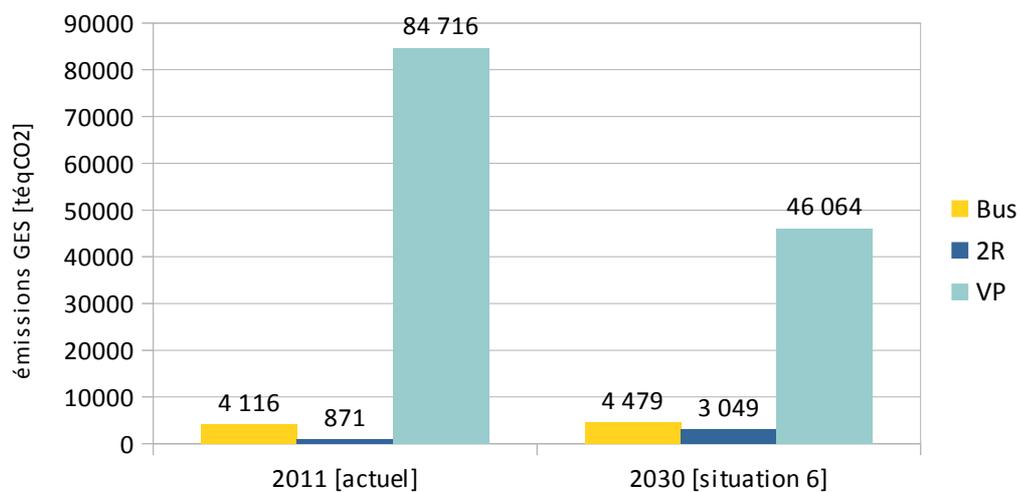


URBAIN

Émissions de Gaz à Effet de Serre des deux-roues, voitures particulières et bus – horizon 2030

Volet PDU du PLUi

Agglomération de La Rochelle, Charente-Maritime (17)



Référence : EMI_EXT_15_176
Version : 16-02-2016
Auteur : L. Declerck

Fédération des associations de surveillance de la qualité d'air





Atmo Poitou-Charentes
12, rue Augustin Fresnel
ZI Périgny / La Rochelle
17180 Périgny Cedex
☎ 05.46.44.83.88 / 📠 05.46.41.22.71
✉ contact@atmopc.org

Client : Agglomération de La Rochelle

Titre : Émissions de Gaz à Effet de Serre des deux-roues, voitures particulières et bus – horizon 2030 – Volet PDU du PLUi – Agglomération de La Rochelle, Charente-Maritime (17)

Référence : EMI_EXT_15_176

Version : 16-02-2016

Nombre de page : 63 (couverture comprise)

	Rédaction	Vérification	Approbation
Nom	Louise DECLERCK	Agnès HULIN	Alain GAZEAU
Qualité	Ingénieur d'études	Responsable inventaire/modélisation	Directeur
Visa			

Conditions de diffusion

ATMO Poitou-Charentes fait partie du dispositif français de surveillance et d'information sur la qualité de l'air. Sa mission s'exerce dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996 et de ses décrets d'application. A ce titre et compte tenu de ses statuts, ATMO Poitou-Charentes est garant de la transparence de l'information sur les résultats de ces travaux selon les règles suivantes :

- ATMO Poitou-Charentes est libre de leur diffusion selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site internet (www.atmo-poitou-charentes.org)
- les données contenues dans ce rapport restent la propriété d'ATMO Poitou-Charentes. En cas de modification de ce rapport, seul le client cité ci-dessus sera informé d'une nouvelle version. Tout autre destinataire de ce rapport devra s'assurer de la version à jour sur le site Internet de l'association.
- En cas d'évolution de normes utilisées pour la mesure des paramètres entrant dans le champ d'accréditation d'ATMO Poitou-Charentes, nous nous engageons à être conforme à ces normes dans un délai de 6 mois à partir de leur date de parution
- Toute utilisation totale ou partielle de ce document doit faire référence à ATMO Poitou-Charentes et au titre complet du rapport. ATMO Poitou-Charentes ne peut en aucune façon être tenu responsable des interprétations, travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux pour lesquels l'association n'aura pas donnée d'accord préalable

Dans ce rapport, les incertitudes de mesures ne sont pas utilisées pour la validation des résultats des mesures obtenues.

