes /heure**, pour plus de détail, voir en annexe 1 la **Figure 4.32**.

### **V.4.3. Complexe d'ammoniac et d'engrais azoté (AOA)**

La quantité de NO<sub>x</sub> dégagée par le complexe AOA est environ **0.5 Tonnes /heure**. Pour plus de détail, voir en annexe 1 la **Figure 4.33 50**.

## **V.5. Evaluation des quantités du NO<sub>x</sub> émises par l'Unités Méthanol CP1Z**

La quantité de NO<sub>x</sub> dégagée par le complexe CP1Z est environ **1.6 Tonnes /heure**. L'historique des débits massiques annuels émis depuis la mise en exploitation de CP1Z projeté l'an 2030 a été illustré dans la **Figure 4.34** en Annexe1.

## **V.6. Evaluation des quantités du NO<sub>x</sub> émises par l'unité KAHRAMA**

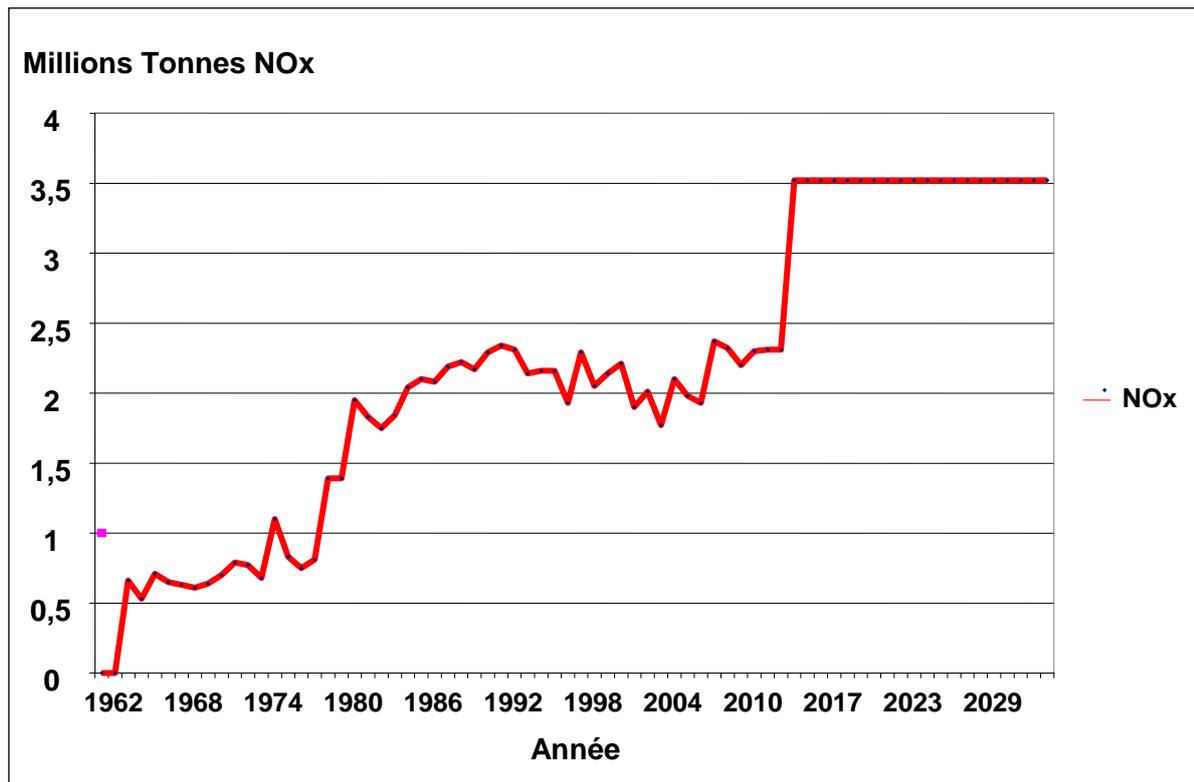
La quantité de NO<sub>x</sub> pur dégagée par cette usine **56 Tonnes /heure**. Les débits massiques annuels émis entre 2008 et 2030 ont été présentés dans la **Figure 4.35** en Annexe1.

## **V.7. Evaluation des quantités du NO<sub>x</sub> émises par SONELGAZ Mers El Hadjadj**

La quantité de NO<sub>x</sub> dégagée par cette usine **21 Tonnes /heure**. Les débits massiques annuels émis entre 1985 et 2013 ainsi que l'estimatif des futures émissions arrêté en 2030 et qui sont présentés dans la **Figure 4.36** en Annexe 1.

### V.8. Evaluation des émissions des Gaz NO<sub>x</sub> globale

La quantité totale des émissions NO<sub>x</sub> émise par le pôle d'Arzew entre 1962 et 2013, additivement aux futures émissions prévisionnelles, ont été reportées dans la **Figure 4.37**. Nous remarquons plusieurs paliers d'émission qui seront développés ultérieurement dans ce chapitre. Actuellement le palier des NO<sub>x</sub> oscille entre 2 et 2.5 millions de tonnes de NO<sub>x</sub>, qui atteindront les 3 millions de tonnes par an.



**Figure 4.37:** Évaluation quantitative des Émissions du « NO<sub>x</sub>» au niveau du pôle d'Arzew.

### VI. Evaluation des autres GES protoxyde d'azote N<sub>2</sub>O et Méthane CH<sub>4</sub>

Autre que le CO<sub>2</sub> les installations de combustion rejettent d'autres GES à savoir le méthane (CH<sub>4</sub>) qui existe dans le GN et du protoxyde d'azote N<sub>2</sub>O.

Les facteurs d'émission pour le gaz naturel et le protoxyde d'azote sont respectivement :

- CH<sub>4</sub>: 4 g/GJ = 1.11 g/MWh PCS.
- N<sub>2</sub>O: 2.5 g/GJ = 1.69 g/MWh PCS.

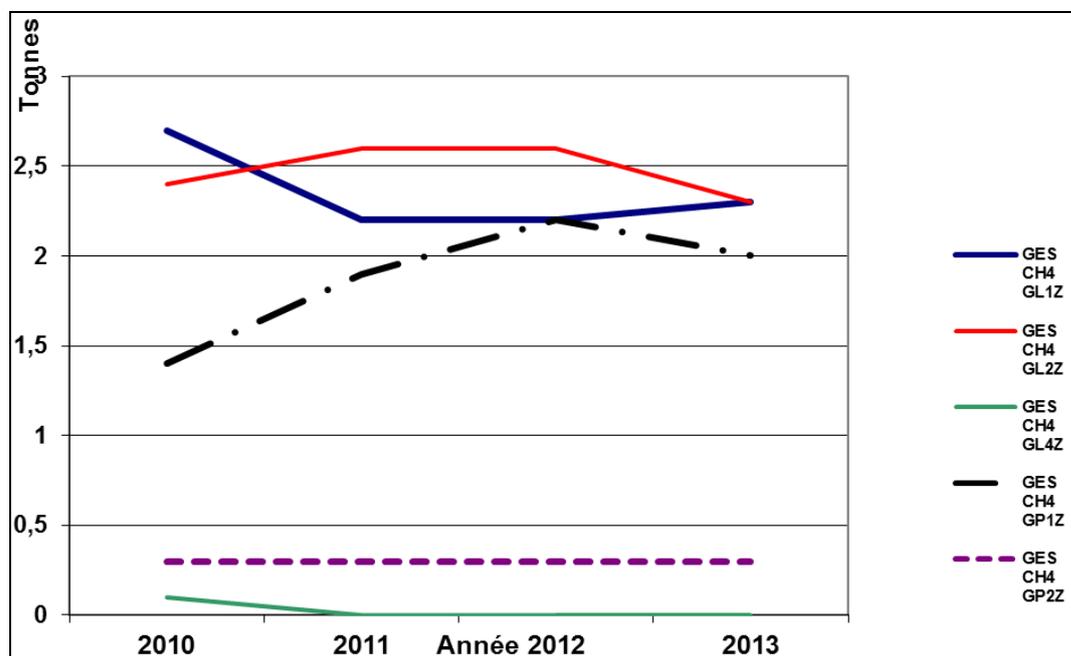
Il n'apparaît pas possible d'extrapoler ces résultats au Gaz Process (GP) en raison de sa différence de composition par rapport au gaz naturel, notamment en Azote. Les émissions

## Partie I Pollution Atmosphérique

### Chapitre 4 Evaluation des GES issue du pôle d'Arzew

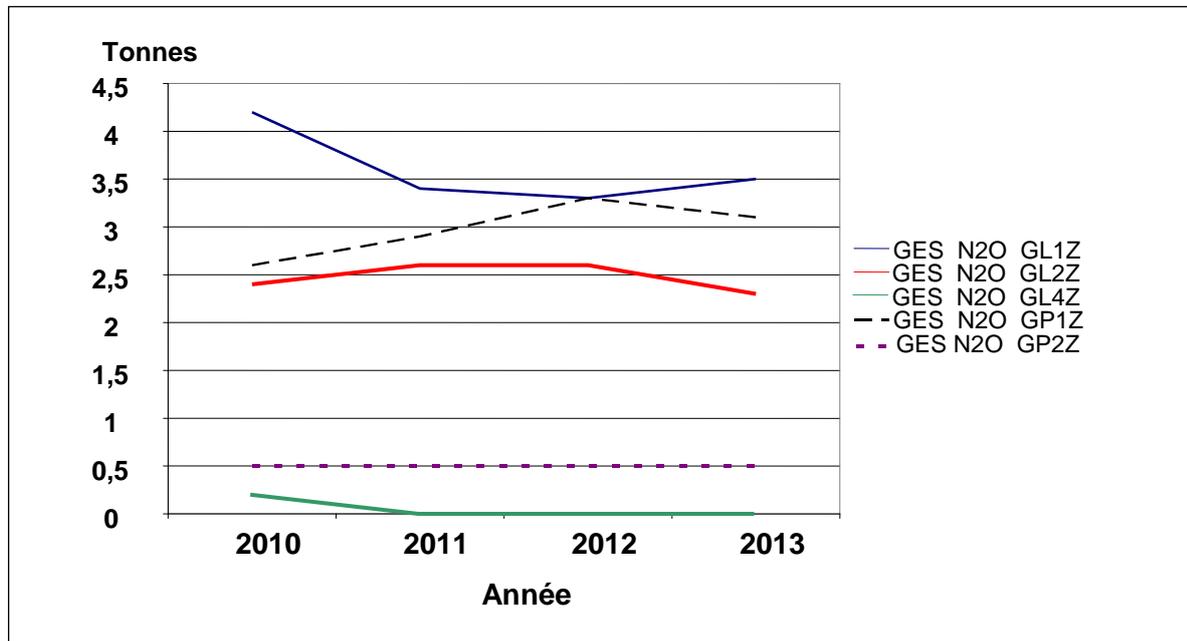
ne peuvent être estimées de façon fiable sur la base des facteurs d'émissions généraux. Les résultats des GES le Méthane et le protoxyde d'azote dégagés par les unités GL1Z, GL2Z, GL4Z, GP1Z et GP2Z, ont été illustré respectivement dans les **Figures 4.38, 4.39, 4.40, 4.41** et **4.42** en Annexe 1.

On déduit que les débits massiques du CH<sub>4</sub> et du N<sub>2</sub>O sont très négligeables par rapport aux émissions du Gaz CO<sub>2</sub> ou les NO<sub>x</sub>. Dans la **Figure 4.43** nous présentons les débits massiques du Gaz Méthane dégagé par combustion au niveau des cinq complexes, les trois unités de production de GNL (GL1Z, GL2Z et GL4Z) ainsi que les deux unités GPL (GP1Z et GP2Z).



**Figure 4.43** : Les émissions du Méthane CH<sub>4</sub> rejeté par les unités GL1Z, GL2Z, GL4Z, GP1Z et GP2Z, Zones Arzew unités LQS Sonatrach.

Dans la **Figure 4.44** nous présentons les débits massiques du protoxyde d'Azote N<sub>2</sub>O dégagé par la combustion au niveau des trois unités de GNL et les deux unités de GPL.



**Figure 4.44 :** Les émissions du protoxyde d'Azote  $N_2O$  rejeté par les complexes GL1Z, GL2Z, GL4Z, GP1Z et GP2Z, Zones Arzew Algérie.

### VI.1. Classement des unités de production par leur taux de pollution en GES

Dans ce paragraphe nous avons classé les unités par rapport à leurs débits d'émissions (pollution atmosphérique). Nous avons pu distinguer trois groupes, les groupes ont été classés par ordre de débit décroissant.

Le premier groupe représente les unités ayant des émissions de  $CO_2$  supérieur à 2.5 Millions tonnes par ans. Parmi, la centrale électrique SONELAGAZ de Mers el Hadjaj, les deux complexes GL1Z et GL2Z, voir plus de détails dans la **Figure 4.45**. Les deux unités GL1Z et GL2Z enregistre le débit d'émission  $NO_x$  le plus important par rapport aux autres unités de la zone d'Arzew, le détail a été présenté dans la **Figure 4.46** ci-dessous.

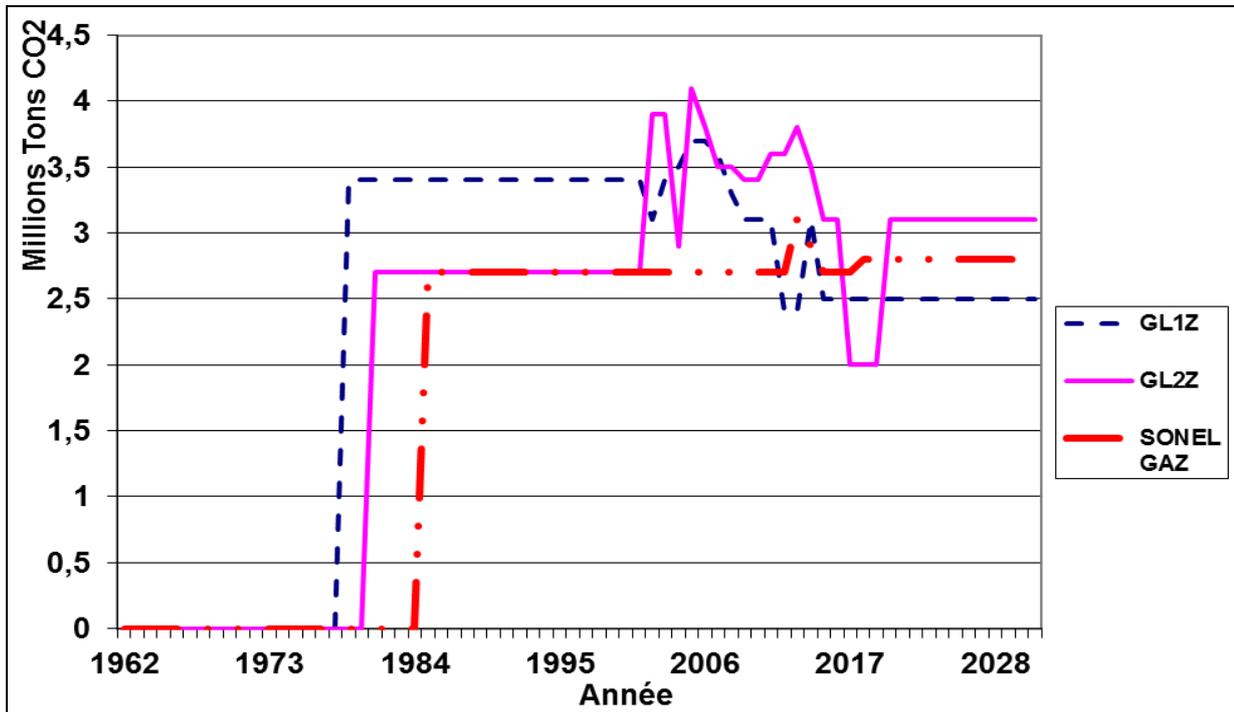
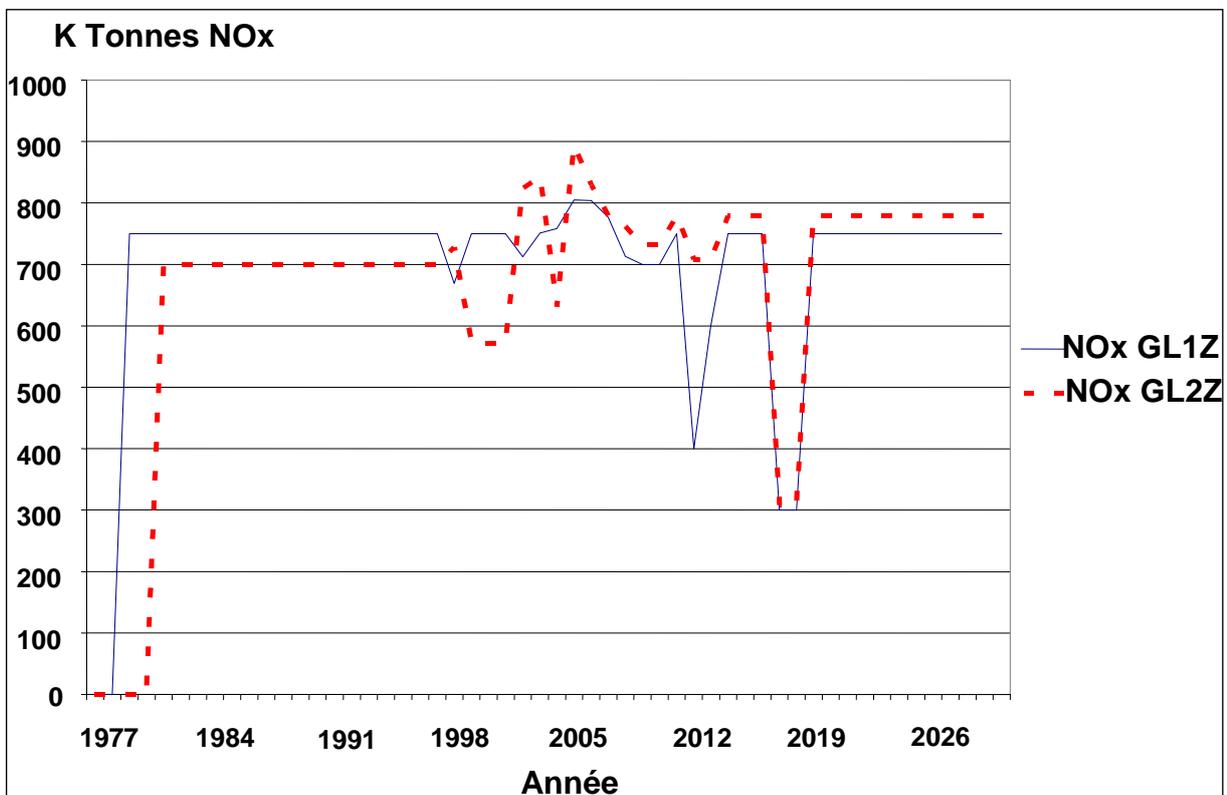


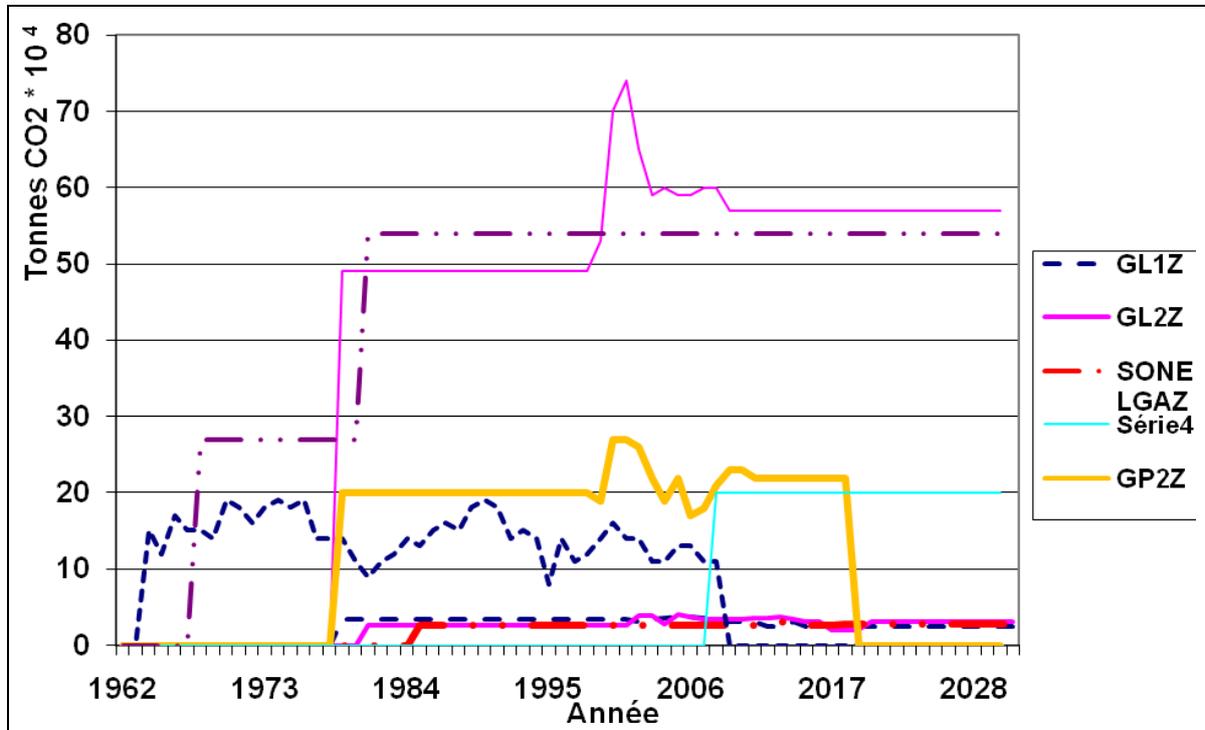
Figure 4.45 : Unités industrielles ayant des émissions de CO<sub>2</sub> supérieur à 2.5 millions Tonnes par an.



**Partie I Pollution Atmosphérique**  
**Chapitre 4 Evaluation des GES issue du pôle d'Arzew**

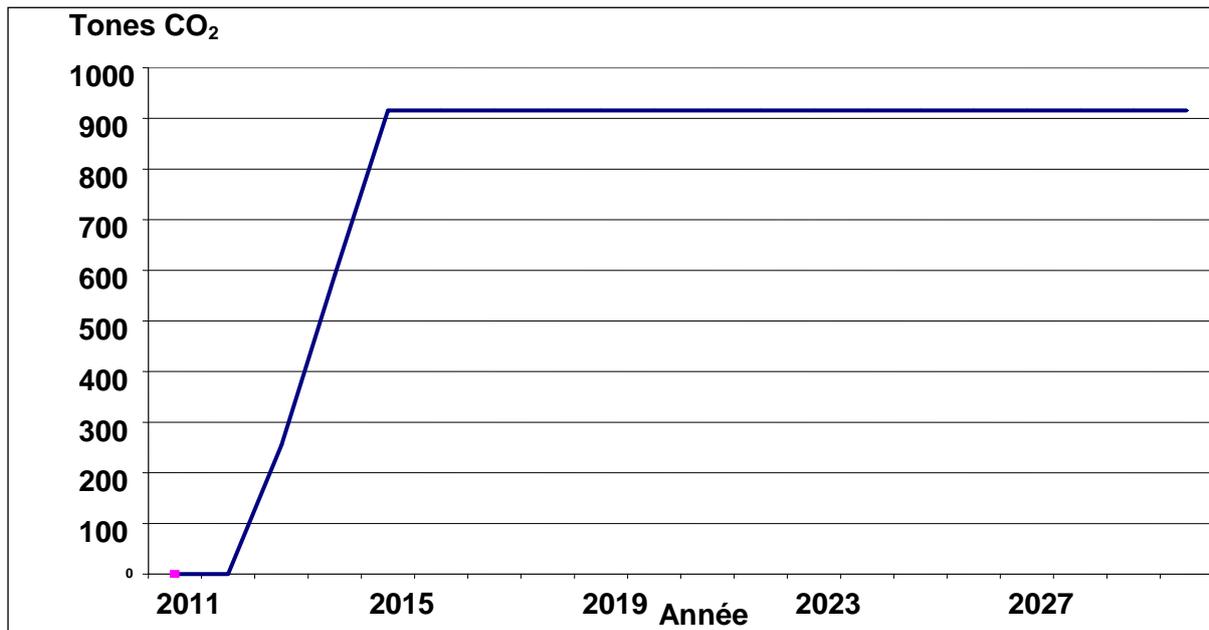
**Figure 4.46 :** Unités industrielles ayant des émissions de NO<sub>x</sub> supérieur 0,6 millions Tonnes par an.

Le deuxième groupe regroupe les unités ayant des émissions en CO<sub>2</sub> inférieur à 0.6 Millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par ans, parmi, KAHRAMA, GP1Z, GP2Z, GL4Z (complexe à l'arrêt depuis 2010, Zéro émission), voir la **Figure 4.47**.



**Figure 4.47:** Unités ayant des émissions de CO<sub>2</sub> inférieur à 0,6 millions de Tonnes/ ans.

Le troisième groupe représente la pollution Gaz CO<sub>2</sub> émise par les nouveaux complexes AOA, SORFET et GNL3Z, voir **Figure 4.48**.



**Figure 4.48** : Evaluation quantitative des émissions CO<sub>2</sub>, dégagés par les nouveaux complexes mise en exploitation fin 2013 (AOA et SORFET) et fin 2014 (GL3Z).

Ces millions de tonnes de pollution primaires de dioxyde de carbone, de dioxyde, de monoxyde et protoxyde d'Azote, du Méthane et d'Ammoniac sont directement émis dans l'air. Certaines de ces substances peuvent ensuite subir dans l'atmosphère des transformations chimiques conduisant à d'autres polluants dites polluants secondaires.

Les oxydes d'azote participent en outre à la formation de polluants photochimiques comme l'Ozone néfastes pour la santé et concourent au phénomène des pluies acides. Un exemple de la complexité de ces phénomènes atmosphériques est donné par le cycle de l'Ozone dans la basse atmosphérique dite « troposphère », on observe souvent un excès d'ozone préjudiciable à la santé humaine [21].

En revanche, dans la haute atmosphère, dite « stratosphère », il se produit, à plusieurs époques de l'année, une diminution de la concentration d'Ozone dite « trou d'Ozone », qui elle aussi préjudiciable à la santé humaine [22].

## VI.2. Discussion des résultats

Les courbes quantitatives des GES (CO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub>) **Figures 4.24** et **4.37**, dégagés par l'ensemble des unités hydrocarbures et pétrochimiques industrielles du pôle d'Arzew est en croissance depuis 1963. Nous distinguons cinq paliers de pollution atmosphérique (Débits massiques) générés par la zone industrielle d'Arzew :

### **I.1. Emissions GES avant 1963**

Avant l'année 1963, la zone d'Arzew ne disposait pas d'activité industrielle, il existait un petit port de pêche additivement aux activités agricoles et d'élevages. La seule source de pollution atmosphérique était générée par le chauffage domestique qui était basé sur bois et le brûlage des déchets domestiques, engendrant des émissions modeste en CO<sub>2</sub>.

### **I.2. Palier 1 émissions des GES entre 1963 et 1968**

La découverte des gisements de gaz naturel et de pétrole en Algérie a transformé la région d'Arzew en pôle économique et pétrolier prospère. Initié par la construction de la première unité de production de GNL dans le monde GL4Z Ex CAMEL (Compagnie Méthane liquide) en 1963, générant une pollution atmosphérique et d'autres impacts environnementaux sur l'écosystème. La moyenne annuelle des émissions en GES était environ 180 960 tonnes CO<sub>2</sub> et de 90 640 Tonnes de NO<sub>x</sub>, pour plus de détails voir la **Figure 4.24** et **4.37**.

### **I.3. Palier 2 émissions des GES entre 1969 et 1978**

Un palier stable d'émission CO<sub>2</sub> d'environ 450 000 tonnes de CO<sub>2</sub> et de 0.6 millions tonne de NO<sub>x</sub> par ans, issues des unités GL4Z et deux unités de production d'ammoniac, dans notre étude nous n'avons pas considéré la mise en production de la raffinerie suite à l'absence de quelques données additivement à quelques complexités liées au procédé. Pour plus de détail voir la **Figures 4.24** et **4.37** [22, 23 et 24]

### **I.4. Palier 3 émissions des GES entre 1979 et 1985**

Une évolution exponentielle des émissions des GES due à la transformation de cette zone en pôle pétrochimique et gazier stratégique pour l'énergie mondiale et pour l'Algérie. Dans cette période l'Algérie a connue une révolution industrielle importante conformément à la demande d'énergie exprimée par l'Europe et l'Amérique du nord (USA). Dans cette période la zone comptait trois unités de GNL, deux GPL, une raffinerie, trois unités pétrochimique soit méthanol et ammoniac additivement à des centrales électriques. Les débits massique des GES étaient d'une moyenne annuelle est de 7,3 Millions de tonnes pour le CO<sub>2</sub> et de 1,7 Millions de Tonnes pour le NO<sub>x</sub>. Le détail de ce palier existe dans les **Figures 4.24** et **4.37**.

**I.5. Palier 4 émissions des GES entre 1986 et 2013**

Ce palier de 27 ans d'émissions des GES avec un débit variant entre 10 et 11 millions tonnes de CO<sub>2</sub> et de 2 millions tonne en NO<sub>x</sub> par an, Cette stabilité est due à :

- l'absence de réalisation de la construction d'autres complexes pétrochimiques.
- L'exploitation des unités de production à 100 % de leur performance.
- La réalisation des plans de maintenance préventive.
- La mise en exploitation des deux unités d'ammoniac fin 2013, voire **Figure 4.24** et **4.37**.

**I.6. Palier 5 évaluation des futures GES entre 2014 et 2030**

Ce palier cumule les émissions des GES du palier 4 additivement à l'écoulement GNL de l'unité GNL3Z le mois d'aout 2014. Voir les détails de ce palier dans les **Figures 4.24** et **4.37**.

**Références Bibliographiques**

[1] Simulator ALOHA: Areal Locations of Hazardous Atmospheres, National Oceanic And atmospheric Administration Office of Response and Restoration Emergency Response Division Seattle, Washington, December 2004.

[2] DRIZ Sonatrach, *Plan intervention interne de la zone industrielle*. Consolidation de tous les documents d'interventions internes réglementaires PII, révision 2010.

[3] CHRISTIAN Elichegaray. *La pollution atmosphérique ambiante en France, sources, surveillance, principaux effets et mesures préventives*. Revue francophone des Laboratoires N°380 page 27, Mars 2006.

[4] Base de donnée « Sispro production », Activité Aval Division LQS groupe Sonatrach Algérie, 2010-2015.

[5] Base de Donnée « SisPro Technique Laboratoire » Activité Aval Division LQS groupe Sonatrach Algérie, 2010-2015.

[6] SISPRO, Technique, LABOARTOIRE SONATRACH. *Certificats de qualité produits des complexes industriels et pétrochimiques*. 2005-2015.

[7] NOR: DEVP0774041A. Arrêté Français du 31 mars 2008. *Vérification et quantification des émissions déclarées dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de gaz à*

**Partie I Pollution Atmosphérique**  
**Chapitre 4 Evaluation des GES issue du pôle d'Arzew**

---

*effet de serre pour la période 2008-2012.* Version n° 01 le 31 Mars 2008, version révisé 01 juin 2011.

- [8] PATRICK Levalois et Pierre LAJOIE. *Pollution atmosphérique et champs électromagnétiques*, les presses de l'université Laval page 7-8, ISBN 2-7637-7522-5, 1997.
- [9] HO-MYUNG Chang, Myung JIN CHUNG, Sanggyu LEE. An efficient multi-stage Brayton–JT cycle for liquefaction of natural gas. *Cryogenics* 51 (2011) 278–286.
- [10] FRONT Cover. *Formation Spécialisée pour les transporteurs de gaz liquéfié*, page 84, 85. Edition révisée 1999, par l'Organisation Maritime International, publishing IMO. ISBN 978- 92-801-2362-3. Edition de 1999. IMO Publishing.
- [11] HOUMEUR Sana. *Modalisation et optimisation de l'Aval des chaînes de GNL Algériennes*. Mémoire de Magister. Université IAP, Boumerdes, Faculté des hydrocarbures et de la chimie, Algérie 2008.
- [12] ALEXANDRE, Roje, Bernard DURANT. *Gaz naturelle*. Pages 253-256. Editions OPHRYS, ISBN 2-7108-0657-6, 1994.
- [13] HENG Sun, Dan SHU, Zhihua JIANG. *Simulation study of the dynamic performance of a MRC plant with refrigerant charged or leaked*. *Cryogenics* 52 (2012) 8–12. Science Direct, 2012.
- [14] WOLFGANG Foerg, Wilfred BACH, Rudolf STOCKMAN. *A new LNG baseload process and the manufacturing of the main heat exchangers*. *Returne HOME revues* 1998.
- [15] BAUER et al. *Wprocess for liquefying a hydrocarbon-rich fraction*. Publication classification. United States. 15 Sep. 2011. *Patent Application Publication*. US 2011/0219819.
- [16] GOMRI, Rabah. *Étude, Analyse et Simulation du Reforming Primaire (Four de l'Industrie d'Ammoniac)*, Thèse de doctorat d'état, Page 16 – 25. Soutenue le 22/06/2006. Université Mentouri, Constantine, Faculté des sciences de l'ingénieur, Département de génie chimique.
- [17] EFMA. *Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry Booklet*, No. 1 of 8: production of ammonia, 2000, page 7- 18, Belgium, 2000.
- [18] CLAUDE Mercier. *Industrie pétrochimique et ses possibilités d'implantation dans les pays en voie de développement*, pages 87-90, éditions TECHNIP 1966.
- [19] GIRARE Viratelle, *Alegrie algérienne*, pages 35 et 42, 1972.
- [20] OCDE. *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050 les conséquences de l'inaction*, page 316-317. OCDE 15 Mars 2012, ISBN 978- 92 - 64. 7.
-

## **Partie I Pollution Atmosphérique**

### **Chapitre 4 Evaluation des GES issue du pôle d'Arzew**

---

[21] ELICHEGARAY C., S. BOUALLALA, A. MAITRE, *Développement and curent status of atmospheric pollution*. Revue française d'allergologie 50 (2010) 381–393.

[22] GEORGES Bourrey, H. DUNOD et E. PINAT. *La technique moderne*. Volume 76 à 77, Page 37 – 39, 1984.

[23] BELGOURCH Abderrahmane. *Ecrèment Indépendance politique et libération économique, un quart de siècle de développement de l'Algérie 1965-1985*, page 77. Politique étrangère, n°3. Edition 1987.

## **I. Introduction**

Ces millions de tonnes de pollution primaire de monoxyde et de dioxyde d'azote, ammoniac et oxydes de carbone directement émis dans l'air annoncé dans le chapitre 4. Nous rappelons que certaines de ces substances peuvent ensuite subir dans l'air des transformations chimiques conduisant à d'autres polluants dits polluants secondaires. Les oxydes d'Azote participent en outre à la formation de polluants photochimiques comme l'Ozone, néfastes pour la santé et concourent au phénomène des pluies acides [1].

Un exemple de la complexité de ces phénomènes atmosphériques est donné par le cycle de l'Ozone dans la basse atmosphérique dite « troposphère », on observe souvent un excès d'Ozone préjudiciable à la santé humaine [2].

En revanche, dans la haute atmosphère, dite « stratosphère », il se produit, à plusieurs époques de l'année, une diminution de la concentration d'Ozone dite « trou d'Ozone », qui elle aussi préjudiciable à la santé [3, 4].

L'ajustement de la concentration des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère à une réduction de leurs émissions dépend des mécanismes physiques et chimiques qui éliminent les différents gaz de l'atmosphère. Les concentrations de certains GES disparaissent presque immédiatement dès que leurs émissions diminuent. Tandis que d'autres peuvent continuer de croître pendant des siècles, même si leurs émissions ont été réduites. La concentration d'un GES dans l'atmosphère dépend du rapport entre les taux d'émission de ce gaz dans l'atmosphère et la vitesse des processus qui le font disparaître. Par exemple, les échanges de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) entre l'atmosphère, les océans et la terre s'effectuent par des transferts gazeux entre l'atmosphère et les océans, ainsi que par des mécanismes chimiques (dégradation) et biologiques (photosynthèse).

Si plus de la moitié du  $\text{CO}_2$  émis est actuellement éliminé de l'atmosphère en l'espace d'un siècle, une fraction du  $\text{CO}_2$  émise (environ 20%) persiste dans l'atmosphère pendant des milliers d'années. Du fait de la lenteur du processus d'absorption, le  $\text{CO}_2$  atmosphérique continuera à augmenter sur le long terme, même si son émission devait s'abaisser au-dessous des seuils actuels. Le Méthane ( $\text{CH}_4$ ) est absorbé dans l'atmosphère par des processus chimiques, tandis que l'oxyde nitreux ( $\text{N}_2\text{O}$ ) et certains halo-carbures sont détruits dans les couches supérieures de l'atmosphère par le rayonnement solaire. La durée de chacun de ces processus peut varier de quelques années à quelques millénaires. Elle peut se mesurer en fonction du temps de rémanence d'un gaz dans

l'atmosphère, définie comme le temps nécessaire à une perturbation pour diminuer jusqu'à ne compter plus que pour 37% de son volume initial [5].

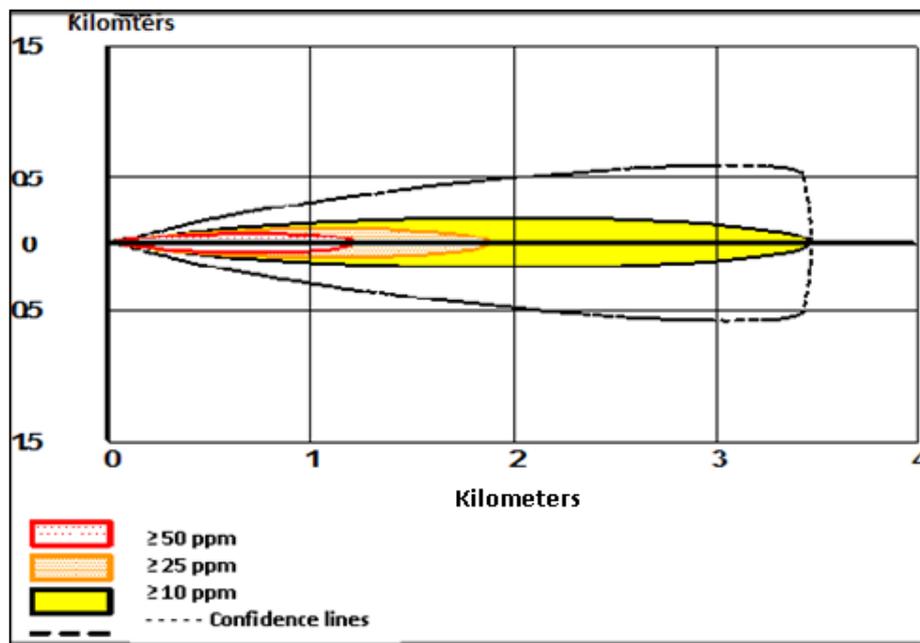
## **II. Modélisation de la pollution atmosphérique GES (CO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub>) générée par la zone industrielle**

Dans cette partie nous avons réalisé cinq modélisations liées aux cinq paliers de pollution atmosphérique déjà traités dans le chapitre précédent.

Dans cette simulation nous avons pris en considération les données météorologiques de la zone d'Arzew pour la période 1985 – 2007 [6], ainsi que les seuils de toxicité issus de la base de données INERIS et INERS [7 à 9] dans ce chapitre nous avons présenté les résultats issus de la modélisation via le logiciel ALOA [10].

### **2.1. Modélisation des émissions GES du palier 1 1963 - 1968**

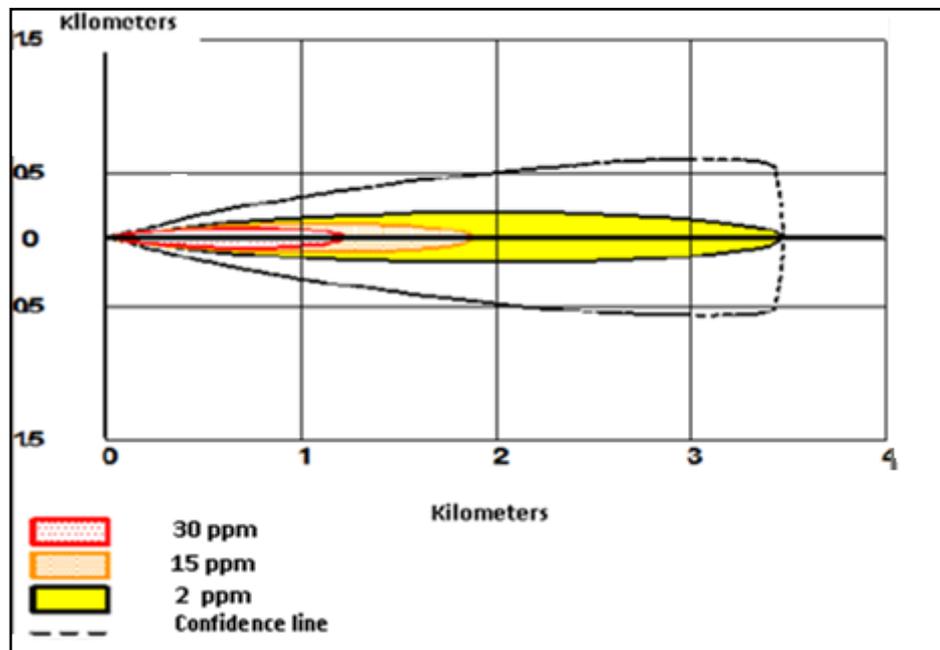
Dans cette période les émissions annuelles moyennes des GES sont de l'ordre de 180 960 tonnes de gaz CO<sub>2</sub> et 90 640 tonnes de NO<sub>x</sub>. Les résultats issus de la simulation ont été représentés respectivement dans les **Figures 5.1** et **5.2**.



**Figure 5.1:** Modélisation de la pollution CO<sub>2</sub> dégagée par la zone industrielle d'Arzew période 1963-1968.

Le graduant de concentration diminue en se dirigeant vers l'extérieur de la zone ovale, variant entre 50 et 10 ppm. Une toxicité de CO<sub>2</sub> (forme d'ovale), avec une concentration de :

- 50 ppm dispersées sur une surface de 1.2 Km de longueur et de 120 m de largeur.
- 25 ppm dispersées sur une surface de 1.7 Km de longueur et de 140 m de largeur.
- 10 ppm dispersées sur une surface de 3.5 Km de longueur et de 420 m de largeur.



**Figure 5.2:**Modélisation de la pollution NO<sub>x</sub> dégagée par la zone industrielle d'Arzew période 1963-1968.

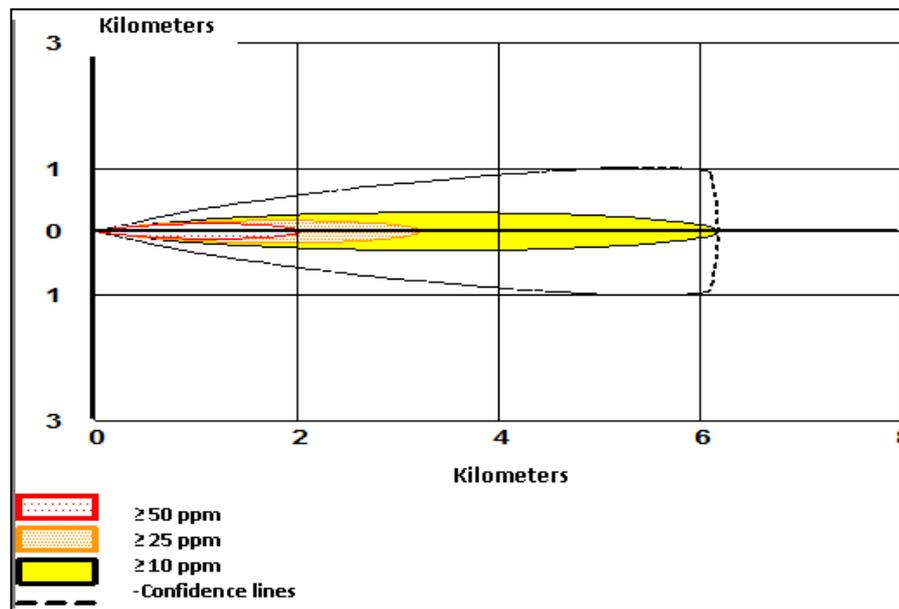
Le gradient de concentration diminue en se dirigeant vers l'extérieur de la zone d'impacte sous forme d'ovale, variant entre 30 et 2 ppm. Une toxicité de NO<sub>x</sub> (forme d'ovale), avec une concentration de :

- 30 ppm dispersées sur une surface de 900 m de longueur et de 150 m de largeur.
- 15 ppm dispersées sur une surface de 1.6 Km de longueur et de 200 m de largeur.
- 2 ppm dispersées sur une surface de 6.3 Km de longueur et de 750 m de largeur.

## **2.2. Modélisation des émissions GES du palier 2 1969 - 1978**

Dans cette période les émissions annuelles moyennes des GES sont de l'ordre de 400 milles tonnes de CO<sub>2</sub> et 600 milles tonnes de NO<sub>x</sub>.

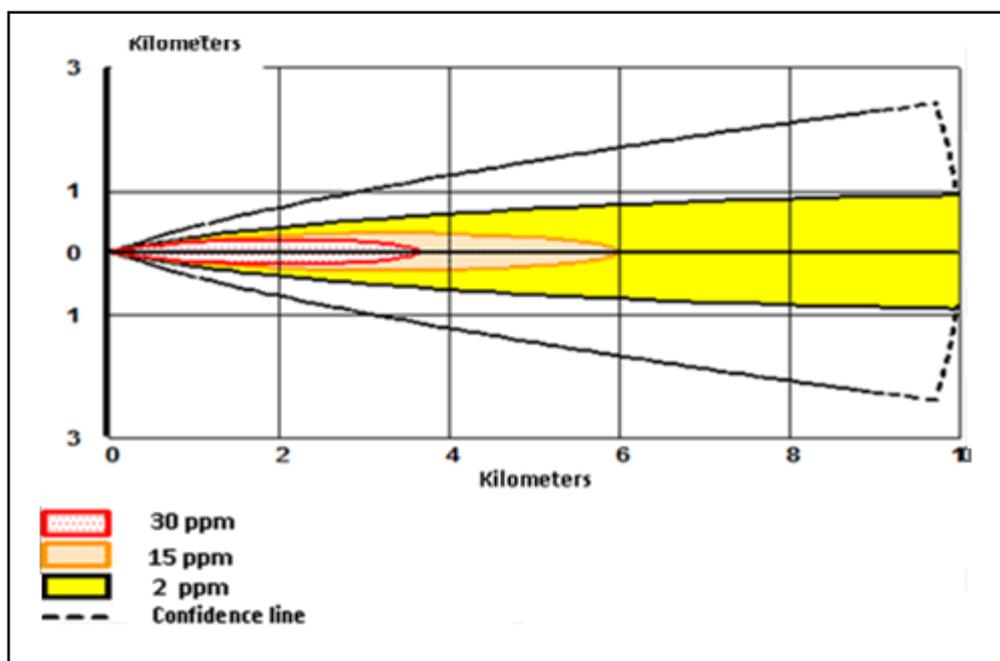
Les résultats issus de la simulation ont été représentés respectivement dans les **Figures 5.3** et **5.4**.



Figures 5.3: Modélisation de la pollution CO<sub>2</sub> dégagée par la zone industrielle d'Arzew période 1969-1978.

Le gradient de concentration diminue en se dirigeant vers l'extérieur de l'ovale, variant entre 50 et 10 ppm. Une toxicité de CO<sub>2</sub> (forme d'ovale), avec une concentration de :

- 50 ppm dispersées sur une surface de 2 Km de longueur et de 300 m de largeur.
- 25 ppm dispersées sur une surface de 3 Km de longueur et de 400 m de largeur.
- 10 ppm dispersées sur une surface de 6.1 Km de longueur et de 700 m de largeur.



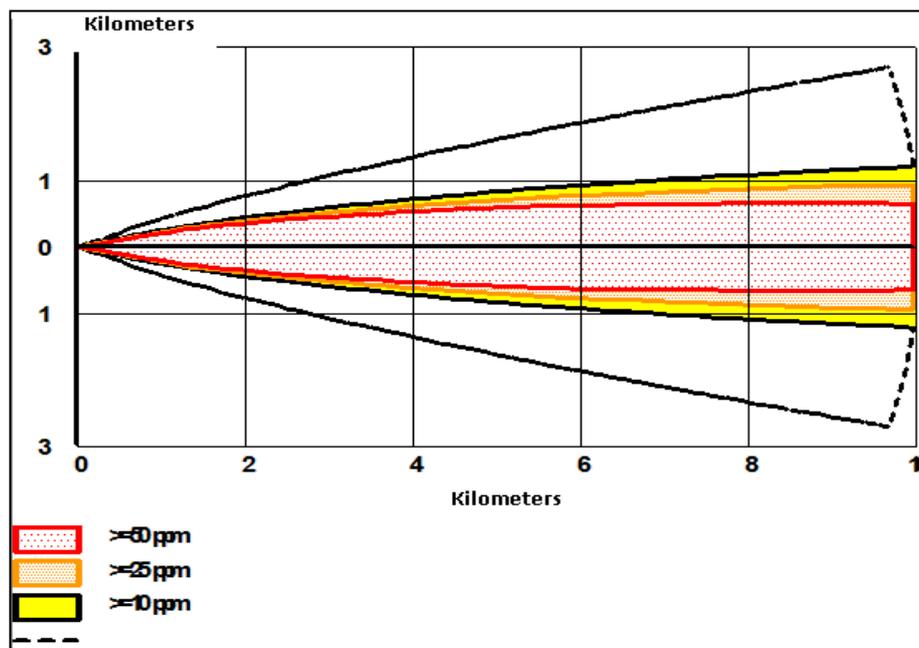
Figures 5.4 : Modélisation de la pollution NO<sub>x</sub> dégagée par la zone industrielle d'Arzew période 1969-1978.

Le graduant de concentration diminue en se dirigeant vers l'extérieur de l'ovale, variant entre 30 et 2 ppm. Une toxicité de CO<sub>2</sub> (forme d'ovale), avec une concentration de :

- 30 ppm dispersées sur une surface de 3.8 Km de longueur et de 400 m de largeur.
- 15 ppm dispersées sur une surface de 5.9Km de longueur et de 800 m de largeur.
- 2 ppm dispersées sur une surface de 10 Km de longueur et de 1.7 Km de largeur.

### 2.3. Modélisation des émissions GES du palier 3 1979 - 1985

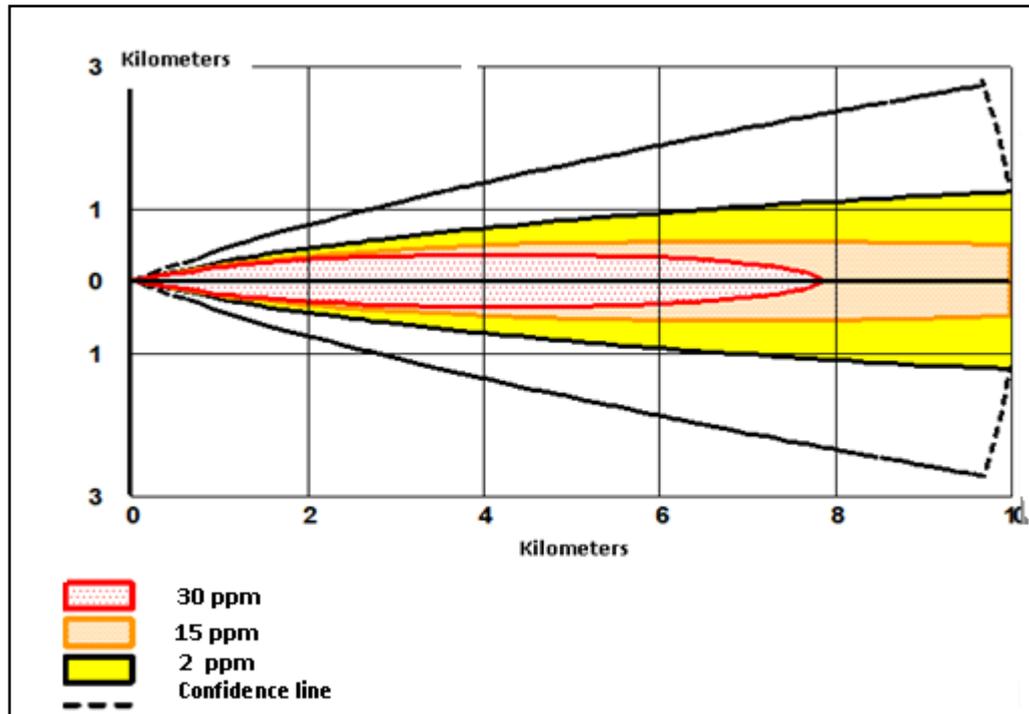
Dans cette période les émissions annuelles moyennes des GES sont de l'ordre de 7,3 Millions de tonnes de CO<sub>2</sub> et 1,7 Millions de Tonnes de NO<sub>x</sub>. Les résultats issus de la simulation ont été représentés respectivement dans les **Figures 5.5** et **5.6**.



**Figures 5.5** : Modélisation de la pollution CO<sub>2</sub> dégagée par la zone industrielle d'Arzew période 1979-1985.

Le graduant de concentration diminue en se dirigeant vers l'extérieur de l'ovale, variant entre 50 et 10 ppm. Une toxicité de CO<sub>2</sub> (forme d'ovale), avec une concentration de :

- 50 ppm dispersées sur une surface de 10 km de longueur et de 1.3 Km de largeur.
- 25 ppm dispersées sur une surface de 10 km de longueur et de 1.9 Km de largeur.
- 10 ppm dispersées sur une surface de 10 km de longueur et de 2.2 Km de largeur.



**Figures 5.6:**Modélisation de la pollution NO<sub>x</sub> dégagée par la zone industrielle d'Arzew période 1979-1985.

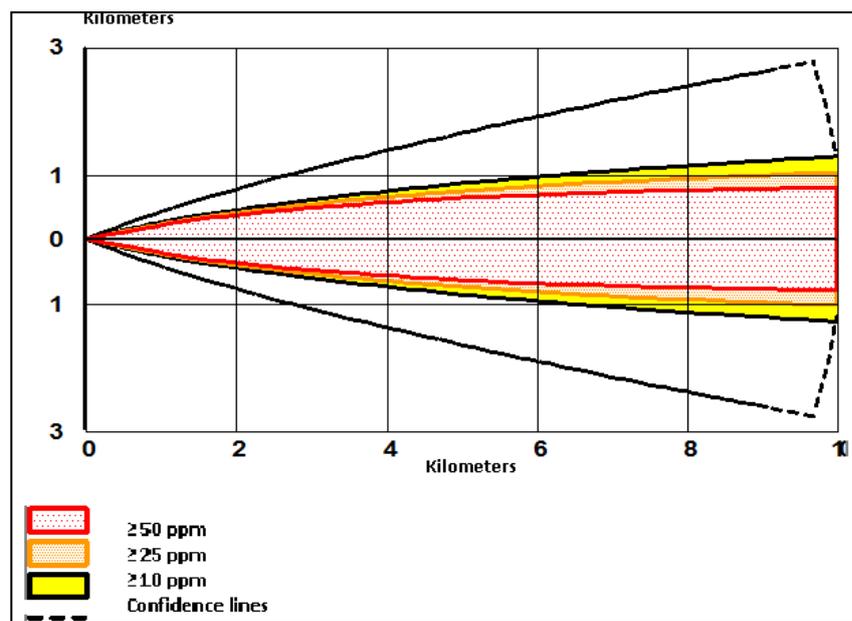
Le graduant de concentration diminue en se dirigeant vers l'extérieur de l'ovale, variant entre 50 et 10 ppm. Une toxicité de NO<sub>x</sub> (forme d'ovale), avec une concentration de :

- 30 ppm dispersées sur une surface de 7.8 Km de longueur et de 1 Km de largeur.
- 15 ppm dispersées sur une surface de 10 Km de longueur et de 1.3 Km de largeur.
- 2 ppm dispersées sur une surface de 10 Km de longueur et de 1.2 Km de largeur.

#### 2.4. Modélisation des émissions GES du palier 4 entre 1986 et 2013

Dans cette période les émissions annuelles moyennes des GES sont de l'ordre de 10 Millions tonnes de CO<sub>2</sub> et 2 Millions tonnes de NO<sub>x</sub>.

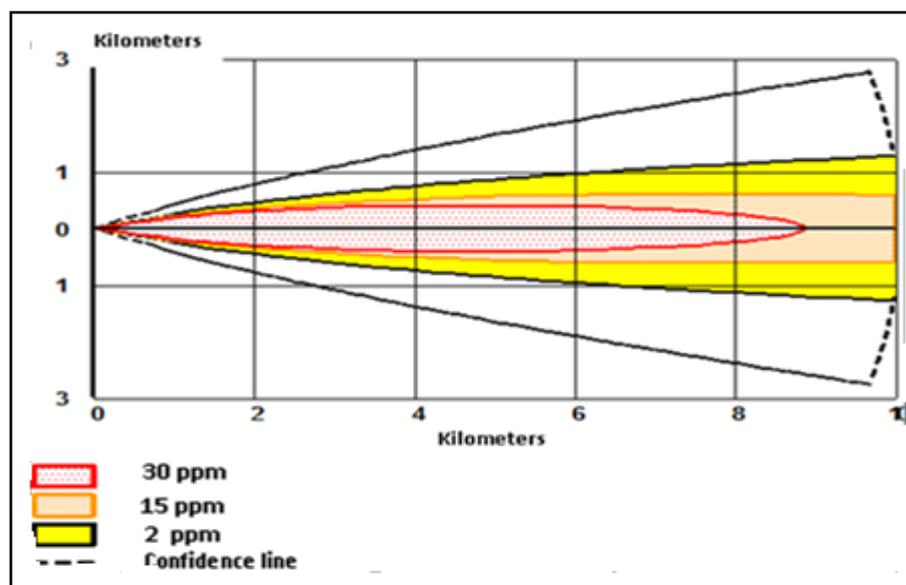
Les résultats issus de la simulation ont été représentés respectivement dans les **Figures 5.7** et **5.8**.



**Figure 5.7:** Modélisation de la pollution CO<sub>2</sub> dégagée par la zone industrielle d'Arzew période 1986 et 2013.

Le gradient de concentration diminue en se dirigeant vers l'extérieur de l'ovale, variant entre 50 et 10 ppm. Une toxicité de CO<sub>2</sub> (forme d'ovale), avec une concentration de :

- 50 ppm dispersées sur une surface supérieure à 10 Km de longueur et 1,6 Km de largeur.
- 25 ppm dispersées sur une surface supérieure à 10 Km de longueur et 2 Km de largeur.
- 10 ppm dispersées sur une surface supérieure à 10 Km de longueur et 2,3 Km de largeur.



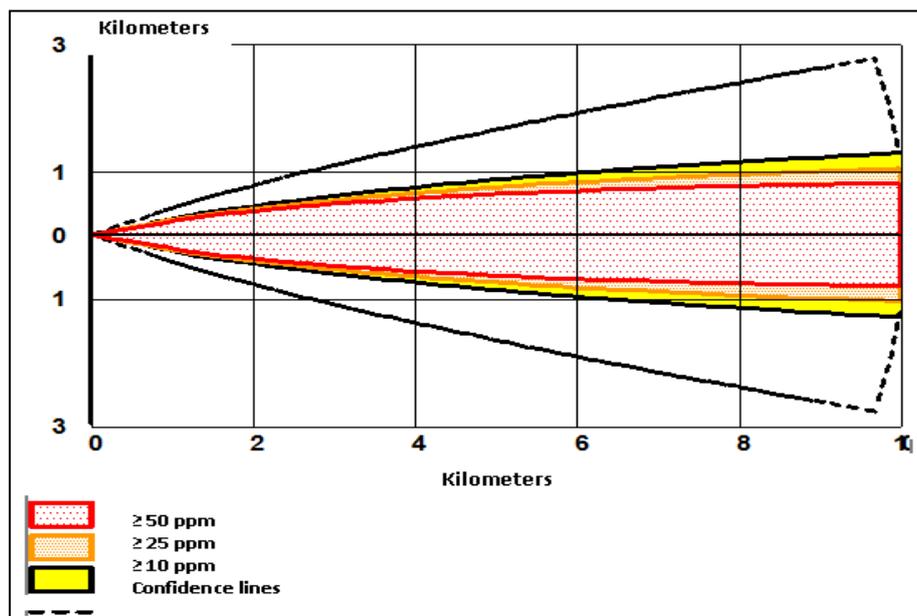
**Figure 5.8:** Modélisation de la pollution NO<sub>x</sub> dégagée par la zone industrielle d'Arzew période 1986-2013.

Le graduant de concentration diminue en se dirigeant vers l'extérieur de l'ovale, variant entre 50 et 10 ppm. Une toxicité de NO<sub>x</sub> (forme d'ovale), avec une concentration de :

- 30 ppm dispersées sur une surface de 8.8 Km de longueur et de 1 Km de largeur.
- 15 ppm dispersées sur une surface sup. à 10 Km de longueur et 1.3 Km de largeur.
- 2 ppm dispersées sur une surface sup. à 10 Km de longueur et 2.2 Km de largeur.

### 2.5. Modélisation des émissions GES du palier 5 entre 2014 et 2030

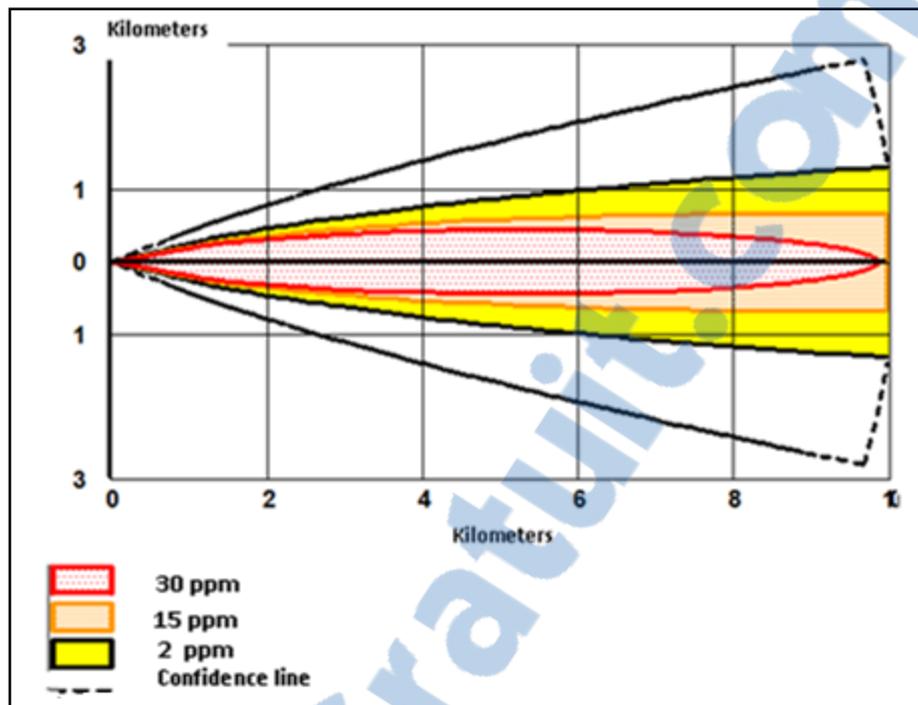
Dans cette période les émissions annuelles moyennes des GES sont de l'ordre de 12,4 Millions tonnes de CO<sub>2</sub> et 3,5 Millions tonnes de NO<sub>x</sub>. Les résultats issus de la simulation ont été représentés respectivement dans les **Figures 5.9** et **5.10**.



**Figure 5.9:** Modélisation de la pollution CO<sub>2</sub> dégagée par la zone industrielle d'Arzew période 2014 - 2030.

Le graduant de concentration diminue en se dirigeant vers l'extérieur de l'ovale, variant entre 50 et 10 ppm. Une toxicité de CO<sub>2</sub> (forme d'ovale), avec une concentration de :

- 50 ppm dispersées sur une surface sup. à 10 Km de longueur et 1,7 Km de largeur.
- 25 ppm dispersées sur une surface sup. à 10 Km de longueur et 2.1 Km de largeur.
- 10 ppm dispersées sur une surface sup. à 10 Km de longueur et 2.4 Km de largeur.



**Figure 5.10** : Modélisation de la pollution  $\text{NO}_x$  dégagée par la zone industrielle d'Arzew période 2014 - 2030.

Le gradient de concentration diminue en se dirigeant vers l'extérieur de l'ovale, variant entre 50 et 10 ppm. Une toxicité de  $\text{NO}_x$  (forme d'ovale), avec une concentration de :

- 30 ppm dispersées sur une surface de 9.7 Km de longueur et de 0.9 Km de largeur.
- 15 ppm dispersées sur une surface sup. à 10 Km de longueur et 1.3 Km de largeur.
- 2 ppm dispersées sur une surface sup. à 10 Km de longueur et de plus de 2.4 Km de largeur.

### III. Modélisation des émissions des Gaz $\text{CO}_2$ dégagées par chaque complexe

#### Complexe GL4Z

Unité à l'arrêt depuis 2010.

#### Complexe GL1Z

Les résultats obtenus par la modélisation des quantités moyennes de  $\text{CO}_2$  dégagées par le complexe GL1Z ont démontré que la dispersion du gradient de concentration est sous forme ovale (**Figure 5.11** en Annexe 1). Les seuils de toxicité en  $\text{CO}_2$  sont les suivants :

- 50 ppm (couleur rouge) dispersées sur 10 Km de longueur et de 0.8 Km de largeur.

- 25 ppm (couleur orange) dispersées sur 10 Km de longueur et de 1.2 Km de largeur.
- 10 ppm (couleur jaune) dispersées sur 10 Km de longueur et de 2.1 Km de largeur.

### **Complexe GL2Z**

Les résultats obtenus par la modélisation des quantités moyennes de **CO<sub>2</sub>** dégagées par le complexe GL2Z ont démontré que la dispersion du graduant de concentration est sous forme ovale (**Figure 5.12** en Annexe 1). Les seuils de toxicité en **CO<sub>2</sub>** sont les suivants :

- 50 ppm (couleur rouge) dispersées sur 10 Km de longueur et de 0.8 Km de largeur.
- 25 ppm (couleur orange) dispersées sur 10 Km de longueur et de 1.2 Km de largeur.
- 10 ppm (couleur jaune) dispersées sur 10 Km de longueur et de 2.1 Km de largeur.

### **Complexe GNL3Z**

Les résultats obtenus par la modélisation des quantités moyennes de **CO<sub>2</sub>** dégagées par le complexe GNL3Z ont démontré que la dispersion du graduant de concentration est sous forme ovale (**Figure 5.13** en Annexe 1). Les seuils de toxicité en **CO<sub>2</sub>** sont les suivants :

- 50 ppm (couleur rouge) dispersées sur une surface de 7.5 Km de longueur et de 0.6 Km de largeur.
- 25 ppm (couleur orange) dispersées sur 10 Km de longueur et de 1 Km de largeur.
- 10 ppm (couleur jaune) dispersées sur 10 Km de longueur et de 1.7 Km de largeur.

