



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Université KASDI MERBAH Ouargla



Mémoire
MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences Techniques

Filière : génie mécanique

Spécialité : énergétique

Présenté par : - Djemai mammar
Belaroussi marouan

Thème :

Gaz naturel dans le secteur des transports : un vecteur de transition

Soutenu publiquement Le 14/6/2022 à 10 :00 devant le Jury:

GHEDAMSI Rebha	Maitre de conférences B	Présidente
BENCHEIKH Kamel	Maitre de conférences B	Encadreur
RAHMOUNI Soumia	Maitre de conférences B	Examinatrice

Année universitaire 2021_2022



Remerciements

Tout d'abord, je remercie ALLAH le tout puissant pour tout.

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude au **Dr. Bencheikh Kamel** de la Faculté des Sciences Appliquées, Université Kasdi Merbah.

Je tiens également à exprimer ma gratitude aux membres du jury qui ont accepté d'étudier mon projet :

Dr.GHEDAMSI Rebha et Dr. RAHMOUNI Soumia

Je tiens à remercier l'Université de Ouargla, ainsi que mes professeurs, collègues, amis et tous ceux qui m'ont aidé à mener à bien cette étude, de près ou de loin, et tout au long de mon parcours académique.

Enfin, nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à la famille, aux amis, aux camarades de classe et à tous ceux qui ont contribué à ce travail en nous fournissant un soutien et des encouragements continus tout au long des années d'études et pendant le travail de cette note.

Merci.



Dédicace

C'est un grand honneur de nous dédier cet humble travail.

A ceux qui m'ont encouragé et soutenu moralement et matériellement dans les moments difficiles de ma vie.

A ma chère mère, qui me donne toujours espoir pour la vie et qui ne cesse de prier pour moi.

A mon très cher père.

A ma très chère :

A mes chères sœurs et frères.

A tous mes oncles et tantes.

Pour toute la famille :

DJEMAI et BELAROUSSI

A mes chers amis.

*Et sans aucun doute, la fin que nous dédions avec ferveur à mes chers amis et professeurs de l'Université de Ouargla, et en particulier à Mr : **Bencheikh Kamel.***

Sommaire

Nomenclature	VII
Liste des figures	VIII
Liste des Tableaux	VIII
Introduction Générale	1
Chapitre I	1
Gaz naturel dans le transport	1
I-1 Introduction.....	2
I-2 Le gaz naturel.....	2
I -2.1 Définition du gaz naturel :	2
I -2.2 types de gaz naturel	2
I -2.3 Les avantages du gaz naturel	2
I -2.4 Utilisations Du Gaz Naturel	2
I -2.5 Le gaz naturel est utilisé comme carburant :	3
I-3 Le GPL (gaz de pétrole liquéfié) :	3
.Définition :	3
I -3.1 Présentation du GPL/c	4
I -3.2 Avantages et inconvénients techniques des GPL :	4
I -3.3 LES COMPOSANTS D'UN VEHICULE GPL	5
I -3.4 Présentation de l'injection GPL :	5
I -3.4.1 Principe de fonctionnement :	5
I-4 Le GNC (Gaz Naturel Comprimé) :	6
I -4.1 Définition :	6
I -4.2 Avantages du GNC	6
I -4.3 Inconvénients du GNC	7
I -5 Différences entre le GNC et le GPL (11).....	7
I -6 les moteurs et les émissions	7
I -6.1 Moteurs Diesel (à allumage par compression)	7
I -6.2 Moteurs à essence (à allumage commandé)	8
I -6.3 La différence entre les moteurs diesel et à essence :	8
I -6.4.Moteurs GPL :	9
I -6.5. Moteurs GNC	10
I -7.1. Moteurs bi-fuel.....	10

I -7.2 Moteurs dual-fuel.....	10
I -8 Conclusion	10
Chapitre II :	2
Le secteur des transports algériens	2
II -1 Introduction :	12
II-2 Sources d'énergie alternative exploitée en transport :.....	12
II- 3 GPL en Algérie:.....	12
II-3-1 Production des GPL issus des champs :	12
II-3-2 Demande nationale des GPL :	13
II-3-3 Gaz Naturel Comprimé en Algérie.....	13
II-4 Perspectives de développement du carburant GNC en Algérie	14
II- 5 LE PARC AUTOMOBILE ALGERIEN	15
II-6 Caractéristiques du parc automobile algérien.....	15
II-6.1 Mobilité	15
II -6.2 Croissance du parc automobile	15
II-7 Combustibles utilisés en Algérie	16
II- 8 Émissions de polluants du secteur des transports algériens	16
II- 9 EVOLUTION DE LA CONSOMMATION DES CARBURANTS	16
II-10 Stratégie énergétique et orientations nationales des politiques énergétiques à l'horizon 2040	17
Chapitre III :	12
Conception de scénario	12
III-1 Introduction :	19
III -2 Les Scénarios :	19
III -3 Les Formules utilisées dans le calcul :	20
III -4 Conclusion :	20
Chapitre IV :	19
Résultats et discussion	19
IV-1 Introduction:.....	21
IV -2 l'évolution de la consommation :.....	21
IV -3 Émissions	25
IV -4 Conclusion	27
Conclusion générale :	31
ANNEXE A :	33

Nomenclature

GPL : gaz de pétrole liquéfié

GNC : gaz naturel comprimé

Tep : tonnes équivalent pétrole

kTep : 1000(tonnes équivalent pétrole)

BAU : *Business As Usual*

Liste des figures

Figure 1: les composants d'un véhicule GPL.....	5
Figure 2: Implantation des équipements spécifiques GPL	6
Figure 3: La demande nationale des GPL	13
Figure 4: Infrastructure de gaz naturel en Algérie, 2007	14
figure 5 : Courbe représentant les gains de l'essence	21
figure 6 : Courbe représentant les gains de diesel	22
figure 7 : Consommation GPL	23
figure 8 : Consommation CNG	24
figure 9 : émission Co2	26
figure 10 : émission NOx	27

Liste des Tableaux

Tableau 1: Émissions théoriques de CO ₂ pour une combustion stœchiométrique	3
Tableau 2: Caractéristiques environnementales du GPL/C et Essence	4
Tableau 3 : Différences entre le CNG et le GPL	7
Tableau 4: Evolution de la consommation nationale des carburants terre 2010-201	17
Tableau 5 : Les facteurs d'émissions	20

Introduction Générale

Introduction Générale

Le secteur du transport constitue de nos jours un intérêt majeur du point de vue énergie et environnement, étant donné que c'est le secteur le plus énergétivore et le plus émetteur de gaz à effet de serre responsable du réchauffement climatique.

Les carburants conventionnels issus des hydrocarbures dans le secteur du transport automobile mondial tels que l'essence, le carburant Diesel, le gaz naturel et le gaz du pétrole liquéfié sont actuellement surexploités. Avec une demande énergétique mondiale qui ne cesse de croître, leurs réserves diminuent fortement et s'épuisent progressivement.

Les principaux gaz qui contribuent directement à l'effet de serre sont: le dioxyde de carbone (CO₂) avec 31 % des émissions, le protoxyde d'azote (N₂O) avec 0.9 % des émissions totales, les hydrofluorocarbures (HFC) avec 19% des émissions totales et enfin le méthane (CH₄) <0.1 % des émissions totales.

En outre des gaz à effet de serre, on peut considérer le transport routier comme étant le principal responsable des émissions d'oxydes d'azote (NO, NO₂) et de dioxyde de soufre (SO₂). Le monoxyde et le dioxyde d'azote présent dans l'air sont nocifs pour la santé humaine. De plus, l'oxyde d'azote (NO) et le dioxyde de soufre (SO₂), combinés avec de l'eau, évoluent chimiquement dans l'air pour former des acides, conduisant à l'eutrophisation des milieux aquatiques et des sols.

Dans l'atmosphère, le dioxyde d'azote se transforme en acide nitrique, contribuant à la pollution acide de l'air. D'autres émissions des moteurs automobiles, tels que les hydrocarbures imbrûlés (HC), qui proviennent de l'inhibition de la combustion près des parois, sont aussi nocives pour l'homme et notre planète.

En conséquence, les normes pour lutter contre la pollution sont de plus en plus strictes afin de faire face au problème de changement climatique. La recherche et l'industrie automobile doivent ainsi chercher des solutions technologiques pour réduire les émissions polluantes soit au niveau de l'échappement soit au niveau de la combustion.

Dans ce contexte, l'utilisation future de carburants de substitution est la seule solution durable pour protéger le climat et assurer l'approvisionnement énergétique mondial du secteur du transport à long terme (1).

Le plan de travail est repartis, après une introduction générale, comme suit : le premier chapitre on a présenté le gaz naturel comme alternatif au carburants conventionnel. Dans le deuxième, le secteur du transport est présenté, spécialement le parc routier. Dans le troisième et quatrième la méthodologie abordée et les résultats obtenus avec une discussion et commentaire. En fin, nous avons atteint plusieurs résultats, que nous jugeons, importants sont récapitulés dans la conclusion générale.

Chapitre I

Gaz naturel dans le transport

I-1 Introduction

En raison de la présence du gaz naturel comme meilleure solution pour remplacer les carburants fossiles, les pays ont commencé à adopter cette nouvelle technologie et à l'utiliser dans leurs véhicules. Ils ont commencé à généraliser l'utilisation du GPL et du GNC au lieu de l'essence et du diesel car ils sont plus propres, plus efficaces, plus abordables et encourageants, ainsi que pour réduire les dommages causés à l'homme

I-2 Le gaz naturel

I -2.1 Définition du gaz naturel :

Le gaz naturel est une substance hydrocarbure gazeuse qui contient plusieurs types de gaz, dont les plus importants sont le méthane, l'éthane et divers matériaux et impuretés. Sec, humide et sec lorsque le gaz est entièrement constitué de méthane et humide lors du mélange d'autres chaînes d'hydrocarbures, il atteint de manière significative en le convertissant en ce qu'on appelle le "condensat". (2)

I -2.2 types de gaz naturel

- Le méthane varie de 70 % à 100 %.
- L'éthane est présent dans une fourchette de 1 % à 10 %.
- Propane représente un très petit pourcentage.

I -2.3 Les avantages du gaz naturel

- Elle est considérée comme une richesse économique car elle procure un revenu matériel élevé à l'individu, élève le niveau de vie et revient à l'État en améliorant son économie et en renforçant son pouvoir.
- Le gaz naturel est l'une des sources d'énergie alternatives les plus sûres.
- Réduire la pollution sonore. Parce que le processus de transport du gaz se fait par des équipements situés dans le sol.
- Il prévient la pollution de l'environnement. Parce que c'est une source d'énergie propre. Les États-Unis d'Amérique ont choisi le gaz naturel comme alternative au charbon. Depuis qu'il était le plus propre en 1952, il a représenté le quart de l'énergie qui y est consommée.
- Le Qatar occupe une position de leader dans la production de gaz naturel liquéfié, avec une production estimée à 23 milliards de pieds cubes par jour.
- Les Chinois utilisent le gaz naturel comme moyen d'extraire le sel des mers. (3)

I -2.4 Utilisations Du Gaz Naturel

Il est utilisé dans diverses activités et domaines vitaux tels que la cuisine, le chauffage et le chauffage de l'eau, et les usines en dépendent dans la fabrication de leurs appareils comme carburant pour les voitures et comme gaz pour les réfrigérateurs. Moderne. Il est considéré comme un combustible fossile qui contribue à la fabrication de l'acier et du plastique et du ciment en est faite, il aide au dessalement de l'eau de mer et est utilisé dans les industries chimiques et les pièces automobiles. Et dans l'industrie du textile et de l'habillement et certains détergents tels que le savon, les peintures, les matériaux isolants et les rubans

De nombreuses entreprises sont passées à la fabrication de voitures au gaz naturel, notamment Mercedes, Volvo, Fiat, Toyota et bien d'autres (3).