Sommaire

SOMMAIRE.....	6
LEXIQUE.....	8
INTRODUCTION.....	9
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION ET CONTEXTE.....	10
1.1 CONTEXTE DE L'ÉTUDE.....	10
1.1.1 CONTEXTE.....	10
1.1.2 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE.....	11
1.2 PARAMÈTRES ET OUTILS DE L'ÉTUDE.....	11
1.2.1 OUTILS DE TRAVAIL.....	11
1.2.2 TERRITOIRES ANALYSÉS.....	12
1.2.3 POLLUANTS ÉTUDIÉS.....	12
CHAPITRE 2 : MÉTHODOLOGIES APPLIQUÉES.....	14
2.1 ADAPTER LES PARCS AUTOMOBILES AUX DIFFÉRENTS HORIZONS.....	14
2.2 CONNAÎTRE LES DISTANCES PARCOURUES ET LES DÉPLACEMENTS AUX DIFFÉRENTS HORIZONS.....	16
2.3 CONNAÎTRE LES ÉMISSIONS UNITAIRES DES VÉHICULES AUX DIFFÉRENTS HORIZONS.....	17
CHAPITRE 3 : RÉSULTATS : BILANS D'ÉMISSIONS.....	22
3.1 ÉTAT ACTUEL 2011 : ANNÉE DE RÉFÉRENCE.....	22
3.2 ÉTAT DU PDU2, EN 2021.....	25
3.3 ÉTAT 2030, BAISSÉ DE 40 % DES ÉMISSIONS DE GES.....	28
3.3.1 BILAN DES ÉMISSIONS 2030.....	28
3.3.2 DIFFÉRENTES HYPOTHÈSES D'ÉVOLUTIONS DES DÉPLACEMENTS POUR L'OBJECTIF -40 %.....	29
3.4 ÉMISSIONS DE PARTICULES ET DE NOx.....	34
3.5 SYNTHÈSES DES ÉMISSIONS ET DES PARTS MODALES.....	37
3.5.1 POUR LA CdA À 28 COMMUNES.....	37
3.5.2 POUR LA ROCHELLE.....	39
3.5.3 POUR L'UNITÉ URBAINE CENTRALE (UUC).....	41
3.5.4 POUR LES 23 AUTRES COMMUNES.....	43
CHAPITRE 4 : FOCUS SUR LES BUS : BILAN D'ÉMISSIONS.....	45
4.1 ÉMISSIONS DES BUS SELON LE TYPE DE BUS.....	45
4.1.1 BUS DE TYPE MIDI.....	46
4.1.2 BUS DE TYPE STANDARD.....	47

4.1.3 BUS DE TYPE ARTICULÉ.....	49
4.1.4 BUS GNV.....	52
4.2 ÉMISSIONS DES BUS SELON LE POLLUANT.....	53
4.2.1 MÉTHANE [CH ₄].....	53
4.2.2 PROTOXYDE D'AZOTE [N ₂ O].....	54
4.2.3 DIOXYDE DE CARBONE [CO ₂].....	55
4.2.4 GAZ À EFFET DE SERRE [GES].....	56
4.2.5 PARTICULES EN SUSPENSION [TSP].....	57
4.2.6 OXYDES D'AZOTE [NO _x].....	58
4.3 SYNTHÈSE DES ÉMISSIONS GES ET TSP ISSUES DES BUS.....	59
CONCLUSIONS.....	61
TABLE DES FIGURES.....	62
TABLE DES TABLEAUX.....	62
RÉSUMÉ.....	64

Lexique

Polluants

- CO₂ dioxyde de carbone
- HFC hydrofluorocarbures
- N₂O protoxyde d'azote
- NF₃ trifluorure d'azote
- NO_x oxydes d'azote
- PFC hydrocarbures perfluorés
- PM₁₀ particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm
- PM_{2,5} particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 µm
- SF₆ hexafluorure de soufre

Unités de mesure

- µg microgramme (= 1 millionième de gramme = 10⁻⁶ g)

Abréviations

- CdA Communauté d'Agglomération de La Rochelle
- EDVM Enquête Déplacements Ville Moyenne
- GNV Gaz Naturel Comprimé (usage du gaz naturel pour voitures et camions)
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change
- PCET Plan Climat Énergie Territorial
- PDU Plan de Déplacements Urbains
- PLUi Plan Local d'Urbanisme intercommunal
- SRCAE Schéma Régional Climat, Air, Énergie

Introduction

Une partie du Plan Local d'Urbanisme intercommunal (PLUi) de l'agglomération de La Rochelle adopté en février 2014 tient lieu de PDU (Plan de Déplacements Urbains). Son objectif est d'aménager et organiser l'espace et les transports. Le PLUi doit également prendre en considération les orientations du SRCAE (Schéma Régional Climat Air Énergie) et du PCET (Plan Climat Énergie Territorial). Ce dernier est un projet territorial de développement durable dont la finalité première est la lutte contre le changement climatique via une réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Le PLUi doit notamment servir à « réduire les émissions de gaz à effet de serre en maîtrisant par exemple la circulation automobile »¹.

