

1. Inventaire de référence des émissions

2.1. Méthodologie de l'inventaire des émissions des gaz à effet de serre

L'inventaire est l'instrument qui permet à l'autorité locale de mesurer l'incidence des actions qu'elle a mises en œuvre pour faire face au changement climatique. L'IRE permet de définir une année de référence, à partir de laquelle les évolutions et, en particulier, les réductions des émissions seront mesurées, en vue d'atteindre l'objectif de réduction des émissions de CO₂ fixé par l'autorité locale. L'inventaire de référence des émissions (IRE) quantifie les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) imputables à la consommation d'énergie sur le territoire de la commune pendant l'année de référence. En plus de l'inventaire compilé pendant l'année de référence, des inventaires d'émissions seront compilés les années suivantes de manière à mesurer les progrès réalisés par rapport aux objectifs fixés.

2.1.1. Année de référence

L'année de référence pour la réalisation de l'inventaire est **2019**. Ce choix correspond à l'année la plus récente pour laquelle les données sont disponibles et accessibles et la collecte des données réelles de consommations d'énergie a pu être réalisée le plus facilement.

Le travail de collecte a permis de rassembler l'ensemble des données d'activités nécessaires au calcul des émissions de GES pour chaque secteur inclus dans l'IRE : la consommation d'énergie (électricité, gaz naturel, diesel) moyenne des bâtiments et installations, la consommation de carburant (essence, diesel) des véhicules, la consommation électrique de l'éclairage public et la quantité de déchets collectés.

2.1.2. Population

La population de la commune de Chefchaouen pour l'année 2019, est estimée à 45 822 habitants, et le nombre de ménages est de 10 910, soit une taille moyenne de ménages de 4,2. Cette estimation est une approche de projection de la population basée sur le recensement général de la population et de l'habitat des années 2004 et 2014.

2.1.3. Secteurs à inclure dans l'inventaire de référence

L'autorité locale communiquera les émissions de CO₂ pour les secteurs ci-dessous :

- Bâtiments municipaux / Équipements et installations
- Éclairage public
- Bâtiments tertiaires / Équipements et installations
- Bâtiments résidentiels
- Transport ; flotte municipale, transports privés, transports publics
- Production d'énergie locale à partir de sources d'énergie renouvelables, ainsi que d'autres sources d'énergie locales.

2.1.4. Facteurs d'émission et taux de conversion

Les facteurs d'émission (FE) exprimées en tonnes CO₂/MWh, sont des coefficients qui quantifient les émissions par unité d'activité (c'est-à-dire le CO₂ émis par unité d'énergie consommée). Les principales données d'activité dans les secteurs clés sont liées à la consommation finale d'énergie, ventilées par type de vecteur énergétique. Le vecteur énergétique se réfère à la forme d'apport énergétique (électricité, chauffage/refroidissement, combustibles fossiles, déchets municipaux ou énergie renouvelable) nécessaire aux secteurs d'activité de la société liés à l'énergie pour remplir leurs fonctions.

Les FE sont basés sur la teneur en carbone du combustible concerné et tiennent compte des émissions résultant de la combustion finale du combustible. Ainsi, les FE sont utilisés pour calculer les émissions de GES des secteurs d'activité liés à l'énergie. Pour refléter mieux les combustibles utilisés sur le territoire et/ou sur la façon d'estimer les émissions de GES, il est utile d'utiliser les facteurs d'émissions spécifiques du Maroc (tableau suivant).

Tableau : Facteurs d'émissions de CO₂

Facteurs d'émission de CO ₂ (tCO ₂ /MWh)	
Electricité	0,718
GPL	0,227
Gaz naturel	0,202
Diesel	0,267
Essence	0,249
Charbon	0,354
Lignite	0,364
Bois	0,403

Dans un premier temps, afin de renseigner l'ensemble des consommations énergétiques en MWh (conformément au format des canevas de la Convention des Maires), les données de consommations exprimées dans une autre unité ont été converties en utilisant les facteurs de conversion suivants dans un souci d'harmonisation des unités.

Tableau : Facteurs de conversions des unités

Facteurs de conversion		
Carburant		Unité
Diesel	0,010	MWh/litre
Essence	0,009	MWh/litre
GPL	0,013	MWh/kg
Charbon	0,007	MWh/kg
Bois	0,004	MWh/kg
Mazout résiduel	0,011	MWh/kg
Coke de pétrole	0,009	MWh/kg
Gaz naturel	0,013	MWh/kg

2.2. Consommation d'énergie

La consommation totale d'énergie sur le territoire de la commune de Chefchaouen s'élève à 97095,13 MWh, soit 2,1 MWh/hab. Le tableau ci-dessous distingue les consommations sous le contrôle direct de la commune :

- Bâtiments, équipements/installations municipaux : 188,12 MWh,
- Tertiaire : 4387 MWh,
- Bâtiments résidentiels : 62420,88 MWh,
- Eclairage public : 2133,30 MWh, et
- Transports : 27683,83MWh, dont :
 - ✓ Parc automobile municipal : 1291,49 MWh,
 - ✓ Transports publics : 2198,02 MWh,
 - ✓ Transports privés et commerciaux : 24194,32 MWh.

