

UNIVERSITE KASDI MARBAH OUARGLA

Faculté des hydrocarbures, des énergies renouvelables

Et des Sciences de la terre et de l'univers

Département des énergies renouvelables



Mémoire

**Présentée pour l'obtention du diplôme de
MASTER ACADEMIQUE**

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Energies renouvelables Génie mécanique

Spécialité : Energies renouvelables en mécanique

Présenté par :

-CHAOUBI MOUKHTAR

-GOUBI BILLEL

Thème

***Perspective du secteur des transports l'horizon
2050, avec des énergies renouvelables***

Soutenu le : 09/06/2022

Devant le jury composé de :

Maammeur Hocine	Président
BENCHEIKH Kamel	Encadreur
Chahinaz Zoubeydi	Examineur

2021/2022

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2021/2022

Remerciements

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

*Je tiens à exprimer ma sincère gratitude au Dr. Benchikh 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 :*

*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.



Sommaire

Remerciements

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction général 1

CHAPITRE I : Secteur de transport algérien

Introduction

I.1 Répartition parc routier de secteur transport 2

I.1.1 Répartition de consommation énergétique de secteur transport 2

I.1.2 Répartition du parc national automobile de 2009 à 2019 3

I.2 Répartition de la consommation énergétique de secteur transport en 2019 4

I.2.1 Synthèse des flux énergétique de l'année 2019 4

I.2.2 Répartition de la consommation énergétique par secteur transport en 2019 5

I.2.3 Répartition Parc automobile national de l'année 2019 5

I.2.4 Répartition Parc automobile national selon la source de l'énergie en 2019 6

I.3 Secteur de transport algérien 7

I.3.1 La consommation énergétique de secteur transport en Algérie 8

I.4 L'effet de serre 8

I.4.1 Définition 8

I.4.2 Les types de gaz à effet de serre (GES) 10

➤ Le dioxyde de carbone (CO₂)

➤ Le méthane

➤ L'oxyde nitreux

➤ Les chlorofluorocarbures (CFC)

I.4.3 Les émissions GES (bilan environnemental) 10

I.5 Expérience algérienne dans la promotion des carburants et véhicules propres 11

Sommaire

Conclusion	12
------------	----

CHAPITRE II : les énergies renouvelables dans le secteur de transport

Introduction	
II.1 Biocarburants	14
II.1.1 Définitions	14
II.1.2 Génération des biocarburants	14
II.1.2.1 Biocarburants de premières générations	14
a. Filière « biodiesel »	
b. Filière « alcool »	
II.1.2.2 Biocarburant de 2 ^{ème} générations	18
a. La voie biochimique	
b. Voie thermochimique	
II.1.2.3 Biocarburants de 3 ^{ème} générations	21
II.1.3 Pentanol	24
II.3 Le SP95-E10	25
II.4 Gasoil B7	26
II. II.5 Véhicule électrique	26
II.5.1 Définition d'un véhicule électrique	26
II.5.2 Classification des véhicules électriques	26
II.5.2.1 Définition du véhicule électrique hybride	26
II.5.2.2 Architectures des véhicules électriques hybrides	27
a. Structure série	
b. Structure parallèle	
c. Hybridation mixte : série-parallèle	
II.5.2.2 Véhicule tout électrique	29
II.5.2.2.1 Chaîne de traction d'un véhicule électrique	29

Sommaire

a. Batterie	
b. Convertisseurs électriques	
c. Onduleur (DC/AC)	
d. Hacheurs (DC-DC)	
II.5.3 Avantages et inconvénient des VE	31
Conclusion	32

CHAPITRE III : Méthodes et Scenarios

Introduction	
III.1 Les scenarios	34
III.1.1 Scénario BAU	
III.1.2 Scénario faible	
III.1.3 Scénario fort	
III.1.4 Scénario moyen	
III.2 Méthodes	34
III.2. Calcule de consommation BAU (BAU - Business as Usuel 2050)	34
III.2.1 Taux de croissance	34
III.2.2 Consommation de scenario BAU	35
III.2.3 Les émissions CO2/NO2	35
III.3 L'analyse de cycle de vie d'un véhicule électrique	36
Conclusion	36

CHAPITRE IV : Résultats et Discussion

Introduction	38
IV.1 Consommation essence gasoil (2009-2019).	38

Sommaire

IV.2 La consommation (essence- gasoil) de scenario BAU (2009-2050)	39
IV.3 Les émissions CO2/NO2	41
Conclusion	43

CHAPITRE I : Secteur de transport algérien

- Figure I.1** Synthèse des flux énergétique de l'année 2019
- Figure I.2** Structure de la consommation finale par secteur
- Figure I.3** Répartition du Parc Automobile National au 2019
- Figure I.4** Répartition du Parc Automobile National selon la source d'énergie au 2019
- Figure I.5** Les différentes composantes de l'effet de serre
- Figure I.6** Répartition du Parc Automobile National selon la source d'énergie au 2019
- Figure I.7** Les différentes composantes de l'effet de serre
- Figure I.8** la part des émissions de GES du transport

CHAPITRE II : les énergies renouvelables dans le secteur de transport

- Figure II.1** Réaction de transestérification entre un triglycéride et du méthanol
- Figure II.2** Procédé de fabrication d'EMHV
- Figure II.3** Schéma du procédé de production d'éthanol - Voie amylacée (adapté de (Ballerini, 2006).
- Figure II.4** Schéma du procédé de production d'éthanol - Voie amylacée (adapté de (Ballerini, 2006).
- Figure II.5** schématisation de la production de biocarburants de première génération
- Figure II.6** Schéma de principe du procédé de production d'éthanol à partir de biomasse lignocellulosique

Liste des figures

- Figure II.7** Conversion de la biomasse en carburants liquides par voie thermochimique
- Figure II.8** schématisation de la production de biocarburants de deuxième génération par voie biochimique et par voie thermochimique
- Figure II.9** Vue microscopique de micro algues
- Figure II.10** Algues cultivés dans des eaux usées
- Figure II.11** Production de biocarburants à partir de micro algues
- Figure II.12** Structure série de VEH
- Figure II.13** Structure parallèle de VEH
- Figure II.14** Structure série-parallèle de VEH

CHAPITRE IV : Résultats et Discussion

- Figure IV.1** la consommation des combustibles 2009-2019 en mtep
- Figure IV.2** La consommation (essence- gazoil) de scénario BAU(2009-2050) (mtep)
- Figure IV.3** La consommation essence scénario (BAU-faible-fort-moyen) (mtep).
- Figure IV.4** La consommation gazoil scénario (BAU-faible-fort-moyen) (mtep).
- Figure IV.5** les émissions essence-Co2 scénario (BAU-faible-fort-moyen) (Ktonne).
- Figure IV.6** : les émissions gazoil-Co2 scénario (BAU-faible-fort-moyen) (Ktonne).
- Figure IV.7** les émissions Essence -No2 scénario (BAU-faible-fort-moyen) (Ktonne).

Liste des figures

Figure IV.8 les émissions gazoil-No2 scenario (BAU-faible-fort-moyen) (KTonne).

CHAPITRE I : Secteur de transport algérien

Tableau 01 consommation de secteur transport en Algérie de 2009-2019

Tableau 02 Parc automobile en Algérie de 2009-2019

Tableau 03 Parc automobile en Algérie en 2019

Tableau 04 Parc automobile national selon la source de l'énergie en 2019

Tableau 05 consommation de secteur transport en Algérie de 2009-2019

CHAPITRE III : Méthodes et Scenarios

Tableau 01 Les facteurs des émissions

Introduction Générale

Introduction Générale

Les hydrocarbures sont la principale source d'énergie en Algérie, utilisée dans plusieurs domaines, dont l'industrie, la production d'électricité et le secteur de transports considérés comme les plus énergivores.

Où cette énergie est utilisée dans le domaine du transport terrestre, aérien et maritime, et nous nous concentrons en particulier sur le domaine terrestre car il représente le pourcentage le plus important avec l'augmentation et le développement du secteur des transports en Algérie

L'importance des énergies renouvelables, plus précisément à travers la valorisation énergétique de la biomasse, apparaît comme une alternative aux hydrocarbures, nous nous intéressons à la transformation biochimique, considérée comme la plus performante. Il s'agit de la méthanisation, qui non seulement stabilise les déchets tout en réduisant leur charge polluante, mais produit également des biocarburants ; Énergie renouvelable pouvant être utilisée dans diverses applications domestiques.

L'Algérie a créé une dynamique verte en lançant un programme ambitieux de développement des énergies renouvelables et de promotion de l'efficacité énergétique. Les déchets solides sont l'une des plus importantes sources potentielles de biomasse en Algérie, qui peut être utilisée comme source d'énergie renouvelable. Avec le développement économique et le développement démographique, la quantité de déchets solides augmente rapidement en Algérie ; Selon le Registre national de la génération de déchets solides, la production totale de déchets solides municipaux a dépassé 10,3 millions de tonnes par an. Les déchets sont éliminés comme suit : décharge à ciel ouvert (57 %), combustion à ciel ouvert dans des décharges publiques ou déchets municipaux non contrôlés (30%), décharges contrôlées et décharges (10%) d'autre part.

Dans cette étude, nous cherchons à créer un modèle d'énergies renouvelables dans le domaine des transports pour remplacer les carburants traditionnels par des biocarburants propres qui accompagnent l'environnement ,en développant une vision et des scénarios proposés à travers des données réelles de l'année (2009 à 2019)afin d'atteindre les objectifs souhaités dans le futur.(2050).

Dans cette étude, nous avons remplacé un pourcentage d'essence par de l'éthanol(E10), et un pourcentage de diesel par du butanol (B7), et ajouté un pourcentage de voitures électriques à travers trois scénarios : faible, moyen, et fort.

*Chapitre I : Secteur de
transport algérien*

Chapitre III : méthodes et scenario

Introduction

Le transport est un secteur clé pour le développement régional. Dans une économie moderne, Les transports jouent un rôle important pour faciliter la communication et améliorer la circulation Marchandises, personnes et idées. Dans ce chapitre on va présenter le parc de transport en Algérie et la consommation énergétique de cette secteur para port les autres secteurs, plus les effets environnemental de l'énergie utilisé. (Bilan énergétique /bilan environnemental).

I.1 Répartition parc routier de secteur transport

I.1.1 Répartition de consommation énergétique de secteur transport

Les consommations énergétique de secteur de transport (routier et aérien) en Algérie est représenter en Ktep sur le tableau suivant [2]

Tableau 01 : consommation de secteur transport en Algérie de 2009-2019

Années	Routier(Ktep)	Aérien(Ktep)
2009	10165	495
2010	10510	495
2011	11526	477
2012	12636	531
2013	13132	584
2014	13901	435
2015	14778	476
2016	14293	482
2017	14138	496
2018	14342	608
2019	14388	495

Chapitre III : méthodes et scenario

I.1.2 Répartition du parc national automobile de 2009 à 2019

L'Algérie possède un parc automobile plus important, le tableau suivant est présenté le nombre des véhicule des années 2009 à 2019, plus le pourcentage de véhicules divisé par rapport la source d'énergie (Essence ; Gasoil). [3]

Tableau 02 : Parc automobile en Algérie de 2009-2019

Année	Nombre de Véhicule	Véhicule Essence	%	Véhicule Gasoil	%
2009	4171827	2677120	64,17	1494707	35,83
2010	4314607	2756926	63,89	1557681	36,1
2011	4513925	2836732	62,84	1677193	37,16
2012	4812555	2916538	60,60	1816211	39,39
2013	5253185	2996344	57,03	2256841	42,96
2014	5835814	3835297	65,72	2000518	34,28
2015	5977814	3782760	63,28	2195054	36,72
2016	6119814	3906277	63,83	2213537	36,17
2017	6162542	4054336	65,79	2108205	34,21
2018	6418212	4174405	65,04	2243807	34,96
2019	6577188	4304111	65,44	2273077	34,56

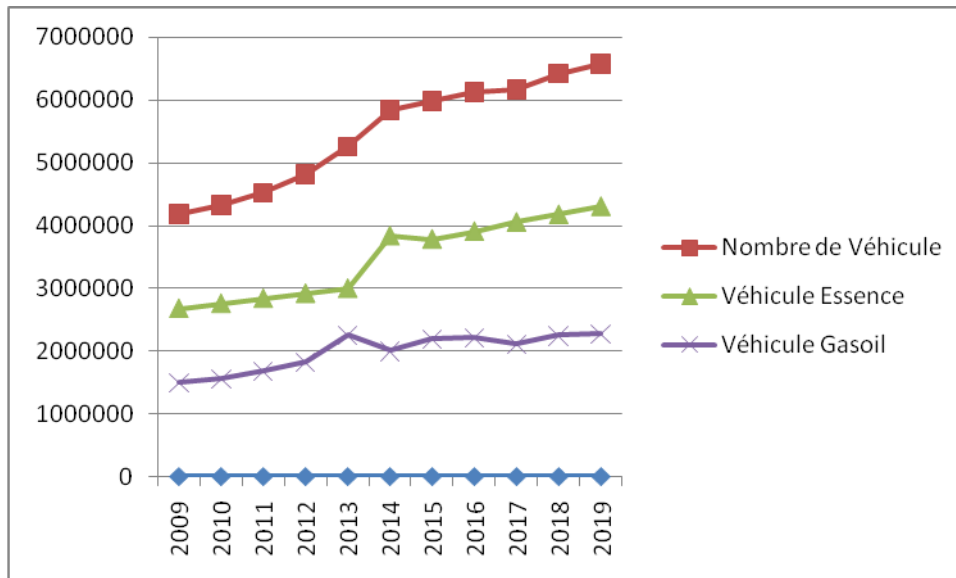


Figure I. 1:Parc national automobile au 2009 à 2019[3]

On constate une augmentation du nombre des véhicules depuis l'année 2009 à fin l'année 2019, avec un fort pourcentage des véhicules essence par rapport les véhicule gasoil chaque année. [3]

I.2 Répartition de la consommation énergétique de secteur transport en 2019

I.2.1 Synthèse des flux énergétique de l'année 2019

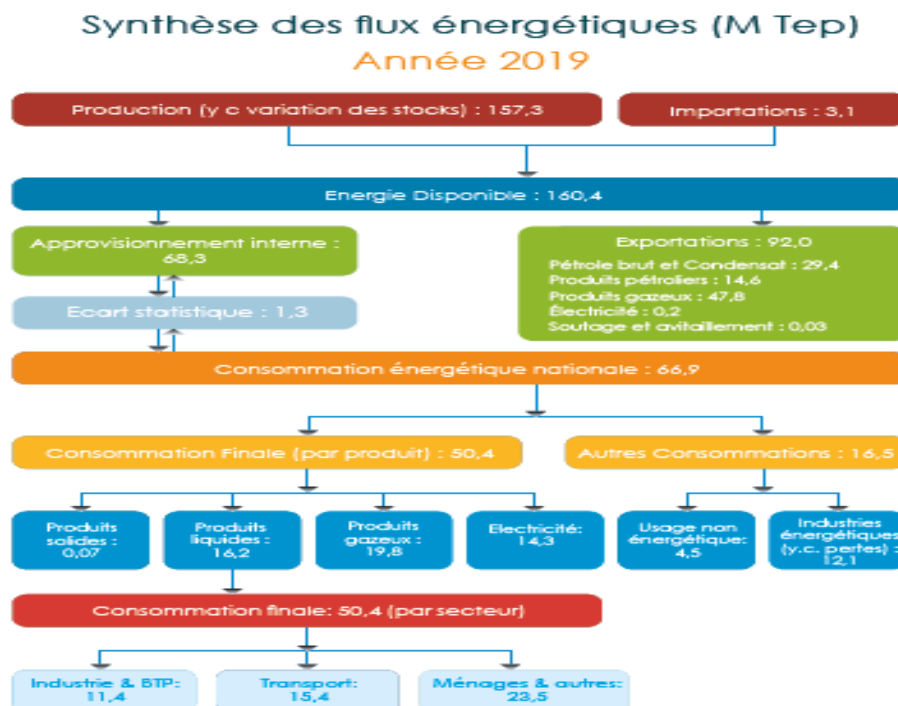


Figure I.2 : Synthèse des flux énergétique de l'année 2019

1.2.2 Répartition de la consommation énergétique par secteur transport en 2019

La consommation énergétique de l'Algérie en 2019 est 50,4 MTep , le secteur transport est consommé (30,6%), secteur ménages (46,7%), et l'industrie (22,7%).