Dans le cadre du PLUi qui intègre le PDU2 et en lien avec la loi sur la transition énergétique pour une croissance verte, les parts modales à l'horizon 2030 doivent être traduites en termes d'émissions de gaz à effet de serre afin de pouvoir acter une politique de transport crédible et favorable à un abaissement de 40 % des émissions à l'horizon 2030. Le PDU fixe des objectifs de parts modales à l'horizon 2021 qui doivent être adaptées pour répondre à la loi Transition Énergétique.

Les parts modales servent à fixer un cap sur les objectifs à atteindre et à définir des projets urbains, permettant notamment à calibrer les flux en fonction des modes de déplacement ou le stationnement.

1 PLUi La Lettre, n°1 – juillet 2015

Chapitre 1 : Introduction et contexte

1.1 Contexte de l'étude

1.1.1 Contexte

Dans le cadre du PLUi de la Communauté d'Agglomération de La Rochelle (dénommée par la suite CdA dans le texte), qui intègre le PDU2, et en lien avec la loi sur la transition énergétique pour une croissance verte, la CdA juge opportun de traduire l'abaissement de 40 % des émissions de gaz à effet de serre en termes de parts modales à l'horizon 2030.

Voici un bilan des émissions de polluants ciblés dans cette étude, propres à la CdA (28 communes) en 2010. Ces émissions proviennent de l'inventaire des émissions d'ATMO Poitou-Charentes (Tableau 1). Un bilan des gaz à effet de serre est également disponible, il regroupe uniquement le CO2 (dioxyde de carbone), le CH4 (méthane) et le N2O (protoxyde d'azote).

	CO2	CH4	N2O	PM10	PM2,5	TSP
secteur émetteur	tonne	tonne	tonne	tonne	tonne	tonne
énergies	51 225	240	2	5	4	6
industrie et déchets	122 214	191	14	66	37	225
résidentiel et tertiaire	305 099	105	11	143	140	150
agricole	5 950	315	58	65	31	221
routier	376 984	25	11	200	145	298
autres transports	796	0,05	0,02	7	3	14
autres émetteurs ²	8 309	41	0,22	11	10	12
Bilan d'émissions de gaz à effet de serre (en tonne équivalent CO2) par secteur émetteur						
énergies	industrie et déchets	résidentiel et tertiaire	agricole	routier	autres transports	autres émetteurs
57 043	130 558	310 775	30 412	380 812	804	9 237

Tableau 1: Bilan des émissions en tonne de la CdA (28 communes) en 2010
(source Atmo Poitou-Charentes, référence 2010 ICARE v3.1, format dérivé du Secten)

Les données reprises dans ce tableau relatives aux transports, concernent l'ensemble des flux, ils ne se limitent donc pas aux seuls déplacements internes à la CdA.

2 Autres émetteurs : émetteurs non inclus dans le total France

En gras figurent les secteurs les plus émetteurs par polluant. Le dioxyde de carbone est majoritairement émis par le secteur des transports routiers (combustion moteur), de même que les particules (total des particules et particules fines). Les particules fines (PM_{2,5}) ont comme origine, associé au secteur routier, le secteur résidentiel et tertiaire (activités de chauffage des logements). Enfin, le secteur agricole est responsable d'une grande proportion d'émissions de protoxyde d'azote et de méthane.

A noter que le secteur routier regroupe l'ensemble des modes de transports routiers existants, à savoir les poids-lourds, les deux-roues motorisés, les voitures particulières, les véhicules utilitaires légers et les bus.

Les valeurs sont donc davantage indicatives et ne sont donc pas directement comparables à celles proposées dans cette étude, étude qui ne concerne que les transports deux-roues motorisés, bus et voitures particulières et se limite aux déplacements internes à la CdA.

1.1.2 Objectifs de l'étude

L'étude vise à calculer les émissions de gaz à effet de serre dues aux transports routiers sur le territoire de la CdA, élargie à 28 communes depuis le 1^{er} janvier 2104. Les émissions sont estimées pour trois années différentes, chacune représentative d'une situation particulière :

- 2011, état actuel : fait figure d'année de référence, elle sert de point de comparaison
- 2021, état du PDU2 : vise un objectif de réduction de 20 % des émissions de gaz à effet de serre
- 2030, état prospectif : vise un objectif de réduction de 40 % des émissions de gaz à effet de serre

L'objectif est de répercuter l'objectif de -40 % d'émissions de gaz à effet de serre en 2030 en termes de parts modales.