Il est important également d'identifier les consommations énergétiques par secteur qui sont fournies dans ce qui suit.

2.2.1. Bâtiments, équipements et installations municipaux

Le secteur des bâtiments municipaux et autres installations couvre les bâtiments administratifs (notamment les sièges de la commune), les bâtiments culturels, les bâtiments sportifs et les logements de fonction. Ce secteur comptabilise non seulement la consommation d'énergie de tous les immeubles appartenant à la municipalité, mais aussi ceux servant des fonctions municipales. Ainsi, la consommation énergétique des bâtiments, équipements et installations municipaux de la commune de Chefchaouen comptabilisée en 2019 est de 188,12 MWh d'électricité.

2.2.2. Bâtiments, équipements/installations tertiaires (non municipaux)

La consommation en énergie des bâtiments, équipements/installations tertiaires (non municipaux) est de 4387 MWh d'électricité.

2.2.3. Bâtiments résidentiels

Les données de consommation d'énergie du secteur résidentiel ne sont pas disponibles. Pour cette raison la consommation d'énergie en électricité de ce secteur est estimée en utilisant l'approche du ratio de consommation annuelle d'électricité par habitant fourni par l'ONEE qui est de 1,0283 MWh/client/an. La consommation énergétique des bâtiments résidentiels, de la commune de Chefchaouen en 2019 est de 62420,88 MWh, dont 11326,73 d'électricité et 51094,15 MWh de gaz liquide.

2.2.4. Eclairage public municipal

En ce qui concerne l'éclairage public municipal, ce secteur est lié à l'éclairage des rues et à l'éclairage des espaces publics. La consommation totale de l'éclairage public a été fournie par la municipalité et elle est de 2133,30 MWh.

2.2.5. Industries

Les données d'activités liées à la consommation d'énergie du secteur de l'industrie sont fournies par la commune. Ainsi, la consommation en énergie des industries est de 282 MWh d'électricité.

2.2.6. Parc automobile municipal

Ce secteur prend en compte la consommation totale d'énergie, soit le diesel et l'essence, de l'ensemble du parc de véhicules municipal comprenant la consommation des véhicules appartenant à la mairie et la consommation des transports liés à la gestion des déchets. La consommation en énergie du parc véhicule municipal est de 1 291,49 MWh, dont 1250,31 MWh de diesel et 41,18 MWh d'essence.

2.2.7. Transports publics

Ce secteur inclut la consommation totale d'énergie, soit le diesel, sur le territoire de la commune par les transports publics de personnes en particulier les bus et les taxis. Les données de consommation en carburant diesel des transports publics sont estimées en utilisant le nombre véhicules du transport en commun (bus et taxi) fournis par la commune. La consommation en énergie des transports publics est de 2 198,02 MWh de diesel.

2.2.8. Transports privés et commerciaux

La consommation en énergie des transports privés et commerciaux est de 24 194,32MWh dont 20461,03 de diesel et 3733,29 d'essence.

2.2.9. Ventilation sectorielle de la consommation finale d'énergie

Les graphes suivants illustrent la représentation graphique des résultats de l'inventaire des émissions en termes de consommation et qui montrent clairement la répartition sectorielle de la consommation finale d'énergie entre les secteurs des bâtiments municipaux, du tertiaire, du résidentiel et de l'éclairage public, et des transports. Au niveau de la commune de Chefchaouen le secteur des bâtiments résidentiels domine la consommation en énergie qui représente 64% (62 421 MWh) de la consommation totale (97 095,13 MWh), suivi du secteur des transports 29% (27 684 MWh), puis celle du tertiaire 5% (4 387 MWh), en dernier celui de l'éclairage public 2% (2 133 MWh). Alors que la consommation des bâtiments municipaux et celle de l'industrie ne sont que de 0,19 % (188,12 MWh) et 0,29% (282MWh) respectivement par rapport à la consommation finale totale.

En termes de vecteur d'énergie, la consommation finale d'énergie est répartie entre l'électricité et les combustibles fossiles (diesel et essence). Les combustibles fossiles représentent 81 % de la consommation finale d'énergie de la commune de Chefchaouen et l'électricité représente la part restante 19%. Dans cette répartition le diesel représente 25%, l'essence 4% et la part la plus importante du gaz liquide 52% de la consommation finale totale.