Graphe 13 : Structure de la consommation finale par secteur

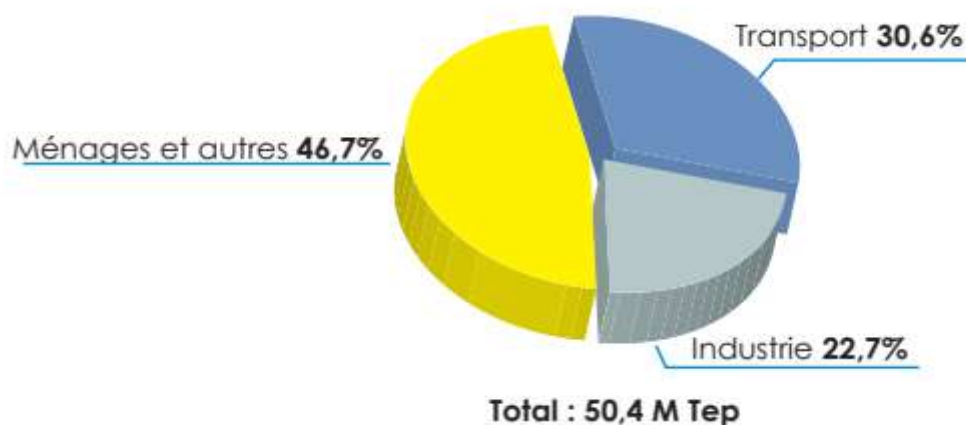


Figure I.3 : Structure de la consommation finale par secteur

1.2.3 Répartition Parc automobile national de l'année 2019

Ce tableau est présenté le parc automobile algérienne selon le genre du véhicule en 2019. [3]

Tableau 03 : Parc automobile en Algérie en 2019

GENRE DU VEHICULE	Nombre	%
VEHICULE DE TOURISME	4 245 307	64,55
CAMION	424 822	6,46
CAMIONNETTE	1 219 476	18,54
AUTOCAR-AUTOBUS	88 707	1,35
TRACTEUR ROUTIER	88 242	1,34
TRACTEUR AGRICOLE	165 968	2,52
VEHICULE SPECIAL	7 420	0,11
REMORQUE	155 788	2,37
MOTO	181 458	2,76
TOTAL	6 577 188	100

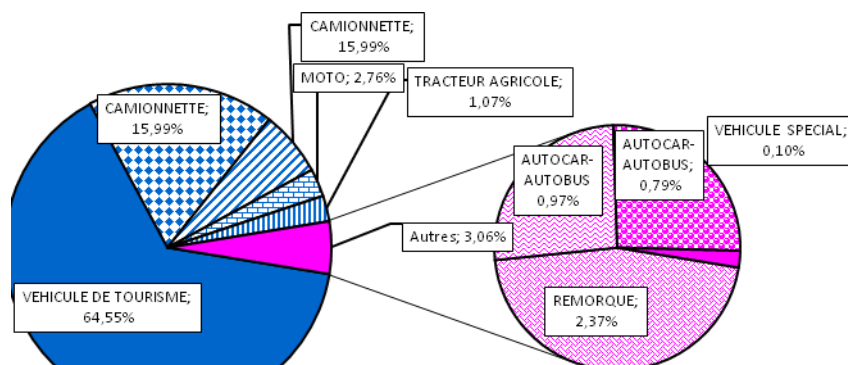


Figure I.4 : Répartition du Parc Automobile National au 2019[3]

I.2.4 Répartition Parc automobile national selon la source de l'énergie en 2019

Ce tableau est présenté le parc automobile algérienne selon la source d'énergie en 2019[3]

Tableau 04 : Parc automobile national selon la source de l'énergie en 2019

GENRE	SOURCE D'ENERGIE				TOTAL
	ESSENCE	%	GAZOIL	%	
VEHICULES DE TOURISME	3 299 622	77,72	945 685	22,28	4 245 307
CAMION	29 038	6,84	395 784	93,16	424 822
CAMIONNETTE	683 003	56,01	536 473	43,99	1 219 476
AUTOCAR/AUTOBUS	4 974	5,61	83 733	94,39	88 707
TRACTEUR ROUTIER	4 848	5,49	83 394	94,51	88 242
TRACTEUR AGRICOLE	8 086	4,87	157 882	95,13	165 968
VEHICULE SPECIAL	1 928	25,98	5 492	74,02	7 420
MOTO	170 714	94,08	10 744	5,92	181 458
TOTAL	4 202 213	65,44	2 219 187	34,56	6 421 400

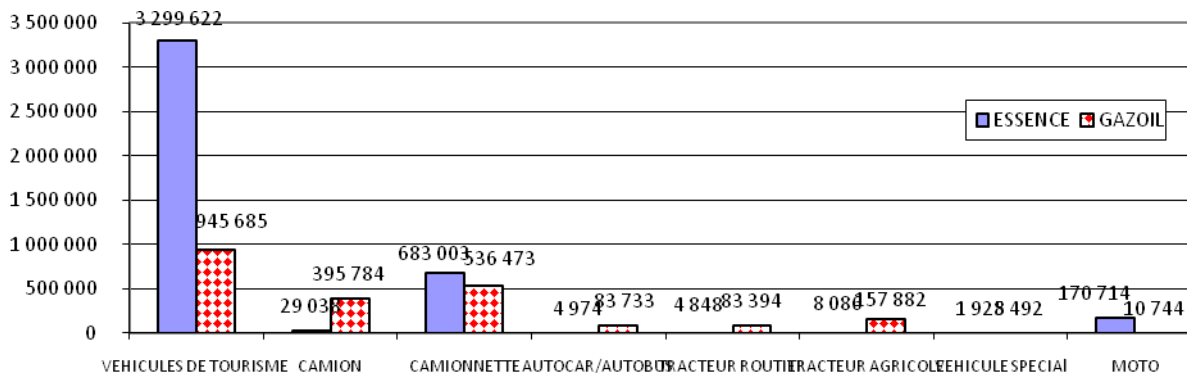


Figure I.5 : Répartition du Parc Automobile National au 2019[3]

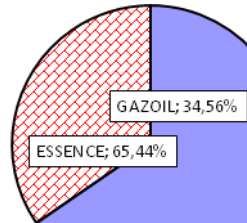


Figure I.6 : Répartition du Parc Automobile National selon la source d'énergie au 2019[3]

I.3 Secteur de transport algérien

I.3.1 La consommation énergétique de secteur transport en Algérie

L'énergie consommée par les transports est répartie entre le transport routier qui domine la consommation avec 92%, suivi du rail et de l'aérien qui représentent chacun 4%. Le transport maritime qui est plus utilisé dans les acheminements du commerce extérieur n'est pas tenu compte en raison de l'absence de données en la matière. À l'instar des autres pays, le transport en Algérie est un secteur qui utilise principalement les énergies fossiles (Gasoil 52%, essence et kérosène 40%, GPL 6% et électricité 2%). En termes de service procuré, le transport routier domine avec 97% des déplacements de personnes et des marchandises et le ferroviaire participe à près de 2,5% et l'aérien à moins de 1%. Le transport routier est donc le sous-secteur qui doit, en premier lieu, constituer le centre d'intérêt pour toute vision de rationalisation de la consommation d'énergie. Afin de mieux appréhender ce sous-secteur, saisissons d'abord ce que renferment la structure et les caractéristiques du parc national automobile (PNA) qui a franchi la barre de six millions de véhicules à partir de 2017 : [1]

I.3.2 La consommation énergétique de secteur de transport en Algérie 2009-2019

Selon les bilans énergétique national des années 2009- 2019 le pourcentage de consommation de secteur de transport par rapport les autre secteurs (industrie et BtP ménages et autres..) et représenter sur le tableau suivant :

Tableau 05 : consommation de secteur transport en Algérie de 2009-2019

Années	Consommation énergétique de secteur transport en Algérie
2009	43%
2010	35%
2011	36%
2012	37%
2013	36%
2014	37%
2015	36,50%
2016	35,19%
2017	33,30%
2018	34,60%
2019	30,60%

I.4 L'effet de serre

I.4.1 Définition

L'effet de serre est un phénomène naturel provoquant une élévation de la température à la surface de notre planète. Indispensable à notre survie, ce fragile équilibre est menacé. Les activités humaines affectent la composition chimique de l'atmosphère et entraînent l'apparition d'un effet de serre additionnel, responsable en grande partie du changement climatique actuel.

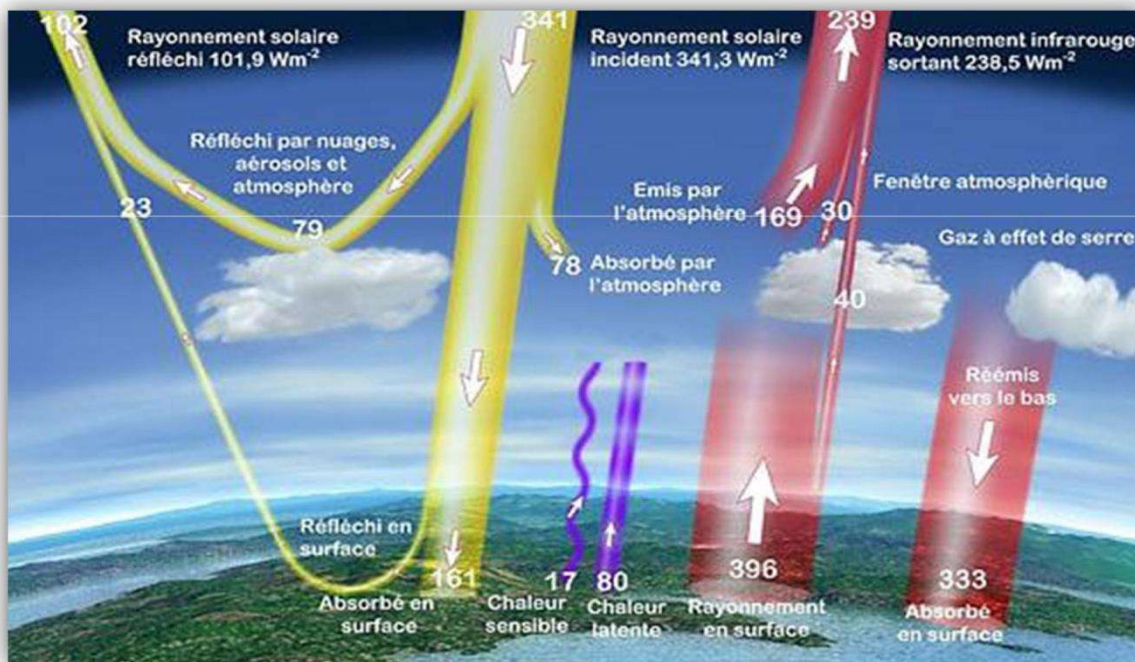


Figure I.7 : Les différentes composantes de l'effet de serre (Source : © Météo-France)

Les deux tiers de l'énergie en provenance du soleil sont absorbés par l'atmosphère, les sols et l'océan. Le tiers restant est directement réfléchi vers l'espace par les nuages, les aérosols, l'atmosphère et la surface terrestre. Atmosphère et surface terrestre émettent en retour un rayonnement infrarouge que les nuages et les gaz à effet de serre (vapeur d'eau, dioxyde de carbone, ozone et méthane pour les plus importants) absorbent et réémettent en grande partie vers le sol. Les gaz à effet de serre ont en effet la particularité d'être

Pratiquement transparents aux rayonnements solaires et opaques au rayonnement infrarouge émis par la terre. L'énergie est piégée. Ce phénomène a été baptisé « effet de serre » par analogie avec la serre du jardinier. On estime que sans cet effet de serre de l'atmosphère, la température moyenne à la surface de la terre serait au plus de - 19°C au lieu des 15°C que nous connaissons.

Pour que la température du système terre-atmosphère soit stable, il faut que le bilan énergétique au sommet de l'atmosphère et en surface soit nul. En 2009, Kevin Trenberth* et ses collaborateurs ont proposé une estimation de ce bilan, en additionnant et soustrayant l'ensemble des échanges d'énergie estimés à partir d'observations et de modèles : le rayonnement solaire atteignant l'atmosphère, la part absorbée et réfléchie, le dégagement de chaleur de la surface, etc. Au final, ils estiment que le bilan d'énergie au sommet de

L'atmosphère et en surface est excédentaire de 0,9 (de 0,7 à 1) W/m² (flux d'énergie par mètre carré). Selon ces auteurs, ce surplus d'énergie, responsable d'un réchauffement du système terre-atmosphère, proviendrait de l'effet de serre additionnel : celui qui est provoqué par un excédent de gaz à effet de serre libérés dans l'atmosphère par les activités humaines.