### **Complexe GP1Z**

Les résultats obtenus par la modélisation des quantités moyennes de **CO<sub>2</sub>** dégagées par le complexe GP1Z ont démontré que la dispersion du graduant de concentration est sous forme ovale (**Figure 5.14** en Annexe 1). Les seuils de toxicité en **CO<sub>2</sub>** sont les suivants :

- 50 ppm (couleur rouge) dispersées sur 3.3 Km de longueur et de 0.4Km de largeur.
- 25 ppm (couleur orange) dispersées sur 5.4Km de longueur et de 0.5 Km de largeur.
- 10 ppm (couleur jaune) dispersées sur 10 Km de longueur et de 0.9 Km de largeur.

### **Complexe GP2 Z**

Les résultats obtenus par la modélisation des quantités moyennes de **CO<sub>2</sub>** dégagées par le complexe **GP2Z** ont démontré que la dispersion du graduant de concentration est sous forme ovale (**Figure 5.15** en Annexe 1). Les seuils de toxicité en **CO<sub>2</sub>** sont les suivantes :

- 50 ppm (couleur rouge) dispersées sur 1.4 Km de longueur et de 0.2 Km de largeur.

- 25 ppm (couleur orange) dispersées sur 2.2Km de longueur et de 0.3Km de largeur.
- 10 ppm (couleur jaune) dispersées sur 4.1Km de longueur et de 0.4 Km de largeur.

#### **Complexe d'ammoniac et d'engrais azoté FERTIAL (Ex. ASMIDAL)**

Les résultats obtenus de la modélisation des quantités moyennes de  $\text{CO}_2$  dégagées par l'unité Ammoniac FERTIAL ont démontré que la dispersion du gradient de concentration est sous forme ovale (**Figure 5.16** en Annexe 1). Les seuils de toxicité en  $\text{CO}_2$  sont les suivants :

- 50 ppm (couleur rouge) dispersées sur 2.6Km de longueur et de 0.2Km de largeur.
- 25ppm (couleur orange) dispersées sur 4.2Km de longueur et de 0.4Km de largeur.
- 10 ppm (couleur jaune) dispersées sur 8.3 Km de longueur et de 0.6Km de largeur.

#### **Complexe d'ammoniac et d'engrais azoté (SORFET)**

Les résultats obtenus par la modélisation des quantités moyennes de  $\text{CO}_2$  dégagées par l'unité Ammoniac SORFET ont démontré une présence de disparations forme ovale (**Figure 5.17** en Annexe 1). Les seuils de toxicité en  $\text{CO}_2$  sont les suivants :

- 50 ppm (couleur rouge) dispersées sur 2.7 Km de longueur et de 0.2Km de largeur.
- 25 ppm (couleur orange) dispersées sur 4.3Km de longueur et de 0.4Km de largeur.
- 10 ppm (couleur jaune) dispersées sur 8.4Km de longueur et de 0.6Km de largeur.

#### **Complexe d'ammoniac et d'engrais azoté (AOA)**

Les résultats obtenus de la modélisation des quantités moyennes de  $\text{CO}_2$  dégagées par l'unité Ammoniac AOA ont démontré une présence de disparations forme ovale (**Figure 5.18** en Annexe 1). Les seuils de toxicité en  $\text{CO}_2$  sont les suivants:

- 50 ppm (couleur rouge) dispersées sur 2.5 Km de longueur et de 0.2Km de largeur.
- 25ppm (couleur orange) dispersées sur 4.1Km de longueur et de 0.4 Km de largeur.
- 10 ppm (couleur jaune) dispersées sur 7.9Km de longueur et de 0.6Km de largeur.

#### **Complexe Méthanol CP1Z**

Les résultats obtenus de la modélisation des quantités moyennes de  $\text{CO}_2$  dégagées par le complexe pétrochimique Méthanol CP1Z ont démontré que la dispersion du gradient de concentration est sous forme ovale, **Figure 5.19** en Annexe 1. Les seuils de toxicité en  $\text{CO}_2$  sont les suivants:

## Partie I Pollution Atmosphérique

### Chapitre 5 Modélisation de la dispersion des GES

---

- 50 ppm (couleur rouge) dispersées sur 1.3Km de longueur et de 0.2 Km de largeur.
- 25 ppm (couleur orange) dispersées sur 2.1Km de longueur et de 0.4Km de largeur.
- 10 ppm (couleur jaune) dispersées sur 3.8Km de longueur et de 0.6 Km de largeur.

#### Unité KAHRAMA

Les résultats obtenus par la modélisation des quantités moyennes de  $\text{CO}_2$  dégagées par l'unité KAHRAMA ont démontré que la dispersion du graduant de concentration est sous forme ovale (**Figure 5.20** en Annexe 1). Les seuils de toxicité en  $\text{CO}_2$  sont les suivants :

- 50 ppm (couleur rouge) dispersées sur 1.4 Km de longueur et de 0.2 Km de largeur.
- 25 ppm (couleur orange) dispersées sur 2.2Km de longueur et de 0.2Km de largeur.
- 10 ppm (couleur jaune) dispersées sur 4.1Km de longueur et de 0.4 Km de largeur.

#### SONELGAZ Mers El Hadjadj

Les résultats obtenus par la modélisation des quantités moyennes de  $\text{CO}_2$  dégagé par l'unité SONELGAZ Mers El Hadjadj ont démontré que la dispersion du graduant de concentration est sous forme ovale (**Figure 5.21** en Annexe 1). Les seuils de toxicité en  $\text{CO}_2$  sont les suivants :

- 50 ppm (couleur rouge) dispersées sur 8.7 Km de longueur et de 0.7Km de largeur.
- 25 ppm (couleur orange) dispersées sur 10Km de longueur et de 1.1 Km de largeur.
- 10 ppm (couleur jaune) dispersées sur 10 Km de longueur et de 1.8 Km de largeur.

#### IV. Modélisation des quantités du $\text{NO}_x$ émises par chaque complexe.

##### Complexe GL4Z

Unité à l'arrêt depuis 2010.

##### Complexe GL1Z

Les résultats obtenus par la modélisation des quantités moyennes de  $\text{NO}_x$  dégagées par le complexe **GL1Z** ont démontré que la dispersion du graduant de concentration est sous forme ovale (**Figure 5.22** en Annexe 1). Les seuils de toxicité en  $\text{NO}_x$  sont les suivants :

- 30 ppm (couleur rouge) dispersées sur 7.9 Km de longueur et de 0.8Km de largeur.

- 15 ppm (couleur orange) dispersées sur 10Km de longueur et de 0.9Km de largeur.
- 2 ppm (couleur jaune) dispersées sur 10 Km de longueur et de 2 Km de largeur.

### **Complexe GL2Z**

Les résultats obtenus par la modélisation des quantités moyennes de **NO<sub>x</sub>** dégagées par le complexe GL2Z ont démontré que la dispersion du gradient de concentration est sous forme ovale (**Figure 5.23** en Annexe 1). Les seuils de toxicité en **NO<sub>x</sub>** sont les suivants :

- 30 ppm (couleur rouge) dispersées sur 7.9Km de longueur et de 0.8 Km de largeur.
- 15 ppm (couleur orange) dispersées sur 10Km de longueur et de 0.9Km de largeur.
- 2 ppm (couleur jaune) dispersées sur 10 Km de longueur et de 2 Km de largeur.

### **Complexe GNL3Z**

Les résultats obtenus par la modélisation des quantités moyennes de **NO<sub>x</sub>** dégagées par le complexe GNL3Z ont démontré que la dispersion du gradient de concentration est sous forme ovale (**Figure 5.24** en Annexe 1). Les seuils de toxicité en **NO<sub>x</sub>** sont les suivants :

- 30 ppm (couleur rouge) dispersées sur 5.5Km de longueur et de 0.4Km de largeur.
- 15 ppm (couleur orange) dispersées sur 7.9Km de longueur et de 0.5Km de largeur.
- 2 ppm (couleur jaune) dispersées sur 10 Km de longueur et de 1.6 Km de largeur.

### **Complexe GP1Z**

Les résultats obtenus par la modélisation des quantités moyennes de **NO<sub>x</sub>** dégagées par le complexe GP1Z ont démontré que la dispersion du gradient de concentration est sous forme ovale (**Figure 5.25** en Annexe 1). Les seuils de toxicité en **NO<sub>x</sub>** sont les suivants :

- 30 ppm (couleur rouge) dispersées sur 1 Km de longueur et de largeur de 100 m.
- 15 ppm (couleur orange) dispersées sur 1.5 Km de longueur et de largeur de 100 m.
- 2 ppm (couleur jaune) dispersées sur 4.3 Km de longueur et de largeur de 300 m.

### **Complexe GP2Z**

Les résultats obtenus par la modélisation des quantités moyennes de  $\text{NO}_x$  dégagées par le complexe GP2Z ont démontré que la dispersion du graduant de concentration est sous forme ovale (**Figure 5.26** en Annexe 1). Les seuils de toxicité en  $\text{NO}_x$  sont les suivants :

- 30 ppm (couleur rouge) dispersées sur 605 m de longueur et de 30m.
- 15 ppm (couleur orange) dispersées sur 871 m de longueur de 40 m de largeur.
- 2 ppm (couleur jaune) dispersées sur 2.5 Km de longueur et de 1.6 Km de largeur.

### **Complexe d'ammoniac et d'engrais azoté FERTIAL (Ex. ASMIDAL)**

Les résultats obtenus par la modélisation des quantités moyennes de  $\text{NO}_x$  dégagées par le complexe FERTIAL ont démontré que la dispersion du graduant de concentration est sous forme ovale (**Figure 5.27** en Annexe 1). Les seuils de toxicité en  $\text{NO}_x$  sont les suivants :

- 30 ppm (couleur rouge) dispersées sur 300 m de longueur et de largeur maximale de 100 m.
- 15 ppm (couleur orange) dispersées sur 432Km de longueur et de largeur de 100m.
- 2 ppm (couleur jaune) dispersées sur 1.2 Km de longueur et de largeur de 300 m.

### **Complexe d'ammoniac et d'engrais azoté (SORFET)**

Les résultats obtenus par la modélisation des quantités moyennes de  $\text{NO}_x$  dégagées par le complexe SORFET ont démontré que la dispersion du graduant de concentration est sous forme ovale (**Figure 5.28** en Annexe 1). Les seuils de toxicité en  $\text{NO}_x$  sont les suivants :

- 30 ppm (couleur rouge) dispersées sur 317 m de longueur et de largeur de 100 m.
- 15 ppm (couleur orange) dispersées sur 457 m de longueur et de largeur de 100 m.
- 2 ppm (couleur jaune) dispersées sur 1.3 Km de longueur et de largeur de 300 m.

### **Complexe d'ammoniac et d'engrais azoté (AOA)**

Les résultats obtenus par la modélisation des quantités moyennes de  $\text{NO}_x$  dégagées par le complexe AOA ont démontré que la dispersion du gradient de concentration est sous forme ovale (**Figure 5.29** en Annexe 1). Les seuils de toxicité en  $\text{NO}_x$  sont les suivants :

- 30 ppm (couleur rouge) dispersées sur 586 m de longueur et de largeur de 100 m.
- 15 ppm (couleur orange) dispersées sur 843 m de longueur et de largeur de 100 m.
- 2 ppm (couleur jaune) dispersées sur 2.4 Km de longueur et de largeur de 300 m.

### **Unités Méthanol CP1Z**

Les résultats obtenus par la modélisation des quantités moyennes de  $\text{NO}_x$  dégagées par le complexe CP1Z ont démontré que la dispersion du gradient de concentration est sous forme ovale (**Figure 5.30** en Annexe 1). Les seuils de toxicité en  $\text{NO}_x$  sont les suivants :

- 30 ppm (couleur rouge) dispersées sur 586 m de longueur et de largeur de 100 m.
- 15 ppm (couleur orange) dispersées sur 843 m de longueur et de largeur de 100 m.
- 2 ppm (couleur jaune) dispersées sur 2.4 Km de longueur et de largeur de 300 m.

### **Unité KAHRAMA.**

Les résultats obtenus par la modélisation des quantités moyennes de  $\text{NO}_x$  dégagées par le complexe KAHRAMA ont démontré que la dispersion du gradient de concentration est sous forme ovale (**Figure 5.31** en Annexe 1). Les seuils de toxicité en  $\text{NO}_x$  sont les suivants :

- 30 ppm (couleur rouge) dispersées sur 3.7 Km de longueur et de largeur de 300 m.
- 15 ppm (couleur orange) dispersées sur 5.4 Km de longueur et de largeur de 400 m.
- 2 ppm (couleur jaune) dispersées sur 10 Km de longueur et de largeur de 1.2 Km.

### **SONELGAZ Mers El Hadjadj**

Les résultats obtenus par la modélisation des quantités moyennes de  $\text{NO}_x$  dégagées par le complexe SONELGAZ Mers El Hadjadj ont démontré une présence de disparations forme ovale (**Figure 5.32** en Annexe 1). Les seuils de toxicité en  $\text{NO}_x$  sont les suivants :

- 30 ppm (couleur rouge) dispersées sur 3.7 Km de longueur et de largeur de 200 m.
- 15 ppm (couleur orange) dispersées sur 5.3 Km de longueur et de largeur de 300 m.
- 2 ppm (couleur jaune) dispersées sur 10 Km de longueur et de largeur de 1 Km.

### **V. Interprétations des résultats des modélisations**

Le chapitre 4 du manuscrit, nous a permis de distinguer cinq paliers d'émissions atmosphériques. Les résultats qualitatifs et quantitatifs évalués pour une période d'un demi-siècle d'émission (1963 à 2013) ont été exploités dans la modélisation des dispersions des deux indicateurs de pollution respectivement les Gaz  $\text{NO}_x$  et  $\text{CO}_2$ .

Les résultats issus des modélisations de ces concentrations relatives aux cinq paliers d'émissions atmosphériques, nous ont permis de cartographier la dispersion moyenne des polluants étudiés pour chaque palier et sources ponctuelles. Nous constatons que :

- Depuis 1963 les concentrations des gaz  $\text{CO}_2$  et  $\text{NO}_x$  sont en augmentation dans l'atmosphère de la région étudiée.
- L'espace de dispersion diffère d'un palier à l'autre, il est proportionnelle à la quantité des gaz dégagés par les installations pétrochimiques.
- La variabilité spéciale des concentrations des gaz  $\text{NO}_x$  et  $\text{CO}_2$  relative aux cinq paliers qui représente une période d'un demi-siècle, est en augmentation.
- La zone d'impact évolue progressivement dans le même palier et exponentiellement lors du passage à un autre palier d'émissions.
- Le rayon de la zone d'impact résultant de la modélisation augmente considérablement d'un palier à l'autre.

**La variabilité spatiale du graduant de concentration pour le CO<sub>2</sub>**

- La variation spéciale des concentrations [CO<sub>2</sub>] supérieurs ou égale à 50 ppm est en augmentation. Le rayon de la zone d'impact de forme ovale a passé durant un demi-siècle (1963-2014) de 0.120 Km à 1.6 Km, de même pour la longueur de la zone d'impact qui a passé de 1.2 Km à 10 Km.
- La variation spéciale des concentrations [CO<sub>2</sub>] inférieurs ou égale à 25 ppm est en augmentation. Le rayon de la zone d'impact a passé durant un demi-siècle (1963-2014) de 0.140 Km à 2 Km, de même pour la longueur de la zone d'impact qui a passé de 1.7 Km à plus de 10 Km en 1980 et qui s'est doublé en 2013.
- La variation spéciale des concentrations [CO<sub>2</sub>] inférieurs ou égale à 10 ppm est en augmentation. Le rayon de la zone d'impact a passé durant un demi-siècle (1963-2014) de 0.420 Km à 2,1 Km, de même pour la longueur de la zone d'impact qui a passé de 3.5 Km à 10 Km.

**La variabilité spatiale du graduant de concentration des NO<sub>x</sub> :**

- La variation spéciale des concentrations [NO<sub>x</sub>] supérieurs ou égale à 30 ppm est en augmentation. Le rayon de la zone d'impact a passé durant un demi-siècle (1963-2014) de 0.150 Km à 1 Km, de même pour la longueur de la zone d'impact qui a passé de 0.9 Km à 8.8 Km.
- La variation spéciale des concentrations [NO<sub>x</sub>] inférieurs ou égale à 15 ppm est en augmentation. Le rayon de la zone d'impact a passé durant un demi-siècle (1963-2014) de 0.200 Km à 1.3 Km, de même pour la longueur de la zone d'impact qui a passé de 1.6 Km à 10 Km.
- La variation spéciale des concentrations [NO<sub>x</sub>] inférieurs ou égale à 2 ppm est en augmentation. Le rayon de la zone d'impact a passé durant un demi-siècle (1963-2014) de

0.750 à 2,2 Km, de même pour la longueur de la zone d'impact qui a passé de 6.3 Km à 10 Km.

Ces résultats ont permis d'avoir une :

- Meilleure connaissance des associations entre la concentration ambiante des substances toxiques au niveau de la région,
- Evaluer les impacts de ces polluants sur la qualité de l'air, sur la santé et sur l'équilibre de l'écosystème.

### **Conclusion**

Nous avons évalué l'impact environnemental des GES sur la qualité de l'Air de la région Est d'Oran.

La zone d'impact de pollution ainsi que le graduant de concentration des gaz CO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub> sont en évolution parfois exponentiellement et sont proportionnelles aux quantités dégagées par les unités pétrochimiques.

Les résultats issus de la modélisation nous ont permis de montrer que la qualité de l'air dans la zone d'impact est en baisse. Elle donne préjudice à l'environnement, au climat et à la santé, en particulier la population sensible (enfant moins de 06 ans, personnes asémantiques et les gens âgés).

Les deux polluants CO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub> leurs effets sont cumulables.

Ces gaz à effet de serre à longue durée de vie (GESLV), Cas du CO<sub>2</sub>, du Méthane (CH<sub>4</sub>) ou du protoxyde d'azote appelé aussi oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O), sont stables chimiquement et persistent dans l'atmosphère à l'échelle de la décennie, du siècle, voire plus longtemps encore, ce qui confère à leur émission une influence à long terme sur le climat et leurs impacts deviennent planétaire [10]. Ces quantités évaluées dans le chapitre précédant sont transporté par les vents à plus au moins grande distance [13] et ils sont cumulables et la région d'impact devient plus importante.

Il est important d'exploiter ces résultats pour lancer d'autres études relatives aux effets climatiques, et sanitaires particulièrement les effets épidémiologiques.

**Références Bibliographiques**

- [1] ELICHEGARAY C, S. BOUALLALA, A. MAITRE, *Développent and curent status of atmospheric pollution. Revue française d'allergologie*, 50 (2010) 381–393, 2010.
- [2] OCDE. *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050 : les conséquences de l'inaction*, page 316-317. OCDE 15 Mars 2012, ISBN 978- 92- 64.7.
- [3] JOHANN Moustapha. *Le protocole de Montréal en Afrique, enjeux et défis : étude critique des solutions de remplacement aux hydrochloro-fluoro-carbures*. Mémoire, Université de sherbrooke, Québec, Canada, Mars 2012.
- [4] OMS. *Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air : particules, ozone, dioxyde d'azote et dioxyde de soufre Mise à jour mondiale 2005 Synthèse de l'évaluation des risques WHO/S*. disponible sur le site : [www.who.int/topics/air\\_pollution/fr/](http://www.who.int/topics/air_pollution/fr/). Consulté Octobre 2015.
- [5] SOLOMON, S., D. QIN, M. MANNING *et al.* Changements climatiques 2007: *Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. GIEC*. Cambridge University Press, Royaume Uni et New York, Etats-Unis, 2007.
- [6] Base de donnés « Centre Climatologique National »; Station d'Arzew, Coordonnées : Latitude : 35°49'N Longitude : 00°16'W Altitude : 3 mètres, 2008.
- [7] INERIS, Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques (dioxyde d'Azote). INERIST, DRC – 08-94398-13333A.2008.
- [8] FDS INERS. *Base de données Fiches Toxicologiques : Dioxyde de carbone. Fiche toxicologique n°238 -2005*. Consulté Octobre 2015, Disponible dans le site web de l'INRS : [www.inrs.fr/fichetox](http://www.inrs.fr/fichetox).
- [9] BICOCCHI Stéphane. *Les pollutions et les techniques d'épuration des fumées cas des unités de traitement et de valorisation des déchets état de l'art*. Edition Tec & DOC. 2<sup>ème</sup> Edition 2009.
- [10] ALOHA Simulator: Areal Locations of Hazardous Atmospheres, National Oceanic and atmospheric Administration Office of Response and Restoration Emergency Response Division Seattle, Washington, 2004.
- [11] SOLOMON, S., D. QIN, M. MANNING *et al.* Résumé technique. In: changements climatiques 2007 : *Les éléments scientifiques. Contribution du groupe de travail I au quatrième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques*. Cambridge University Press, Royaume-Uni et New York, NY, Etats-Unis d'Amérique, 2007.
-

[12] BERNAR Sophie. Evolution temporelle du méthane et du protoxyde d'azote dans l'atmosphère : contrainte par l'analyse de leurs isotopes stables dans le névé et la glace polaires. HAL Id: tel-00701325 Thèse de doctorat de l'Université Joseph Fourier (Grenoble 1). Soutenance le 10/12/2004.

[13] PATRICK Levallois, Pierre LAJOIE. Pollution atmosphérique et champs électromagnétiques, page 7-8. Les presses de l'université. Laval, ISBN 2-7637-7522-5, 1997.

## **I. Introduction**

Après avoir développé les impacts climatologiques générés par les GES dans les chapitres précédents. Ce chapitre est consacré aux impacts sanitaires des polluants gazeux sur les agglomérations.

Une politique à l'échelle planétaire a été adoptée par les états, visant à la stabilisation des émissions GES, en premier lieu la conférence de Rio en 1992 [1 et 2] suivie par la ratification du protocole de Kyoto pour la lutte contre ces émissions avec un objectif d'une réduction de six gaz à effet de serre de 5,2 % entre 2008 et 2012 [3 et 4].

L'organisation Mondiale de la Santé en 1989 a mis l'accent sur les relations entre l'environnement et la santé. Ainsi, une première définition de l'étendue de la santé environnementale a été rédigée lors de la conférence d'Helsinki en 1994 : « la santé environnementale englobe les différents aspects de la santé humaine, incluant la qualité de vie, qui sont déterminés par les facteurs physiques, biologiques, sociaux et psychosociaux de l'environnement. Elle concerne également la politique et les pratiques de gestion, de résorption, de contrôle et de prévention des facteurs environnementaux susceptibles d'affecter la santé des générations futures et actuelles. » [5 à 7].

Les sources de pollutions sont dues en grande partie aux émissions de gaz carboniques et des oxydes d'Azote rejetés dans les fumées des installations industrielles, des échappements des véhicules, des incendies et des chauffages domestiques.

Ces rejets atmosphériques donnent naissance à des polluants très variés, tant en nature qu'en proportion, qui sont ensuite transportés par les vents à plus au moins grande distance [8].

Les gaz à effet de serre à longue durée de vie (GESLV), par exemple le CO<sub>2</sub>, le Méthane (CH<sub>4</sub>) ou le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), sont stables chimiquement et persistent dans l'atmosphère à l'échelle de la décennie, du siècle, voire plus longtemps encore, ce qui confère à leur émission une influence à long terme sur le climat [9 et 10].

Les études épidémiologiques et toxicologiques affirment que la pollution atmosphérique présente des risques sanitaires élevés [11et12], la présence d'une relation directe entre la surmortalité rapportée aux fluctuations des taux de polluants a été prouvée dans les différentes littératures [13].

Selon l'OMS à l'échelle mondiale, 8 % des décès par cancer du poumon, 5 % par maladie cardio-pulmonaire et environ 3 % par infection respiratoire [14] en Europe l'exposition à l'Ozone troposphère est liée à plus de 20 000 décès prématuré chaque année [15].

La plateforme d'Arzew s'étale sur une superficie de 2500 hectare (ha). 900 ha sont réservés à l'industrie pétrochimique et hydrocarbures. 400 ha sont dédiés aux couloirs techniques de passage de canalisations et câbles entre les unités [16].

Les sources principales de pollution atmosphérique générées sont les émissions du dioxyde et monoxyde de carbone (CO<sub>2</sub> et CO), particules PM 2.5 et PM 10 additivement aux oxydes d'Azote (NO<sub>x</sub> : NO, N<sub>2</sub>O et NO<sub>2</sub>), qui sont précurseurs d'ozone (O<sub>3</sub>), et d'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>).

## **II. Mesure de la qualité de l'air aux limites des agglomérations de la zone industrielle**

Une campagne de mesure des concentrations atmosphériques a été réalisée en cinq points en 2009 aux limites des agglomérations avec la zone industrielle d'Arzew, voir **Figure 6.1**.

Les particules ont été prélevées du 16/11/2009 au 19/11/2009 : analyse par granulométrie sur filtre.

L'Ozone (O<sub>3</sub>), le dioxyde d'Azote (NO<sub>x</sub>) et de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) ont fait l'objet d'une mesure de concentration atmosphérique par tubes à diffusion passive.

Les coordonnées satellitaires des points de mesures déjà présentées dans la **Figure 6.1** existent dans le **Tableau 6.1** ci-dessous.

**Partie I Pollution Atmosphérique**  
**Chapitre 6 Qualité de l'air et évaluation des risques sanitaires**

**Tableau 6.1 :** Les concentrations des particules PM 2.5, PM 10, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub> dans l'atmosphère mesurée sur les limites des agglomérations de la Zone industrielle d'Arzew:

Polluants		Concentrations mesurées pendant la campagne de mesures 2009				
		Unités sont en µg/Nm <sup>3</sup>				
		Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5
<b>Coordonnées satellitaires</b>		35°48'12,72''N_0°15'33,82''O	35°48'19,28''N_0°17'43,30''O	35°43'39,00''N_0°16'46,17''O	35°51'00,31''N_0°18'54'95''O	35°43',30''N_0°16'20,36''O
<b>Particules</b>	<b>Particules Totales</b>	<b>62,2</b>	<b>62,8</b>	<b>26,9</b>	Non mesuré	Non mesuré
	<b>PM2,5</b>	<b>7,2</b>	<b>5,1</b>	<b>8,1</b>	Non mesuré	Non mesuré
	<b>PM10</b>	<b>21,8</b>	<b>24,1</b>	<b>15,1</b>	Non mesuré	Non mesuré
<b>Ozone (O<sub>3</sub>)</b>		<b>105,2</b>	<b>139,5</b>	<b>92,5</b>	<b>96,8</b>	<b>202,5</b>
<b>Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)</b>		<b>31,4</b>	<b>28,6</b>	<b>15,4</b>	<b>27,6</b>	<b>21,8</b>
<b>Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)</b>		<b>&lt; 0,3</b>	<b>1,9</b>	<b>1,1</b>	<b>5,0</b>	<b>0,4</b>



**Figure 6.1 :** Repérage des points d'échantillonnage de la qualité de l'air réalisé en 2009.

### **III. Discussion des résultats**

D'après les résultats d'analyses des concentrations mesurées dans l'environnement d'Arzew lors de la campagne de mesures de 2009, nous constatons que dans la marche normale des installations elles sont conformes aux objectifs de qualité de l'air réglementaires en Algérie, indiquées dans le Décret exécutif n°06-02 du 7 Dhou El Hidja 1426 correspondant au 7 janvier 2006 définissant les valeurs limite, les seuils d'alerte et les objectifs de qualité de l'air en cas de pollution atmosphérique [17], sauf pour les particules (PM) aux points 1 et 2 et l'Ozone (O<sub>3</sub>) aux points 2 et 5. Les autres valeurs limites sont respectées par rapport aux seuils exigés par la réglementation résumée dans le **Tableau 6.2** dans l'Annexe 2.

La majorité de ces concentrations sont conformes aux objectifs de qualité de l'air recommandé par OMS développé comme suite [18] :

- **Les particules en suspension**

Les concentrations en PM<sub>10</sub> et en PM<sub>2.5</sub> sont sensiblement les mêmes d'un site à l'autre. Les PM<sub>2.5</sub> sont largement inférieurs aux lignes directrices relatives à la qualité de l'air, il s'agit des concentrations les plus faibles auxquelles on a montré que la mortalité totale par maladies cardio-pulmonaires et par cancer du poumon augmente avec un degré de confiance supérieur à 95% en réponse à une exposition à long terme aux MP<sub>2.5</sub>.

Les PM<sub>10</sub> sont comprises entre les seuils cible intermédiaire 2 et 3, cet intervalle de concentration est associé à un risque de mortalité à long terme supérieur d'environ 15 % par rapport à la concentration des lignes directrices. Voir en annexe le **Tableau 6.3 [18]**

- **L'Ozone (O<sub>3</sub>)**

Les concentrations mesurées dans les points n° 3 et 4 sont conformes aux lignes directrices relatives à la qualité de l'air recommandées l'OMS, contrairement à celle mesurée au niveau du point n°2 répond à l'intervalle du deuxième cible intermédiaire : présentant des effets importants sur la santé qui ne fournit pas une protection suffisante sur le plan de la santé publique. Concernant la mesure représentée par le point 5, est classé par l'OMS comme forte concentrations (Cible intermédiaire 1) : Effet important sur la santé : proportion importante des

populations vulnérables touchées. Concernant la mesure relative au point 1 elle est très proche aux lignes directrices, voir en annexe le **tableau 6.4 [18]**

- **Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)**

Les concentrations sont conformes et très au-dessous des lignes directrices NO<sub>2</sub> suivantes 40 µg/m<sup>3</sup> moyenne annuelle 200 µg/m<sup>3</sup> moyenne horaire [18].

- **Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)**

Les résultats de mesures du Dioxyde de soufre sont conformes aux exigences de l'OMS, plutôt très négligeables par rapport aux lignes directrices de l'OMS. voir en annexe le **tableau 6.5 [18]**.

Le recensement des populations et la population sensible dont les enfants de moins de six (06) ans des trois communes situées dans le champ d'étude est très important. Ça nous permet d'évaluer l'impact des émissions gazeuses sur cette population sensible. Les données ont été fournies par la Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire (DPAT).[19 et 20]

Commune d'Arzew : 94873 habitants avec une population sensible de 7373.

Commune Ain El Bya : 40300habitants avec une population sensible de 3545.

Commune Mers El Hadjaj : 13609 habitants avec une population sensible de 1536.

### **Références bibliographique**

[1] DIRE Tialdi. *Sustainable Development in international Law: An Analysis of Key environmental instruments*, page 22-27, PretoriaUniversity.Law press PULP, ISBN 978-0-9585097-9-4. 2007.

[2] JACQUES André Hertig. *Etudes d'impact sur l'environnement*. Traité de génie civil de l'école polytechnique fédérale de Lausanne, volume 23, page 27, chapitre 1-5-4-3. Sommet de la terre, ISBN 2-88074-630-2, 2006.

[3] CLEMENT Mariotte. *L'Europe centrale et le protocole de Kyoto sur les changements climatiques, quels bénéfices en perspective*, chapitre 2, page 25-46, 2006.

[4] YAËL Pitoun. Inventaire des textes réglementaires relatifs à l'air. Technique de l'ingénieur, traité environnement GR520, page 2. Références GR520 Volume GR 1. Parution 07-2003.

[5] VERGRIETTE Benoît. *Environnement : Définitions et évolutions récentes*. AFSSET Janvier 2006.Consulté Juillet 2015. Disponible dans le site : [www.afssa.fr/ET/DocumentsET/01\\_definitions.pdf](http://www.afssa.fr/ET/DocumentsET/01_definitions.pdf).

[6] OMS. Déclaration de la troisième conférence ministérielle sur l'Environnement et la Santé Londres, 16–18 juin 1999. EUR/ICP/EHCO 020 2 05/18 Rev.5. 1998.

## Partie I Pollution Atmosphérique

### Chapitre 6 Qualité de l'air et évaluation des risques sanitaires

---

[7] CHIÈZE François, Dominique DAVID *et al.* Contribution à l'évaluation du 2<sup>ème</sup> Plan National Santé Environnement 2009-2013. Évaluation du PNSE2. Juillet 2013. Disponible dans le site:

[www.cotita.fr/.../pdf\\_2\\_COCITA\\_JT\\_performance\\_energetique\\_\\_\\_sante...](http://www.cotita.fr/.../pdf_2_COCITA_JT_performance_energetique___sante...) Consulté Juillet 2015.

[8] PATRICK Levallois, Pierre LAJOIE. *Pollution atmosphérique et champs électromagnétiques*, page 7-8. Les presses de l'université Laval. ISBN 2-7637-7522-5, 1997.

[9] SOLOMON S., D. QIN, M. MANNING *et al.* Changements climatiques 2007 : *Les éléments scientifiques*. Contribution du Groupe de travail I au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. GIEC. Cambridge University Press, Royaume Uni et New York, NY, Etats-Unis, 2007.

[10] BERNAR Sophie. Evolution temporelle du méthane et du protoxyde d'azote dans l'atmosphère : contrainte par l'analyse de leurs isotopes stables dans le névé et la glace polaires. HAL Id: tel-00701325 Thèse de doctorat de l'Université Joseph Fourier (Grenoble 1). Soutenance le 10/12/2004.

[11] CHRISTIAN Elichegaray. La pollution atmosphérique ambiante en France, sources, surveillance, principaux effets et mesures préventives. Page 27, *Revue Francophone des Laboratoires*, n°380, mars 2006.

[12] HOST S. Exposition à la pollution atmosphérique de proximité liée au trafic : quelques méthodes pour quels risques sanitaires. *Revue d'épidémiologie et de la santé publique*, 2012, 60, 321 – 330.

[13] EILSTEIN D., Pollution atmosphérique exposition prolongée à la pollution atmosphérique et mortalité par pathologies respiratoires. *Revue française d'allergologie* 50, 2010, 51 – 61. Published by Elsevier Masson SA.

[14] POLLUTEC, Rapport, *Perspectives de l'environnement à l'horizon 2050 : les conséquences de l'inaction*. Publié le 12 mars 2013: Hôpital et développement durable, l'OCDE, édition 2012.

[15] OMS, Organisation Mondiale de la Santé, Rapport sur la santé dans le monde, 2000, Pour un système de santé plus performant, A 54.4. 29, mars 2000. ISBN 92 4 256198 3.

[16] DRIZ, Sonatrach. Plan intervention interne de la zone industrielle d'Arzew, révision 0, de Février 2010.

[17] Journal officiel de la république Algérienne, *Décret exécutif n°06-02 du 7 Dhou El Hidja 1426 correspondant au 7 janvier 2006 définissant les valeurs limites, les seuils d'alerte et les objectifs de qualité de l'air en cas de pollution atmosphérique*.

[18] OMS. *Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air : particules, ozone, dioxyde d'azote et dioxyde de soufre Mise à jour mondiale 2005 Synthèse de l'évaluation des risques WHO/S*. disponible sur le site : [www.who.int/topics/air\\_pollution/fr/](http://www.who.int/topics/air_pollution/fr/). Consulté Octobre 2015.

[19] DPAT. Direction de la Planification et de l'aménagement du Territoire. Rapport Année 2007.

[20] DPAT. Direction de la Planification et de l'aménagement du Territoire, Rapport Année scolaire 2007-2008.

## **I. Introduction**

Sous ses airs de paradis marin, la méditerranée est victime d'un profond malaise écologique à travers ; la croissance démographique galopante des villes côtières, le déversement des rejets industriels et urbains. Tout ceci est aggravé par le flux important du transport maritime représentant 90 % des échanges mondiaux, parmi le transport des hydrocarbures et des produits chimiques [1]. Bien que la Méditerranée ne représente qu'à peine 0,7 % des surfaces océanes dans le monde [2]. Ce trafic maritime Génère des pollutions marines accidentelles, volontaires et opérationnelles par les déballastages des pétroliers et le dégazage des navires et les activités de la maintenance [3 et 4]. Environ 500 millions de tonnes sont transportées en Méditerranée chaque année, dont 80 % proviennent des terminaux méditerranéens [5]. La quantité maximum de ces rejets peut être estimée à 1,2 millions de tonnes par ans. Cela représente 15 fois le volume des cuves du PRESTIGE et 50 fois celui d'ERIKA [6]. Ces quantités de polluant opérationnel sont des catastrophes écologiques mal médiatisées, subites par la mer méditerranéenne ; aggravées par une marée, qui se renouvelle lentement.

Selon le livre bleu, 80% de la pollution marine de la méditerranée proviennent des activités terrestres le reste et généré par les activités maritimes selon Le livre bleu des engagements du Grenelle de la Mer 1 [7].

### **Les activités terrestres génèrent de divers types de pollutions :**

- **Pollution Atmosphériques :** Émissions des gaz de combustion prévenants des activités industrielles et urbaines dont une partie importante est imputée aux complexes industrielle pétrochimiques et gazières, sans oublié celle générée par le trafic routier.
- **Pollution marine :** Elle est issue des rejets urbains sanitaires et industriels (pétrochimiques et hydrocarbures) qui déversent dans la mer avec une grande partie sans traitement. Ces rejets contiennent des substances liquides et solides parfois nocives et toxiques.

Additivement à la grande quantité d'huiles usagées des moteurs dont le taux de récupération reste toujours modeste par rapport à la quantité vendue, causant une contamination des sols côtières, hydriques et aquatiques. Les études ont démontré

laprésence de micros plastiques chez des poissons. Les résultats montrent que 10% des goujons analysés sont contaminés par des micros plastiques (microfibres, microbilles, fragments, etc.). Ce taux de contamination est cohérent avec les résultats des études réalisées en milieu marin [8].

**Les activités maritimes sont génératrices de divers types de pollutions :**

- **Pollution Atmosphériques :** C'est le dégagement des gaz de combustion à travers les cheminées des navires,
- **Pollution Marines :** C'est le transport maritime génère des pollutions marines issues des déversements de quantités très importantes de polluants solides et liquides. Résumées par le rejet des substances chimiques qui sont très nocives et toxiques pour les biocénoses, les déversements des hydrocarbures (pétrole, fuel, huiles, etc.) la chute à la mer des cargaisons contenant des substances toxiques, déballastages et les dégazages. L'introduction de ces polluants estparfois volontaire, opérationnelle ou accidentelle. Toutefois, la plus symbolique, la plus ancienne et la plus médiatisée des pollutions marines restent sans conteste, pour l'opinion publique, celles par les hydrocarbures[9].
- **Les sources naturelles :** Certaines zones des mers côtières, parmi les côtes de l'Alaska, de la Californie, du golfe du Mexique, du Venezuela, de la mer Rouge, de la mer Caspienne, sont exposées aux suintements naturels d'hydrocarbures fossiles qui présentent 10% du total des déversements à travers le monde. Ce qui laisse à l'homme la responsabilité de la quasi-totalité des déversements [10].

La région Méditerranéenne comporte vingt et un états qui comptent plus de 400 millions résidants [11],Selon les statistiques établies par le plan Bleu (PB).

Cette mer est la route principale du transport maritime mondial en fonction de son importance géographique. Un centre des trois continents du monde, l'Asie, l'Afrique et l'Europe pour cela le trafic maritime dans cette mer est dense, et menace cet espace vulnérable qui s'ajoute aux déversements terrestres, voir la **Figure 7.1**.

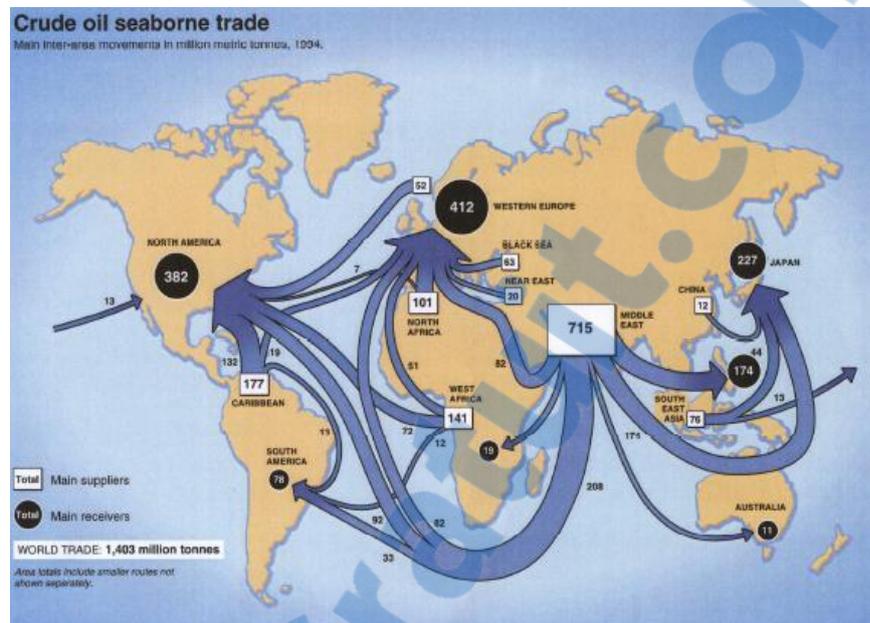


Figure 7.1 : Principales routes maritimes pour le transport du pétrole dans le monde [12]

Le droit international de l'environnement maritime a développé des conventions pour la prévention de la pollution par les navires MARPOL 1973 et 1978. Son approche qui impose des normes techniques pour limiter les rejets opérationnels de pétrole. Elle ne permet les déversements de pétrole que dans le cas d'opération liées au fonctionnement normal du navire, et à condition que le navire se trouve à plus de 50 Milles marins de côte. Interdiction absolue aux rejets dans la méditerranées et d'autres mers. Le protocole 1978 élargie le champ de MARPOL pour inclure les substances autre que le pétrole afin de couvrir toute source de pollution de navire. L'amendement du 6<sup>ème</sup> protocole le 26/02/1997, avec l'introduction des normes techniques pour la construction techniques des bateaux citernes. [13]

L'établissement du plan d'action pour la méditerrané nécessite le découpage en sous-ensembles homogènes de la région méditerranéenne. Ce découpage peut être opéré soit en fonction du découpage administratif, soit en adoptant comme limites celles des bassins versants hydrologiques.

Leplan d'action nécessite l'implication de tous les états méditerranéens. Le découpage administratif a été adopté pour les besoins de cette étude et concerne la province d'Oran en particulier le littorale du pole industrielle d'Arzew.

Dans cette partie, nous avons établi un état des lieux qualitatif et quantitatif relatif à la pollution marine et cadastre des sols côtiers au niveau de la baie d'Oran en Algérie. À travers nous avons montré les impacts irréversibles des activités humaines d'origine terrestres ou marines sur l'environnement et la santé humaine. Un suivi décennal de la qualité des eaux de baignade des rejets liquides au niveau d'Oran, Arzew et Bethioua a été réalisé.

La zone d'étude a été limitée entre les plages « *Les Andalouses* » et la plage de « *Marsat El Hadjadj* ». Limitée entre les coordonnées planétaires [35° 47' 13'' 22 N ; 0° 07' 21'' 03 O] et [35° 42' 24'' 22 N ; 0° 53' 30'' 61 O].

## **II. Situation géographique de la zone industrielle d'Arzew**

Située à 432 km de la capitale Alger, Oran est la deuxième ville d'Algérie et compte aujourd'hui environ 897 700 habitants, tandis que l'agglomération en compte environ 1 700 000 habitants. [14]

La ville est un pôle industriel (zones industrielles d'Arzew, Béthioua, etc.), touristique et universitaire (Université d'Oran 1-Ahmed Ben Bella, Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf sis à Bir El Djir, faculté de médecine, additivement au nouveau pôle universitaire de BELGAID, etc.), **Figure 7.2**.

Lawilaya d'Oran est située au fond d'une baie ouverte au Nord et dominée directement à l'ouest par la montagne de l'Aïdour (Murdjajo), d'une hauteur de 375 m, ainsi que par le plateau de Moulay Abdelkader al-Jilani. L'agglomération s'étale de part et d'autre du ravin de l'oued Rhi, maintenant couvert.

Le pôle pétrochimique et hydrocarbure d'Arzew est sis sur les communes d'Arzew, Ain El Bya, Béthioua et Mers Elhadjadj, à environ 35 Km au Nord -Est d'Oran.

La wilaya d'Oran chef-lieu de la province du même nom sur le golfe d'Oran (l'Oranais), située au Nord-Ouest de l'Algérie.

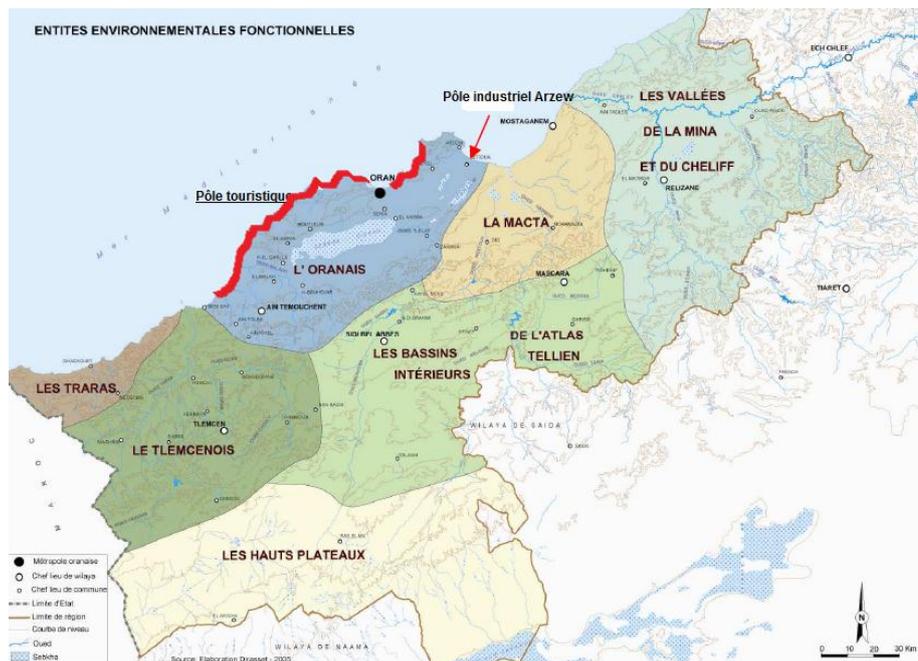


Figure 7.2 : Entités Environnementales Fonctionnelles. Source élaboration DERASSET 2005.

### III. Milieu physique

#### III.1. Morphologie

La morphologie de l'Oranie est caractérisée par une vaste dépression qui s'étend du Sud-ouest oranais à la vallée du Chélif, plus à l'Est. Cette dépression qui est encadrée au Nord par les massifs du littoral et au Sud par un ensemble de massifs montagneux, est occupée par les plaines de la Mléta, de Habra et du Chélif; et par des lacs salés: la grande sebkha d'Oran et les salines d'Arzew. De nombreuses sources thermales émergent, à la faveur de failles, à l'abord des massifs montagneux mais aussi dans les plaines [15].

La topographie de la Wilaya d'Oran varie entre le niveau de la mer (la côte) et l'altitude de 950 m des montagnes de Sidi Ghalem, avec le pic de 949 m de Djebel el Kerma.

Les éléments naturels sont les suivants :

- La ligne de la côte,
- Les collines du Sahel,
- La basse plaine côtière de Bousfer-Andalouse,
- La plaine de la M'lata,
- La grande Sebkhia d'Oran et la Sebkhia d'Arzew, (Sebkhia : lac d'eau salée),
- Le plateau d'Oran-Arzew.



La Zone Industrielle d'Arzew est située dans la zone littorale sur le Plateau d'Oran-Arzew (figures 5 et 6). La bande littorale sur laquelle le site est implanté, se présente comme une plate-forme légèrement inclinée vers le Nord avec une pente voisine de 3 %. Le site de la plate-forme industrielle d'Arzew est étagé. Il se présente en deux ensembles topographiques :

- La plaine côtière dont l'altimétrie par rapport à la mer varie entre 0 à 12 m.
- Le Plateau dont l'altimétrie par rapport à la mer varie entre 60 et 80 m.
- La jonction des deux ensembles est constituée de terrain à forte dénivelée.

### **III.2. Géologie de la région**

L'Algérie est divisée en deux unités tectoniques majeures séparées par la faille sud-atlasique :

- Le Nord de l'Algérie portant l'empreinte de la tectonique alpine,
- La plate-forme saharienne, relativement stable, où la tectonique est moins prononcée.

Le Nord de l'Algérie est délimité par les éléments suivants:

- Au Sud, l'Atlas saharien, une chaîne de montagnes d'origine alpine,
- Au Centre, des plateformes comme la Méséta Oranaise à l'Ouest et le môle d'Ain Regada à l'Est,
- Dans la partie septentrionale, l'Atlas tellien est une zone complexe constituée de nappes mises en place au Miocène inférieur. Des bassins néogènes tardifs comme le Chéelif et le Hodna se sont installés sur ces nappes.

### **III.3. Contexte hydrologique**

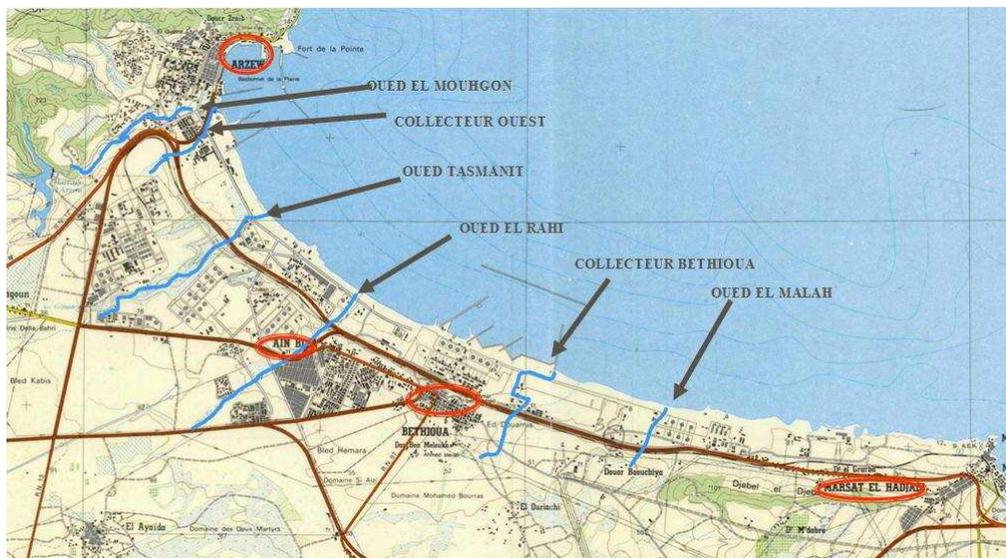
Il existe de nombreux aquifères superficiels significatifs au niveau régional tels que la Sebkhia d'Oran (La surface totale du bassin versant de la sebkhia d'Oran s'évalue à plus de 2000 Km<sup>2</sup>[16]. Les Salines d'Arzew, le lac de Telamina, et les marais de la Macta. Ces marécages font parties de la zone humide de l'Ouest Algérien.

Le bassin d'Arzew est drainé par quelques cours d'eau qui sont de direction Ouest-Est et Sud-Nord. Ces cours d'eaux sont : Oued El Mouhgoun, Oued Tasmanit, Oued El Rahi, Oued El Male.

---

Les oueds principaux sont permanents et prennent leur source à quelques kilomètres de la mer. Dans Ce Bassin l'hydrologie de surface a été modifiée par la construction de grands bâtiments industriels dans la zone d'Arzew et des collecteurs ont été mis en place pour l'évacuation des eaux industrielles et urbaines qui sont augmentées avec la croissance démographique rapide, voir la **Figure 7.3**.

Il existe d'autres aquifères superficiels significatifs alentour tels que les Salines d'Arzew, le Lac de Télamine, la Sebkhia d'Oran et les Marais de la Macta. Ces marécages font partie de la zone humide de l'Ouest de l'Algérie. Elles sont situées en amont de la zone industrielle respectivement au Sud, au Sud-ouest et au Sud-est.



**Figure 7.3.** Réseau hydrographique de la baie d'Arzew.

La qualité des eaux de ces oueds n'est pas connue et n'est pas donnée par la carte des qualités des eaux de surface de la région d'Oran, **Figure 7.4**.

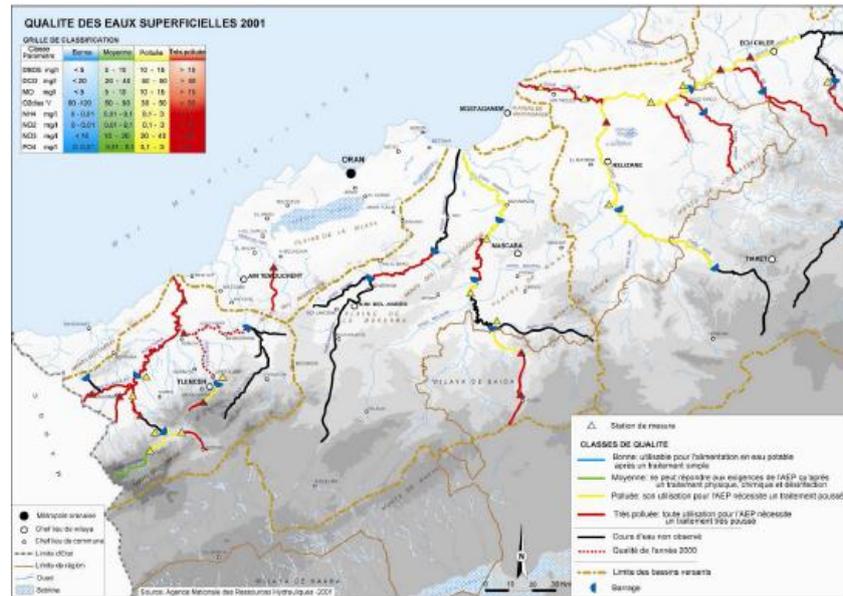


Figure 7.4 : Carte de qualité des eaux superficielles de la région d'Oran.

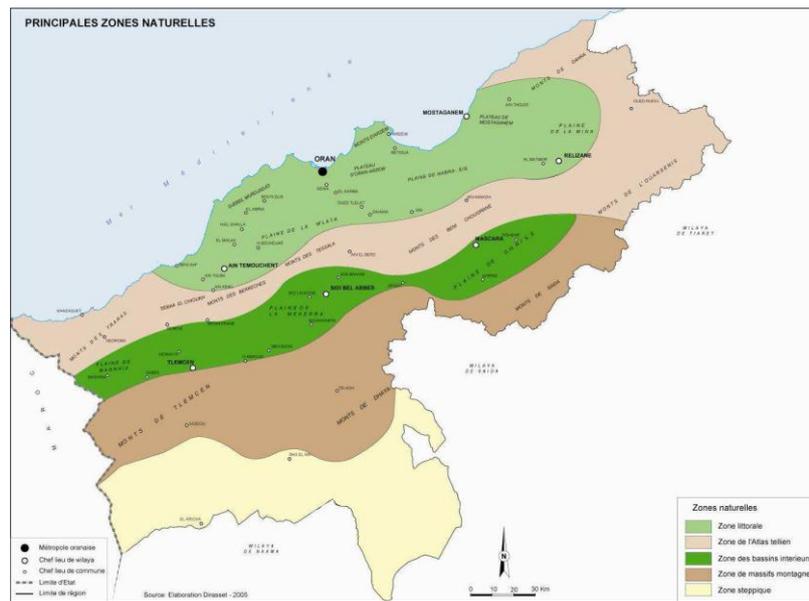


Figure 7.5 : Principales zones naturelles de la Wilaya d'Oran et de ses environs (Zone d'étude en couleur vert clair). Référence carte Derasset 2005.

Nous distinguons dans la Figure 7.5 cinq zones réparties comme suites : Le littorale, l'attelastellien, bassins intérieurs, massif montagneux et Steppique.

**Références Bibliographiques**

[1] ALBAKJAJI Mohamad. *La pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures liée au trafic maritime*, Thèse de doctorat, Université de Paris-Est, Version 1 – 6, Juin 2011.

[2] OMI, Trafic maritime pétrolier, principaux mouvements interzones en millions de tonnes métriques. Revue du plan d'action pour la méditerranée (MEDONDES), 2000, n° 40-41, p. 4.

[3] LAOTBOZZI Micaël. *Répression et prévention de la pollution des navires de commerce en méditerranée*, Thèse de doctorat, DESMM - ENMM de Marseille, 2009.

[4] MICHEL Marchand. Les pollutions marines accidentelles au-delà du pétrole brut, les produits chimiques et autres déversements en mer. *Revue Annales des Mines, Responsabilité et Environnement*, juillet 2003, 70-92.

[5] AEE. *Problèmes prioritaires pour l'environnement méditerranéen*. Agence Européenne pour l'Environnement. Rapport AEE n° 4/2006. *Publication europa.eu*. ISBN 92.9167.882.1.

[6] ELISA-NOEMIE Laurent, Frédéric CASTELLANET. 20 Prestige souilleront la méditerranée cette année. Rapport sur la pollution marine par hydrocarbures et les dégazages sauvages en Méditerranée, WWF France, Janvier 2003.

[7] Le livre bleu des engagements du Grenelle de la Mer, 10 au 15 juillet 2009, Paris, MEEDDM, p.21. Consulté le 28 octobre 2009. Disponible à l'adresse : [http://www.legrenellemer.fr/IMG/pdf/LIVRE\\_BLEU\\_Grenelle\\_Mer.pdf](http://www.legrenellemer.fr/IMG/pdf/LIVRE_BLEU_Grenelle_Mer.pdf),

[8] AURELIE Prevot, Surveillance environnementale : La contamination des poissons d'eau douce aux micros plastiques. Rapport scientifique 2013-2014 de l'INERIS, 26 novembre 2014.

[9] MONTEIL L.L' *évolution de la répression pénale de la pollution maritime par hydrocarbures*, Mémoire Master II de droit maritime et des transports, sous la direction de Monsieur SCAPEL Christian, centre de droit maritime et des transports, faculté du droit et de

## Partie II Evaluation de la Pollution marine des côtes Oranaise

### Chapitre 7 Activité marine, hydrologie et milieu physique de la région

---

science politique d'Aix-Marseille, université de droit, d'économie et des sciences d'Aix-Marseille, p.8, 2008-2009.

[10] <http://www.mareesnoires.com/fr/pollution/rejet-naturel/sources-naturelles-hydrocarbures>. Php. Consulté le 09 juin 2009.

[11] ALBAKJAJI, Mohamad, *La pollution de la mer méditerranée par les hydrocarbures liée au trafic maritime*. Thèse de doctorat, Université de Paris-Est, Juin 2011.

[12] OMI. Le Magazine de l'Organisation Maritime Internationale, IMO News, n° 3, 1999, p. 21.

[13] CAROLINE Dommen, Philippe Cullet KLUWER. Droit international de l'environnement Texte de base et références. Editeurs LAW International, ISBN 90-411-0705- 3, 1998.

[14] KHALDOUN Abdelkarim. *Milieu innovateur et développement durable : réflexion méthodologiques sur les outils de développement économique et déclinaisons territoriales. Etude de cas Air métropolitaine oranaise*. Mémoire de Magister, Université d'Oran, Es-Senia, 03/03/2013.

[15]. FEKRAOUI A. Caractéristiques géochimiques des eaux géothermales de la région d'Oran *Revue des Energies Renouvelables CER07*, Oujda, 2007, 75 – 8075.

[16] MOUSSA Kacem. *Etude d'une Sebkhha : la Sebkhha d'Oran (Ouest algérien)*. Doctorat d'état en Sciences de la Terre, Faculté des Sciences de la Terre, de Géographie et d'Aménagement du Territoire. Thèse de Doctorat d'état, Laboratoire de Paléontologie stratigraphique et de Paléo environnement, Oran, 2006.

#### I. Introduction

La wilaya d'Oran présente l'un des linéaires côtiers méditerranéen avec 124 Km [1]. Elle présente des potentialités naturelles importantes et des fortes contraintes anthropiques en termes de pollution marine, atmosphérique, d'occupation des sols et du tourisme de masse.

L'agglomération, l'activité industrielle et portuaire d'Oran, d'Arzew, de Béthioua et le secteur touristique balnéaire, nécessite une gestion intégrée au niveau de la wilaya d'Oran.

Les études d'assainissements montrent que 60 % en moyenne de la dotation en eau est rejetée comme eau usée. Dont 80 % des eaux usées ne sont pas épurées suite à l'arrêt d'un nombre importants de STEP[2]. Un programme national de construction et réhabilitation des STEP et des réseaux d'assainissements est en cours de réalisation. Cela permettra à l'Algérie pays semi-aride [3] de récupérer ces eaux. En 2014 la capacité de traitement était de 12 Millions EQH. [4]

Ces ressources en eau non conventionnelles offrent un important potentiel hydrique en Algérie. La Stratégie nationale des ressources en eau estime le volume d'eau qui pourrait être exploité à partir des eaux non conventionnelle à plus de 2 milliards de m<sup>3</sup> [5] dont 1 milliard de m<sup>3</sup> sera fournie en 2030 par les dessalements d'eau de mer. [6]

Nous avons mené une étude environnementale depuis 2003, sur la région côtière oranaise située à l'Ouest d'Algérie. La zone d'étude a été limitée entre les plages « *Les Andalouses* » et « *Marsat El Hadjadj* » d'Oran. Un état des lieux quantitatifs et qualitatifs a été réalisé sur la pollution marine générée par l'activité humaine. L'objectif est de montrer l'impact environnemental des activités humaines tel que l'industrie, le transport maritimes et les effluents liquides, sur l'écosystème marin de la région.

La région d'Oran est distinguée par trois zones :

#### **Le littoral Est de la Wilaya d'Oran (Zone 1)**

La région est connue mondialement par ses activités gazières, pétrochimiques et de raffinage. Elle est entourée d'agglomérations de concentration urbaine de 148 782 habitants [7], dont 12 454 habitants sont considérés comme population sensible ; enfants de moins de 06 ans. [8]

La plateforme industrielle s'étale sur une superficie de 2500 hectares (ha), dont 935 ha sont réservés aux unités de production et service. Le reste, 900 ha sont réservés à l'industrie

---

## **Partie II Evaluation de la Pollution marine des côtes Oranaises**

### **Chapitre 8 Pollution marine causée par les effluents liquides urbains et industriels**

---

pétrochimique et 400 ha sont réservés aux couloirs techniques de passage de canalisations et câbles entre les unités du pôle et les portes gaziers et pétrolier.

Ce pôle industriel comprend un nombre important de complexes d'hydrocarbures et pétrochimiques. Des complexes de Liquéfaction de gaz naturel (GL1Z, GL2Z et GL3Z) [9 à 13], liquéfaction du Gaz pétrole GPL (GP1Z et GP2Z) [15 et 15] une raffinerie, et trois complexes de production d'Ammoniac et d'engrais Azoté (Fertial Ex Asmidal, AOA et SORFET) [16 à 18], complexe de production de Méthanol et résines CP1Z, complexe de production d'énergie électrique et unités de dessalement d'eau potable. Cette activité est susceptible de générer des pollutions atmosphériques, marines et des contaminations des sols. Les ports sont dotés par 70 bras de chargement des hydrocarbures. En 1963 Arzew a connu le premier chargement de GNL par méthanier au monde[19].

Les coordonnées planétaire de la zone 1 sont les suivantes ( $35^{\circ} 50'26, 03''N_0^{\circ} 18'45, 11''O$ ) et ( $35^{\circ} 48' 08.80 N_0^{\circ} 13'35'', 95''O$ ).

#### **La ville d'Oran (Zone 2)**

Grace au secteur administratif, commercial, touristique et industriel, la ville d'Oran est passée de capitale provinciale au rang d'une métropole méditerranéenne. La ville d'Oran compte aujourd'hui environ 783 000 habitants [20], tandis que la métropole en compte environ deux millions habitants[21]. Cette ville a mis en exploitation sa première STEP en 2009. La wilaya d'Oran a pu réduire sa pollution marine à la faveur de l'équilibre de l'écosystème marin de la région.

Les coordonnées planétaires de la zone 2 sont [ $35^{\circ} 46' 09' 32'' N ; 0^{\circ} 32' 00'' 12'' O$ ] et [ $35^{\circ} 42' 24'' 22'' N ; 0^{\circ} 53' 30'' 61'' O$ ].

#### **Le littoral Ouest de la Wilaya d'Oran (Zone 3)**

La région Ouest d'Oran est de vocation touristique par excellence, elle est connue par ses belles plages, hôtels, ses paysages riches, des montagnes et de petits villages. L'absence d'activités industrielles a fortement contribué à la préservation de la biodiversité de la région. [22]

La commune d'*Aïn El Türk* située à 16 Km d'Oran, compte les plus vastes des plages de l'Oranais, une station balnéaire si bondée de juin à septembre [23]. Mais l'absence de station d'épuration des eaux usées qui perdure dans le temps a déséquilibré le biotope marin de la région. La région devra développer sa politique dans l'écotourisme et le développement durable.

## **II. Evaluation de la pollution marine**

Dans cette partie nous avons exposé les résultats des analyses physicochimiques et spectroscopiques, opérés sur les rejets liquides industriels et urbains déversant dans la mer méditerranéenne, ainsi que les eaux de baignade des plages et les bassins des ports. A travers plusieurs prélèvements, pris à différents endroits et en dessous de la surface de l'eau. Le point de prélèvement se situe au niveau du rejet, plages ou ports. Additivement aux échantillons, des mesures in-situ ont été réalisées pour quantifier les paramètres Salinité, Température, pH et l'Oxygène dissout. En procédant au même protocole d'échantillonnage de l'eau de mer. La qualité des eaux de baignades, est estimée conformément à la directive du 8 décembre 1975 N° 76/160 [24].

## **III. Qualité des rejets liquides industriels et urbains déversant vers la méditerranée**

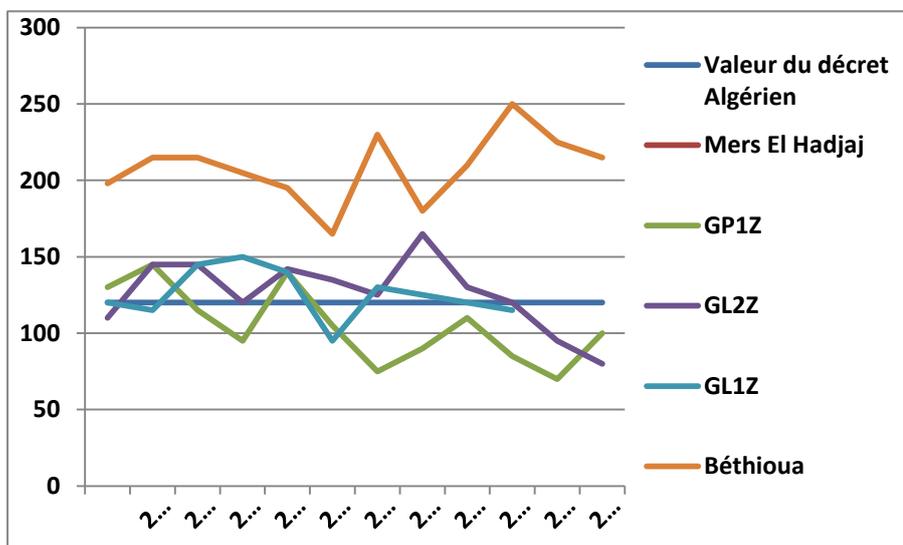
Une série d'analyses sur les rejets liquides et les cours d'eaux naturels qui déversent vers la mer méditerranéenne ont été accomplies au niveau du littoral d'Oran, pour quelques plages. La problématique est de mesurer l'impact de ces pollutions sur l'écosystème marin, sur les eaux de baignades et sur la santé humaine [25 et 26], comme finalité, proposer des barrières préventives à ces risques sanitaires et environnementaux. Les méthodes d'analyses de ces eaux de rejets ont été réalisées sur la base des méthodes d'analyses des eaux de l'arrêtées du 02 septembre 1969, J.O du 28 septembre 1969, sur les modalités de l'inventaire du degré de pollution dans les rivières et les canaux modifiés par l'arrêté du 26 novembre 1979, (J.O de janvier 1976). Avec l'exploitation des techniques opératoires de Rodier[24].