I -2.5 Le gaz naturel est utilisé comme carburant :

Le gaz naturel a un grand potentiel en tant que carburant alternatif car il présente de nombreuses caractéristiques intéressantes, notamment le fait que ses ressources sont équivalentes au pétrole en énergie prête à être exploitée et sont réparties uniformément dans tout le pays. Terri tory. Il a des émissions de dioxyde de carbone dans des conditions équimétriques 23% inférieures à celles de l'essence. De nombreuses analyses complètes s'accordent également sur le gaz naturel comme moyen prometteur de réduire les émissions d'équivalent dioxyde de carbone (Tableau 1). Il convient également de noter que les moteurs au gaz naturel peuvent être conçus avec un taux de compression plus élevé (que l'essence) avec une grande résistance aux chocs (coefficient de résistance nominal supérieur à 120), et peuvent choisir la meilleure offre couple maximal (MBT) avec des conditions égales continues quelle que soit la charge et le régime moteur, entraînant une consommation réduite. Cependant, il convient également de mentionner certains inconvénients, dont une grande capacité de réservoir et une pression élevée sont nécessaires .Un autre inconvénient est le stockage du gaz pour sa faible valeur thermique et les caractéristiques du gaz naturel telles que le rapport air / carburant et la faible chaleur .La valeur de la course et l'indicateur varient en fonction de leur configuration, bien que le rapport puissance / air / carburant du moteur ne varie pas de manière significative (4).

Tableau 1: Émissions théoriques de CO₂ pour une combustion stœchiométrique (4)

	H/C	CO ₂ (g/g of fuel)	LHV (kJ/kg)	CO ₂ (g/kJ)×1000
Natural Gas	3.7/3.9	2.75	48,444	56.8
LPG (50/50)	2.5	3.03	46,055	65.8
Diesel/Fuel	1.9	3.17	42,769	74.1
Gazoline	1.8	3.18	42,690	74.5

I -3 Le GPL (gaz de pétrole liquéfié) :

.Définition :

Le GPL est un mélange gazeux composé principalement de butane et de propane Température ambiante et pression atmosphérique, et peut être transféré à l'état liquide sous Selon les termes :

- pression mesurée à température ambiante.
- pression atmosphérique et basses températures.
- pression modérée et température pas trop basse.

Cette caractéristique lui permet d'être stocké dans un volume réduit (250 litres de GPL Équivalent à un litre de gaz de pétrole liquéfié liquide).

La composition du GPL varie selon les normes et les usages Peut contenir : Propylène, biotine, petite quantité de méthane, éthylène (5).

I -3.1 Présentation du GPL/c

I -3.1.1 Caractéristiques environnementales du GPL/C:

Le GPL/C est le carburant le plus propre, il ne contient pas d'eau, de soufre, de plomb ou de produits aromatiques ; Il n'émet pas de particules et les gaz d'échappement contiennent des hydrocarbures imbrûlés et moins d'oxydes de carbone (6)

Tableau 2: Caractéristiques environnementales du GPL/C et Essence (6)

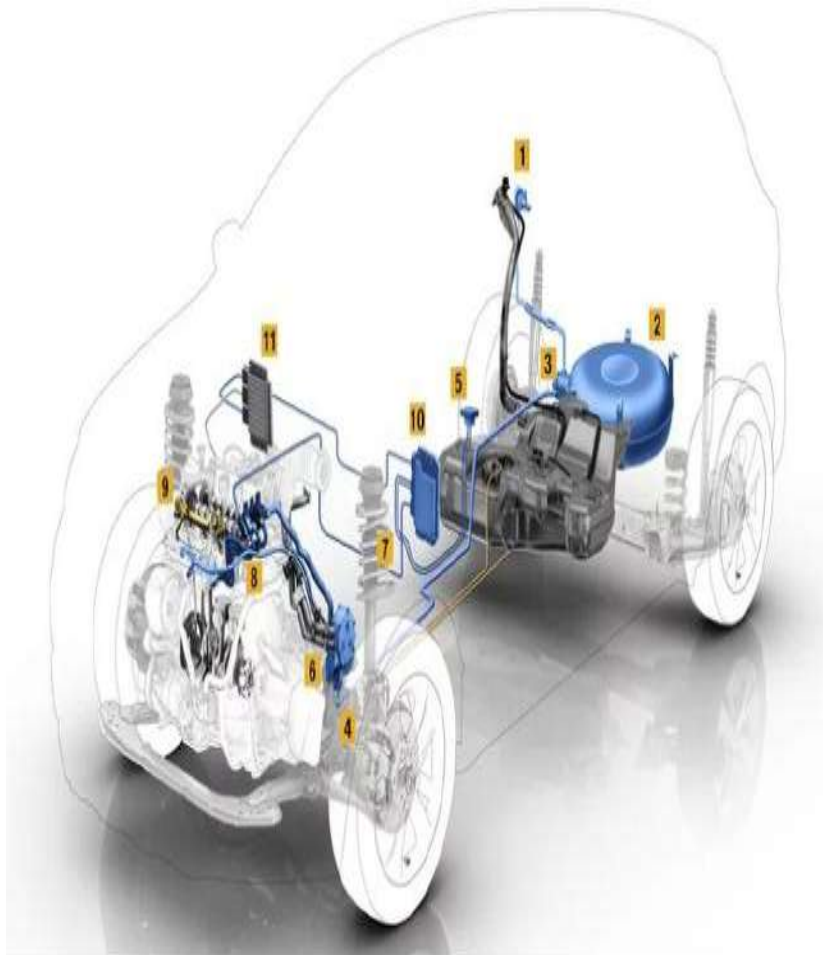
Constituents des Gaz d'échappement	Essence	GPL/C
Monoxyde de Carbone(CO)	15%	3,1%
Hydrocarbures imbrûlés(HC)	2,2%	1,6%
Oxydes d'azote(NOx)	1,7%	1,5%
Plomb(Pb)	0,09%	0%

I -3.2 Avantages et inconvénients techniques des GPL :

- L'homogénéité du mélange air-GPL donne une meilleure régularité du couple moteur Aux bas régimes mais perd environ **58 %** de puissance à haut régime, les reprises se font plus souples. Le fonctionnement du moteur est plus silencieux et les vibrations Diminuent contrairement aux carburants classiques, la combustion du GPL ne laisse Aucun dépôt et procure au moteur et au lubrifiant une longévité accrue. Les révisions Peuvent être espacées tous les **30000 Km**.
- La surconsommation des GPLc est de l'ordre de **15 à 20 %** par rapport aux carburants Traditionnels.
- Il existe un inconvénient majeur d'encombrement, le réservoir peut amputer le volume Du coffre. Toutefois les constructeurs proposent dès la conception de leurs modèles Une version GPL /c avec réservoir intégré.
- Les gaz d'échappements sont exempts de poussières, de plomb et de soufre.
- Les émissions en oxyde de carbone sont réduites principalement en circulation Urbaine.
- Les GPL carburant répondent bien aux problèmes de pollution des villes. (5)

I -3.3 LES COMPOSANTS D'UN VEHICULE GPL

Voici les composants des véhicules GPL (prenons par exemple une voiture dacia)



1. Remplir les trous
2. Réservoir GPL. Sur les modèles dacia ECO-G, il est intégré à la place de la roue de secours.
3. Soupape de sécurité. Comme son nom l'indique, il assure la sécurité de la voiture GPL, y compris en cas de surpression.
4. Tuyau d'alimentation en GPL : Il alimente le moteur en carburant GPL.
5. Commutateur GPL / Jauge : Ces éléments vous permettent de connaître la réserve de GPL disponible et de basculer manuellement entre les réservoirs d'essence et de GPL.
6. Régulateur de vapeur : assure la conversion de l'état liquide à l'état gazeux du GPL
7. fil de queue de cochon
8. Injection de GPL
9. Injection d'essence
10. Calculateur de GPL
11. Calculateur d'essence (7)

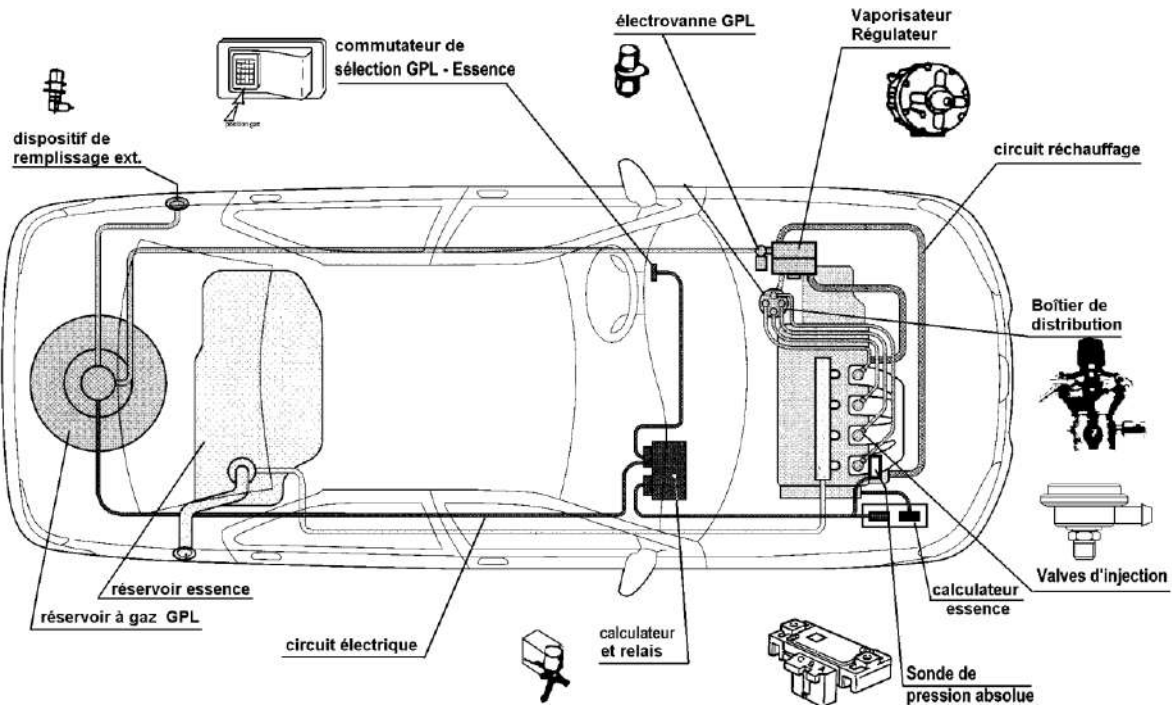
Figure (I. 1): les composants d'un véhicule GPL (7)

I -3.4 Présentation de l'injection GPL :

Les véhicules GPL et essence (bi-carburant) offrent des avantages significatifs en termes d'économique (prix au litre et détaxe). De plus, le carburant (GPL) est propre (les émissions de CO₂, HC et NO_x sont inférieures aux moteurs à essence, pas de plomb et de traces de soufre) et avec l'injection électronique de GPL il n'y a pratiquement pas de perte d'énergie par rapport à l'injection d'essence. (8)

I -3.4.1 Principe de fonctionnement :

Le GPL est stocké dans un réservoir à l'état liquide, transformé en gaz dans le vaporisateur, et ensuite, envoyé aux vannes d'injection par un boîtier de distribution. L'électronique contrôle la quantité de GPL en travaillant sur ce distributeur (8)



Figure(I. 2): Implantation des équipements spécifiques GPL (8)

I -4 Le GNC (Gaz Naturel Comprimé) :

I -4.1 Définition :

Le GNC est l'abréviation du gaz naturel comprimé, qui est du gaz naturel stocké à haute pression (entre 200 et 250 bar) : (9) C'est le même gaz que celui utilisé à la maison, il prend moins de place et se transporte facilement aujourd'hui, plus de 20 millions de véhicules au gaz naturel, une ressource disponible partout dans le monde. C'est une véritable alternative aux trajets domicile-travail. (10)

I -4.2 Avantages du GNC

I -4.2.1 PLUS PROPRE

- Le GNC n'émet pratiquement pas de particules fines lors de la combustion.
- Les émissions d'oxyde d'azote sont jusqu'à 90 % inférieures à celles de l'essence et du diesel. (10)

I -4.2.2 ÉCONOMIQUE

- À la pompe, le CNG est jusqu'à 30 % moins cher que le diesel et 40 % moins que l'essence.
- La consommation de carburant est moindre de 40 à 60 % ! (10)

I -4.2.3 SIMPLE D'UTILISATION

Le ravitaillement est effectué à peu près à la même vitesse que le carburant conventionnel.