I.4.2 Les types de gaz à effet de serre (GES)

Il existe un grand nombre de gaz à effet de serre naturellement présents dans l'atmosphère mais dont la concentration varie du fait des activités humaines. Leurs impacts sur le climat dépendent de leur capacité à absorber et émettre du rayonnement infrarouge, de leur concentration dans l'atmosphère et de leur durée de vie. Les principaux gaz qui contribuent à l'effet de serre sont :

- **La vapeur d'eau** : Il s'agit du gaz à effet de serre le plus abondant. L'augmentation de la température entraîne une augmentation de sa concentration dans les basses couches de l'atmosphère, et augmente en retour le réchauffement du climat de la Terre. Ce mécanisme de rétroaction est l'un des plus influant sur le climat terrestre.
- **Le dioxyde de carbone (CO₂)** : Composant mineur mais très important de l'atmosphère, le dioxyde de carbone est libéré par des processus naturels comme les éruptions volcaniques ou la respiration, et par les activités humaines comme la déforestation, les changements d'utilisation des terres, et la combustion de combustibles fossiles. Les activités des sociétés humaines ont augmenté la concentration atmosphérique en CO₂ d'un tiers depuis le début la révolution industrielle. C'est le plus important « forçage » à long terme du changement climatique
- **Le méthane** : Il s'agit d'un gaz hydrocarbure produit à la fois par des sources naturelles et les activités humaines comprenant la décomposition des déchets dans les décharges, l'agriculture (la culture du riz en particulier), ainsi que la digestion des ruminants et la gestion du fumier associé au bétail domestique. Le méthane est un gaz à effet de serre beaucoup plus actif que le dioxyde de carbone, mais également l'un des moins abondants dans l'atmosphère.
- **L'oxyde nitreux** : Il est un puissant gaz à effet de serre produit par la culture des sols, en particulier l'utilisation d'engrais, la combustion de combustibles fossiles, la production d'acide nitrique, et la combustion de biomasse.
- **Les chlorofluorocarbures (CFC)** : Composés synthétiques d'origine entièrement industrielle, ils sont utilisés dans un certain nombre d'applications. Toutefois, leurs productions et leurs rejets dans l'atmosphère sont actuellement très réglementés par des accords internationaux, en raison de leur contribution à la destruction de la couche d'ozone. Ce sont également des gaz à effet de serre.

I.4.3 Les émissions GES (bilan environnemental)

Le secteur du transport est devenu l'une des premières sources de pollution pour ce qui est du poids de transport, les chiffres de l'année 2015 donnent un peu plus de 35.3 millions de tonne d'équivalent CO₂ soit 46% du total des émissions de gaz à effet de serre. Contre 14.2M tonne

CO2 en 2000. La quasi totalité des émissions liées au transport le sont par émission directes de CO2.

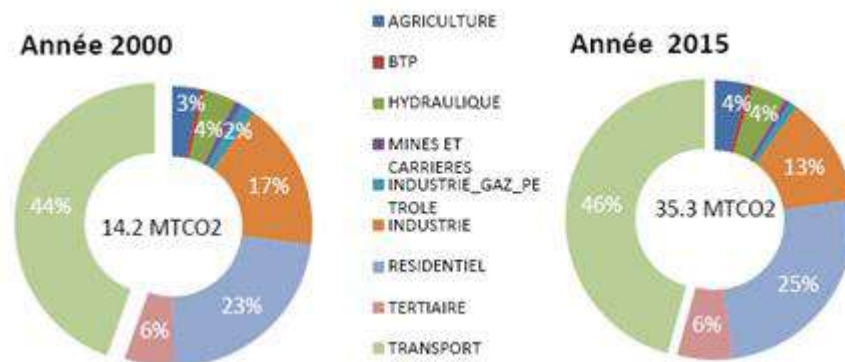


Figure I.8 : la part des émissions de GES du transport

I.5 Expérience algérienne dans la promotion des carburants et véhicules propres

Les émissions de gaz à effet de serre sont estimées à 75 870,09 Giga grammes (Gg) de dioxyde de carbone (CO₂), de 913,97 Gg de méthane (CH₄) et à 31,39 Gg d'oxyde nitreux (N₂O). La séquestration de CO₂ par les forêts est estimée à 4 331,46 Gg. On peut considérer que, durant l'année 1994, l'Algérie a émis 104,794 millions de TE-CO₂ soit 3,92 TE-CO₂t/hab. Si l'on prend uniquement les émissions de CO₂, le taux d'émission de CO₂ par habitant est de 2,84 tonnes. Les résultats montrent que c'est essentiellement le secteur de l'Energie qui est responsable à plus des deux-tiers des émissions (66,92%). Le potentiel du pays en hydrocarbures explique en grande partie cette situation, car l'Algérie est un grand exportateur d'hydrocarbures. IL faut rappeler aussi le fait que l'Algérie a mis en œuvre, dès le début des années 80, une stratégie de développement basée sur les ressources énergétiques disponibles et, principalement, le gaz naturel qui est utilisé dans différents domaines d'activités (centrales électriques, secteur industriel et résidentiel, etc.). Le Changement d'affectation des terres et la foresterie est le second secteur important du point de vue des émissions (12,44%), qui ne sont pas suffisamment atténuées par la séquestration qu'il assure. L'Agriculture est le troisième secteur émetteur de gaz à effet de serre avec plus de 11,49% du total. Le secteur des Déchets intervient pour 4,59% et celui des procédés industriels pour 4,52%. Le gaz carbonique (CO₂) est le gaz le plus émis avec 72,40%, suivi du méthane (CH₄) avec 18,31% et de l'oxyde nitreux (N₂O) avec 9,29%. Les émissions fugitives liées aux activités gazières et pétrolières sont loin d'être négligeables. Néanmoins, l'absence de coefficients d'émissions spécifiques à l'Algérie a fait que dans la majeure partie des calculs, ce sont les facteurs d'émissions par défaut, proposés par le manuel de référence de l'inventaire (GIEC), qui ont été utilisés. [4]

Conclusion

On a concluons qu'il a une augmentation de parc routier avec la consommation énergétique dans le secteur de transport en Algérie, et même temps l'absence l'exploitation d'énergie renouvelable donc l'augmentation de GES.

*Chapitre II : les énergies
renouvelables dans le secteur
de transport*

Introduction

Les hydrocarbures en Algérie représentent presque 98% du total des exportations, ce qui a rendu l'Algérie d'être un pays caractérisé par une économie de rente. Les perturbations des prix du pétrole ont aussi aggravé la situation, elles ont influencé négativement sur l'économie algérienne notamment le secteur de transport. Cette situation a poussé les pouvoirs publics de revoir leur politique énergétique à travers l'exploitation d'autres types d'énergies propres et durables. Dans ce chapitre nous avons défini les énergies renouvelables utilisées pour le secteur de transport.

II.1 Biocarburants

II.1.1 Définitions

Biocarburants appelés encore biomasse, sont les carburants produits à partir de matières végétales ou animales non fossiles.

L'historique des biocarburants a souvent été ponctué par les crises énergétiques telles que des chocs pétroliers ou des pénuries de carburants fossiles. Les gazogènes qui produisent un gaz énergétiquement pauvre se sont ainsi développés par exemple durant la dernière guerre mondiale et la plupart des productions actuelles en Europe, aux États-Unis et au Brésil ont eu comme origine les crises pétrolières de 1973, 1979 et d'autres crises géopolitiques. Mais les biocarburants peuvent aussi être valorisés, dans des situations où les lieux de production ou de distribution des produits pétroliers sont éloignés des lieux de consommation, conjugués à l'existence de ressources locales à valoriser. Dans ces cas, ils ont une fonction purement énergétique de carburant de substitution. Aujourd'hui, d'autres fonctions des biocarburants ont été mises en évidence de par leur composition oxygénée, ils peuvent améliorer la combustion des hydrocarbures et réduire certaines émissions, ou encore, pour les dérivés des huiles végétales, améliorer les capacités lubrifiantes des carburants. On peut parler dans ces cas de carburants ou même d'additifs selon les quantités utilisées. Ces dispositions ont actuellement l'objet d'un projet de directive européenne. Les biocarburants sont des énergies renouvelables et, contrairement aux énergies fossiles ; ne contribuent pas à aggraver certains impacts environnementaux globaux, comme par exemple l'effet de serre [5].

II.1.2 Génération des biocarburants

Il ya trois catégories de production de biocarburants :

- Les biocarburants de première génération, principalement formés à partir d'huiles végétales, de sucre et amidons comestibles.
- Les biocarburants de deuxième génération, fabriqués à partir de matière végétales non comestibles (résidus agricoles ou forestiers).
- Les biocarburants de troisième génération fabriquée à partir d'algues et de microorganismes [6].

II.1.2.1 Biocarburants de premières générations

Ils regroupent selon le mode de production utilisé deux grands types de produits. Nous avons la filière biodiesel et celle des alcools dont le plus connu est l'éthanol.

a. Filière « biodiesel » :

Le biodiesel est un carburant qui peut être utilisé pur et/ou mélangé dans le gazole pour les moteurs Diesel. Il est constitué d'esters méthyliques d'huiles végétales (EMHV), eux-mêmes.

Provenant d'huiles végétales (tournesol, colza, palme, soja, etc.). En effet, les esters sont des hydrocarbures obtenus par réaction de transestérification entre les triglycérides et les alcools. Dans notre cas, l'alcool utilisé est le méthanol, d'où l'appellation « esters méthyliques ». Les esters méthyliques ont ainsi pour formule $R\text{-COOCH}_3$, où R est un groupement alkyle. La figure II-1 présente une réaction de transestérification entre un triglycéride et le méthanol.

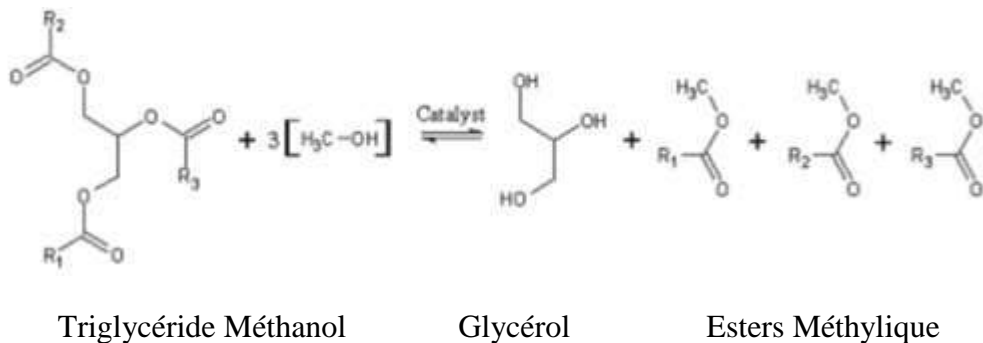


Figure II. 1: Réaction de transestérification entre un triglycéride et du méthanol [7].

Ils sont actuellement développés et utilisés comme carburants alternatifs. Ils sont incorporés dans la composition des gazoles jusqu'à 5% en volume car ils présentent des caractéristiques aux combustions similaires à celles des gazoles (viscosité, indice de cétane, etc.) [7].

L'indice de cétane est l'un des principaux indicateurs de la qualité du gazole et caractérise le délai d'allumage du carburant au moment de son injection dans la chambre de combustion .voir la **Figure II.2**

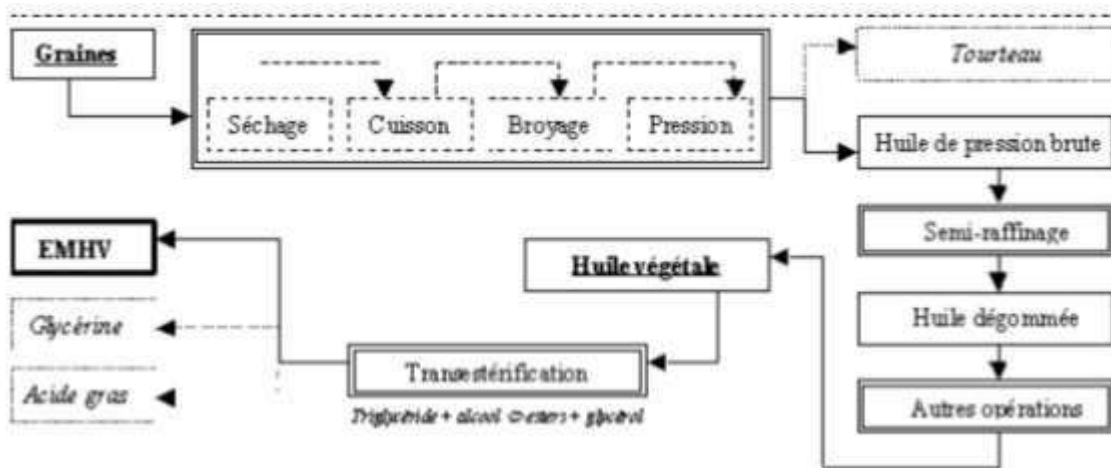


Figure II. 2: Procédé de fabrication d'EMHV. [8]

b. Filière « alcool » :

Les l'éthanol sont produits à partir des plantes sucrières (Betterave, canne à sucre) et des céréales (blé, maïs, orge). Ils sont utilisés pour la Reformulation des essences commerciales à des proportions variables selon les pays (5-10% en France, 5-85% aux Etats-Unis, jusqu'à 100% au Brésil, etc.). Les alcools, de formule R-OH, présentent de nombreuses caractéristiques intéressantes notamment des Indices d'octane élevés (l'indice d'octane indique la résistance au cliquetis d'un carburant dans un moteur à allumage commandé) [7].

Deux types de ressources sont utilisés : les plantes sucrières riches en saccharose

(Canne à sucre, betterave sucrière, sorgho sucrier) et les plantes riches en amidon, aussi appelées plantes amylicées (blé, maïs, seigle, pomme de terre) [9].