1.2 Paramètres et outils de l'étude

1.2.1 Outils de travail

Pour mener à bien l'étude, plusieurs données ont été nécessaires. Elles ont été fournies par l'agglomération de La Rochelle :

- le réseau filaire de la voirie de l'agglomération de La Rochelle
- le parc de bus 2011 et à l'horizon 2030
- distances parcourues par les bus
- une synthèse de l'enquête déplacements 2011 réalisée sur la CdA à 18 communes (notée par la suite EDVM), cette dernière a servi de base pour fournir un lot d'informations important :
 - distances moyennes parcourues par les deux-roues et les voitures particulières
 - nombre de déplacements effectués par an par les deux-roues et les voitures particulières en 2011 et à l'horizon 2021, extrapolé à 28 communes

Atmo Poitou-Charentes dispose également d'un certain nombre d'outils et de données ayant permis de réaliser l'étude :

- l'outil inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre (année 2010). Ce dernier recense l'ensemble des sources émettrices et estime les quantités de polluants rejetées dans l'atmosphère pour la région Poitou-Charentes à une résolution kilométrique. L'une des sources de pollution est le secteur des transports routiers, les émissions relatives à ce secteur sont estimées grâce à l'outil Circul'air³

³ Outil créé et maintenu par l'ASPA, organisme de surveillance de la pollution atmosphérique en Alsace

- le parc automobile 2011, 2021 et 2030

1.2.2 Territoires analysés

Le territoire de la CdA à 28 communes ainsi que 3 zones constitutives de la CdA ont été analysées :

- la commune de La Rochelle
- l'Unité Urbaine Centrale [UUC] composée de La Rochelle, Aytré, Lagord, Périgny et Puilboreau
- et l'ensemble des autres communes, au nombre de 23 [CdA - UUC].

1.2.3 Polluants étudiés

L'étude prévoit d'estimer les parts modales 2030 de telle sorte que leurs émissions de gaz à effet de serre soient diminuées de 40 % par rapport à l'année de référence, 2011.

Les gaz à effet de serre concernés sont :

- le dioxyde de carbone CO₂
- le protoxyde d'azote N₂O
- le méthane CH₄

Les émissions sont exprimées en tonne équivalent CO₂ (noté TeqCO₂), permettant de prendre en compte le Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) des différents gaz. Cet indicateur exprime *l'effet cumulé* des différentes substances intervenant dans le phénomène de l'effet de serre : CO₂, CH₄, N₂O, HFC⁴, PFC⁵, SF₆⁶ et NF₃⁷. Le PRG du dioxyde de carbone est fixé à 1 et sert de référence, le PRG des autres composés est défini par rapport à celui du CO₂.

Voici la formule appliquée :

$$E_{GES} = E_{CO_2} + [E_{CH_4} \times PRG_{CH_4}] + [E_{N_2O} \times PRG_{N_2O}]$$

Avec :

E = émission en tonne

PRG_{CH₄} = 28

PRG_{N₂O} = 265

Source : rapport AR5 de l'IPCC⁸, 2013

Note : les PRG associés sont issus du cinquième rapport de l'IPCC (AR5, IPCC, 2013). Ils sont calculés sur la base d'un horizon fixé à 100 ans afin de prendre en compte la durée de vie, différente selon les composés atmosphériques et leur nocivité.

D'autres polluants à effet sanitaire ont été inclus dans les calculs des émissions, il s'agit des particules fines PM10 et PM2,5 ainsi que des particules en suspension totales (TSP).

Le diamètre des particules entrant dans la catégorie des PM10 est inférieur à 10µm⁹.

4 Hydrofluorocarbures

5 Hydrocarbures perfluorés

6 Hexafluorure de soufre

7 Trifluorure d'azote

8 Intergovernmental Panel on Climate Change

9 Unité de longueur µm : micromètre = 10⁻⁶

Le diamètre des particules entrant dans la catégorie des PM_{2,5} est inférieur à 2,5µm.

Les oxydes d'azote, notés NO_x, sont constitués du NO et du NO₂ (respectivement monoxyde d'azote et dioxyde d'azote), et sont également pris en compte dans les bilans d'émissions.

Chapitre 2 : méthodologies appliquées

Au regard des différentes parts modales évaluées par la CdA, seuls les **modes de transport émetteurs de polluants** atmosphériques sont analysés par Atmo Poitou-Charentes dans cette étude, à savoir les deux-roues motorisés, les voitures particulières et les bus.

Rappelons également que les déplacements pris en compte dans cette étude s'intéressent uniquement aux **déplacements internes** des habitants de l'agglomération de La Rochelle.