- La voiture est plus silencieuse et le moteur cale moins.
- Les véhicules alimentés au gaz naturel comprimé peuvent accéder aux parkings souterrains. (10)

I -4.3 Inconvénients du GNC

- Le gaz naturel est un combustible propre. Cependant, si l'on considère la méthode d'extraction, ce carburant reçoit une note bien inférieure. En fait, le gaz naturel est constitué en grande partie de méthane, qui est un gaz à effet de serre. Lors de l'extraction, une partie du méthane s'échappe de manière invisible.
- Pour éviter les fuites de méthane, les véhicules GNV doivent se convertir au gaz composé à 100% de bio méthane. Cette dernière ne vient pas de la terre, elle provient de la fermentation naturelle de matière organique. À l'heure actuelle, dans notre pays, une seule station-service fonctionne entièrement au bio méthane.
- Un nombre limité de stations-service proposant du GNC. Dans un avenir proche, ce nombre devrait augmenter de manière significative dans le monde entier.
- L'utilisation de véhicules GNC est interdite dans l'Eurotunnel et certaines compagnies de ferry ont des restrictions administratives
- Convertir une voiture à essence est possible, mais reste cher). Mieux vaut donc investir dans un modèle GNV "natif". (11)

I -5 Différences entre le GNC et le GPL (11)

Tableau(I. 3) : Différences entre le GNC et le GPL (11)

	GNC	LPG
Denomination	Gaz naturel comprimé	Gaz de pétrole liquéfié
Composition	Gaz naturel pur mis sous pression	Mélange gazeux obtenu lors du raffinage du pétrole (sous-produit)
Pression	200–300bars	7,5bars
Émissions d'oxydes d'azote et de particules fines	Très faibles	35% de plus que le CNG
Sécurité	Plus léger que l'air: se dissipe s'il est libéré	Plus lourd que l'air: reste au niveau du sol s'il est libéré
Equipment d'origine	Oui (sans perte de place dans le coffre)	Non (perte de place)
Parking	Ok pour tous les parkings	Interdit dans les parkings souterrains

I -6 les moteurs et les émissions

I -6.1 Moteurs Diesel (à allumage par compression)

C'est l'Allemand Rudolf Diesel qui a conçu en 1893 le premier prototype de moteur qui porte son nom à ce jour. Il s'agissait d'un moteur à quatre temps dont le carburant, via un système d'injection, était injecté directement à haute pression dans la chambre de combustion. Ce type de moteur, qui a un taux de compression élevé, a connu une expansion rapide dans le domaine automobile depuis sa création.

➤ **Avantages du diesel :**

- Efficacité supérieure à celle d'un moteur à essence : plus de chaleur est convertie en travail.
- Le carburant diesel coûte environ 10 % moins cher que l'essence.
- La consommation moyenne est inférieure à celle d'un moteur à essence.

➤ **Inconvénients du diesel :**

- De fortes pressions thermiques et mécaniques s'exercent sur les composants mécaniques Du moteur, d'où la nécessité d'augmenter son encombrement.
- Le coût d'entretien est d'environ 20 % plus élevé que le coût d'un moteur à essence.
- Il est difficile d'obtenir une liaison étanche entre le cylindre et le piston.
- Le moteur est plus bruyant.

➤ **Les moteurs diesel émettent un certain nombre de polluants, notamment :**

- Dioxyde de carbone CO₂.
- NO_x.
- Hydrocarbures HC.
- Particules fines (moins de 2,5 micromètres de diamètre).
- Dioxyde de soufre SO₂. (1)

I -6.2 Moteurs à essence (à allumage commandé)

Le moteur à allumage commandé est relativement plus léger et plus actif à bas régime et à froid, car l'allumage se fait par la bougie. Il est relativement plus silencieux qu'un moteur diesel, car les régimes moteur sont également plus élevés, les voitures de sport et les voitures de luxe sont généralement équipées de moteurs à allumage commandé. Cependant, il est plus facile d'obtenir plus de puissance, cependant, le rendement thermodynamique théorique d'un moteur à essence est beaucoup plus faible que le moteur Diesel, dépasse rarement 30%. La différence est principalement due aux taux de compression : plus le taux de compression est élevé, meilleur est le rendement, car le carburant est entièrement brûlé.

La consommation de carburant est plus élevée dans les moteurs à allumage commandé, en raison de la valeur de puissance inférieure de l'essence. A puissance égale, un moteur à essence aura une vitesse de rotation plus élevée, et par conséquent, moins de couple à basse vitesse. Les voitures à essence produisent beaucoup plus de dioxyde de carbone que les voitures diesel.

I -6.3 La différence entre les moteurs diesel et à essence :

Les moteurs diesel sont similaires aux moteurs à essence dans leur fonctionnement car l'idée principale du mécanisme de travail dépend de la combustion du carburant dans le moteur pour produire de l'énergie cinétique, et les différences sont nombreuses, mais la plus importante d'entre elles peut être résumée comme suit (12) .

- Le moteur à essence fonctionne en mélangeant le carburant avec l'air, puis en le comprimant et en l'affectant d'une étincelle électrique afin de l'allumer, tandis que le moteur diesel repose sur le principe de son travail sur la pression d'air puis en l'injectant de carburant, car la température de l'air augmente lorsque la pression est appliquée, et cette chaleur provoque l'inflammation du carburant. Ce processus est appelé injection directe de carburant.

- Le moteur à essence fonctionne à l'essence, tandis que le carburant diesel est appelé diesel et a une densité plus élevée que l'essence.
- Le moteur diesel est plus gros et plus puissant que le moteur à essence, il est donc utilisé dans les camions de transport lourds, tandis que le moteur à essence se caractérise par sa petite taille et l'utilisation d'un carburant de qualité plus pure et peut atteindre une vitesse plus élevée en moins de temps que moteurs diesel.
- Le moteur diesel se caractérise par un coût d'exploitation inférieur à celui du moteur à essence car le moteur diesel fonctionne en utilisant comme carburant moins cher, généralement parce qu'il contient un pourcentage d'impuretés plus élevé que l'essence, et il se caractérise par une densité plus élevée, ce qui a incité de nombreux propriétaires de constructeurs automobiles mondiaux à travailler sur la production de copies de modèles de voitures normales qui fonctionnent avec des moteurs diesel fonctionnant avec du carburant bon marché.
- Les moteurs à essence sont plus faciles à entretenir que les moteurs diesel.
- Le bruit généré par les moteurs à essence est inférieur au bruit généré par les moteurs diesel.
- La pollution augmente à un rythme plus lent dans les moteurs diesel avec l'augmentation de la durée de vie du véhicule, tandis que les moteurs à essence augmentent la pollution produite à des taux élevés avec l'âge du véhicule.

Il convient de noter que la raison pour laquelle l'essence ne peut pas être utilisée dans les moteurs diesel est que le diesel brûle spontanément avec la pression de l'air, alors que l'essence a besoin d'une étincelle électrique pour s'enflammer, un moteur diesel ne fonctionne pas à l'essence (12).

I -6.4.Moteurs GPL :

En injection liquide ou gazeuse, le GPL alimente le moteur à la place de l'essence, en tenant compte des propriétés de ce carburant. Dans le cas d'une injection gazeuse (système le plus couramment utilisé), le GPL utilise des injecteurs spécifiques. Ils sont pilotés par un calculateur dédié qui utilise les informations du calculateur moteur d'origine pour adapter la quantité de mélange air/carburant à injecter. Le moteur conserve ainsi son fonctionnement et ses caractéristiques techniques d'origine (13).

Une voiture au GPL dispose d'un second réservoir (parfois appelé cuve) en plus de celui d'essence. Ce réservoir est en général torique et prend la place de la roue de secours, dans le plancher de la voiture ou en dessous, selon les modèles et la place disponible. Le carburant (stocké sous forme liquide dans le réservoir) passe dans un vapodétendeur qui va transformer le GPL liquide en GPL gazeux. Ce dernier va ensuite être injecté dans la tubulure d'admission par les injecteurs en tenant compte notamment de la quantité d'air admise en continu par le moteur (via le débitmètre d'origine) afin de doser le mélange air/carburant. Lorsque le moteur tourne au GPL, le circuit de carburant et l'injection de carburant sont désactivés. Cependant, il est nécessaire de faire tourner le moteur à l'essence au démarrage pour que le régulateur de vapeur (qui utilise la chaleur générée par la mécanique) atteigne sa température de fonctionnement. Lorsque le fluide frigorigène atteint environ 40°C, le régulateur de vapeur peut jouer son rôle et détendre le gaz. Il envoie l'ordre de couper l'injection de carburant et au calculateur GPL de prendre le relais. C'est ce qu'on appelle un "commutateur" ou "commutateur" de l'essence au GPL. Il est bien sûr possible de passer d'un carburant à un autre à tout moment, d'où le nom de carburant binaire parfois utilisé pour désigner les véhicules à essence (13).

I -6.5. Moteurs GNC

Les moteurs GNC sont dérivés des moteurs à essence et présentent les mêmes avantages de conduite que ce type de véhicule, ainsi qu'un faible niveau sonore et une réponse optimale à l'accélération. Ainsi, la différence entre l'utilisation de GNC ou d'un autre carburant est imperceptible pour le conducteur pendant la conduite (14). De point de vue émissions :

- Le GNC émet 25% de gaz CO₂ par rapport à essence
- L'émission de particules dans le GNC est proche de zéro. (14)

I -7.1. Moteurs bi-fuel

Un système bi-carburant utilise deux types de carburant, mais les carburants ne sont pas mélangés pendant le fonctionnement. Le moteur est capable de basculer entre les deux afin qu'il utilise toujours le type de carburant le plus efficace pour les conditions du moment. Certains de ces moteurs sont contrôlés automatiquement par un régulateur, qui bascule entre les deux types de carburant lorsque ce carburant spécifique est le choix le plus efficace.

D'autres moteurs bi-carburants permettent à l'opérateur de la machine de basculer entre les deux carburants à volonté. Ces moteurs sont capables d'utiliser l'un ou l'autre carburant exclusivement en l'absence de l'autre source de carburant, mais fonctionneront moins efficacement lorsque le bon carburant n'est pas disponible. (15)

I -7.2 Moteurs dual-fuel

Le moteur bi-carburant au gaz naturel utilise un mélange de gaz naturel et de diesel. Le mélange gaz-air est enflammé par le carburant (diesel). Celui-ci est injecté directement dans la chambre de combustion, tandis que les gaz sont introduits dans le conduit d'admission par carburation ou par injection. L'injection directe de gaz dans le cylindre est également utilisée dans certains moteurs (16).

Dans ce type de moteur, le gaz est utilisé comme carburant principal, tandis que le diesel sert de source d'allumage en mode d'allumage par compression. Les moteurs à double carburant fournissent la même puissance qu'un moteur diesel conventionnel, car ils conservent le même taux de compression élevé et produisent moins de certaines émissions, notamment les particules.

Les moteurs à double carburant sont généralement le résultat de la conversion d'un moteur existant et ont l'avantage de ne pas dépendre entièrement du gaz naturel comme carburant. Ainsi, en cas de panne de gaz, il peut fonctionner avec le second combustible (16).

I -8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons découvert le gaz naturel, le GNC et le GPL et leur relation avec le transport, car il peut être utilisé comme carburant propre, ainsi que certains moteurs tels que les moteurs à essence et diesel, ainsi que les moteurs bi-fuel/dual. Carburants, et nous avons un aperçu de ce carburant propre.

Chapitre II :
Le secteur des transports
algériens

II -1 Introduction :

L'Algérie est l'un des pays qui encourage l'adoption de carburants propres au lieu de l'essence et du diesel en raison du fait que le secteur des transports est le plus gros consommateur et la plus grande cause d'émissions nocives, et ce n'est un secret pour personne que l'Algérie dispose d'une grande réserve de Le gaz naturel est considéré comme une nouvelle technologie qui contribuera à réduire les émissions et à réduire la consommation de diesel et d'essence

II-2 Sources d'énergie alternative exploitée en transport :

Actuellement, les sources d'énergie alternatives représentent 9 % de la consommation mondiale d'énergie primaire. Le protocole de Kyoto de 1997 a marqué le début des politiques de décarbonisation et la croissance de l'utilisation des énergies renouvelables. L'élimination du carbone provient autant de la réduction de la biomasse fossile que de la biomasse forestière. L'utilisation de sources autres que les combustibles fossiles réduit les émissions de gaz à effet de serre. L'électricité peut être produite à partir de nombreuses sources d'énergie primaire telles que le charbon, l'essence, l'énergie solaire ou l'hydroélectricité. De plus, les biocarburants et le gaz naturel comprimé (GNC) sont des sources d'énergie alternatives pour le transport. (17)

II- 3 GPL en Algérie:

Dans les pays pétroliers et gaziers comme l'Algérie, l'industrie du GPL n'est pas connue du grand public.

En Algérie, la majeure partie du GPL provient des gisements pétroliers (79%) après séparation des gaz et traitement du pétrole brut, soit 4,35 millions de tonnes, et l'autre partie est produite dans les raffineries de pétrole de Skikda. Alger et Orzo (10%).