### **A. La Zone 1, le littoral Est de la Wilaya d'Oran - baie d'Arzew**

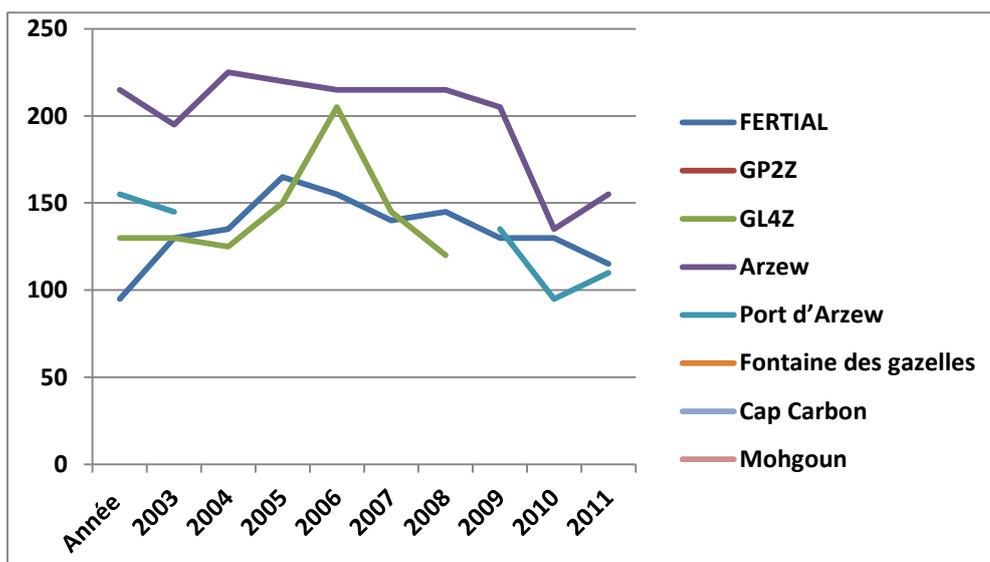
Les effluents liquides issus des complexes industriels de liquéfaction de GNL (GL1Z, GL2Z, GL4Z et GNL3Z), GPL (GP1Z et GP2Z) et raffinage (RA1Z) du pétrole sont de trois types : des rejets de refroidissements, d'eaux pluviales entraînant des huiles et eaux sanitaires. S'ajoute ceux des agglomérations, des communes d'*Arzew*, *Aïn El Bia*, *Bethioua* et *Marsat El Hadjadj*.

---

Les eaux de mer de refroidissement, sont retournées vers la mer via un canal de rejet, après avoir assuré le refroidissement après compression des gaz cryogénique. L'impact de cet apport calorifique au milieu marin a été suivi par un thermomètre. La contamination des eaux par des gaz hydrocarbures dissous existe à titre de trace ou quelque fois légèrement plus, confirmé par un dispositif de détecteurs de gaz en ligne. Quelques complexes possèdent des stations de traitements des effluents liquides (STEP) en service et d'autres indisponibles. L'indisponibilité ou le dysfonctionnement de ces stations provoque un déséquilibre de l'écosystème marin. Le suivi des deux rejets sanitaires urbains de la ville de Bethioua et d'Arzew montre que leurs rejets ne sont pas conformes car ils ne disposent pas de STEP. Un projet de construction d'une STEP est en cours [27]. Le suivi décennal des paramètres DBO<sub>5</sub> et DCO des rejets industriels et urbains a montré des fréquents dépassements des seuils réglementaires et normatifs. Cela est dû aux dysfonctionnements ou à l'indisponibilité des STEP et stations de déshuilages. Les résultats DCO et DBO ont été portés dans les **Figures 8.1, 8.2, 8.3 et 8.4**. Néanmoins les mesures les plus fréquentes sont généralement conformes pour les rejets industriels. Les résultats ont été portés dans les **Figures 8.5, 8.6, 8.7 et 8.8**.

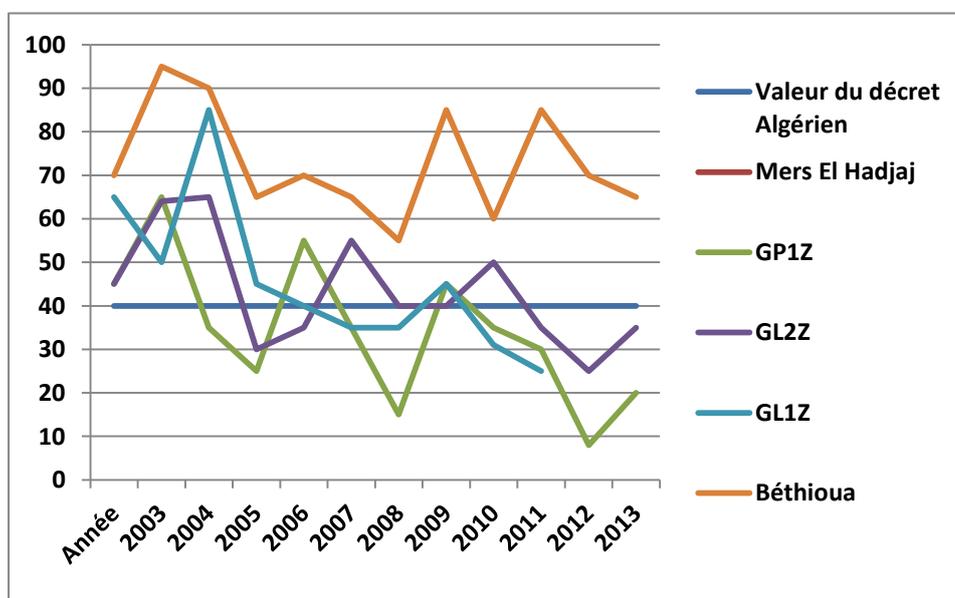


**Figure 8.1 :** Suivi décennal de la DCO-Maxi des Rejets industriels et urbains de la région d'Arzew des complexes Sonelgaz, GP1Z, GL2Z, GL1Z et la Ville de Béthioua.



**Figure 8.2 :** Suivi décennale de la DCO pic Maxi des Rejets industriels et urbains issus des complexes FERTIAL, GP2Z, GL4Z et la ville d'Arzew.

Concernant les **Figures 8.1** et **8.2**, il s'agit d'analyses pic enregistrées durant notre campagne entre 2003 et 2014.



**Figure 8.3:** Suivi décennal de la DBO- Maxi, enregistré dans les rejets industriels et urbains, Biais d'Arzew, cas des complexes Sonelgaz, GP1Z, GL2Z, GL1Z et la ville de Bethioua.

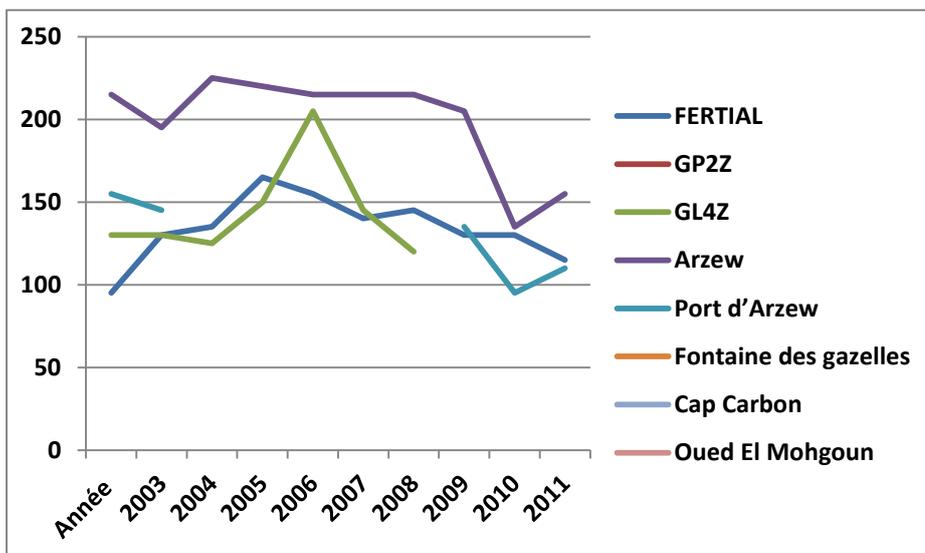


Figure 8.4 : Suivi décennale de la DBO - Maxi des rejets industriels et urbains issus des complexes FERTIAL, GP2Z, GL4Z et la ville d'Arzew.

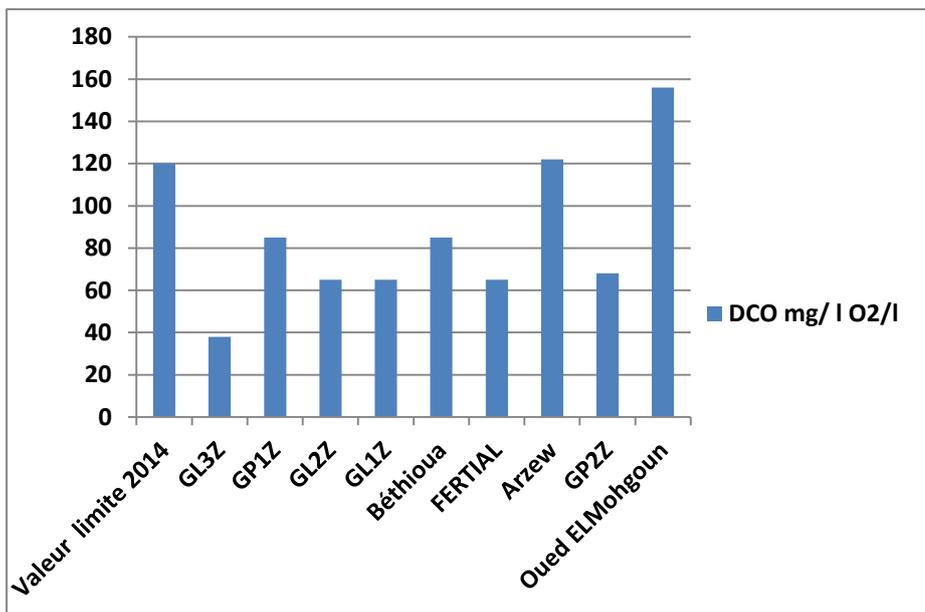


Figure 8.5 : DCO des rejets vers la mer « Baie d'Arzew », enregistrée en 2014.

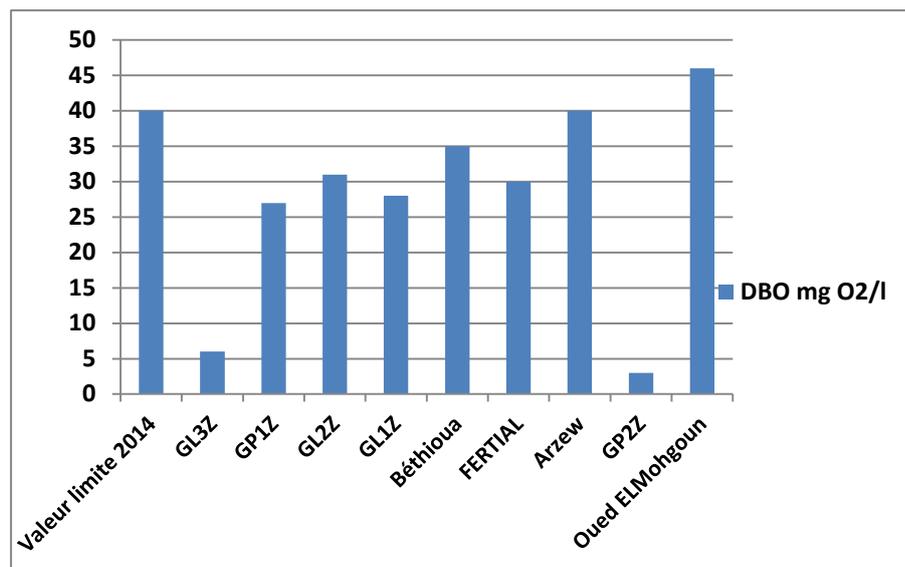


Figure 8.6 : Suivi de la DBO des rejets vers mer « Bais d'Arzew », enregistrée en 2014.

Le rapport DCO/DBO montre une bonne biodégradabilité de ces rejets qui varie entre 2 et 3. Les cas des faibles biodégradabilités sont dus à la présence des matières organiques dans ces effluents, suite à l'absence ou le dysfonctionnement des unités de déshuilage qui existe en amont des rejets accidentels ou opérationnels [28 et 29].

Les différents analyses, montrent que les matières en suspension (MES) sont inférieures aux normes et aux seuils réglementaires à l'exception des trois rejets sanitaires urbains.

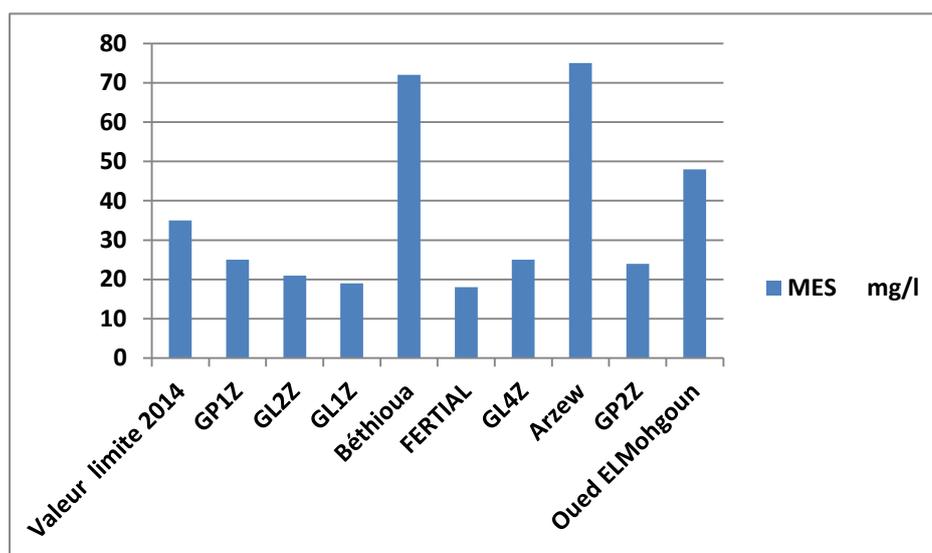
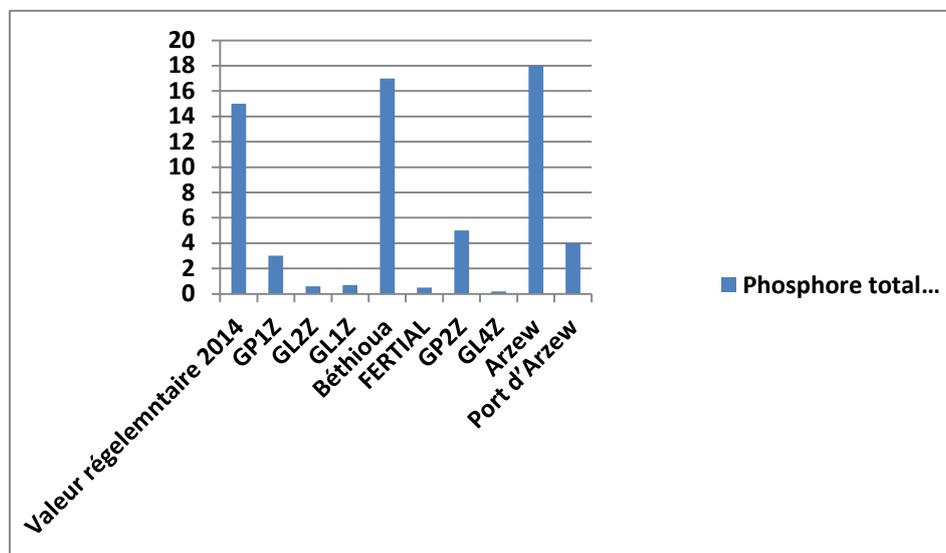
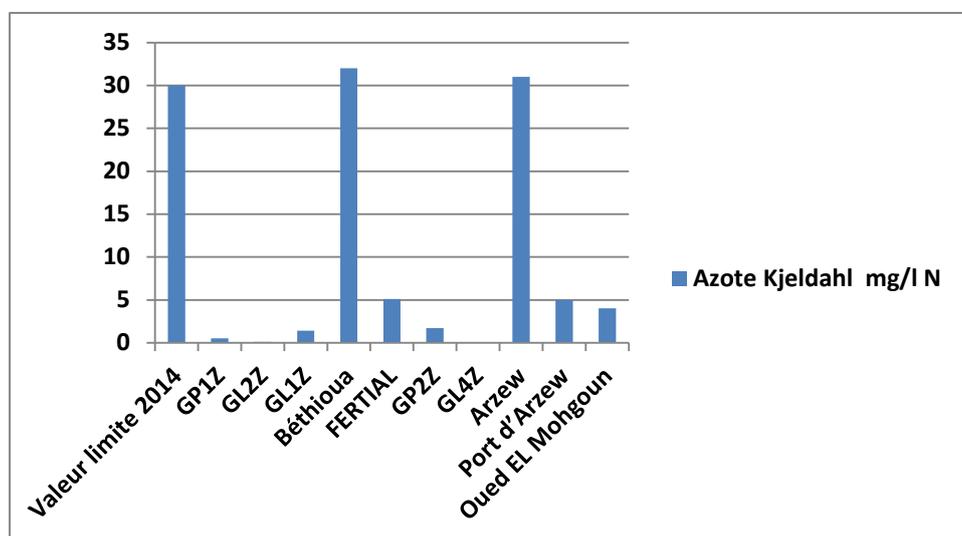


Figure 8.7 : Taux de MES dans les rejets vers mer « Baie d'Arzew », enregistré en 2014.

Les phosphores totaux, sont inférieurs aux normes des rejets, les pics sont enregistrés pour les rejets des villes de Bethioua et d'Arzew voir **Figure 8.8**.



**Figure 8.8** : Taux du phosphore total dans les rejets vers mer, Zone d'Arzew.



**Figure 8.9** : Taux de l'Azote total dans les rejets vers mer, Zone d'Arzew.

A partir des **Figures 8.8** et **8.9** nous déduisons la présence de l'Azote et du Phosphores dans tous les rejets liquides industriels et urbains. Leurs origines sont les eaux usées sanitaires urbains, générées par les agglomérations et les complexes. D'autre facteurs non négligeables causant cette présence, tels que les engrais Azotés et Phosphatés exploités dans le secteur d'agriculture additivement à celle déversée par ces unités industrielles [16 à 18].

Les produits détergents qui contiennent les poly-phosphates présentent une source non négligeable de Phosphate [30].

Une ville de 100 000 habitants non équipé de STEP, rejette en moyenne deux tonnes de détergents quotidiennement [31].

Le dépassement des seuils normatifs et réglementaires pour les nitrates totaux et le Phosphate totale dans les rejets de Bethioua et d'Arzew, est dû à l'absence des stations d'épuration des eaux usées urbain (STEP). Un projet de construction d'une STEP au niveau de Bethioua, de capacité de traitement de 14 000 m<sup>3</sup>/jour est en cours de construction [32].

La perturbation des abondances relatives à l'Azote, le Phosphore et le Silicium, peut induire à un changement des espèces planctoniques dominantes et à un déséquilibre écologique [33].

Les **Figures 8.10** et **8.11** montrent que les rejets industriels sont contaminés par les hydrocarbures et les huiles. Malgré que les taux enregistrés soient inférieurs aux seuils normatifs et réglementaires; afin de contrôler ces apports au milieu marin de la région, il faudra maintenir les stations de déshuilages en service et contrôler les opérations de dégazages et de déballastages des navires effectués près de nos côtes.

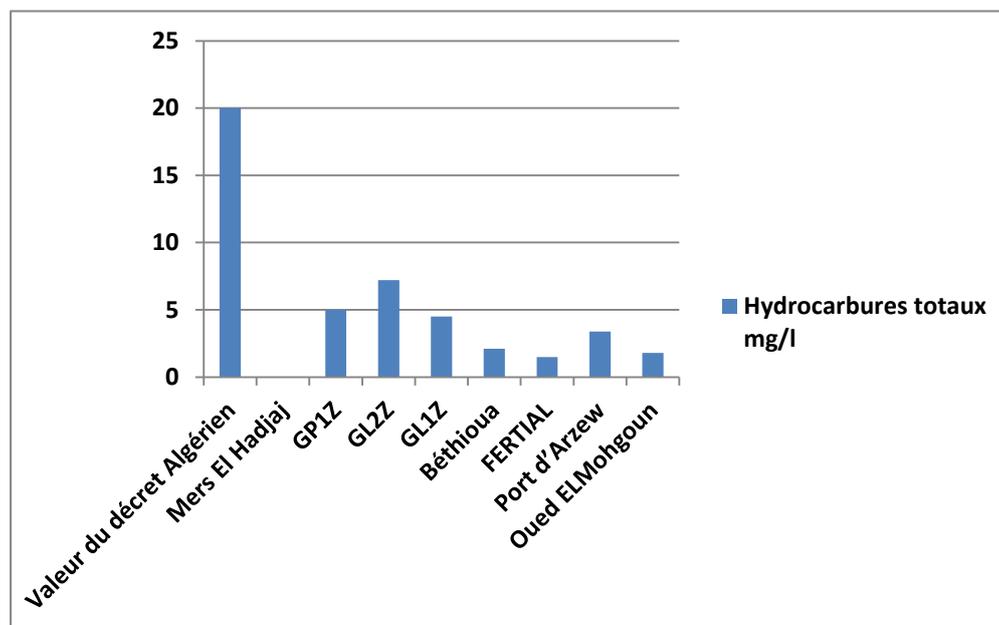


Figure 8.10 : Taux des Hydrocarbures dans les rejets vers mer, Zone d'Arzew.

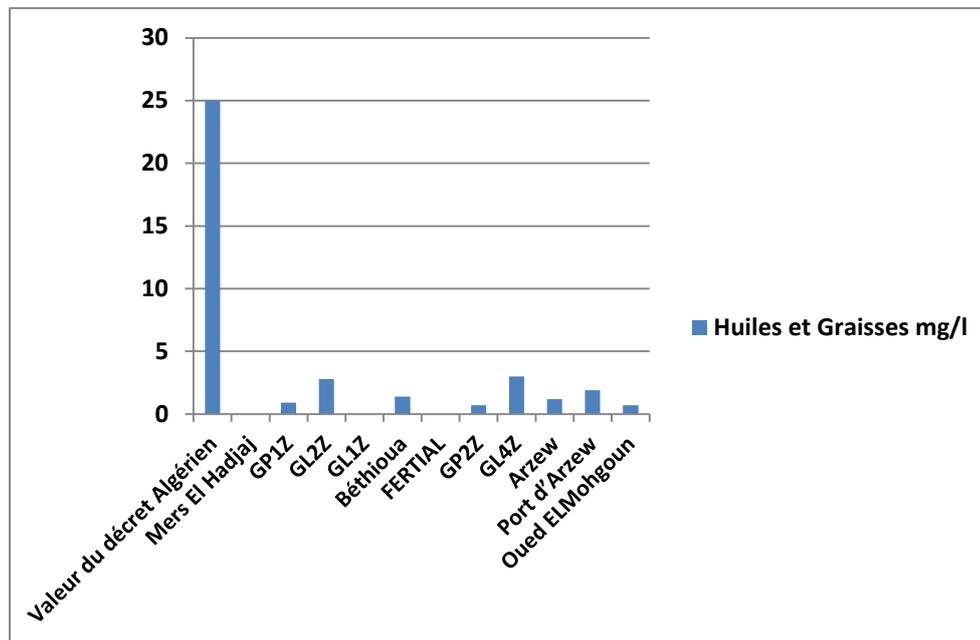


Figure 8.11 : Taux des Huiles et graisses dans les rejets vers mer, Zone d'Arzew.

La teneur des huiles et des hydrocarbures dans tous les rejets liquides étudiés sont en dessous des seuils normatifs et réglementaires.

L'existence d'une teneur importante d'Arsenic dans les rejets de Bethioua relevée pour quelques échantillons effectués dans la zone industrielle d'Arzew a été constatée. Notre hypothèse est que cette présence est due à la géochimie de la région. Une investigation par les géochimistes est très recommandée.

Les relevés de température de l'eau des rejets de refroidissement des complexes pétrochimiques et gaziers montrent que les températures sont inférieures aux seuils réglementaires et normatifs. Il est très rare de coïncider à un dépassement des seuils réglementaires, durant la période des canicules. Sauf pour le complexe GP1Z qui atteint les 35 °C.

La température de l'eau est un paramètre d'une importance majeure dans la vie des écosystèmes aquatiques. Elle a une influence sur plusieurs processus physiques, chimiques et biologiques.

Les résultats d'analyse des rejets liquides par les méthodes spectroscopique par absorption atomique, montrent une présence des métaux lourds parmi le Hg, Pb, Cu, Zn, Ni, Cr et Cd,

dont les majorités sont à titre de traces. Leurs origines sont dues à la perte de matière des équipements industriels tels que les échangeurs et les chaudières. Les deux types de corrosions chimiques et biologiques (algues marines, etc.) sont envisageables. Cette corrosion est conditionnée par le système Matériaux, Surface et Milieu [34].

### **B. Zone 2 et 3 Oran Centre et Ouest**

A travers notre étude du littoral, région centre et Ouest d'Oran, les résultats d'analyses physicochimiques et spectroscopiques montrent que les rejets qui déversent dans les plages « *Petit Port* », « *Kristel* », « *Beaux Séjours* », « *Ain El Türk* » et « *Les Andalouses* » ainsi que le port d'Oran présentent des fortes DBO et DCO supérieures aux normes et seuils réglementaires, avec des valeurs parfois supérieures à 270 mg/l pour la DCO et 140 mg/l pour la DBO. Le facteur DCO/DBO égale à 2, reflétant une bonne biodégradabilité de ces rejets. Les pics ont été illustrés dans les **Figures 8.12** et **8.13**. Même constatation pour les Nitrates et les Phosphates avec des valeurs respectives de 80 mg/l et 32 mg/l. Seul les MES, Potentiel hydrogène (pH), taux d'hydrocarbures et huiles, qui sont conformes aux normes. L'eutrophisation du milieu marin en éléments nutritifs, par l'apport excessif d'azote et de phosphore dus aux activités humaines, provoque le développement d'algues sur le littoral métropolitain [35].

L'analyse spectroscopique par absorption atomique affirme que les concentrations des métaux lourds dans ces rejets sont très inférieures aux seuils réglementaires et normatifs pour le (Cd, Cu, Zn, Ni, Pb et Ni) qui sont respectivement (< 20,0.2, 3, 3, 5, 5, 1 et 10). Le taux des hydrocarbures totaux HCT est conforme et inférieurs à 0.5 mg/l pour tous les échantillons pris.

La non-conformité de ces rejets est due à l'absence des stations d'épuration des eaux usées urbaines (STEP), principalement pour la région de « *Ain El Türk* », qui abritait 35 687 habitants en 2009 un projet de construction d'une station d'épuration d'une capacité de 250.000 équivalent habitants pour traiter 30 000 m<sup>3</sup>/j [36].

La ville d'Oran a mis en exploitation sa première STEP en 2009, d'un débit de traitement de 0.27 Million m<sup>3</sup>/jour [32]. Cette capacité est suffisante pour une population de 897 700 habitants recensés pour la ville d'Oran [37]. Ce projet favorable à l'équilibre écologique

## Partie II Evaluation de la Pollution marine des côtes Oranaises

### Chapitre 8 Pollution marine causée par les effluents liquides urbains et industriels

marin et le cadastre du sol de la région. Du point de vue économique et afin d'optimiser le rendement des STEP, il est moins coûteux de traiter des déchets à faible volume et fortement concentrés que des déchets volumineux [38]. Pour cela il faudra que le réseau pluvial soit indépendant du réseau sanitaire et que les rejets concentrés des abattoirs et laiteries soient récupérés et traités en dehors de la STEP municipale.

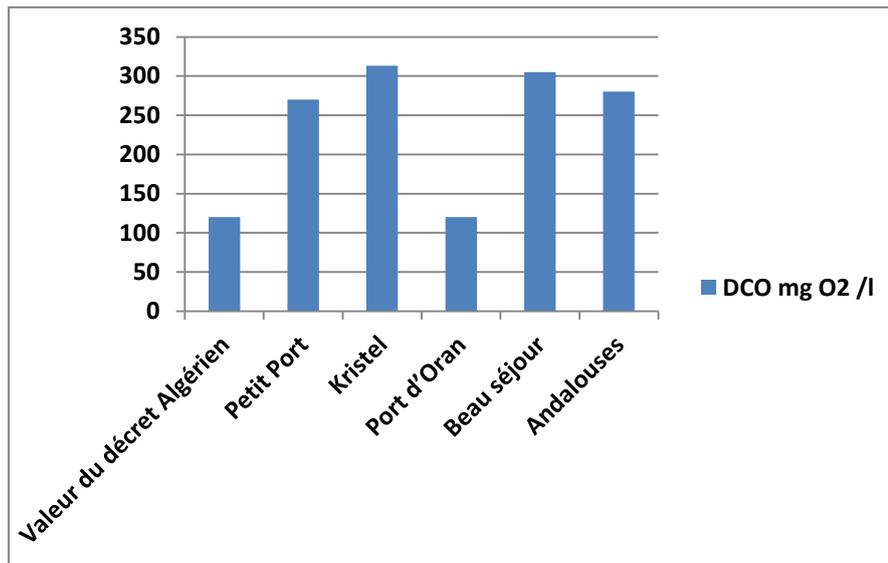


Figure 8.12 : Suivi de la DCO dans les rejets vers mer, Oran Centre et Ouest.

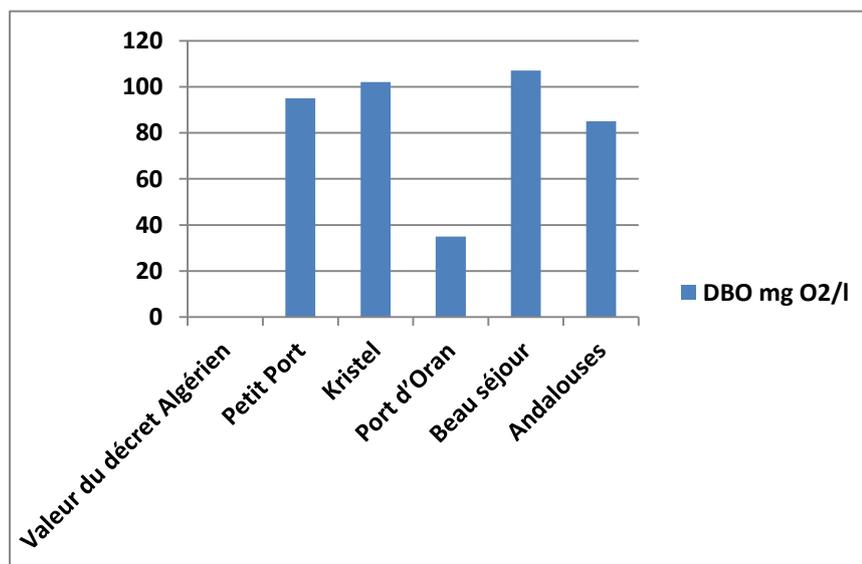


Figure 8.13 : Suivi de la DBO<sub>5</sub> dans les rejets vers mer, Oran centre et ouest.

#### IV. Qualité des eaux marines dans les ports d'Arzew et de Bethioua

Nous avons observé que les taux des hydrocarbures et des huiles de la zone d'Arzew, port d'Arzew et de Bethioua, sont variables. Un pic accidentel de 41 mg/l a été enregistré dans les échantillons de l'année 2003. Nous avons enregistré deux autres pics accidentels en Juin 2012 et Avril 2014 au niveau du port de Bethioua.

Cette présence d'hydrocarbures est une conséquence des opérations de déballastages volontaires et illicites des navires, malgré la présence d'une réglementation internationale qui l'interdit[39].

L'absence des stations de déshuilage pour quelques complexes et le dysfonctionnement pour d'autres, déséquilibre fortement l'écosystème aquatique de la région. Dans la marche normale des complexes GPL et GNL les taux des Huiles et Hydrocarbures sont très inférieurs aux seuils réglementaires Algérien. Néanmoins l'absence d'un contrôle externe via des stations de surveillance qualitative des eaux marines est à la faveur des pollueurs. Pour cela un décret exécutif Algérien N° 14 264 a vu le jour le 22/09/2014, relatif à l'organisation de la lutte contre les pollutions Marines et institution des plans d'urgences.

Les analyses par spectroscopie et la méthode absorption atomique, montrent que ce milieu marin de la région, est pollué par les métaux lourds, dont les origines sont les activités terrestres (installations industrielles) et le transport maritime (les navires).

Ces activités datent plus d'un demi-siècle. Malgré que ces concentrations sont à l'ordre de traces pour Hg, Pb, Cu, Ni, Cr et Cd mais cette présence quasi-totale menace le biotope marin et participe au déséquilibre de l'écosystème marin de la région, voir **Tableau 8.1**.

Les polluants marins, comme les métaux lourds et les huiles, pourraient diminuer le taux de photosynthèse et augmenter le taux de respiration des organismes marins à la suite de bio-toxicité et eutrophisation, l'acidification du milieu marin peut augmenter cette bio-toxicité [40].

**Tableau 8.1 :** Qualité des eaux marine, effectuée dans la mer à plus de 30 m des côtes.

Métaux lourds mg/l	Seuils réglementaires	GL4Z	GP2Z	GL1Z	GL2Z	GP1Z	Réf. Méthode
Huiles et Graisses	20	1.32	2	1.38	1.09	3.22	Spectrométrie
HC Total	10	3.48	9.78	4.07	2.48	3.25	CPG
Hg	10	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	ICP/AES
Pb	1	0.0045	0.0045	0.004	0.003	0.002	ICP/AES
Cu	3	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	ICP/AES
Zn	5	0.341	0.338	0.107	0.347	0.113	ICP/AES
Ni	5	0.001	0.0023	0.002	0.0014	0.0011	ICP/AES
Cr	3	0.0071	0.0038	0.0031	0.0015	0.0012	ICP/AES

#### IV.1. Qualité physico-chimique des eaux de baignades

##### A. Région EST d'Oran

Le pH des plages d'Arzew « *Cap Carbon* », « *Fontaine des gazelles* » est neutre et conforme aux normes. La conductivité reflète la salinité du milieu marin. Les teneurs en Phosphate et Nitrates d'ammonium sont dues aux eaux usées domestiques d'un équivalent habitants de 148 782. L'Analyse Spectroscopique par Absorption atomique (SAA), confirme la présence à titre de trace du Cuivre (Cu), Zinc (Zn) et du Fer (Fe).

**B. Région centre d'Oran**

Les mesures des paramètres physico-chimiques des eaux de baignades réalisées sur ces plages, montre ce qui suit :

La Température : Montre une décroissance de septembre à février, avec une valeur minimale en hivers, variant entre 7 et 11 °C. Une augmentation à partir du mois de mars jusqu'au juin, avec un maximum variant entre 24 et 27 °C les mois de Juin et août. Ces mesures se rapprochent aux résultats réalisés par l'Atlas Mondial sur l'Hydrologie de la Méditerranée [41 et 42].

La salinité (Sa) : Varie entre 36 et 37 g/l pour les plages; *Casino*, *Mers El Hadjadj* et *Ain Franine*, qui sont en fonction de la température.

La conductivité (Ce) : varie entre 48 et 57 ms/cm, la teneur en oxygène dissous est très bonne. Le potentiel hydrogène est neutre pour tous les échantillons mesurés.

Les phosphates et le nitrates totaux sont présents mai très inférieurs aux seuils normatifs, 10 mg/l P et 2 mg/l N.

Les concentrations en métaux lourds tels que le cuivre et le Fer, sont à titre de traces dans les eaux de baignades des plages, « *Casino* », « *Ain Franin* » et « *AinDefla* », ci-dessous le **Tableau 8.2.**

Les résultats obtenus montrent que ces plages ne sont pas polluées. Une étude approfondie sur la faune et la flore marine de cette région est recommandée.

Les résultats obtenus montrent que ces plages ne sont pas polluées. Une étude approfondie sur la faune et la flore marine de cette région est recommandée.

**Partie II Evaluation de la Pollution marine des côtes Oranaises**

**Chapitre 8 Pollution marine causée par les effluents liquides urbains et industriels**

**Tableau 8.2 :** Résultats de la campagne d'analyse des eaux de baignade Oran centre, 2013.

Paramètres	P H	T C°	Salinité g/l	Conductivité MS/cm	O <sub>2</sub> %	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	P <sub>20</sub> <sub>5</sub>	Nitrates NO <sub>3</sub> mg/l
Plage Casino	7-7.3		36.3	42- 51	101 - 118	Inf. 0.6	Inf. 0.5	Inf. 10
Plage AinDefla	7.1-7.3		36.2	48 - 56	105 - 118	Inf. 0.6	Inf. 0.5	Inf. 10
Plage Ain Franin	7-7.2		35.7	45 - 56	105 - 153	Inf. 0.6	Inf. 0.5	Inf. 10
Paramètre analytique	Nitrites NO <sub>2</sub> mg/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	Phosphate mg/l	NTK	Sulfates mg/l	Chlorures mg/l	Cuivre mg/l	Zinc mg/l
Paramètres	P H	T C°	Salinité g/l	Conductivité MS/cm	O <sub>2</sub> %	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	P <sub>20</sub> <sub>5</sub>	Nitrates NO <sub>3</sub> mg/l
Plage Casino	Inf. 0.2	1-10	0.5 - 1	1	1.1	19.8	0.2881	0.015
Plage Ain Defla	Inf. 0.2	1-10	0.2 - 1	1.2	1.05	18,5	0,167	0,013
Plage Ain Franin	Inf. 0.2	1-10	0.5 - 1.5	1.1	1	19,5	0,14	0,0023

**C. Région Ouest d'Oran**

Afin de conserver un équilibre du biotope de cette région écotouristique, les pouvoirs publics ont favorisé l'absence totale d'activités industrielles. Les seules sources de pollution marine sont les effluents urbains rejetés vers la mer.

Les rejets sont déversés dans la mer toute l'année à l'exception de la saison estivale, où ils sont collectés par un réseau communal de « *Ain Türck* » vers « *Bousfer* » via des stations de

## Partie II Evaluation de la Pollution marine des côtes Oranaises

### Chapitre 8 Pollution marine causée par les effluents liquides urbains et industriels

pompages existantes au niveau des plages : « *Saint Rock* » « *Bouisseville* », « *Paradis-Plage* », « *Ain El Türk* », « *Bousfer* », etc.), qui sont dirigés vers un stockage temporaire entre « *Bousfer* » et « les Andalouses ». Une modeste aération naturelle par lagunage via des roseaux avec un temps de séjour moyens est réalisée, réduisant faiblement la DBO [43 et 44]. Malheureusement depuis quelques années, ces plages elles-mêmes deviennent quelques fois des airs de décharge (emballages, sacs en plastiques, bouteilles, canettes, etc.) [45].

**Tableau 8.3:** Analyse qualitative des eaux de baignade Oran ouest en 2013.

Paramètres Plages	pH	T C° Hivers/ été	Salinité g/l	Conductivité MS/cm	O <sub>2</sub> Dissous	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Nitrate s NO <sub>3</sub> mg/l
Paradis	7 - 7.3	7 - 10 20 - 23	35-37	48- 57	129	Inf. 0.6	Inf. 0.5	Inf. 10
Beau séjour	7- 7.3	7 - 11 19 - 24	34.8- 37	42- 51	120	Inf. 0.6	Inf. 0.5	Inf. 10
Corales	7 - 7.3	7 - 12 19 - 24	35 - 37	45 - 56	121	Inf. 0.6	Inf. 0.5	Inf. 10
Bousfer	7 - 7.6	7 - 11 20 - 24	35- 37	43 - 56	120	Inf. 0.6	Inf. 0.5	Inf. 5
Les Andalouses	7- 7.5	8 - 11 20 - 23	34.4- 37	48- 55	113	Inf. 0.6	Inf. 0.5	Inf. 5
Paramètre analytique	Nitrites NO <sub>2</sub> mg/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	Phosphore total mg/l	NTK	Sulfates mg/l	Chlorures g/l	Cuivre mg/l	Zinc mg/l
Paradis	0.02 -1	1 - 10	0.5	4.3	1 - 3	19.5	0,021	0,001

## Partie II Evaluation de la Pollution marine des côtes Oranaises

### Chapitre 8 Pollution marine causée par les effluents liquides urbains et industriels

<b>Beau séjour</b>	0.02 -1	1 - 10	0.5	4.2	1 - 3	19,7	0,018	0,015
<b>Corales</b>	0.02 -1	1 - 10	0.5	3.1	1 - 3	18,9	0,016	0,013
<b>Bousfer</b>	0.02 -1.6	1 - 10	0.6	7.5	1 - 3	21.1	0,014	0,002
<b>Les Andalouses</b>	0.02 - 1	1 - 10	0.4	6.6	1 - 3	19.5	-	-

Ces résultats montrent que le pH reste neutre dans ces plages. La température varie en fonction de la saison, la salinité atteint les 37g/l (elle est fonction de la température du climat). La concentration en Oxygène dissous est bonne, variant entre 113 et 129 ppm. Les Nitrates et les Phosphates sont en dessous des seuils réglementaires et normatifs.

Les teneurs en métaux lourds et spécialement le Cuivre, le Zinc et le Fer sont très faibles et inférieurs aux seuils normatifs.

Nous pouvons conclure que les eaux de baignades des plages étudiées, ont un indice de pollution marine faible.

#### IV.2. Pollution marine causée par le transport Maritime des hydrocarbures

La pollution marine par les hydrocarbures liée aux activités du transport maritime en mer méditerranéenne peut être d'origine opérationnelle, volontaire ou accidentelle. La pollution volontaire par rejet des « huiles de vidange et résidus de fuel ou « *Sludges* » en Méditerranée est de l'ordre de 0,7 et 1,5 millions de tonnes chaque année [46], soit une moyenne d'un (01) million de tonnes, ce qui représente l'équivalent de 50 Erika ou 15 Prestige par an, soit un naufrage d'Erika par semaine en Méditerranée. On enregistre 280 rejets illicites par jour de 10 tonnes, soit 2 800 tonnes rejetés par jour et 100 000 rejets par an [47].

#### L'évaluation des déballastages et dégazage des pétroliers

Les activités maritimes dans la région Ouest Algérienne sont très importantes ce qui est confirmé par la cartographie du couloir transport maritimes, dues à la présence d'un trafic maritime très important [48].

Bien que la pollution accidentelle par les hydrocarbures est en baisse dans le monde, reste à savoir que la pollution par les rejets opérationnels de tous les types de navires (fret, pétrolier,

ferry et passagers) comprennent l'eau de cale des machines espaces, le carburant boues d'hydrocarbures et de l'eau de ballast huileuse provenant des réservoirs de carburant est en augmentation. Beaucoup de techniques d'évaluation sont exploitées par les organismes étatiques pour préserver l'écosystème de notre mer (méditerranée). Nous citons, le modèle de déversement de pétrole : MEDSLIK-II [49 et 50].

Le port pétrolier d'Arzew assure l'exportation de quantités supérieures à 200 000 000 BBLs de pétrole. Nous avons estimé les quantités issues des déballastages des pétroliers, le coefficient de perte entre la quantité chargée et la quantité déchargée a été arrêté à 0,3 % maximum de la cargaison [50].

Le port d'Arzew a expédié en 2010 et 2014 respectivement les quantités variant entre 200 691 780 BBLs et 202 723 321, les pertes Maxi des déversements annuels sont évaluées à 608 169 BBLs.

#### **IV.3. Pollution causée par les huiles usagées des moteurs non récupérées**

Les huiles usagées de moteurs constituent une source de pollution dangereuse pour la santé puisque l'huile rejetée nuit à l'oxygénation des sols et des eaux et présente un caractère toxique pour la faune et la flore. Généralement, les huiles usagées sont rejetées directement et clandestinement dans le réseau d'assainissement par les stations d'essences et, parfois, en pleine nature (champs, terrains, etc.).

Malgré l'existence d'une réglementation qui exige la récupération des huiles usagées et la gratuité de l'opération de collecte en Algérie, pourtant le taux de récupération n'a jamais dépassé les 50 % des ventes [51].

Il est à noter qu'il y'a eu des sanctions envers les stations de vidange qui déversent les huiles usagées dans le système d'assainissement, par la fermeture ou la mise en demeure.

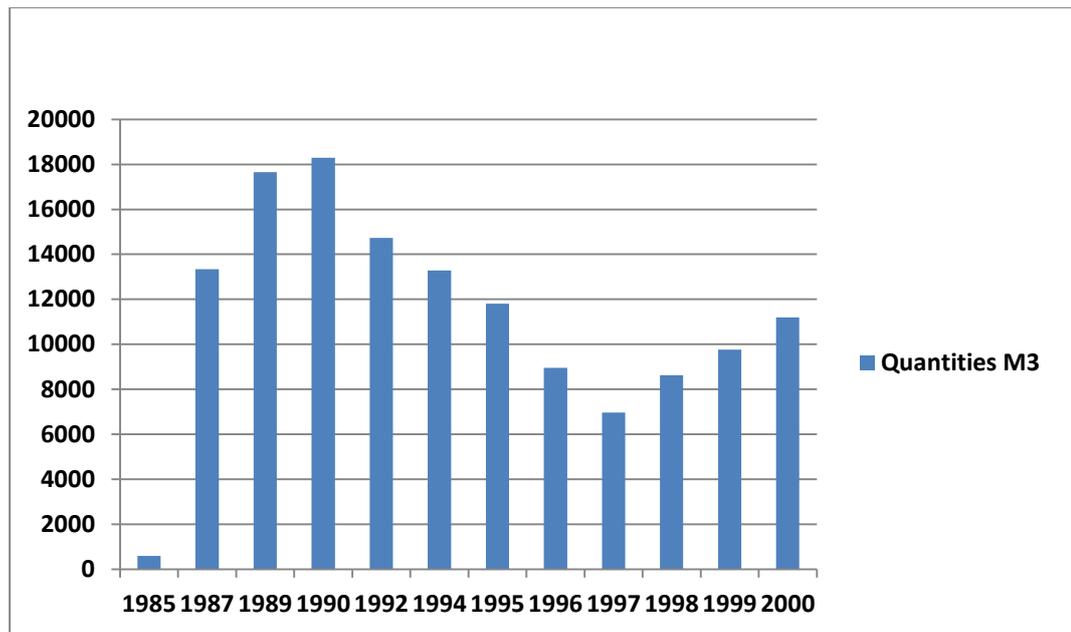


Figure 8.14 : Quantité d’huiles usagées récupérées en m<sup>3</sup> par an [51]

## V. Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons montré que les rejets urbains de la région d’Oran sont hors normes et polluent considérablement les eaux côtières de la région d’Oran. L’absence des stations d’épuration des eaux usées domestiques dans les régions Est et Ouest d’Oran, causent une pollution marine non négligeable.

### Conclusion

Notre étude a montré que les rejets urbains de la région d’Oran sont hors normes et polluent considérablement les eaux côtières de la région d’Oran. L’absence des stations d’épuration des eaux usées domestiques dans la région Est et Ouest d’Oran, causent une pollution marine non négligeable.

D’autre part, les eaux frontières Algériennes dans la partie d’Oran, sont aussi assujetties aux déballastages et dégazages des navires qui s’approvisionnent des ports pétrochimiques et gaziers d’Arzew. Nous avons constaté l’existence d’une teneur importante d’Arsenic dans les rejets de Béthioua, qui ont été observés pour quelques échantillons prélevés dans la zone industrielle d’Arzew. Cela peut être aussi expliqué par une géochimie naturelle de la région.

Les résultats obtenus par analyse spectroscopique par absorption atomique montrent que la concentration des métaux lourds dans ces rejets est à titre de traces très inférieures aux seuils

normatifs. Le pH des plages est neutre et les conductivités reflètent la salinité du milieu marin. La présence de teneurs en phosphate et nitrates d'ammonium observées est due aux rejets sanitaires non traités par une STEP. Cet apport nutritifs riches en Azote et phosphate impact le biotope marin de la région. Dans cette étude, nous avons aussi constaté l'absence de surveillance des paramètres de pollutions en ligne (à temps t), raccordée à une salle de contrôle, pour contrôler tous les rejets évacués par la zone industrielle.

En ce qui concerne, les paramètres physicochimiques et spectroscopiques des eaux de baignades des plages d'Oran, nous concluons qu'ils sont conformes. Néanmoins, il faudrait réguler durant la saison estivale l'utilisation des Jet Ski dans la surface balnéaire, car ils nuisent à la santé des baigneurs par les essences dégagées. Pour pallier à ces pollutions, nous recommandons de prévoir la construction de station d'épuration des eaux sanitaires urbaines, pour la région d'Ain El Türck et d'Arzew.

Il serait aussi judicieux de mettre au point un système aérien de surveillance et de détection des rejets illicites dans la méditerranée côté frontière maritime Algériennes avec la coopération des pays voisins. Une installation d'une station de surveillance des rejets vers mer au niveau de la wilaya d'Oran est plus que nécessaire. La mise en œuvre de ces actions contribueront à l'élaboration de la cartographie des risques pour une meilleure gestion de la pollution marine et du transport maritime et cela pour la préservation de l'écosystème marin de la méditerranée.

#### Références bibliographique

[1] SAHNOUN Fadela, Bendraoua Abdelaziz, Hadjel Mohamed. Contrôle de la pollution marine du littoral oranais. Revue Communication Science et technologie, N° 8 COST, Janvier 2010.

[2] JACQUES Blamont. Introduction au siècle des menaces. ODOLE JACOB, ISBN 2-7381-1409-1, Mai 2004.

[3] ONM. Office nationale de Météorologie – Météo Algérie, Consulté le 05/01/2015, disponible à l'adresse : [www.meteo.dz/index.php?option=com\\_content&view...Itemid](http://www.meteo.dz/index.php?option=com_content&view...Itemid).

[4] MRE, Algeria. Updating the inventory of national sewerage network; document of Algerian Ministry of Water Resources; September 2012.

---

[5] AIT MIMOUNE Hamiche, Amine BOUDGHENE, STAMBOULI *et al.* A review on the water and energy sectors in Algeria: Current forecasts, scenario and sustainability issues. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015, 41, 261–276.

[6] MRE Egypt. Strategy and indicators of water sector in Algeria, presentation of Algerian Ministry of Water Resources in Cairo; 21–22 November 2012.

[7] DPAT. Direction de la Planification et de l'aménagement du Territoire : Rapport 2007.

[8] DPAT. Direction de la Planification et de l'aménagement du Territoire : Rapport Année scolaire 2007-2008.

[9] IMO. Specialized Training for Liquefied Gas. Revised edition 1999 by the International Maritime Organization, 84-85. IMO publishing. 1999, ISBN 978- 92-801-2362-3.

[10] HOUMEUR Sana. *Modalisation et optimisation de l'Aval des chaines de GNL Algériennes*. Mémoire de Magister, IAP de Boumerdes, Faculté des hydrocarbures et de la chimie, Algérie 2008.

[11] ALEXANDRE Rojey, Bernard DURANT, *Gaz naturelle*, page 253-256, éditions OPHRYS, ISBN 2-7108-0657-6. ISBN 2-7108-0657-6, 1994.

[12] HENG Sun, Dan SHU, Zhihua JIANG. Simulation study of the dynamic performance of a MRC plant with refrigerant charged or leaked. *Cryogenics*, 2012, 52, 8–12.

[13] XIONGWEN Xu, Jinping LIU. Optimization and analysis of mixed refrigerant composition for the PRICO natural gas liquefaction process. *Cryogenics*, 2014, 59.60–69.

[14] WOLFGANG Foerg, Wilfred Bach, Rudolf Stockman. *A new LNG baseload process and the manufacturing of the main heat exchangers*. *Returne home revues* 1998.

[15].HO-MYUNG Chang, Myung JIN Chung,Sanggyu LEE*et al.*An efficient multi-stage BraytonJT cycle for liquefaction of natural gas.*Cryogenics*, 2011, 51, 278–286.

[16] GOMRI Rabah, *Analyse et Simulation du Reforming Primaire (Four de l'Industrie d'Ammoniac)*,thèse de doctorat d'état, page 16 – 25. Soutenue le 22 juin 2006. Université Mentouri, Constantine, Faculté des sciences de l'ingénieur, Département de Génie Chimique.

[17] EFMA. Best Available Techniques (BAT) for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry Booklet No. 1 of 8: *Production of Ammonia*, 2000. pp. 7–18.

[18] CLAUDE Mercier. Industrie pétrochimique et ses possibilités d'implantation dans les pays en voie de développement, éditions Technip, 1966, pages 87-90.

[19] UIIG, IIF. *Cinquième Congrès international sur le gaz naturel liquéfié*, Centre de Congrès, Düsseldorf, Germany, 29.8-1.9, 1977 : Mémoires, Fifth International conférence on Liquefied Natural Gas, Congress Center, Düsseldorf, Germany, August 29 September 1, 1977, sous le patronage de l'Union Internationale de l'Industrie du Gaz, Institut International du Froid, Institute of GasTechnology.

[20] Don-MAC Leese. Encyclopedia Britannica Book word data of the years 2013, page 778 ISBN 978-1-61535-983-7.

[21] DOMINIQUE Auzias, Jean-Paul. *Croisière en Méditerranée*. ISBN 9782746955998, Mai 2012.

[22] Wikipédiafr.wikipedia.org/wiki/Aïn\_El\_Turk.habitantaineturkWekebedia 2014.

[23] DOMINIQUE Auzias, Jean-Paul ABOUDETTE, Marie-Hélène MARTI. *Le petit futé*, 2009-2010. ISBN 97827469211962, 4<sup>ème</sup> édition, Page 282. Groupe CORLET imprimeur France.

[24] RODIER Jean, Bernard LEGUBE, Nicole MERLET, Régis BRUNET.*L'analyse de l'eau*, 9<sup>ème</sup> édition, Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, Dunod, Jun 17, 2009.

---

[25] OMS. Directives pour la sécurité des eaux de baignade - Volume 1. Eaux côtières et eaux douces, Genève Organisation mondiale de la Santé, 2004.

[26] AURELIE Prevot. *Surveillance environnementale: La contamination des poissons d'eau douce aux micros plastiques*, Rapport scientifique 2013 - 2014 de l'INERIS, 26 novembre 2014.

[27] STEP Bethioua. Site officile de la Wilaya d'Oran. Consulté le 03/10/2015  
[wilayaoran.org/31/index.php?option...id...step...bethioua..](http://wilayaoran.org/31/index.php?option...id...step...bethioua..)

[28]DEGRÉMONT. *Mémento technique de l'eau*, Tome 1, 9<sup>ème</sup> édition 1989.

[29] TAYEB Abdelaziz. *Traitement physico- chimique des eaux résiduaire de la Maïserie de Maghnia région de la Tafna Algérie*, Mémoire de Magister, soutenue en septembre 2005.

[30] BOULLET Daniel. *Entreprises et environnement en France de 1960 à 1990*. Alain PLESSIS- 2006. ISBN 2-600-01075-0.

[31] POIZATC. *Les biocénoses marines et littorales de Méditerranées :Synthèse, menaces et perspectives*, Edition 1994, page 74.

[32] Site officiel de la Wilaya d'Oran : Hydrologie site. Consulté le 31/12/2014. Disponible sur le site : [www.wilayaoran.org/.../index.php?...station-dépuratation](http://www.wilayaoran.org/.../index.php?...station-dépuratation).

[33] MONACO A., W. LUDWING, M. PROVANSAL. *Le Golf de lion : Un observatoire de l'environnement en Méditerranée*. Edition Quae 2009, ISBN 978- 2 -7592-0311-6.

[34] BERABARD Normande, Nadine PEBERE, Carolina RICHARD. *Prévention et la lutte contre la corrosion : Une approche scientifique et technique*. Edition INSA ISBN 2-88074-543-8, 2004.

[35] SYLVAIN Moreau. Le point sur les proliférations d'algues sur les côtes métropolitaines. *Commissariat général au développement Durable*. janvier 2014, N° 180 janvier 2014, ISSN / 2100 - 1634.

[36] Site officiel de la Wilaya d'Oran, Consulté en Septembre 2015. Disponible à l'adresse [www.wilayaoran.org/31/index.php?...habitants...1...](http://www.wilayaoran.org/31/index.php?...habitants...1...)

[37] DPAT. Population de la wilaya d'Oran sur le site internet de la DPAT. [Archive] Consulté le 14/02/2011.

[38] JEANNE-MAGER Stellman. Encyclopédie de sécurité de santé au travail, volume 3. ISBN 92-2-209-1-816, 2002.

[39] MARPOLO 73/78. Convention MARPOL édition récapitulative de 2011. Protocoles, annexes et interprétations uniformes de la convention internationale de 1973 pour la prévention de la pollution par les navires, telle que modifiée par les protocoles de 1978 et 1997. 5<sup>ème</sup> Edition, 2011.

[40] XIANGFENGZ eng, Xijuan CHEN, Jie ZHUANG. The positive relationship between ocean acidification and pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 2015, 91, 14–21.

[41] GUIBOT P. Atlas Hydromologie de la Méditerranée. ShomIfremer, Paris 1987.

[42] PAUL E. LaViolette. Coastal and Estuarine Studies Seasonal and Interannual Variability of the Western Mediterranean Sea. American Geophysical Union. Edition AGU. ISBN 0-87590-260-X, 1994.

[43] PIETRASANTA Y., D. BONDON. *Le lagunage écologique*. Edition ECONOMICA 1994.

[44] LASKRI Nabila. *Caractérisation et traitement des eaux résiduaires urbaines de la ville d'Annaba*, Mémoire de magister en génie chimie, 2000.



[45] DOMINIQUE Auzia, Jean Paul ABOURDETTE, Marie-Helène MARTIN. *Le petit Futé Algérie 2009 – 2010*. Edition Groupe Corelt Imprimeur France ISBN 97827 46 921, 1962, 4ème édition 2010.

[46] ELISA-NOEMIE Laurent. Frédéric CASTELLANET. *20 Prestiges souilleront la méditerranée cette année*. Rapport sur la pollution marine par hydrocarbures et les dégazages sauvages en Méditerranée. WWF France Janvier 2003.

[47] LAOTBOZZI Micaël. *Répression et prévention de la pollution des navires de commerce en méditerranée*, Thèse doctorat, DESMM. ENMM de Marseille, 2008-2009.

[48] OCDE. Conférence européenne des ministères des transports OCDE : Accès au marché, commerce des services de transport et facilitation des échanges CEMT 2007.

[49] LIUBARTSEVA S., DOMINICIS M., OIL P., Spill hazard from dispersal of oil along shipping lanes in the Southern Adriatic and Northern Ionian Seas. *Marine Pollution Bulletin*, 2015,90, 259–272.

[50] MEDSLIKII. Consulté <http://gnoo.bo.ingv.it/MEDSLIKII>.

[51] TAYEB Abdelaziz et Nass Amine. *Ré-raffinage des huiles motrices usagées*, Mémoire d'ingénieur : USTO, juin 2000.

## **I. Introduction**

L'étude de l'acoustique est l'objet d'étude du travail de physiciens et de mathématiciens acousticiens. Dans ce chapitre, nous nous attacherons à décrire les principes de base de la physique acoustique permettant la compréhension du phénomène de propagation d'une onde sonore émise par une source de bruit.

L'étude de bruit généré par les complexes industriels est un phénomène complexe qui nécessite, des recherches approfondies afin de déterminer les sources bruyantes et prendre les mesures correctives nécessaires au niveau du site en cas de dépassement des seuils réglementaires et normatifs, pour préserver la santé des travailleurs ainsi que la tranquillité des riverains. L'étude acoustique du bruit requiert un certain nombre de connaissances en acoustique à savoir le phénomène physique, la détermination des différentes sources de bruit et leurs indicateurs utilisés dans la mesure conformément aux normes et standards telles que décrit dans les référentiels ISO 3743-1: 2010 et ISO 9614 et ISO 80000-8: 2007 [1 et 2].

La notion de bruit est liée à la sensation auditive. L'expérience montre que l'oreille est sensible aux variations de pression par rapport à la pression statique de l'air, variation de pression qui se transmettent au tympan et sont perçues seulement si elles ne sont ni trop lentes, ni trop rapides [3].

En général, le bruit émis par une machine ou autres équipement provient de deux processus principaux :

- Le fonctionnement de la machine provoque des vibrations de certaines pièces solides ; ces pièces transmettent plus ou moins ces vibrations à l'air avec lequel elles sont en contact. La puissance acoustique transmise est alors proportionnelle à l'aire de la surface vibrante.
- Dans le cas d'un ventilateur, le fonctionnement provoque des fluctuations de pression. Ces fluctuations se propagent en partie directement dans l'atmosphère si le ventilateur débite de l'air en circuit ouvert, en partie en provoquant la vibration des parois du ventilateur et des conduites, les quelles transmettent plus ou moins ces vibrations à l'air extérieur.

Dans tous les cas, il y a propagation d'une onde acoustique ou sonore, dans toutes les directions de l'atmosphère avec une vitesse qui, pour de l'air vers  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , est de 340 mètres par secondes.

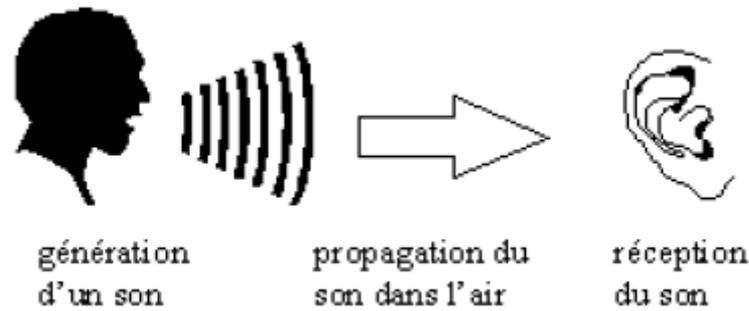
Les ondes émises par la source émettrice du bruit peuvent être réfléchies par divers obstacles, et notamment les parois. La variation de pression en un point est alors le résultat de la superposition des variations de pression dues à l'onde directe et aux diverses ondes réfléchies possibles.

Il peut alors y avoir en certains points et à des fréquences données renforcement des sons et en d'autre point atténuation du son global. Ceci est le phénomène des ondes stationnaires, qui donnent lieu à des résonances acoustiques [4] (PON 74).

## **II. Notions d'acoustique [5]**

La notion de bruit (son) est liée à la sensation auditive. L'expérience montre que l'oreille est sensible aux variations de pression par rapport à la pression statique de l'air, variation de pression qui se transmettent au tympan et sont perçues seulement si elles ne sont ni trop lentes, ni trop rapides [3]. Le bruit est une vibration qui se propage dans l'air (onde acoustique [6]. Il provoque une sensation auditive qui peut être agréable ou devenir désagréable, voire dangereuse si son niveau est excessif [7 et 8]. Il se propage du lieu d'émission au lieu de réception, l'oreille, et le percept auditif qui en résulte [9].

A ce qui précède le son est une sensation auditive provoquée par une onde acoustique. D'un point de vue physiologique, c'est un signal perçu par le sens de l'ouïe. Le son, c'est donc ce que l'oreille perçoit de la vibration d'un corps. Généralement il se propage sous la forme d'une onde dans l'air jusqu'à notre oreille, mais il se transmet aussi dans les liquides et dans les corps solides. Cet ébranlement de la matière se caractérise par une variation de pression se propageant de proche en proche, voir la **Figure 9.1**. Plus la pression acoustique est grande, plus le volume sonore est important.



**Figure 9.1** : illustration de la perception du son, de la source génératrice jusqu'à l'oreille.

### **II.1. Phénomène physique**

Selon Hecht (Hecht 2003), le bruit (son) a pour origine un mouvement alternatif de compression et de décompression d'un corps. Un son (Bruit) provient de l'ébranlement d'un certain volume de milieu, rempli de particules. Cet ébranlement se transmet de proche en proche, avec une vitesse définie et se transmet d'une particule à la suivante, voir en annexe la **Figure 9.2** qui illustre la propagation d'une onde sonore [S. Tanzarella] pour les milieux liquides et gazeux. [10]

L'approche physicaliste classique du phénomène sonore consiste à rechercher les propriétés acoustiques des signaux à partir de grandeurs physiques mesurables. Pour ce faire, le signal est décomposé selon trois axes fondamentaux : l'intensité, la fréquence et le temps. Il en découle trois formes de représentations du signal selon deux dimensions : le plan dynamique désigne l'intensité en fonction du temps, **Figure 9.3** en annexe 1, le plan spectral correspond à l'intensité en fonction de la fréquence **Figure 9.4** en annexe 1, et le plan mélodique visualise le temps en fonction de la fréquence (Leipp, 1971) [11].

### **II.2. Intensité acoustique (Sonore) [12]**

L'intensité sonore (acoustique), notée (**I**), reflète le niveau sonore (**N**) perçu par l'oreille humaine et dépassant un minimum appelé seuil, elle est évaluée par la mesure de la puissance ou pression sonore (acoustique) par unité de surface [10]. Aussi cette intensité résulte de l'amplitude du mouvement vibratoire. Elle se traduit physiquement en pression ou puissance sonore, plus la puissance sonore est élevée plus le son paraît fort [9].

**Partie III Etude acoustiques et nuisances sonores limite batterie zone industrielle**  
**Chapitre 9 Notions Générales sur les bruits industrielles**

Le watt par mètre carré ( $w/m^2$ ) est l'unité de l'intensité acoustique qui est définie par la quantité d'énergie qui traverse à chaque seconde une unité de surface normale à direction de propagation. L'intensité acoustique est proportionnelle à la :

- Densité des matériaux ou passe l'onde,
- Vitesse de propagation dans ce matériaux et proportionnelle au carré,
- Amplitude et à la fréquence.

Dans les gaz (l'air par exemple), la densité est faible et la vitesse de propagation n'est pas très élevée, il est donc nécessaire de provoquer des vibrations de grande amplitude.

Dans un liquide ou un solide, de très petite amplitude ( $1/10000$  mm) suffisent en haute fréquence pour obtenir des intensités très importantes.