2.1 Adapter les parcs automobiles aux différents horizons

Parc de bus en 2011

Voici le parc de bus de la CdA pour l'état de référence, 2011 :

Type véhicule	Motorisation	Nombre	Part (%) hors électrique
Bus Midi	Électrique	1	
Bus Midi	Diesel	19	13,87
Bus Standard	Diesel	97	70,80
Bus Articulé	Diesel	21	15,33
TOTAL	<i>Hors électrique</i>	137	100

Tableau 2: Parc bus en 2011

Pour le **parc bus de 2021**, le choix a été fait d'utiliser le parc de référence et d'y appliquer les modifications suivantes :

- les 20 bus standards diesel deviennent 20 bus standards GNV/GNC¹⁰
- les 8 bus articulés diesel deviennent 8 bus articulés hybrides

Type véhicule	Motorisation	Nombre	Part (%) hors électrique
Bus Midi	Électrique	1	
Bus Midi	Diesel	19	13,87
Bus Standard	Diesel	77	56,20
Bus Standard	GNV/GNC	20	14,60
Bus Articulé	Diesel	13	9,49
Bus Articulé	Hybride	8	5,84
TOTAL	<i>Hors électrique</i>	137	100

Tableau 3: Parc bus en 2021

10 GNV/GNC : Gaz Naturel Comprimé (usage du gaz naturel pour voitures et camions)

Pour le **parc de bus 2030**, le répartition des véhicules a été effectuée d'après les informations transmises par la CdA. Voici sa composition :

Type véhicule	Motorisation	Nombre	Part (%) hors électrique
Bus Midi	Électrique	1	
Bus Standard	Diesel	52	38,81
Bus Standard	Hybride	5	3,73
Bus Articulé	Hybride	25	18,66
Bus Articulé	GNV/GNC	2	1,49
Minibus	GNV/GNC	16	11,94
Bus Standard	GNV/GNC	34	25,37
TOTAL	<i>Hors électrique</i>	134	100

Tableau 4: Parc bus en 2030

Hypothèses et choix formulés sur le parc bus

Pour les bus hybrides (diesel + électricité), la méthodologie employée pour le calcul des émissions routières, COPERT IV, ne fournit pas de facteurs d'émissions pour cette catégorie.

Aussi, il a été décidé de considérer les bus hybrides comme des bus diesel de norme EURO 6, soit la norme la plus récente et contraignante. De plus, un ratio de gain d'émission hybride/diesel EURO 6 a été appliqué aux parcs de bus concernés (articulé en 2021 et 2030 et standard en 2030). Cela signifie que les émissions des bus hybrides (considérés comme Diesel Euro 6) ont été corrigées à l'aide du ratio (informations fournies par le bureau d'étude Indiggo). Le ratio d'abattement est limité aux gaz à effet de serre et aux TSP, ce qui explique que les PM10 et les PM2,5 ne figurent pas pour l'objectif PDU 2021.

De plus, les bus électriques n'ont pas été comptabilisés dans les calculs d'émissions de gaz à effet de serre et de polluants à effet sanitaire.

Parc de deux-roues et voitures particulières

La répartition des véhicules appartenant aux catégories deux-roues et voitures particulières selon les normes européennes et les types de voies routières, s'est appuyée sur les parcs automobiles du CITEPA¹¹ pour 2011 et du MEDDE (DGEC)¹² pour 2021 et 2030. Aucune hypothèse spécifique n'a été appliquée.

11 Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique

12 Direction Générale de l'Énergie et du Climat, du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie

2.2 Connaître les distances parcourues et les déplacements aux différents horizons

Pour l'ensemble du parc bus, la distance annuelle parcourue appliquée aux 28 communes est de 5 247 566 kilomètres.

La CdA a fourni le nombre de déplacements journaliers pour les **voitures particulières** (voiture conducteur) et les **deux-roues**, adapté au territoire élargi à 28 communes, pour l'état actuel 2011 et l'horizon du PDU2, 2021 (Tableau 5).

Note : une simple multiplication par 365 a permis d'obtenir les déplacements annuels.

L'EDVM permet de connaître les distances moyennes d'un déplacement, effectué par les deux-roues et par les voitures particulières (Tableau 5).

Véhicule	Nombre de déplacements par jour		Distance moyenne d'un déplacement (km)
	État actuel, 2011	Horizon PDU2, 2021	
Voiture particulière	287 641	266 021	5,1
Deux-roues	5 104	12 382	4,4

Tableau 5: Distance moyenne d'un déplacement et nombre de déplacement

Hypothèses et choix formulés sur les distances

Aucune politique favorisant la ville compacte n'a été prise en compte dans l'obtention des distances parcourues, les distances moyennes restent donc stables pour les différents horizons, distances basées sur la CdA à 18 communes. Pour les bus, nous avons émis l'hypothèse d'un réseau fixe, avec kilométrages parcourus identiques quelle que soit l'année (5 247 566 kilomètres par an).

Hypothèses d'évolution du nombre de déplacements en 2030 et choix formulés

Afin d'atteindre un abattement de 40 % d'émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2030 (par rapport à l'année de référence 2011), des hypothèses sur l'évolution du nombre de déplacements ont été formulées et intégrées dans les calculs. Ces hypothèses concernent les voitures particulières et les deux-roues uniquement (Tableau 6).