La consommation de gaz de pétrole liquéfié a enregistré une croissance importante depuis 2017, atteignant 5,2%, 10,8% en 2018 et 9,7% en 2019, en raison des prix élevés des carburants liquides tels que l'essence et le diesel, et grâce à l'encouragement de l'État à installer des carburants liquéfiés. Groupes de gaz de pétrole (5).

II-3-1 Production des GPL issus des champs :

L'approvisionnement des gisements (gisements d'hydrocarbures) représente 79% de l'approvisionnement national. Le plan adopté depuis les années 1990 s'articule autour de deux axes :

1) Développement de nouveaux champs gaziers situés au sud-est de Hassi R'Mel pour extraire le gaz sec, le condensat et le gaz de pétrole liquéfié.

2) augmentation de la récupération du GPL des gisements à partir de 330 000 tonnes en 1996 ; Cette augmentation est due à l'installation d'unités d'extraction dans les domaines suivants :

1979 : Hassi R'Mel.

1985 : Adrar.

1993 : Bassin de Berkawi.

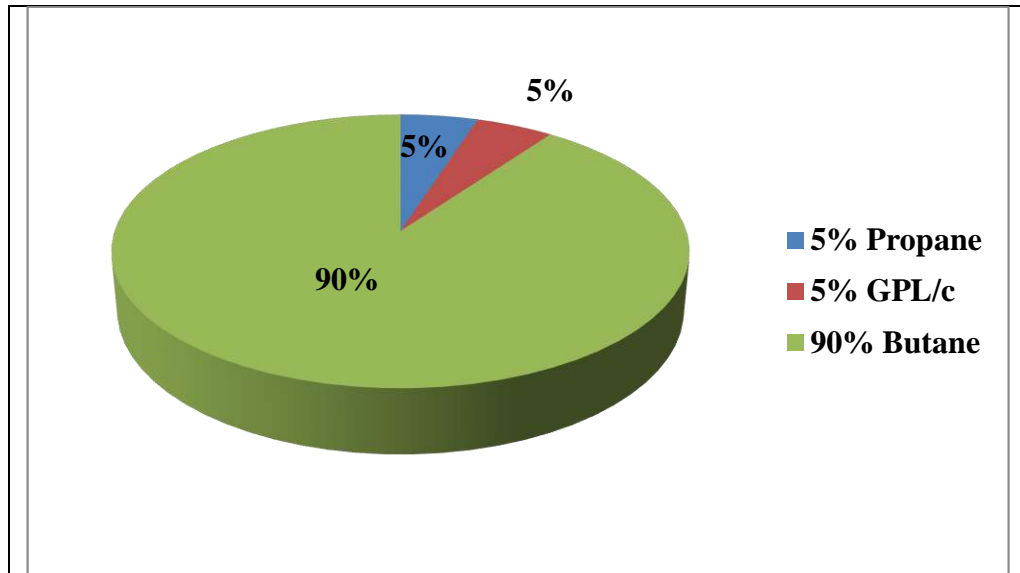
1995 : Bassin de Hamra.

1996 : Vallée de Nimr.

Les champs de Hassi R'Mel, avec une contribution de 3 millions de tonnes, contribuent à plus de 65% de cette production, soit 57% de l'approvisionnement national en GPL (5).

II-3-2 Demande nationale des GPL :

Le niveau de la demande nationale des GPL est de l'ordre 1.4 millions de tonnes dont 90 % du butane, 5 % du propane et 5 % des GPL carburant (5).



Figure(Erreur ! Signet non défini.-3): La demande nationale des GPL (5)

II-3-3 Gaz Naturel Comprimé en Algérie

L'Algérie dispose de plusieurs avantages dans le développement de la technologie du moteur GNC. Cette tendance est conforme au modèle algérien de la consommation d'énergie. Ce modèle tend à privilégier pour les besoins internes du pays l'utilisation des sources d'énergie les plus disponibles et les moins extraites. Ainsi, l'Algérie tend à favoriser la substitution des produits pétroliers (réserves largement exploitées et les plus valorisées à l'exportation) par les produits gaziers.

La disponibilité de gaz naturel en quantités suffisantes, dont les réserves prouvées sont estimées à 4 600 milliards de m³ (alors qu'il n'existe que 400 millions de m³ de pétrole), soutiendrait fortement cette tendance énergétique. La disponibilité du gaz naturel en Algérie confie au GNC un avenir prometteur, d'autant plus qu'il se caractérise par un indice d'octane élevé (environ 110) et un pouvoir calorifique appréciable. Le gaz naturel algérien est appelé « gaz H » (Haut Pouvoir Calorifique), son HCV est de 42,9 MJ/Nm³ et son LCV est de 38,7MJ/Nm³. Il a un Pouvoir Calorifique Supérieur (PCS) compris entre 9.640 et 10.650 kcal/Nm³, il a un Indice de Wobbe compris entre 11.2 et 12.2 (kcal/Nm³), sa teneur en H₂S n'est que des traces et sa teneur en CO₂ est inférieure à 3 % (% molaire). Le gaz naturel algérien est un gaz de haute qualité.

De plus, l'application du GNC comme carburant automobile est en adéquation avec :

- La politique de préservation de l'environnement et la diversification énergétique.
- Politique énergétique et modèle national de consommation : La loi 99-09 du 28/07/1999 intègre le Gaz Naturel dans le cadre du programme national de maîtrise de l'énergie et insiste sur le développement de l'utilisation du Gaz comme carburant propre.

Toute cette volonté politique contribue à promouvoir ce carburant et devrait rendre le taux de pénétration du GNC sur le marché algérien des carburants fondamentalement élevé.

Et ainsi, parmi les options énergétiques retenues en Algérie figurent l'utilisation prioritaire et maximale des produits du Gaz Naturel et la réduction progressive de la part des produits pétroliers bruts dans le bilan de la consommation nationale d'énergie.

Contrairement aux autres carburants (essence, gasoil) qui sont transportés par la route. Le GNC est transporté principalement par des canalisations souterraines très développées en Algérie (fig.4), très développées à l'intérieur et à l'extérieur du pays. Elle dispose déjà de trois gazoducs pour l'Europe, dont certains tronçons passent par le Maroc et la Tunisie, et développe deux grands projets : le gazoduc transsaharien depuis le Nigeria et donc GALSI directement vers la Sardaigne. SONELGAZ (Société Algérienne d'Electricité et de Gaz), gère actuellement plus de 23000km composés de tuyauteries haute pression (20 et 70 bar) et basse pression (4 bar). Ces canalisations longent et traversent les principaux axes routiers du pays couvrant 231 localités urbaines. Cela assurera la fourniture par approvisionnement direct du combustible sur le lieu de consommation (installation des centrales de compression). Dans ce cadre, les efforts se portent, sur la création d'un réseau de Stations-services dans les grandes agglomérations (la pollution est forte), puis la question de l'autonomie du véhicule ne se pose pas (faible distance parcourue, réseau urbain gaz naturel très développé) (18).



Figure (Erreur ! Signet non défini.-4): Infrastructure de gaz naturel en Algérie, 2007 (18)

II-4 Perspectives de développement du carburant GNC en Algérie

La stratégie de développement du carburant GNC en Algérie doit être mise en œuvre, et la promotion du produit GNC se fera par la proposition d'un nouveau financement et de mesures incitatives.

Des études ont été lancées pour définir un système de prix adapté. Cependant, il s'avère qu'il est difficile de définir un prix à la pompe qui assure à la fois la compétitivité par rapport aux carburants traditionnels et qui tient compte des coûts trop élevés de poste de distribution.

Cette opération de financement par l'Etat pourra être inscrite au Fonds de Développement de l'Environnement ou au Fonds National de Maîtrise de l'Energie. Elle doit s'accompagner de la mise en place de mesures incitatives comprises :

- 1- Révision de la structure tarifaire du GNC pour améliorer la marge de détail et réduire le prix actuel avec la pompe ou en fixant des frais nominaux.
- 2- Réduire la charge fiscale sur le produit et l'équipement.
- 3- Généralisation de l'usage du GNV dans les transports en commun : bus, taxis... (18)

II- 5 LE PARC AUTOMOBILE ALGERIEN

Le nombre de voitures nationales en Algérie en 2015 s'élevait à plus de 5,5 millions de véhicules (5 543 957), avec un taux de croissance annuel estimé à 4,5% entre 2000 et 2015. Les voitures particulières représentent 65% du parc automobile national avec un taux de croissance annuel de 5,2% sur la même période et le nombre de voitures a été estimé à environ 88 véhicules pour 1000 habitants, le parc automobile algérien représente 0,5% du parc automobile mondial

II-6 Caractéristiques du parc automobile algérien

II-6.1 Mobilité

L'Algérie a connu une forte croissance démographique et économique. Ce développement est d'autant plus important qu'il a entraîné une très forte dynamique économique et sociale qui a permis aux villes de s'étaler dans l'espace comme dans les villes d'Alger, d'Oran et de Constantine qui s'étaient développées horizontalement. Une fragmentation des lieux de résidence et d'emploi entraîne une forte augmentation des distances parcourues. Pour cette raison, le transport routier est le mode dominant de transport de passagers en Algérie. En effet, le trafic routier algérien représente plus de 80% du secteur des transports. (19)

II -6.2 Croissance du parc automobile

Le parc automobile algérien a connu une augmentation significative au cours des huit dernières années. Cependant, les niveaux de transport motorisé sont estimés à 112 véhicules pour 1000 personnes en 2008, alors que les véhicules motorisés pour 1000 personnes en 2000-2005 étaient de 153 pour le monde, 536 pour les pays plus développés et 43 pour les pays les moins avancés. . La croissance de la flotte algérienne est élevée.

De nombreux facteurs contribuent à cet engouement, qui ne touche certes pas la majorité de la population : augmentation du niveau des revenus, libéralisation du marché automobile, baisse du prix d'achat d'une voiture à la valeur des programmes. Celui-ci - appelé la voiture populaire afin de faciliter l'achat de voitures par les classes moyennes. Parmi les facteurs sociaux et culturels allant dans ce sens, il faut également mentionner la tendance des femmes à obtenir un permis de conduire.

La durée de vie du parc de véhicules détermine les technologies utilisées dans la consommation de carburant et la réduction des gaz polluants émis. En Algérie le parc automobile n'est pas jeune donc il consomme beaucoup de carburant et émet beaucoup de polluants. En effet, les véhicules de moins de 6 ans ne représentent qu'un quart du parc automobile algérien, tandis que les véhicules de plus de 8 ans en représentent le plus grand nombre (plus de 75%).

Par ailleurs, le type de véhicule le plus utilisé en Algérie en 2008 est la voiture particulière (70%) alors que les autres types ne représentent que 30% du parc.

Afin d'obtenir des données représentatives de l'utilisation réelle des véhicules en Algérie, plusieurs enquêtes ont été menées pour déterminer le kilométrage annuel des véhicules. Selon des enquêtes menées entre 1994 et 2003 dans plusieurs régions du pays, le kilométrage moyen des véhicules particuliers algériens est de 30 000 km par an tandis que le kilométrage moyen des véhicules utilitaires légers est de 38 000 km pour les véhicules de moins de 5 ans.

Le kilométrage annuel diminue avec l'âge, mais reste plus élevé que dans les pays européens. La durée de vie du véhicule est plus longue, avec une durée de vie moyenne de plus de 10 ans et un niveau d'entretien relativement faible. (19)

II-7 Combustibles utilisés en Algérie

En 2007, le secteur des transports est le deuxième consommateur d'énergie après le résidentiel et le tertiaire. Sa consommation représentait 33% s'élevant à 6,5 millions de tonnes équivalent pétrole (TEP) de la consommation énergétique finale, avec un taux de dépendance aux produits pétroliers de 98%, dont l'essence est la principale source d'énergie pour 53% des véhicules. Sur le total des véhicules, 4 % roulent au bi-carburant (GPL/Essence) et 47 % des véhicules roulent au diesel, selon les données de l'Office national des statistiques (ONS), 2007. (19)

II- 8 Émissions de polluants du secteur des transports algériens

Selon l'Agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'usage de l'énergie (ANPRUE), en 2007, le secteur des transports est responsable de près de 25 % des émissions totales de GES, soit 19 MtCO₂ : c'est le secteur d'activité le plus polluant.