L'homme peut détecter des sons dans une gamme de fréquences allant d'environ 20 Hz à 20KHz (les très jeunes enfants peuvent même entendre des sons légèrement à 20 KHz [13]. Mais l'oreille humaine n'est pas également sensible à toutes les fréquences, voir en annexe le **Tableau 9.1** comparaison des spectres d'émissions et de réception sonores de quelques vertébrés (S. Tanzarella) [10].

**Tableau 9.1** : Exemples d'intensités sonores relatives mesurées à la source [S. Tanzarella]

Décibels (dB)	Exemples	Exemples animaux
150	Explosion	Cigale
<b>120</b>	<b>Avion</b>	<b>Seuil de douleur</b>
100	Métro	Grillon
80	Aspirateur	Oiseaux
60	Voiture peu bruyante	Homme et autres animaux
40	Machin à écrire	Bruits divers d'animaux (marche, recherche de nourriture ....)
20	Silence de campagne	Bruit de respiration
0	Chambre anti bruit	<b>Son le plus faible perçu</b>
-20	Tic tac d'une montre à plusieurs mètres	Cri de certaines fourmis

Le Niveau sonore de référence adopté par l'Acoustical Society of America (ASA) correspond à Zéro (0) déci Bel lorsque la pression est de  $0.000204 \text{ dyne/cm}^2$  une valeur qui coïncide avec le seuil auditif de l'Oreille humaine normale [14], en réalité légèrement inférieur au seuil absolu de l'audition humaine [15] l'amplitude d'une onde peut être exprimée comme la variation de pression maximale quelle produit sur le tympan mais il est plus pratique d'utiliser une échelle relative. L'échelle de déci Bel en est une.

L'atténuation d'intensité (**d**) entre l'intensité (**I**) et (**I<sub>0</sub>**) est définie par **d = log (I/I<sub>0</sub>)**.

Le niveau de pression sonore ou niveau acoustique est donc définie comme le logarithme de la pression ou de l'intensité de l'onde acoustique. Pour la définition du décibel acoustique, le niveau de référence est le seuil d'audibilité à 1000 Hz, pour lequel l'intensité acoustique est de **I<sub>0</sub> = 10<sup>-12</sup> w/m<sup>2</sup>** intensité qui correspond à une variation de pression **P<sub>0</sub> = 20 μPa** (La pression acoustique de référence **P<sub>0</sub>** est choisie comme étant approximativement la plus petite valeur de pression acoustique audible. **I<sub>0</sub>** est l'intensité correspondante [16].

Un facteur de dix (10) multiplie le logarithme pour obtenir des décibels. Le niveau de décibel sera donc :

$$10 \text{ décibel} = \text{Bel}$$

$$\text{Nombre de décibel} = 10 \log \frac{I}{I_0}$$



**Figure 9.5 :** Échelle du bruit - Seuils d'intensité, échelle de déci Bels pour les sons usuels [14].



**Figure 9.6 :** Échelle des niveaux de bruit nocifs pour l'audition [6].

### II.3. La fréquence acoustique (f)

Le son est caractérisé par une fréquence «  $f$  », nombre de fluctuations de la pression par seconde. Cette fréquence est exprimée en hertz (Hz ou  $s^{-1}$ ). La fréquence «  $f$  » de l'onde correspond au nombre d'oscillations des particules de l'onde par unité de temps. Elle est exprimée en Hertz (Hz). Plus la fréquence augmente plus le son perçu est aigu et inversement. Les sons peuvent être classés par catégories selon leur fréquence (Gullo, 2010), ci-dessous voir la Figure 9.7 [17] :

- Les infrasons entre 0 et 20 Hz,
- Audible par l'oreille humaine entre 20 Hz et 20 KHz [13]
- Les ultrasons entre 20 kHz et 1GHz,
- Les hyper-sons supérieurs à 1GHz.

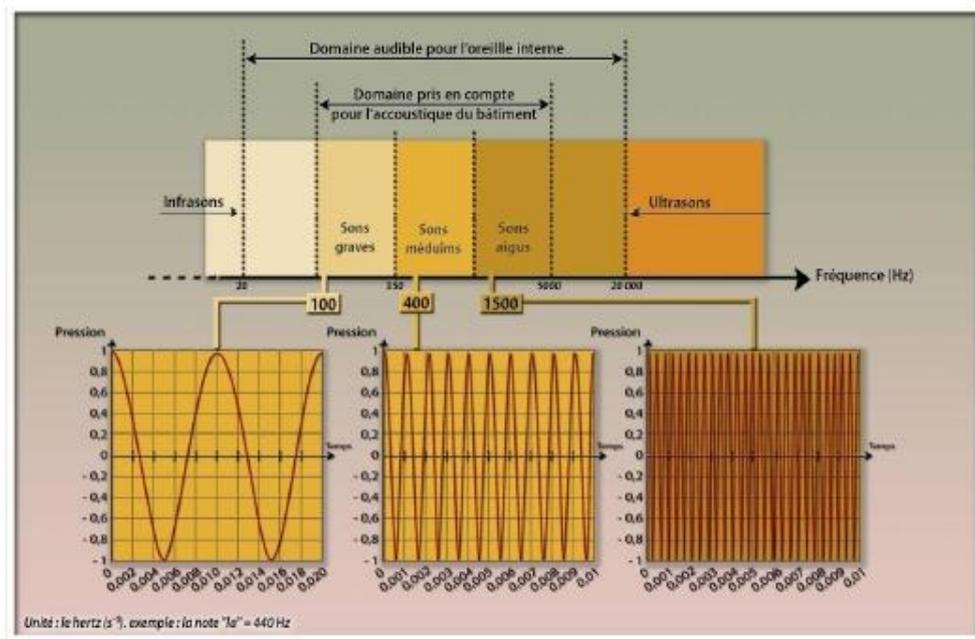


Figure 9.7 Échelle des sons : Graves - Médiums - Aigus [6].

### II.4. La Pression acoustique

Le milieu atmosphérique en équilibre stable est caractérisé par sa température  $T_0$ , sa masse volumique  $\rho_0$  et la pression atmosphérique  $P_0$ . Divers phénomènes - en particulier les vibrations des corps solides peuvent provoquer des fluctuations de ces quantités accompagnées d'une propagation dans l'atmosphère. Ce sont les rapides variations de la pression captées par l'oreille qui engendrent la sensation sonore.

Si  $P(t)$  est la pression instantanée et  $P_0$  la pression atmosphérique moyenne, la différence  $P(t) = P(t) - P_0$  [Pa] est appelée pression acoustique instantanée.

L'analyse de ce signal  $p(t)$  peut se faire au moyen d'une transformée de Fourier (le mathématicien François-Marie Charles Fourier 1771-1837), à travers toutes ondes périodique peut être décomposée en une somme d'ondes sinusoïdales ayant une amplitude, une fréquence et une phase appropriées. De plus les fréquences de ces ondes s'obtiennent d'une manière simples : elle sont des multiples entiers d'une même fréquence  $f(\dots)$ ,  $2f(\dots)$ ,  $3f(\dots)$ , etc [18].

Voir la **Figure 9.8** en annexe 1.

Il existe plusieurs cas de figure :

- Si le spectre fréquentiel se réduit à une seule valeur  $f$ , le son est dit pur. La variation de la pression acoustique au cours du temps est alors sinusoïdale. La fréquence  $f$  [Hz] donne la hauteur du son perçu (grave ou aigu). L'amplitude  $P_{MAX}$ , caractérise en fonction de la fréquence  $f$  l'intensité du son (faible ou forte).
- Si le spectre fréquentiel n'est composé que de multiples entiers d'une fréquence  $f_1$ , le son résultant est un son musical. La fréquence  $f_1$  est appelée fondamentale et ses multiples harmoniques.
- Le bruit, quant à lui, ne possède pas la simplicité des sons purs ou musicaux. Il se définit comme « *une vibration erratique, intermittente ou statistiquement aléatoire* ». Il est donc caractérisé par une variation aléatoire de  $p(t)$ , ce qui donne un spectre fréquentiel continu et variable [19].

### **II.5. Perception du bruit - Notion de pondération dB(A) et dB(C)**

La pression acoustique instantanée correspond au signal « *brut* » reçu en un point. Elle ne tient pas compte de la sensibilité de l'oreille qui est différente pour chaque fréquence. Pour tenir compte de la physiologie de l'oreille, des facteurs de pondération ont été introduits par bandes de fréquences. Quatre principaux types de filtres (A, B, C ou D) existent pour transformer un signal  $P(t)$  en un signal  $P_X(t)$  rendant compte de ce phénomène [19], **Figure 9.9** en annexe 1.

La représentation d'un son pur (A) se fait par une sinusoïde de fréquence  $f$ . Les courbes (B), (C) et (D) représentent des harmoniques dont la fréquence est respectivement de  $2f$ ,  $3f$  et  $4f$ . La somme de ces quatre courbes est représentée en (E) : c'est un son composé dont la fréquence est la même que celle du son fondamental. Une autre façon de représenter les

---

composantes de ce son se trouve en (F). Il s'agit de son spectre dans lequel les quatre barres ont une hauteur proportionnelle à celle des sinusoides [6].

Les études ont montré que la sensibilité de l'oreille en fonction de la fréquence varie d'une personne à l'autre et dépend notamment de l'âge. L'oreille est beaucoup moins sensible aux basses fréquences, comprises entre 20 et 400 Hz, qu'aux fréquences moyennes (qui correspondent à celles de la parole) et aiguës. L'application d'une correction de niveau en fonction de la fréquence permet de rendre compte de la sensibilité de l'oreille (pondération A).

On introduit donc dans les appareils de mesure un filtre correcteur de pondération A, dont la sensibilité varie avec la fréquence. Le niveau de bruit est exprimé en décibels A ou dB(A). Le dB(A) permet d'apprécier effectivement la sensation auditive et peut servir d'indicateur de gêne. La plus petite variation susceptible d'être perçue par l'oreille est de l'ordre de 2 à 3 dB(A).

L'oreille humaine ne filtre pas les bruits de la même manière en fonction de leur intensité. On prend en compte cet effet en utilisant comme unité le décibel C, noté dB(C), notamment pour évaluer les bruits d'impact. Les différentes notions relatives au décibel (dB), au niveau sonore (en dB(A)), au niveau d'exposition sonore sur une durée de référence (en dB(A)) et au niveau d'émission sonore d'un équipement de travail (en dB(A)), sont rappelées dans le glossaire à la fin du document, voir la **Figure 9.10** en annexe [6].

## **II.6. Addition des niveaux sonores (composition)**

Les niveaux sonores ne s'ajoutent pas, il se " composent ". De manière schématique, si un équipement de travail produit 80 dB(A), alors :

- Deux (02) équipements de travail produisent 83 dB(A);
- Trois (03) équipements de travail produisent 85 dB(A);
- Quatre (04) équipements de travail produisent 86 dB(A);
- Cinq (05) équipements de travail produisent 87 dB(A);
- Dix (10) équipements de travail produisent 90 dB(A).

Lorsque deux équipements de travail qui font le même bruit fonctionnent simultanément, le fait d'en arrêter un diminue le niveau de bruit de 3 dB(A) seulement. La **Figure 9.11** fournit un outil simple permettant de calculer le niveau de bruit résultant de plusieurs sources à noter

---

: à l'extérieur, le niveau sonore est réduit de 6 dB quand la distance entre la source et le récepteur est doublée.

Exemple (en l'absence de tout obstacle réfléchissant le son) : Si, à 1 m de la source, le niveau sonore est de 90 dB(A) alors, à 2 m de la source, il est de 84 dB(A) et à 8 m de la source, il est de 72 dB(A).

### **III. Les bruits industriels et leurs caractéristiques acoustiques**

#### **III.1. Définition**

Comme l'a défini la Directive Européenne **2002/49/CE [20]** le terme « *bruit industriel* » est associé à la source sonore responsable de son émission : le bruit industriel est donc le bruit provenant de sites d'activité industrielle. Il comprend donc les bruits d'installations industrielles tels que les bruits de ventilation, de diverses machines, et de transformateurs etc.

Les sources de bruit industrielles étant diverses et variées, il en résulte qu'il existe une grande variété de bruits industriels présentant des caractéristiques spectrales diverses et variées, tels que des bruits basses fréquences, des bruits à caractère tonal ou des bruits impulsionnels.

Le bruit émis par une installation industrielle est généralement de nature complexe.

Un site industriel est un système complexe car il intègre différents facteurs à prendre en compte, notamment [21]:

- il existe une grande diversité de sources de bruits industriels.
- plusieurs sources de bruit sont présentes sur un même site industriel et se combinent en induisant des bruits complexes émis dans l'environnement.
- certaines sources sont permanentes (fonctionnant 24h/24) et émergent fortement la nuit à cause d'une diminution des autres activités.
- des changements d'exposition au bruit peuvent apparaître suivant le déclenchement de certaines sources et/ou l'extinction d'autres sources.
- d'autres bruits d'origine industrielle peuvent également se distinguer par des caractères impulsionnels.
- les bruits à tonalité marquée sont souvent présents sur un site industriel.
- des modifications spectrales dues à la propagation du bruit entre la source et l'habitation sont à considérer, intégrant les effets météorologiques.

### **III.2. Caractéristiques du bruit industriel**

Le bruit industriel est caractérisé par trois caractéristiques (caractère basses fréquences, tonal et impulsion). La norme **ISO 1996-2** porte sur la description des bruits de l'environnement [22].

#### **A. Aspect basses fréquences [23]**

Le bruit bas fréquences est un bruit qui englobe les fréquences comprises entre 10 et 160 Hz, voire entre 8 et 250 Hz. Si les basses fréquences sont très présentes dans l'environnement sonore urbain (et notamment dans le bruit de fond urbain, l'aspect basses fréquences peut être également une caractéristique de certains bruits industriels.

Nombre de sources industrielles émettent en effet des bruits avec une forte énergie en basses fréquences, comme : les turbines à gaz de centrales électriques les presses hydrauliques, les générateurs électriques, des stations de pompage, des systèmes de ventilation et des compresseurs, etc.

#### **B. Caractère tonal**

D'après la norme ISO 1996-1, 2003 [24], un bruit à caractère tonal est un « *bruit caractérisé par une composante à fréquence unique ou des composantes à bande étroite qui émergent de façon audible du bruit ambiant* ». De nombreuses machines industrielles émettent un bruit à caractère tonal, en particulier les tuyauteries et les machines basées sur un mouvement rotatif.

#### **C. Caractère impulsionnel [25 et 26]**

D'après les normes françaises NF S31-010 (NF S31-010, 1996) et NF S31-110 (NF S31-110, 2008), un bruit impulsionnel est un « *bruit consistant en une ou plusieurs impulsions d'énergie acoustique ayant chacune une durée inférieure à 1 s ou de l'ordre de 1 s et séparées par des intervalles de temps de durées supérieures à 0,2 s* ».

Certaines sources industrielles présentent un caractère impulsionnel. Citons par exemple les soupapes effectuant des lâchers de vapeur, les bruits d'explosion, les presses hydrauliques, etc.

### **III.3. Phénomènes intervenant dans la propagation acoustique en milieu extérieur [26]**

Selon sa dimension, un objet placé sur le trajet d'une onde sonore soit réfléchir l'onde, soit l'absorber créant ainsi une ombre sonore, ou encore la diffracter. La diffraction est le contournement d'un obstacle par déviation des trains d'ondes. Pour qu'une onde sonore franchisse un obstacle, il faut que sa longueur d'onde soit supérieure à la dimension de la partie exposée de cet obstacle. Prenons l'exemple d'une mésange qui produit un chant d'une fréquence moyenne de 4 kHz, c'est à dire dans la longueur d'onde est de 8.5 cm (en prenant pour « C » la valeur de 340 m/s). Si le son rencontre une branche d'arbre dont le diamètre dépasse 8.5 cm, l'onde sera alors réfléchi et atténuée, de telle sorte que le cri ne sera pas entendu de l'autre côté de cet obstacle [10].

Dans ce paragraphe, nous présenterons d'abord, dans le cadre de l'acoustique linéaire, les phénomènes intervenant dans la propagation acoustique en milieu extérieur [26].

La détermination du champ de pression acoustique dépend de plusieurs paramètres liés aux caractéristiques du milieu de propagation (atmosphère), aux conditions aux frontières (sol, diffraction), aux caractéristiques physiques de la source ainsi qu'à la configuration géométrique (position de la source et du récepteur, infrastructure de transport terrestre).

Le niveau de pression  $L_p$  est donc calculé en considérant la somme des atténuations dues à la divergence géométrique  $Att_{div}$ , l'absorption de l'atmosphère et des matériaux  $Att_{abs}$ , la diffraction par les obstacles  $Att_{dif}$ , l'effet de sol  $Att_{sol}$  et l'atténuation due aux effets météorologiques  $Att_{météo}$  :

$$L_p = L_w - Att_{div} - Att_{abs} - Att_{dif} - Att_{sol} - Att_{météo}$$

Où  $L_w$  est le niveau de puissance acoustique de la source sonore.

#### **A. Divergence géométrique**

Le premier phénomène intervenant dans la propagation en milieu extérieur est dû à la dispersion de l'énergie des ondes acoustiques en fonction de la distance de propagation ; on parle alors de la divergence géométrique. Pour une source ponctuelle, l'atténuation par divergence géométrique est de 6 dB par doublement de la distance. Lorsque la source est linéique, la diminution de niveau de pression est de 3 dB par doublement.

### **B. Absorption atmosphérique**

L'absorption atmosphérique est un facteur influençant la propagation acoustique en milieu extérieur, surtout pour les longues distances de propagation. Elle englobe les effets de viscosité du fluide, la diffusion thermique et les échanges d'énergie entre les molécules.

Lorsque l'onde sonore traverse l'air, l'atténuation de pression acoustique est proportionnelle à la distance parcourue, au spectre de la source, à un coefficient dépendant de la fréquence, de la température de l'air et l'humidité relative.

L'absorption atmosphérique peut être négligée pour des distances inférieures à une centaine de mètres et pour des fréquences comprises entre une dizaine et quelques centaines de Hz. D'autre part, lorsque les résultats sont donnés sous forme de perte par insertion, l'effet de l'absorption atmosphérique est alors d'autant plus négligeable. La figure ci-dessous présente la variation du coefficient d'absorption du son, pour l'air à 15 °C et pour deux valeurs d'humidité relative, en fonction de la fréquence entière d'octave, voir en annexe 1 la **Figure 9.12**.

### **C. Absorption par les matériaux**

L'absorption des matériaux est également un paramètre important. Les matériaux situés sur les surfaces qui bornent le domaine de propagation ont pour effet d'absorber une partie de l'énergie incidente. Un matériau absorbant isotrope peut être caractérisé par son impédance acoustique normalisée donnée par:

$$Z_n = (Z_i / Z_0)$$

Où l'indice 0 est associé à l'air et l'indice 1 est associé au matériau.

### **D. Effets météorologiques [23]**

Les facteurs thermiques : La température influe sur les états moléculaires. Lorsqu'elle augmente, elle accélère les mouvements de molécule. Par conséquent la vitesse de propagation du son augmente avec la température. Les mesures expérimentales s'accordent sur une vitesse de propagation moyenne de 331 m/s dans un air sec à 0 °C et de 340 m/s à 20 °C, voir en annexe 2 le **Tableau 9.2**, qui développe la vitesse de propagation du son dans différents milieux (S. Tanzarella). [10]

Les échanges thermiques entre le sol et les couches basses de l'atmosphère conduisent à une variation de la température de l'air en fonction de la hauteur au-dessus du sol.

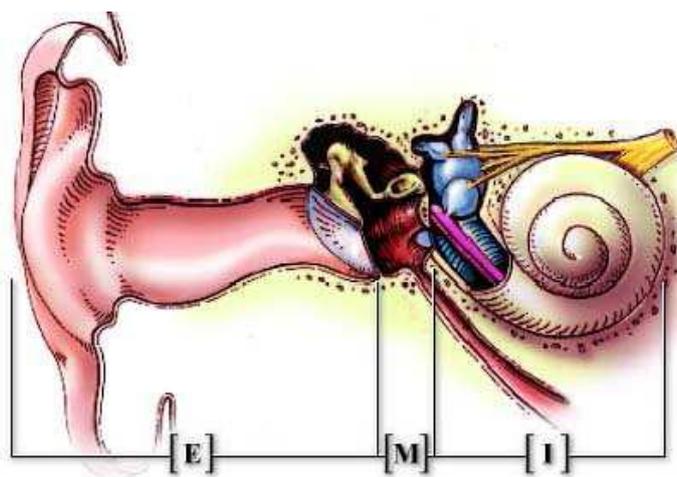
- **Les facteurs aérodynamiques** : dans une situation donnée, la vitesse du son en présence de vent correspond à la somme algébrique de la vitesse du son en l'absence de vent et de la projection du vecteur vent sur la direction de propagation considérée. La vitesse de propagation du son présente un gradient dans le sens vertical (la vitesse du vent est toujours plus élevée en hauteur qu'au niveau du sol).

#### **IV. Anatomie et physiologie de l'appareil auditif**

Le système auditif humain possède des capacités remarquables. Sa sensibilité s'étend sur une plage de fréquences audibles allant de 20Hz à 20 kHz et couvre un ensemble de pressions acoustiques de 20  $\mu$ Pa à 20 Pa ce qui représente une incroyable dynamique 1 de 120 dB acoustique [6].

En outre, les capacités de discrimination aussi bien en fréquence qu'en intensité sont excellentes. Cette sensibilité est étonnante au vu du faible nombre de cellules sensorielles dont dispose la cochlée (3 500 cellules ciliées internes) en comparaison avec les millions de cellules photosensibles de l'œil.

Cette qualité « se paie » en retour au niveau de la complexité de fonctionnement de la chaîne de traitement que constitue l'oreille. L'appareil auditif, dont la structure est représentée dans la **Figure 9.13** est divisée en trois éléments de nature et de fonction différentes mais complémentaires :



- l'oreille externe,
- l'oreille moyenne et
- l'oreille interne.

**Figure 9.12** : Schéma de l'appareil auditif humain comprenant l'oreille externe [E], l'oreille moyenne [M] et l'oreille interne [I]. (Image INSERM) [27].

#### **IV.1. L'oreille externe**

##### **A. Anatomie**

L'oreille externe est le premier maillon de la chaîne que constitue l'appareil auditif. Elle reçoit les vibrations acoustiques aériennes et les transmet à l'oreille moyenne. L'oreille externe est composée du pavillon et du conduit auditif externe.

##### **B. Physiologie**

L'oreille externe a une fonction d'antenne acoustique pour l'audition. Le pavillon amplifie de quelques décibels les fréquences avoisinant 5 kHz et le conduit auditif externe amplifie d'une dizaine de décibels celles autour de 2, 5 kHz. L'effet total du corps et de l'oreille externe engendre globalement une amplification qui varie entre 5 et 20 dB sur la plage des fréquences de 2 à 7 kHz [28 et 29].

#### **IV.2. L'oreille moyenne**

##### **A. Anatomie**

L'oreille moyenne est l'élément essentiel de la transmission sonore. Elle est composée principalement par la membrane tympanique et la chaîne des osselets ou chaîne ossiculaire.

##### **B. Physiologie**

La fonction principale de l'oreille moyenne est de transmettre les vibrations aériennes vers l'oreille interne. Afin de parvenir à ce résultat, l'oreille moyenne réalise l'adaptation d'impédance nécessaire entre le milieu aérien et le milieu liquidien de l'oreille interne. Sans cette adaptation d'impédance, l'énergie acoustique serait réfléchié dans sa quasi-totalité puisqu'il s'agit d'une transmission d'un milieu de basse impédance vers un milieu de haute impédance. [28 et 30]

#### **IV.3. L'oreille interne**

##### **A. Anatomie**

L'oreille interne est l'organe principal de l'audition, car c'est le responsable de la transduction du signal acoustique en message nerveux. Son anatomie et sa physiologie très complexes sont à l'origine des capacités auditives très performantes dont disposent les mammifères. L'oreille interne regroupe deux organes sensoriels distincts : le *vestibule*, organe de l'équilibre et la *cochlée*, organe de l'audition.

---

### Références Bibliographiques

- [1] ISO 3743-1. Acoustics - Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure - Engineering methods for small movable sources in reverberant fields Part 1: Comparison method for a hard-walled test room, ISO 3743-1: 2010.
- [2] ISO 80000-8. Grandeurs et unités : Partie 8 Acoustique, 2007.
- [3] AIT-HAMMOUDA A. *Pré-dimensionnement et étude de sensibilité vibro-acoustique de machines à courant alternatif et à vitesse variable*. Thèse de Doctorat, Soutenue le 07/03/2005. Ecole Centrale de Lille Université des Sciences et de la Technologie de Lille.
- [4] PONSONNET P. *Bruit des ventilateurs et calcul acoustique des installations aérauliques*, Edition DUNOD, 1974.
- [5] BEAUMONT J., GUARRACINO G. *Eléments d'environnement sonore et de traitement acoustique*. Cours de Physique du Bâtiment 2<sup>ème</sup> année. Vaulx-en-Velin, Ecole Française des Travaux Publics de l'Etat 76p, 1996.
- [6] MEYER Bisch. Les chiffres du bruit. *Médecine sciences*, vol. 21, n° 5, 2005, p. 546-550. URI: <http://id.erudit.org/iderudit/010968ar>.
- [7] INERIS. Guide Bruit au format Interactif, SSTIE - INERIS, 08 octobre 2013.
- [8] JEAN-CLAUDE Duclos, Amélie MASSARDIER, Léon THIERY. *Evaluation du risque lié au bruit par analyse collective d'audiogrammes*, Mars 2011, Colloque « Bruit et Vibration au travail », mars 2011.
- [9] DELAROCHE Monique. *Question de personne, Audiométrie Comportementale du très jeune Enfant, Enjeux et modalités*, DeBoeck, université, ISBN 2-8041-3527-6, 2001.
- [10] TANZARELLA Stéphane. *Perception et communication chez les animaux*. Edition deboeck. ISBN 2-8041-4896-3, 2006.
- [11] VOGEL Corsin. *Etude sémiotique et acoustique de l'identification des signaux sonores d'avertissement en contexte urbain*, Thèse de Doctorat, soutenue le 05 octobre 1999. Université Paris 6.
- [12] JACQUES Libois. *Guide des unités de mesure: Un mémento pour l'étudiant, de Sciences méthodes*, Boeck Université 1999, pp 79 ,78.
- [13] PEURES Augustine, FITZPATRICK Hall, LAMANTIA William. Neurosciences et cognition. Deboeck, page 284. 2005.

**Partie III Etude acoustiques et nuisances sonores limite batterie zone industrielle**  
**Chapitre 9 Notions Générales sur les bruits industrielles**

---

[14] WILLIAM Ganong. *Physiologie médicale*. ISBN 2-8041-4891-2, 2003.

[15] PHILIPPE Munch, François Xavier Nève. *Une introduction à la phonétique: Manuel à l'intention des linguistes*. CEFAL 2002. ISBN 2-87130-114-X, 2002.

[16] THOMAS Fillon. Traitement numérique du signal acoustique pour une aide aux malentendants. *Telecom Paris Tech, HAL* <https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00001201> April 2005.

[17] FABRE Julie. *La communication acoustique chez le dauphin et l'impact de la pollution sonore*. Thèse de Doctorat, Faculté de médecine de Créteil, 2014.

[18] LAURENT Duchesne. *Bruit et nuisances acoustiques des tirs de mines*. Thèse de Doctorat. HALL Id : INERIS-00972131, 03 Avril 2014.

[19] LUDOVIC Leclercq. *Modélisation dynamique du trafic et applications à l'estimation du bruit routier*, Thèse de Doctorat, 2002.

[20] LII. Occupational Safety and Health Act. Code of Federal Regs, Title 29, Chapter XVII, Part 1910, Année 2006.

[21] MARION Alayrac. *Indicateurs de gêne sonore pour l'étude d'impact du bruit d'un site industriel : caractérisation physique et perceptive*, Thèse de doctorat, Lyon, 2009.

[22] ISO 1996-2:2010. Acoustique. Description, évaluation et mesurage du bruit de l'environnement : Partie 2, Détermination des niveaux de bruit de l'environnement, 2010.

[23] LE-NOST Guillaume. *Contribution à l'étude d'impact environnementale sonore des sites industriels : une typologie perceptive de source de bruit* ; Thèse de doctorat, Lyon, 2007.

[24] AFNOR. Acoustique, Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement, NF S 31-010. Paris: AFNOR, 1996, 48p.

[25] AFNOR. Acoustique, Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement, Grandeurs fondamentales et méthodes générales d'évaluation. NF S 31-110. Paris: AFNOR, Tirage 2, 2008, 50p.

[26] KOUSSA, Faouzi. *Evaluation de la performance acoustique des protections antibruit innovantes utilisant des moyens naturels : Application aux transports terrestres*, Thèse de Doctorat, Ecole Centrale de Lyon, Année 2012.

[27] PUJOL, R. *Promenade autour de la cochlée*. <http://www.iurc.montp.inserm.fr/cric/audition/index.htm>, 2004.

[28] JAMES O. Pickles. *An Introduction to the Physiology of Hearing*. Academic Press, 1982.

[29] E.A.G. Shaw: *Handbook of Sensory Physiology*, volume 5/1, chapter The External Ear, pages 455–490. Springer, 1974.

[30] ARAN J.M., A. Dancer, J.M. Dolmazon. *Physiologie de la Cochlée*. INSERM/SFA, 1988.

Rapport-Gratuit.com

## **I. Introduction**

L'objectif de cette partie est de mettre l'accent sur la problématique du bruit dans les activités industrielle en priori celles gazières et pétrochimiques au niveau de la zone d'étude. Ce travail constitue une analyse détaillée permettant de caractériser les nuisances sonores générées par les activités industrielles. Nous avons présenté les résultats des mesures des niveaux sonores effectués au niveau des limites batteries de ces complexes industriels.

## **II. Approche générale du problème**

On peut distinguer différents types de bruit : les bruits d'origine **aérodynamique** (effet du ventilateur) [1], les bruits d'origine magnétique (**effet de la denture**) [2], et les bruits d'origine mécanique (**roulement**) [3]. Ajoutant celui des fuites vapeur d'eau de très hautes pressions (HP) qui varient entre 64 et 4,5 bars et parfois ils atteignent les 105 bars cas du procédé production d'Ammoniac Liquide (procédé Kellogg : PK) [4], additivement au passage des différents fluides d'hydrocarbures et d'eau à différents pressions à l'intérieur des canalisations.

## **III. Contexte règlementaire et normatif**

Le bruit fait partie intégrante de notre environnement et il est associé à de nombreux effets sur la santé [5], à commencer par la perte d'audition [6]. Face à un monde de plus en plus industrialisé, générateur de nuisances et de pollutions multiples, le bruit est ressenti comme une nuisance majeure par l'individu en tant que citoyen, travailleur ou consommateur. [7]

La santé au travail et la protection de l'environnement sonore sont des enjeux à prendre en compte quelle que soit la localisation de l'établissement industriel dans le monde. Le cadre règlementaire et normatif international tend à se renforcer fortement et à s'harmoniser de plus en plus en particulier en Europe. Ainsi, vis-à-vis de la protection de l'environnement, la localisation d'une implantation et son intégration dans l'environnement deviennent des éléments stratégiques d'un projet.

Pour la protection de l'homme au travail, les nouvelles organisations, par exemple, par ligne produit, rendent complexe l'évaluation de l'exposition au bruit : celle-ci varie au cours du temps et les seuils tolérables varient selon la charge mentale exigée. [7]

### 3.1 LA réglementation Algérienne

Le bruit affecte non seulement la qualité de la vie, mais également la santé des citoyens y compris les travailleurs à partir de certains seuils de niveaux sonores [8]. Le décret exécutif n°93-184 du 27 juillet 1993 régit l'émission des bruits. L'article 2 stipule que « les niveaux sonores maximums admis dans les zones d'habitation et dans les voies et lieux publics ou privés sont de 70 décibels (70 dB) en période diurne (6 heures à 22 heures) et de 45 décibels (45 dB) en période nocturne (22h à 6 h) ». [9, 10]

D'autre part l'article 3 précise que : « Les niveaux sonores maximums admis au voisinage immédiat des établissements hospitaliers ou d'enseignement et dans les aires de repos et de détente ainsi que dans leur enceinte sont de 45 décibels (dB) en période diurne (6h à 22h) et de 40 décibels (dB) en période nocturne (22h à 6h) », sauf si le bruit résiduel est supérieur à ces valeurs.

Les articles qu'ils restent (de 4 jusqu'à l'article 14) sont destinés pour :

- Obliger les personnes de ne pas dépasser les seuils recommandés (c'est le cas de l'article 4)
- Recommander de prendre des insonorisations, des aménagements appropriés, ou des dispositifs d'atténuateur de bruit lorsqu'ils sont utilisés à moins de 50 m des locaux à usage d'habitation ou des lieux de travail (c'est le cas de l'article 6 et 9)
- Les derniers articles sont destinés pour l'interdiction de toute source de bruit généré par la réparation des véhicules, motocycle, etc., ou bien généré par les animaux dans les lieux publics.

Selon cette loi, les autorités algériennes ont tenu compte de la lutte contre les émissions sonores supérieures aux valeurs limites indiquées aux articles cités et ils sont considérées comme une atteinte à la quiétude du voisinage, une gêne excessive, une nuisance à la santé et une compromission de la tranquillité de la population.

### **3.2 La réglementation et les normes au niveau international**

#### **A. Au niveau européen [11]**

Les États membres de l'Union européenne ont attendu jusqu'au 15 février 2006 pour mettre en œuvre les dispositions législatives, réglementaires et administratives assurant leurs conformités à la **Directive 2003/10/CE** du Parlement Européen et du Conseil du 6 février 2003 concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (bruits).

La nouvelle Directive 2003/10/CE abrogera la Directive 86/188/CEE à dater du 15 février 2006, échéance fixée pour la transposition de la nouvelle directive. La nouvelle directive sur le bruit se caractérise par la volonté d'instaurer une stratégie de prévention claire, cohérente et capable de protéger la sécurité et la santé des travailleurs exposés au bruit.

Dans le but d'éviter tout dommage irréversible à l'ouïe des travailleurs, la directive prévoit des valeurs limites d'exposition de 87 dB(A) et de pression acoustique de crête de 200 Pa, au-delà desquelles aucun travailleur ne doit être exposé [12]. La directive fixe également des valeurs d'exposition supérieures et inférieures déclenchant l'action, 85 dB(A) (et 140 Pa) et 80 dB(A) (et 112 Pa) respectivement, qui déterminent le moment où des mesures préventives doivent être prises afin de réduire les risques pour les travailleurs. Il est important de souligner que, pour l'application des valeurs limites d'exposition, la détermination de l'exposition effective prendra en compte l'atténuation assurée par le port de protecteurs auditifs personnels. Les valeurs d'exposition déclenchant l'action ne tiendront pas compte, pour leur part, de l'effet de l'utilisation de ces protecteurs.

Mesurages sur site des normes de classe expertisent qui devront permettre de diagnostiquer et d'expertiser une situation acoustique, parmi les normes européennes les NF, EN et ISO 140 parties 4, 5 et 7 qui a été améliorée par l'apparition de la norme NF EN ISO 16283-1 Mai 2014. [13]

Des normes de classe contrôlent qui sont définies dans la Norme EN ISO 10052, utilisant une intégration spatiotemporelle réalisée par déplacement manuel du microphone de mesure.

Le groupe de travail CEN a mis au point une norme européenne EN 12354- 5 traitant des méthodes d'évaluation des performances. [14]

### **B. Au niveau américain [15]**

Le règlement de l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA), fixait les doses de bruit autorisées en fonction du temps d'exposition suivant les chiffres figurant dans le **Tableau 10.1** ci-dessous.

**Tableau 10.1** : Niveaux d'exposition au bruit autorisés par l'OSHA [15]

<b>Durée d'exposition par jour - en heures</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1.5</b>	<b>1</b>	<b>1/2</b>	<b>1/4 ou moins</b>
<b>Niveau sonore en pondération A - dB (A)</b>	<b>90</b>	<b>92</b>	<b>95</b>	<b>97</b>	<b>100</b>	<b>102</b>	<b>105</b>	<b>110</b>	<b>115</b>

### **IV. Evaluation des nuisances résiduelles pour l'environnement**

De façon à appréhender au mieux l'impact des nuisances sonores de la zone industrielle sur les riverains, des mesures du bruit **ambiant et du bruit résiduel** en limite des complexes ont été réalisées durant les **trois dernières années**.

#### **4.1 Généralités**

Le niveau sonore en limite de propriété a été déterminé conformément au décret exécutif n°93-184 du 27 juillet 1993 réglementant l'émission des bruits [9 et 10].

#### **4.2 Conditions d'exécution des mesures**

Des mesures ont été effectuées au niveau des limites batteries des complexes hydrocarbures et pétrochimiques, pendant les périodes de jour et de nuit puisque les complexes sont en fonctionnement permanent. Les coordonnées planétaires des points de mesures limites batteries des unités de production ont été mentionnées dans le **Tableau 10.2** en Annexe 2.

#### **4.3 Conditions météorologiques**

Les conditions météorologiques ont été prises en considération dans notre travail.

#### **4.4 Sources de bruit**

##### **4.4.1 Sources de bruit constatées sur le site**

Sur le site, l'activité est génératrice de bruit. Les principales sources sont :

- Les installations de production,
- Les compresseurs procédés (Utilités, Fabrication et stockage & expédition),
- Les Turbines à gaz et à vapeur (TG et TAV),
- Les chaudières, les fours et fours pétrochimique.

#### **4.4.2 Sources constatées dans l'environnement du site**

Bruit de fond important lié à l'activité industrielle sur la zone, les niveaux sonores des bruits issus du trafic routier sur le boulevard industriel Moyennement fréquentée entourant le site, les pics sont enregistrés pendant les heures de pointes (Période de 07h30 à 09h30 et de 15h30 et 17h00).

#### **4.5 Choix des emplacements et durées de mesurage**

Compte tenu des éléments ci-dessus, les choix suivants ont été arrêtés :

- **Choix et durée des intervalles d'observation et de mesurage**

Conformément à la **norme NFS 31.010**, les intervalles de mesurage sont de 30 minutes environ, sauf dans le cas d'un bruit très stable.

- **Emplacements de mesurage**

Les emplacements de mesurage ont été choisis de façon à appréhender le mieux possible le bruit généré sur la zone, en limite de propriété. Ceux-ci sont repris dans le **Tableau 10.2** en annexe 2.

### **V. Modélisation des résultats des mesurages**

La simulation est définie comme étant la représentation d'un phénomène physique à l'aide de modèles mathématiques simples permettant de décrire son comportement, autrement dit, la simulation permet de représenter les différents phénomènes : la propagation acoustique, dans les différents lieux et les procédés chimiques par modèles physique, mathématique, thermodynamique, qui traduisent les comportements par l'intermédiaire de résolution des équations analytiques.

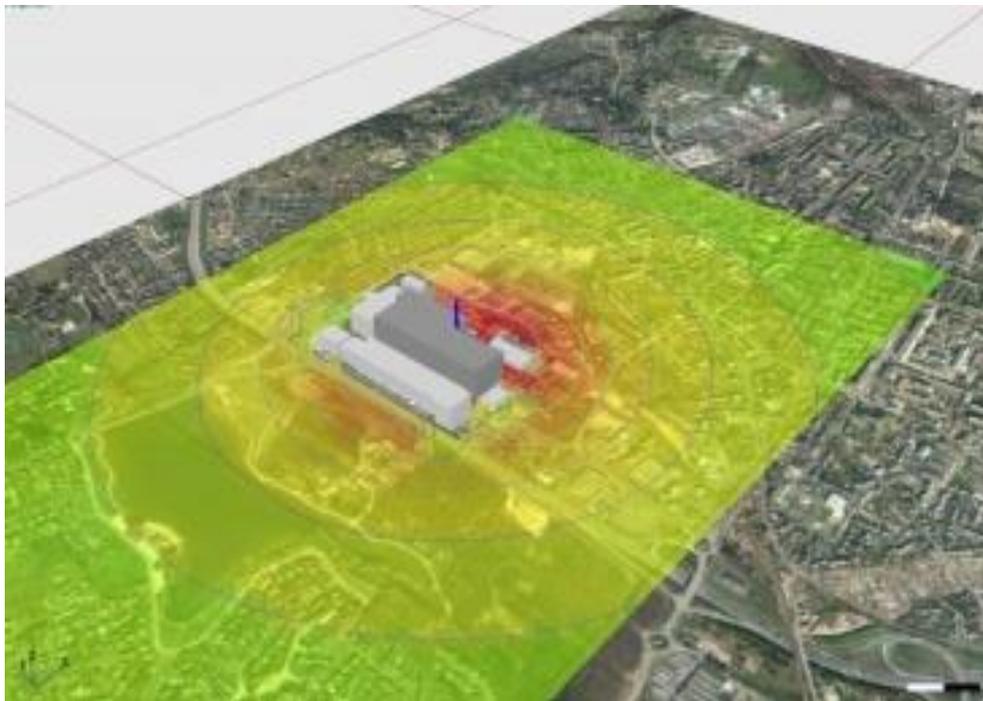
#### **5.1 Présentation de l'outil de simulation le code tympan [16]**

Le Code TYMPAN est un logiciel d'ingénierie en acoustique environnementale. Il s'appuie sur l'expérience d'EDF R&D dans le domaine. Les produits proposés sur le marché sont essentiellement orientés vers le traitement des bruits de transport (routier, aérien et ferroviaire) et sont mal adaptés à la gestion des sources industrielles. Dans ce contexte, il a été

décidé de concevoir une application dédiée aux problèmes de bruits posés par les sources rencontrées sur les sites EDF.

Le Logiciel TYMPAN est un code de propagation acoustique dans des scènes 3D complexes pour l'évaluation et la prévision de l'impact sonore des sites industriels. Il permet la réalisation d'études d'ingénierie en acoustique environnementale et capitalise une partie des résultats de l'équipe acoustique d'EDF R&D. Code TYMPAN dispose d'une librairie d'objets métier spécifiques, d'un solveur de résolution acoustique basé sur la norme ISO 9613 et de deux méthodes géométriques de recherche de chemins acoustiques : une approche par enveloppes convexes et un lancer de rayons.

Il possède aussi une interface homme-machine riche permettant la construction 3D de modèles réalistes, riche permettant la construction 3D de modèles réalistes, la saisie des propriétés acoustiques des objets, l'exécution des calculs de propagation acoustique et l'exploitation des résultats. Ces structures de données permettent de maintenir la pérennité des modèles et de capitaliser l'historique acoustique des sites. Son architecture ouverte permet d'adapter l'application à l'évolution des besoins.



**Figure 10.3 :** Exemple de cartographie acoustique obtenue avec Code TYMPAN

## **VI. Résultats de la modélisation**

A travers ce paragraphe nous avons présenté les résultats de modélisation des niveaux sonores au niveau des limites batteries (mesures de jour et de nuit) et montrer leurs impacts sur les riverains.

Nous avons répartie les résultats de modélisation en quatre zones géographiques.

Les cartographies acoustiques limites batterie (mesures de jour) des zones 1, 2, 3 et 4 ont été reportées respectivement dans les **Figures 10.1, 10.2, 10.3 et 10.4**. Celles des mesures de nuit ont été reportées respectivement dans les **Figures 10.5, 10.6, 10.7 et 10.8** en annexe 1.

## **VII. Interprétation des résultats de la modélisation acoustique**

Le bruit ambiant de jour en limite de propriété est inférieur à 70 dB(A) en tous points des limites batteries des unités de production, il plus inférieure en limite batterie Zone industrielle d'Arzew, voir les **Figures de 10.1 à 10.8** en Annexe 1.

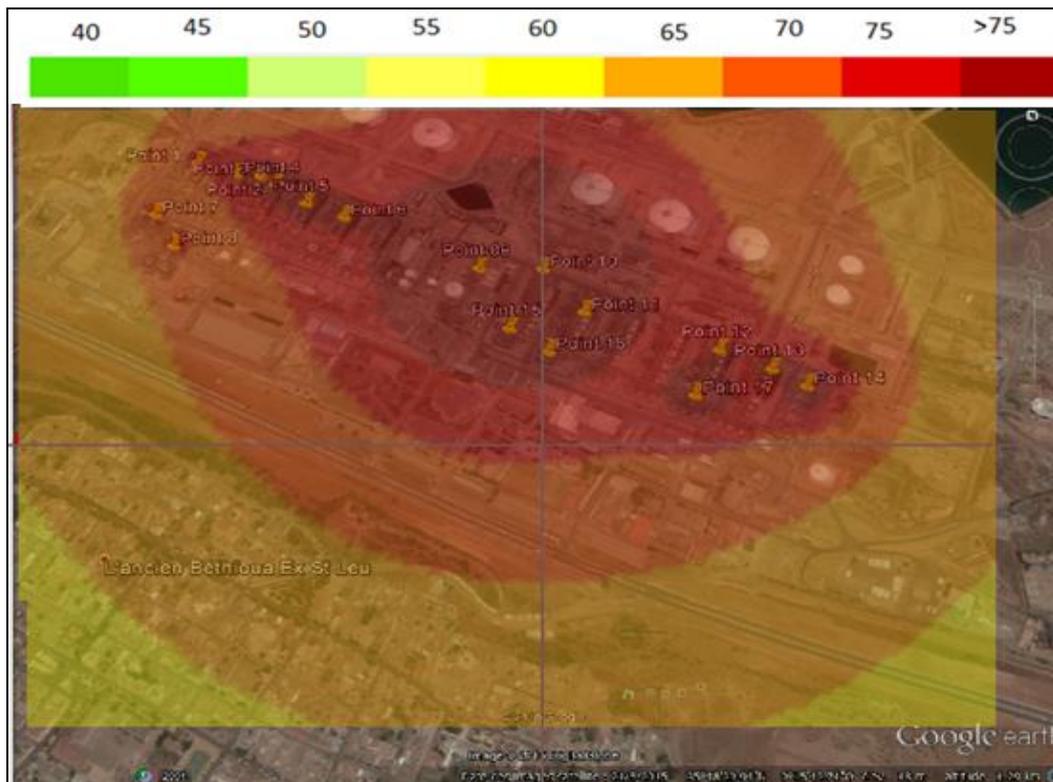
Le bruit ambiant de nuit en limite de propriété est toujours supérieur à 45 dB(A), quel que soit le point de mesurage des limites batteries des complexes et il plus inférieure en limite batterie Zone industrielle d'Arzew. **Figures 10.3, 10.5, 10.7 et 10.9** en Annexe 1.

Les niveaux limites autorisés sont ceux qui figurent dans le décret exécutif n°93-184 du 27 juillet 1993 réglementant l'émission des bruits en Algérie.

On notera cependant qu'un niveau sonore de 45 dB(A) est un bruit résiduel non révélateur d'une zone industrielle puisque selon le diagramme issu du Code Permanent Environnement et Nuisances, Editions législatives France, voir en annexe 2 le **Tableau 10.3**, un bruit de 50 dB correspond au niveau sonore rencontré dans une rue très tranquille [15].

Le bruit ambiant de jour, calculé comme attribuable des **Zone 1 et 2**, au niveau des habitations les plus proches, est en dessous du seuil de 70 dB(A) fixé par le décret exécutif n°93-184 du 27 juillet 1993 réglementant l'émission des bruits. On notera que les points respectant le niveau sonore en limite de propriété sont bien ceux situés vers les habitations les plus proches. Celle de nuit pour les mêmes zones, au niveau des habitations les plus proches, est au-delà du seuil réglementaire de 45 dB(A). En effet, la distance nécessaire pour atteindre un niveau de 45 dB(A) par décroissance spatiale est de 1 100 m tandis que les premières habitations sont implantées à moins de 500 m du complexe.

On notera cependant qu'un niveau sonore de 45 dB(A) est un bruit résiduel difficile à atteindre à proximité d'installations de liquéfaction de gaz puisque selon le diagramme issu du Code Permanent Environnement et Nuisances, Editions législatives France, donné en annexe III, un bruit de 50 dB correspond au niveau sonore rencontré dans une rue très tranquille, voir la **Figure 10.9** ci-dessous.



**Figure 10.9 :** Modélisation de la propagation des niveaux sonores des sources acoustiques les plus significatifs (mesures de nuit) de la **Zone 1**.

Le bruit ambiant de jour, calculé comme attribuable à la **Zone 3**, au niveau des habitations les plus proches, est en dessous du seuil de 70 dB(A) fixé par la réglementation. On notera que les points respectant le niveau sonore en limite de propriété sont bien ceux situés vers les habitations les plus proches. Le bruit ambiant de nuit est en dessus du seuil de 45 dB(A). réellement, la distance nécessaire pour atteindre un niveau de 45 dB(A) par décroissance spatiale est de 800 m tandis que les premières habitations sont implantées à plus de 1 000 m du complexe.

Le bruit ambiant de jour, calculé comme attribuable à la **Zone 4**, au niveau des habitations les plus proches, est en dessous du seuil de 70 dB(A). On notera que les points respectant le niveau sonore en limite de propriété sont bien ceux situés vers les habitations les plus proches. Le bruit ambiant de nuit, de la même Zone, au niveau des habitations les plus proches, est en dessus du seuil de 45 dB(A) fixé par le décret. En effet, la distance nécessaire pour atteindre un niveau de 45 dB(A) par décroissance spatiale est de 500 m tandis que les premières habitations sont implantées à plus de 500 m du complexe.

### **VIII. Conclusion et recommandations**

- La cartographie acoustique montre que l'intensité sonore est très élevée à l'intérieur des installations contrairement aux limites batterie.
- Lors de la substitution des équipements tels que les moteurs, pompes et turbines, il est recommandé d'opter à des équipements ayant un niveau sonore (dB) inférieur à celui de l'origine.
- L'identification et la réparation des fuites de vapeur, pour atténuation des niveaux sonores.
- Mettre en place des panneaux de signalisations à la limite des endroits dont le niveau est supérieur à 70 dB.
- Port obligatoire d'équipement antibruit par le personnel intervenant au niveau des installations.
- Un suivi médical particulier est nécessaire pour les agents exposés quotidiennement à un niveau sonore supérieur à 70 dB.
- Sensibilisation et formation du personnel sur les risques sanitaires du bruit et l'importance de mettre les EPI (Equipement de protection Individuels) pour les travailleurs.
- Normaliser la construction d'habitats en prenant en considération le facteur acoustique.

### Références Bibliographiques

- [1] PASCAL Auzon, Véronique Rollad, Serge Pinto, Canan Ozsancak Dysarthies. ISBN 978-2-35327-021-7, Solal éditeur 2007.
- [2] MARC, Bekmans. *Modélisation des machines électriques en vue du contrôle des effets radiaux*. ISBN 2-87-463-021-7, Mars 2006.
- [3] VANNES A.B. L. Vincent. *Laser de puissance et traitements des matériaux*, Chapitre 13, pages 277- 280. ISBN 2-88074-228-5, 1991.
- [4] EFMA. Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry, *Booklet* No. 1 of 8: production of ammonia 2000 EFMA, page 7- 18, 2000.
- [5] GODLEE F. *Noise: breaking the silence*. BMJ, 304:110-13. 1992.
- [6] JONCKHEER P. M. Robert, J.-C.Aubry. *Le bruit en néonatalogie, impact du personnel hospitalier*. Presse Med 33: 1421-4. 2004.
- [7] MONDOT Jean-Michel. *Traité Environnement : Méthodologie de réduction du bruit en milieu professionnel*. Techniques de l'Ingénieur.
- [8] A. Hamou, H. Abderrahim et H. Keciba. Etude des nuisances sonores dans la ville d'Oran, *Communication Science & Technology*, 2014, N° 14, 1-7.January 2014.
- [9] Journal Officiel de la République Algérienne : *Le décret exécutif n°93-184 du 27 juillet 1993 régleme l'émission des bruits*.
- [10] MATE. Manuel délégué de l'environnement révision n°03. Année 2014. Ministère d'Aménagement du Territoire et Environnement. MATE 2014.

[11] BIOSCA José de Sagastuy. *Le bruit au travail*. Magazine de l'Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail : 2005. Semaine européenne de la sécurité et de la santé au travail | <http://ew2005.osha.eu.int>.

[12] Journal officiel de l'Union Européenne : Directive 2003/10/CE du parlement Européen et du conseil du 6 février 2003.

[13] AFNOR. AFNOR Boutique. Accédée en 2012 à 2013. Disponible sur le site: <http://www.boutique.afnor.org/norme/nf-en-iso-140-7/acoustique-mesurage-de-l-isolation-acoustique-des-immeubles-et-des-elements-de-construction-partie-7-mesurage-in-situ-de-l/article/772652/fa043153>

[14] CEN. EN 12354-5-2009 F. Comité Européen de Normalisation CEN.

[15] LII. Occupational Safety and Health Act. Code of Federal Regs, Title 29, Chapter XVII.

## Conclusion Générale

### Partie 1 Pollution atmosphérique

- Les concentrations de polluants de l'air devraient être mesurées dans des sites de surveillance représentatifs de l'exposition à laquelle est soumise la population.

Le degré de pollution de l'air peut être plus élevé au voisinage de sources particulières de pollution comme les zones industrielles, les routes, les centrales énergétiques et autres grandes sources fixes de pollution, de sorte que la protection des populations vivant dans un tel voisinage peut exiger des mesures particulières pour amener les niveaux de pollution en deçà des valeurs indicatives.

- Avant l'année 1963, la zone d'Arzew ne disposait pas d'activité industrielle, il existait un petit port de pêche additivement aux activités agricoles et d'élevages. La seule source de pollution atmosphérique était générée par le chauffage domestique qui était basé sur le bois et le brûlage des déchets domestiques, engendrant des émissions modestes en Gaz CO<sub>2</sub>.
- Les émissions des GES (dioxyde de carbone et protoxyde d'azote) dégagées par la zone industrielle d'Arzew sont de l'ordre des millions de tonnes par ans.
- Les polluants primaires de dioxyde & monoxyde de carbone, de protoxyde d'Azote, du méthane et d'ammoniac sont directement émis dans l'air. Certaines de ces substances peuvent ensuite subir dans l'atmosphère des transformations chimiques conduisant à d'autres polluants dites polluants secondaires. Les oxydes d'azote participent en outre à la formation de polluants photochimiques comme l'ozone néfastes pour la santé humaine et concourent au phénomène des pluies acides.
- Nous distinguons dans l'historique des émissions atmosphériques du protoxyde d'azote, entre 1963 et 2014 quatre paliers quantitatifs d'émissions.

- La modélisation des différents paliers d'émissions, nous a permis de connaître le périmètre d'impact de toxicité.
- Un air propre est considéré comme une condition fondamentale de la santé et du bien-être humains. Les résultats de la modélisation ont montré que la qualité de l'air est dégradée dans la région.
- L'évaluation de l'impact environnemental des GES montre que la qualité de l'Air de la région est de mauvaise qualité, dont la nécessité d'établir des études épidémiologiques sur les régions.
- Ces gaz à effet de serre à longue durée de vie (GESLV), Cas du CO<sub>2</sub>, du Méthane (CH<sub>4</sub>) ou du protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), sont stables chimiquement et persistent dans l'atmosphère à l'échelle de la décennie, du siècle, voire plus longtemps encore, ce qui confère à leur émission une influence à long terme sur le climat.
- Le taux d'intégration des énergies renouvelables en Algérie est très modeste.
- D'après les concentrations mesurées dans l'environnement d'Arzew, nous remarquons dans la marche normale des unités de production le respect total des objectifs de qualité de l'air exigé par la réglementation relative aux : PM<sub>2,5</sub>; PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et SO<sub>2</sub>. A l'exception des particules (PM<sub>2,5</sub>; PM<sub>10</sub>) aux points de mesures au niveau des habitats, n° 01 et 02 et sauf pour l'Ozone (O<sub>3</sub>) aux points de mesures n° 02 et 05. Les autres valeurs sont au-dessous des seuils réglementaires en Algérie. Il est importé de signaler que le gaz SO<sub>2</sub> est issu du trafic routier car son gradient de concentration est plus élevé au niveau des agglomérations et moins important aux alentours de la zone industrielle.
- Le recensement des populations et population sensible (enfant moins de 6 ans, personnes astatiques et gens âgés) des trois communes proche de la zone d'impact est très nécessaire, pour le suivi de l'impact des effluents gazeuses sur eux.

- Les dispositifs juridiques en matière d'environnement et surveillance de la qualité de l'air sont bien développés en Algérie.
- Absence au niveau de la zone industrielle des stations de surveillance de la Qualité de l'Air.
- Absence d'association agréée de surveillance de la Qualité de l'Air au niveau de la région.
- Prévoir les moyens logistiques pour mettre en œuvre un plan de surveillance de la Qualité de l'Air au niveau des agglomérations et villes, à travers des campagnes de mesures par des organismes accrédités, ou mettre en place des dispositions particulières de prévention de la qualité de l'air dans les lieux vulnérables.
- Absence d'une cartographie des risques pour la gestion de la pollution atmosphérique.

## **Partie 2 Pollution marine**

- Les rejets urbains déversés dans la mer au niveau du littoral oranais sont hors normes et contribuent à la pollution des plages de la région d'Oran.
- L'absence des stations d'épuration des eaux usées domestiques dans les régions Est et Ouest d'Oran génère une pollution marine non négligeable. Actuellement des projets de construction des STEP sont en cours.
- Une seule station d'épuration des eaux sanitaires urbaines est opérationnelle dans la Wilaya d'Oran, celle d'EL KARMA qui a été mise en exploitation en 2008.
- Les eaux frontalières Algériennes (couloir de transport maritime intense) de la région Ouest d'Algérie particulièrement celle d'Oran, sont sujettes à des déballastages et dégazages des navires qui s'approvisionnent des ports pétrochimiques et gaziers d'Arzew.
- Les résultats d'analyse spectroscopique montrent que les concentrations des métaux lourds dans les rejets sont à titre de traces et très inférieures aux seuils normatifs.

- Le pH des plages est neutre et les conductivités reflètent la salinité du milieu marin qui est proche de l'océan atlantique.
- La présence de teneurs importantes en phosphate et nitrates d'ammonium sont dues aux rejets sanitaires (eaux usées) non traitées par une STEP.
- La teneur en phosphate est due aussi aux différents détergents utilisés par l'activité domestique de la région.
- Cet apport nutritif riche en Azote et Phosphate impacte le biotope marin en influant sur les ratios Azote, Phosphate et Silice.
- Absence au niveau de l'activité industrielle des stations de surveillance des paramètres de pollution hydrique en ligne, raccordée à une salle de contrôle, pour le contrôler de tous les rejets liquides.
- Les paramètres physicochimiques et spectroscopiques des eaux de baignades plages d'Oran sont conformes.
- Il est opportun de réguler durant la saison estivale l'utilisation des jet-ski ou autres équipements équivalents dans la surface balnéaire, car ils nuisent à la santé des baigneurs et celle du biotope marin par leurs essences dégagées dans l'eau.
- Absence d'une cartographie des risques pour la gestion de la pollution marine, pétrolière et du transport maritime.
- Le trafic maritime présente une source de pollution très importante qui affecte la région d'étude.
- Les huiles usagées de moteur perdues dans la nature (non récupérées) présentent une source de pollution très importante qui affecte le sol, les cours d'eau, le réseau d'assainissement et la mer.

### **Partie 3 : pollution sonore**

- La cartographie acoustique montre que l'intensité sonore est très élevée à l'intérieur des unités de production contrairement aux limites batteries des unités.
- La substitution des équipements pour des raisons de maintenances ou réhabilitations tels que les moteurs, pompes et turbines, se font souvent à l'identique, sans exiger des équipements ayant un niveau sonore inférieur à celui de l'origine.
- Les sources des bruits les plus significatifs sont générés par les grands compresseurs, turbines à gaz, chaudières et les circuits à très hautes pressions et fuites vapeurs d'eaux de chaudières.
- Le personnel exerçant dans les unités d'exploitation est dotés d'équipements de protection individuelles tels que les antibruit mis à jour conformément aux exigences réglementaires avec une signalisation adéquate.
- Les projets de constructions d'habitas ne prennent pas en considération le facteur acoustique.

## Références Bibliographiques

### **Introduction :**

[1] PNUE. *L'avenir de l'environnement mondial 3: Le passé, le présent et les perspectives d'avenir, Volume 3. Programme des Nations Unies pour l'environnement*. Edition de-boeck. ISBN 2-8041-4004-0. 2002.

[2] MONGA Paul. *Membralité écologique des êtres dans la théologie chrétienne et pensée bantoue; Fondement d'une éthique de la tempérance*. New York. Edition Peter Lang. ISBN 978-3-631-60170-9, 2010.

[3] OCDE. *Études économiques de l'OCDE, Thèmes spéciaux : Accroître le dynamisme des entreprises, les difficultés du secteur bancaire. Organisation de Coopération et de Développement Economiques*. OCDE 1998.

[4] DEBRESSON Christian, L. Martin Cloutier. *Changement Climatique : Flux Technologiques, Financiers et Commerciaux*. Edition Presses université de Québec, 2004.

[5] DEFLESSELLES Bernard, Lambert Jérôme et Arnaud Leroy. *Rapport d'information sur les négociations internationales relatives au climat. Rapport n° 2391, La conférence de Lima sur le changement climatique : La dernière étape pour un accord climatique mondial en 2015*. Publié par Assemblée nationale, DIAN 82/2014.

[6] MANFRED Hegger. *Construction et énergie: architecture et développement durable*. Edition DETAIL, Presses polytechniques. ISBN 978-2-88074-796-1.2011.

[7] LECOMTE Fabrice, Paul Broutin, Etienne Lebas. *Le captage du CO2 : Des technologies pour réduire les émissions de gaz à effet de serre*. Editions TECHNIP, Paris 2010.

[8] LAZZERI Yvette, Moustier Emmanuelle. *Le développement durable: du concept à la mesure*. ISBN 978-2-296-05447-9. L'Harmattan, 2008.

[9] STEC Stephen, Susan Casey Lefkowitz *et al.* *Convention d'Aarhus: guide d'application : convention de la CEE sur l'accès : Information, la participation du public, l'accès à la justice*

*pour un environnement salubre*. Nations Unies. Commission économique pour l'Europe, United Nations, 2000.

[10] BILLET Philippe, Michel Durousseau, Gilles Martin, et al. *Droit de l'environnement et protection de la santé*. Editions L'Harmattan 2009 Paris.

[11] OECD. *Les économies en transition face à l'environnement progrès en Europe centrale et orientale et dans les nouveaux Etats indépendants*. OECD publishing, 28 November 2000.

[12] HENG Sun, Dan Shu, Zhihua Jiang. *Simulation study of the dynamic performance of a MRC plant with refrigerant charged or leaked*. *Cryogenics* 52 (2012) 8–12. Science Direct, 2012.

[13] WOLFGANG Foerg, Wilfred Bach, Rudolf Stockman. *A new LNG baseload process and the manufacturing of the main heat exchangers*. *Returne HOME revues* 1998.

[14]HOUMEUR Sana. *Modalisation et optimisation de l'Aval des chaines de GNL Algériennes*. Mémoire de Magister. Université IAP Boumerdes, Faculté des hydrocarbures et de la chimie, Algérie 2008.

[15] GOMRI, Rabah. Étude. *Analyse et Simulation du Reforming Primaire : Four de l'Industrie d'Ammoniac*. Thèse de doctorat d'état, Page 16 – 25. Soutenue le 22/06/2006. Université Mentouri, Constantine, Faculté des sciences de l'ingénieur, Département de génie chimique.

[16] EFMA. *Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer*. Industry Booklet, N° 1 of 8: production of ammonia, 2000, page 7- 18, Belgium, 2000.

[18] RAFAEL Robles. *Conservation et développement durable de la mer d'alboran*. Malaga édition. UICEN. ISBN 978- 8317- 1254-3.2010.

[19] ALBAKJAJI Mohamad. *La pollution de la mer méditerranée par les hydrocarbures liée au trafic maritime*. Thèse de doctorat, Université de Paris-Est, Juin 2011.

[20]Site officiel de la Wilaya d'Oran, Consulté en Septembre 2015. Disponible à l'adresse [www.wilayaoran.org/31/index.php?...habitants...1...](http://www.wilayaoran.org/31/index.php?...habitants...1...)

[21] SAHNOUN Fadela, Bendraoua Abdelaziz, Hadjel Mohamed. *Contrôle de la pollution marine du littoral oranais*. Revue Communication Science et technologie, N° 8 COST, Janvier 2010.

[22] TAYEB A, M.R. Chellali, A. Hamou *et al.* *Impact of urban and industrial effluents on the coastal marine environment in Oran, Algeria*. Marine Pollution Bulletin xxx (2015) xxx–xxx, In Press.

## **Chapitre 1 :**

[1] HELGA-JANE Scarwel, Isabelle TOUSSEL. *Le changement climatique : Quand le climat nous pousse à changer d'être*. Édité par les Presses Universitaire du Septentrion dans la collection Environnement et société, France 2010.

[2] SOLOMON S., D. QIN, M. MANNING *et al.* *Résumé technique, Changements climatiques : Les éléments scientifiques*. Contribution du groupe de travail I au quatrième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques. Cambridge University Press, Royaume-Uni et New York, NY, Etats-Unis d'Amérique. GIEC 2007.

[3] JEAN-LOUIS Fellous, Catherine GAUTIER PETIT. *Comprendre le changement climatique*. Edition Odile Jacob. Paris, Août 2007. ISBN-978-2667381-1845-5.

[4] SOLOMON, S. D. QIN, M. MANNING *et al.* GIEC, *Bilan 2007 des changements climatiques : Les éléments scientifiques*. Contribution du Groupe de travail I au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat. Cambridge University Press, Royaume Uni et New York, Etats-Unis, GIEC 2007.

[5] THOMAS F. Stocker, Dahe QIN *et al.* *Éléments scientifiques*. Contribution du Groupe de travail I au cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, Changements climatiques. GIEC, 2013.

[6] FRANÇOIS-XAVIER Dussud, Florine WONG, Jérôme Duvernoy *et al.* *Chiffres clés du climat France et Monde*. Consulté en 2015. Disponible à l'adresse : [www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr](http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr) et [www.cdcclimat.com/recherche](http://www.cdcclimat.com/recherche). Édition 2015.

[7] WILIAM M. Ciesla. *Le changement climatique, les forêts et l'aménagement forestier : aspects généraux*. Etude FAO, Forêts 126, Rome 1997. ISBN 92-5-203664-4.

[8] PACHAURI R. K. REISINGER. *Bilan 2007 des changements climatiques*. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, GIEC, Genève, 2007.

[9] MARTIN L. Cloutier et Christian DEBRESSON. ERIK Dietz Enbachek. *Changement climatique, flux Technologiques, Financiers et commerciaux*. Edition Presse de l'université du Québec, 3<sup>ème</sup> trimestre 2004.

[8] MICHEL Petit. Odile JACOB. *Comprendre le changement climatique*, ISBN-978-2667381-1845-5. Août 2007.

[10] BORUNO Sportisse. *Pollution atmosphérique : Des processus à la modélisation*. Édition Springer Verlag, France. ISBN 978-2-287-74961-2, Paris 2008.