Les hypothèses ont été élaborées par rapport aux objectifs du PDU2 (année 2021), c'est-à-dire par rapport aux nombres de déplacement proposés par le PDU2. Cela permet d'intégrer dans la démarche les objectifs du PDU2, à savoir notamment une baisse du nombre des déplacements des voitures particulières entre 2011 et 2021.

Mode de transport	Nombre de déplacements PDU2 (2021)	Proposition d'hypothèses d'évolution du nombre de déplacements par les deux-roues et les voitures en 2030		
		Hypothèse	Description	Nombre de déplacements induits
Deux-roues	4 519 342	# 1	Pas d'évolution : nombre de déplacement identique à 2021	4 519 342
Deux-roues	4 519 342	# 2	Hausse du nombre de déplacement (hausse identique à celle de 2011-2021)	6 971 515
Deux-roues	4 519 342	# 6	Réduction des déplacements : - 30 %	3 163 540
Deux-roues	4 519 342	# 7	Réduction des déplacements : - 20 %	3 615 474
Voitures particulières	97 097 826	# 4	Pas d'évolution : nombre de déplacement identique à 2021	97 097 826
Voitures particulières	97 097 826	# 5	Réduction des déplacements : - 30 %	67 968 478
Voitures particulières	97 097 826	# 8	Réduction des déplacements : - 40 %	58 258 695
Voitures particulières	97 097 826	# 9	Réduction des déplacements : - 35 %	63 113 587
Voitures particulières	97 097 826	# 10	Réduction des déplacements : - 20 %	77 678 260
Voitures particulières	97 097 826	# 11	Réduction des déplacements : - 25 %	72 823 369

Tableau 6: Hypothèses d'évolution des déplacements en 2030 (par rapport au PDU2)

Ces hypothèses ont donc été intégrées dans les calculs afin d'estimer leurs contributions respectives dans la baisse des émissions de gaz à effet de serre.

2.3 Connaître les émissions unitaires des véhicules aux différents horizons

Le principe de calcul des émissions (E) d'un polluant pour un type de véhicule est de multiplier des facteurs d'émissions (FE) propres à un type de véhicule et à un polluant, à des données d'activité (A) propres à un type de véhicule (par exemple : kilomètres parcourus).

$$E_{\text{polluant/véhicule}} = FE_{\text{polluant/véhicule}} \times A_{\text{véhicule}}$$

où

E = émissions

FE = facteur d'émission

A = activité (kilomètres ou déplacements)

Dans cette étude, nous avons fait le choix de calculer des facteurs d'émissions unitaires (FE) spécifiques aux types de véhicules pour 1 véhicule roulant.

Pour les **voitures et les deux-roues**, connaissant le nombre de déplacement, le calcul se base sur les distances moyennes d'un déplacement (se reporter au Tableau 5) (obtention d'un FE pour 1 deux-roues parcourant 4,4 km et d'un FE pour 1 voiture parcourant 5,1 km).

En ce qui concerne les **bus**, connaissant les kilomètres parcourus, le calcul ne se base pas sur une distance moyenne mais sur le kilométrage annuel (obtention d'un FE pour 1 bus parcourant 1 km).

Dans le cas des émissions routières calculées par l'outil COPERT, la méthode est assez complexe. Elle prend en compte plusieurs paramètres pouvant influencer les émissions de polluants, comme la météorologie, la part de véhicules démarrant à froid, la pente des tronçons, l'encombrement des voies et leurs capacités, le nombre de véhicules présents répartis selon leur type, ainsi que la catégorie de voie (autoroute, route, ville).

L'**évolution du parc automobile** (motorisation, carburant, normes Euro) a un impact sur les facteurs d'émissions, selon les proportions de véhicules roulant sur le territoire.

Les paramètres météorologiques rentrent également en compte dans les calculs des facteurs d'émission. Il est à noter qu'ils sont identiques entre les différents horizons afin de faire apparaître uniquement l'impact de l'évolution du parc automobile dans les facteurs d'émission.

Voici un récapitulatif des facteurs d'émissions calculés dans cette étude aux différents horizons (Tableau 7, Tableau 8 et Tableau 9).

Du fait de la prise en compte des émissions des bus hybrides en tant qu'émissions de bus diesel norme 6 abaissées du ratio hybride/diesel (voir 2.1), les émissions de PM10 et PM2,5 pour les bus en 2021 et 2030 n'apparaissent pas car nous ne disposons pas du ratio d'abattement pour ces polluants, seules les TSP sont disponibles. Il en va de même pour les oxydes d'azote (NOx) pour lesquels aucun ratio d'abattement n'a été appliqué.