➤ Voie sucrière :

En France métropolitaine, la plante sucrière cultivée en quantité significative est la

Betterave. Les grandes étapes du procédé de production sont présentées sur la figure II.3

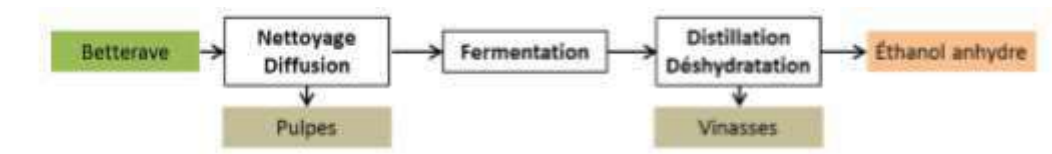


Figure II. 3. Schéma du procédé de production d'éthanol - Voie amylicée (adapté de (Ballerini, 2006)).

Après nettoyage de la betterave, l'extraction du sucre se produit dans des diffuseurs où la racine, découpée en cossettes, libère son sucre par osmose. Ce dernier est utilisé pour

Chapitre II : les énergies renouvelables dans le secteur de transport

La fermentation pendant la campagne betteravière. Pour espacer la production d'alcool dans le temps, les distilleries stockent également des sirops de basse pureté. Ce sirop est ensuite repris pour la fermentation.

➤ Voie amyliacée :

Le glucose étant stocké sous forme d'amidon, une étape supplémentaire d'hydrolyse ou saccharification est nécessaire. Les céréales sont le plus souvent séparées des sons puis moulues en farine contenant l'amidon. Dans le procédé direct, la farine est mélangée à de l'eau et des enzymes pour réduire l'amidon en glucose lors de la Saccharification.

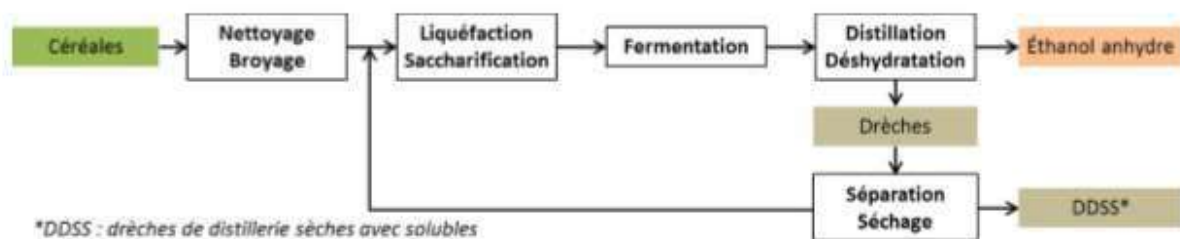


Figure II. 4: Schéma du procédé de production d'éthanol - Voie amyliacée (adapté de (Ballerini, 2006))

Les perspectives de développement de ces biocarburants de première génération

sont réelles, mais leur production soulève parfois de sérieuses interrogations dans la société par la concurrence qu'ils créent avec les besoins alimentaires des populations. De plus, les quantités produites de nos jours restent encore limitées et ne peuvent se substituer qu'à une faible proportion du carburant d'origine fossile. Les voies de production dites de seconde

Génération promettent une augmentation de la production de ces carburants, sans concurrence avec les utilisations alimentaires, qui demeureront toujours prioritaires [7].

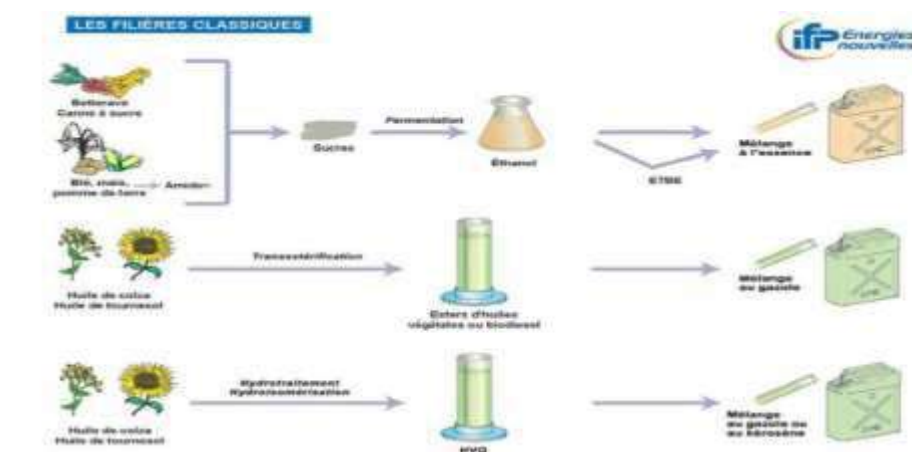


Figure II. 5:schématisation de la production de biocarburants de première génération [10].

II.1.2.2 Biocarburant de 2ème générations

Face aux limites de la première génération, les chercheurs et ingénieurs tentent de développer des biocarburants à partir de sources végétales non alimentaires, comme la Lignine et cellulose. Ce sont les biocarburants dits de deuxième génération. Ils sont obtenus À partir de biomasse lignocellulosique .il s'agit notamment des déchets de lignine de cellulose ou d'hémicellulose, les tiges de blé et du bois. Cette2ème générations concernant Les filières éthanol et biodiesel avec des technologies différents de celles de la première ces Nouveaux biocarburants, qui devraient être produits à l'échelle à l'horizon 2020-2030 Peuvent être produits selon deux voies [6].

a. La voie biochimique :

Désigne la filière de valorisation de la biomasse lignocellulosique par hydrolyse Puis fermentation. Le produit final principal est l'éthanol dit « cellulosique », en référence à la fraction majoritairement valorisée de la biomasse. Il est de même nature que le bioéthanol de première génération .Le schéma générique du procédé de production d'éthanol cellulosique est articulé autour de quatre étapes principales :

- Prétraitement de la matière première afin d'en libérer la fraction hydrolysable.
- Cassure par hydrolyse des molécules de cellulose et d'hémicellulose en sucres, Respectivement hexoses (glucose) et pentoses.

Chapitre II : les énergies renouvelables dans le secteur de transport

- Fermentation des sucres en éthanol.
- Séparation de l'éthanol du moût de fermentation, distillation et séchage afin

D'obtenir de l'éthanol anhydre, apte à un usage comme biocarburant [11].

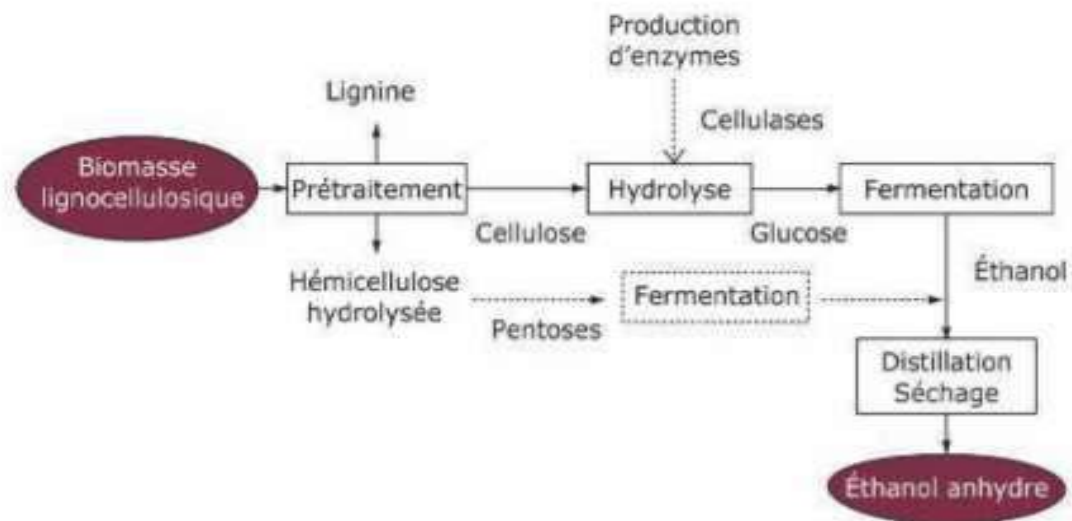


Figure II. 6: Schéma de principe du procédé de production d'éthanol à partir de biomasse

Lignocellulosique [11].

b. Voie thermochimique :

BTL (Biomasse To Liquid) désigne la filière de valorisation de la biomasse Lignocellulosique par gazéification puis synthèse. Le produit final peut être du diesel, du DME (diméthyléther), du méthanol ou encore de l'éthanol. Elle doit son nom à la réaction de gazéification qui combine des processus thermiques et chimiques à températures Élevées (> 800 °C). Elle produit entre autres l'hydrogène (H₂) et le monoxyde de Carbone(CO) qui, dans une étape ultérieure du procédé, sont valorisés en hydrocarbures Liquides (C x H y O z) [11].

Si l'étape de transformation d'un gaz de synthèse (CO + H₂) en hydrocarbures est Bien maîtrisée industriellement, en particulier dans les procédés GTL (Gas To Liquid), les Technologies de gazéification de biomasse, quant à elles, ne permettent pas aujourd'hui de

Chapitre II : les énergies renouvelables dans le secteur de transport

Produire directement un gaz de synthèse de qualité suffisante. Des étapes d'épuration et de Conditionnement du gaz en sortie du réacteur de gazéification sont nécessaires, tout comme

Le conditionnement de la matière première en amont du réacteur. Ainsi, la conversion de la Biomasse en biocarburants par voie thermochimique se fait à travers les étapes suivantes

(figure II.7):

- le prétraitement de la biomasse ;
- la gazéification ;
- l'épuration du gaz de gazéification ;
- le conditionnement en gaz de synthèse ;
- la synthèse d'hydrocarbures.

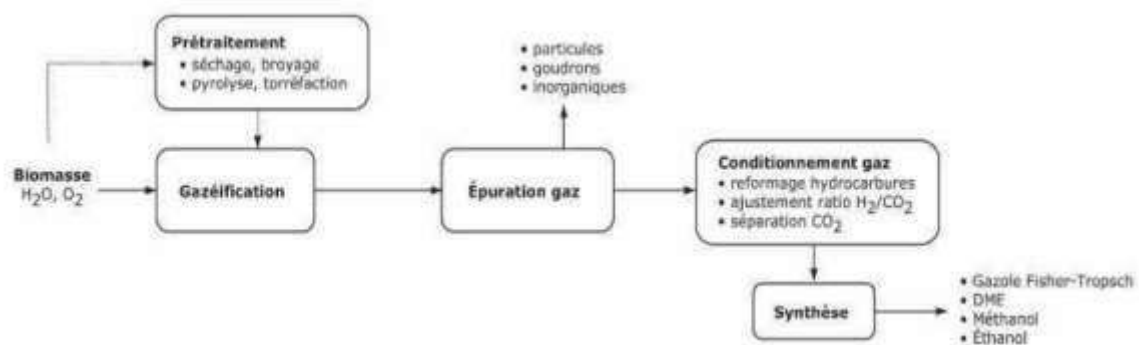


Figure II. 7: Conversion de la biomasse en carburants liquides par voie thermochimique [11].

Les biocarburants de 2^{ème} génération présentent des bilans énergétiques plus favorable que ceux de 1^{ère} génération et peuvent atteindre 3.5 à 5 tep /ha/an. Jusqu'à présent, les biocarburants de 2^{ème} génération ne sont pas produits à grande échelle mais leur industrialisation commence à être envisageable du fait de leurs coûts compétitifs. Cette génération de biocarburants ne permet pas encore de couvrir l'ensemble des besoins en carburant mais ils devraient néanmoins constituer une alternative non négligeable grâce aux récents progrès scientifiques en biochimie [6].

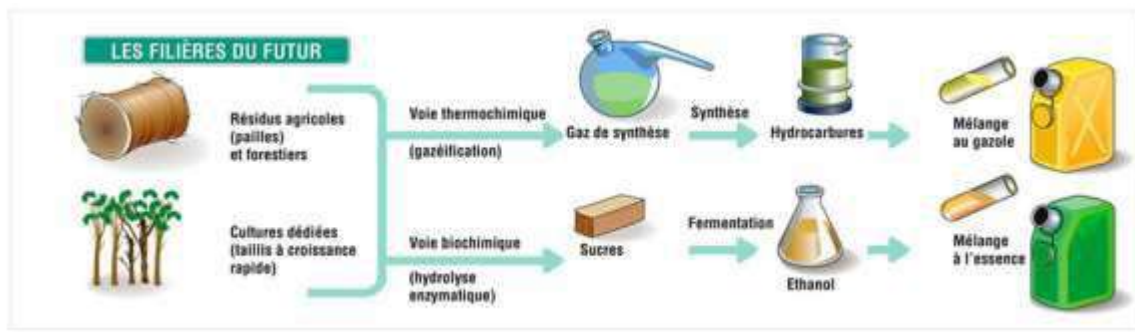


Figure II. 8:schématisation de la production de biocarburants de deuxième génération par voie biochimique et par voie thermochimique [10]

II.1.2.3 Biocarburants de 3ème générations

Les biocarburants de troisième génération sont principalement produits par des Micro-algues (**Figure II.9**). On distingue deux façons de les cultiver, d'une part avec des procédés dit « intensifs » où les micro-algues croissent dans des photos bioréacteurs fermés où l'on contrôle les paramètres physico-chimiques, et d'autre part les procédés dit « extensifs » dans des bassins en extérieur.

Les micro-algues peuvent subir différentes transformations pour être valorisées en biocarburants. Ainsi, elles peuvent être utilisées pour la production du biodiesel, du bioéthanol ou du biogaz :

Pour le cas du biodiesel, elles peuvent accumuler des acides gras jusqu'à 80 % de leur poids sec, permettant d'envisager des rendements supérieurs d'un facteur 30 aux espèces oléagineuses terrestres. Ces acides gras doivent être extraits puis trans-estérifiés pour produire du biodiesel. D'autres espèces de micro-algues peuvent contenir des sucres et ainsi être fermentées en bioéthanol.

Enfin, les micro-algues peuvent être méthanisées pour produire du biogaz.

Parmi les avantages des micro-algues, on peut citer leur grande efficacité de captation de

Chapitre II : les énergies renouvelables dans le secteur de transport

CO₂. Ainsi, une tonne d'algues a besoin de 1,8 tonne de CO₂ pour sa croissance. En combinant cette affinité pour le CO₂ avec le fait que les algues peuvent pousser presque n'importe où, beaucoup d'industries émettrices de CO₂ pourraient utiliser les algues pour absorber du CO₂ et générer du carburant. En effet, le CO₂ peut être capté par exemple dans les fumées de centrales thermiques ou d'incinérateurs. Le rendement de production peut atteindre 20 à 40 TEP/ha/an (1 TEP équivaut à 41,868 GJ, soit 10 Gcal ou 11 630 kWh).