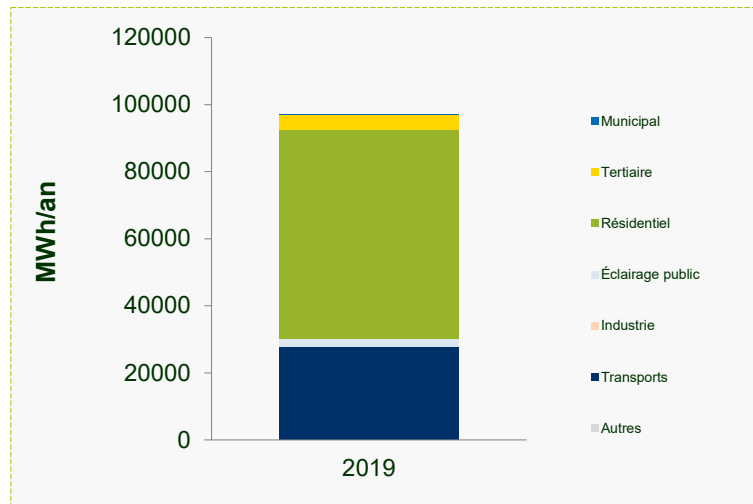


Figure : Consommation finale d'énergie par secteur

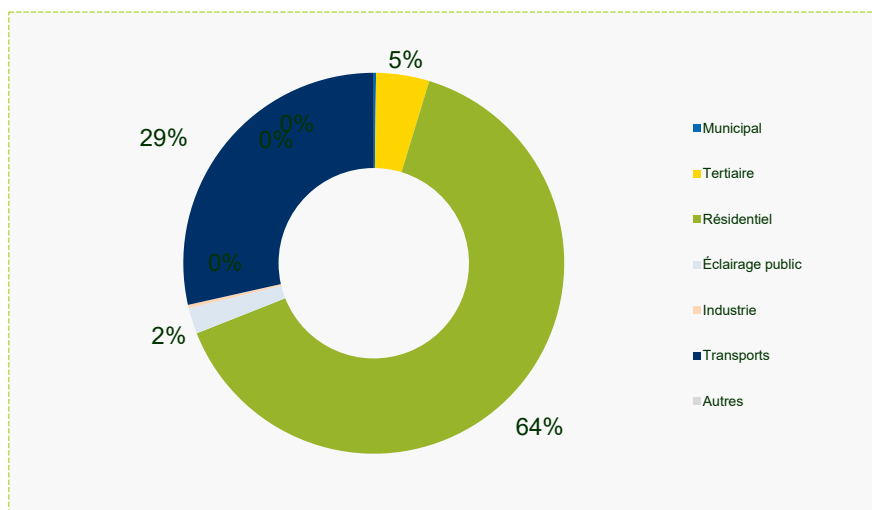


Figure : Répartition de la consommation finale d'énergie par secteur

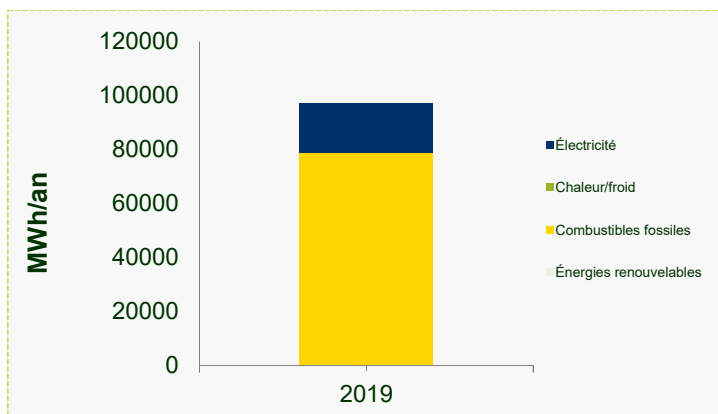
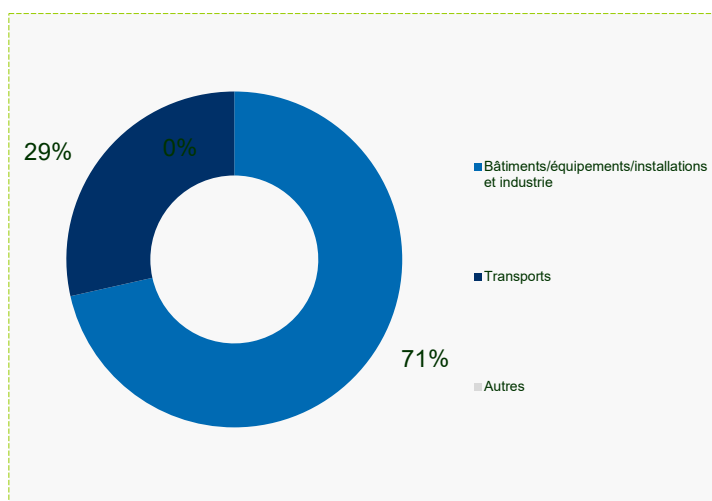
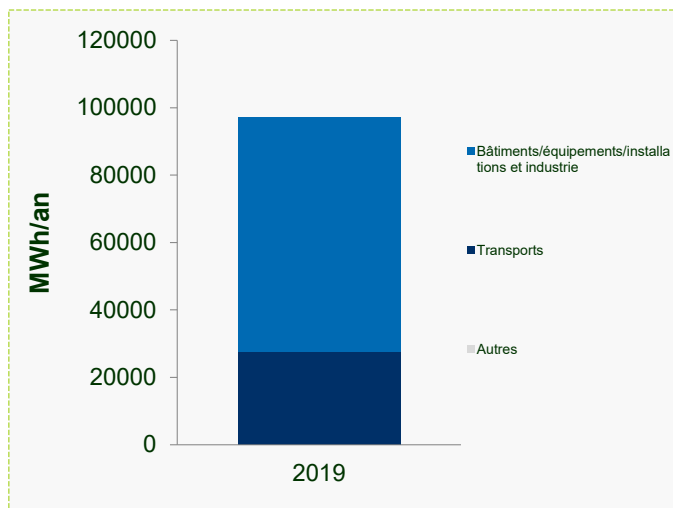