## Chapitre 2 :

[1] RELAND Borghi, Michel DESTRIAU. *La combustion et les flammes*. Edition Technip Paris 1995, ISBN 2-7108-0684-3.

[2] PIERRE-FRANÇOIS Thomas. *Précis de physique et chimique 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> Année*. Edition Breal. ISBN 13 : 978-2-7495-0591-6, 2006.

[3] MONNOT G. *La combustion dans les fours et les chaudières*. Edition Technip. ISBN 2-7108-0320-8, 1978.

[4] EDMOND Perthuis. *Combustion industrielle*. Edition Technip. Paris ISBN 2-7108-0438-7, 1983.

[5] MAUSS F. *Les combustibles liquides : spécifications, réglementations, utilisations*. Edition Technip, 1963.

[6] WAUGUIER J.P. *Le raffinage du pétrole, pétrole brut, produits pétrolier, schémas de fabrication*. Edition Technip, Paris, ISBN 2-7108-0668-1, 1994.

### Chapitre 3 :

[1] Office National de la Météorologie. Consulté le 17/09/2015. Disponible à l'adresse : <https://www.google.dz/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#>.

[2] AZIKA KHARCHI. *Etude énergétique de chauffage, rafraîchissement et eau chaude sanitaire d'une maison type en Algérie*. Thèse de doctorat en physique énergétique et matériaux, Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen. Soutenue le 01/07/2013.

[3] Journal Officiel de l'Algérie, N° 61, 49<sup>ème</sup> Année. Loi n° 10-02 du 16 Rajab 1431 correspondant au 21 Octobre 2010. Portant approbation du Schéma National d'Aménagement du Territoire.

[4] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Wikip%C3%A9dia:Accueil\\_principal](http://fr.wikipedia.org/wiki/Wikip%C3%A9dia:Accueil_principal) : géographie de l'Algérie (consulté le 24/07/2014).

[5] NEDJRAOUI D. Rapport FAO 2003, *Profil fourrager*. Année 2003.

[6] Statistiques climatologiques fournies par le Centre Climatologique National (CCN); station d'Arzew, Office Nationale de Météorologie Algérie, 2008.

[7] YAHOAUI Dalila. *Impact des variations climatiques sur l'agriculture en Oranie*. Mémoire de Magister en Biologie. Université d'Oran1, Ahmed Benbella, soutenu le 28/06/2015.

[8] BOURAS D, MATALLAH A., MOUFFOK S. *Evolution bioclimatique et actions de développement sur le littoral occidental Algérien*. Larhyss Journal, pp. 91-104 ISSN 1112-3680, n° 06, Décembre 2007.

[9] GUIBOUT P. Atlas hydrologique de la Méditerranée, Lab. Océanographie physique, Muséum National d'Histoire Naturelle, Edit. IFREMER et SHOM, France, 1987, 150p.

[10] BOURAS D, Matallah A, Mouffok S *et al.* *Evolution bioclimatique et actions de développement sur le littoral occidental Algérien*. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 06, Décembre 2007, pp. 91-104

[11] KETTAB A.AIT MOUHOUB D, OUARDA. *Contribution à l'étude du phénomène de la sécheresse sur les régions littorales de l'Algérie*, 57<sup>ème</sup> congrès annuel de l'association canadienne des ressources hydriques : Eau et changement climatique: comprendre pour mieux s'adapter, Montréal, Canada, 16-18 juin 2004.

[12] ADH.org, disponible à l'adresse : [http://www.adh-human-dignity-action.org/French/monde-et-plus/continents/mp-afrique/m-p-afrique\\_a\\_b/algerie](http://www.adh-human-dignity-action.org/French/monde-et-plus/continents/mp-afrique/m-p-afrique_a_b/algerie).

[13] Météo France. Consulté en janvier 2014. Disponible à l'adresse : <http://www.meteofrance.com/FR/climat/sation/45.jsp>.

[14] Climate zone. Consulté en janvier 2014. Disponible à l'adresse : <http://www.climate-zone.com/climate/algerie/celsius/alger>. Consulté janvier 2014

#### **Chapitre4:**

[1] Simulator ALOHA: Areal Locations of Hazardous Atmospheres, National Oceanic And atmospheric Administration Office of Response and Restoration Emergency Response Division Seattle, Washington, December 2004.

[2] DRIZ Sonatrach, *Plan intervention interne de la zone industrielle*. Consolidation de tous les documents d'interventions internes réglementaires PII, révision 2010.

[3] CHRISTIAN Elichegaray. *La pollution atmosphérique ambiante en France, sources, surveillance, principaux effets et mesures préventives*. Revue francophone des Laboratoires N°380 page 27, Mars 2006.

[4] Base de donnée « Sispro production », Activité Aval Division LQS groupe Sonatrach Algérie, 2010-2015.

[5] Base de Donnée « SisPro Technique Laboratoire » Activité Aval Division LQS groupe Sonatrach Algérie, 2010-2015.

[6] SISPRO, Technique, LABOARTOIRE SONATRACH. *Certificats de qualité produits des complexes industriels et pétrochimiques*. 2005-2015.

[7] NOR: DEVP0774041A. Arrêté Français du 31 mars 2008. *Vérification et quantification des émissions déclarées dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre pour la période 2008-2012*. Version n° 01 le 31 Mars 2008, version révisé 01 juin 2011

[8] PATRICK Levalois et Pierre LAJOIE. *Pollution atmosphérique et champs électromagnétiques*, les presses de l'université Laval page 7-8, ISBN 2-7637-7522-5, 1997.

[9] HO-MYUNG Chang, Myung JINCHUNG, Sanggyu LEE. An efficient multi-stage Brayton–JT cycle for liquefaction of natural gas. *Cryogenics* 51 (2011) 278–286.

[10] FRONT Cover. *Formation Spécialisée pour les transporteurs de gaz liquéfié*, page 84, 85. Edition révisée 1999, par l'Organisation Maritime International, publishing IMO. ISBN 978- 92-801-2362-3. Edition de 1999. IMO Publishing

[11] HOUMEUR Sana. *Modalisation et optimisation de l'Aval des chaines de GNL Algériennes*. Mémoire de Magister. Université IAP, Boumerdes, Faculté des hydrocarbures et de la chimie, Algérie 2008.

[12] ALEXANDRE, Roje, Bernard DURANT. *Gaz naturelle*. Pages 253-256. Editions OPHRYS, ISBN 2-7108-0657-6, 1994.

[13] HENG Sun, Dan SHU, Zhihua JIANG. *Simulation study of the dynamic performance of a MRC plant with refrigerant charged or leaked*. *Cryogenics* 52 (2012) 8–12. Science Direct, 2012.

[14] WOLFGANG Foerg, Wilfred BACH, Rudolf STOCKMAN. *A new LNG baseload process and the manufacturing of the main heat exchangers*. *Returne HOME revues* 1998.

[15] BAUER et al. *Wprocess for liquefying a hydrocarbon-rich fraction*. Publication classification. United States. 15 Sep. 2011. *Patent Application Publication*. US 2011/0219819.

[16] GOMRI, Rabah. *Étude, Analyse et Simulation du Reforming Primaire (Four de l'Industrie d'Ammoniac)*, Thèse de doctorat d'état, Page 16 – 25. Soutenue le 22/06/2006. Université Mentouri, Constantine, Faculté des sciences de l'ingénieur, Département de génie chimique.

[17] EFMA. *Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry Booklet*, No. 1 of 8: production of ammonia, 2000, page 7- 18, Belgium, 2000.

[18] CLAUDE Mercier. *Industrie pétrochimique et ses possibilités d'implantation dans les pays en voie de développement*, pages 87-90, éditions TECHNIP 1966.

[19] GIRARE Viratelle, *Alegrie algérienne*, pages 35 et 42, 1972.

[20] OCDE. *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050 les conséquences de l'inaction*, page 316-317. OCDE 15 Mars 2012, ISBN 978- 92 - 64. 7.

[21] ELICHEGARAY C., S. BOUALLALA, A. MAITRE, *Développement and curent status of atmospheric pollution*. *Revue française d'allergologie* 50 (2010) 381–393.

[22] GEORGES Bourrey, H. DUNOD et E. PINAT. *La technique moderne*. Volume 76 à 77, Page 37 – 39, 1984.

[23] BELGOURCH Abderrahmane. *Ecrèment Indépendance politique et libération économique, un quart de siècle de développement de l'Algérie 1965-1985*, page 77. *Politique étrangère*, n°3. Edition 1987.

## **Chapitre 5 :**

[1] ELICHEGARAY C, S. BOUALLALA, A. MAITRE, *Développement and curent status of atmospheric pollution*. *Revue française d'allergologie*, 50 (2010) 381–393, 2010.

[2] OCDE. *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050 : les conséquences de l'inaction*, page 316-317. OCDE 15 Mars 2012, ISBN 978- 92 - 64. 7.

[3] JOHANN Moustapha. *Le protocole de Montréal en Afrique, enjeux et défis : étude critique des solutions de remplacement aux hydrochlorofluorocarbures*. Mémoire, Université de Sherbrooke, Québec, Canada, Mars 2012

[4] SOLOMON, S., D. QIN, M. MANNING *et al.* Changements climatiques 2007 : *Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. GIEC*. Cambridge University Press, Royaume Uni et New York, NY, Etats-Unis, 2007.

[5] Base de données « Centre Climatologique National »; Station d'Arzew, Coordonnées : Latitude : 35°49'N Longitude : 00°16'W Altitude : 3 mètres, 2008.

[6] INERIS, Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques (dioxyde d'Azote). INERIST, DRC – 08-94398-13333A.2008.

[7] INERIS, Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques (monoxyde de carbone), INERIST, DRC-09-103128-05616A.2009.

[8] ALOHA Simulator: Areal Locations of Hazardous Atmospheres, National Oceanic and atmospheric Administration Office of Response and Restoration Emergency Response Division Seattle, Washington, 2004.

[9] SOLOMON, S., D. QIN, M. MANNING *et al.* Résumé technique. In: changements climatiques 2007 : *Les éléments scientifiques. Contribution du groupe de travail I au quatrième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques*. Cambridge University Press, Royaume-Uni et New York, NY, Etats-Unis d'Amérique, 2007.

## Chapitre6:

[1] DIRE Tialdi. *Sustainable Development in international Law: An Analysis of Key environmental instruments*, page 22-27, PretoriaUniversity. Law press PULP, ISBN 978-0-9585097-9-4. 2007.

[2] JACQUES André Hertig. *Etudes d'impact sur l'environnement*. Traité de génie civil de l'école polytechnique fédérale de Lausanne, volume 23, page 27, chapitre 1-5-4-3. Sommet de la terre, ISBN 2-88074-630-2, 2006.

[3] CLEMENT Mariotte. *L'Europe centrale et le protocole de Kyoto sur les changements climatiques, quels bénéfices en perspective*, chapitre 2, page 25-46, 2006.

[4] YAËL Pitoun. Inventaire des textes réglementaires relatifs à l'air. Technique de l'ingénieur, traité environnement GR520, page 2. Références GR520 Volume GR 1. Parution 07-2003.

[5] VERGRIETTEBenoit. *Environnement : Définitions et évolutions récentes*. AFSSET Janvier 2006.Consulté Juillet 2015. Disponible dans le site : [www.afssa.fr/ET/Documents/ET/01\\_definitions.pdf](http://www.afssa.fr/ET/Documents/ET/01_definitions.pdf).

[6] OMS. Déclaration de la troisième conférence ministérielle sur l'Environnement et la Santé Londres, 16–18 juin 1999. EUR/ICP/EHCO 020 2 05/18 Rev.5. 1998.

[7] CHIÈZE François, Dominique DAVID *et al.* Contribution à l'évaluation du 2<sup>ème</sup> Plan National Santé Environnement 2009-2013. Évaluation du PNSE2. Juillet 2013.Disponible dans le site:  
[www.cotita.fr/.../pdf\\_2\\_COCITA\\_JT\\_performance\\_energetique\\_\\_\\_sante...](http://www.cotita.fr/.../pdf_2_COCITA_JT_performance_energetique___sante...) Consulté Juillet 2015.

[8] PATRICK Levallois, Pierre LAJOIE. *Pollution atmosphérique et champs électromagnétiques*, page 7-8. Les presses de l'université Laval. ISBN 2-7637-7522-5, 1997.

[9] SOLOMON S., D. QIN, M. MANNING *et al.* Changements climatiques 2007 : *Les éléments scientifiques*. Contribution du Groupe de travail I au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. GIEC. Cambridge UniversityPress, Royaume Uni et New York, NY, Etats-Unis, 2007.

[10] BERNAR Sophie. Evolution temporelle du méthane et du protoxyde d'azote dans l'atmosphère : contrainte par l'analyse de leurs isotopes stables dans le névé et la glace polaires. HAL Id: tel-00701325 Thèse de doctorat de l'Université Joseph Fourier (Grenoble 1). Soutenance le 10/12/2004.

[11] CHRISTIAN Elichegaray. La pollution atmosphérique ambiante en France, sources, surveillance, principaux effets et mesures préventives. Page 27, *Revue Francophone des Laboratoires*, n°380, mars 2006.

[12] HOST S. Exposition à la pollution atmosphérique de proximité liée au trafic : quelques méthodes pour quels risques sanitaires. *Revue d'épidémiologie et de la santé publique*, 2012, 60, 321 – 330.

[13] EILSTEIN D., Pollution atmosphérique exposition prolongée à la pollution atmosphérique et mortalité par pathologies respiratoires. *Revue française d'allergologie* 50, 2010, 51 – 61. Published by Elsevier Masson SA.

[14] POLLUTEC, Rapport, *Perspectives de l'environnement à l'horizon 2050 : les conséquences de l'inaction*. Publié le 12 mars 2013: Hôpital et développement durable, l'OCDE, édition 2012.

[15] OMS, Organisation Mondiale de la Santé, Rapport sur la santé dans le monde, 2000, Pour un système de santé plus performant, A 54.4. 29, mars 2000. ISBN 92 4 256198 3.

[16] DRIZ, Sonatrach. Plan intervention interne de la zone industrielle d'Arzew, révision 0, de Février 2010.

[17] Journal officiel de la république Algérienne, *Décret exécutif n°06-02 du 7 Dhou El Hidja 1426 correspondant au 7 janvier 2006 définissant les valeurs limites, les seuils d'alerte et les objectifs de qualité de l'air en cas de pollution atmosphérique*.

[18] OMS. *Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air : particules, ozone, dioxyde d'azote et dioxyde de soufre Mise à jour mondiale 2005 Synthèse de l'évaluation des risques WHO/S*. disponible sur le site : [www.who.int/topics/air\\_pollution/fr/](http://www.who.int/topics/air_pollution/fr/). Consulté Octobre 2015.

[19] DPAT. Direction de la Planification et de l'aménagement du Territoire. Rapport Année 2007.

[20] DPAT. Direction de la Planification et de l'aménagement du Territoire, Rapport Année scolaire 2007-2008.

## Chapitre 7 :

[1] ALBAKJAJI Mohamad. *La pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures liée au trafic maritime*, Thèse de doctorat, Université de Paris-Est, Version 1 – 6, Juin 2011.

[2] OMI, Trafic maritime pétrolier, principaux mouvements interzones en millions de tonnes métriques. Revue du plan d'action pour la méditerranée (MEDONDES), 2000, n° 40-41, p. 4.

[3] LAOTBOZZI Micaël. *Répression et prévention de la pollution des navires de commerce en méditerranée*, Thèse de doctorat, DESMM - ENMM de Marseille, 2009.

[4] MICHEL Marchand. Les pollutions marines accidentelles au-delà du pétrole brut, les produits chimiques et autres déversements en mer. *Revue Annales des Mines, Responsabilité et Environnement*, juillet 2003, 70-92.

[5] AEE. *Problèmes prioritaires pour l'environnement méditerranéen*. Agence Européenne pour l'Environnement. Rapport AEE n° 4/2006. *Publication europa.eu*. ISBN 92.9167.882.1.

[6] ELISA-NOEMIE Laurent, Frédéric CASTELLANET. 20 Prestige souilleront la méditerranée cette année. Rapport sur la pollution marine par hydrocarbures et les dégazages sauvages en Méditerranée, WWF France, Janvier 2003.

[7] Le livre bleu des engagements du Grenelle de la Mer, 10 au 15 juillet 2009, Paris, MEEDDM, p.21. Consulté le 28 octobre 2009. Disponible à l'adresse : [http://www.legrenellemer.fr/IMG/pdf/LIVRE\\_BLEU\\_Grenelle\\_Mer.pdf](http://www.legrenellemer.fr/IMG/pdf/LIVRE_BLEU_Grenelle_Mer.pdf),

[8] AURELIE Prevot, Surveillance environnementale : La contamination des poissons d'eau douce aux micros plastiques. Rapport scientifique 2013-2014 de l'INERIS, 26 novembre 2014.

[9] MONTEIL L. *L'évolution de la répression pénale de la pollution maritime par hydrocarbures*, Mémoire Master II de droit maritime et des transports, sous la direction de

Monsieur SCAPEL Christian, centre de droit maritime et des transports, faculté du droit et de science politique d'Aix-Marseille, université de droit, d'économie et des sciences d'Aix-Marseille, p.8, 2008-2009.

[10] <http://www.mareesnoires.com/fr/pollution/rejet-naturel/sources-naturelles-hydrocarbures>. Php. Consulté le 09 juin 2009.

[11] ALBAKJAJI, Mohamad, *La pollution de la mer méditerranée par les hydrocarbures liée au trafic maritime*. Thèse de doctorat, Université de Paris-Est, Juin 2011.

[12] OMI. Le Magazine de l'Organisation Maritime Internationale, IMO News, n° 3, 1999, p. 21.

[13] CAROLINE Dommen, Philippe Cullet KLUWER. Droit international de l'environnement Texte de base et références. Editeurs LAW International, ISBN 90-411-0705- 3, 1998.

[14] KHALDOUN Abdelkarim. *Milieu innovateur et développement durable : réflexion méthodologiques sur les outils de développement économique et déclinaisons territoriales. Etude de cas Air métropolitaine oranaise*. Mémoire de Magister, Université d'Oran, Es-Senia, 03/03/2013.

[15] FEKRAOUI A. Caractéristiques géochimiques des eaux géothermales de la région d'Oran *Revue des Energies Renouvelables CER07*, Oujda, 2007, 75 – 8075.

[16] MOUSSA Kacem. *Etude d'une Sebkhha : la Sebkhha d'Oran (Ouest algérien)*. Doctorat d'état en Sciences de la Terre, Faculté des Sciences de la Terre, de Géographie et d'Aménagement du Territoire. Thèse de Doctorat d'état, Laboratoire de Paléontologie stratigraphique et de Paléo environnement, Oran, 2006.

## **Chapitre 8 :**

[1] JACQUES Blamont. Introduction au siècle des menaces. ODOLE JACOB, ISBN 2-7381-1409-1, Mai 2004.

- [2] ONM. Office nationale de Météorologie – Météo Algérie, Consulté le 05/01/2015, disponible à l'adresse : [www.meteo.dz/index.php?option=com\\_content&view=Itemid](http://www.meteo.dz/index.php?option=com_content&view=Itemid).
- [3] MRE, Algeria. Updating the inventory of national sewerage network; document of Algerian Ministry of Water Resources; September 2012.
- [4] AIT MIMOUNE Hamiche, Amine BOUDGHENE, STAMBOULI *et al.* A review on the water and energy sectors in Algeria: Current forecasts, scenario and sustainability issues. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015, 41, 261–276.
- [5] MRE Egypt. Strategy and indicators of water sector in Algeria, presentation of Algerian Ministry of Water Resources in Cairo; 21–22 November 2012
- [6] DPAT. Direction de la Planification et de l'aménagement du Territoire : Rapport 2007.
- [7] DPAT. Direction de la Planification et de l'aménagement du Territoire : Rapport Année scolaire 2007-2008.
- [8] IMO. Specialized Training for Liquefied Gas. Revised edition 1999 by the International Maritime Organization, 84-85. IMO publishing. 1999, ISBN 978- 92-801-2362-3.
- [9] HOUMEUR Sana. *Modalisation et optimisation de l'Aval des chaines de GNL Algériennes*. Mémoire de Magister, IAP de Boumerdes, Faculté des hydrocarbures et de la chimie, Algérie 2008.
- [10] ALEXANDRE Rojey, Bernard DURANT, *Gaz naturelle*, page 253-256, éditions OPHRYS, ISBN 2-7108-0657-6. ISBN 2-7108-0657-6, 1994.
- [11] HENG Sun, Dan SHU, Zhihua JIANG. Simulation study of the dynamic performance of a MRC plant with refrigerant charged or leaked. *Cryogenics*, 2012, 52, 8–12.
- [12] XIONGWEN Xu, Jinping LIU. Optimization and analysis of mixed refrigerant composition for the PRICO natural gas liquefaction process. *Cryogenics*, 2014, 59.60–69.
- [13] WOLFGANG Foerg, Wilfred Bach, Rudolf Stockman. *A new LNG baseload process and the manufacturing of the main heat exchangers*. *Returne home revues* 1998.

[14].HO-MYUNG Chang, MyungJIN Chung,SanggyuLEE*et al.*An efficient multi-stage Brayton–JT cycle for liquefaction of natural gas.*Cryogenics*, 2011, 51, 278–286.

[15] GOMRI Rabah, *Analyse et Simulation du Reforming Primaire (Four de l'Industrie d'Ammoniac)*, thèse de doctorat d'état, page 16 – 25. Soutenue le 22 juin 2006. Université Mentouri, Constantine, Faculté des sciences de l'ingénieur, Département de Génie Chimique.

[16] EFMA. Best Available Techniques (BAT) for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry Booklet No. 1 of 8: *Production of Ammonia*, 2000. pp. 7–18.

[17] CLAUDE Mercier. Industrie pétrochimique et ses possibilités d'implantation dans les pays en voie de développement, éditions Technip, 1966, pages 87-90.

[18] UIIG, IIF. *Cinquième Congrès international sur le gaz naturel liquéfié*, Centre de Congrès, Düsseldorf, Germany, 29.8-1.9, 1977 : Mémoires, Fifth International conférence on Liquefied Natural Gas, Congress Center, Düsseldorf, Germany, August 29 September 1, 1977, sous le patronage de l'Union Internationale de l'Industrie du Gaz, Institut International du Froid, Institute of GasTechnology.

[19] Don-MAC Leese. Encyclopedia Britannica Book word data of the years 2013, page 778 ISBN 978-1-61535-983-7.

[20] DOMINIQUE Auzias, Jean-Paul. *Croisière en Méditerranée*. ISBN 9782746955998, Mai 2012.

[21] Wikipédiafr.wikipedia.org/wiki/Aïn\_El\_Turk.habitantaineturkWekebedia 2014.

[22] DOMINIQUE Auzias, Jean-Paul ABOUDETTE, Marie-Hélène MARTI. *Le petit futé*, 2009-2010. ISBN 97827469211962, 4<sup>ème</sup> édition, Page 282. Groupe CORLET imprimeur France.

[23] RODIER Jean, Bernard LEGUBE, Nicole MERLET, Régis BRUNET.*L'analyse de l'eau*, 9<sup>ème</sup> édition, Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, Dunod, Jun 17, 2009.

[24] OMS. Directives pour la sécurité des eaux de baignade - Volume 1. Eaux côtières et eaux douces, Genève Organisation mondiale de la Santé, 2004.

[25] AURELIE Prevot. *Surveillance environnementale: La contamination des poissons d'eau douce aux micros plastiques*, Rapport scientifique 2013 - 2014 de l'INERIS, 26 novembre 2014.

[26] STEP Bethioua. Site officile de la Wilaya d'Oran. Consulté le 03/10/2015

[wilayaoran.org/31/index.php?option...id...step...bethioua..](http://wilayaoran.org/31/index.php?option...id...step...bethioua..)

[27] DEGRÉMONT. *Mémento technique de l'eau*, Tome 1, 9<sup>ème</sup> édition 1989.

[28] TAYEB Abdelaziz. *Traitement physico- chimique des eaux résiduaire de la Maïserie de Maghnia région de la Tafna Algérie*, Mémoire de Magister, soutenue en septembre 2005.

[29] BOULLET Daniel. *Entreprises et environnement en France de 1960 à 1990*. Alain PLESSIS- 2006. ISBN 2-600-01075-0.

[30] POIZATC. *Les biocénoses marines et littorales de Méditerranées :Synthèse, menaces et perspectives*, Edition 1994, page 74.

[31] Site officiel de la Wilaya d'Oran : Hydrologie site. Consulté le 31/12/2014. Disponible sur le site : [www.wilayaoran.org/.../index.php?...station-dépurat...](http://www.wilayaoran.org/.../index.php?...station-dépurat...)

[32] MONACO A., W. LUDWING, M. PROVANSAL. *Le Golf de lion : Un observatoire de l'environnement en Méditerranée*. Edition Quae 2009, ISBN 978- 2 -7592-0311-6.

[33] BERABARD Normande, Nadine PEBERE, Carolina RICHARD. *Prévention et la lutte contre la corrosion : Une approche scientifique et technique*. Edition INSA ISBN 2-88074-543-8, 2004.

[34] SYLVAIN Moreau. *Le point sur les proliférations d'algues sur les côtes métropolitaines. Commissariat général au développement Durable*. janvier 2014, N° 180 janvier 2014, ISSN / 2100-1634.

[35] DPAT. Population de la wilaya d'Oran sur le site internet de la DPAT. [Archive] Consulté le 14/02/2011.

[36] JEANNE-MAGER Stellman. *Encyclopédie de sécurité de santé au travail*, volume 3. ISBN 92-2-209-1-816, 2002.

- [37] MARPOLO 73/78. Convention MARPOL édition récapitulative de 2011. Protocoles, annexes et interprétations uniformes de la convention internationale de 1973 pour la prévention de la pollution par les navires, telle que modifiée par les protocoles de 1978 et 1997. 5<sup>ème</sup> Edition, 2011.
- 38] XIANGFENG Zeng, Xijuan CHEN, Jie ZHUANG. The positive relationship between ocean acidification and pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 2015, 91, 14–21.
- [39] GUIBOT P. Atlas Hydromologie de la Méditerranée. ShomIfremer, Paris 1987.
- [40] PAUL E. LaViolette. Costal and Estuarine Studies Seasonal and Interannual Variability of the Westren Mediterranean Sea. Américan Geophysical Union. Edition AGU. ISBN 0-87590-260-X, 1994.
- [41] PIETRASANTA Y., D. BONDON. *Le lagunage écologique*. Edition ECONOMICA 1994.
- [42] LASKRI Nabila. *Caractérisation et traitement des eaux résiduaires urbaines de la ville de Annaba*, Mémoire de magister en génie chimie, 2000.
- [43] DOMINIQUE Auzia, Jean Paul ABOURDETTE, Marie-Helène MARTIN. *Le petit Futé Algérie 2009 – 2010*. Edition Groupe Corelt Imprimeur France ISBN 97827 46 921, 1962, 4<sup>ème</sup> édition 2010.
- [44] ELISA-NOEMIE Laurent. Frédéric CASTELLANET. *20 Prestiges souilleront la méditerranée cette année*. Rapport sur la pollution marine par hydrocarbures et les dégazages sauvages en Méditerranée. WWF France Janvier 2003.
- [45] LAOTBOZZI Micaël. *Répression et prévention de la pollution des navires de commerce en méditerranée*, Thèse doctorat, DESMM. ENMM de Marseille, 2008-2009.
- [46] OCDE. Conférence européenne des ministères des transports OCDE : Accès au marché, commerce des services de transport et facilitation des échanges CEMT 2007.
- [47] LIUBARTSEVA S., DOMINICIS M., OIL P., Spill hazard from dispersal of oil along shipping lanes in the Southern Adriatic and Northern Ionian Seas. *Marine Pollution Bulletin*, 2015, 90, 259–272.

[48] MEDSLIKII. *The oil spill model code MEDSLIK-II*. Disponible sur le site : <http://gnoo.bo.ingv.it/MEDSLIKII>.

[49] TAYEB Abdelaziz et Nass Amine. *Ré-raffinage des huiles motrices usagées*, Mémoire d'ingénieur : USTO, juin 2000.

## Chapitre9:

[1] ISO 3743-1. Acoustics - Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure - Engineering methods for small movable sources in reverberant fields Part 1: Comparison method for a hard-walled test room, ISO 3743-1: 2010.

[2] ISO 80000-8. Grandeurs et unités : Partie 8 Acoustique, 2007.

[3] AIT-HAMMOUDA A. *Pré-dimensionnement et étude de sensibilité vibro-acoustique de machines à courant alternatif et à vitesse variable*. Thèse de Doctorat, Soutenue le 07/03/2005. Ecole Centrale de Lille Université des Sciences et de la Technologie de Lille.

[4] PONSONNET P. *Bruit des ventilateurs et calcul acoustique des installations aérauliques*, Edition DUNOD, 1974.

[5] BEAUMONT J., GUARRACINOG. *Eléments d'environnement sonore et de traitement acoustique*. Cours de Physique du Bâtiment 2<sup>ème</sup> année. Vaulx-en-Velin, Ecole Française des Travaux Publics de l'Etat 76p, 1996.

[6] MEYER Bisch. Les chiffres du bruit. *Médecine sciences*, vol. 21, n° 5, 2005, p. 546-550. URI: <http://id.erudit.org/iderudit/010968ar>.

[7] INERIS. Guide Bruit au format Interactif, SSTIE - INERIS, 08 octobre 2013.

[8] JEAN-CLAUDE Duclos, Amélie MASSARDIER, Léon THIERY. *Evaluation du risque lié au bruit par analyse collective d'audiogrammes*, Mars 2011, Colloque « Bruit et Vibration au travail », mars 2011.

[9] DELAROCHE Monique. *Question de personne, Audiométrie Comportementale du très jeune Enfant, Enjeux et modalités*, De Boek, université, ISBN 2-8041-3527-6, 2001.

- [10] TANZARELLA Stéphane. *Perception et communication chez les animaux*. Edition deboeck. ISBN 2-8041-4896-3, 2006.
- [11] VOGEL Corsin. *Etude sémiotique et acoustique de l'identification des signaux sonores d'avertissement en contexte urbain*, Thèse de Doctorat, soutenue le 05 octobre 1999. Université Paris 6.
- [12] JACQUES Libois. *Guide des unités de mesure: Un mémento pour l'étudiant, de Sciences méthodes*, Boeck Université 1999, pp 79 ,78.
- [13] PEURES Augustine, FITZPATRICK Hall, LAMANTIA William. *Neurosciences et cognition*. Deboeck, page 284. 2005.
- [14] WILLIAM Ganong. *Physiologie médicale*. ISBN 2-8041-4891-2, 2003.
- [15] PHILIPPE Munch, François Xavier Nève. *Une introduction à la phonétique: Manuel à l'intention des linguistes*. CEFAL 2002. ISBN 2-87130-114-X, 2002.
- [16] THOMAS Fillon. *Traitement numérique du signal acoustique pour une aide aux malentendants*. *Telecom Paris Tech, HAL* <https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00001201> Aril 2005.
- [17] FABRE Julie. *La communication acoustique chez le dauphin et l'impact de la pollution sonore*. Thèse de Doctorat, Faculté de médecine de Créteil, 2014.
- [18] LAURENT Duchesne. *Bruit et nuisances acoustiques des tirs de mines*. Thèse de Doctorat. HALL Id : INERIS-00972131, 03 Avril 2014.
- [19] LUDOVIC Leclercq. *Modélisation dynamique du trafic et applications à l'estimation du bruit routier*, Thèse de Doctorat, 2002.
- [20] LII. Occupational Safety and Health Act. Code of Federal Regs, Title 29, Chapter XVII, Part 1910, Année 2006.
- [21] MARION Alayrac. *Indicateurs de gêne sonore pour l'étude d'impact du bruit d'un site industriel : caractérisation physique et perceptive*, Thèse de doctorat, Lyon, 2009.

[22] ISO 1996-2:2010. Acoustique. Description, évaluation et mesurage du bruit de l'environnement : Partie 2, Détermination des niveaux de bruit de l'environnement, 2010.

[23] LE-NOST Guillaume. *Contribution à l'étude d'impact environnementale sonore des sites industriels : une typologie perceptive de source de bruit* ; Thèse de doctorat, Lyon, 2007.

[24] AFNOR. Acoustique, Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement, NF S 31-010. Paris: AFNOR, 1996, 48p.

[25] AFNOR. Acoustique, Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement, Grandeurs fondamentales et méthodes générales d'évaluation. NF S 31-110. Paris: AFNOR, Tirage 2, 2008, 50p.

[26] KOUSSA, Faouzi. *Evaluation de la performance acoustique des protections antibruit innovantes utilisant des moyens naturels : Application aux transports terrestres*, Thèse de Doctorat, Ecole Centrale de Lyon, Année 2012.

[27] PUJOL, R. *Promenade autour de la cochlée*. <http://www.iurc.montp.inserm.fr/cric/audition/index.htm>, 2004.

[28] JAMES O. Pickles. *An Introduction to the Physiology of Hearing*. Academic Press, 1982.

[29] E.A.G. Shaw: *Handbook of Sensory Physiology*, volume 5/1, chapter The External Ear, pages 455–490. Springer, 1974.

[30] ARAN J.M., A. Dancer, J.M. Dolmazon. *Physiologie de la Cochlée*. INSERM/SFA, 1988.

## **Chapitre 10 :**

[1] PASCAL Auzon, Véronique Rollad, Serge Pinto, Canan Ozsancak Dysarthies. ISBN 978-2-35327-021-7, Solal éditeur 2007.

[2] MARC, Bekmans. *Modélisation des machines électriques en vue du contrôle des effets radiaux*. ISBN 2-87-463-021-7, Mars 2006.

[3] VANNES A.B. L. Vincent. *Laser de puissance et traitements des matériaux*, Chapitre 13, pages 277- 280. ISBN 2-88074-228-5, 1991.

[4] EFMA. Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry, *Booklet* No. 1 of 8: production of ammonia 2000 EFMA, page 7- 18, 2000.

[5] GODLEE F. *Noise: breaking the silence*. BMJ, 304:110-13. 1992.

[6] JONCKHEER P. M. Robert, J.-C.Aubry. *Le bruit en néonatalogie, impact du personnel hospitalier*. Presse Med 33: 1421-4. 2004.

[7] MONDOT Jean-Michel. *Traité Environnement : Méthodologie de réduction du bruit en milieu professionnel*. Techniques de l'Ingénieur.

[8] A.Hamou, H. Abderrahim et H. Keciba. Etude des nuisances sonores dans la ville d'Oran, *Communication Science & Technology*, 2014, N° 14, 1-7.January 2014.

[9] Journal Officiel de la République Algérienne : *Le décret exécutif n°93-184 du 27 juillet 1993 régleme l'émission des bruits*.

[10] MATE. Manuel délégué de l'environnement révision n°03. Année 2014. Ministère d'Aménagement du Territoire et Environnement. MATE 2014.

[11] BIOSCA José de Sagastuy. *Le bruit au travail*. Magazine de l'Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail : 2005. Semaine européenne de la sécurité et de la santé au travail | <http://ew2005.osha.eu.int>.

[12] Journal officiel de l'Union Européenne : Directive 2003/10/CE du parlement Européen et du conseil du 6 février 2003.

[13] AFNOR.AFNORBoutique. Accédée en 2012 à 2013. Disponible sur le site:<http://www.boutique.afnor.org/norme/nf-en-iso-140-7/acoustique-mesurage-de-l-isolation-acoustique-des-immeubles-et-des-elements-de-construction-partie-7-mesurage-in-situ-de-l/article/772652/fa043153>

[14] CEN. EN 12354-5-2009 F. Comité Européen de Normalisation CEN.

[15] LII. Occupational Safety and Health Act. Code of Federal Regs, Title 29, Chapter XVII.

## Références Bibliographiques

### **Introduction :**

[1] PNUE. *L'avenir de l'environnement mondial 3: Le passé, le présent et les perspectives d'avenir, Volume 3. Programme des Nations Unies pour l'environnement*. Edition de-boeck. ISBN 2-8041-4004-0. 2002.

[2] MONGA Paul. *Membralité écologique des êtres dans la théologie chrétienne et pensée bantoue; Fondement d'une éthique de la tempérance*. New York. Edition Peter Lang. ISBN 978-3-631-60170-9, 2010.

[3] OCDE. *Études économiques de l'OCDE, Thèmes spéciaux : Accroître le dynamisme des entreprises, les difficultés du secteur bancaire. Organisation de Coopération et de Développement Economiques*. OCDE 1998.

[4] DEBRESSON Christian, L. Martin Cloutier. *Changement Climatique : Flux Technologiques, Financiers et Commerciaux*. Edition Presses université de Québec, 2004.

[5] DEFLESSELLES Bernard, Lambert Jérôme et Arnaud Leroy. *Rapport d'information sur les négociations internationales relatives au climat. Rapport n° 2391, La conférence de Lima sur le changement climatique : La dernière étape pour un accord climatique mondial en 2015*. Publié par Assemblée nationale, DIAN 82/2014.

[6] MANFRED Hegger. *Construction et énergie: architecture et développement durable*. Edition DETAIL, Presses polytechniques. ISBN 978-2-88074-796-1.2011.

[7] LECOMTE Fabrice, Paul Broutin, Etienne Lebas. *Le captage du CO2 : Des technologies pour réduire les émissions de gaz à effet de serre*. Editions TECHNIP, Paris 2010.

[8] LAZZERI Yvette, Moustier Emmanuelle. *Le développement durable: du concept à la mesure*. ISBN 978-2-296-05447-9. L'Harmattan, 2008.

[9] STEC Stephen, Susan Casey Lefkowitz *et al.* *Convention d'Aarhus: guide d'application : convention de la CEE sur l'accès : Information, la participation du public, l'accès à la justice*

*pour un environnement salubre*. Nations Unies. Commission économique pour l'Europe, United Nations, 2000.

[10] BILLET Philippe, Michel Durousseau, Gilles Martin, et al. *Droit de l'environnement et protection de la santé*. Editions L'Harmattan 2009 Paris.

[11] OECD. *Les économies en transition face à l'environnement progrès en Europe centrale et orientale et dans les nouveaux Etats indépendants*. OECD publishing, 28 November 2000.

[12] HENG Sun, Dan Shu, Zhihua Jiang. *Simulation study of the dynamic performance of a MRC plant with refrigerant charged or leaked*. *Cryogenics* 52 (2012) 8–12. Science Direct, 2012.

[13] WOLFGANG Foerg, Wilfred Bach, Rudolf Stockman. *A new LNG baseload process and the manufacturing of the main heat exchangers*. *Returne HOME revues* 1998.

[14] HOUMEUR Sana. *Modalisation et optimisation de l'Aval des chaines de GNL Algériennes*. Mémoire de Magister. Université IAP Boumerdes, Faculté des hydrocarbures et de la chimie, Algérie 2008.

[15] GOMRI, Rabah. Étude. *Analyse et Simulation du Reforming Primaire : Four de l'Industrie d'Ammoniac*. Thèse de doctorat d'état, Page 16 – 25. Soutenue le 22/06/2006. Université Mentouri, Constantine, Faculté des sciences de l'ingénieur, Département de génie chimique.

[16] EFMA. *Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer*. Industry Booklet, N° 1 of 8: production of ammonia, 2000, page 7- 18, Belgium, 2000.

[18] RAFAEL Robles. *Conservation et développement durable de la mer d'alboran*. Malaga édition. UICEN. ISBN 978- 8317- 1254-3.2010.

[19] ALBAKJAJI Mohamad. *La pollution de la mer méditerranée par les hydrocarbures liée au trafic maritime*. Thèse de doctorat, Université de Paris-Est, Juin 2011.

[20] Site officiel de la Wilaya d'Oran, Consulté en Septembre 2015. Disponible à l'adresse [www.wilayaoran.org/31/index.php?...habitants...1...](http://www.wilayaoran.org/31/index.php?...habitants...1...)

[21] SAHNOUN Fadela, Bendraoua Abdelaziz, Hadjel Mohamed. *Contrôle de la pollution marine du littoral oranais*. Revue Communication Science et technologie, N° 8 COST, Janvier 2010.

[22]TAYEB A, M.R. Chellali, A. Hamou *et al.* *Impact of urban and industrial effluents on the coastal marine environment in Oran, Algeria*. Marine Pollution Bulletin xxx (2015) xxx–xxx, In Press.

## **Chapitre 1 :**

[1] HELGA-JANE Scarwel, Isabelle TOUSSEL. *Le changement climatique : Quand le climat nous pousse à changer d'être*. Édité par les Presses Universitaire du Septentrion dans la collection Environnement et société, France 2010.

[2] SOLOMON S., D. QIN, M. MANNING *et al.* *Résumé technique, Changements climatiques : Les éléments scientifiques*. Contribution du groupe de travail I au quatrième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques. Cambridge University Press, Royaume-Uni et New York, NY, Etats-Unis d'Amérique. GIEC 2007.

[3] JEAN-LOUIS Fellous, Catherine GAUTIER PETIT. *Comprendre le changement climatique*. Edition Odile Jacob. Paris, Août 2007. ISBN-978-2667381-1845-5.

[4] SOLOMON, S. D. QIN, M. MANNING *et al.* GIEC, *Bilan 2007 des changements climatiques : Les éléments scientifiques*. Contribution du Groupe de travail I au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat. Cambridge University Press, Royaume Uni et New York, Etats-Unis, GIEC 2007.

[5] THOMAS F. Stocker, Dahe QIN *et al.* *Éléments scientifiques*. Contribution du Groupe de travail I au cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, Changements climatiques. GIEC, 2013.

[6] FRANÇOIS-XAVIER Dussud, Florine WONG, Jérôme Duvernoy *et al.* *Chiffres clés du climat France et Monde*. Consulté en 2015. Disponible à l'adresse : [www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr](http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr) et [www.cdcclimat.com/recherche](http://www.cdcclimat.com/recherche). Édition 2015.

[7] WILIAM M. Ciesla. *Le changement climatique, les forêts et l'aménagement forestier : aspects généraux*. Etude FAO, Forêts 126, Rome 1997. ISBN 92-5-203664-4.

[8] PACHAURI R. K. REISINGER. *Bilan 2007 des changements climatiques*. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, GIEC, Genève, 2007.

[9] MARTIN L. Cloutier et Christian DEBRESSON. ERIK Dietz Enbachek. *Changement climatique, flux Technologiques, Financiers et commerciaux*. Edition Presse de l'université du Québec, 3<sup>ème</sup> trimestre 2004.

[8] MICHEL Petit. Odile JACOB. *Comprendre le changement climatique*, ISBN-978-2667381-1845-5. Août 2007.

[10] BORUNO Sportisse. *Pollution atmosphérique : Des processus à la modélisation*. Édition Springer Verlag, France. ISBN 978-2-287-74961-2, Paris 2008.

## Chapitre 2 :

[1] RELAND Borghi, Michel DESTRIAU. *La combustion et les flammes*. Edition Technip Paris 1995, ISBN 2-7108-0684-3.

[2] PIERRE-FRANÇOIS Thomas. *Précis de physique et chimie 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> Année*. Edition Breal. ISBN 13 : 978-2-7495-0591-6, 2006.

[3] MONNOT G. *La combustion dans les fours et les chaudières*. Edition Technip. ISBN 2-7108-0320-8, 1978.

[4] EDMOND Perthuis. *Combustion industrielle*. Edition Technip. Paris ISBN 2-7108-0438-7, 1983.

[5] MAUSS F. *Les combustibles liquides : spécifications, réglementations, utilisations*. Edition Technip, 1963.

[6] WAUGUIER J.P. *Le raffinage du pétrole, pétrole brut, produits pétrolier, schémas de fabrication*. Edition Technip, Paris, ISBN 2-7108-0668-1, 1994.

### Chapitre 3 :

[1] Office National de la Météorologie. Consulté le 17/09/2015. Disponible à l'adresse : <https://www.google.dz/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#>.

[2] AZIKA KHARCHI. *Etude énergétique de chauffage, rafraîchissement et eau chaude sanitaire d'une maison type en Algérie*. Thèse de doctorat en physique énergétique et matériaux, Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen. Soutenue le 01/07/2013.

[3] Journal Officiel de l'Algérie, N° 61, 49<sup>ème</sup> Année. Loi n° 10-02 du 16 Rajab 1431 correspondant au 21 Octobre 2010. Portant approbation du Schéma National d'Aménagement du Territoire.

[4] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Wikip%C3%A9dia:Accueil\\_principal](http://fr.wikipedia.org/wiki/Wikip%C3%A9dia:Accueil_principal) : géographie de l'Algérie (consulté le 24/07/2014).

[5] NEDJRAOUI D. Rapport FAO 2003, *Profil fourrager*. Année 2003.

[6] Statistiques climatologiques fournies par le Centre Climatologique National (CCN); station d'Arzew, Office Nationale de Météorologie Algérie, 2008.

[7] YAHOAUI Dalila. *Impact des variations climatiques sur l'agriculture en Oranie*. Mémoire de Magister en Biologie. Université d'Oran1, Ahmed Benbella, soutenu le 28/06/2015.

[8] BOURAS D, MATALLAH A., MOUFFOK S. *Evolution bioclimatique et actions de développement sur le littoral occidental Algérien*. Larhyss Journal, pp. 91-104 ISSN 1112-3680, n° 06, Décembre 2007.

[9] GUIBOUT P. Atlas hydrologique de la Méditerranée, Lab. Océanographie physique, Muséum National d'Histoire Naturelle, Edit. IFREMER et SHOM, France, 1987, 150p.

[10] BOURAS D, Matallah A, Mouffok S *et al.* *Evolution bioclimatique et actions de développement sur le littoral occidental Algérien*. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 06, Décembre 2007, pp. 91-104

[11] KETTAB A.AIT MOUHOUB D, OUARDA. *Contribution à l'étude du phénomène de la sécheresse sur les régions littorales de l'Algérie*, 57<sup>ème</sup> congrès annuel de l'association canadienne des ressources hydriques : Eau et changement climatique: comprendre pour mieux s'adapter, Montréal, Canada, 16-18 juin 2004.

[12] ADH.org, disponible à l'adresse : [http://www.adh-human-dignity-action.org/French/monde-et-plus/continents/mp-afrique/m-p-afrique\\_a\\_b/algerie](http://www.adh-human-dignity-action.org/French/monde-et-plus/continents/mp-afrique/m-p-afrique_a_b/algerie).

[13] Météo France. Consulté en janvier 2014. Disponible à l'adresse : <http://www.meteofrance.com/FR/climat/sation/45.jsp>.

[14] Climate zone. Consulté en janvier 2014. Disponible à l'adresse : <http://www.climate-zone.com/climate/algerie/celsius/alger>. Consulté janvier 2014

#### **Chapitre4:**

[1] Simulator ALOHA: Areal Locations of Hazardous Atmospheres, National Oceanic And atmospheric Administration Office of Response and Restoration Emergency Response Division Seattle, Washington, December 2004.

[2] DRIZ Sonatrach, *Plan intervention interne de la zone industrielle*. Consolidation de tous les documents d'interventions internes réglementaires PII, révision 2010.

[3] CHRISTIAN Elichegaray. *La pollution atmosphérique ambiante en France, sources, surveillance, principaux effets et mesures préventives*. Revue francophone des Laboratoires N°380 page 27, Mars 2006.

[4] Base de donnée « Sispro production », Activité Aval Division LQS groupe Sonatrach Algérie, 2010-2015.

[5] Base de Donnée « SisPro Technique Laboratoire » Activité Aval Division LQS groupe Sonatrach Algérie, 2010-2015.

[6] SISPRO, Technique, LABOARTOIRE SONATRACH. *Certificats de qualité produits des complexes industriels et pétrochimiques*. 2005-2015.

[7] NOR: DEVP0774041A. Arrêté Français du 31 mars 2008. *Vérification et quantification des émissions déclarées dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre pour la période 2008-2012*. Version n° 01 le 31 Mars 2008, version révisé 01 juin 2011

[8] PATRICK Levalois et Pierre LAJOIE. *Pollution atmosphérique et champs électromagnétiques*, les presses de l'université Laval page 7-8, ISBN 2-7637-7522-5, 1997.

[9] HO-MYUNG Chang, Myung JINCHUNG, Sanggyu LEE. An efficient multi-stage Brayton–JT cycle for liquefaction of natural gas. *Cryogenics* 51 (2011) 278–286.

[10] FRONT Cover. *Formation Spécialisée pour les transporteurs de gaz liquéfié*, page 84, 85. Edition révisée 1999, par l'Organisation Maritime International, publishing IMO. ISBN 978- 92-801-2362-3. Edition de 1999. IMO Publishing

[11] HOUMEUR Sana. *Modalisation et optimisation de l'Aval des chaines de GNL Algériennes*. Mémoire de Magister. Université IAP, Boumerdes, Faculté des hydrocarbures et de la chimie, Algérie 2008.

[12] ALEXANDRE, Rojey, Bernard DURANT. *Gaz naturelle*. Pages 253-256. Editions OPHRYS, ISBN 2-7108-0657-6, 1994.

[13] HENG Sun, Dan SHU, Zhihua JIANG. *Simulation study of the dynamic performance of a MRC plant with refrigerant charged or leaked*. *Cryogenics* 52 (2012) 8–12. Science Direct, 2012.

[14] WOLFGANG Foerg, Wilfred BACH, Rudolf STOCKMAN. *A new LNG baseload process and the manufacturing of the main heat exchangers*. *Returne HOME revues* 1998.

[15] BAUER et al. *Wprocess for liquefying a hydrocarbon-rich fraction*. Publication classification. United States. 15 Sep. 2011. *Patent Application Publication*. US 2011/0219819.

[16] GOMRI, Rabah. *Étude, Analyse et Simulation du Reforming Primaire (Four de l'Industrie d'Ammoniac)*, Thèse de doctorat d'état, Page 16 – 25. Soutenue le 22/06/2006. Université Mentouri, Constantine, Faculté des sciences de l'ingénieur, Département de génie chimique.

[17] EFMA. *Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry Booklet*, No. 1 of 8: production of ammonia, 2000, page 7- 18, Belgium, 2000.

[18] CLAUDE Mercier. *Industrie pétrochimique et ses possibilités d'implantation dans les pays en voie de développement*, pages 87-90, éditions TECHNIP 1966.

[19] GIRARE Viratelle, *Alegrie algérienne*, pages 35 et 42, 1972.

[20] OCDE. *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050 les conséquences de l'inaction*, page 316-317. OCDE 15 Mars 2012, ISBN 978- 92 - 64. 7.

[21] ELICHEGARAY C., S. BOUALLALA, A. MAITRE, *Développement and curent status of atmospheric pollution*. *Revue française d'allergologie* 50 (2010) 381–393.

[22] GEORGES Bourrey, H. DUNOD et E. PINAT. *La technique moderne*. Volume 76 à 77, Page 37 – 39, 1984.

[23] BELGOURCH Abderrahmane. *Ecrèment Indépendance politique et libération économique, un quart de siècle de développement de l'Algérie 1965-1985*, page 77. *Politique étrangère*, n°3. Edition 1987.

## **Chapitre 5 :**

[1] ELICHEGARAY C, S. BOUALLALA, A. MAITRE, *Développement and curent status of atmospheric pollution*. *Revue française d'allergologie*, 50 (2010) 381–393, 2010.

[2] OCDE. *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050 : les conséquences de l'inaction*, page 316-317. OCDE 15 Mars 2012, ISBN 978- 92 - 64. 7.

[3] JOHANN Moustapha. *Le protocole de Montréal en Afrique, enjeux et défis : étude critique des solutions de remplacement aux hydrochlorofluorocarbures*. Mémoire, Université de Sherbrooke, Québec, Canada, Mars 2012

[4] SOLOMON, S., D. QIN, M. MANNING *et al.* Changements climatiques 2007 : *Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. GIEC*. Cambridge University Press, Royaume Uni et New York, NY, Etats-Unis, 2007.

[5] Base de données « Centre Climatologique National »; Station d'Arzew, Coordonnées : Latitude : 35°49'N Longitude : 00°16'W Altitude : 3 mètres, 2008.

[6] INERIS, Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques (dioxyde d'Azote). INERIST, DRC – 08-94398-13333A.2008.

[7] INERIS, Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques (monoxyde de carbone), INERIST, DRC-09-103128-05616A.2009.

[8] ALOHA Simulator: Areal Locations of Hazardous Atmospheres, National Oceanic and atmospheric Administration Office of Response and Restoration Emergency Response Division Seattle, Washington, 2004.

[9] SOLOMON, S., D. QIN, M. MANNING *et al.* Résumé technique. In: changements climatiques 2007 : *Les éléments scientifiques. Contribution du groupe de travail I au quatrième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques*. Cambridge University Press, Royaume-Uni et New York, NY, Etats-Unis d'Amérique, 2007.

## Chapitre6:

[1] DIRE Tialdi. *Sustainable Development in international Law: An Analysis of Key environmental instruments*, page 22-27, PretoriaUniversity. Law press PULP, ISBN 978-0-9585097-9-4. 2007.

[2] JACQUES André Hertig. *Etudes d'impact sur l'environnement*. Traité de génie civil de l'école polytechnique fédérale de Lausanne, volume 23, page 27, chapitre 1-5-4-3. Sommet de la terre, ISBN 2-88074-630-2, 2006.

[3] CLEMENT Mariotte. *L'Europe centrale et le protocole de Kyoto sur les changements climatiques, quels bénéfices en perspective*, chapitre 2, page 25-46, 2006.

[4] YAËL Pitoun. Inventaire des textes réglementaires relatifs à l'air. Technique de l'ingénieur, traité environnement GR520, page 2. Références GR520 Volume GR 1. Parution 07-2003.

[5] VERGRIETTEBenoit. *Environnement : Définitions et évolutions récentes*. AFSSET Janvier 2006.Consulté Juillet 2015. Disponible dans le site : [www.afssa.fr/ET/Documents/ET/01\\_definitions.pdf](http://www.afssa.fr/ET/Documents/ET/01_definitions.pdf).

[6] OMS. Déclaration de la troisième conférence ministérielle sur l'Environnement et la Santé Londres, 16–18 juin 1999. EUR/ICP/EHCO 020 2 05/18 Rev.5. 1998.

[7] CHIÈZE François, Dominique DAVID *et al.* Contribution à l'évaluation du 2<sup>ème</sup> Plan National Santé Environnement 2009-2013. Évaluation du PNSE2. Juillet 2013.Disponible dans le site:  
[www.cotita.fr/.../pdf\\_2\\_COCITA\\_JT\\_performance\\_energetique\\_\\_\\_sante...](http://www.cotita.fr/.../pdf_2_COCITA_JT_performance_energetique___sante...) Consulté Juillet 2015.

[8] PATRICK Levallois, Pierre LAJOIE. *Pollution atmosphérique et champs électromagnétiques*, page 7-8. Les presses de l'université Laval. ISBN 2-7637-7522-5, 1997.

[9] SOLOMON S., D. QIN, M. MANNING *et al.* Changements climatiques 2007 : *Les éléments scientifiques*. Contribution du Groupe de travail I au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. GIEC. Cambridge University Press, Royaume Uni et New York, NY, Etats-Unis, 2007.

[10] BERNAR Sophie. Evolution temporelle du méthane et du protoxyde d'azote dans l'atmosphère : contrainte par l'analyse de leurs isotopes stables dans le névé et la glace polaires. HAL Id: tel-00701325 Thèse de doctorat de l'Université Joseph Fourier (Grenoble 1). Soutenance le 10/12/2004.

[11] CHRISTIAN Elichegaray. La pollution atmosphérique ambiante en France, sources, surveillance, principaux effets et mesures préventives. Page 27, *Revue Francophone des Laboratoires*, n°380, mars 2006.

[12] HOST S. Exposition à la pollution atmosphérique de proximité liée au trafic : quelques méthodes pour quels risques sanitaires. *Revue d'épidémiologie et de la santé publique*, 2012, 60, 321 – 330.

[13] EILSTEIN D., Pollution atmosphérique exposition prolongée à la pollution atmosphérique et mortalité par pathologies respiratoires. *Revue française d'allergologie* 50, 2010, 51 – 61. Published by Elsevier Masson SA.

[14] POLLUTEC, Rapport, *Perspectives de l'environnement à l'horizon 2050 : les conséquences de l'inaction*. Publié le 12 mars 2013: Hôpital et développement durable, l'OCDE, édition 2012.

[15] OMS, Organisation Mondiale de la Santé, Rapport sur la santé dans le monde, 2000, Pour un système de santé plus performant, A 54.4. 29, mars 2000. ISBN 92 4 256198 3.

[16] DRIZ, Sonatrach. Plan intervention interne de la zone industrielle d'Arzew, révision 0, de Février 2010.

[17] Journal officiel de la république Algérienne, *Décret exécutif n°06-02 du 7 Dhou El Hidja 1426 correspondant au 7 janvier 2006 définissant les valeurs limites, les seuils d'alerte et les objectifs de qualité de l'air en cas de pollution atmosphérique*.

[18] OMS. *Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air : particules, ozone, dioxyde d'azote et dioxyde de soufre Mise à jour mondiale 2005 Synthèse de l'évaluation des risques WHO/S*. disponible sur le site : [www.who.int/topics/air\\_pollution/fr/](http://www.who.int/topics/air_pollution/fr/). Consulté Octobre 2015.

[19] DPAT. Direction de la Planification et de l'aménagement du Territoire. Rapport Année 2007.

[20] DPAT. Direction de la Planification et de l'aménagement du Territoire, Rapport Année scolaire 2007-2008.

## Chapitre 7 :

[1] ALBAKJAJI Mohamad. *La pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures liée au trafic maritime*, Thèse de doctorat, Université de Paris-Est, Version 1 – 6, Juin 2011.

[2] OMI, Trafic maritime pétrolier, principaux mouvements interzones en millions de tonnes métriques. Revue du plan d'action pour la méditerranée (MEDONDES), 2000, n° 40-41, p. 4.

[3] LAOTBOZZI Micaël. *Répression et prévention de la pollution des navires de commerce en méditerranée*, Thèse de doctorat, DESMM - ENMM de Marseille, 2009.

[4] MICHEL Marchand. Les pollutions marines accidentelles au-delà du pétrole brut, les produits chimiques et autres déversements en mer. *Revue Annales des Mines, Responsabilité et Environnement*, juillet 2003, 70-92.

[5] AEE. *Problèmes prioritaires pour l'environnement méditerranéen*. Agence Européenne pour l'Environnement. Rapport AEE n° 4/2006. *Publication europa.eu*. ISBN 92.9167.882.1.

[6] ELISA-NOEMIE Laurent, Frédéric CASTELLANET. 20 Prestige souilleront la méditerranée cette année. Rapport sur la pollution marine par hydrocarbures et les dégazages sauvages en Méditerranée, WWF France, Janvier 2003.

[7] Le livre bleu des engagements du Grenelle de la Mer, 10 au 15 juillet 2009, Paris, MEEDDM, p.21. Consulté le 28 octobre 2009. Disponible à l'adresse : [http://www.legrenellemer.fr/IMG/pdf/LIVRE\\_BLEU\\_Grenelle\\_Mer.pdf](http://www.legrenellemer.fr/IMG/pdf/LIVRE_BLEU_Grenelle_Mer.pdf),

[8] AURELIE Prevot, Surveillance environnementale : La contamination des poissons d'eau douce aux micros plastiques. Rapport scientifique 2013-2014 de l'INERIS, 26 novembre 2014.

[9] MONTEIL L. *L'évolution de la répression pénale de la pollution maritime par hydrocarbures*, Mémoire Master II de droit maritime et des transports, sous la direction de

Monsieur SCAPEL Christian, centre de droit maritime et des transports, faculté du droit et de science politique d'Aix-Marseille, université de droit, d'économie et des sciences d'Aix-Marseille, p.8, 2008-2009.

[10] <http://www.mareesnoires.com/fr/pollution/rejet-naturel/sources-naturelles-hydrocarbures>. Php. Consulté le 09 juin 2009.

[11] ALBAKJAJI, Mohamad, *La pollution de la mer méditerranée par les hydrocarbures liée au trafic maritime*. Thèse de doctorat, Université de Paris-Est, Juin 2011.

[12] OMI. Le Magazine de l'Organisation Maritime Internationale, IMO News, n° 3, 1999, p. 21.

[13] CAROLINE Dommen, Philippe Cullet KLUWER. Droit international de l'environnement Texte de base et références. Editeurs LAW International, ISBN 90-411-0705- 3, 1998.

[14] KHALDOUN Abdelkarim. *Milieu innovateur et développement durable : réflexion méthodologiques sur les outils de développement économique et déclinaisons territoriales. Etude de cas Air métropolitaine oranaise*. Mémoire de Magister, Université d'Oran, Es-Senia, 03/03/2013.

[15] FEKRAOUI A. Caractéristiques géochimiques des eaux géothermales de la région d'Oran *Revue des Energies Renouvelables CER07*, Oujda, 2007, 75 – 8075.

[16] MOUSSA Kacem. *Etude d'une Sebkhha : la Sebkhha d'Oran (Ouest algérien)*. Doctorat d'état en Sciences de la Terre, Faculté des Sciences de la Terre, de Géographie et d'Aménagement du Territoire. Thèse de Doctorat d'état, Laboratoire de Paléontologie stratigraphique et de Paléo environnement, Oran, 2006.

## **Chapitre 8 :**

[1] JACQUES Blamont. Introduction au siècle des menaces. ODOLE JACOB, ISBN 2-7381-1409-1, Mai 2004.

[2] ONM. Office nationale de Météorologie – Météo Algérie, Consulté le 05/01/2015, disponible à l'adresse : [www.meteo.dz/index.php?option=com\\_content&view...Itemid](http://www.meteo.dz/index.php?option=com_content&view...Itemid).

[3] MRE, Algeria. Updating the inventory of national sewerage network; document of Algerian Ministry of Water Resources; September 2012.

[4] AIT MIMOUNE Hamiche, Amine BOUDGHENE, STAMBOULI *et al.* A review on the water and energy sectors in Algeria: Current forecasts, scenario and sustainability issues. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015, 41, 261–276.

[5] MRE Egypt. Strategy and indicators of water sector in Algeria, presentation of Algerian Ministry of Water Resources in Cairo; 21–22 November 2012

[6] DPAT. Direction de la Planification et de l'aménagement du Territoire : Rapport 2007.

[7] DPAT. Direction de la Planification et de l'aménagement du Territoire : Rapport Année scolaire 2007-2008.

[8] IMO. Specialized Training for Liquefied Gas. Revised edition 1999 by the International Maritime Organization, 84-85. IMO publishing. 1999, ISBN 978- 92-801-2362-3.

[9] HOUMEUR Sana. *Modalisation et optimisation de l'Aval des chaines de GNL Algériennes*. Mémoire de Magister, IAP de Boumerdes, Faculté des hydrocarbures et de la chimie, Algérie 2008.

[10] ALEXANDRE Rojey, Bernard DURANT, *Gaz naturelle*, page 253-256, éditions OPHRYS, ISBN 2-7108-0657-6. ISBN 2-7108-0657-6, 1994.

[11] HENG Sun, Dan SHU, Zhihua JIANG. Simulation study of the dynamic performance of a MRC plant with refrigerant charged or leaked. *Cryogenics*, 2012, 52, 8–12.

[12] XIONGWEN Xu, Jinping LIU. Optimization and analysis of mixed refrigerant composition for the PRICO natural gas liquefaction process. *Cryogenics*, 2014, 59.60–69.

[13] WOLFGANG Foerg, Wilfred Bach, Rudolf Stockman. *A new LNG baseload process and the manufacturing of the main heat exchangers*. *Returne home revues* 1998.

[14].HO-MYUNG Chang, MyungJIN Chung,SanggyuLEE*et al.*An efficient multi-stage Brayton–JT cycle for liquefaction of natural gas.*Cryogenics*, 2011, 51, 278–286.

[15] GOMRI Rabah, *Analyse et Simulation du Reforming Primaire (Four de l'Industrie d'Ammoniac)*, thèse de doctorat d'état, page 16 – 25. Soutenue le 22 juin 2006. Université Mentouri, Constantine, Faculté des sciences de l'ingénieur, Département de Génie Chimique.

[16] EFMA. Best Available Techniques (BAT) for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry Booklet No. 1 of 8: *Production of Ammonia*, 2000. pp. 7–18.

[17] CLAUDE Mercier. Industrie pétrochimique et ses possibilités d'implantation dans les pays en voie de développement, éditions Technip, 1966, pages 87-90.

[18] UIIG, IIF. *Cinquième Congrès international sur le gaz naturel liquéfié*, Centre de Congrès, Düsseldorf, Germany, 29.8-1.9, 1977 : Mémoires, Fifth International conférence on Liquefied Natural Gas, Congress Center, Düsseldorf, Germany, August 29 September 1, 1977, sous le patronage de l'Union Internationale de l'Industrie du Gaz, Institut International du Froid, Institute of GasTechnology.

[19] Don-MAC Leese. Encyclopedia Britannica Book word data of the years 2013, page 778 ISBN 978-1-61535-983-7.

[20] DOMINIQUE Auzias, Jean-Paul. *Croisière en Méditerranée*. ISBN 9782746955998, Mai 2012.

[21] Wikipédiafr.wikipedia.org/wiki/Aïn\_El\_Turk.habitantaineturkWekebedia 2014.

[22] DOMINIQUE Auzias, Jean-Paul ABOUDETTE, Marie-Hélène MARTI. *Le petit futé*, 2009-2010. ISBN 97827469211962, 4<sup>ème</sup> édition, Page 282. Groupe CORLET imprimeur France.

[23] RODIER Jean, Bernard LEGUBE, Nicole MERLET, Régis BRUNET.*L'analyse de l'eau*, 9<sup>ème</sup> édition, Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, Dunod, Jun 17, 2009.

[24] OMS. Directives pour la sécurité des eaux de baignade - Volume 1. Eaux côtières et eaux douces, Genève Organisation mondiale de la Santé, 2004.

[25] AURELIE Prevot. *Surveillance environnementale: La contamination des poissons d'eau douce aux micros plastiques*, Rapport scientifique 2013 - 2014 de l'INERIS, 26 novembre 2014.

[26] STEP Bethioua. Site officile de la Wilaya d'Oran. Consulté le 03/10/2015

[wilayaoran.org/31/index.php?option...id...step...bethioua..](http://wilayaoran.org/31/index.php?option...id...step...bethioua..)

[27] DEGRÉMONT. *Mémento technique de l'eau*, Tome 1, 9<sup>ème</sup> édition 1989.

[28] TAYEB Abdelaziz. *Traitement physico- chimique des eaux résiduaire de la Maïserie de Maghnia région de la Tafna Algérie*, Mémoire de Magister, soutenue en septembre 2005.

[29] BOULLET Daniel. *Entreprises et environnement en France de 1960 à 1990*. Alain PLESSIS- 2006. ISBN 2-600-01075-0.

[30] POIZATC. *Les biocénoses marines et littorales de Méditerranées :Synthèse, menaces et perspectives*, Edition 1994, page 74.

[31] Site officiel de la Wilaya d'Oran : Hydrologie site. Consulté le 31/12/2014. Disponible sur le site : [www.wilayaoran.org/.../index.php?...station-dépurat...](http://www.wilayaoran.org/.../index.php?...station-dépurat...)