La pollution atmosphérique est principalement causée par :

- le grand développement de la flotte,
- l'âge avancé de nombreux véhicules,
- absence de système de maintenance et de dépollution,
- le carburant utilisé et le type de trafic dans les villes,
- la prépondérance des voitures sur les routes au lieu du bus (transport commun).

Pour toutes ces raisons, il est nécessaire de réfléchir aux solutions pour prévenir et réduire les émissions polluantes des routes transport.

Une analyse rétrospective de l'évolution des transports terrestres sur les plans : du parc ; le code de la route ; etc., doit être effectuée. Il est important d'identifier les opportunités d'amélioration future de ce secteur en Algérie : (réforme institutionnelle, construction de voiries urbaines, optimisation de la gestion du trafic, promotions des transports publics (bus, trains...), généralisation de l'utilisation du gaz carburant (GPL, GNC), ect...).

L'introduction du carburant gazeux dans le secteur des transports qui est moins polluant, économiquement plus abordable et plus abondant est une alternative tout à fait intéressante.

Le Gaz Naturel Comprimé « GNC » appelé aussi Gaz Naturel Véhicule « GNV » comprend toutes ces caractéristiques et il est désigné comme étant le carburant automobile algérien. Les programmes d'action menés à travers le monde concernant le GNC montrent des résultats fiables qui nous incitent à orienter la demande future visant l'assainissement du trafic routier par la conversion des véhicules au GNC (3).

II- 9 EVOLUTION DE LA CONSOMMATION DES CARBURANTS

La consommation nationale de carburants terrestres a connu un taux de croissance élevé, passant de 0,6 million de tonnes en 1964 à 5,9 millions de tonnes en 1999 et de 11,3 millions de tonnes en 2010 à 14,9 millions de tonnes en 2016. Cette augmentation est due à la croissance continue de l'activité économique, en particulier dans les secteurs de l'industrie et des transports, ainsi qu'à l'amélioration du revenu des ménages, ce qui a entraîné la croissance du parc automobile national, ainsi qu'à des niveaux de prix du carburant relativement bas . Au cours de la période 2010-2016, le taux de croissance annuel moyen de la consommation de carburant a été de 4,8%. Le diesel a

enregistré un taux de croissance annuel de 3,9%, l'essence de 8% et le GPL de 0,2% (voir tableau ci-dessous).

Tableau (IErreur ! Signet non défini.-4): Evolution de la consommation nationale des carburants fossiles 2010-201

(Unité : million de tonnes) (20)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	TCAM2010-2016 %	Evolution2015-2016
Gasoil	8,221	8,81	9,44	9,784	9,978	10,616	10,323	3,90%	-2,80%
Essence	2,697	3,028	3,415	3,826	4,124	4,428	4,269	8%	-3,60%
GPL-c	0,347	0,349	0,343	0,333	0,311	0,291	0,352	0,20%	21%
Total Carburant Terre	11,265	12,187	13,198	13,943	14,413	15,335	14,944	4,80%	-2,60%

La lecture du tableau et de la figure, ci-dessus, nous indique qu'en 2016, la consommation nationale des essences a atteint 4,3 millions de tonnes et celle du gasoil 10,3 millions de tonnes. La baisse par rapport à l'année 2015 soit 4,43 millions de tonnes pour les essences et 10,62 millions de tonnes pour le gasoil s'explique par l'augmentation des prix à la pompe des essences et du gasoil et la baisse des importations de véhicules. Avec un volume de 352 000 tonnes, la consommation nationale du GPL-c enregistre une hausse de +21% en 2016 contre une baisse de -6,4 % en 2015. L'engouement vers l'utilisation du GPL-c est dû au maintien de son prix constant (9 DA/litre) depuis l'année 2005, induisant ainsi un écart important du prix par rapport aux essences (20).

II-10 Stratégie énergétique et orientations nationales des politiques énergétiques à l'horizon 2040

Les processus de consultation sectorielle ont abouti à la préparation d'un cadre global pour les politiques énergétiques qui définit le rôle du secteur de l'énergie dans la réalisation du développement économique et social du pays, en identifiant en particulier les options de base concernant l'utilisation interne et externe de l'énergie à tous les niveaux du chaîne énergétique.

La demande croissante des besoins énergétiques nationaux a conduit à la nécessité de développer une politique réussie qui garantit l'approvisionnement énergétique national à court et à long terme, à l'utilisation du gaz en stimulant l'utilisation du gaz de pétrole liquéfié et du gaz naturel comprimé dans le secteur des transports (21).

II-11 Conclusion

A partir de ce chapitre, il nous devient clair que l'Algérie est un pays gazeux, et le secteur des transports y est en croissance au fil des années, et c'est le plus grand consommateur d'essence et de diesel, et nous n'oublions pas que c'est la plus grande cause d'émissions nocives L'Algérie doit adopter une transition énergétique pour passer à des carburants propres

Chapitre III :

Conception de scénario

III-1 Introduction :

Pour étudier l'effet de la consommation d'essence et de diesel sur les taux d'émissions et étudier leur compensation avec le GPL et le GNC et leurs résultats, nous avons utilisé les données de consommation disponibles et à partir de celles-ci, nous avons prédit ce qui se passerait. Programmez Excel et obtenez les résultats pour chaque scénario

III -2 Les Scénarios :

Dans ce travail, en plus du scénario *Business As Usual* (scénario de non-intervention) on a adopté trois différents scénarios :

- **scénario Business As Usual :**

Nous avons les valeurs de consommation d'essence, de diesel et de GPL de 2009 à 2019, basées sur les données du ministère de l'Énergie (ANNEX A). Après on a calculé les différents taux de croissance, en suite extrapolés à l'horizon de 2050.

- **Scénarios Faibles :**

Dans ce scénario, notre étude a commencé à partir de l'année 2022, où nous introduisons progressivement le gaz de pétrole liquéfié GPL, a fin de soustraire 25 % de la consommation nationale en essence a l'horizon de 2050, ainsi que l gaz naturel comprimé GNC, dans le secteur des transports, afin de soustraire, a l'horizon de 2050, jusqu'à 30 % de la consommation nationale en diesel.

- **Scénarios Moyens :**

Dans ce scénario, notre étude a commencé à partir de l'année 2022, où nous introduisons progressivement le GPL , a fin de soustraire 35% de la consommation nationale en essence a l'horizon de 2050, ainsi que l'introduction progressive du GNC dans le secteur de transport, afin de soustraire, a l'horizon de 2050, jusqu'à 40 % de la consommation nationale en diesel

- **Scénarios Forts :**

Dans ce scénario, notre étude a commencé à partir de l'année 2022, où nous introduisons progressivement le GPL , a fin de soustraire 60 % de la consommation nationale en essence a l'horizon de 2050, ainsi que l'introduction progressive du GNC dans le secteur de transport, afin de soustraire, a l'horizon de 2050, jusqu'à 45 % de la consommation nationale en diesel

Dans cette étude, nous avons obtenu les valeurs de consommation d'essence, de diesel et de gaz de pétrole liquéfié via le site Web du ministère de l'Énergie de 2009 à 2019. Quant aux valeurs de 2020 à 2050, nous les avons obtenues par des opérations arithmétiques. Quant au gaz naturel comprimé, sa valeur n'est pas disponible sur le site du ministère de l'énergie car il s'agit d'une technologie moderne, et nous nous sommes basés sur la recherche de sa valeur par quelques opérations arithmétiques. Pour trouver les valeurs de consommation, nous nous sommes appuyés sur la référence suivante : [Bilan Énergétique National]

Pour les émissions, dans ce travail, nous avons calculé les valeurs des émissions (NO_x et CO₂) au moyen d'une équation mathématique suivante

$$Emissions = \sum \text{consommation} * \text{facteur d'émission}$$

Les valeurs de consommation d'essence multipliées par son facteur d'émission, ainsi que de diesel multipliées par son facteur d'émission. GPL et GNC uniquement, nous avons entré leurs rapports au prorata de l'équation

A titre indicatif, le taux du GNC dans les moteurs diesel proposés est du (5% de diesel et 95% de gaz naturel comprimé) ce qui nous donne une réduction de 10% de CO₂ et 72% de NO_x. De même, Les moteur essence transformé au GPL, sont supposés totalement carburé en GPL seulement, alors, la réduction en émissions est pour les NO_x est de 99 % et pour le CO₂ est de 6 à 20 % (22).

Nous avons obtenu les valeurs de consommation d'essence, de diesel et de gaz de pétrole liquéfié via les bilans nationaux annuelles publiés par le ministère des énergies entre 2009 à 2019. Le tableau des valeurs de consommation est disponible en (ANNEXE A) (23)

Tableau(IErreur ! Signet non défini.- 5): Les facteurs d'émissions (22)

	La Valeur de facteur CO ₂ (Kg/Tep)	La Valeur de facteur NO _x (Kg/Tep)
Le facteur d'émission d'essence	3066	2.47
Le facteur d'émission de diesel	3150	1.10

III -3 Les Formules utilisées dans le calcul :

- Taux de croissance

Le taux de croissance = ((indicateur année n - indicateur année n-1) / indicateur année n-1)

- Consommation de scenario BAU

Consommation BAU année (n)= consommation BAU année (n-1) × (τc +1)

- Consommation des scenarios

Consommation scénario année (n)= consommation BAU année(n)*(1- Le pourcentage imposé dans le scénario année (n))

✓ Remarque :

Toutes les valeurs de consommation, et des gains, d'émissions et de courbes ont été calculées à l'aide du programme exel

III -4 Conclusion :

Sur la base des informations de consommation que nous avons collectées sur le site Web du ministère de l'Énergie et en échange du problème que nous voulons résoudre, nous avons un ensemble d'informations qui nous a permis de concevoir trois scénarios où nous essayons dans chaque scénario et entrons des pourcentages spécifiques de carburant propre(GNC ,GPL).Nous avons cherché à

connaître les résultats de chaque scénario et ce qui peut être économisé en termes de consommation, de taux de réduction des émissions (NO_x , CO_2) et son applicabilité à la réalité.

Chapitre IV :
Résultats et discussion

IV-1 Introduction:

Ce chapitre présente les courbes de consommation d'essence, de diesel, de GPL et de GNC, ainsi que les courbes d'émission de dioxyde de carbone et d'oxyde d'azote.

IV -2 l'évolution de la consommation :

- Gains essence par kTep/année :

	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
scénario fable	-48,8	-654,104	-1101,32	-1658,56	-2446,78	-3553,19	-5096,21
scénario moyen	-97,6	-637,04	-1101,32	-1895,49	-3058,47	-4737,59	-7134,7
scénario fort	-146,4	-739,42	-1468,42	-2843,24	-4893,55	-7895,98	-12230,9

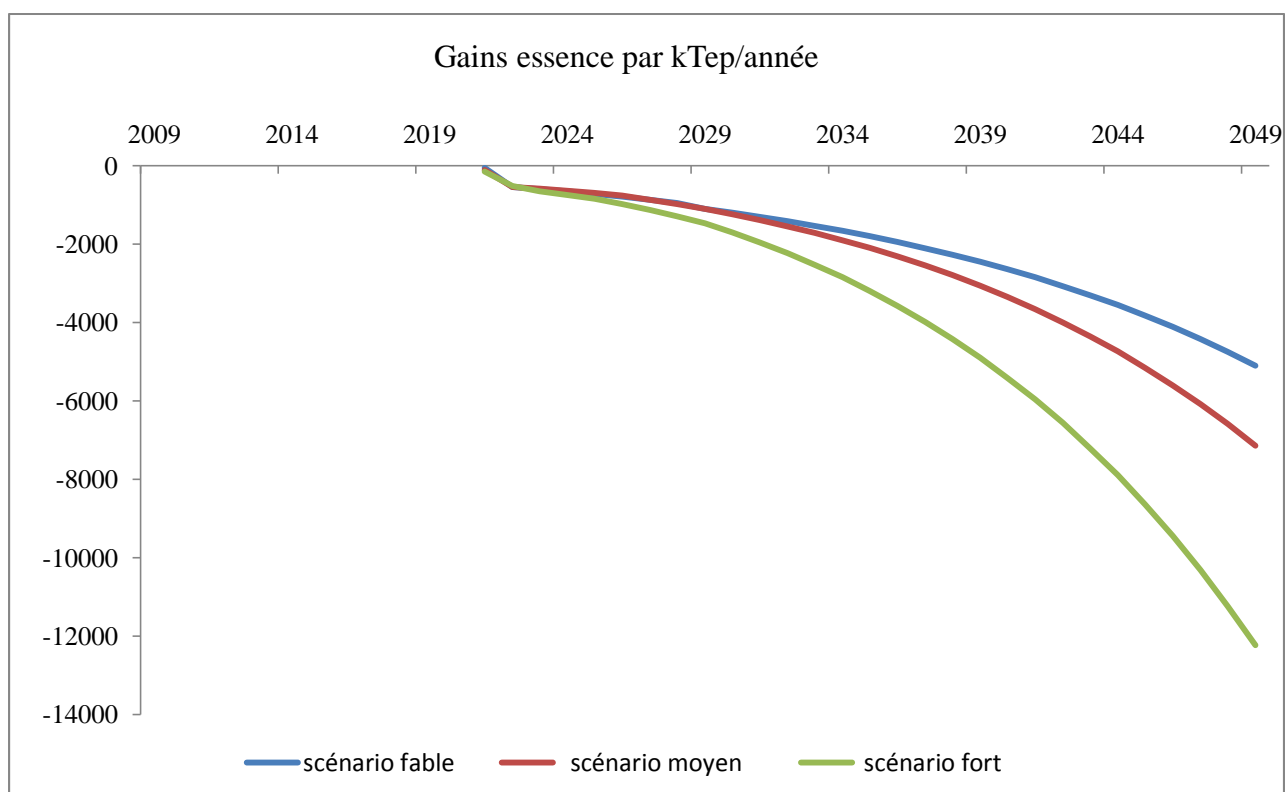


figure (IV- 5) : Courbe représentant les gains de l'essence

On peut voir à travers cette courbe que la consommation d'essence a progressivement diminué depuis 2022, et la valeur de la diminution de la consommation est très importante dans le scénario fort,