Figure : Consommation finale d'énergie par vecteur d'énergie

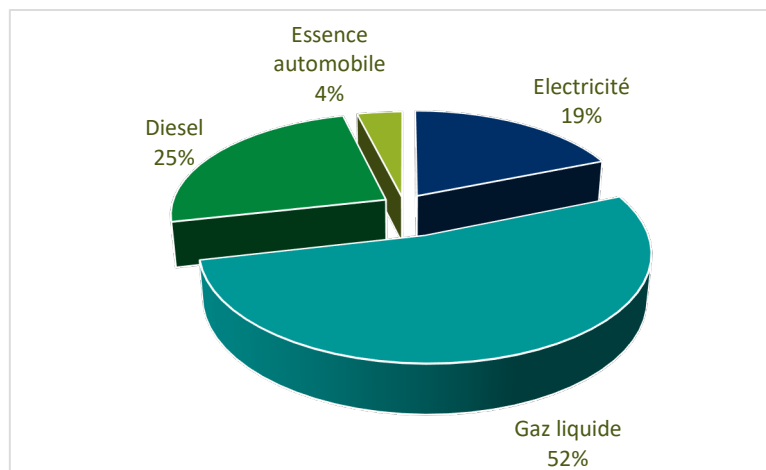


Figure : Parts des vecteurs d'énergie dans la consommation finale

2.3. Production locale d'électricité

Il n'existe d'installations de production locale d'énergie électrique dans la commune de Chefchaouen.

2.4. Emissions de CO₂

Les émissions totales de gaz à effet de serre (GES) sur le territoire de la municipalité de Chefchaouen pour l'année 2019, s'élèvent à 53063,22 tonnes CO₂, soit 1,2 tCO₂/hab. Ce résultat représente le total des émissions liées à l'énergie et des émissions non liées à l'énergie (déchets et eaux usées).

Les graphes suivants illustrent la représentation graphique des résultats des émissions totales liées aux activités sur le territoire de la commune. Il est constaté que le secteur non lié à l'énergie (déchet et eaux usées) contribue de la plus grande partie de 40%, soit 20 989 teqCO₂ des émissions totales de la commune, suivi du secteur du résidentiel de 37%, soit 19731 tCO₂, puis du transport de 14%, soit 7 324 tCO₂, du tertiaire 6%, soit 3150tCO₂, et en dernier le secteur de l'éclairage public d'une part évaluée à 3%, soit 1 532 tCO₂. Or les secteurs des bâtiments municipaux et de l'industrie ne contribuent que de 0,25% et 0,38% respectivement dans les émissions totales de CO₂.