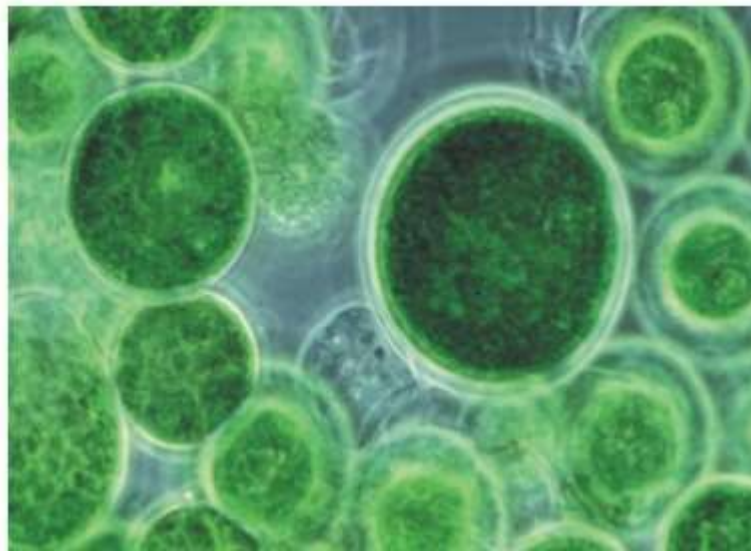


Figure II. 9: Vue microscopique de micro algues.

En ce qui concerne la production de biodiesel, les études présentées dans l'Oilgae Report 2011 ont montré que la production de biodiesel à partir d'algues fournit la plus haute énergie nette, car l'énergie nécessaire à la conversion d'huile en biodiesel est beaucoup moins importante pour ce type de biocarburant par rapport aux autres procédés (tels que le méthane, éthanol, etc.). Grâce à cette caractéristique, le produit phare de cette nouvelle génération de carburant sera le biodiesel, à partir de souches à forte teneur en huile. En comparant sa production à d'autres cultures on pourrait dire en général que:

- Un hectare de soja produit entre 1 et 2,5 tonnes de biomasse par an.
- Un hectare de colza produit en moyenne 3 tonnes de biomasse par an.
- Un hectare de palme produit en moyenne 19 tonnes de biomasse par an.

Et enfin, un hectare de micro-algues produit entre 14 et 255 tonnes de biomasse par an.



Figure II.10 : Algues cultivés dans des eaux usées.

De plus, dans certaines parties du monde, les algues sont déjà utilisées pour la biorestauration des eaux usées (Figure II.10). La culture d'algues pour la production de biocarburants à partir d'eaux usées peut représenter un avantage supplémentaire de ce type de culture grâce à la grande disponibilité de nutriments dans ce milieu, ce qui amènerait dans un second temps à une baisse des coûts de production. Egalement, l'océan présente aussi des opportunités intéressantes pour l'algue-culture grâce à la disponibilité de grandes étendues de zones océaniques. Cette étude, certes très récente, met en relief des faibles coûts de production grâce à la disponibilité de nutriments fournis par les océans et les eaux usées. Pour l'instant les inconvénients de cette nouvelle technologie sont à découvrir. La mise en œuvre industrielle de la production de biocarburant à partir de micro-algues reste à démontrer [8].

Aujourd'hui, les recherches portent en particulier sur deux processus utilisant l'huile algale, qui est obtenue par différents procédés (centrifugation, traitement au solvant...):

- la transestérification fait réagir l'huile algale avec du méthanol ou de l'éthanol pour produire un ester d'huile algale (biodiesel) qui peut être mélangé au gazole en Proportion limitée .

- l'hydrogénation catalytique fait réagir l'huile en présence d'hydrogène. Elle est

Chapitre II : les énergies renouvelables dans le secteur de transport

suivie d'un hydrocraquage, qui produit des hydrocarbures pouvant être incorporés en quantités importantes au gazole ou au kérosène.

Un autre processus utilise les sucres tirés des algues (grâce au processus d'hydrolyse enzymatique). Il permet la production, par fermentation, d'éthanol, qui est ensuite mélangé à l'essence.

Enfin, les algues peuvent faire l'objet d'un processus d'hydrotraitement, produisant des hydrocarbures qui peuvent être mélangés soit à l'essence, soit au gazole, soit au kérosène [10].



Figure II. 11: production de biocarburants à partir de micro algues.[10]

II.1.3Pentanol :

Pentanol est un biocarburant de nouvelle génération. Qui pourrait aider à soulager la crise énergétique et les problèmes environnementaux [12].

Pentanol ($C_5H_{11}OH$) est un alcool à long chaîne, qui n'a que 5 carbone dans sa structure. C'est un alcool primaire connu par « 1-amyle alcool, n-bentycarbinol, alcool penty, n-pentanol », son état physique est liquide incolore, inflammable est considéré comme un carburant alternatif pour moteur diesel, il s'agit cependant d'un carburant alternatif promoteur, car il peut être produit par fermentation microbienne naturelle de micro-organismes modifiés et par biosynthèse à partir du glucose [13].

Pentanol (alcools amyliques) ont huit isomères⁸. Tous sont des liquides inflammables et incolores, à l'exception de l'isomère 2,2-diméthyle-1-propane, qui est un

Chapitre II : les énergies renouvelables dans le secteur de transport

solides cristallin. il a une odeur sucée et agréable caractéristique de fusel et un goût brulant ; est un peu plus toxique que l'alcool éthylique [14]. il a été considéré comme un biocarburant potentiel à haute densité énergétique et faible hygroscopicité [15]. Par comparaison avec les alcools à chaîne courte (méthanol, éthanol, propane), le pentanol peut être facilement mélangé avec du diesel en raison du nombre de carbones dans sa structure chimique, de l'indice de cétane plus élevé, du pouvoir calorifique, de la viscosité, de la vitesse de la flamme, de la chaleur latente d'évaporation et de la pression de la température d'inflammation, du risque réduit pour la corrosion, d'une polarité plus faible et de la capacité de créer des solutions miscibles, ainsi qu'un meilleur indice de Cétane 1-pentanol et une chaleur d'évaporation latente qui sont deux des paramètres les plus importants pour influencer les performances de combustion [13].

Le pentanol est actuellement utilisé comme additif pour carburant dans les mélanges diesel, ses propriétés offrent une meilleure compatibilité avec les moteurs diesel conventionnels et l'infrastructure de distribution de carburant existante [12].

Le pentanol présente un certain nombre d'avantages par rapport aux alcools inférieurs en tant que carburant alternatif pour les moteurs diesel, car de nombreuses propriétés de carburant du pentanol sont plus similaires à celles du diesel que celles des alcools inférieurs. De plus, il peut être produit à grande échelle à partir de biomasse cellulosique. Ayant cette motivation à l'esprit, le pentanol peut produire des résultats plus efficaces que les alcools inférieurs dans les moteurs diesel [13].

II.3 Le SP95-E10

Le SP95-E10 est l'essence sans plomb qui contient jusqu'à 10% d'éthanol en volume. Le SP95 contient 7,5 % d'éthanol (en pur ou en dérivé). « E10 » vient de : E pour Éthanol et 10 pour 10%. [16]

Chapitre II : les énergies renouvelables dans le secteur de transport

II.4 Gasoil B7

Le Gazole(B7) ou Diesel est un produit résultant du raffinage de pétrole brut. C'est un carburant à usage routier réservé aux véhicules à moteur diesel. Le gazole générique B7 contient près de 7 % de biocarburants (produits essentiellement à partir de colza et de tournesol). Par ailleurs, sa teneur en soufre a considérablement diminué au fil des années (pour atteindre à ce jour 10 ppm. [17]

II.5 Véhicule électrique

II.5.1 Définition d'un véhicule électrique

Le véhicule électrique VE est une automobile dont la propulsion est assurée par un moteur fonctionnant exclusivement à l'énergie électrique. Contrairement aux véhicules à carburant, la force motrice est transmise aux roues par un ou plusieurs moteurs électriques selon la solution de transmission retenue.

Compte tenu des progrès scientifiques et technologiques accomplis dans le domaine de l'électronique de puissance, les systèmes de gestion de l'énergie,... etc, beaucoup d'idées et de nouvelles conceptions sont explorées pour développer ce mode de propulsion [18].

Le système de propulsion électrique a une architecture très simple.

II.5.2 Classification des véhicules électriques

Les véhicules électriques font partie de la famille des véhicules électrifiés qui désigne l'ensemble des véhicules hybrides, hybrides rechargeables et électriques. A l'intérieur de ces familles, plusieurs sous-catégories peuvent exister.

II.5.2.1 Définition du véhicule électrique hybride

Un VEH est un véhicule intégrant deux sources d'énergies différentes, un moteur thermique conventionnel avec son réservoir de carburant et une machine électrique associée à une batterie. Cette combinaison permet d'associer les avantages des deux motorisations afin d'atteindre un bas niveau d'émission du dioxyde de carbone (CO₂), qui est l'objectif principal de cette technologie, et d'optimiser leur rendement individuel qui est une source d'économie en carburant [KAR16][19].

II.5.2.2 Architectures des véhicules électriques hybrides

On distingue principalement quatre grandes familles du véhicule électrique qui se différencient selon la manière d'agencer les différents organes de propulsion embarqués:

a .Structure série

Dans la configuration série qui est représentée à figure II.12, seule la machine électrique

Chapitre II : les énergies renouvelables dans le secteur de transport

est connectée directement à la transmission et donc aux roues. Le moteur thermique est associé à une génératrice électrique, faisant ainsi office de groupe électrogène et transformant l'énergie issue de la combustion en énergie électrique. L'électricité ainsi générée peut-être emmagasinée dans un élément de stockage tel qu'une batterie électrochimique ou être directement utilisée par le moteur électrique pour propulser le véhicule.

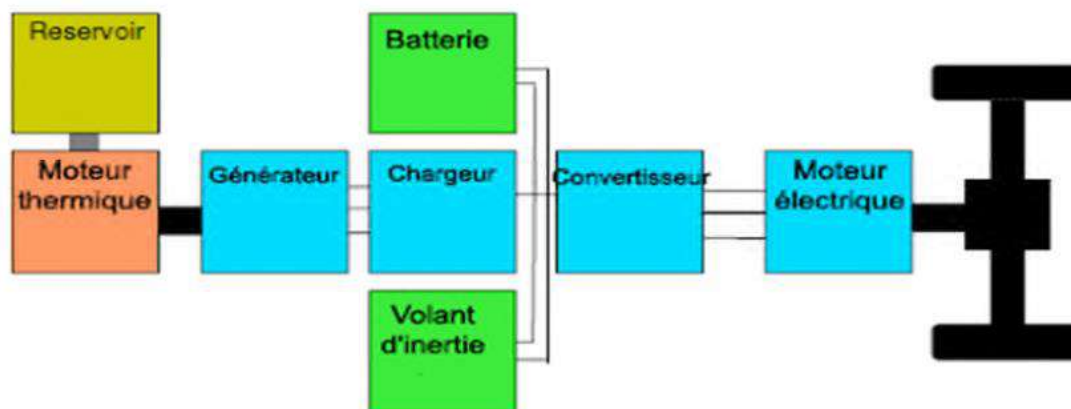


Figure II.12 Structure série de VEH

b. Structure parallèle

Dans ce type d'architecture, le principe consiste à assister le couple fourni par le moteur thermique, en ajoutant un moteur électrique plus ou moins puissant (10 à 50 kW) et en ajustant le fonctionnement de chacun d'eux pour une efficacité maximale : le moteur électrique est alimenté par la batterie de traction qui est rechargée lors des phases de décélération ou éventuellement sur le réseau de tension. Selon le degré d'hybridation, le véhicule se déplace en mode tout électrique pendant quelques kilomètres à vitesse réduite, et le moteur thermique se déclenche pendant les fortes demandes en puissance. L'architecture hybride parallèle est complexe à contrôler car les deux sources de puissance sont directement reliées aux roues. Il faut donc, une commande capable de répartir la consigne de couple entre

le moteur thermique et la machine électrique à chaque instant.

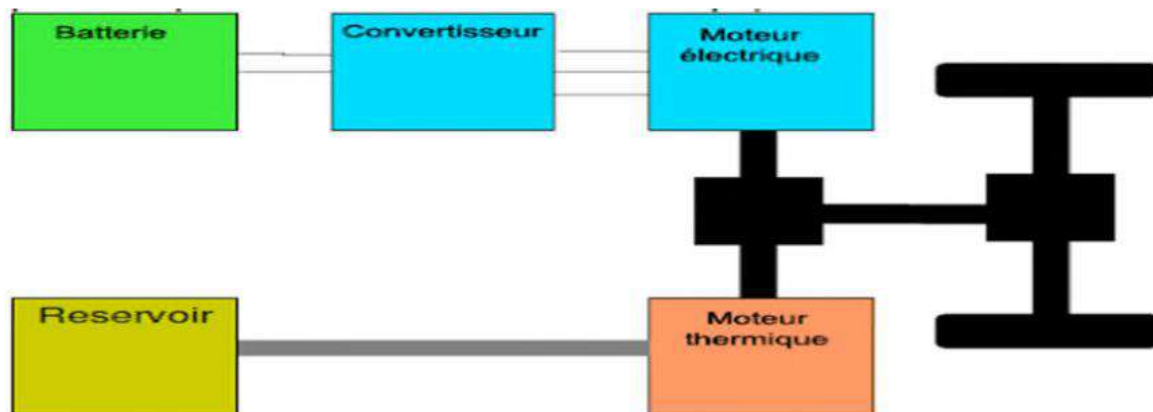


Figure II.13 Structure parallèle de VEH

c. Hybridation mixte : série-parallèle

Les configurations série-parallèle présentent, a priori, les meilleurs potentiels de gain puisqu'elles actionnent les deux types d'hybridation. La puissance du moteur thermique peut permettre de propulser le véhicule directement ou de recharger la batterie via la génératrice électrique. Le véhicule peut donc être propulsé par le moteur thermique, ou par la machine électrique, ou par les deux. Ainsi, une commande appropriée permet d'utiliser le moteur thermique à son point de fonctionnement optimal, comme dans la structure série en profitant d'un bon rendement de la chaîne de conversion de l'énergie comme dans l'architecture parallèle. L'inconvénient de cette structure combinée est la complexité de la commande des trois machines, qui implique aussi un coût élevé.