en raison de l'introduction du GPL par un grand pourcentage équivalent à 60%, et cela nous a fait économiser une valeur de (12231 kTep/année) à l'horizon de l'année 2050. Scénario moyen Nous avons économisé (7134 kTep/année) grâce à l'introduction de GPL à un taux de 35%. En ce qui concerne le scénario BAU, les économies de consommation étaient aussi faibles que (5096 kTep/année), en raison de l'introduction de GPL avec un pourcentage aussi faible que 25 %.

- **Gains diesel par kTep/année**

	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Scénario faible	-117.58	-246.43	-831.15	-1713.1	-2801.39	-4133.67	-6638.97
Scénario moyen	-117.58	-369.64	-1385.24	-2725.38	-4377.17	-6397.34	-8851.96
Scénario fort	-117.58	-369.64	-1108.195	-2336.04	-4377.17	-6889.45	-9958.46

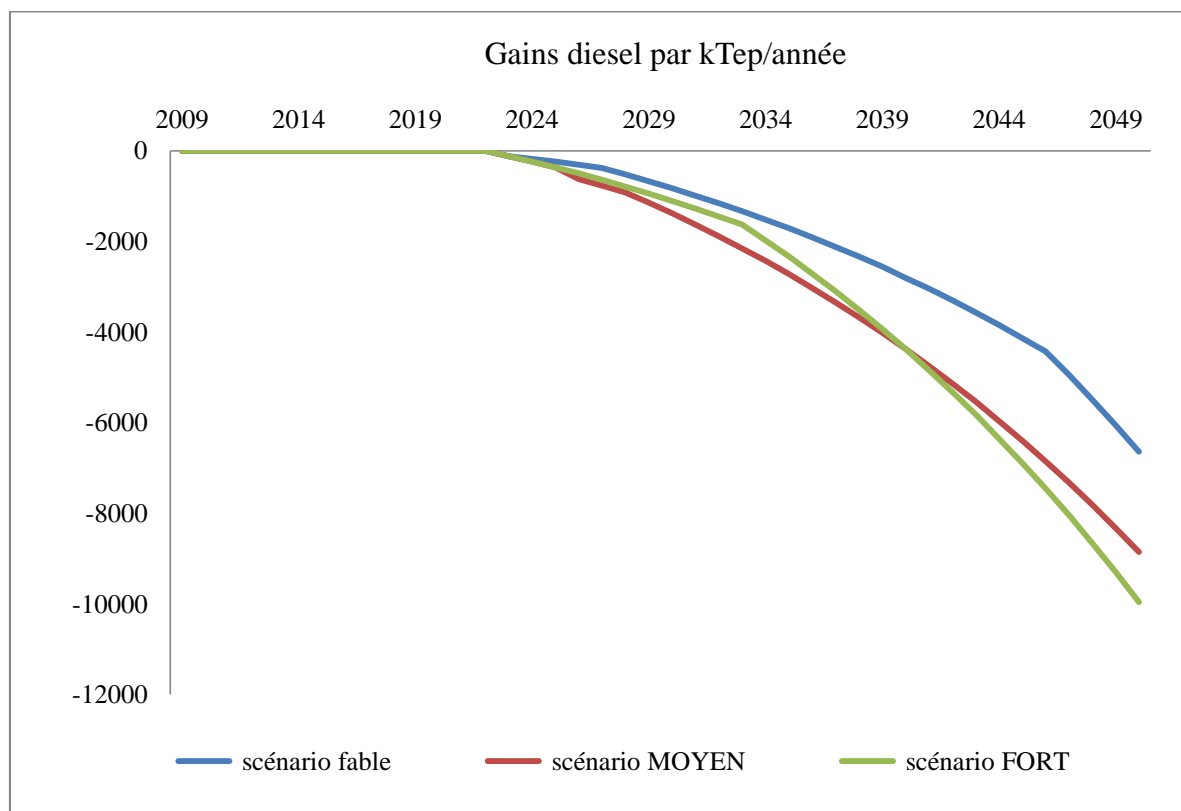


figure (IV -6) : Courbe représentant les gains de diesel

Nous pouvons voir à partir de cette courbe que la consommation de diesel a progressivement diminué depuis 2022 dans tous les scénarios par rapport au scénario (BAU), et la valeur de la diminution de la consommation est très importante dans le scénario fort, en raison de l'introduction du gaz naturel comprimé de 45%, c'est pourquoi nous avons économisé sa valeur (9958 kTep/année) de diesel en 2050. Dans le scénario moyen, les économies (8 852 kTep/année) en 2050 dues à

l'introduction du GNC se sont élevées à 40%. Pour le scénario faible, les économies étaient aussi faibles que (6 639 kTep/année) en 2050, en raison de l'introduction de GNC aussi bas que 30%.

- **Consommation GPL par kTep/année**

	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Scénario faible	48.8	654.1	1101.32	1658.56	2446.78	3553.19	5096.21
Scénario moyen	97.6	637.04	1101.32	1895.49	3058.47	4737.58	7134.7
Scénario fort	146.4	739.42	1468.42	2843.24	4893.55	7895.97	12230.9

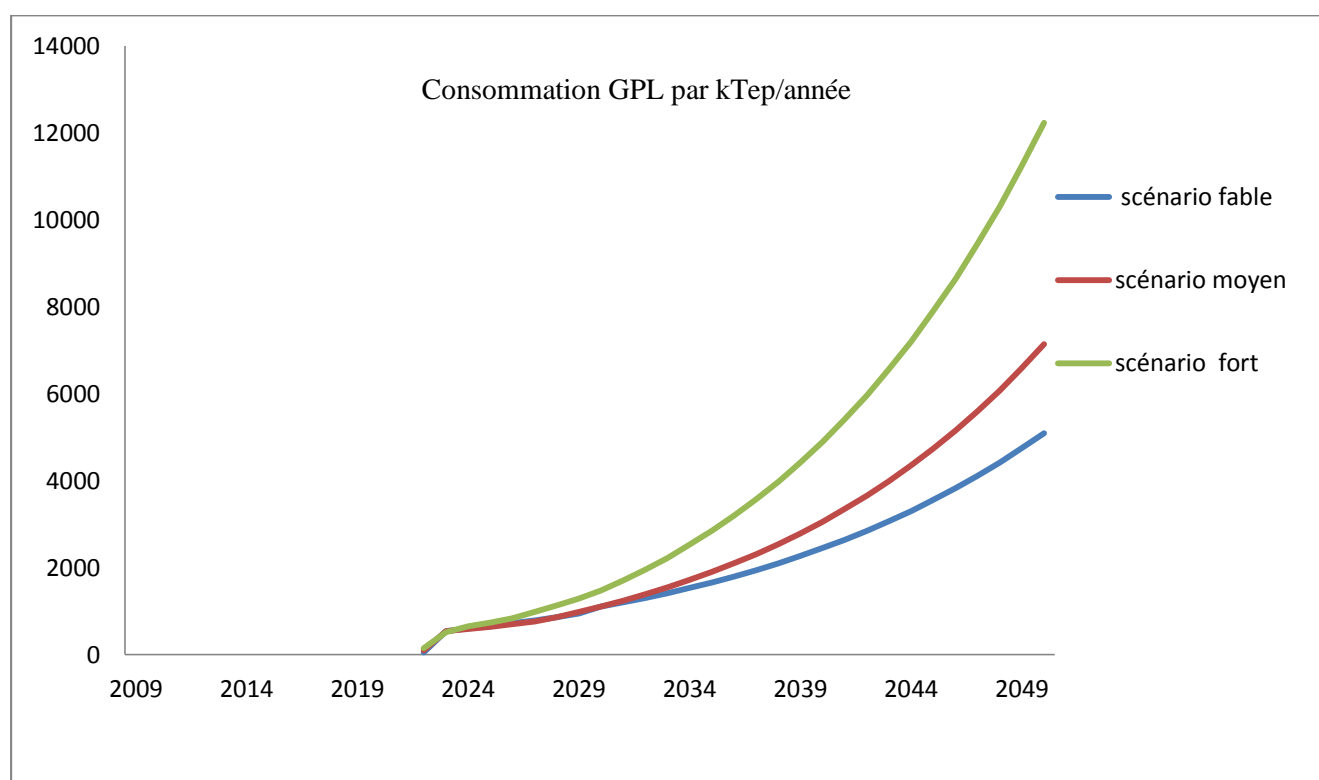
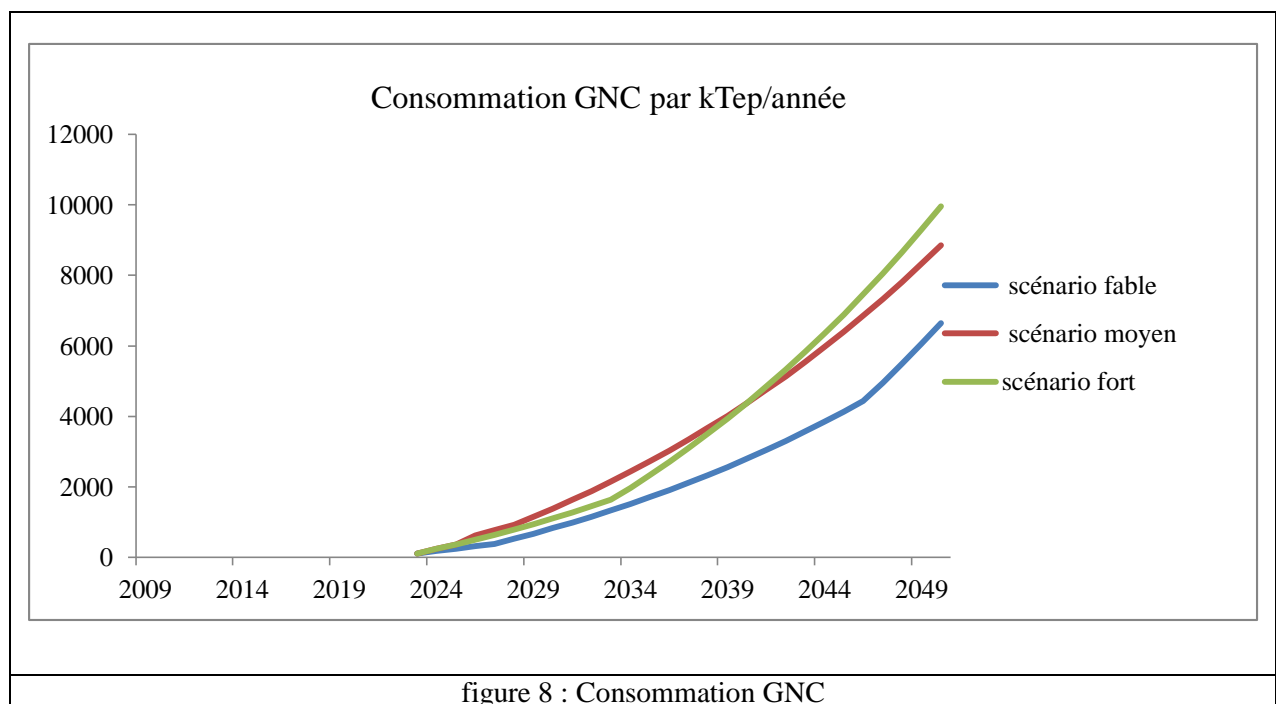


figure (IV -7) : Consommation GPL

On note sur ces courbes que la consommation de gaz de pétrole liquéfié augmente, car le taux de consommation dans le scénario fort était très élevé, s'augmenta à environ (12 231 kTep/année) à 2050, en raison de l'introduction de GPL à un taux très élevé pouvant atteindre 60%. Dans le scénario moyen, la valeur de consommation était d'environ (7 134 kTep/année) à 2050 en raison de l'introduction du GPL à un taux de 35 %, et dans le scénario bas, la valeur de consommation était d'environ (5 096 kTep/année) à 2050 en raison de l'introduction du GPL à 25 %.