[32] MONACO A., W. LUDWING, M. PROVANSAL. *Le Golf de lion : Un observatoire de l'environnement en Méditerranée*. Edition Quae 2009, ISBN 978- 2 -7592-0311-6.

[33] BERABARD Normande, Nadine PEBERE, Carolina RICHARD. *Prévention et la lutte contre la corrosion : Une approche scientifique et technique*. Edition INSA ISBN 2-88074-543-8, 2004.

[34] SYLVAIN Moreau. Le point sur les proliférations d'algues sur les côtes métropolitaines. *Commissariat général au développement Durable*. janvier 2014, N° 180 janvier 2014, ISSN / 2100-1634.

[35] DPAT. Population de la wilaya d'Oran sur le site internet de la DPAT. [Archive] Consulté le 14/02/2011.

[36] JEANNE-MAGER Stellman. *Encyclopédie de sécurité de santé au travail*, volume 3. ISBN 92-2-209-1-816, 2002.

- [37] MARPOLO 73/78. Convention MARPOL édition récapitulative de 2011. Protocoles, annexes et interprétations uniformes de la convention internationale de 1973 pour la prévention de la pollution par les navires, telle que modifiée par les protocoles de 1978 et 1997. 5<sup>ème</sup> Edition, 2011.
- 38] XIANGFENG Zeng, Xijuan CHEN, Jie ZHUANG. The positive relationship between ocean acidification and pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 2015, 91, 14–21.
- [39] GUIBOT P. Atlas Hydromologie de la Méditerranée. ShomIfremer, Paris 1987.
- [40] PAUL E. LaViolette. Costal and Estuarine Studies Seasonal and Interannual Variability of the Westren Mediterranean Sea. Américan Geophysical Union. Edition AGU. ISBN 0-87590-260-X, 1994.
- [41] PIETRASANTA Y., D. BONDON. *Le lagunage écologique*. Edition ECONOMICA 1994.
- [42] LASKRI Nabila. *Caractérisation et traitement des eaux résiduaires urbaines de la ville de Annaba*, Mémoire de magister en génie chimie, 2000.
- [43] DOMINIQUE Auzia, Jean Paul ABOURDETTE, Marie-Helène MARTIN. *Le petit Futé Algérie 2009 – 2010*. Edition Groupe Corelt Imprimeur France ISBN 97827 46 921, 1962, 4<sup>ème</sup> édition 2010.
- [44] ELISA-NOEMIE Laurent. Frédéric CASTELLANET. *20 Prestiges souilleront la méditerranée cette année*. Rapport sur la pollution marine par hydrocarbures et les dégazages sauvages en Méditerranée. WWF France Janvier 2003.
- [45] LAOTBOZZI Micaël. *Répression et prévention de la pollution des navires de commerce en méditerranée*, Thèse doctorat, DESMM. ENMM de Marseille, 2008-2009.
- [46] OCDE. Conférence européenne des ministères des transports OCDE : Accès au marché, commerce des services de transport et facilitation des échanges CEMT 2007.
- [47] LIUBARTSEVA S., DOMINICIS M., OIL P., Spill hazard from dispersal of oil along shipping lanes in the Southern Adriatic and Northern Ionian Seas. *Marine Pollution Bulletin*, 2015, 90, 259–272.

[48] MEDSLIKII. *The oil spill model code MEDSLIK-II*. Disponible sur le site : <http://gnoo.bo.ingv.it/MEDSLIKII>.

[49] TAYEB Abdelaziz et Nass Amine. *Ré-raffinage des huiles motrices usagées*, Mémoire d'ingénieur : USTO, juin 2000.

## Chapitre9:

[1] ISO 3743-1. Acoustics - Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure - Engineering methods for small movable sources in reverberant fields Part 1: Comparison method for a hard-walled test room, ISO 3743-1: 2010.

[2] ISO 80000-8. Grandeurs et unités : Partie 8 Acoustique, 2007.

[3] AIT-HAMMOUDA A. *Pré-dimensionnement et étude de sensibilité vibro-acoustique de machines à courant alternatif et à vitesse variable*. Thèse de Doctorat, Soutenue le 07/03/2005. Ecole Centrale de Lille Université des Sciences et de la Technologie de Lille.

[4] PONSONNET P. *Bruit des ventilateurs et calcul acoustique des installations aérauliques*, Edition DUNOD, 1974.

[5] BEAUMONT J., GUARRACINO G. *Eléments d'environnement sonore et de traitement acoustique*. Cours de Physique du Bâtiment 2<sup>ème</sup> année. Vaulx-en-Velin, Ecole Française des Travaux Publics de l'Etat 76p, 1996.

[6] MEYER Bisch. Les chiffres du bruit. *Médecine sciences*, vol. 21, n° 5, 2005, p. 546-550. URI: <http://id.erudit.org/iderudit/010968ar>.

[7] INERIS. Guide Bruit au format Interactif, SSTIE - INERIS, 08 octobre 2013.

[8] JEAN-CLAUDE Duclos, Amélie MASSARDIER, Léon THIERY. *Evaluation du risque lié au bruit par analyse collective d'audiogrammes*, Mars 2011, Colloque « Bruit et Vibration au travail », mars 2011.

[9] DELAROCHE Monique. *Question de personne, Audiométrie Comportementale du très jeune Enfant, Enjeux et modalités*, De Boek, université, ISBN 2-8041-3527-6, 2001.

- [10] TANZARELLA Stéphane. *Perception et communication chez les animaux*. Edition deboeck. ISBN 2-8041-4896-3, 2006.
- [11] VOGEL Corsin. *Etude sémiotique et acoustique de l'identification des signaux sonores d'avertissement en contexte urbain*, Thèse de Doctorat, soutenue le 05 octobre 1999. Université Paris 6.
- [12] JACQUES Libois. *Guide des unités de mesure: Un mémento pour l'étudiant, de Sciences méthodes*, Boeck Université 1999, pp 79 ,78.
- [13] PEURES Augustine, FITZPATRICK Hall, LAMANTIA William. Neurosciences et cognition. Deboeck, page 284. 2005.
- [14] WILLIAM Ganong. *Physiologie médicale*. ISBN 2-8041-4891-2, 2003.
- [15] PHILIPPE Munch, François Xavier Nève. *Une introduction à la phonétique: Manuel à l'intention des linguistes*. CEFAL 2002. ISBN 2-87130-114-X, 2002.
- [16] THOMAS Fillon. Traitement numérique du signal acoustique pour une aide aux malentendants. *Telecom Paris Tech, HAL* <https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00001201> Aril 2005.
- [17] FABRE Julie. *La communication acoustique chez le dauphin et l'impact de la pollution sonore*. Thèse de Doctorat, Faculté de médecine de Créteil, 2014.
- [18] LAURENT Duchesne. *Bruit et nuisances acoustiques des tirs de mines*. Thèse de Doctorat. HALL Id : INERIS-00972131, 03 Avril 2014.
- [19] LUDOVIC Leclercq. *Modélisation dynamique du trafic et applications à l'estimation du bruit routier*, Thèse de Doctorat, 2002.
- [20] LII. Occupational Safety and Health Act. Code of Federal Regs, Title 29, Chapter XVII, Part 1910, Année 2006.
- [21] MARION Alayrac. *Indicateurs de gêne sonore pour l'étude d'impact du bruit d'un site industriel : caractérisation physique et perceptive*, Thèse de doctorat, Lyon, 2009.

[22] ISO 1996-2:2010. Acoustique. Description, évaluation et mesurage du bruit de l'environnement : Partie 2, Détermination des niveaux de bruit de l'environnement, 2010.

[23] LE-NOST Guillaume. *Contribution à l'étude d'impact environnementale sonore des sites industriels : une typologie perceptive de source de bruit* ; Thèse de doctorat, Lyon, 2007.

[24] AFNOR. Acoustique, Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement, NF S 31-010. Paris: AFNOR, 1996, 48p.

[25] AFNOR. Acoustique, Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement, Grandeurs fondamentales et méthodes générales d'évaluation. NF S 31-110. Paris: AFNOR, Tirage 2, 2008, 50p.

[26] KOUSSA, Faouzi. *Evaluation de la performance acoustique des protections antibruit innovantes utilisant des moyens naturels : Application aux transports terrestres*, Thèse de Doctorat, Ecole Centrale de Lyon, Année 2012.

[27] PUJOL, R. *Promenade autour de la cochlée*. <http://www.iurc.montp.inserm.fr/cric/audition/index.htm>, 2004.

[28] JAMES O. Pickles. *An Introduction to the Physiology of Hearing*. Academic Press, 1982.

[29] E.A.G. Shaw: *Handbook of Sensory Physiology*, volume 5/1, chapter The External Ear, pages 455–490. Springer, 1974.

[30] ARAN J.M., A. Dancer, J.M. Dolmazon. *Physiologie de la Cochlée*. INSERM/SFA, 1988.

## **Chapitre 10 :**

[1] PASCAL Auzon, Véronique Rollad, Serge Pinto, Canan Ozsancak Dysarthies. ISBN 978-2-35327-021-7, Solal éditeur 2007.

[2] MARC, Bekmans. *Modélisation des machines électriques en vue du contrôle des effets radiaux*. ISBN 2-87-463-021-7, Mars 2006.

[3] VANNES A.B. L. Vincent. *Laser de puissance et traitements des matériaux*, Chapitre 13, pages 277- 280. ISBN 2-88074-228-5, 1991.

[4] EFMA. Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry, *Booklet* No. 1 of 8: production of ammonia 2000 EFMA, page 7- 18, 2000.

[5] GODLEE F. *Noise: breaking the silence*. BMJ, 304:110-13. 1992.

[6] JONCKHEER P. M. Robert, J.-C.Aubry. *Le bruit en néonatalogie, impact du personnel hospitalier*. Presse Med 33: 1421-4. 2004.

[7] MONDOT Jean-Michel. *Traité Environnement : Méthodologie de réduction du bruit en milieu professionnel*. Techniques de l'Ingénieur.

[8] A.Hamou, H. Abderrahim et H. Keciba. Etude des nuisances sonores dans la ville d'Oran, *Communication Science & Technology*, 2014, N° 14, 1-7.January 2014.

[9] Journal Officiel de la République Algérienne : *Le décret exécutif n°93-184 du 27 juillet 1993 régleme l'émission des bruits*.

[10] MATE. Manuel délégué de l'environnement révision n°03. Année 2014. Ministère d'Aménagement du Territoire et Environnement. MATE 2014.

[11] BIOSCA José de Sagastuy. *Le bruit au travail*. Magazine de l'Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail : 2005. Semaine européenne de la sécurité et de la santé au travail | <http://ew2005.osha.eu.int>.

[12] Journal officiel de l'Union Européenne : Directive 2003/10/CE du parlement Européen et du conseil du 6 février 2003.

[13] AFNOR.AFNORBoutique. Accédée en 2012 à 2013. Disponible sur le site:<http://www.boutique.afnor.org/norme/nf-en-iso-140-7/acoustique-mesurage-de-l-isolation-acoustique-des-immeubles-et-des-elements-de-construction-partie-7-mesurage-in-situ-de-l/article/772652/fa043153>

[14] CEN. EN 12354-5-2009 F. Comité Européen de Normalisation CEN.

[15] LII. Occupational Safety and Health Act. Code of Federal Regs, Title 29, Chapter XVII.

Rapport-Gratuit.com

## Annexe B

---

**Tableau 3.1**

Vitesse du vent max journalier, temps de retour de 2 ans, 5 ans, 10 ans et 20 ans

Temps de retour	Valeur du vent max correspondante (m/s)
2 ans	26
5 ans	29
10 ans	31
20 ans	33

**Tableau 3.3**

Nombre moyen de jours de brouillard province Oran

Nombre moyen de jours de brouillard/an	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
<b>61</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>7</b>

**Tableau 4.1**

Composition Moyenne du GN entré complexes hydrocarbures et pétrochimique

Molécules	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	I C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	N C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	I C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	N C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	CO <sub>2</sub>	He	N <sub>2</sub>	Total
<b>% Molaire</b>	81.36	5.87	1.18	0.23	0.28	0.05	0.04	0.02	0.18	10.79	10.77	100

## Annexe B

**Tableau 4.2**

Quantité de carbone contenu dans le GPL entré complexes GPL d'Arzew

Molécules	% Molaire	Débit Kg/h	Kg/h	$F_{GPL} * Y_{GPL}$ kg/h
$C_2H_6$	2.32	1.42	11 601	9 281
$C_3H_8$	59.7	53.62	438 075	358 345
$C_4H_{10}$	37.98	44.96	367 323	303 776
$C_5H_{12}$	100	100	81 7000	671 403

**Tableau 4.2**

Quantité de carbone contenu dans les produits finaux (PF) de GPL

Molécules	% Molaire	Débit Kg/h	Kg/h	$F_{PF} * Y_{PF}$ kg/h
$C_3H_8$	60,18	53.41	424 609	347 373
$C_4H_{10}$	39.82	46.59	370 390	306 312
<b>Total</b>	100	100	795 000	653 685

## Annexe B

### Tableau 6.2

Décret exécutif n° 06-02 du 7 Dhou El Hidja 1426 correspondant au 7 janvier 2006 définissant les valeurs limites, les seuils d'alerte et les objectifs de qualité de l'Air.

Polluants	Objectif de qualité de l'air en moyenne annuelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valeur limite En moyenne annuelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Seuil d'information en moyenne horaire	Seuil d'alerte en moyenne horaire
<b>Particules fines en suspension</b>	50	80	Fixé par arrêté conjoint en fonction des caractéristiques physiques et chimiques des particules concernées.	
<b>Ozone (O<sub>3</sub>)</b>	110	200	180	360
<b>Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)</b>	135	200	400	600
<b>Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)</b>	150	350	350	600

### Tableau 6.3

Lignes Directrices OMS relatives à la qualité de l'air et cibles intermédiaires pour les particules : concentrations moyennes annuelles

	MP <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	MP <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Base de concentration choisi
<b>Cible intermédiaire 1</b>	<b>70</b>	<b>35</b>	Ces concentrations sont associées à un risque de mortalité à long terme supérieur d'environ 15 % par rapport à la concentration des lignes directrices.
<b>Cible intermédiaire 2</b>	<b>50</b>	<b>25</b>	En plus des autres avantages qu'elles présentent pour la santé, ces concentrations abaissent le risque de mortalité prématurée d'environ 6 % [2 – 11 %] par rapport à la première cible intermédiaire.
<b>Cible intermédiaire 3</b>	<b>30</b>	<b>15</b>	En plus des autres avantages qu'elles présentent pour la santé, ces concentrations abaissent le risque de mortalité prématurée d'environ 6 % [2 – 11 %] par rapport à la deuxième cible intermédiaire.
<b>Lignes Directrices relatives à la qualité de l'air</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	Ce sont là les concentrations les plus faibles auxquelles on a montré que la mortalité totale par maladies cardio-pulmonaires et par cancer du poumon augmente avec un degré de confiance supérieur à 95 % en réponse à une exposition à long terme aux MP <sub>2.5</sub> .

## Annexe B

### Tableau 6.4

Lignes Directrices OMS relatives à la qualité de l'air et cibles intermédiaires pour l'ozone :  
concentration sur 8 heures

	<b>Moyenne journalière sur 8 heures (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Base de concentration choisi</b>
<b>Forte concentrations Cible intermédiaire 1</b>	<b>240</b>	Effet important sur la santé : proportion importante des populations vulnérables touchées.
<b>Première cible intermédiaire</b>	<b>160</b>	<p>Effets importants sur la santé : ne fournit pas une protection suffisante sur le plan de la santé publique. L'exposition à cette concentration d'ozone est associée à :</p> <p>Des effets physiologiques et inflammatoires au niveau pulmonaire chez de jeunes adultes en bonne santé faisant de l'exercice exposés pendant des périodes de 6.6 heures.</p> <p>Des effets sur la santé des enfants (d'après diverses études sur des camps de vacances dans lesquels des enfants ont été exposés aux concentrations d'ozone ambiantes).</p> <p>Une augmentation estimée de 3 % à 5 % de la mortalité journalière (d'après les résultats d'études journalières de séries chronologiques)</p>
<b>Lignes Directrices relatives à la qualité de l'air</b>	<b>100</b>	<p>Confère une protection suffisante en santé publique. Bien que certains effets puissent apparaître au-dessous de cette concentration. L'exposition à cette concentration d'ozone est associée à :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Une augmentation estimée de 1 à 2 % de la mortalité journalière (d'après les résultats d'études journalières sur des séries chronologiques).</li> <li>- Une extrapolation des études au laboratoire et sur le terrain basée sur la probabilité que l'exposition réelle au cours de la vie ait tendance à être répétitive et que les études au laboratoire excluent les sujets très sensibles ou cliniquement très atteints, ou les enfants.</li> <li>- La probabilité que la l'ozone ambiant soit un marqueur des oxydants connexes.</li> </ul>

## Annexe B

**Tableau 6.5**

Lignes Directrices OMS relatives à la qualité de l'air et cibles intermédiaires pour le SO<sub>2</sub> :  
concentrations sur 24h et 10 minutes

	<b>Moyenne journalière sur 24 heures (µg/ m<sup>3</sup>)</b>	<b>Moyenne sur 10 minutes (µg/ m<sup>3</sup>)</b>	<b>Base de concentration choisi</b>
<b>Première cible intermédiaire</b>	<b>125</b>	-	-
<b>Deuxième cible intermédiaire</b>	<b>50</b>	-	Objectif intermédiaire basé sur le contrôle des émissions des véhicules à moteur, des émissions industrielles et/ou des émissions des centrales énergétiques. Ce serait un objectif raisonnable et faisable dans certains pays en développement (qui pourrait être atteint en quelques années), qui conduirait à des améliorations (par exemple viser la valeur des lignes directrices).
<b>Lignes Directrices relatives à la qualité de l'air</b>	<b>20</b>	<b>500</b>	-

**Tableau 9.2**

La vitesse de propagation du son dans différents milieux [S. Tanzarellla]

<b>Milieu</b>	<b>Vitesse du son (en m/s)</b>
<b>Caoutchouc souple</b>	70
<b>Oxygène</b>	316
<b>Air à 0 °C</b>	331
<b>Azote</b>	334
<b>Air à 20 °C</b>	340
<b>Vapeur d'eau</b>	402
<b>Helium</b>	970
<b>Hydrogène à 0 °C</b>	1 270
<b>Eau</b>	1 400
<b>Eau douce à 8 °C</b>	1 435
<b>EDM à 15 °C</b>	1 500
<b>Eau salée</b>	1 500 à 1 800
<b>Béton</b>	3000
<b>Bois</b>	4 000
<b>Acier, verre</b>	5 000

## Annexe B

**Tableau 10.2**

Les coordonnées planétaire des emplacements de mesurage limites batteries des complexes.

<b>Coordonnés planétaires</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
Point 1	35°50'46.94"N	0°18'45.12"O
Point 2	35°50'51.45"N	0°18'51.34"O
Point 3	35°50'56.30"N	0°18'37.84"O
Point 4	35°50'28.94"N	0°18'30.33"O
Point 5	35°50'35.39"N	0°18'50.57"O
Point 6	35°50'44.24"N	0°18'46.63"O
Point 7	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O
Point 8	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O
Point 9	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O
Point 10	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O
Point 11	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O
Point 12	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O
Point 13	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O
Point 14	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O
Point 15	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O
Point 16	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O
Point 17	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O
Point 18	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O
Point 19	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O
Point 20	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O
Point 21	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O

## Annexe B

---

**Tableau 10.2 (suite)**

Les coordonnées planétaire des emplacements de mesurage limites batteries des complexes.

<b>Coordonnées planétaires</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
Point 22	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O
Point 23	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O
Point 24	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O
Point 25	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O
Point 26	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O
Point 27	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O
Point 28	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O
Point 29	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O
Point 30	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O
Point 31	35°50'33.57"N	0°18'51.34"O

## Annexe B

### Tableau 10.3

Echelle des bruits d'après : Code permanent Environnement et Nuisance législatives

### Echelle des bruits

(D'après : Code Permanent Environnement et Nuisances, Editions législatives)

Possibilité de conversation	Sensation auditive	Niveau en dB(A)	Bruits intérieurs	Bruits extérieurs	Bruits de véhicules
A voix chuchotée	Seuil d'audibilité	0	Laboratoire d'acoustique		
	Silence inhabituel	5			
	Très calme	10	Studio d'enregistrement		
		15			
	Calme	20	Studio de radio		
		25		Jardin silencieux	
		30	Appartement dans un quartier tranquille	Zone rurale de nuit	
	35		Jardin tranquille	Bateau à voile	
A voix normale	Assez calme	40		Zone rurale de jour	
		45	Appartement normal	Bruits minimaux le jour dans la rue	Transatlantique de 1ere classe
Assez forte	Bruits courants	50		Rue très tranquille	Auto silencieuse
		60	Musique de chambre	Rue résidentielle	Bateau à moteur
	Bruyant mais supportable	65	Appartement bruyant		Automobile de tourisme sur route
		70	Restaurant bruyant Musique	Circulation importante	Wagons-lits modernes
		75	Usine moyenne		Métro sur pneus
Difficile	Pénible	85	Radio très puissante Atelier de tournage et d'ajustage	Circulation intense à 1m	Camion, Tracteur
		95	Atelier de forgeage	Rue à trafic intense	Avion de transport à hélices à faible distance
Obligation de crier pour se faire entendre	Très difficilement supportable	100	Scie à ruban	Marteau piqueur à moins de 5m	Moto sans silencieux à moins de 2m
		105	Raboteuse		
		110	Atelier de chaudronnerie		Train passant dans un gare
Impossible	Seuil de la douleur	120	Banc d'essai de moteurs		Moteurs d'avion à quelques mètres
		130	Marteau Pilon		
	Protection spéciale	140	Turboréacteur au banc d'essais		

## Annexe B

**Tableau 10.4**

Guide Bruit au format Interactif, SSTIE - 08 Octobre 2013.

Norme ISO dans le domaine acoustique INERIS

Numéro de la norme	date	Objet de la norme
<b>ISO 3744</b>	1994	Acoustique- Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique- Méthode d'expertise dans des conditions approchant celles du champ libre sur plan réfléchissant
<b>ISO 3746</b>	1995	Acoustique- Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique- Méthode de contrôle employant une surface de mesure enveloppante au-dessus d'un plan réfléchissant.
<b>ISO 3747</b>	2000	Acoustique- Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique- Méthode de comparaison pour une utilisation in situ
<b>ISO 4869-1</b>	1990	Acoustique – Protecteur individuels contre le bruit- Partie 1 : Méthode subjective de mesurage de l'affaiblissement acoustique
<b>ISO 4869-2</b>	1994	Acoustique – Protecteur individuels contre le bruit- Partie 1 : Estimation des niveaux de pression acoustique pondérée A en cas d'utilisation de protecteurs individuels contre le bruit
<b>ISO 6393</b>	2008	Engins de terrassement – Détermination du niveau de puissance acoustique- Conditions d'essais statique
<b>ISO 6395</b>	2008	Engins de terrassement – Détermination du niveau de puissance acoustique- Conditions d'essais dynamique
<b>ISO 9612</b>	1997	Acoustique guide pour le mesurage et l'évaluation de l'exposition au bruit en milieu de travail
<b>ISO9614-3</b>	2002	Acoustique- Détermination par intensimétrie des niveaux de puissance émis par les sources de bruit – Partie 3 : Méthode de précision pour mesurage par balayage
<b>ISO 11546-2</b>	1995	Acoustique- Détermination de l'isolement acoustique des encoffrements – Partie 2 : Mesurage sur site (aux fins d'acceptation et de vérification
<b>ISO 11690-1</b>	1996	Acoustique – pratique recommandée pour la conception de lieux de travail a bruit réduit
<b>ISO 11690-1</b>	1996	Acoustique – Pratique recommandée pour la conception de lieu de travail a bruit réduit contenant des machines – Partie 2 : Moyens de réduction du bruit

## Annexe B

**Tableau 10.5**

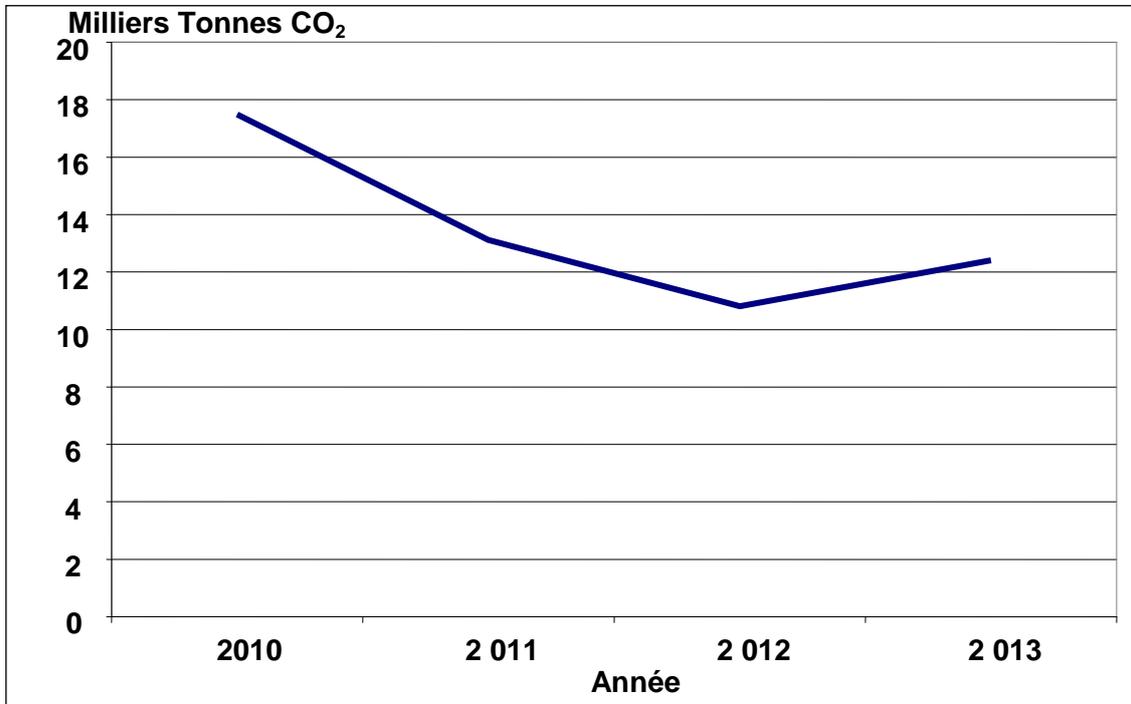
Guide Bruit, Norme Française AFNOR

<b>Numéro de la norme</b>	<b>date</b>	<b>Objet de la norme</b>
<b>NF EN 24869-1</b>	01/02/1993	Acoustique protection individuels contre le bruit Partie 1 : méthode subjective de mesurage de l'affaiblissement acoustique
<b>NF EN 352-2</b>	01/02/2003	Acoustique protection individuels contre le bruit Partie 2 : bouchon d'oreille
<b>NF EN 61252</b>	01/07/1995	Electroacoustique spécification des exposimètres acoustiques individuels
<b>NF S 31-084</b>	Octobre 2002	Méthode de mesurage des niveaux d'exposition au bruit en milieu de travail
<b>CEI 61672-1-2002</b>	02/05/2005	Electroacoustique sonomètres Partie 1 : spécifications
<b>NF EN ISO 4869-2</b>	1994	Acoustique – Protecteurs individuels contre le bruit – Partie 2 : Estimation des niveaux de pression acoustique pondérés A en cas d'utilisation de protecteurs individuels contre le bruit
<b>PR NF EN ISO 9612</b>	05/06/2007	Acoustique –Détermination de l'exposition au bruit en milieu de travail Méthode d'expertise

## Annexe A

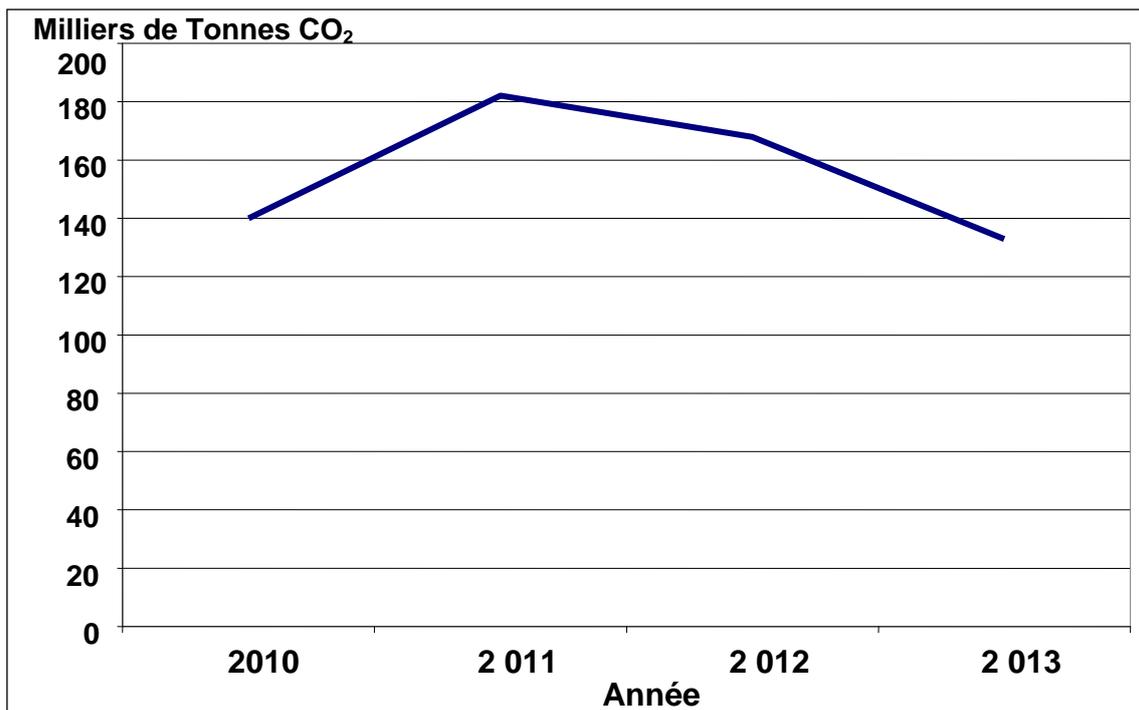
**Figure 4.4**

Evaluation de la quantité du Gaz CO<sub>2</sub> rejeté vers atmosphère par les six (6) sections de décarbonatation de l'unité GL1Z, durant les quatre dernières années d'exploitation



**Figure 4.5**

Evaluation de la quantité du Gaz CO<sub>2</sub> dégagé par les torches de l'unité GL1Z, durant les quatre dernières années d'exploitation



## Annexe A

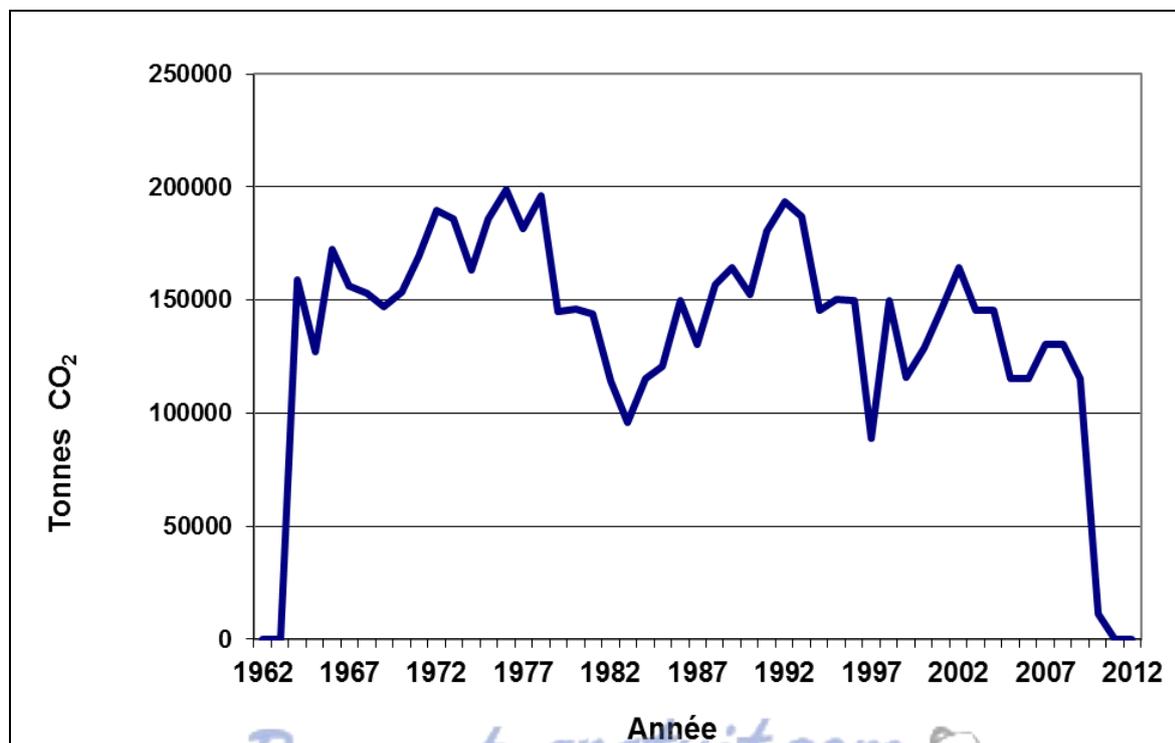
**Figure 4.6**

Evaluation de la quantité de CO<sub>2</sub> dégagé par le complexe GL1Z entre 1979 - 2013, avec l'estimation des émissions CO<sub>2</sub> durant la période de 2014 - 2030



**Figure 4.8**

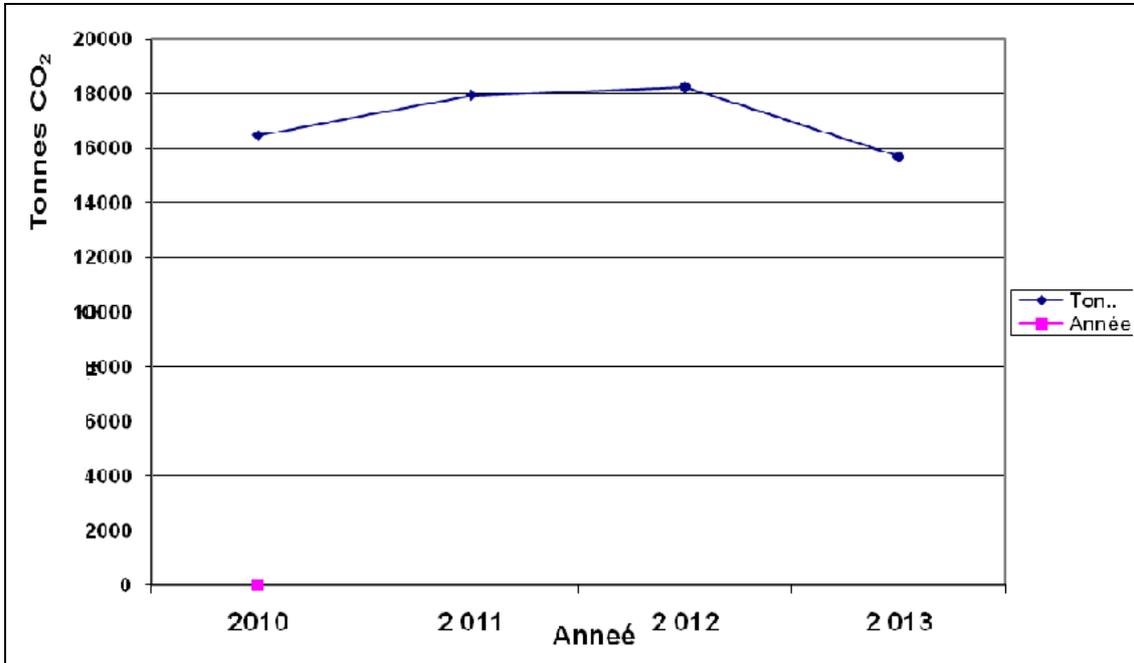
Evaluation de la quantité de CO<sub>2</sub> dégagé par le complexe GL4Z période 1963 - 2010. Cette unité a été mise hors exploitation 2010



## Annexe A

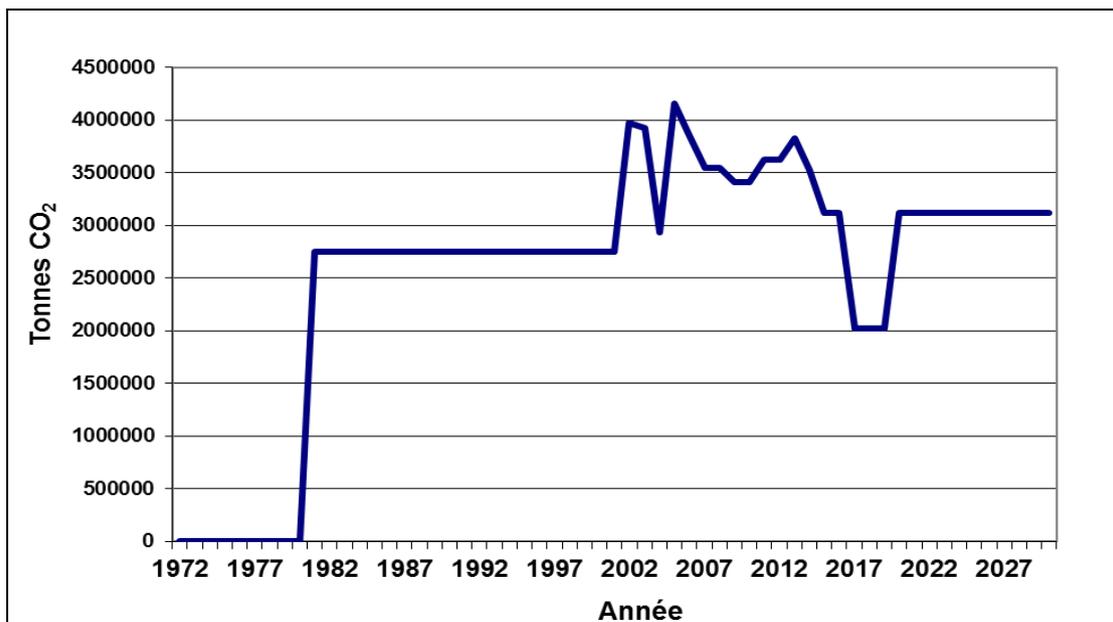
**Figure 4.10**

Evaluation de la quantité du Gaz CO<sub>2</sub> rejeté vers atmosphère par les six (6) sections de décarbonatation de l'unité GL2Z, durant la période 2010-2013



**Figure 4.11**

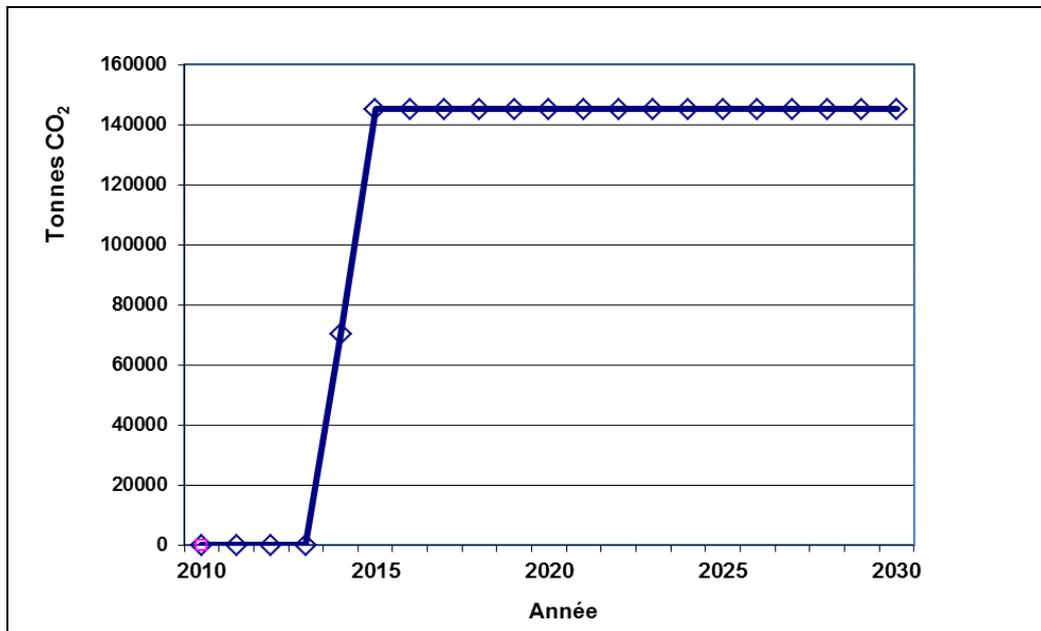
Evaluation de la quantité de CO<sub>2</sub> dégagé par le complexe GL2Z, période 1982-2013, avec l'estimation des futures émissions CO<sub>2</sub> pour la période 2014 - 2030



## Annexe A

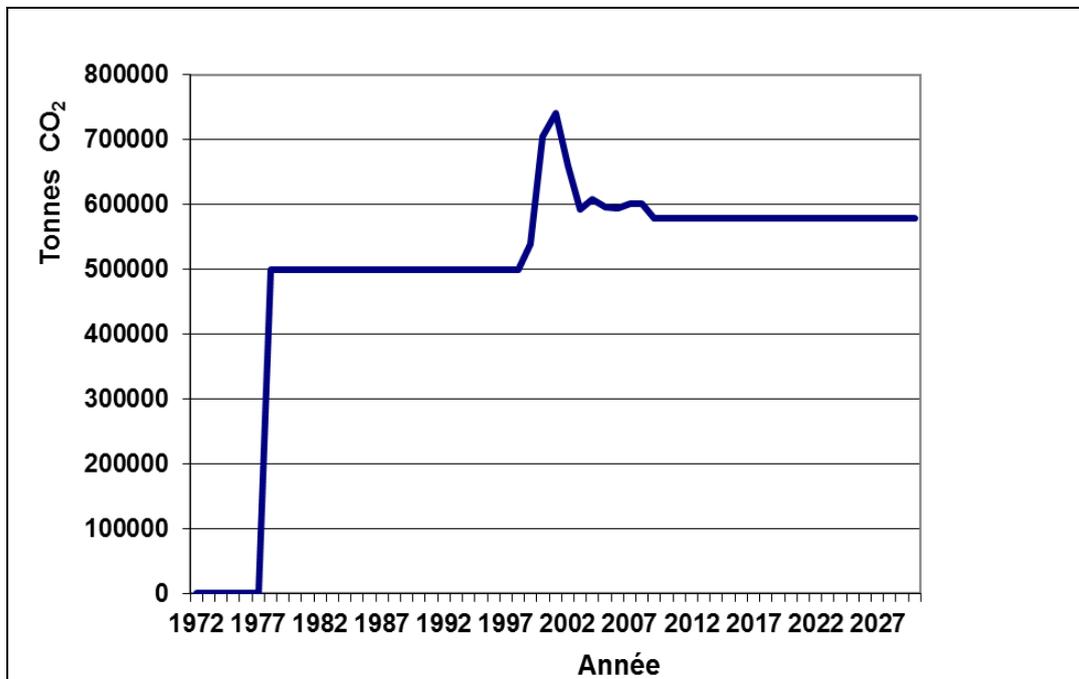
**Figure 4.13**

Evaluation de la quantité de CO<sub>2</sub> dégagé par le complexe GL3Z. Le premier chargement Méthanier de GNL a été réalisé le mois d'Aout.



**Figure 4.15**

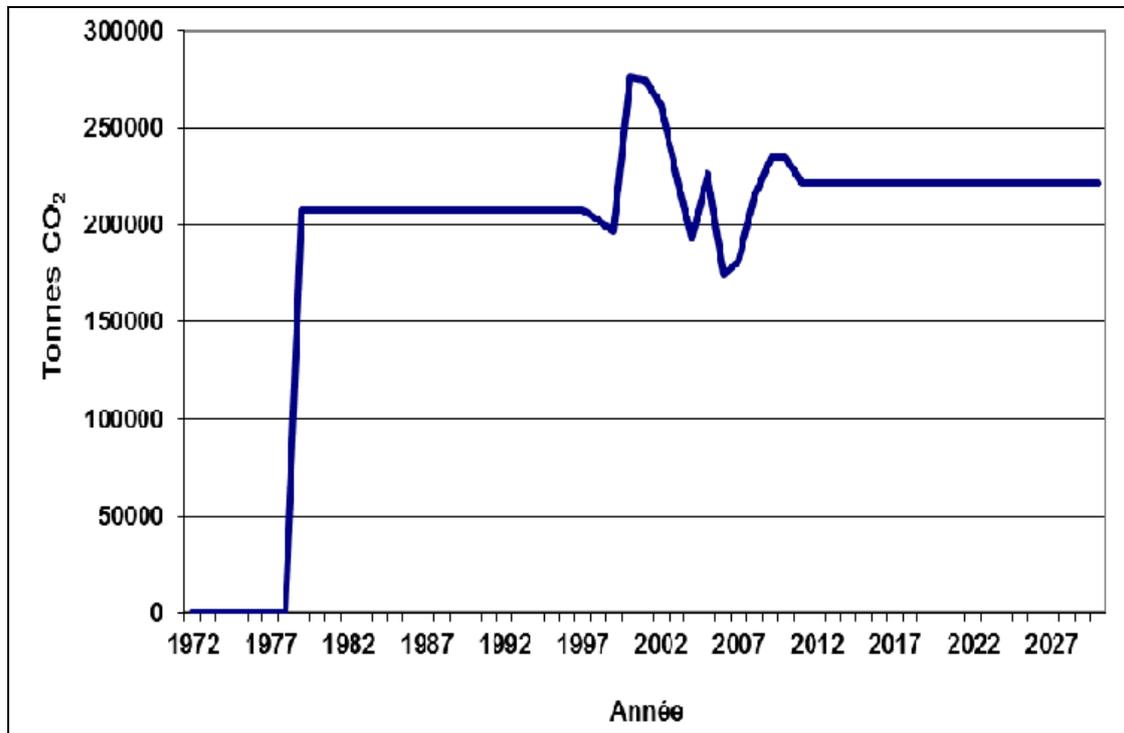
Evaluation de la quantité de CO<sub>2</sub> dégagé par le complexe GP1Z pour la période 1982 - 2013, avec l'estimation des futures émissions CO<sub>2</sub> entre la période 2014 - 2030



## Annexe A

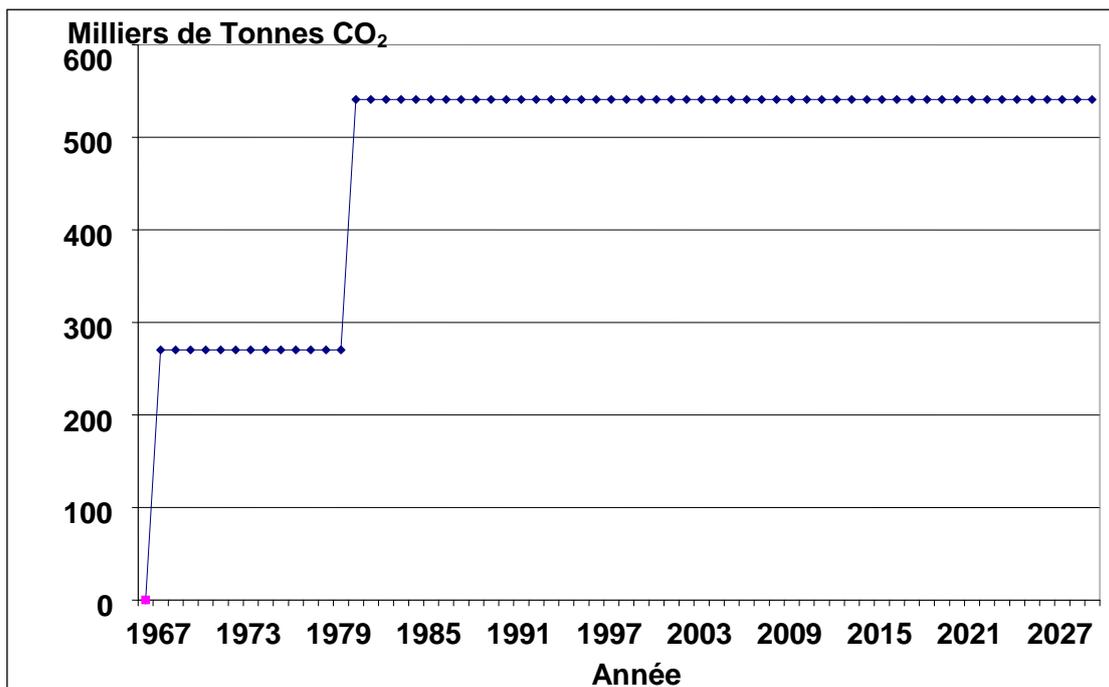
**Figure 4.16**

Evaluation de la quantité de CO<sub>2</sub> dégagé par le complexe GP2Z pour la période 1977 - 2013, avec l'estimation des futures émissions CO<sub>2</sub> entre la période 2014 - 2030



**Figure 4.18**

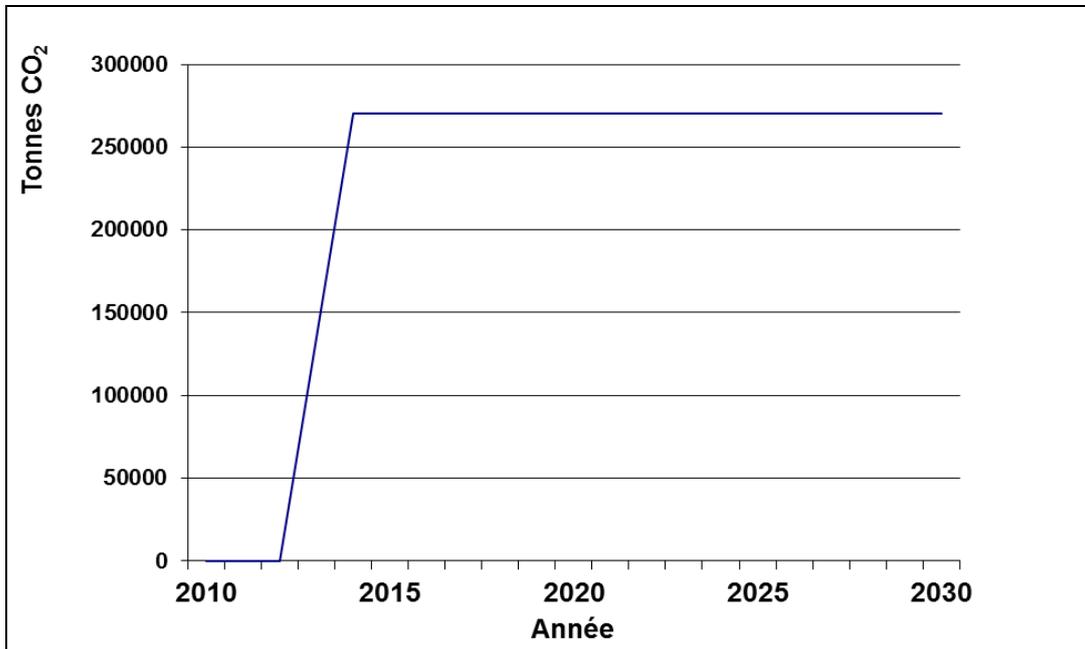
Evaluation de la quantité de CO<sub>2</sub> pur dégagé par le Complexe d'ammoniac et d'engrais azoté FERTIAL (Ex. ASMIDAL) pour la période 1967 - 2013, avec l'estimation des futures émissions CO<sub>2</sub>, période 2014 - 2030



## Annexe A

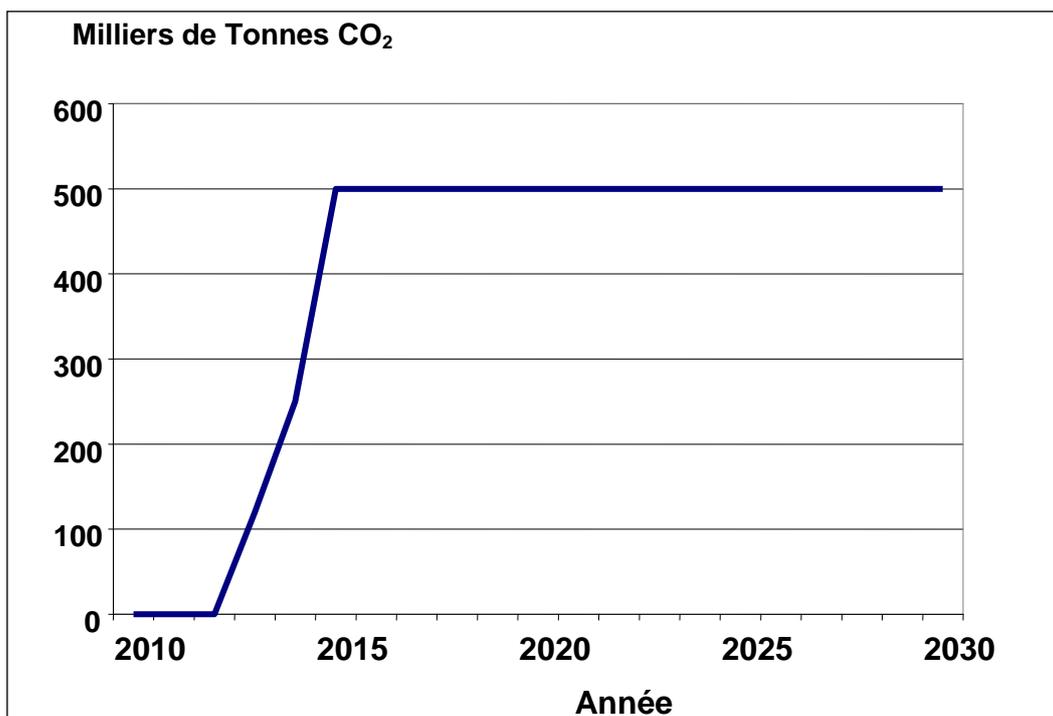
**Figure 4.19**

Evaluation de la quantité de CO<sub>2</sub> pur dégagé par le Complexe d'ammoniac et d'engrais azoté SORFET pour la période 2013 - 2030



**Figure 4.20**

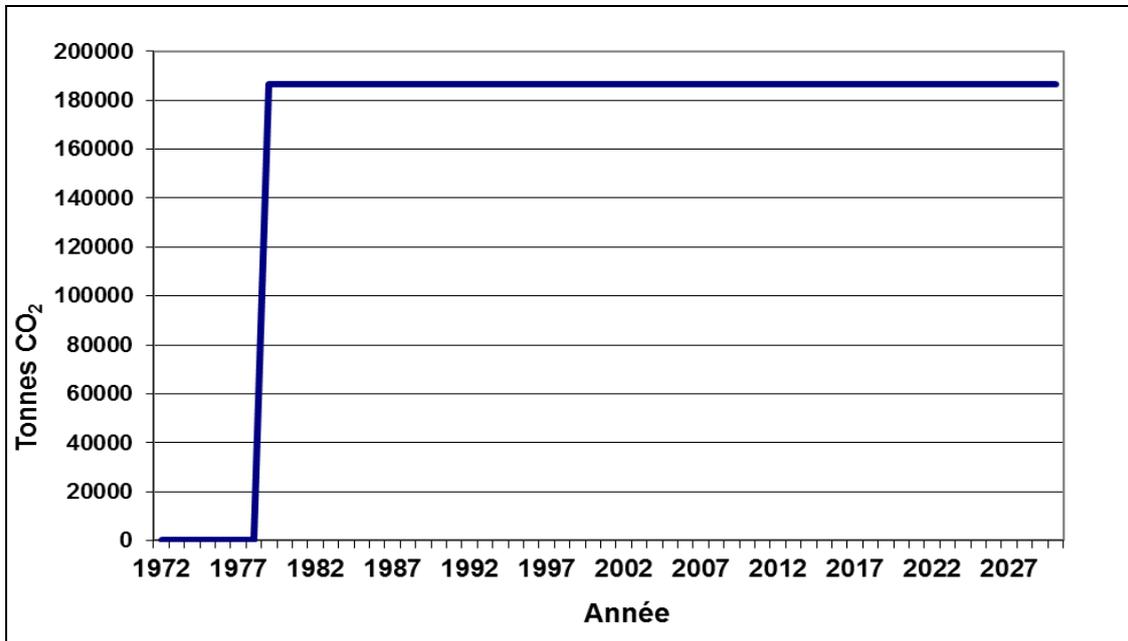
Evaluation de la quantité de CO<sub>2</sub> pur dégagé par le Complexe d'ammoniac et d'engrais azoté AOA pour la période 2013 - 2030



## Annexe A

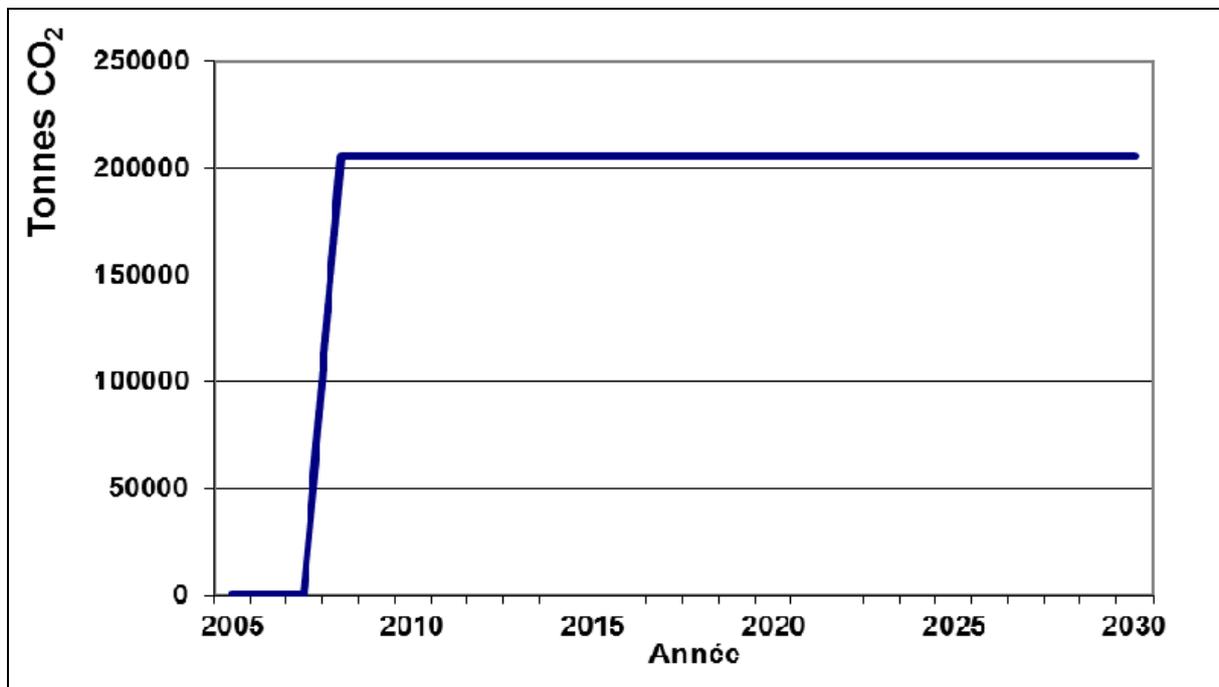
**Figure 4.21**

Evaluation de la quantité de CO<sub>2</sub> dégagée par le Complexe Méthanol CP1Z pour la période 1979 – 2030



**Figure 4.22**

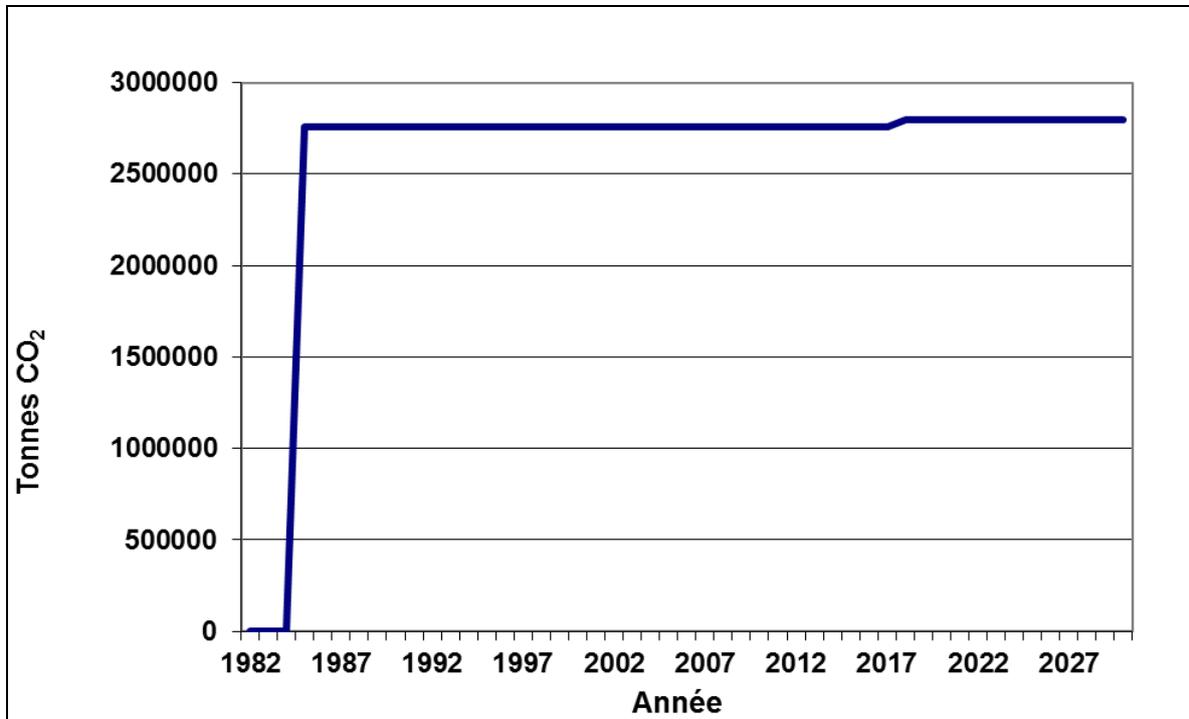
Evaluation de la quantité CO<sub>2</sub> dégagée par l'Unité KAHRAMA période 2008 -2030



## Annexe A

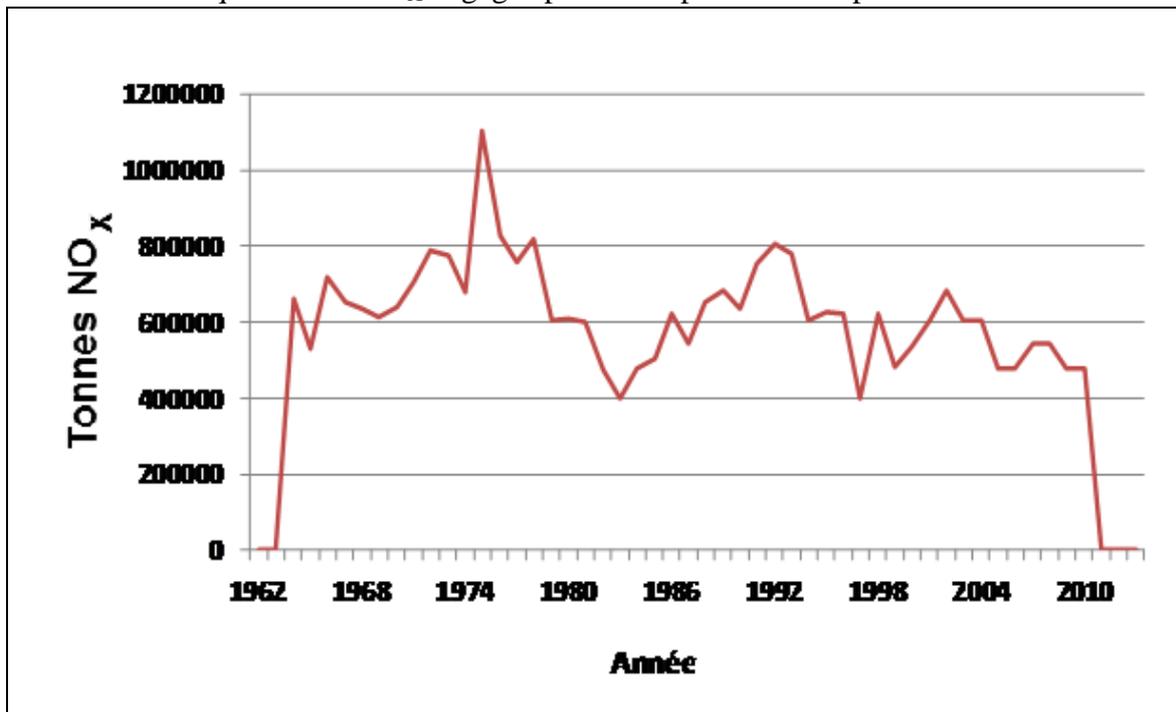
**Figure 4.23**

Evaluation de la quantité CO<sub>2</sub> dégagée par SONELGAZ Mers El période 1985 -2013, avec l'estimation des futures émissions CO<sub>2</sub>, période 2014 - 2030



**Figure 4.25**

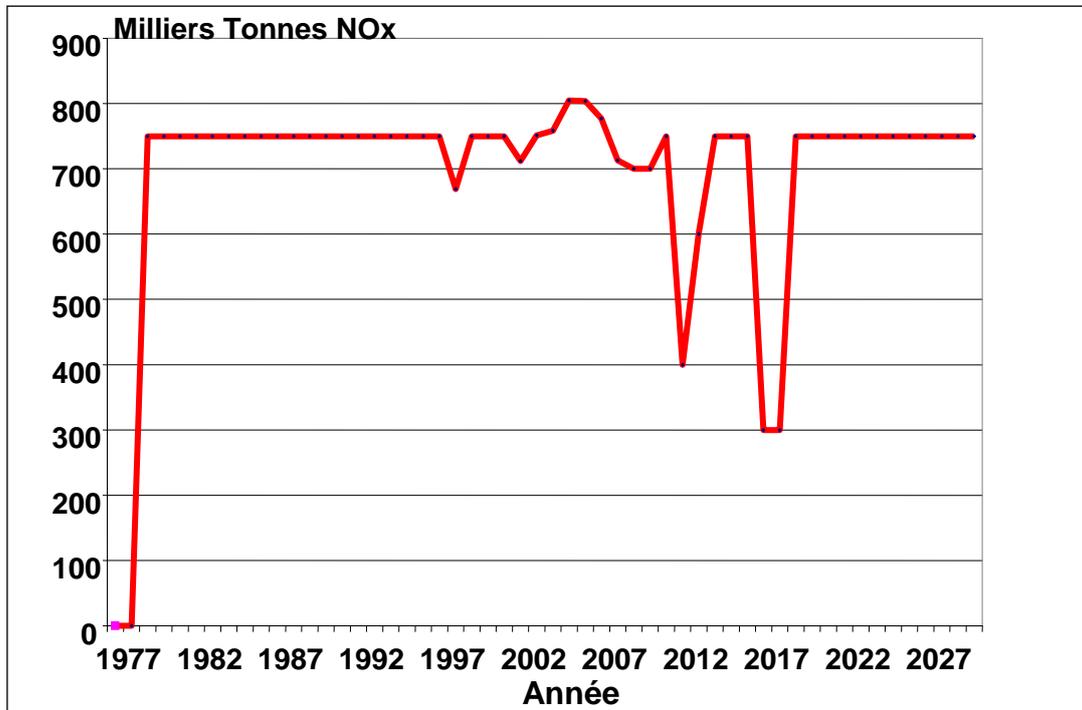
Evaluation de la quantité de NO<sub>x</sub> dégagée par le complexe GL4Z période 1963- 2010



## Annexe A

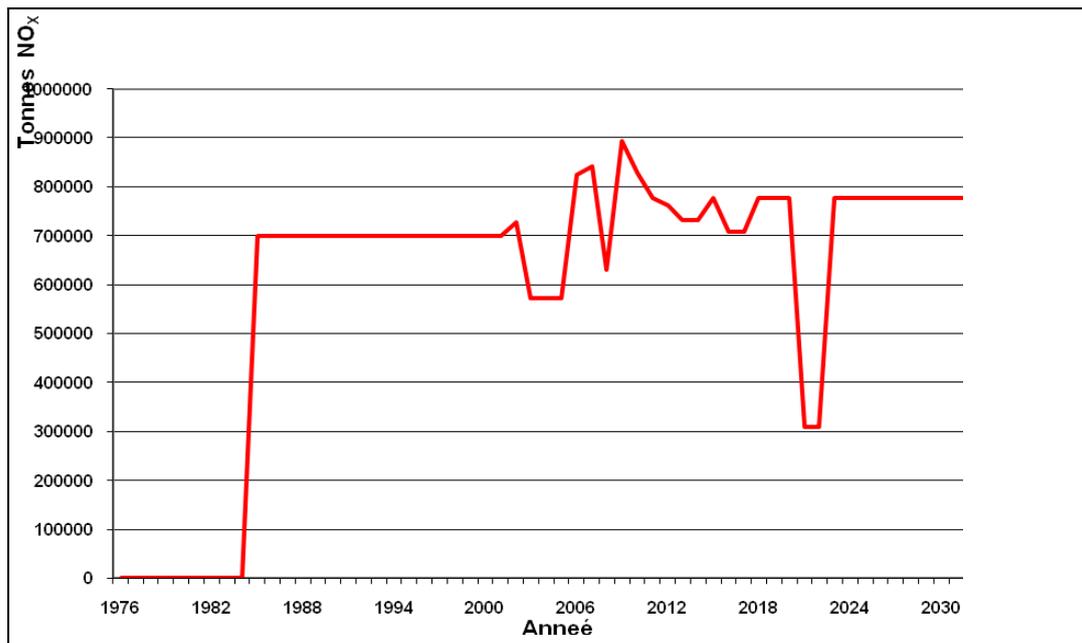
**Figure 4.26**

Evaluation de la quantité de NO<sub>x</sub> dégagée par le complexe GL1Z entre 1979 -2013, avec l'estimation des émissions NO<sub>x</sub> durant la période de 2014 – 2030



**Figure 4.27**

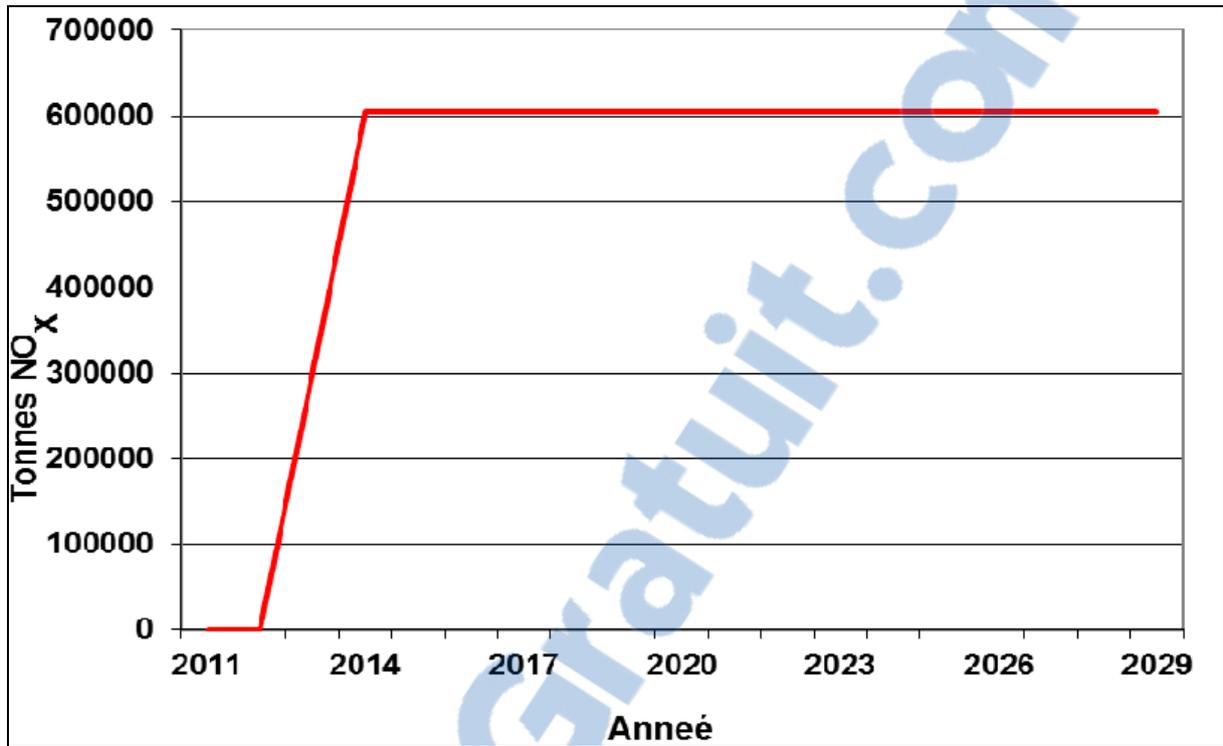
Evaluation de la quantité de NO<sub>x</sub> dégagée par le complexe GL2Z entre 1982- 2013, avec l'estimation des émissions NO<sub>x</sub> durant la période de 2014 - 2030



## Annexe A

**Figure 4.28**

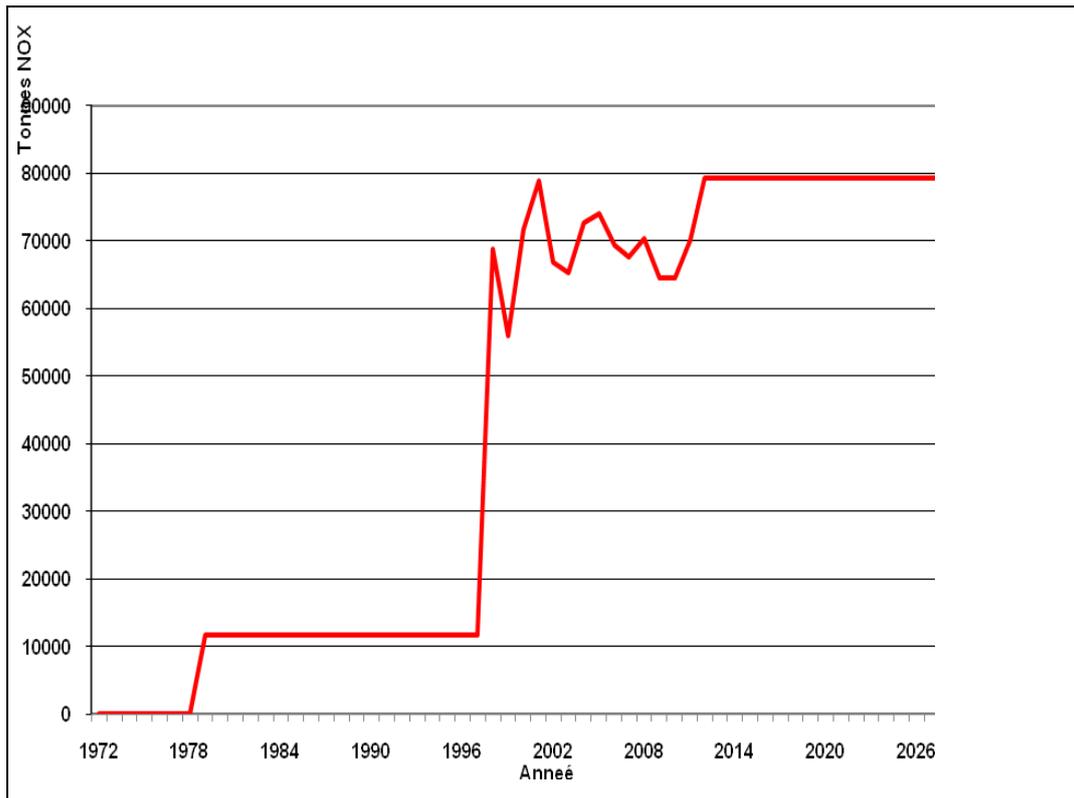
Suivi quantitative des Emissions  $\text{NO}_x$  dégagée par le complexe GNL3Z Arzew Algérie.