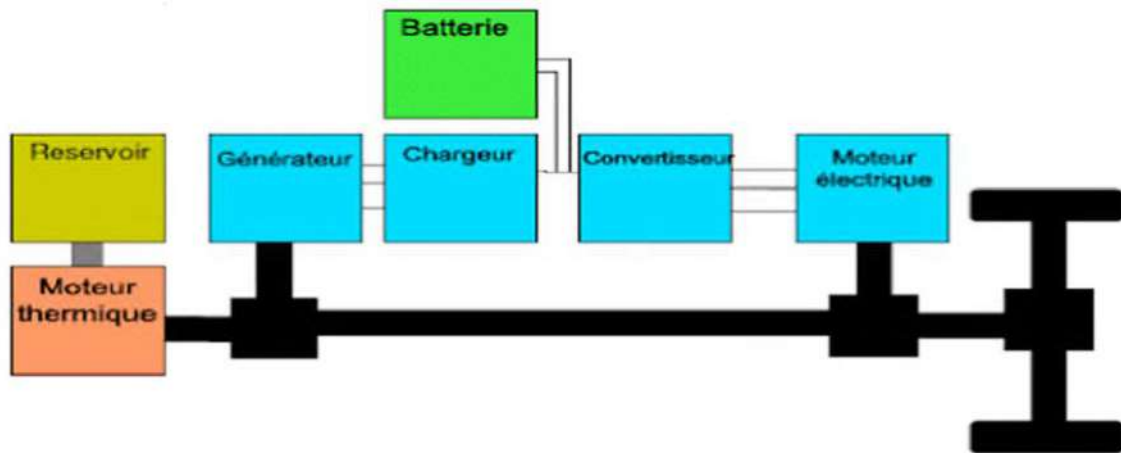


Figure II.14 Structure série-parallèle de VEH

II.5.2.2 Véhicule tout électrique

Le développement de véhicule électrique, comme on l'a déjà dit précédemment, est fortement lié au développement de son alimentation en énergie : les batteries. Les batteries dont l'énergie massique est relativement faible sont de plus très lourdes et très coûteuses.

Selon la source d'énergie utilisée pour alimenter ces véhicules, on distingue essentiellement deux types de véhicules électriques :

- Véhicules électriques à batteries rechargeables par prise de courant
- Véhicules électriques à alimentation par pile à combustible.

II.5.2.2.1 Chaîne de traction d'un véhicule électrique

La chaîne de traction d'un VE est l'ensemble des éléments, depuis la source d'énergie jusqu'à la transmission mécanique. Ces derniers assurent la fourniture d'une puissance mécanique capable de mouvoir le véhicule.

a. Batterie

La batterie est le point de stockage de l'électricité. Elle est connectée au moteur électrique par l'intermédiaire d'un régulateur et d'un convertisseur. La batterie est chargée à partir d'une source extérieure pendant les périodes de repos.

Le choix de la batterie pour un VE doit répondre aux conditions suivantes :

- Une bonne puissance massique permettant de bonnes accélérations,
- Une tension stable,

Chapitre II : les énergies renouvelables dans le secteur de transport

- Une bonne autonomie justifiée par une bonne énergie massique,
- Une durée de vie élevée qui est calculée en nombre de cycles de chargement et de déchargement.

Il existe plusieurs types de batteries, parmi eux, on cite :

➤ **Batterie Plomb-acide :**

L'accumulateur au plomb est le plus ancien et le plus utilisé, sa tension par élément est de 2V. La batterie au plomb est la technologie la plus répandue dans les applications automobiles, car elle est la plus mature, la moins onéreuse et la plus facile à recycler. Cependant, cette technologie présente une énergie massique faible, elle est polluante et son recyclage n'est pas rentable. Elle tend donc à disparaître, compte tenu des contraintes environnementales de plus en plus drastiques.

➤ **Batterie Nickel-cadmium :**

L'accumulateur au nickel-cadmium est le plus performant. Il est le plus répandu sur le marché vu son énergie massique meilleure que celle de l'accumulateur au plomb et sa tension par élément est de 1,2 V. Cependant, il a une mauvaise tenue à des températures supérieures à 40°, aussi il présente un coût élevé et une toxicité de la matière utilisée (cadmium) dans sa conception.

➤ **Batterie Lithium-ion :**

Les batteries Lithium-ion sont parmi les solutions les plus répandues, pour alimenter en électricité de nombreux produits de consommation disponibles sur le marché. Elles possèdent de très fortes densités énergétiques et une importante énergie massique, ce qui favorise leur utilisation dans le secteur du transport et particulièrement pour les VE qui nécessitent des batteries à grande capacité.

b. Convertisseurs électriques

Dans la plupart des VE, on est confronté à la compatibilité des sources d'énergie à

Chapitre II : les énergies renouvelables dans le secteur de transport

courant continu et à courant alternatif. Ce problème de compatibilité sous-entend la présence à bord des VE de convertisseurs dont le rôle est de supprimer les incompatibilités du fonctionnement. Alors, on trouve à bord des VE, les convertisseurs suivants :

➤ **Convertisseur alternatif/continu (redresseur) :**

Dans un VE, les redresseurs sont utilisés pour transformer l'énergie électrique à courant alternatif fournie, soit par le réseau de distribution général, soit par un alternateur placé à bord du VE et accouplé à un moteur thermique, en énergie électrique à courant continu, qui peut être stockée dans une batterie d'accumulateurs électrochimiques et/ou dans une batterie de grande capacité.

c. Onduleur (DC/AC)

L'onduleur est utilisé pour transformer l'énergie électrique à courant continu (côté batterie) en énergie électrique à courant alternatif (côté stator de la machine). Il permet de réaliser la commande du couple de la machine et donc le réglage de la vitesse du véhicule.

d. Hacheurs (DC-DC)

Les hacheurs ont deux usages essentiels dans un VE :

- Ils sont indispensables dans l'alimentation des moteurs s'ils sont à courant continu.
- Ils sont nécessaires pour adapter la tension de la batterie principale à celle des auxiliaires électroniques utilisés (capteurs, régulateurs, etc.).

e. Moteur électrique

Il existe différentes technologies de machines électriques dans le domaine automobile voir, les moteurs asynchrones, les moteurs synchrones à aimants permanents (MSAP) ou synchrones à réluctance variable.

II.5.3 Avantages et inconvénient des VE

Les VE possèdent de nombreux avantages, ils sont silencieux, sans pollution environnementale locale, sans consommation à l'arrêt et possèdent un bon rendement énergétique. Leur chaîne de conversion est réversible et elle peut permettre la récupération d'énergie dans les descentes ou lors des freinages. Cependant le frein essentiel à leur développement a été, et reste encore aujourd'hui, lié aux faibles performances des accumulateurs électriques qui ont une durée de vie faible. Ainsi, deux inconvénients notables

Chapitre II : les énergies renouvelables dans le secteur de transport

du VE liés à son système de stockage d'énergie, apparaissent : d'une part, une masse trop élevée d'accumulateurs ou une faible autonomie, d'autre part, une longue durée de recharge ou une puissance excessive de charge.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous concluons qu'il existe des différentes énergies renouvelables qui n'a pas d'effets notables sur l'environnement, et elle peut être exploitée dans le futur pour remplacer l'énergie classique au secteur de transport et les autres s

Chapitre III : méthodes et scenario

Introduction

A fin d'étudier le l'évolution de consommation essence gasoil dans le secteur de transport en Algérie après l'ajoute de biocarburants chaque année et leur impact sur la diminution des gaz a effet de serre (CO2/NO2).

Dans ce chapitre nous allons décrire la méthode de travail (les scenarios) et détaillés les relations utiliser dans le calcul.

Nous avons utilisé Excel pour calculer et tracer les courbes.

III.1 Les scenarios

Dans cette étude, quatre scénarios sont proposés, a partir de l'année 2019 (année de référence), le BAU est la référence scénario.

III.1.1 Scénario BAU :

Business As Usuel représente une stratégie de non-intervention comme le nom suggère, basée sur les donnes de la consommation essences /gasoil de ministère de l'énergie et ONS (Office National des Statistiques) du 2009-2019 (annex A) et le calcul de croissance jusqu'a l'année 2050.

III.1.2 Scénario faible :

Commençant en 2020, nous avons progressivement introduit le bioéthanol (E10) à 5% et le biodiesel (B7) jusqu'à 5% ainsi que l'ajout des véhicules électriques (VE) jusqu'à 10 %, D'ici l'an 2050.

III.1.3 Scénario fort :

Dans ce scénario, notre étude a commencé a repartir de l'année 2020 nous avons introduisez graduellement le bioéthanol(E10) jusque a 20% d'ici 2050 et le biodiesel (B7) jusqu'à 20% ainsi que l'ajoute d'une façon progressive les véhicules électriques(EV) jusqu'a 45%.

III.1.4 Scénario moyen :

Dans ce scénario, notre étude partant de 2020, nous avons progressivement augmenté le bioéthanol (E10) jusqu'à 10% d'ici 2050 et le biodiesel (B7) jusqu'à 10% ainsi que l'ajout progressif des véhicules électriques (VE) jusqu'à 30%..

III.2 Méthodes

III.2.1 Taux de croissance :

De manière générale, le taux de croissance permet de mesurer l'évolution d'une grandeur d'une période à une autre (d'une année à l'autre, d'un mois à l'autre...).

Le taux de croissance = $\frac{(\text{indicateur année } n - \text{indicateur année } n-1)}{\text{indicateur année } n-1} \times 100$.

$Tc = \text{MOYENNE} \left(\frac{\text{consommation année } (n) - \text{consommation année } (n-1)}{\text{consommation année } (n-1)} \right)$

Chapitre III : méthodes et scenario

III.2.2 Consommation de scenario BAU :

La consommation de scenario BAU (essence –gasoil) et donne par la formule suivante :

$$\text{Consommation BAU année (n)} = \text{consommation BAU année (n-1)} \times (\tau c + 1)$$

III.2.3 Les émissions CO2/NO2 :

L'un des principaux responsables des émissions de polluants et de gaz à effet de serre:

-le dioxyde de carbone (CO2). - les oxydes d'azote (NOx).

On calcule les quantités des émissions de co2 et no2 dans les quatre scenarios avec la relation suivante :

$$\text{Emission} = \text{quantité de combustible} \times \text{facteur d'émissions du combustible}$$

➤ Tableau des facteurs de émission

Les « facteurs d'émission » (FE) utilisés pour l'établissement de la quantification des émissions de GES sont issus de mesures et de calculs faisant appel à des valeurs moyennes et estimées. Ils ont vocation à être améliorés et actualisés. [20]

Pour le calcul des facteurs d'émission de (E10,B7) nous avons utilisé la relation :

$$FE_{(\text{carburant pompe})} = (1 - X) * FE_{(\text{carburant pur})} + X * FE_{(\text{biocarburant})}$$

X : le taux d'incorporation énergétique

X _{E10}	6.61 %
X _{B7}	6.65 %

Tableau 01 : Les facteurs des émissions [21]

Combustible	Facteur d'émissions en kg/ Gj	
	CO2	No2
Essence	86	0.6
Bioéthanol	25.4	10
gasoil	90.8	0.61
Biodiesel	21.8	13.8
E10	81.99	1.22
B7	82.21	1.48

III.3 L'analyse de cycle de vie d'un véhicule électrique

L'analyse de cycle de vie permet de visualiser l'ensemble des émissions carbone d'un bien, de sa fabrication à sa fin de vie. Cette méthode est utilisée pour calculer un bilan rigoureux des émissions de gaz à effet de serre.

Pour le véhicule électrique, les grandes étapes du cycle de vie et leurs pollutions sont les suivantes.

- **L'extraction et le traitement des matières premières** : en particulier les métaux et terres rares (lithium, cobalt, nickel, manganèse pour la batterie).
- **La production du véhicule et de la batterie** : Ces deux premières étapes comptent pour 75 % de la contribution au réchauffement climatique en moyenne, la production de la batterie pouvant représenter jusqu'à 45% du total.
- **L'usage** : les voitures sans fuel contribuent à améliorer la qualité de l'air en ville.
- **La production de l'électricité** : utilisée pour recharger la batterie : charbon, nucléaire ou énergies renouvelables n'auront pas les mêmes impacts environnementaux !
- **La fin de vie**. Certaines opportunités peuvent être saisies pour réduire le bilan carbone des véhicules électriques : réemploi de la batterie, recyclage des matériaux, etc.

Sur l'ensemble de son cycle de vie, une voiture électrique citadine émettrait 12 tonnes de CO₂. En 2030, cette valeur pourrait atteindre 8 tonnes de CO_{2e}, grâce à la transition énergétique et l'amélioration des processus de fabrication. [22]

Grace e cet analyse nous avons ignoré les émissions des véhicules électriques (VE) dans notre étude.

Conclusion

Sur la base de nos recherches, nous avons pu développer un modèle complet pour les énergies renouvelables dans le secteur des transports en Algérie.

A fin d'économiser la consommation (essence-gazole), notamment pour réduire les gaz à effet de serre (co₂/no₂), base sur les informations de consommation recueillies sur les sites du Ministère de l'Energie et de l'ONS (Office National de la Statistique) pour concevoir quatre scenario ou nous avons ajouté un pourcentage des biocarburants chaque année jusque au l année2050.

*Chapitre IV : Résultats et
discussion*

Chapitre IV : Résultats et discussion

Introduction

Ce chapitre consiste à présenter, à analyser et à interpréter les résultats de notre étude, il nous permet de connaître l'évaluation de la consommation dans les quatre scénarios et la réduction des gaz à effet de serre et l'interprétation et enfin l'analyse des résultats.

IV.1 Consommation essence gasoil (2009-2019).

D'après le bilan énergétique du Ministère de l'Energie et des Mines d'Algérie (annexe). La consommation de carburant dans le secteur des transports a augmenté d'une année sur l'autre depuis 2009, avec une certaine baisse en 2017.