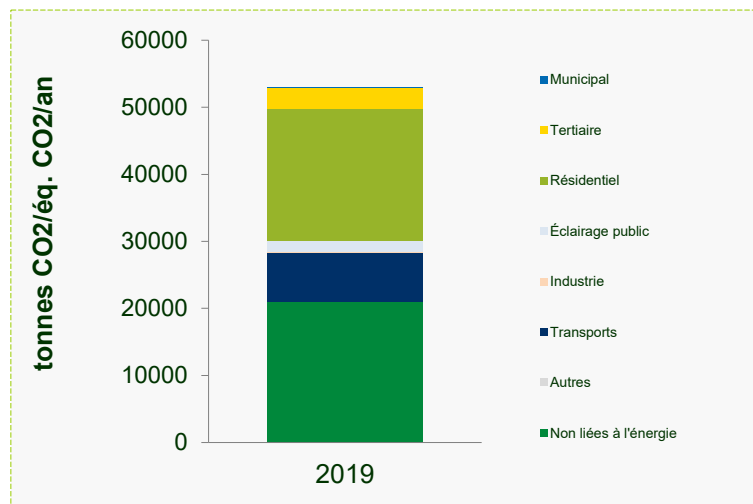


Figure : Emissions de gaz à effet de serre par secteur

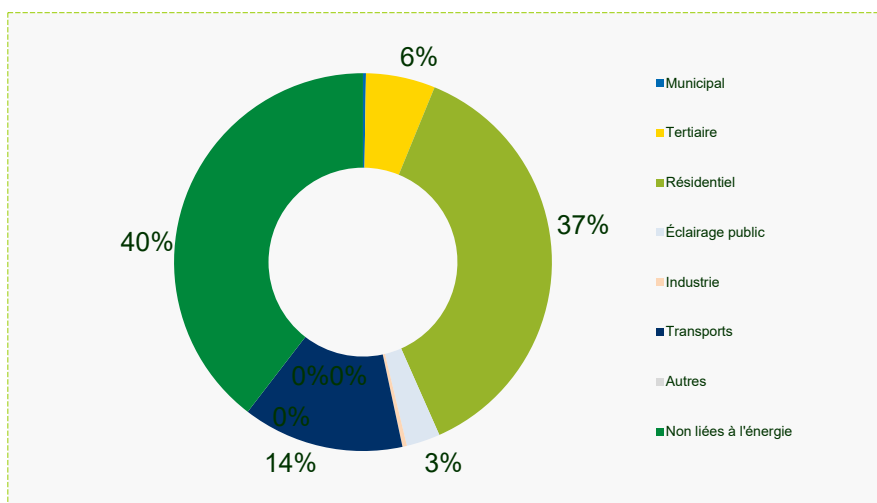


Figure : Par des secteurs dans les émissions totales de la commune

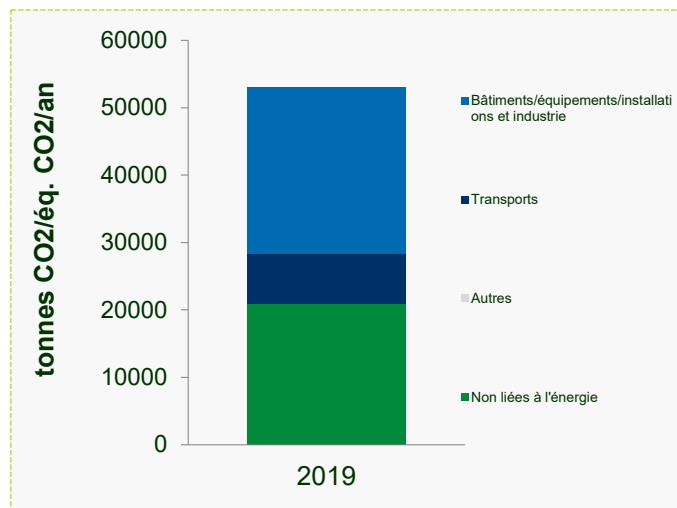


Figure : Emissions de la commune des activités liées et non liées à l'énergie

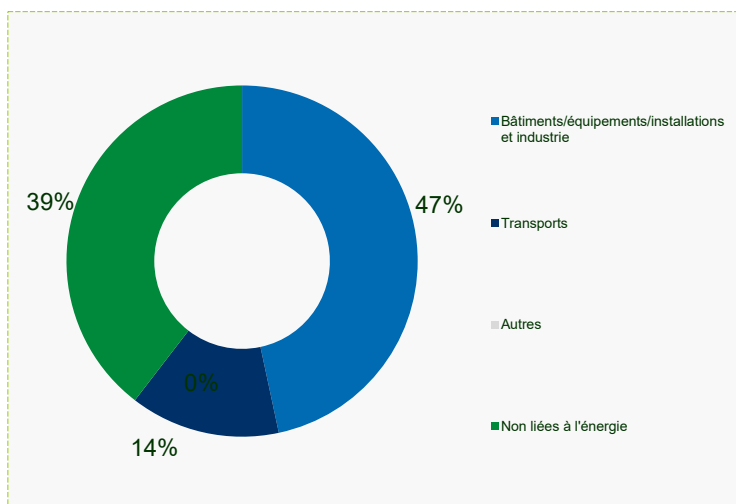


Figure : Part des secteurs dans les émissions totales

2.4.1. Emissions liées à l'énergie

Les émissions liées à l'énergie de la commune de Chefchaouen pour 2019 sont de 32 073,73 tCO₂. Le tableau et les figures ci-dessous illustrent les émissions liées aux consommations d'énergie de la municipalité :