- **Consommation GNC par kTep/année**

	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Scénario faible	117.58	246.43	831.15	1713.1	2801.39	4133.67	6638.97
Scénario moyen	117.58	369.64	1385.24	2725.38	4377.17	6397.34	8851.96
Scénario fort	117.58	369.64	1108.195	2336.04	4377.17	6889.45	9958.46



On constate sur ces courbes que la consommation de gaz naturel comprimé augmente, car le taux de consommation dans le scénario fort était très élevé, s'élevant à environ (9958 kTep/année) à 2050, du fait de l'introduction du GNC à un taux très élevé de 45%. Dans le scénario moyen, la valeur de consommation était d'environ (8852 kTep/année) à 2050 en raison de l'introduction du GNC à un taux de 40%. Dans le scénario bas, la valeur de consommation était d'environ (6639 kTep/année) à 2050 en raison de l'introduction du GNC de 30%.

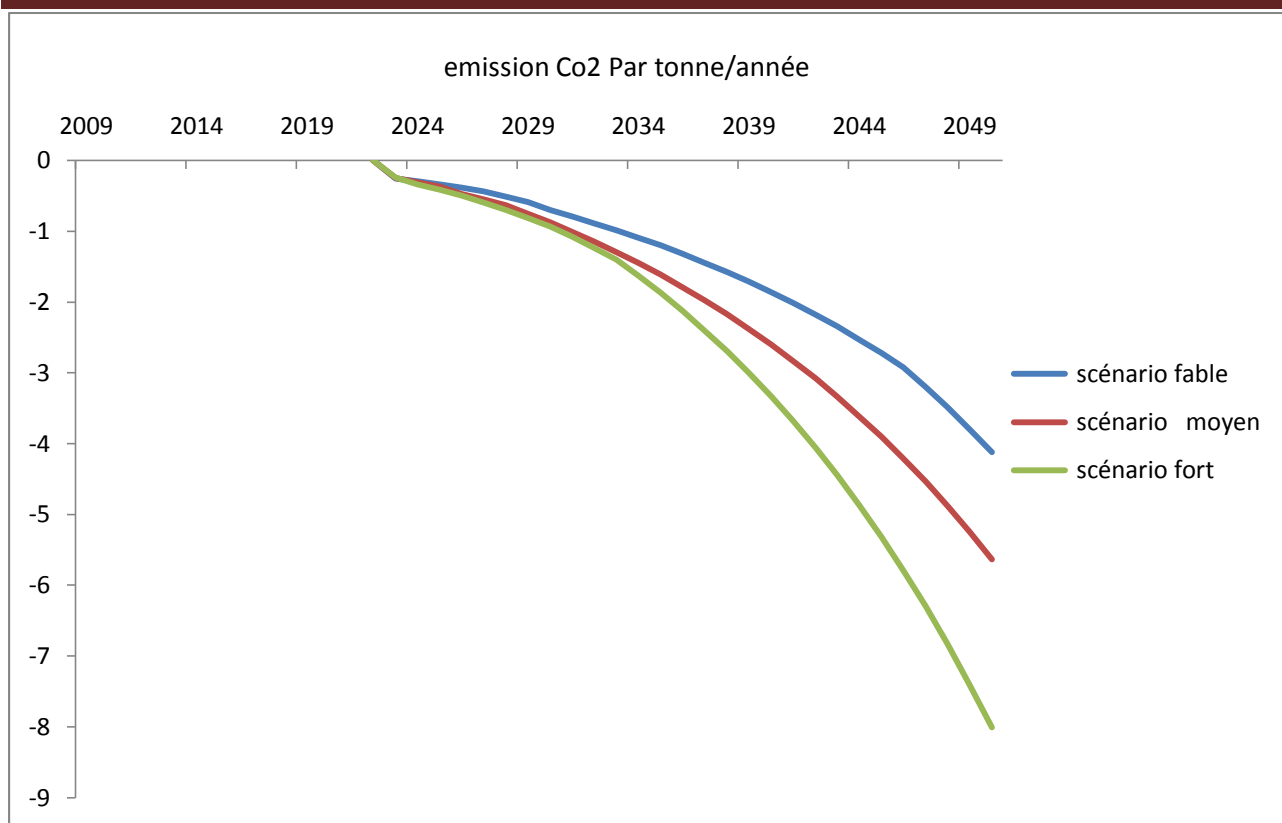
IV -3 Émissions

- **Le NO_x :**

L'oxyde d'azote gazeux de toutes sortes - qui comprend également le NO et le N₂O - est toxique et nocif, et ce gaz peut entraîner une irritation des yeux et des voies respiratoires, tandis que lorsqu'il y est exposé à long terme, il entraîne des maladies cardiovasculaires, et les gaz d'oxyde d'azote sont produits comme sous-produits indésirables. On le trouve dans les moteurs à combustion des automobiles, en particulier dans les moteurs diesel, ainsi que dans le processus de combustion du charbon, du pétrole et du gaz.

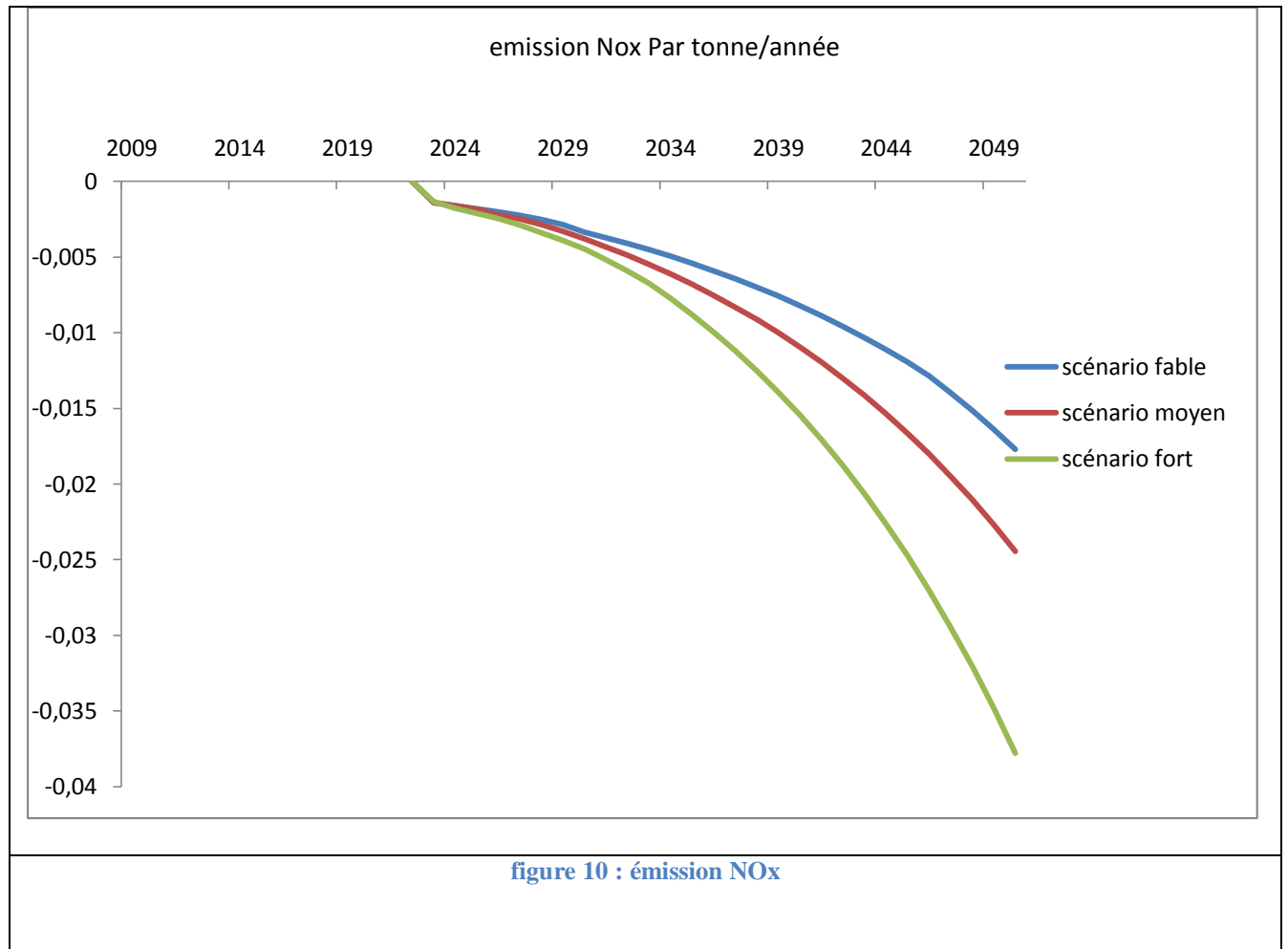
- **Le CO₂ :**

Le dioxyde de carbone est considéré comme toxique et nocif, Si sa concentration monte à 7%, il peut entraîner une suffocation accompagnée de vertiges et de maux de tête, et certains troubles auditifs et visuels, une double vision, une perte d'énergie et de concentration car le gaz augmente le rythme cardiaque et Le carbone provient du transport, en particulier des gaz d'échappement des voitures, et il résulte de la combustion de combustibles fossiles saturés en carbone tels que le charbon et le gaz naturel, ainsi que du processus de respiration effectué par l'homme, car il est expiré avec l'air expiré.

figure 9 : Emission CO₂

Cette courbe exprime la différence d'émission de CO₂ entre chacun des trois scénarios (fort, moyen et faible) et le scénario normal, où l'étude a commencé à partir de l'année 2022 lorsque GPL et GNC sont entrés, où dans le scénario faible la valeur de la différence était de (4.12 tonne/année).A 2050. Dans le scénario moyen, la valeur de la différence était de (5.63 tonne/année) aussi à 2050.et dans le scénario fort, la valeur était de (8 tonne/année) en 2050.

Cette courbe exprime la différence d'émission de NO_x entre chacun des trois scénarios (fort, moyen et faible) et le scénario normal, où l'étude a commencé à partir de l'année 2022 lorsque GPL et GNC sont entrés, où dans le scénario faible la valeur de la différence était de (0.017 tonne/année).A 2050. Dans le scénario moyen, la valeur de la différence était de (0,024 tonne/année) dans 2050. Dans le scénario fort, la valeur était de (0,037 tonne/année) en 2050.



IV -4 Conclusion

De ce qui précède, nous avons remarqué que chaque fois que la valeur de la consommation d'essence diminue, cela correspond à la même augmentation de la consommation de GPL, où le pourcentage d'économie sur la consommation d'essence est estimé à (61494 kTep), tandis que la consommation de GPL est estimée à (61494 kTep) et c'est de 2022 à 2050 dans le scénario faible. Dans le scénario moyen, le taux d'économie d'essence était de (77432 kTep), correspondant à la même valeur de consommation de GPL de 2022 à 2050, et dans le scénario fort, les économies d'essence atteignaient (123 924 kTep), correspondant à la même valeur de consommation de GPL de 2022 à 2050. Et aussi en ce qui concerne le diesel, car plus la diminution de la valeur de la consommation était importante, plus la valeur de l'augmentation de la consommation de GNC était identique. Où le pourcentage d'économie sur la consommation de diesel est estimé à (67214 kTep), tandis que la consommation de

GNC est estimée à (67214 kTep), et ceci de 2022 à 2050 dans le scénario faible. Dans le scénario moyen, le taux d'économie de diesel était de (101 822 kTep), correspondant à la même valeur de consommation de GNC de 2022 à 2050, et dans le scénario fort, le taux d'économie de diesel s'élevait à (103 664 kTep), correspondant à la même valeur de consommation de GNC à partir de 2022 à 2050.