**Figure 4.29**

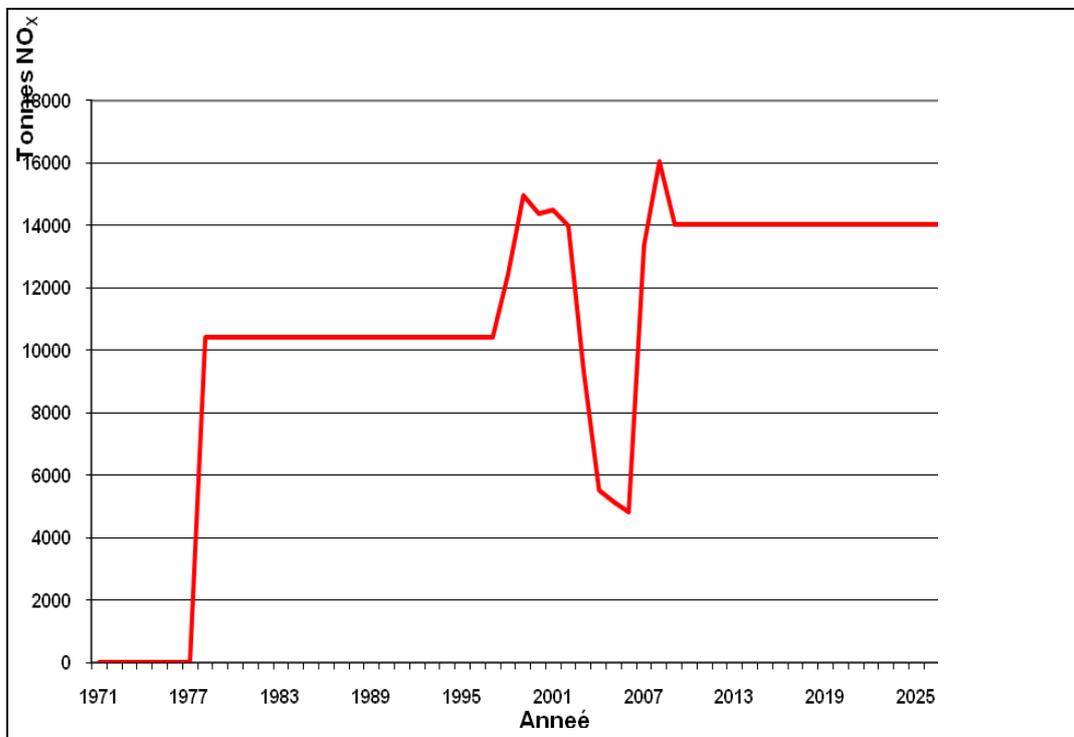
Evaluation de la quantité de  $\text{NO}_x$  dégagée par le complexe GP1Z entre 1978 et 2013, avec l'estimation des émissions  $\text{NO}_x$  durant la période de 2014 - 2030.

## Annexe A



**Figure 4.30**

Evaluation de la quantité de NO<sub>x</sub> dégagée par le complexe GP2Z entre 1978-2013, avec l'estimation des émissions NO<sub>x</sub> durant la période de 2014 – 2030.



**Figure 4.31**

## Annexe A

Evaluation de la quantité de NO<sub>x</sub> dégagée par le complexe d'Ammoniac liquide et d'engrais azoté FERTIAL (Ex. ASMIDAL) GL2Z entre 1967- 2013, avec l'estimation des émissions NO<sub>x</sub> durant la période de 2014 - 2030.

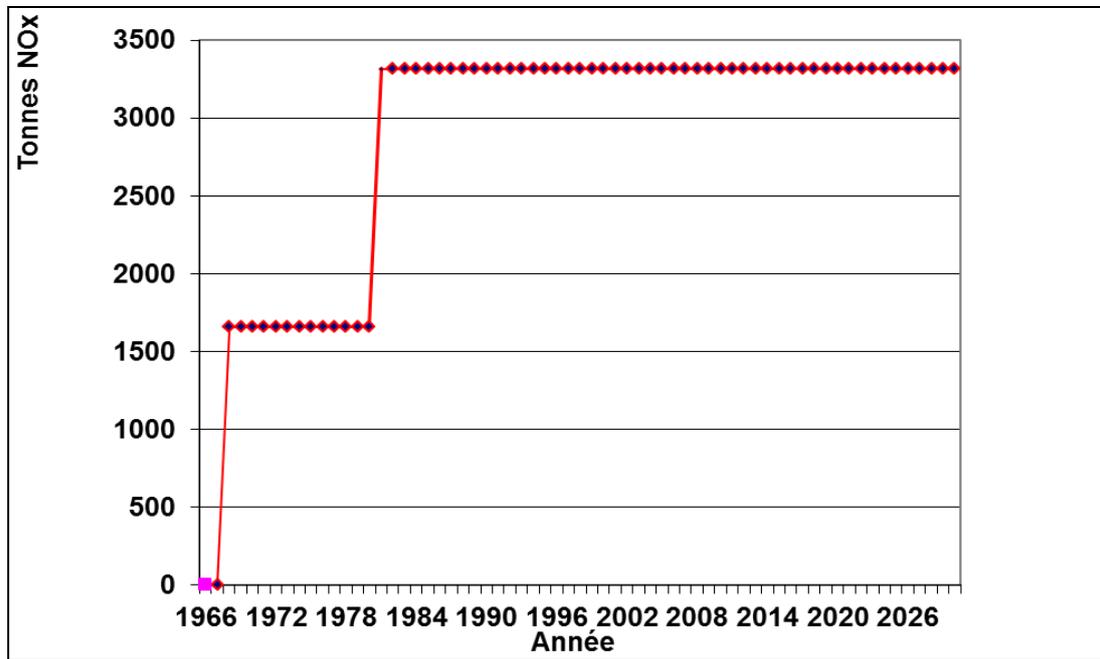
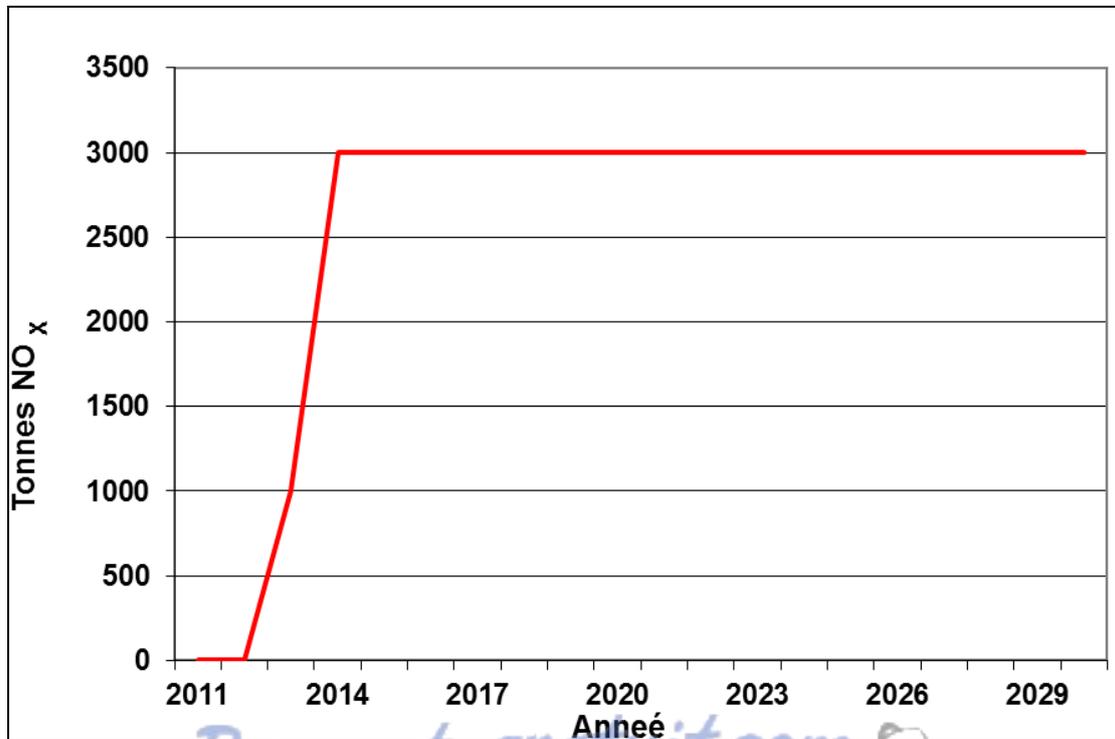


Figure 4.32

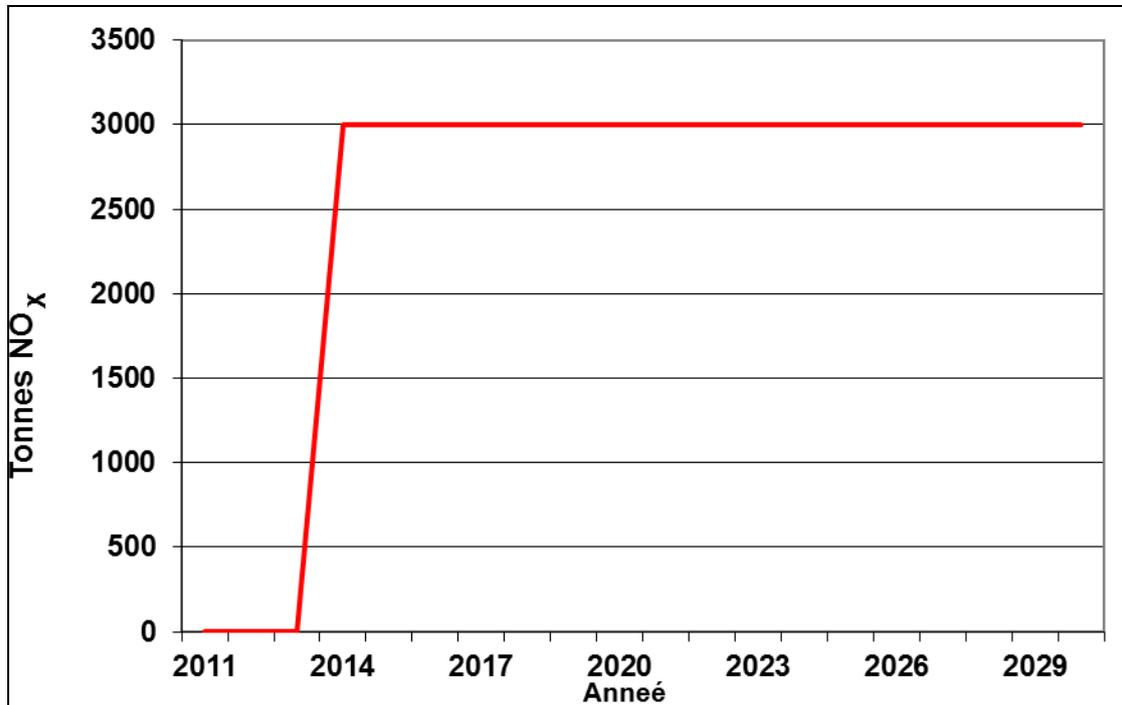
Evaluation de la quantité de NO<sub>x</sub> dégagée par le complexe d'Ammoniac et d'engrais azoté (SORFET) 2013- 2030



## Annexe A

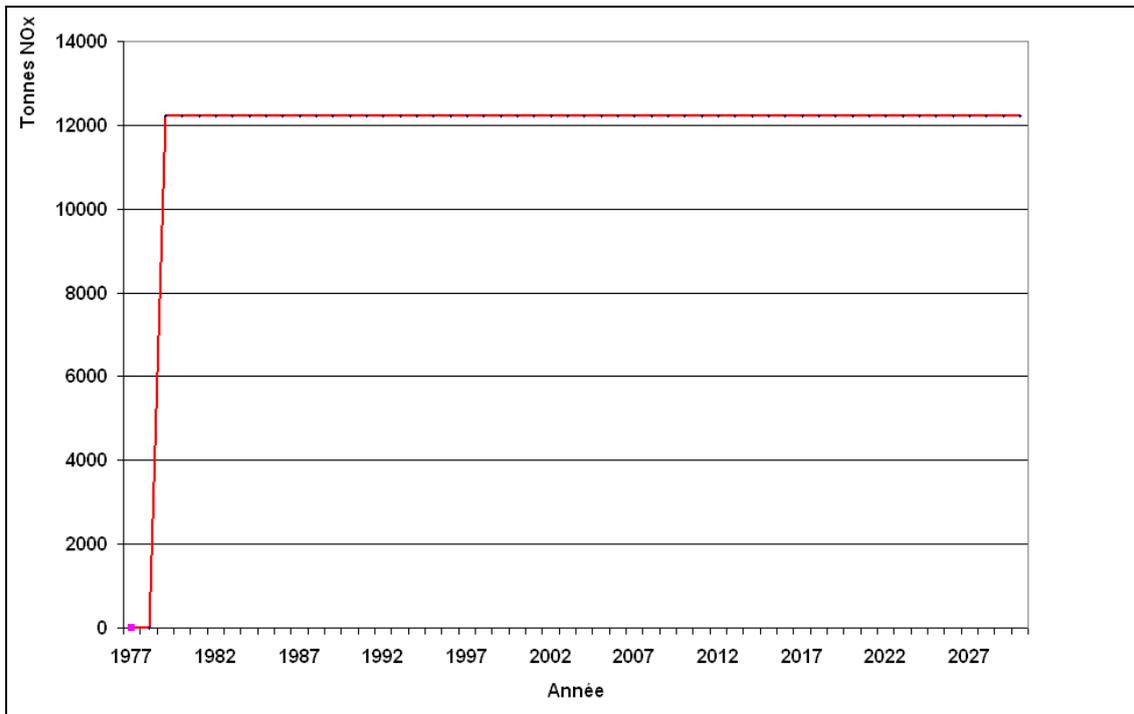
**Figure 4.33**

Evaluation de la quantité de  $\text{NO}_x$  dégagée par le complexe d'ammoniac et d'engrais azoté (AOA), période 2013-2030



**Figure 4.34**

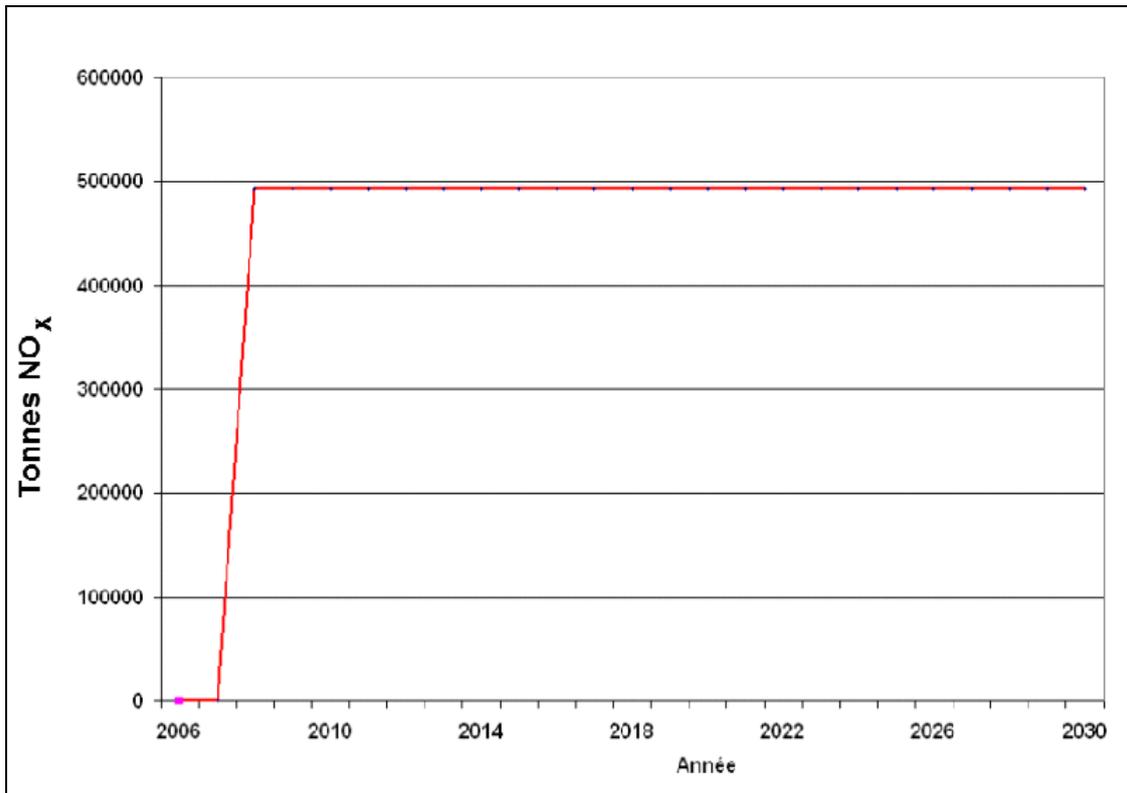
Evaluation de la quantité de  $\text{NO}_x$  dégagée par l'Unités Méthanol CP1Z entre 1978- 2013, avec l'estimation des émissions  $\text{NO}_x$  durant la période de 2014 – 2030



## Annexe A

**Figure 4.35**

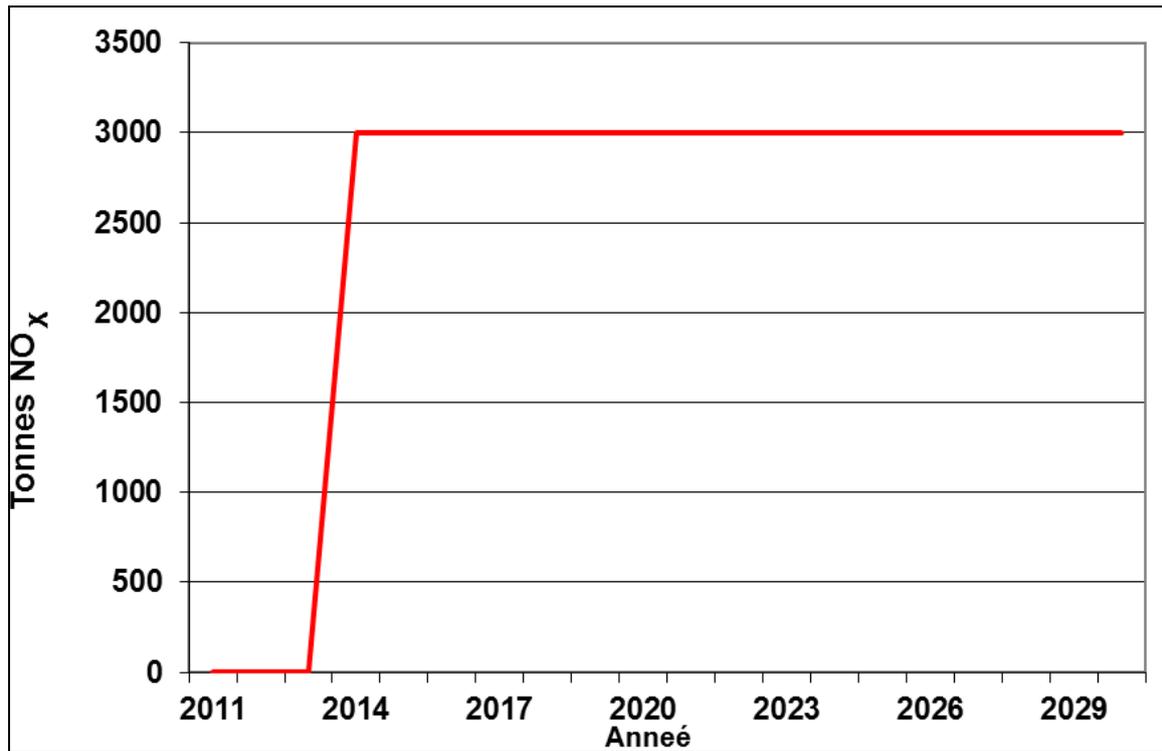
Evaluation de la quantité de NO<sub>x</sub> dégagée par l'unité KAHRAMA entre 2008- 2030



**Figure 4.36**

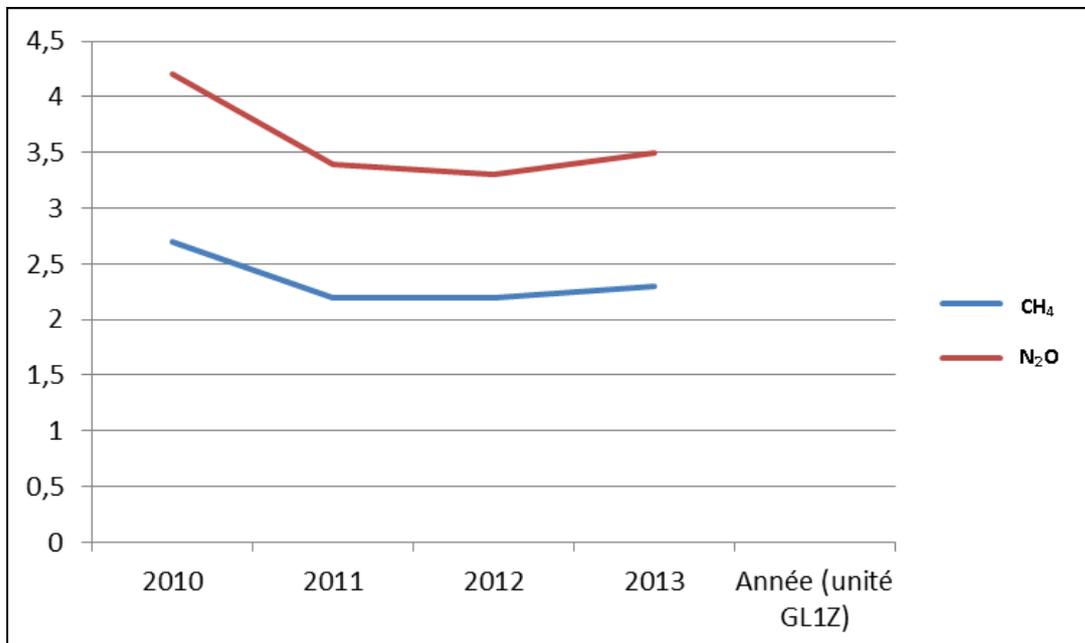
Evaluation de la quantité de NO<sub>x</sub> dégagée par la centrale électrique SONELGAZ Mers EL hadjadj Arzew Algérie. Période 1985- 2013, avec l'estimation des futures émissions jusqu'à 2030

## Annexe A



**Figure 4.38**

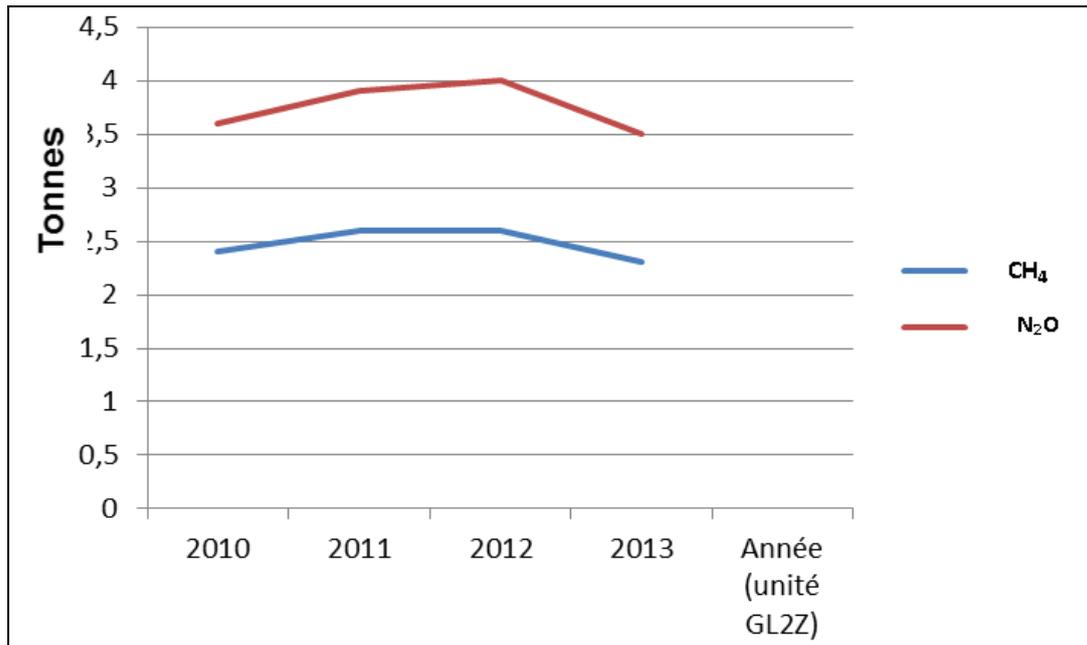
Evaluation de la quantité des Gaz CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O rejetés vers atmosphère par l'unité GL1Z



**Figure 4.39**

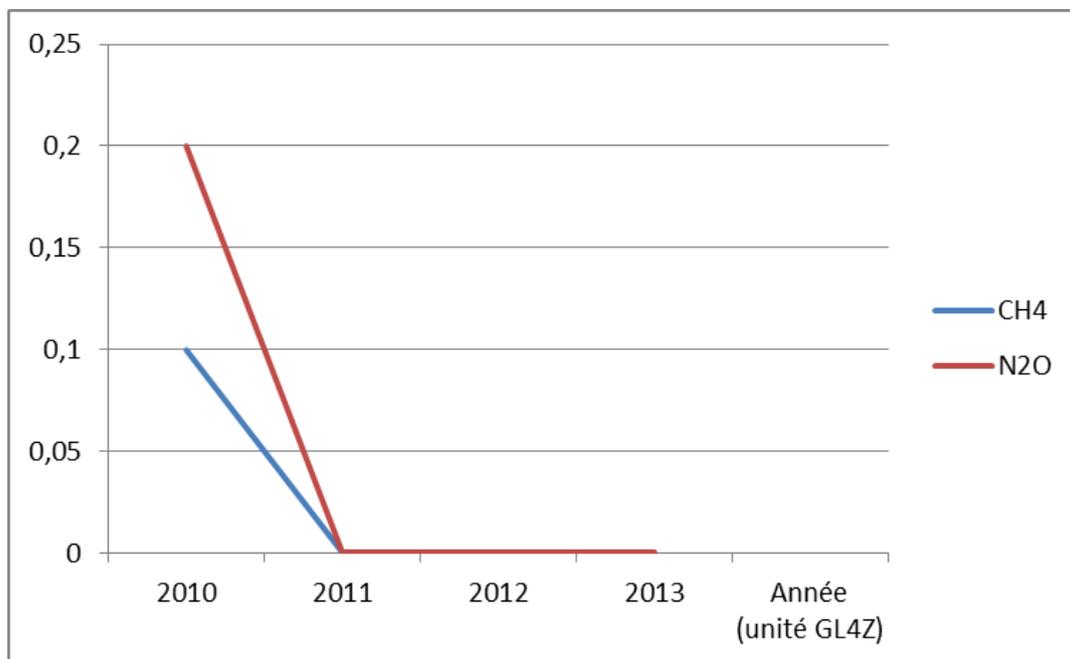
Evaluation de la quantité des Gaz CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O rejetés vers atmosphère par l'unité GL2Z

## Annexe A



**Figure 4.40**

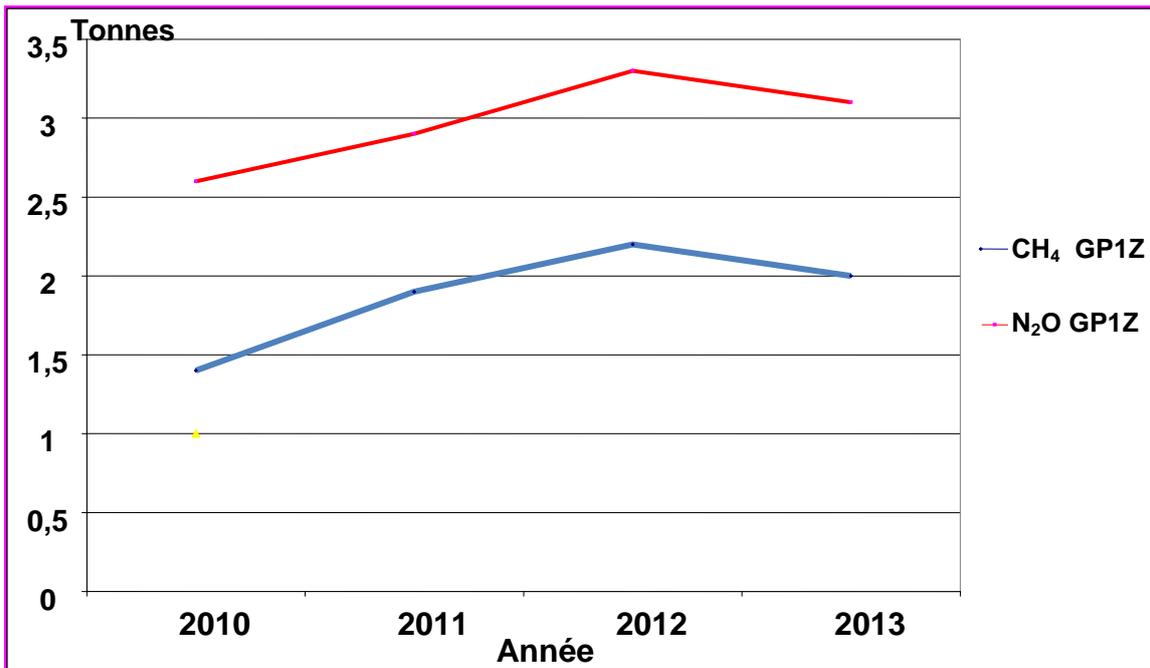
Evaluation de la quantité des Gaz CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O rejetés vers atmosphère par l'unité GL4Z



**Figure 4.41**

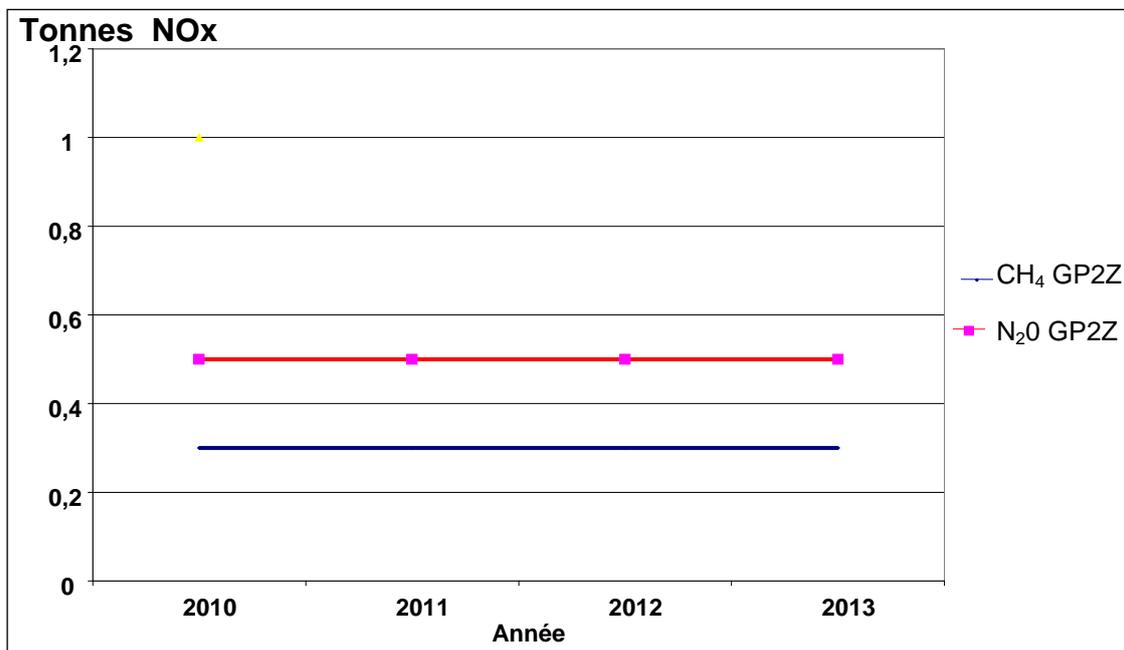
Evaluation de la quantité des Gaz CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O rejetés vers atmosphère par l'unité GP1Z

## Annexe A



**Figure 4.42**

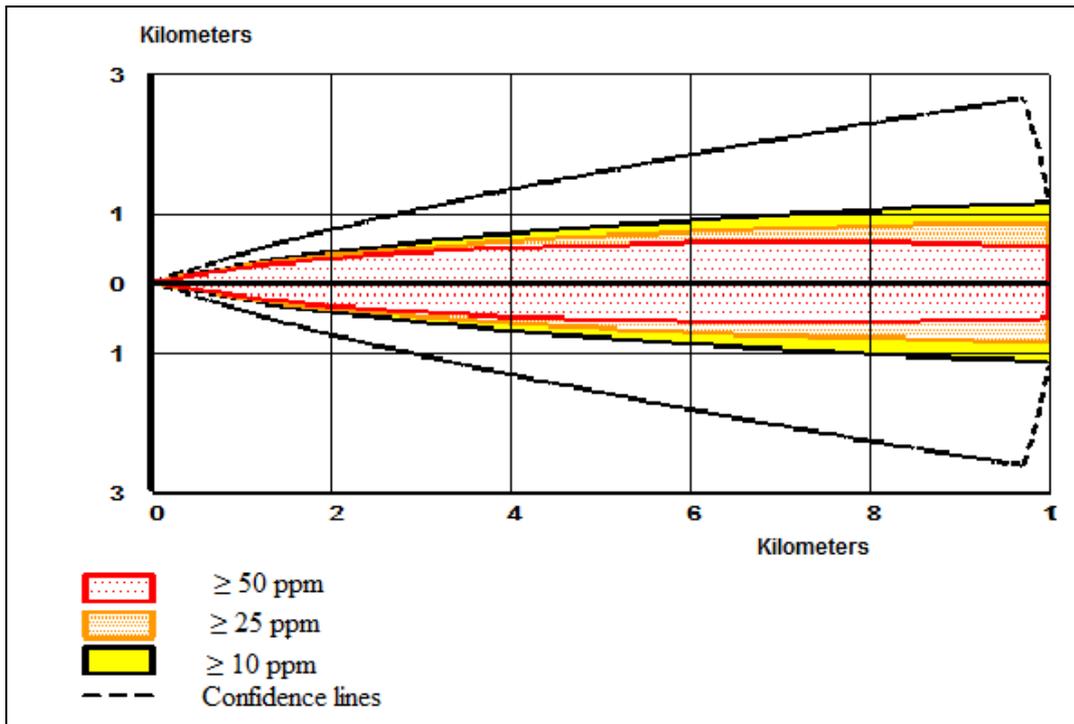
Evaluation de la quantité des Gaz CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O rejetés vers atmosphère par l'unité GP2Z



**Figure 5.11**

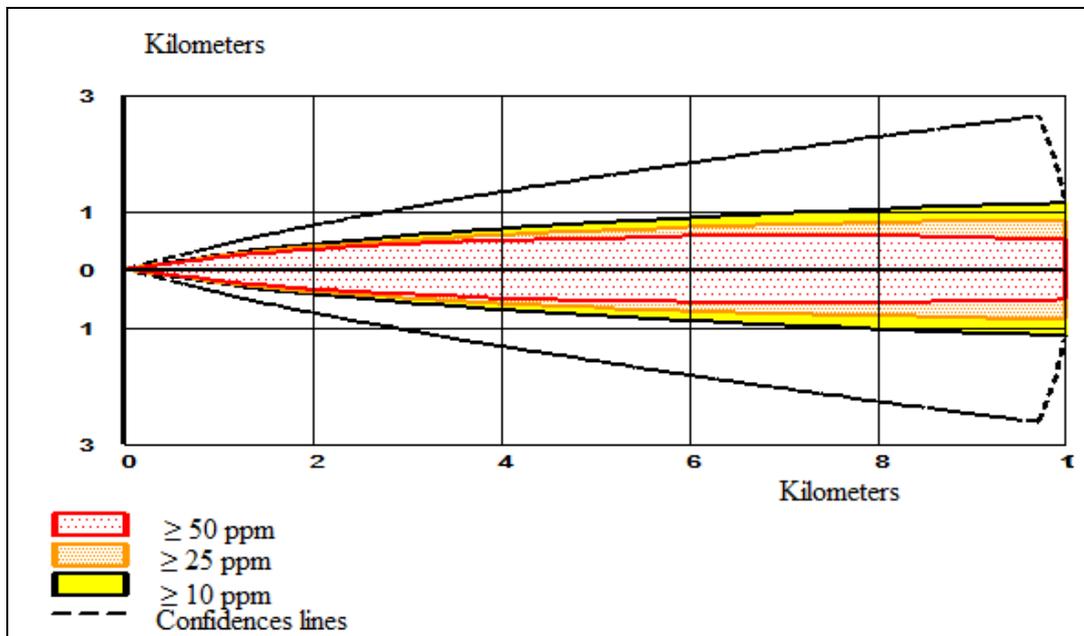
Modélisation des émissions du Gaz CO<sub>2</sub> dégagée par le complexe GL1Z

## Annexe A



**Figure 5.12**

Modélisation des émissions du Gaz CO<sub>2</sub> dégageé par le complexe GL2Z



**Figure 5.13**

## Annexe A

Modélisation des émissions du Gaz CO<sub>2</sub> dégagée par le complexe GL3Z. Le premier chargement Méthanier a été réalisé le mois d'Aout 2014

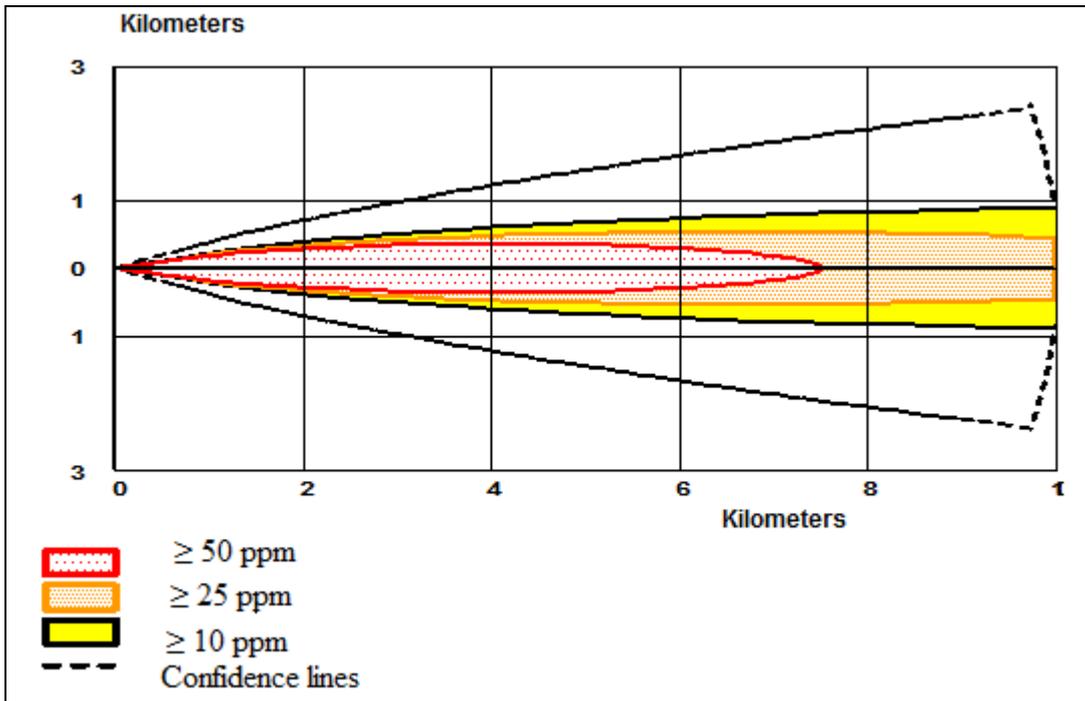


Figure 5.14

Modélisation des émissions du Gaz CO<sub>2</sub> dégagée par le complexe GP1Z

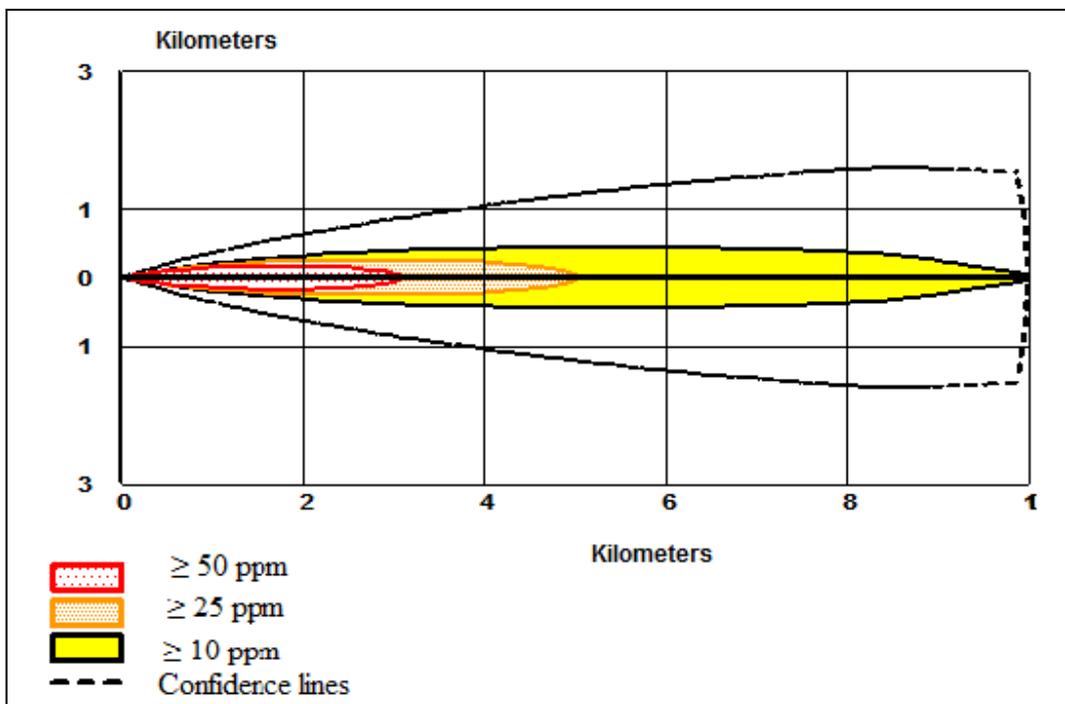


Figure 5.15

## Annexe A

Modélisation des émissions du Gaz CO<sub>2</sub> dégagée par le complexe GP2Z.

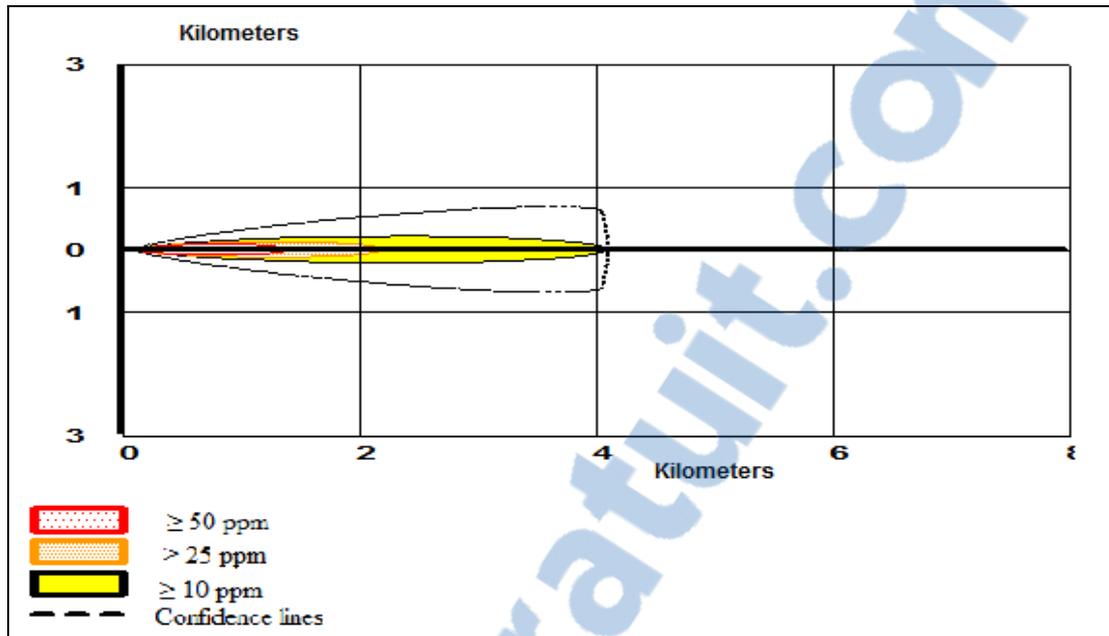


Figure 5.16

Modélisation des émissions du Gaz CO<sub>2</sub> dégagée par le complexe d'ammoniac et d'engrais azoté FERTIAL (Ex. ASMIDAL)

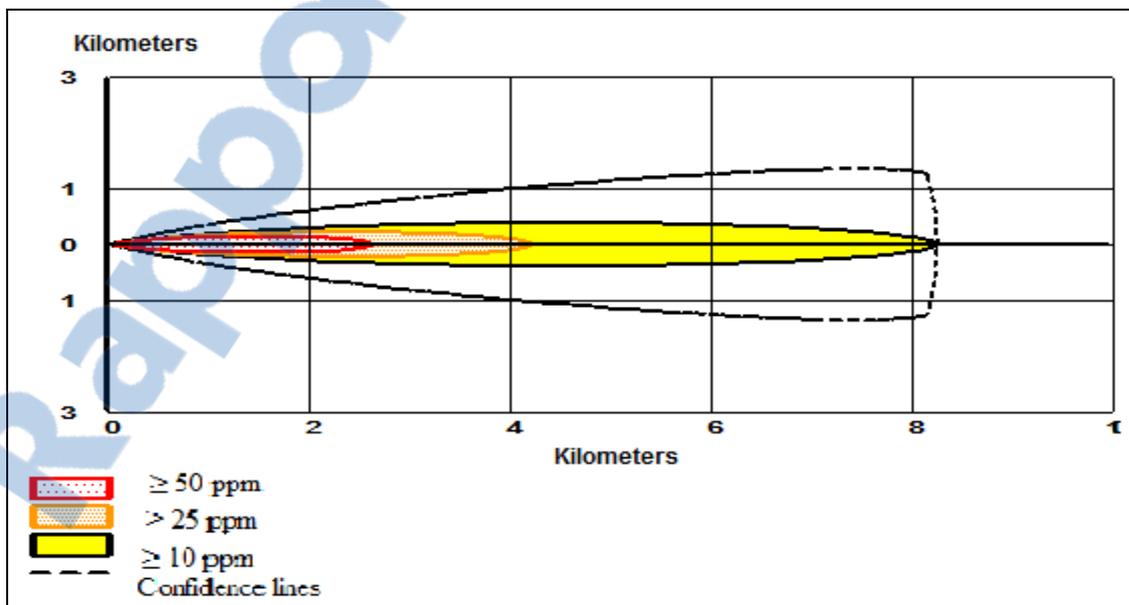
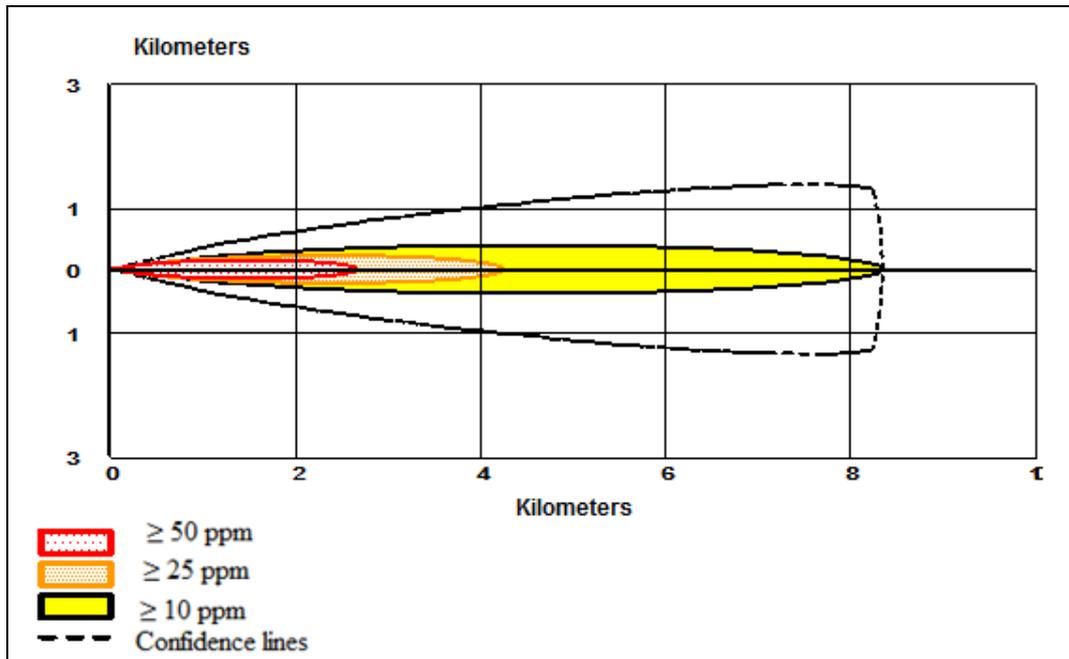


Figure 5.17

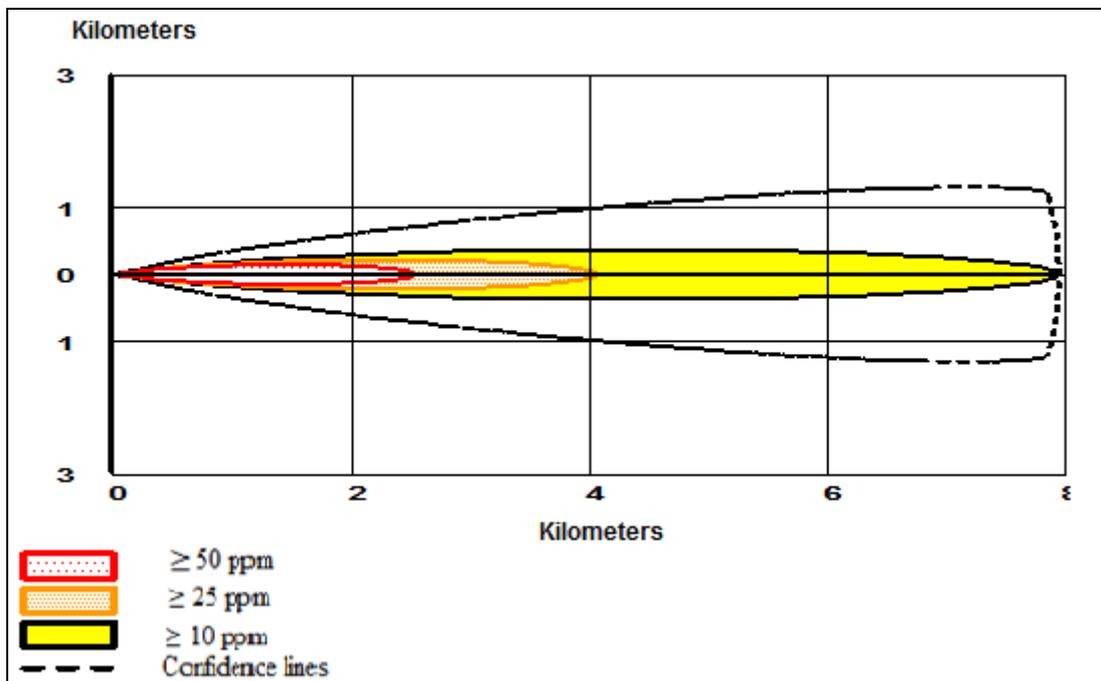
## Annexe A

Modélisation des émissions du Gaz CO<sub>2</sub> dégagée par le Complexe d'ammoniac et d'engrais azoté (SORFET)



**Figure 5.18**

Modélisation des émissions du Gaz CO<sub>2</sub> dégagée par le Complexe d'ammoniac et d'engrais azoté (AOA)



**Figure 5.19**

## Annexe A

Modélisation des émissions du Gaz CO<sub>2</sub> dégagée par le complexe Unités Méthanol CP1Z

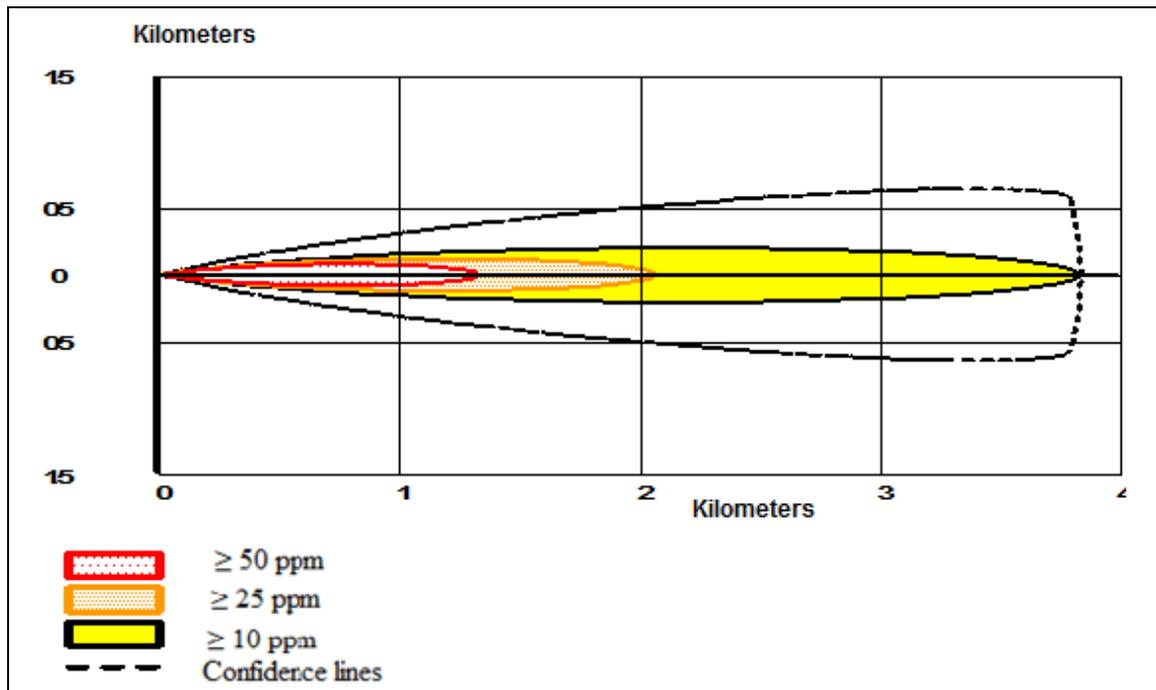


Figure 5.20

Modélisation des émissions du Gaz CO<sub>2</sub> dégagée par l'Unité de dessalement d'eau KAHRAMA

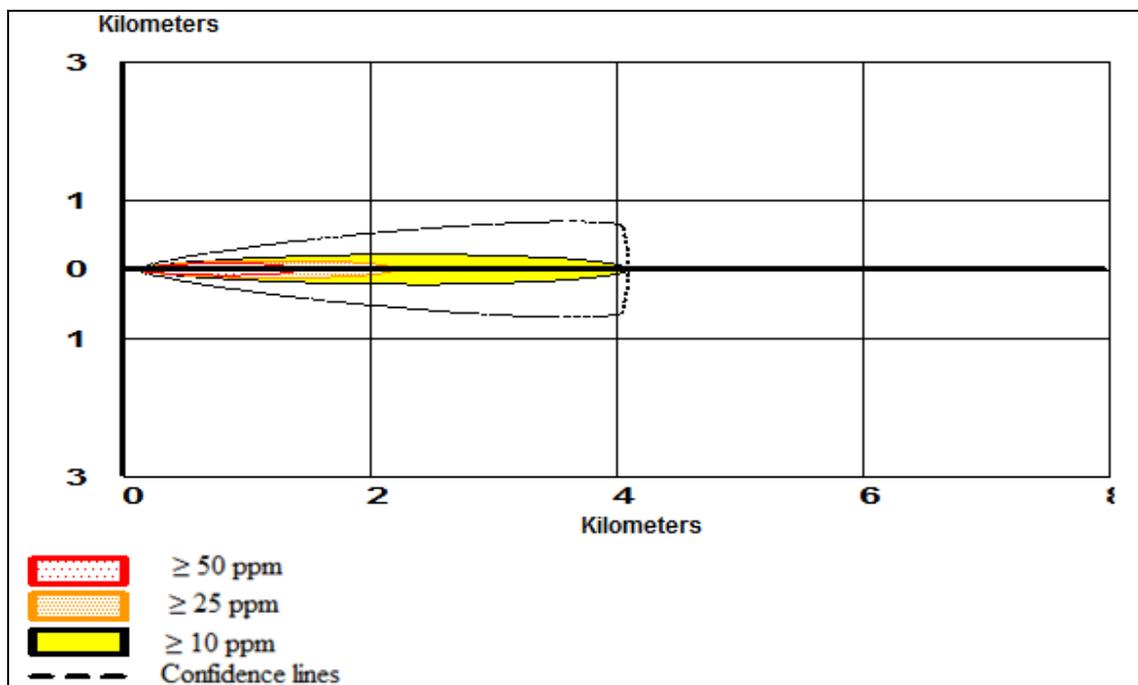


Figure 5.21



## Annexe A

Modélisation des émissions du Gaz CO<sub>2</sub> dégagée par la centrale électrique du groupe SONELGAZ unité Mers El Hadjadj