- Bâtiments, équipements/installations municipaux : 135,07 tonnes CO₂,
- Bâtiments du tertiaire : 3 149,87 tonnes CO₂,
- Bâtiments résidentiels : 19 730,96 tonnes CO₂,
- Éclairage public : 1 531,71 tonnes CO₂,
- Transport : 7 323,64 tonnes CO₂ dont :
 - ✓ Parc automobile municipal : 344,09 tonnes CO₂

- ✓ Transports publics : 586,87 tonnes CO₂
- ✓ Transports privés et commerciaux : 6392,68 tonnes CO₂

La part des émissions liées à l'utilisation de l'électricité est de 41 %, celle de l'utilisation du diesel 20%, de l'essence 3% et du gaz liquide 36%.

Tableau : Emissions liées à l'énergie de la commune par secteur et par type d'énergie

Secteur	Emissions (tCO ₂)					Total
	Electricité	Gaz liquide	Mazout de chauffage	Diesel	Essence	
Bâtiments, équipements/installations municipaux	135,07					135,07
Bâtiments, équipements/installations tertiaires (non municipaux)		3150				
Bâtiments résidentiels		8133	11598,37			19730,96
Éclairage public		1531,71				1531,71
Industrie		202				
Parc automobile municipal					333,83	10,25
Transports publics					586,87	586,87
Transports privés et commerciaux					6383,80	939,84
Total		13151,72	11598,37		6383,80	939,84
						32073,73