2011	CO2	CH4	N2O	PM10	PM2,5	TSP	NOx
	kg/véh/km						
Deux-roues	0,093478509	0,000063423	0,000001752	0,000014565	0,000014565	0,000014874	0,000248836
Voitures particulières	0,157609886	0,000005822	0,000005090	0,000015290	0,000015290	0,000015483	0,000553109
Bus	0,776422738	0,000143176	0,000015183	0,000136896	0,000136896	0,000138279	0,006690075

Tableau 7: Facteurs d'émissions en 2011 (kg/véhicule/km)

2021	CO2	CH4	N2O	PM10	PM2,5	TSP	NOx
	kg/véh/km						
Deux-roues	0,095665879	0,000036729	0,000001775	0,000007544	0,000007544	0,000007702	0,000202280
Voitures particulières	0,130779890	0,000003942	0,000004544	0,000004437	0,000004437	0,000004505	0,000351429
Bus	0,847158454	0,000032264	0,000031184			0,000023025	0,00203685*

Tableau 8: Facteurs d'émissions en 2021 (kg/véhicule/km)

2030	CO2	CH4	N2O	PM10	PM2,5	TSP	NOx
	kg/véh/km						
Deux-roues	0,097962975	0,000034257	0,000001778	0,000006809	0,000006809	0,000006960	0,000197143
Voitures particulières	0,115032172	0,000004110	0,000004261	0,000000953	0,000000953	0,000000989	0,000209273
Bus	0,845060930	0,000020988	0,000030122			0,000009241	0,00127635*

Tableau 9: Facteurs d'émissions en 2030 (kg/véhicule/km)

* les émissions de NOx spécifiques aux bus pour 2021 et 2030 ne comportent pas de ratio d'abattement des émissions pour les bus hybrides.

Ces valeurs représentent donc les émissions en kg que rejette 1 bus ou 1 voiture ou 1 deux-roues parcourant 1 km.

Les graphiques suivants (graphiques 1 à 6) permettent une meilleure visualisation de l'évolution des facteurs d'émission unitaires au cours des trois horizons. Pour rappel, ces facteurs dépendent de la répartition du parc automobile utilisé et des améliorations technologiques prévues.

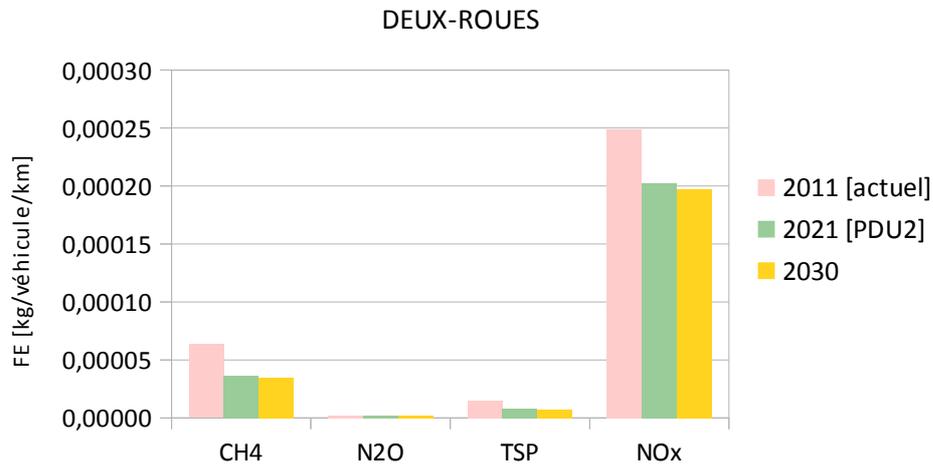


Illustration 1: Facteurs d'émissions [kg/véhicule/km] des deux-roues pour les trois horizons, par polluant (excepté le CO2)

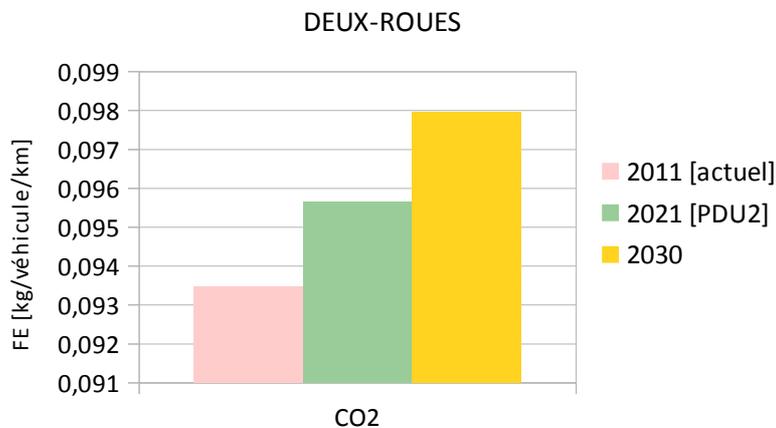


Illustration 2: Facteurs d'émissions [kg/véhicule/km] des deux-roues pour les trois horizons, pour le CO2