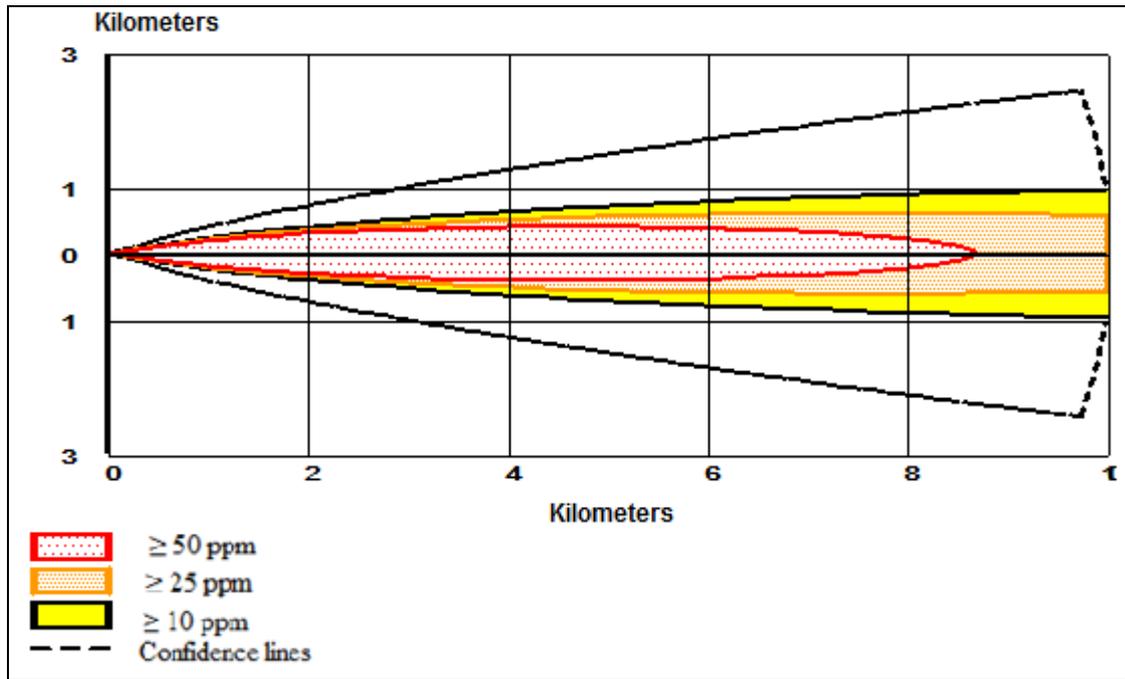


Figure 5.22

Modélisation des émissions du Gaz NO<sub>x</sub> dégagée par le Complexe GLIZ

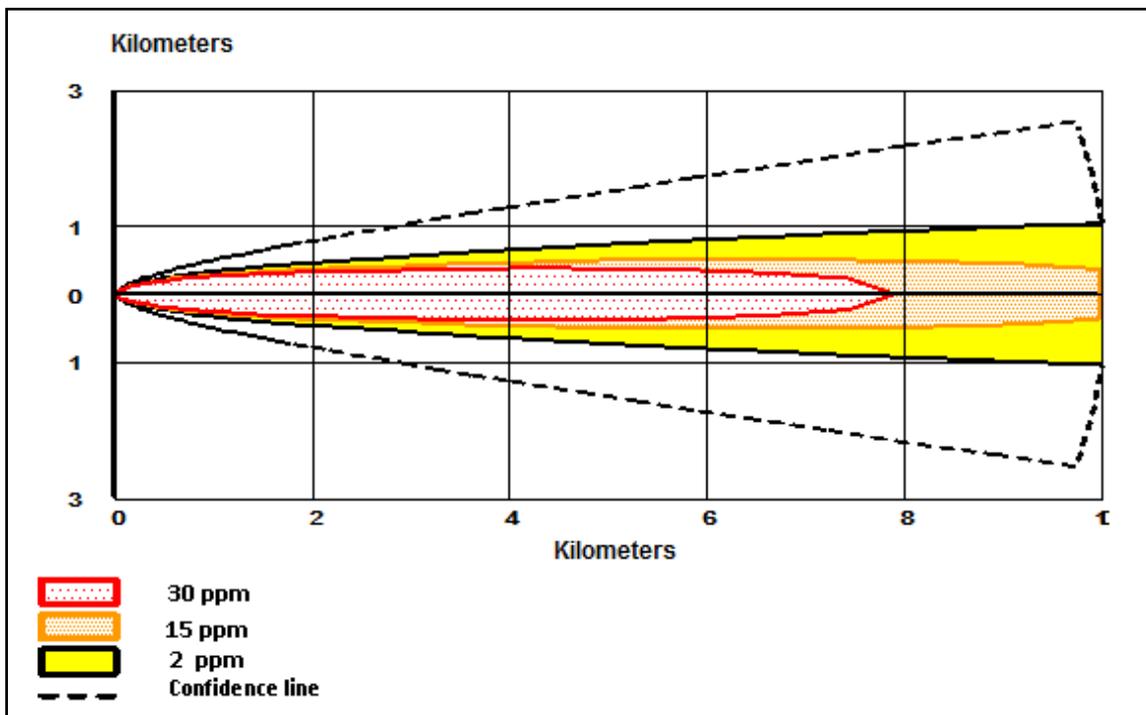


Figure 5.23

## Annexe A

Modélisation des émissions du Gaz NO<sub>x</sub> dégagée par le Complexe GL2Z

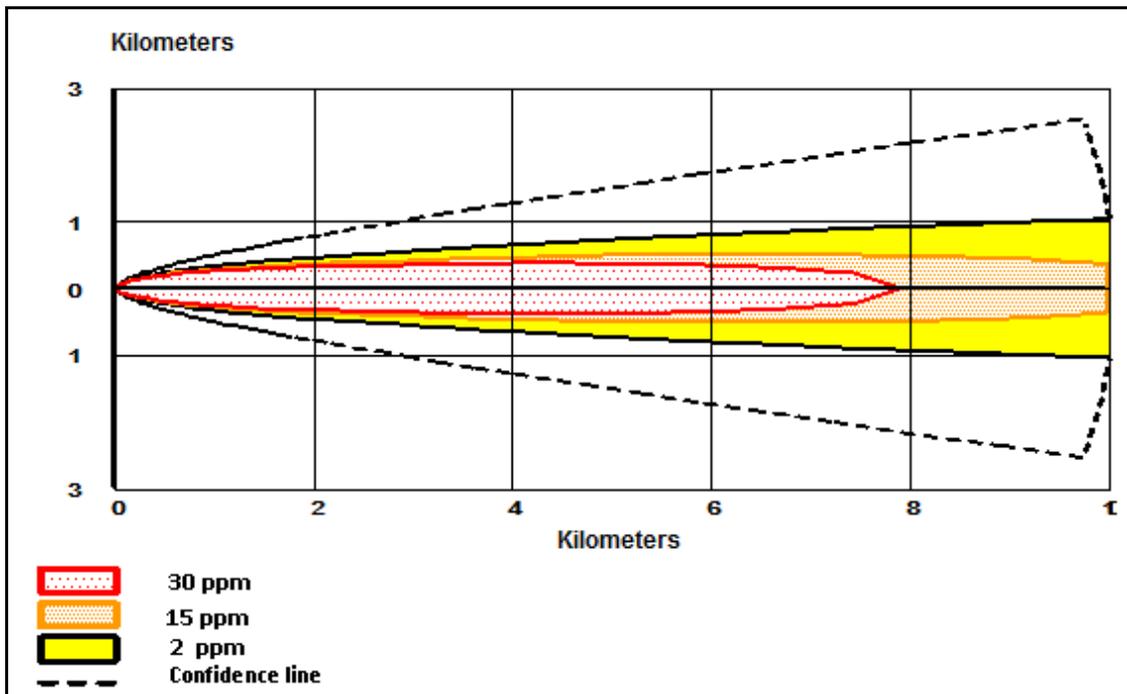


Figure 5.24

Modélisation des émissions du Gaz NO<sub>x</sub> dégagée par le Complexe GNL3Z

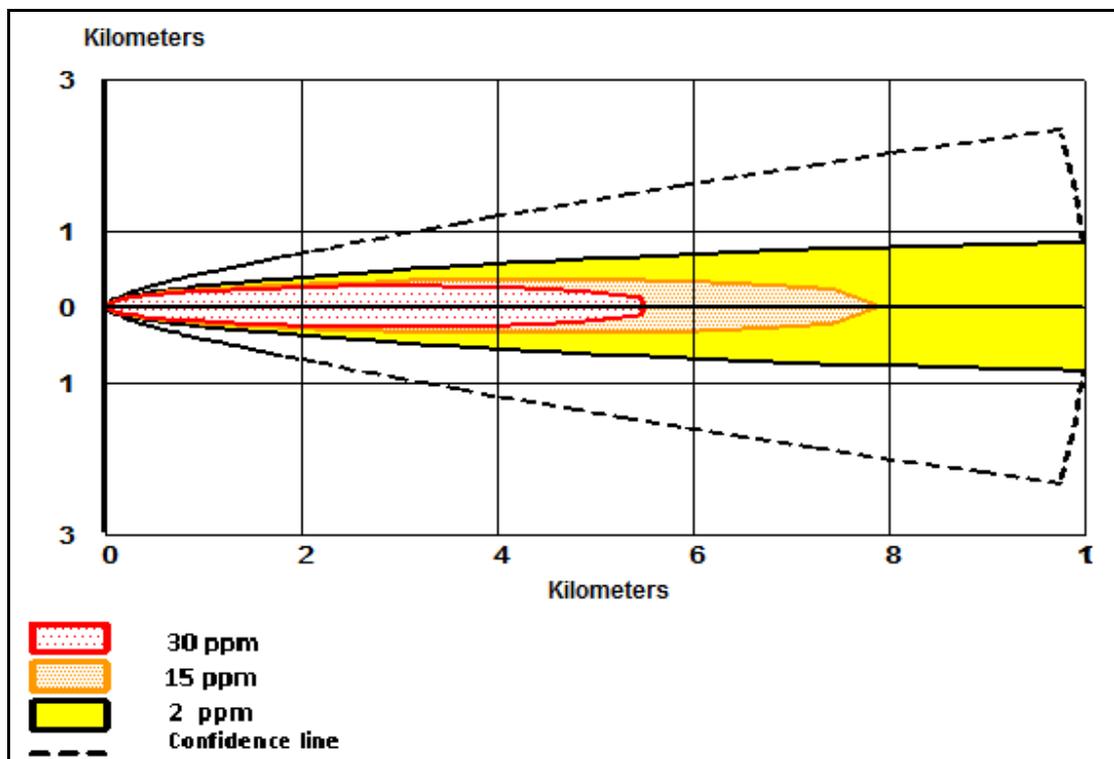


Figure 5.25

## Annexe A

Modélisation des émissions du Gaz NO<sub>x</sub> dégagée par le Complexe GP1Z

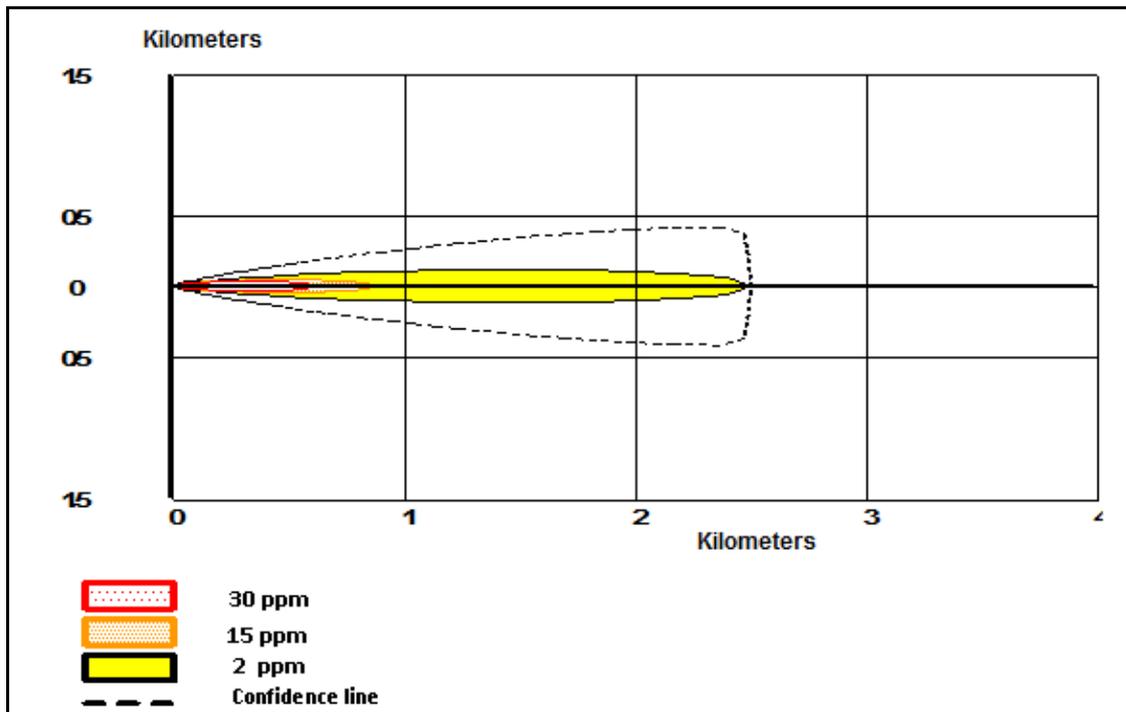


Figure 5.26

Modélisation des émissions du Gaz NO<sub>x</sub> dégagée par le Complexe GP2Z

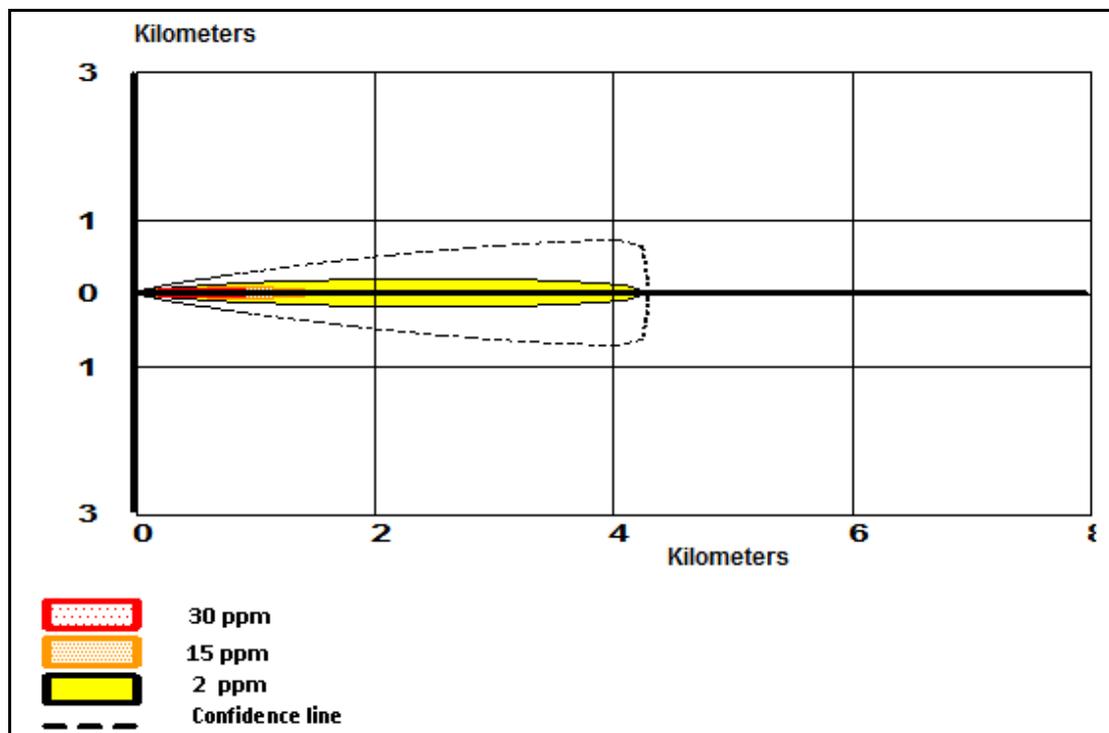
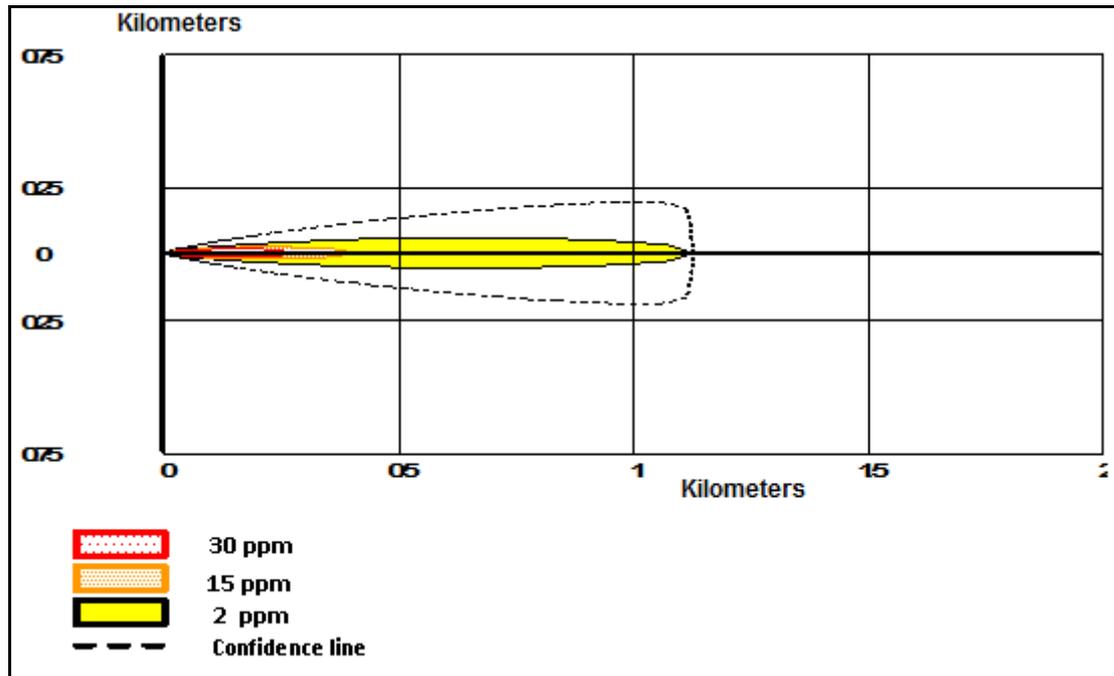


Figure 5.27

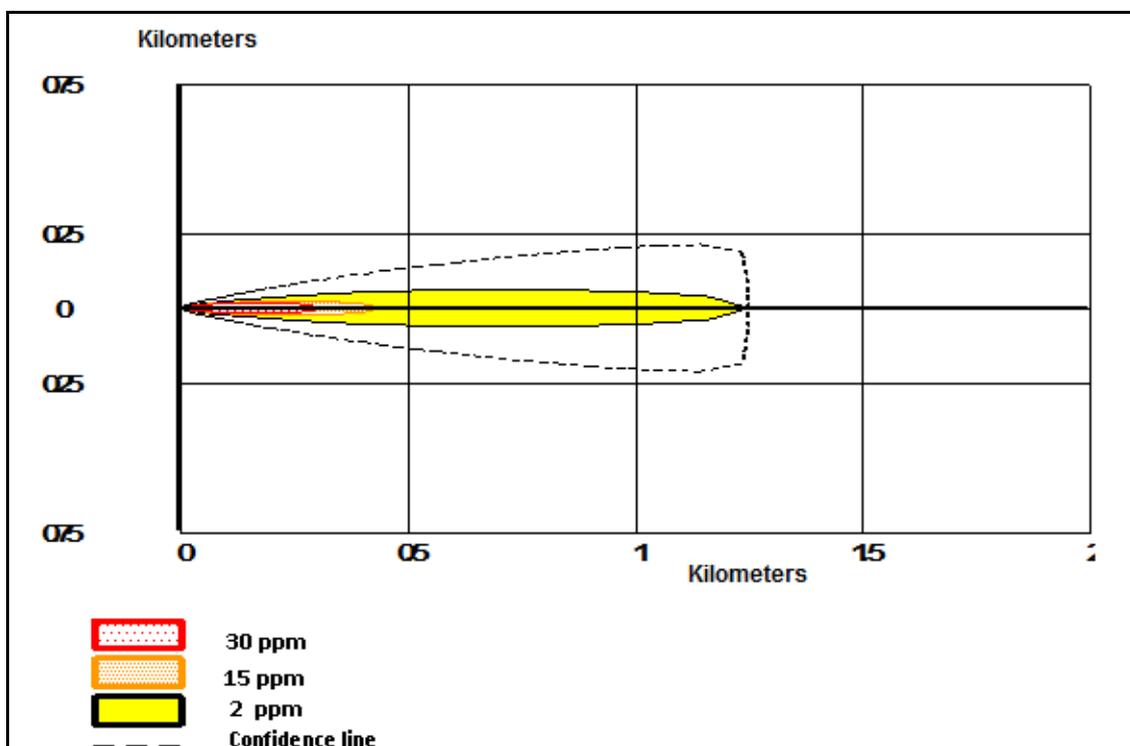
## Annexe A

Modélisation des émissions du Gaz  $\text{NO}_x$  dégagée par le Complexe d'Ammoniac et d'engrais azoté FERTIAL (Ex. ASMIDAL)



**Figure 5.28**

Modélisation des émissions du Gaz  $\text{NO}_x$  dégagée par le Complexe d'ammoniac et d'engrais azoté (SORFET).



**Figure 5.29**

## Annexe A

Modélisation des émissions du Gaz  $\text{NO}_x$  dégagée par le Complexe d'ammoniac et d'engrais azoté (AOA).

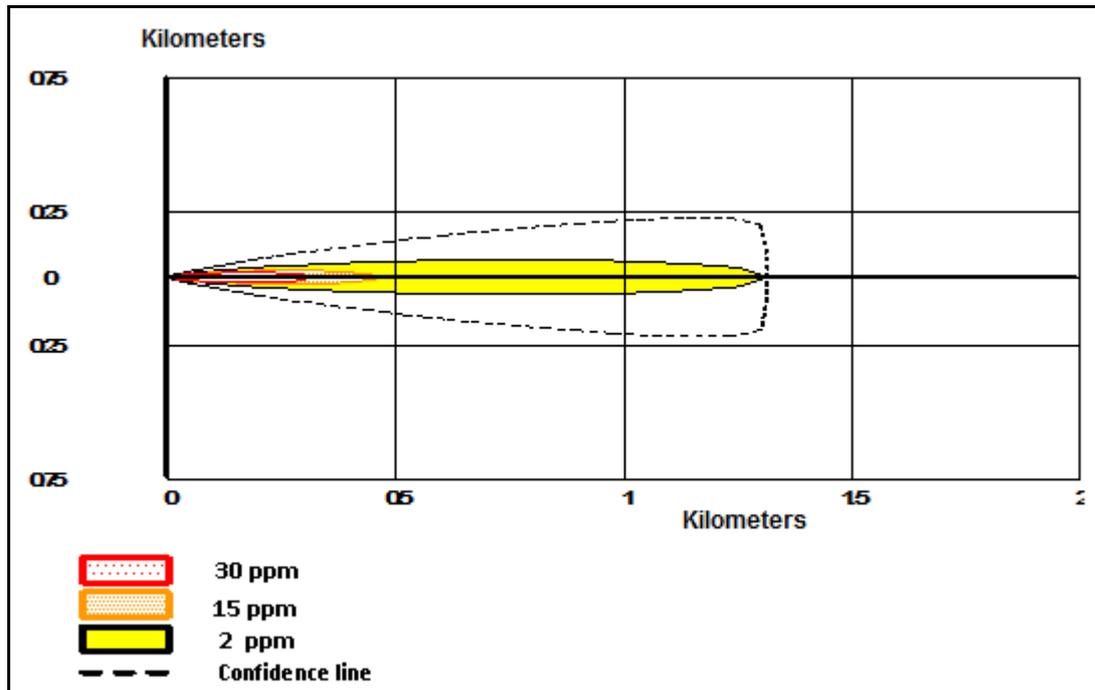


Figure 5.30

Modélisation des émissions du Gaz  $\text{NO}_x$  dégagée par le Complexe Méthanol et résines CP1Z.

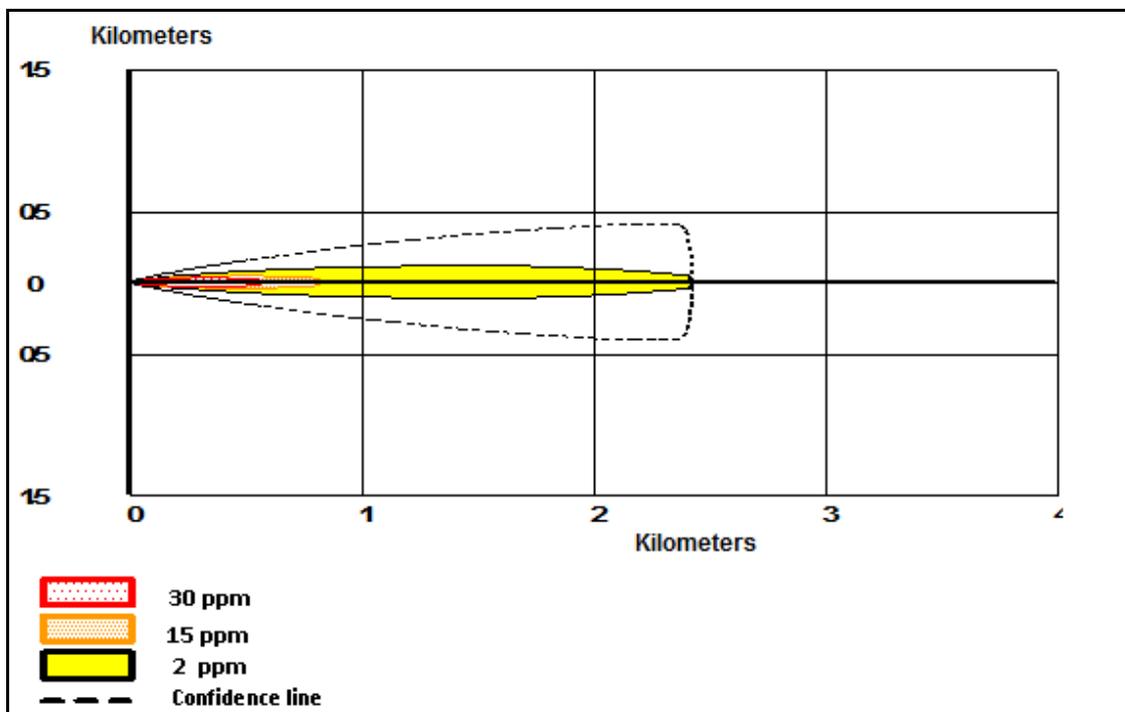
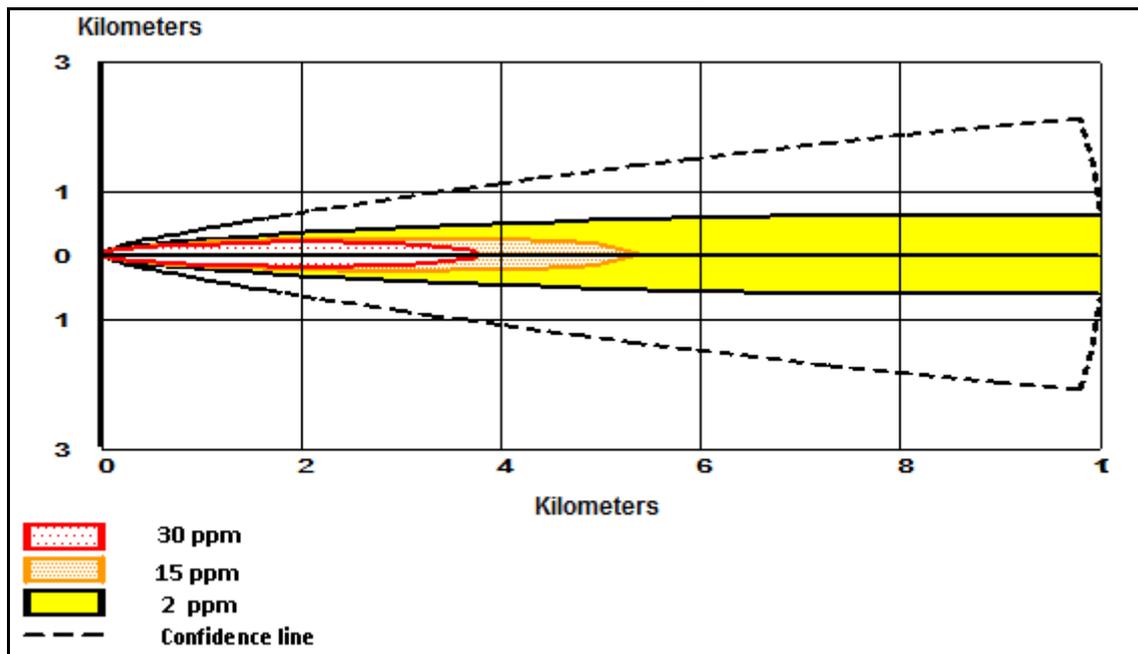


Figure 5.31

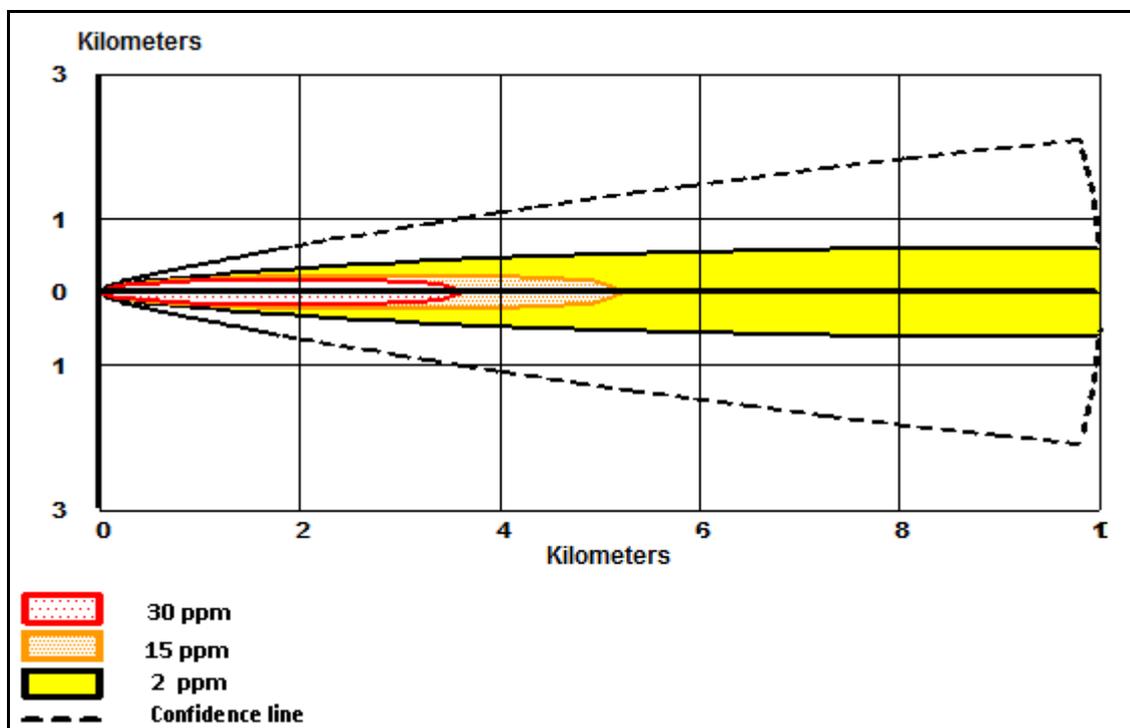
## Annexe A

Modélisation des émissions du Gaz  $\text{NO}_x$  dégagée par l'Unité de dessalement d'eau KAHRAMA.



**Figure 5.32**

Modélisation des émissions du Gaz  $\text{NO}_x$  dégagée par la Centrale électrique du groupe SONELGAZ Mers El Hadjadj.



## Annexe A

Figure 9.2

Propagation d'une onde sonore pour les milieux liquides et gazeux, S. Tanzarella

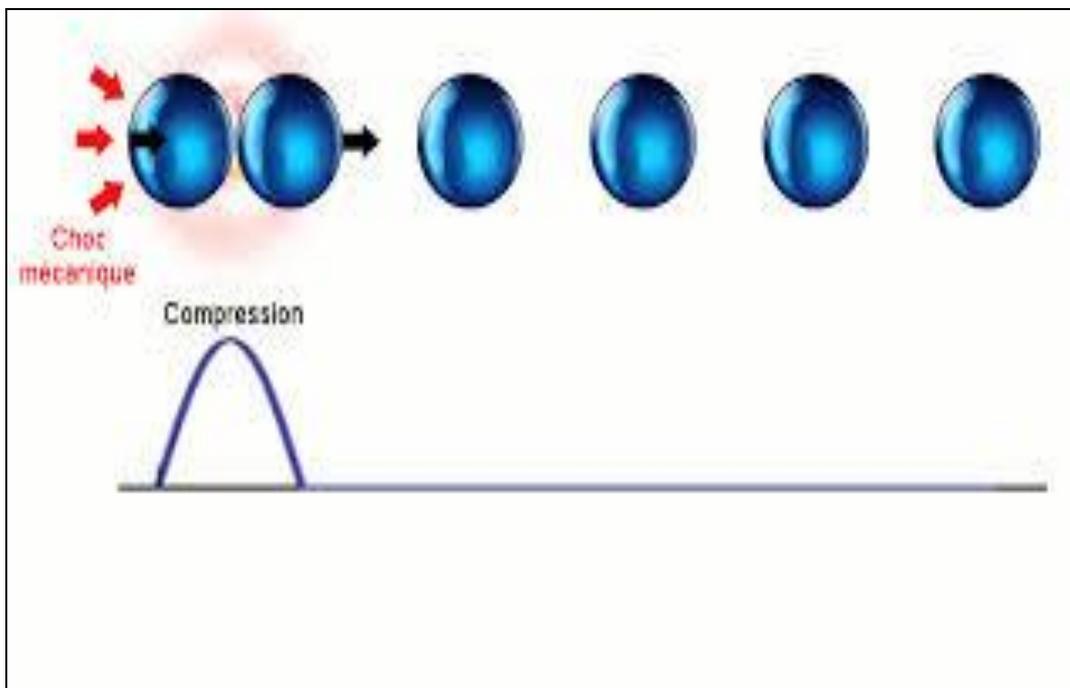
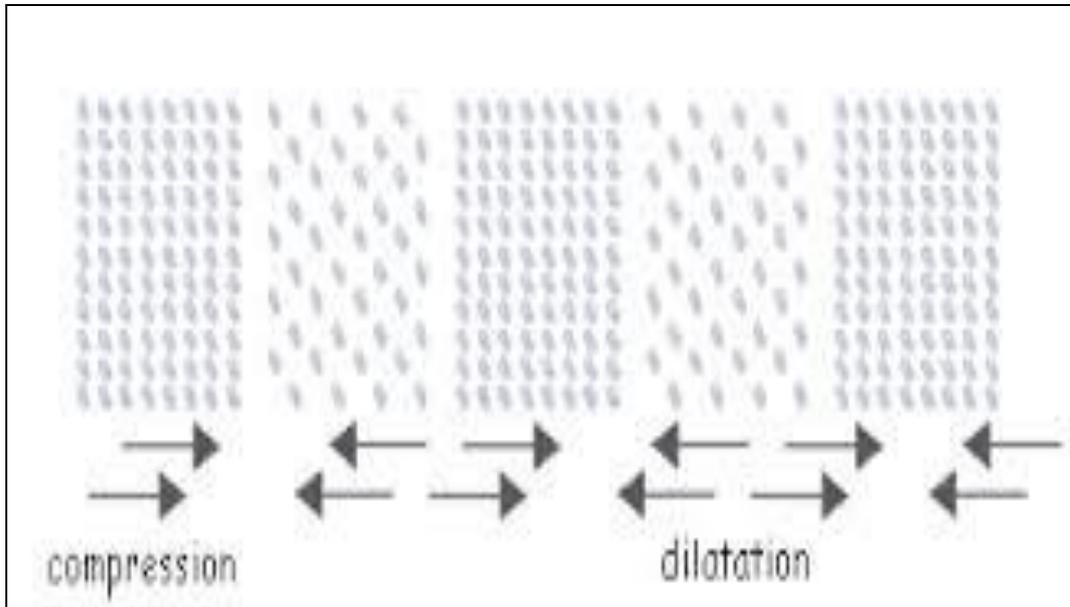


Figure 9.3

## Annexe A

Enveloppe dynamique (intensité - temps) de deux périodes d'une sirène de police [

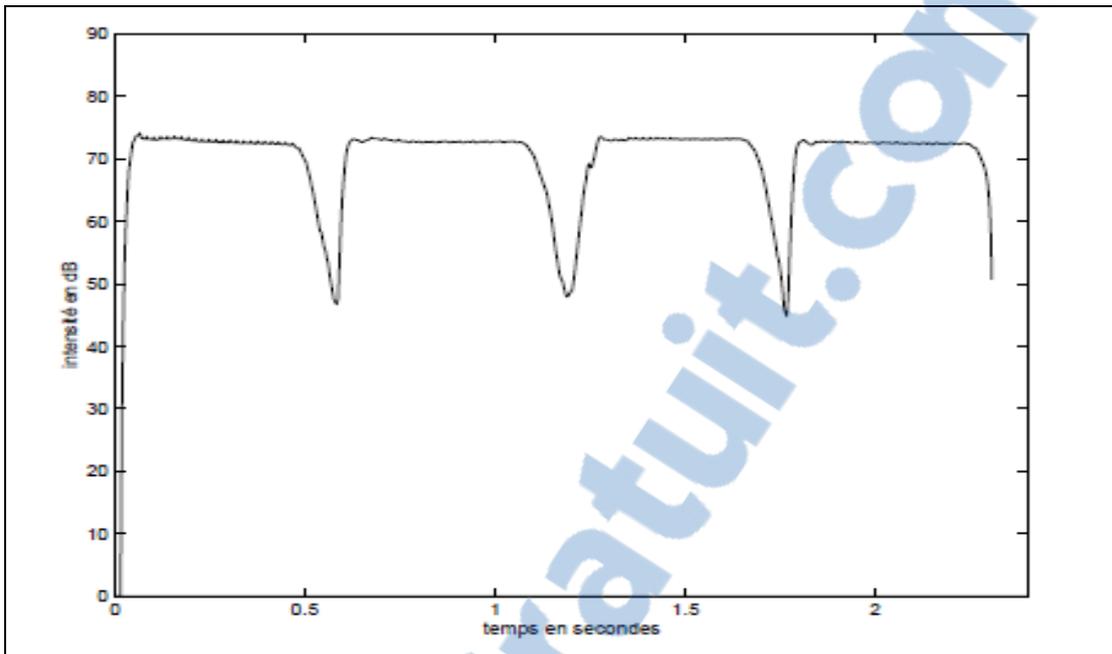


Figure 9.4

Enveloppe dynamique (intensité - temps) de deux périodes d'une sirène de police

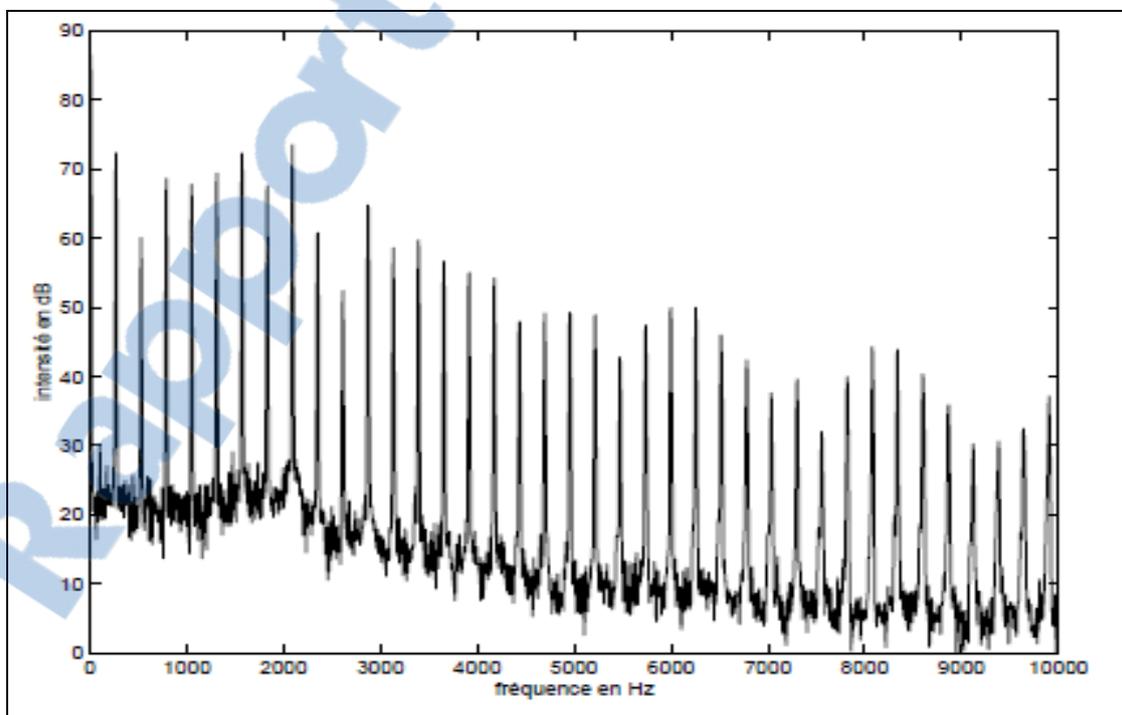
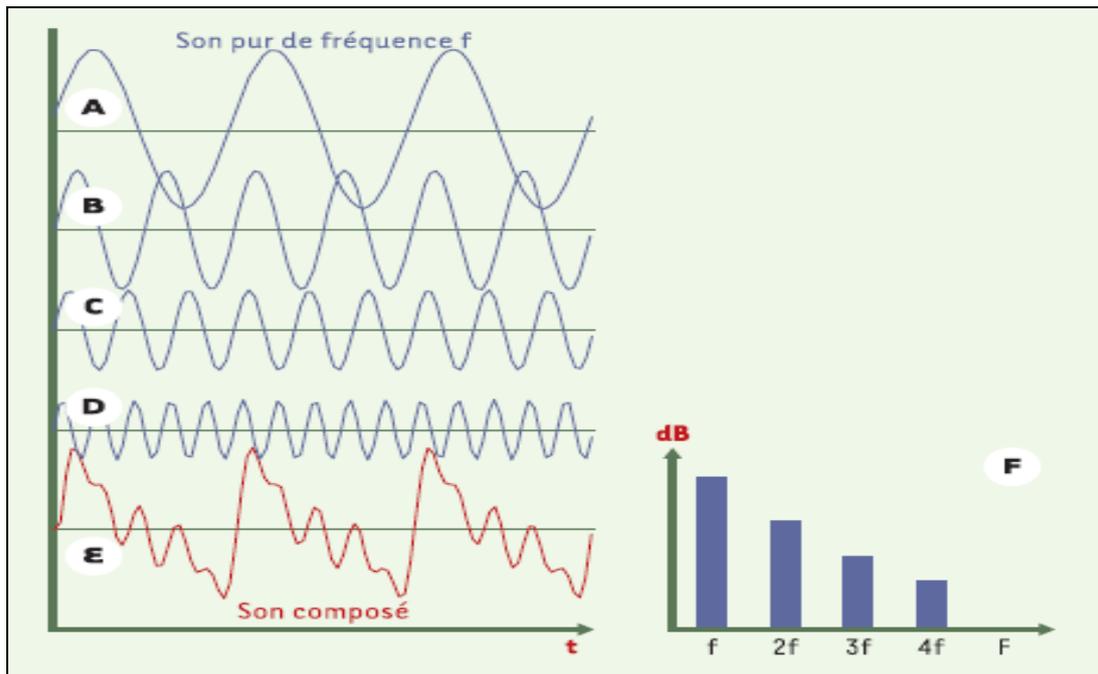


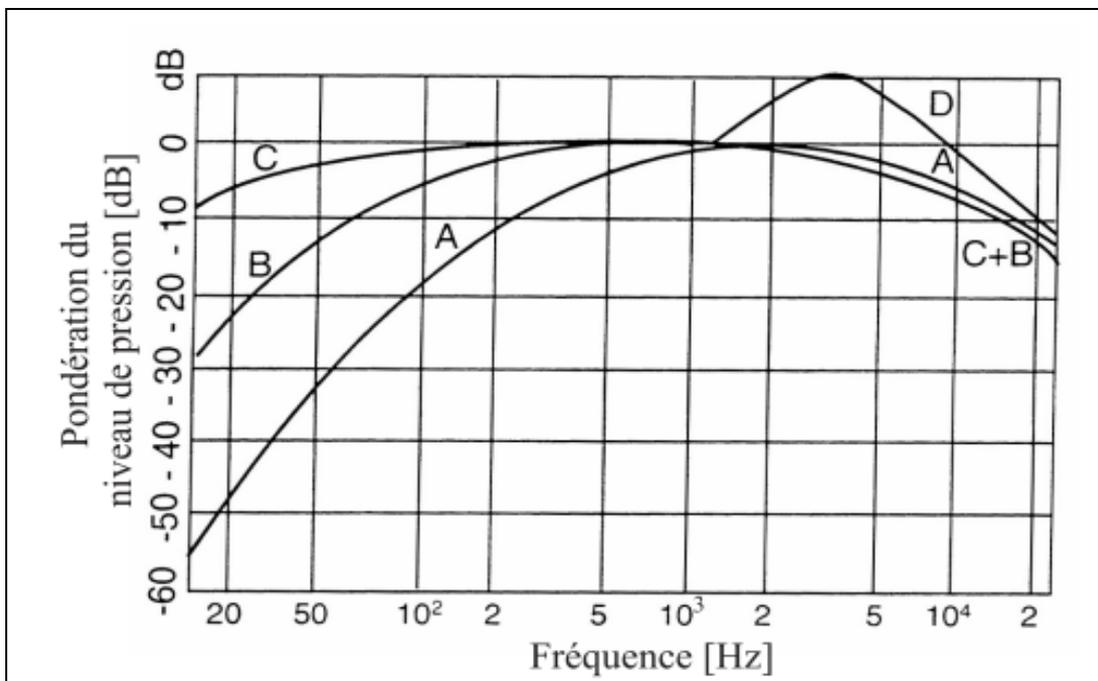
Figure 9.8

## Annexe A

Correspondance entre pression acoustique (Pa) et Niveau sonore (dB)



**Figure 9.9**  
Le Son pur et les sons composés [19]



**Figure 9.11**

## Annexe A

Formalisation d'un outil simple de composition des décibels [6]

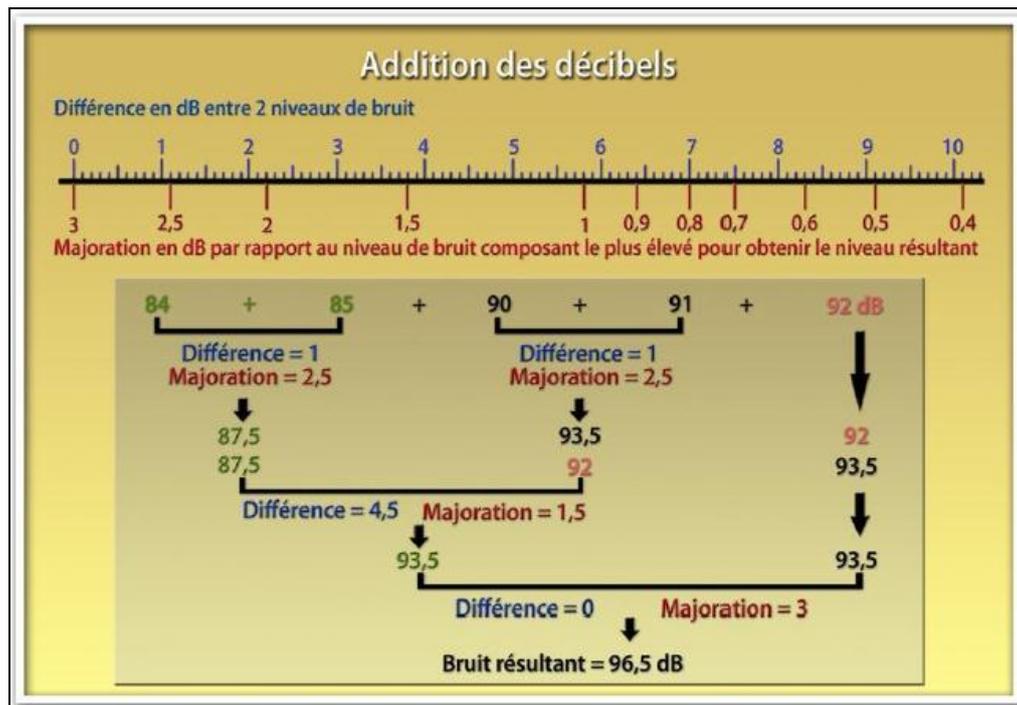
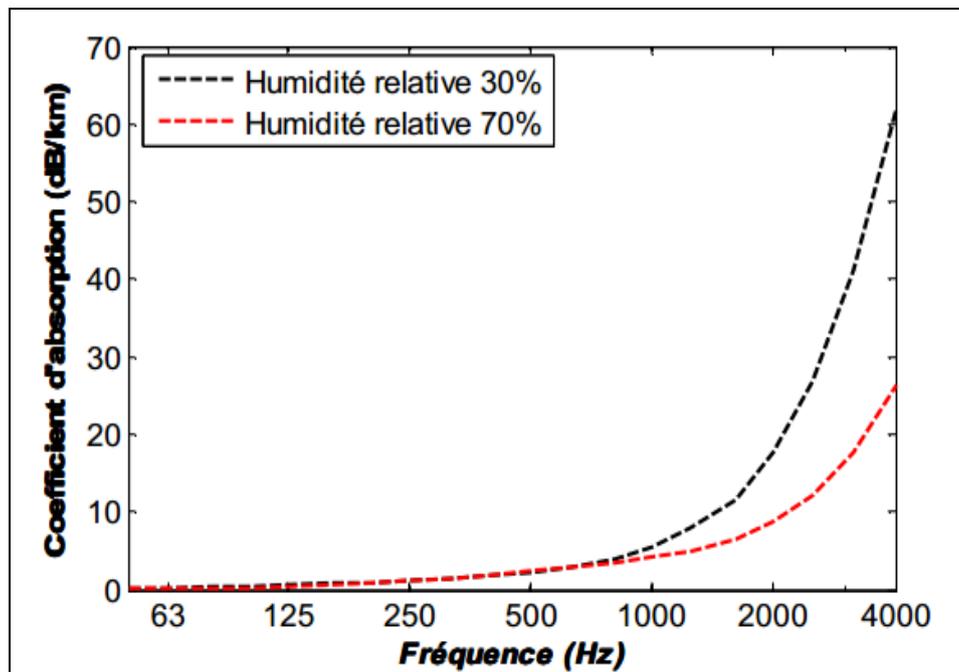


Figure 9.12

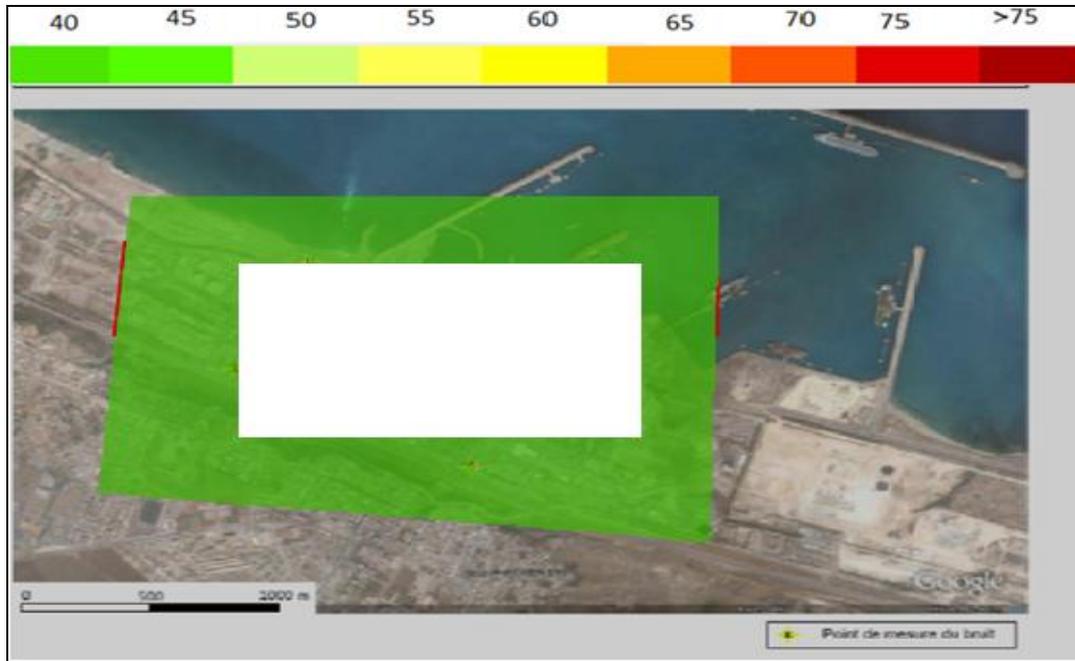
Variation de l'absorption atmosphérique en fonction de la fréquence pour deux valeurs d'humidité relative 30% et 70% à une température de 15°C



## Annexe A

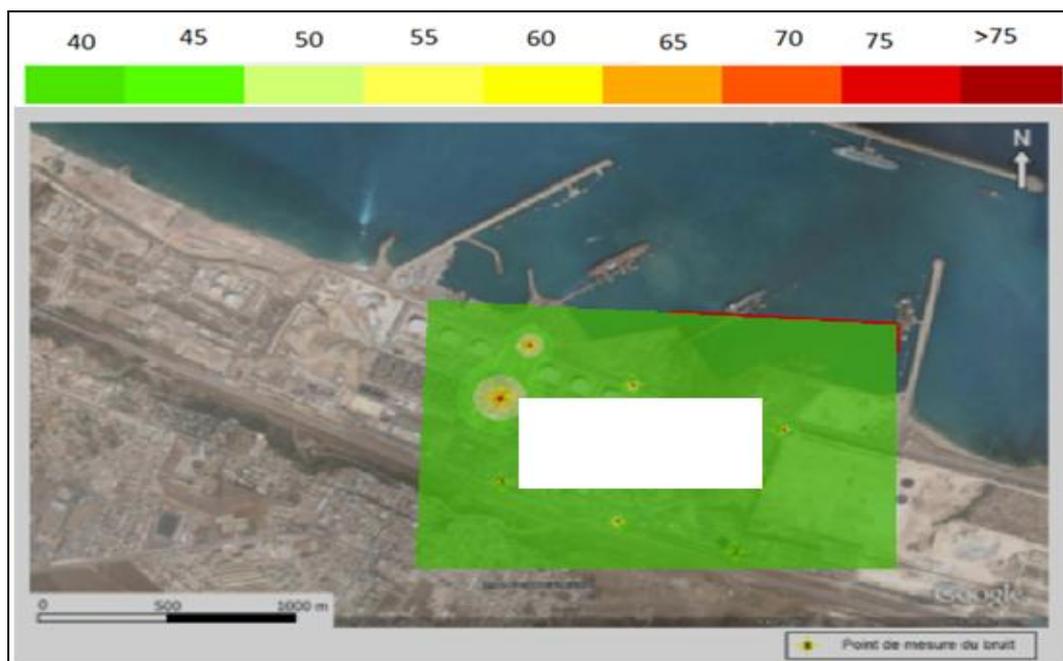
**Figure 10.1**

Modélisation de la propagation d'ondes sonores, des niveaux sonores (mesures de jour) présent au niveau des points limites batterie, de la **zone 1** limitée entre les coordonnées [(35°49'9.54"N ; 0°16'19.36"O) - (35°48'30.85"N; 0°16'44.59"O)] ; [(35°48'50.68"N; 0°15'7.65"O) - (35°48'7.33"N; 0°15'36.81"O)]



**Figure 10.2**

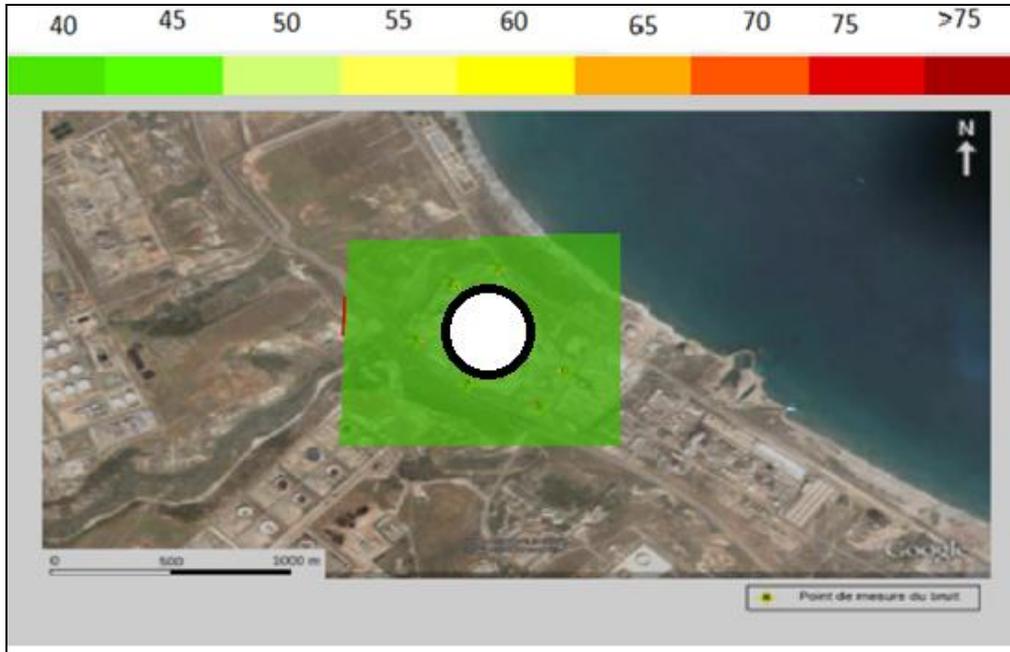
Modélisation de la propagation d'ondes sonores, des niveaux sonores (mesures de jour) présent au niveau des points limites batterie, de la **zone 2** limitée entre les coordonnées [(35°48'50.68"N; 0°15'7.65"O) - (35°48'7.33"N; 0°15'36.81"O)]; [(35°48'53.23"N; 0°15'8.58"O); ( 35°48'7.56"N; 0°15'39.16"O)]



## Annexe A

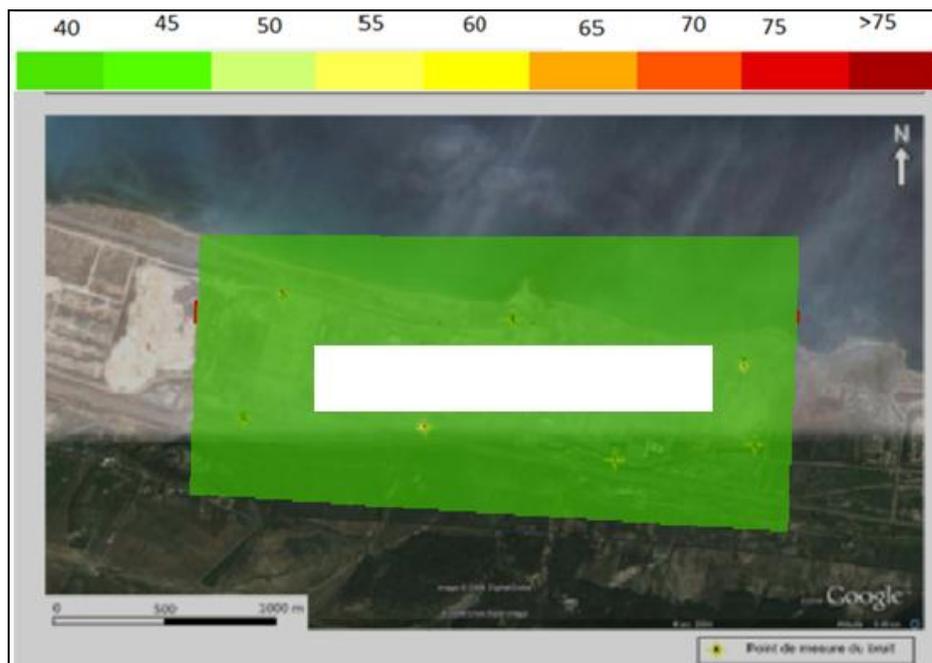
**Figure 10.3**

Modélisation de la propagation d'ondes sonores, des niveaux sonores (mesures de jour) présent au niveau des points limites batterie, de la **zone 3** limitée entre les coordonnées [(35°48'42.82"N; 0°13'44.76"O) - (35°47'40.49"N; 0°14'9.78"O)]; [(35°48'15.20"N; 0°12'6.34"O); (35°47'24.92"N; 0°12'22.45"O)]



**Figure 10.4**

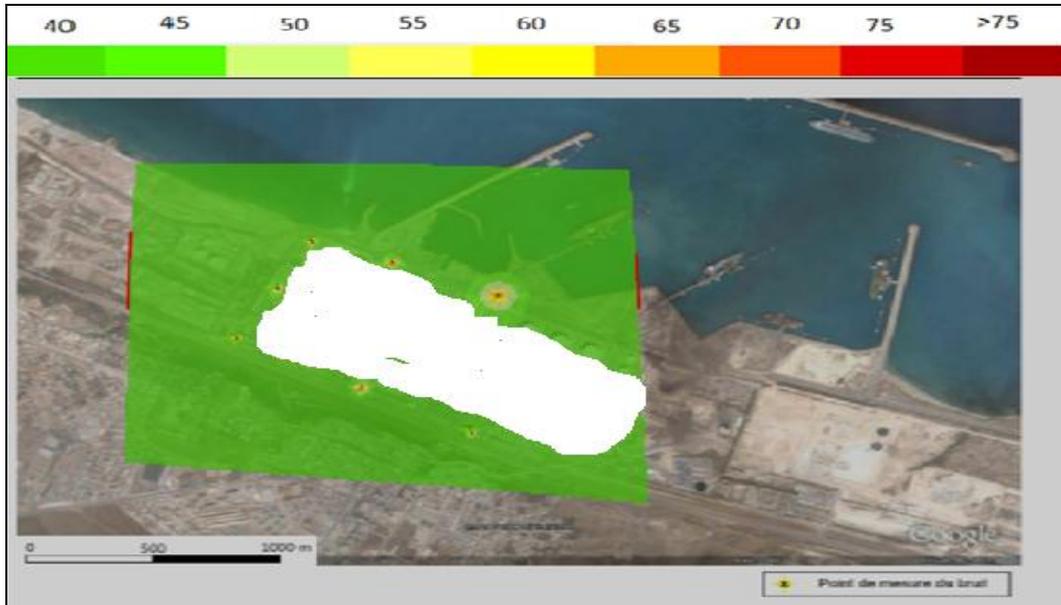
Modélisation de la propagation d'ondes sonores, des niveaux sonores (mesure de jour) présent au niveau des points limites batterie, de la **zone 4** limitée entre les coordonnées [(35°48'42.82"N; 0°13'44.76"O) - (35°47'40.49"N; 0°14'9.78"O)]; [(35°48'15.20"N; 0°12'6.34"O); (35°47'24.92"N; 0°12'22.45"O)]



## Annexe A

**Figure 10.5**

Modélisation de la propagation d'ondes sonores, des niveaux sonores (mesures de nuit) présent au niveau des points limites batterie, de la **zone 1** limitée entre les coordonnées [(35°49'9.54"N ; 0°16'19.36"O) - (35°48'30.85"N; 0°16'44.59"O)] ; [(35°48'50.68"N; 0°15'7.65"O) - (35°48'7.33"N; 0°15'36.81"O)]



**Figure 10.6**

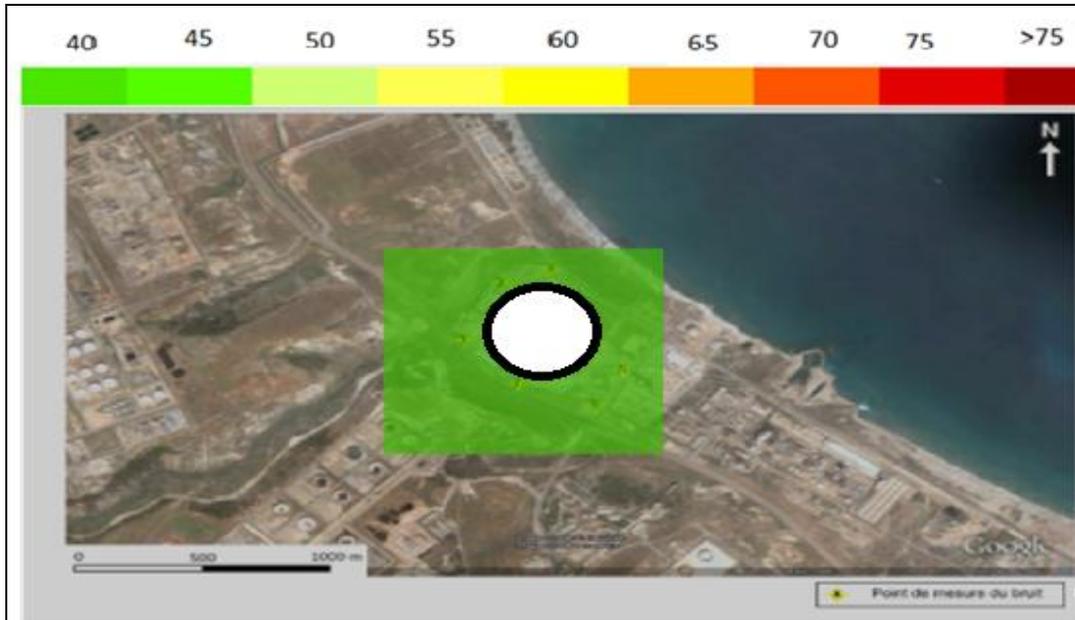
Modélisation de la propagation d'ondes sonores, des niveaux sonores (mesures de nuit) présent au niveau des points limites batterie, de la **zone 2** limitée entre les coordonnées [(35°48'50.68"N; 0°15'7.65"O) - (35°48'7.33"N; 0°15'36.81"O)]; [(35°48'53.23"N; 0°15'8.58"O); ( 35°48'7.56"N; 0°15'39.16"O)]



## Annexe A

**Figure 10.7**

Modélisation de la propagation d'ondes sonores, des niveaux sonores (mesures de nuit) présent au niveau des points limites batterie, de la **zone 3** limitée entre les coordonnées [(35°48'42.82"N; 0°13'44.76"O) - (35°47'40.49"N; 0°14'9.78"O)]; [(35°48'15.20"N; 0°12'6.34"O); (35°47'24.92"N; 0°12'22.45"O)]



**Figure 10.8**

Modélisation de la propagation d'ondes sonores, des niveaux sonores (mesures de nuit) présent au niveau des points limites batterie, de la **zone 4** limitée entre les coordonnées [(35°50'16.30"N; 0°18'10.48"O) - (35°49'32.28"N; 0°18'58.34"O)]; [(35°49'21.69"N; 0°17'26.61"O); (35°49'9.47"N; 0°17'53.54"O)]