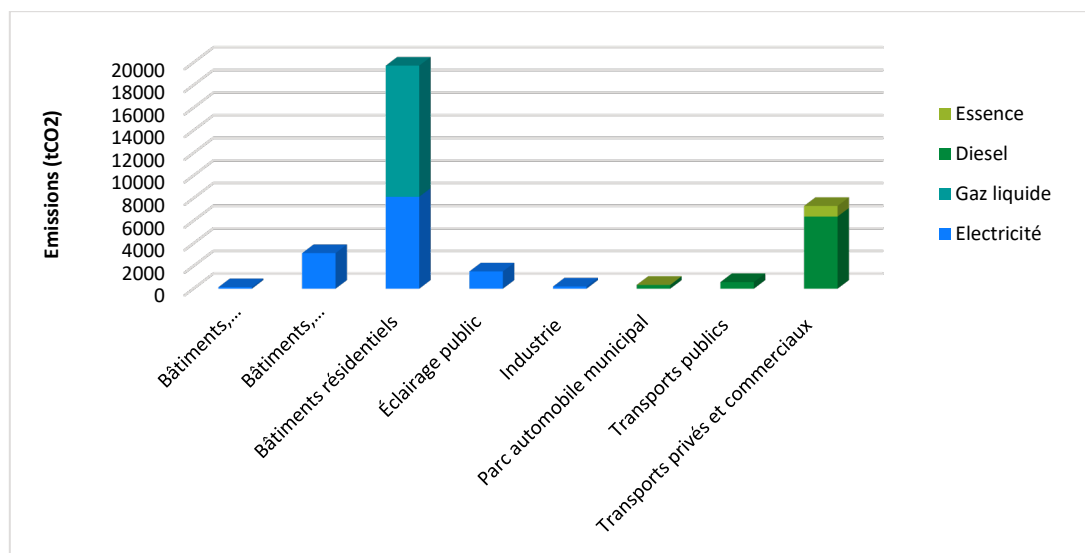


Figure : Emissions liées à l'énergie des secteurs par vecteurs d'énergie

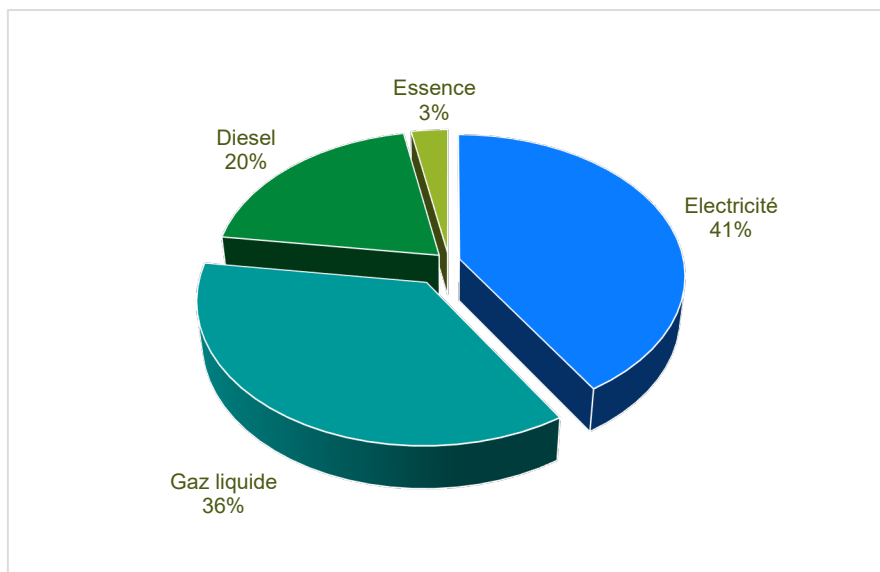


Figure : Part des vecteurs d'énergie dans les émissions liées à l'énergie

2.4.2. Emissions non liées à l'énergie (y compris les déchets)

L'élimination et le traitement des déchets (y compris les déchets solides et les eaux usées) produisent des émissions de GES par décomposition aérobie ou anaérobie, ou incinération. Toutes les émissions de GES provenant de l'élimination et du traitement des déchets générés dans les limites territoriales de la commune sont déclarées.

Les émissions issues des déchets sont calculées selon la méthodologie du GIEC de niveau 1, en se basant sur les quantités annuelles de déchets ménagers collectés mis en décharge de la commune de l'année de référence. La méthode par défaut – niveau 1 du GIEC est basée sur l'équation d'estimation des émissions de méthane en utilisant les paramètres par défaut.

Quantité des déchets mis en décharge (tonnes/an) (Q)	
Facteur de correction de méthane (CH ₄)(FCM)	0,8
Teneur du carbone organique dégradable dans les déchets (COD)	0,77
Pourcentage du DOC libéré (CODF)	0,17
Pourcentage du carbone transformé en CH ₄ (F)	0,5
Ratio de conversion (RC)	1,33333
Emission CH₄ (tonnes)	
Coefficient d'équivalence (GWP)	21

Emissions GES (t éq-CO₂/an)	Q*FCM*COD*CODF*F*RC*GWP
---	--------------------------------

Les émissions issues des eaux usées sont calculées selon la méthodologie du GIEC de niveau 1, en se basant sur le nombre estimé d'habitants de la commune de l'année de référence. La méthode par défaut – niveau 1 du GIEC est basée sur l'équation d'estimation des émissions de méthane liées aux eaux usées en utilisant les paramètres par défaut.

Population (P) (habitants)	
Charge organique (D) (g/habitants/j)	37
Fraction DBO facilement décantable (FD)	0,5
Facteur d'émission (FE) (gCH4/g DBO)	0,18
Fraction DBO boue dégradation anaérobie (FBA)	0,8
Année (jours)	365
Conversion de grammes en tonnes	0,000001
Emissions de CH4 (tCH4)	
Facteur de conversion (FC)	25
Émissions équivalentes de CO2 (teqCO2)	$P * D * FD * FE * FBA * 365 * 10^{-6} * FC$

Les émissions non liées à l'énergie de Chefchaouen pour l'année 2019 sont évaluées à 20 989,50 teqCO₂, soit 39% du total des émissions. Ces émissions sont associées à la gestion des déchets et des eaux usées sont de 19 875,60 tonnes CO₂ et 1 113,90 tonnes CO₂ respectivement.

Tableau : Emissions de la gestion des déchets et des eaux usées

Secteurs non liés à l'énergie	Émissions éq. CO ₂ [t]
<u>Gestion des déchets</u>	19 875,60
<u>Gestion des eaux usées</u>	1 113,90
<u>Autre secteur non lié à l'énergie</u>	

2.4.3. Projection des émissions à l'horizon 2030

Le cinquième rapport d'évaluation du GIEC établit des liens entre le changement climatique et le développement, où la croissance économique et démographique sont des facteurs clés contribuant à l'augmentation des émissions de CO₂. Egalement, les villes sont identifiées comme des acteurs majeurs de la réduction des émissions de GES (GIEC, 2014).

Ainsi la municipalité est appelée à jouer un rôle clé dans la modification du profil local, national et global des émissions de GES. La commune doit donc être bien placée pour répondre de manière proactive à l'impact du changement climatique, ce qui implique de s'orienter vers une voie de développement sobre en carbone.

Il est possible de calculer l'objectif final en se basant sur les résultats du bilan des émissions et en établissant des prévisions des émissions de CO₂ pour son territoire en 2030 en utilisant un scénario BAU (business as Usual). Le scénario BAU représente le scénario de référence dans une hypothèse où le PAAEDC n'est pas mis en place. Sur la base de ces hypothèses, le JRC a calculé des coefficients nationaux. Ce coefficient indique la projection de l'augmentation relative des émissions de GES entre l'année de référence et l'année 2030.