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans ce mémoire, nous avons abordé une brève explication des carburants propres (gaz naturel, gaz de pétrole liquéfié et gaz naturel comprimé), ainsi que de certains moteurs tels que les moteurs à essence et diesel et les bimoteurs (bi-fuel et dual-fuel). À l'essence et au diesel, et en créant des scénarios dans lesquels nous introduisons des carburants propres dans des proportions variables, et en fin de compte, nous avons atteint plusieurs résultats importants.

Dans chaque scénario, nous obtenons ce qui suit :

- Dans le scénario bas, lorsque nous avons fourni 25 % de GPL et 30 % de GNC, ce qui nous a permis d'économiser (5 096 kTep/année) d'essence et (6 638 kTep/année) de diesel, soit 25 % d'essence et 30 % de diesel, et cela se traduit par une diminution dans les émissions, car la valeur des émissions de dioxyde de carbone dans le scénario BAU à 2050 était de (218 tonnes/année) et est devenue (214 tonnes/année), une diminution de (1,84%), et les émissions de dioxyde d'azote ont été estimées à (0,057 tonne/année) après avoir été de (0,075 tonnes/année), soit une baisse de (23 %). Dans 2050.

- Dans le scénario moyen, lorsque nous avons fourni 35% de GPL et 40% de GNC, ce qui nous a permis d'économiser (7134 kTep/année) d'essence et (8851 kTep/année) de diesel, soit 35% d'essence et 40% de diesel, et cela se traduit par une diminution des émissions, où la valeur des émissions de dioxyde de carbone dans le scénario BAU à 2050 était de (218 tonnes/année) et est devenue (212 tonnes/année), une diminution de (2,7%), et les émissions de dioxyde d'azote sont devenues estimées à (0,051 tonne/année) après cela était de (0,075 tonne/année), soit une diminution de (32%). Dans 2050.

- Dans le scénario fort, lorsque nous avons fourni 60% de GPL et 45% de GNC, ce qui nous a permis d'économiser (12 230 kTep/année) d'essence et (9958 kTep/année) de diesel, soit 60% d'essence et 45% de diesel, et cela se traduit par une diminution des émissions, car la valeur des émissions de dioxyde de carbone dans le scénario BAU à 2050 était de (218 tonnes/année) et est devenue (210 tonnes/année), une diminution de (3,6%), et les émissions de dioxyde d'azote ont été estimées à (0,037 tonnes/année) après cela était de (0,075 tonnes/année), soit une diminution de (50%). dans 2050.

En perspective :

- L'état doit encourager et accompagner une transition énergétique propre, en mettant à disposition toutes les capacités disponibles tels que, le gaz naturel, les énergies renouvelables...etc. Afin de réduire la dépendance en essence et en diesel.
- Le GPL et le GNC se présente comme une alternative prometteuse en Algérie, le pays gazier par excellence.
- Le prix des carburants en Algérie sont parmi les moins chers au monde, la révision du politique de subvention est primordiale.
- Inciter les citoyens à la transition vers l'énergie en sensibilisant les citoyens à travers les médias et les articles...etc.
- Encourager l'utilisation des transports en commun, tels que les bus, les trains, les tramways...etc

- Le carburant propre est économique car il permet aux propriétaires de véhicules d'économiser de l'argent car il est moins cher, car le GPL est évalué à environ 9 DA, tandis que l'essence est beaucoup plus chère.
- Il convient également de noter que le GPL et le GNC sont des technologies peu coûteuses et qu'ils sont utilisés par certains ajouts à la voiture, ce qui signifie que nous n'avons pas besoin de changer tout le moteur.

Une autre étude détaillée des sous-secteurs des transports est essentielle afin, d'évaluer le potentiel du gaz naturel.

Bibliographie

Bibliographie

1. **Maamri, Rachid.** *MODÉLISATION ET EXPÉRIMENTATION DES MOTEURS A COMBUSTION FONCTIONNANT AVEC DIFFÉRENTS CARBURANTS DE SUBSTITUTION ET MÉLANGES.* s.l. : L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC, 2014. pp. 1-8.
2. **elsabah, rinad.**
https://mawdoo3.com/%D8%A7%D8%B3%D8%AA%D8%AE%D8%AF%D8%A7%D9%85%D8%A7%D8%AA_%D8%A7%D9%84%D8%BA%D8%A7%D8%B2_%D8%A7%D9%84%D8%B7%D8%A8%D9%8A%D8%B9%D9%8A. [En ligne] 9 févie 2016. date de vu:10 mars 2022.
3. —. استخدامات الغاز الطبيعي. <https://mawdoo3.com/>. [En ligne] 9 févie 2016. date de vu:10 mars 2022.
4. *Towards Integrated Powertrain Control for a Mild-Hybrid Urban Vehicle with a Downsized Turbo-Charged CNG Engine.* **p.Tana, et al.** s.l. : Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP, Vol. 62 (2007), No. 4, pp. 595-613, 2007, Institut français du pétrole, p. 297.
5. **youcef, chebli laid et abbassi.** Mémoire de fin d'études En vue de l'obtention du diplôme Master : CALCUL DES PARAMÈTRES DE FONCTIONNEMENT DU DÉPROPANISEUR (UNITÉ (38) ; TRAITEMENT DE GPL) "MODULE III À HASSI R'MEL. s.l. : UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA, juin 2012. p. 20.
6. **Agence National pour la promotion et la Rationalisation de l'utilisation de l'énergie.** Systèmes GPL carburant. 2019. site web: www.aprue.org.dz.
7. **Renault s.a.s.** FONCTIONNEMENT D'UN MOTEUR GPL.
<https://www.dacia.fr/gpl/fonctionnement-bicarburant-essence-gpl.html>. [En ligne] Sylvain Coursimault, 2017.
8. **TECHNIQUE, DOSSIER.** *INJECTION ELECTRONIQUE GPL MULTIPOINT.*
9. *Tout_savoir_GNC.* **TOTAL MARKETING SERVICES.** france : s.n., mars 2016.
10. *Rouler au gaz naturel. Dites oui au CNG!* **mobilité, ores.** [éd.] J.M..Brebant. décembre 2018. web site: www.ores.com.
11. <https://www.energuide.be/fr/questions-reponses/la-voiture-au-gaz-naturel-ou-au-cng-une-reelle-alternative/198/>. [En ligne]
12. شريم, صفاء. الفرق بين محركات الديزل والبنزين. <https://mawdoo3.com/>. [En ligne] 11 ماي 2016.
13. *DACIA :tout-savoir-sur-le-GPL.*

14. *technologie CNG livret explicatif n159/seat.com. institut de service copyright 2008 seat,S.A.tous droits réservés.* 08915 bADALONA-BARCALONA : Avda.Llenguadoc,25 pol .Ind .Bonavista, 2014.
15. <https://www.wpowerproducts.com/news/5-things-you-didnt-know-about-bi-fuel-and-dual-fuel/>. [En ligne]
16. **A.Bilcan.** *Contribution à l'étude du cycle thermodynamique de moteur fonctionnant en dual fuel.*
17. **Édith, Lagaci.** *MÉMOIRE PRÉSENTÉ À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE COMME EXIGENCE PARTIELLE À L'OBTENTION DE LA MAÎTRISE.* 2017. p. 10.
18. **FethiaAmrouchea, Ahmed Benzaouib , Farid Harouadic, Bouziane Mahmaha , Maiouf Belhamela.** *iCompressed Natural Gas: The new alternative fuel for the Algerian transportation sector.* 2012, p. 109. Available online at www.sciencedirect.com.
19. **APRUE, Mr Ouazene Mourad.** *EXPERIENCE ALGERIENNE DANS LA PROMOTION DESCARBURANTS ET VEHICULES PROPRES.* 2017.
20. **SEBBAGH Souhila, Mme et SALEM, Abdelaziz, M.** *CONSOMMATION DES CARBURANTS ET EVOLUTION DU PARC AUTOMOBILE EN ALGERIE.* 15 6 2018, p. .
21. الورقة القطرية. s.n., 2014. أبو ظبي. وزارة الطاقة و المناجم بمؤتمر الطاقة العربي العاشر. p. 5.
22. **b.kamel, s.noureddine.** *Biofuels, Hybrid and Mitigations of Greenhouse Gases Emission: Scenario perspective for Algerian Transport sector by 2050.* 2021, p. 168.
23. **minister de l'énergie.** *bilan-energetique-national-du-secteur.* <https://www.energy.gov.dz/?article=bilan-energetique-national-du-secteur>. [En ligne] 2009-2019.

ANNEXE A :

Tableaux de consommation BAU :

Année	Essence (kTep)	Diesel (kTep)	parc GPL (kTep)
2009	2572	8522	372
2010	2966	8761	387
2011	3326	9678	412
2012	3652	9791	377
2013	4087	10135	366
2014	4407	9959	367
2015	4734	10563	343
2016	4563	10271	415
2017	4433	10445	539
2018	4207	10493	767
2019	4187	10706	1013

Résumé

ملخص

يعتبر الغاز الطبيعي من أكثر مصادر الوقود الأحفوري أمانًا ونظافة. بينما يعتمد قطاع النقل الجزائري كليًا على الوقود الأحفوري (بنزين / ديزل) ، الذي يولد انبعاثات ضارة من غازات الاحتباس الحراري وله تأثير سلبي على البيئة والصحة هذا العمل عبارة عن دراسة منظور حول الدور الذي يمكن أن يلعبه الغاز. NOx و PM و SOx و CO_2 العامة ، مثل الطبيعي في قطاع النقل ، في شكل غاز البترول المسال والغاز الطبيعي المضغوط. من أجل تقليل اعتماد الأخيرة على الطاقات التقليدية ، فضلا عن انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. من خلال السيناريوهات المصممة ، واستقراء البيانات الحالية حتى عام 2050 ، لاحظنا أن الغاز الطبيعي المضغوط وغاز البترول المسال يمكن أن يكونا عاملين لانتقال الطاقة النظيفة لدولة منتجة للغاز مثل بلدنا. يمكن طرح استهلاك البنزين والديزل من المستويات المقبولة للغاية حيث قدرت نسبة توفير البنزين 12231 و الديزل 9958 سنة 2050 في السيناريو القوي ، وبالتالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون اقل بنسبة 3.6% وأكاسيد النيتروجين بنسبة 50%.

Résumé :

Le gaz naturel est l'une des sources de combustibles fossiles les plus sûres et les plus propres. Alors que le secteur des transports algérien dépend entièrement des combustibles fossiles (essence / diesel), qui génèrent des émissions nocives de gaz à effet de serre et ont un impact négatif sur l'environnement et la santé publique, tels que le CO_2 , les SOx , les particules fines et les NOx . Ce travail est une étude en perspective sur le rôle que le gaz naturel peut jouer dans le secteur des transports, sous forme de gaz de pétrole liquéfié et de gaz naturel comprimé. Afin de réduire la dépendance de ces dernières aux énergies conventionnelles, ainsi que les émissions de gaz à effet de serre. À travers les scénarios conçus, en extrapolant les données existantes à 2050, nous avons remarqué que le GNC et le GPL peuvent être des facteurs de transition énergétique propre pour un pays producteur de gaz comme le nôtre. La consommation d'essence et de diesel peut être soustraite de niveaux très acceptables, car l'économie estimée de 12 231 essence et 9 958 diesel en 2050 dans le scénario fort, et donc les émissions de dioxyde de carbone sont réduites de 3,6% et les oxydes d'azote de 50%.

Abstract :

Natural gas is one of the safest and cleanest fossil fuel sources. While the Algerian transport sector depends entirely on fossil fuels (gasoline / diesel), which generate harmful emissions of greenhouse gases and have a negative impact on the environment and public health, such as CO_2 , SO_x , PM and NO_x . This work is a perspective study on the role that natural gas can play in the transport sector, in the form of liquefied petroleum gas and compressed natural gas. In order to reduce the dependence of the latter on conventional energies, as well as greenhouse gas emissions. Through the designed scenarios, extrapolating the existing data to 2050, we noticed that CNG and LPG can be factors of clean energy transition for a gas-producing country like ours. Gasoline and diesel consumption can be subtracted from very acceptable levels, as the estimated saving of 12,231 gasoline and 9,958 diesel in 2050 in the strong scenario, and therefore carbon dioxide emissions are reduced by 3.6% and nitrogen oxides by 50%.