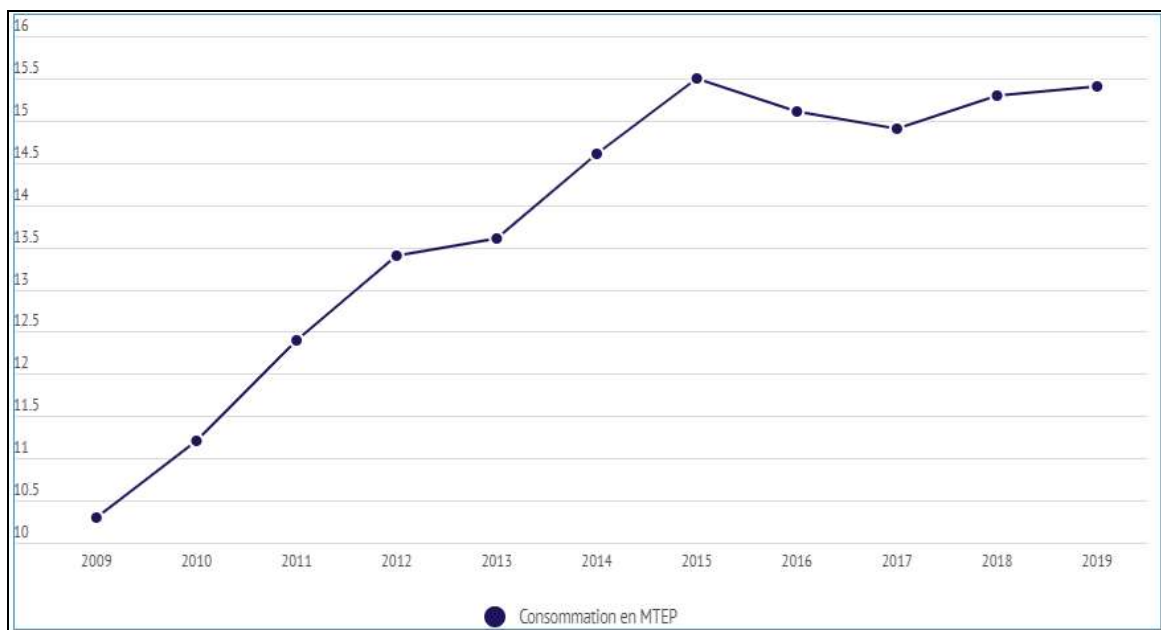


Figure IV.1 : la consommation des combustibles 2009-2019 en mtep

Selon les résultats de (ONS), la consommation d'essence est supérieure à la consommation de diesel en raison de la répartition des véhicules routiers (le nombre de véhicules à essence est supérieur au nombre de véhicules diesel).

IV.2 La consommation (essence- gazoil) de scenario BAU (2009-2050)

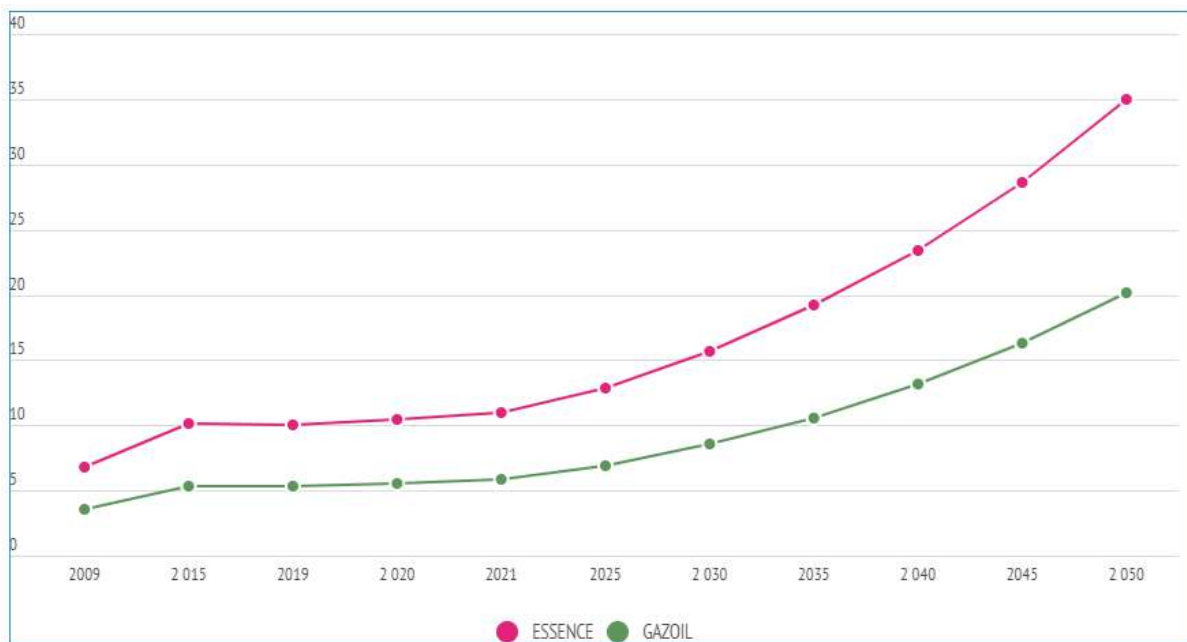


Figure IV.2 : la consommation (essence- gazoil) de scenario BAU(2009-2050) (mtep)

Cette courbe représente l'évaluation de consommation essence gazoil de scenario Bau jusque l'année 2050 ,on remarque toujours la déférence entre l'essence et le gazoil (la consommation de essence plus élevé).

IV.3 La consommation (essence- gasoil) de scenarios.

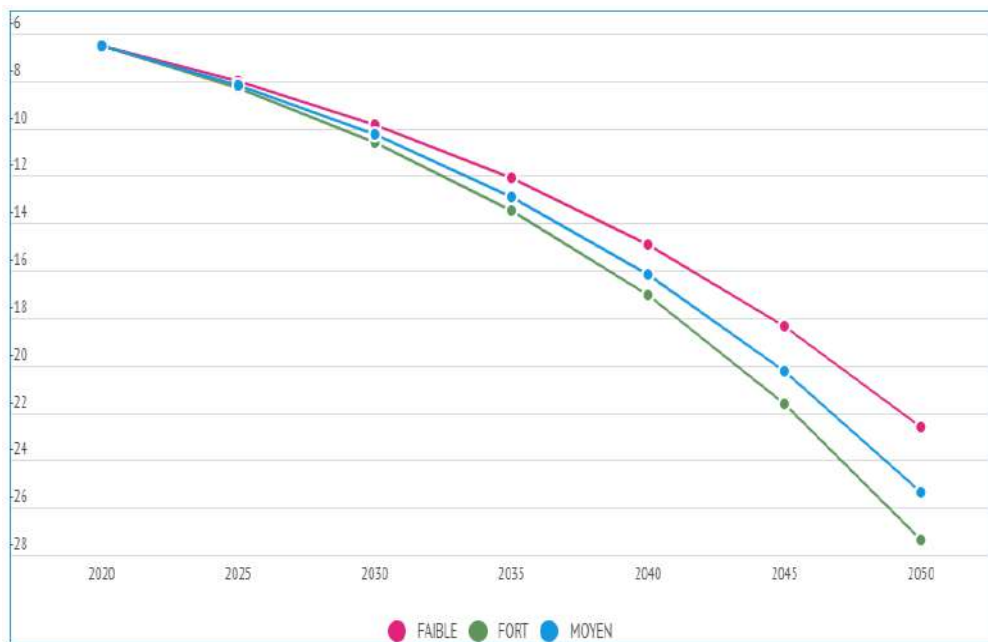


Figure IV.3 : La consommation essence scenario (BAU-faible-fort-moyen) (mtep).

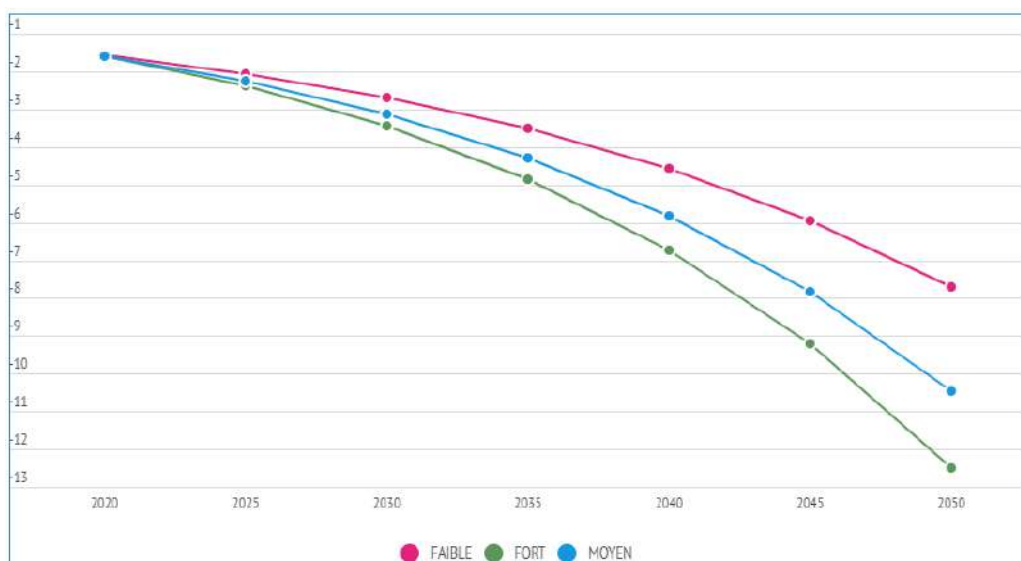


Figure IV.4 : La consommation gazoil scenario (BAU-faible-fort-moyen) (mtep).

Chapitre IV : Résultats et discussion

Dans ces deux courbes, après avoir ajouté les biocarburants (E10, B7) et les véhicules électriques à la consommation de trois scénarios (faible, élevé, moyen) dans les cas essence et diesel, les valeurs sont à peu près les mêmes jusqu'en 2031. Vous pouvez le voir. Depuis lors, le scénario fort ont légèrement augmenté par rapport aux deux scénarios.

le gain de consommation peu attendre dans l'année 2050 dans le scenario fort plus de 10 mtep de gazoil et plus de 25 mtep d'essence.

IV.3 Les émissions CO₂/NO₂

Ces graphiques représentent les gains d'émissions (CO₂/NO₂) dans trois scénarios (faible, élevé, moyen)

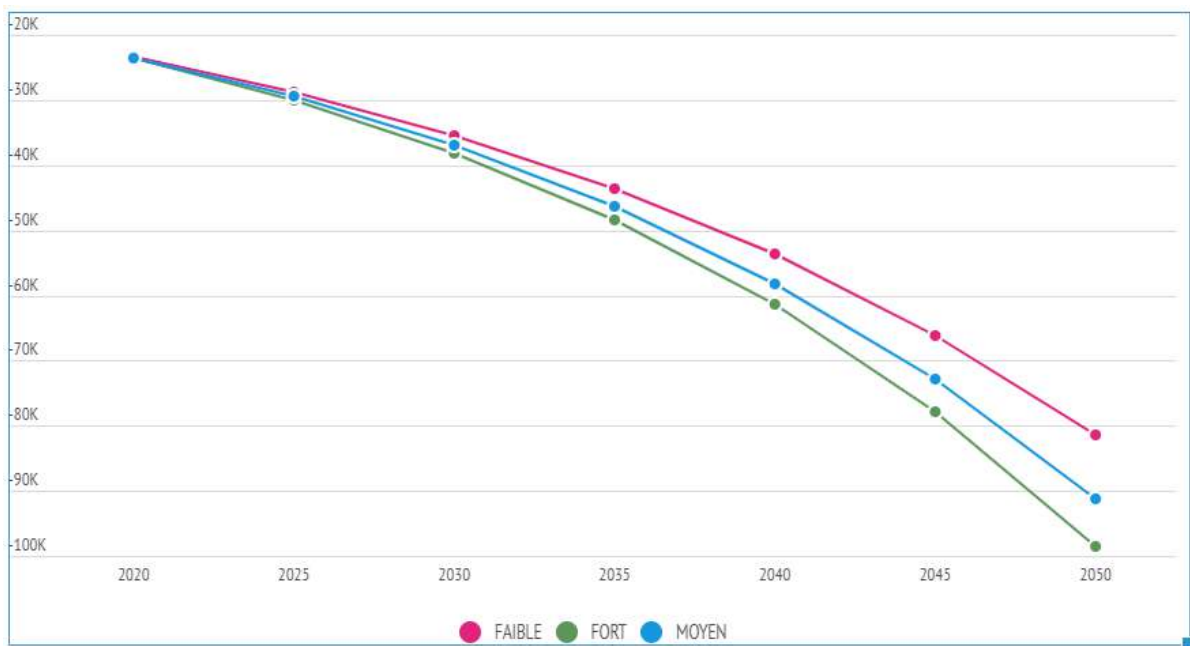


Figure IV.5 : les émissions essence-Co₂ scenario (BAU-faible-fort-moyen) (Ktonne).

Cette courbe exprime la diminution d'émission en CO₂ dans la consommation essence on utilise les scénarios, commencent le 2020 au l'année 2030 on remarque les mêmes variations.

La diminution de CO₂ attendue dépasse les 90000k tonne dans les scénarios moyen et fort l'année 2050.

Chapitre IV : Résultats et discussion

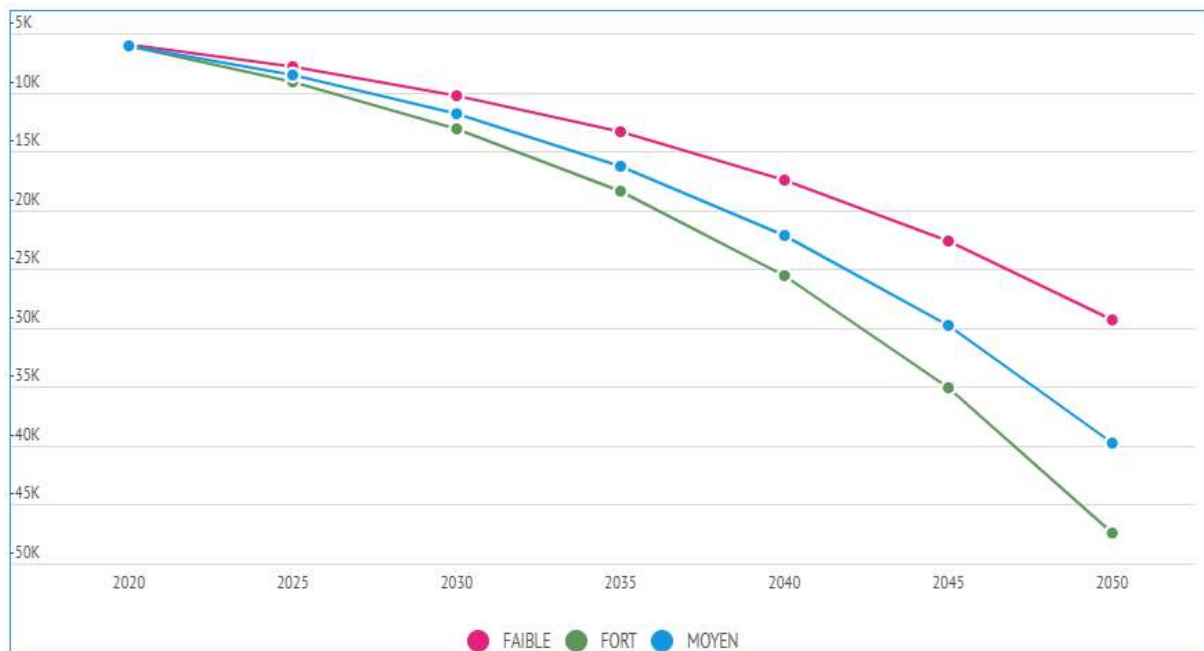


Figure IV.6 : les émissions gazoil-Co2 scenario (BAU-faible-fort-moyen) (Ktonne).