Compte tenu de l'utilisation du scénario BAU pour obtenir la projection et l'objectif de réduction respectif des émissions à l'horizon 2030, il convient de multiplier les émissions enregistrées au cours de l'année de référence par le coefficient national k , selon la formule suivante :

$$Emissions_{BAU2030} = Emissions_{IRE} * k$$

où k est le coefficient national figurant dans le tableau suivant, sélectionné en fonction de l'année de référence choisie, $Emissions_{IRE}$ (IRE signifiant «bilan des émissions») désigne les émissions produites au cours de l'année de référence et $Emissions_{BAU2030}$ les émissions BAU évaluées pour 2030.

La quantité maximale d'émissions à ne pas dépasser en 2030 en vue d'atteindre l'objectif de réduction μ (en %) selon un scénario d'atténuation des émissions à l'horizon 2030 est donnée par la formule suivante :

$$Emissions_{Atténuation2030} = Emissions_{IRE} * k * (1 - \mu)$$

Où μ désigne le taux de réduction des émissions que la commune s'engage à atteindre. Ce taux de réduction des émissions d'ici 2030 de la commune correspond à l'objectif inconditionnel de 17% de la CDN du Maroc.

A Chefchaouen, les émissions pour l'année de référence 2019 étaient de 53 063,22 tonnes de CO₂. Le coefficient national k pour l'année de référence 2019 du Maroc est de 1,41 du tableau suivant.

Tableau : Coefficient BAU appliqué aux émissions de l'IRE pour calculer les émissions pour 2030.

Année de référence	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
k (Maroc)	1,82	1,75	1,71	1,67	1,63	1,59	1,54	1,50	1,45	1,41	1,36	1,32	1,28	1,23	1,19	1,15	1,11	1,07	1,04	1,00	1,00

Par conséquent, la projection des émissions selon le scénario BAU et la projection de réduction des émissions selon le scénario d'atténuation avec les objectifs de la NDC à l'horizon 2030 sont présentées sur la figure suivante.

Dans le cadre du PAAEDC, la commune de Chefchaouen s'engage à réduire de 17% ses émissions en 2030 par rapport au scénario tendanciel déterminé ci-dessous. Cela se traduit par une réduction de 17% de la projection des émissions de la commune en 2030 s'élevant à 74 819,14 tCO₂, soit 12 719,25 tCO₂ de réduction.

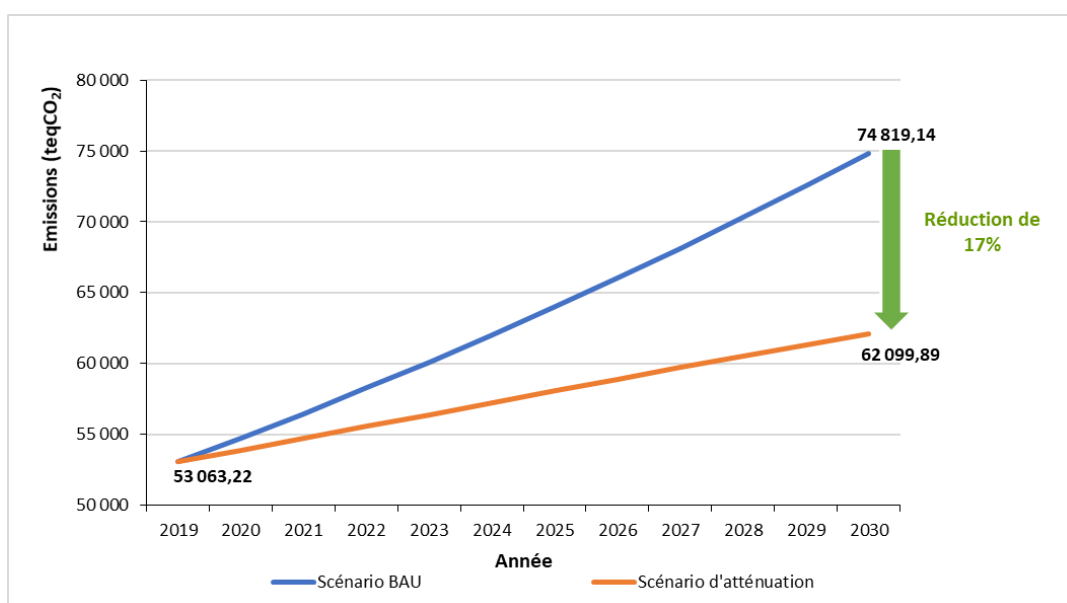


Figure xx : Evolution des émissions de GES à Chefchaouen selon les deux scénarios à l'horizon 2030