Comparons avec l'essence, la réduction la moins importante des émissions de CO2 en diesel n'est pas dépassée dans le scénario faible de 30000 kt dans le moyen les 40000 k tonne en 2050.

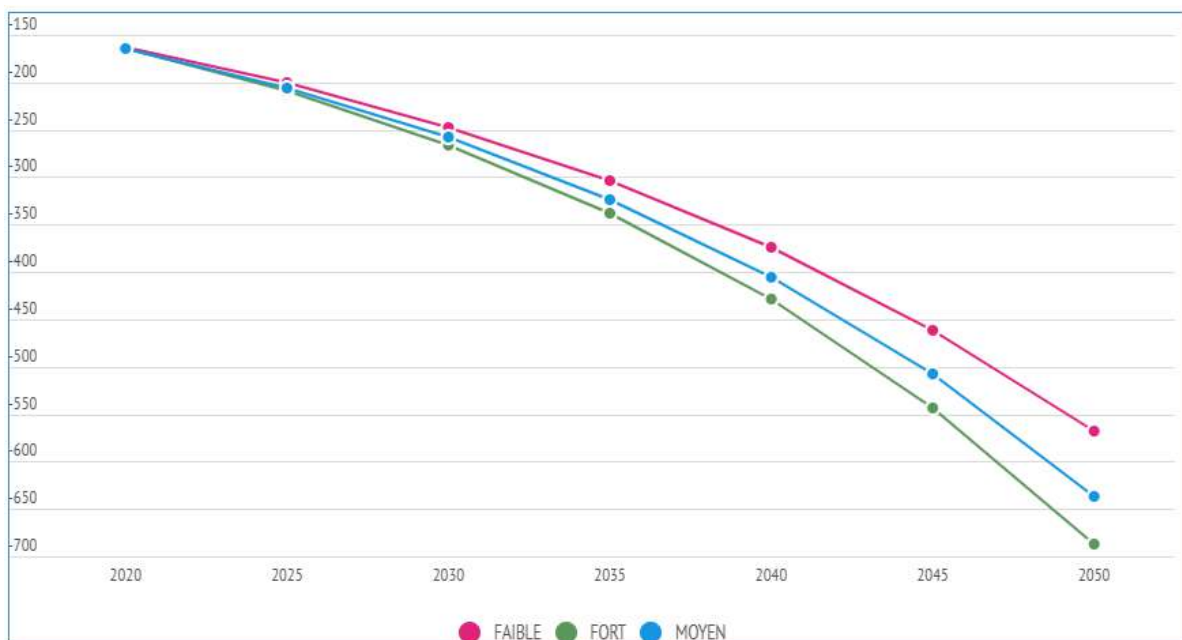


Figure IV.7 : les émissions Essence -No2 scenario (BAU-faible-fort-moyen) (Ktonne).

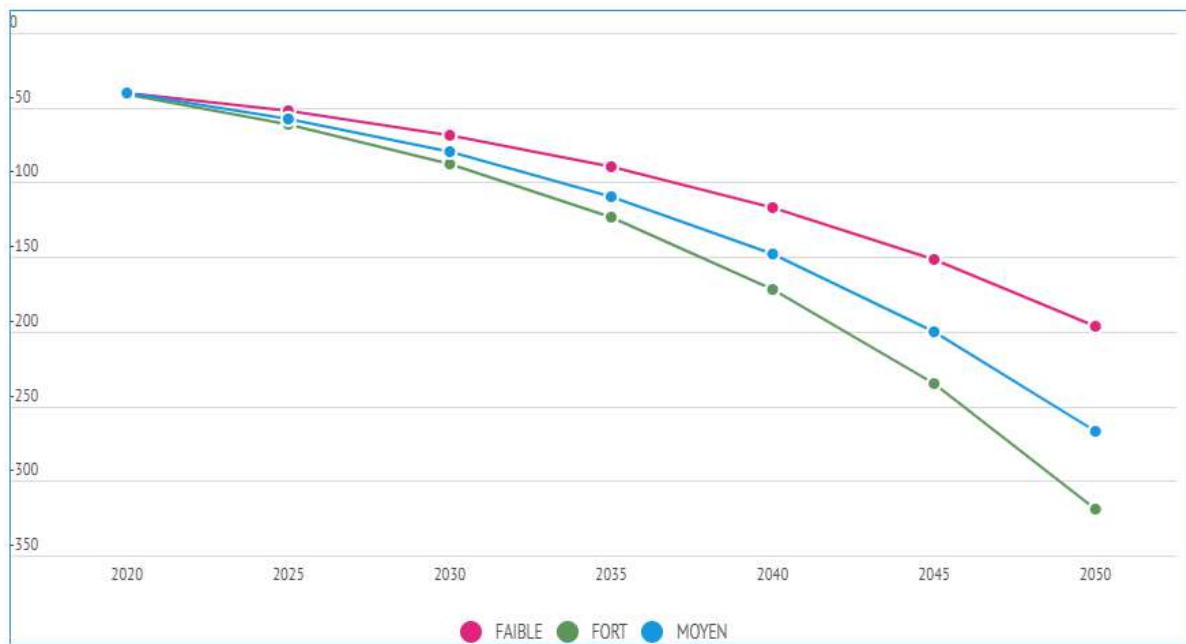


Figure IV.8 : les émissions gazoil-No2 scenario (BAU-faible-fort-moyen) (Ktonne).

Ces deux courbes expriment la diminution d'émission en NO₂ dans la consommation essence et gazoil on utilise les trois scénarios, commencent le 2020 avec une valeur de 50 k tonne en gazoil et plus de 150 k tonne en essence. La diminution de NO₂ dépasse les 650k tonne dans les scénarios fort en 2050.

Conclusion

Conformément à tous les résultats précédents, nous avons constaté que la consommation d'essence a augmenté plus fortement que la consommation de diesel avec une fluctuation de 8 mtep par an de 2020 à 2050, et l'énorme profit que nous avons réalisé en utilisant des biocarburants et des VE dans l'essence avec une valeur de 27 mtep dans fort scénario.

la variation des émissions de CO₂ est très impuissante, surtout dans le cas du scénario fort essence avec 98 582 k tonnes et la réduction des émissions NO₂ elle est très faible en gazoil est de 197 k tonne dans un faible scénario en 2050.

Références

Références

- [1] <https://portail.cder.dz/2020/04/20/consommation-energetique-dans-le-secteur-des-transport-en-algerie-queles-sont-les-sources-deconomie-possibles/>
- [2] https://www.energy.gov.dz/Media/galerie/bilan_energetique_national_2019_5f7b107553bcd.pdf
- [3] <https://www.ons.dz/spip.php?rubrique20>
- [4] https://unfccc.int/sites/default/files/resource/inventaire-volume1_0.pdf
- [5] Étienne POITRAT, *Biocarburants*, Technique de l'ingénieur. BE8550, 2009.
- [6] Maramé Diambssylla, "Étude de la formation des NOx lors de l'oxydation du Méthylebutanoate en flamme laminaire de pré mélange," Thèse de doctorat en Optique et Lasers, Physico-chimie, Atmosphère, 2016.
- [7] Casimir Togbe, "Etude cinétique de l'oxydation de constituants de biocarburants et composés modèles : formation de polluants," Institut de Combustion, Aérothermique, Réactivité et Environnement, université d'Orléans, français, 2010.
- [8] Helena Ramirez Lancheros, "Etude expérimentale et modélisation cinétique. De l'oxydation, l'auto-inflammation et la combustion décarburants Diesel et biodiesel," thèse de doctorat, Université d'Orléans, Français., 2012.
- [9] Paul HUGUES, "Stratégies technologique et réglementaire de déploiement des filières bioénergies françaises," thèse de doctorat, l'École nationale supérieure des mines de Paris Spécialité "Contrôle, Optimisation, Prospective, institut des sciences et technologies paris, 2015.
- [10] Stéphane Demilly -, "par la mission d'information sur les agro carburants au nom de la commission du développement durable et de l'aménagement du territoire, rapport d'information," 2020.
- [11] Dr, CIRAD PERSYST, *Biocarburants de seconde génération et bio raffinerie*, T.I. Technique de l'ingénieur RE110, 2013.
- [12] L. Li, J. Wang, Z. Wang, and H. Liu, "Combustion and emissions of compression

Références

Ignition in a direct injection diesel engine fueled with pentanol,” *Energy*, vol. 80, pp. 575–581, Feb. 2015, doi: 10.1016/j.energy.2014.12.013.

[13] N. Yilmaz and A. Atmanli, “Experimental evaluation of a diesel engine running on the blends of diesel and pentanol as a next generation higher alcohol,” *Fuel*, vol. 210, pp. 75–82, Dec. 2017, doi: 10.1016/j.fuel.2017.08.051.

[14] www.chimical.book.

[15] L. Zhao, L. Ye, F. Zhang, and L. Zhang, “Thermal Decomposition of 1-Pentanol and Its Isomers: A Theoretical Study,” *J. Phys. Chem. A*, vol. 116, no. 37, pp. 9238–9244, Sep. 2012, doi: 10.1021/jp305885s.

[16] <https://www.bioethanolcarburant.com/carburant-sp95-e10/>

[17] <https://www.egedis.com/gazole-generique>.

[18] D. Benoudjit, Contribution à l’optimisation et à la commande d’un système de propulsion pour véhicule électrique, Thèse doctorat, Université de Batna, Janvier 2010.

[19] [KAR16] H. Karima, Contribution à l’Etude et à l’Optimisation d’une Machine Synchrone à Double Excitation pour Véhicules Hybrides, Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Juin 2016

[20] [guide-3-tomes.pdf](#) (ademe.fr)

[21] https://bilansges.ademe.fr/documentation/UPLOAD_DOC_FR/index.htm?new_liquides.htm.

[22] [vehicule_electrique_synthese.pdf](#)(fnh.org)

Annexes

1-TABLEAU DE CONSOMATION SECTEUR TRANSPORT en mtep

Années	Consommation en MTEP
2009	10,3
2010	11,2
2011	12,4
2012	13,4
2013	13,6
2014	14,6
2015	15,5
2016	15,1
2017	14,9
2018	15,3
2019	15,4

Annexes

2-TABLEAU DE CONSOMATION SECTEUR TRANSPORT (essence –gasoil) en mtep

années	essence	gasoil
2009	6,79903	3,50097
2010	7,36176	3,83824
2011	8,1590884	4,2409116
2012	8,79308	4,62032
2013	8,9486776	4,6513224
2014	9,593952	5,006048
2015	10,17885	5,3206385
2016	9,966	5,134
2017	9,80271	5,09729
2018	9,9513189	5,3486811
2019	10,0778832	5,3221168

Résumé

Résumé

La croissance continue de la demande énergétique, les risques d'épuisement des ressources fossiles et le réchauffement climatique sont des facteurs qui indiquent la nécessité d'une transition énergétique vers un modèle énergétique durable. Pour lutter contre les effets néfastes du changement climatique, et ainsi réduire les émissions de gaz à effet de serre, la bioénergie est considérée comme une source alternative d'énergie classique.

Notre étude montre le potentiel de notre pays ainsi que les modalités de valorisation de cette ressource, en créant centrales, la conversion de la biomasse en énergie et la mise en place d'incitations pour ses utilisateurs, ce qui contribuera à l'économie du pays et à une réduction de la pollution.

الملخص

النمو المستمر في الطلب على الطاقة، مخاطر استنفاد الموارد الأحفورية، و الإحتباس الحراري عوامل تدل على

الحاجة لتحويل طاقتي نحو نموذج طاقتي مستدام ، وتعتبر الطاقات المتجددة بديل واعد في مواجهة استنزاف الوقود الأحفوري في مجال النقل في بلدنا والوسيلة الرئيسية لمكافحة الأثار الضارة لتغير المناخ ، وبالتالي الحد من انبعاثات والطاقة الحيوية مصدر بديل للطاقة الكلاسيكية. غازات الدفيئة ، وتعت

توضح دراستنا إمكانات بلدنا بالإضافة إلى الأساليب الخاصة بتأمين هذا المورد ، من خلال إنشاء مراكز ، تحويل الكتلة الحيوية إلى طاقة ، ووضع تحفيزات لمستخدميها ، والتي ستساهم في اقتصاد البلد وتخفيضًا كبيرًا في التلوث.

Abstract

The continuous growth of energy demand, the risks of depletion of fossil resources and global warming are factors that indicate the need for an energy transition towards a sustainable energy model.

To fight against the harmful effects of climate change, and thus reduce greenhouse gas emissions, bioenergy is considered as an alternative source of conventional energy.

Our study shows the potential of our country as well as the methods of valorization of this resource, by creating plants, the conversion of biomass into energy and the establishment of incentives for its users, which will contribute to the country's economy and a significant reduction in pollution.

Les mots clés: Secteur de transport, GES, bilan énergétique, biocarburant, statistique parc de transport, véhicule électrique.

الكلمات الافتتاحية:

قطاع النقل ، غازات الدفيئة ، ميزان الطاقة ، الوقود الحيوي ، إحصاءات أسطول النقل ، المركبات الكهربائية