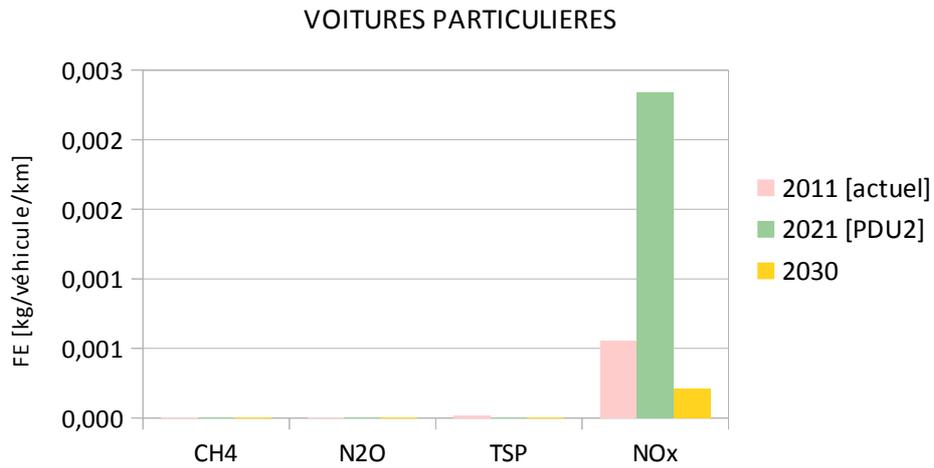


Illustration 3: Facteurs d'émissions [kg/véhicule/km] des voitures particulières pour les trois horizons, par polluant (excepté le CO2)

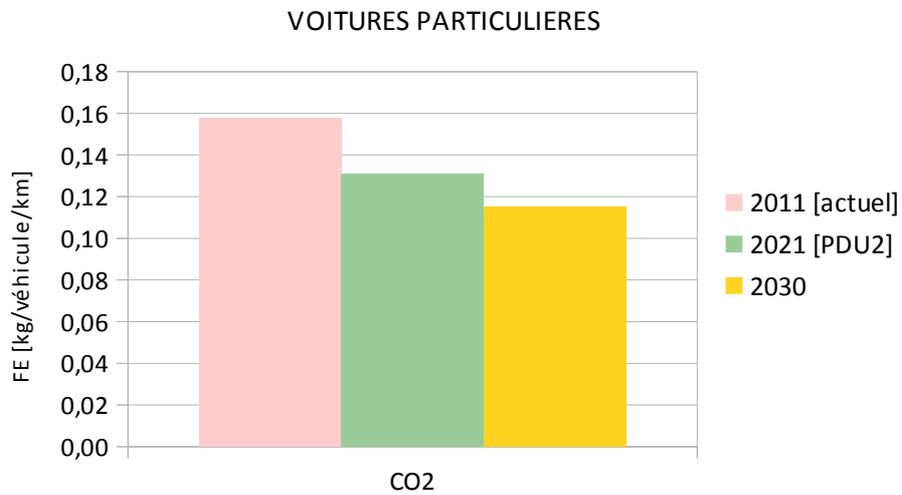


Illustration 4: Facteurs d'émissions [kg/véhicule/km] des voitures particulières pour les trois horizons, pour le CO2

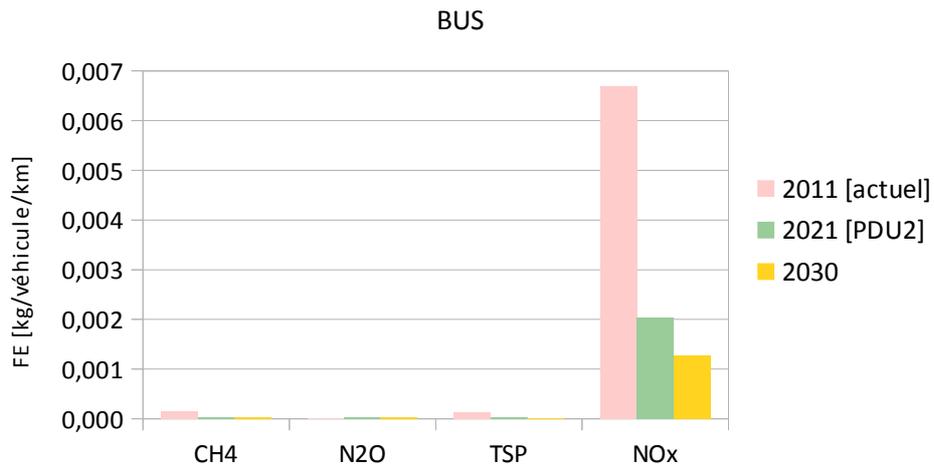


Illustration 5: Facteurs d'émissions [kg/véhicule/km] des bus pour les trois horizons, par polluant (excepté le CO2)

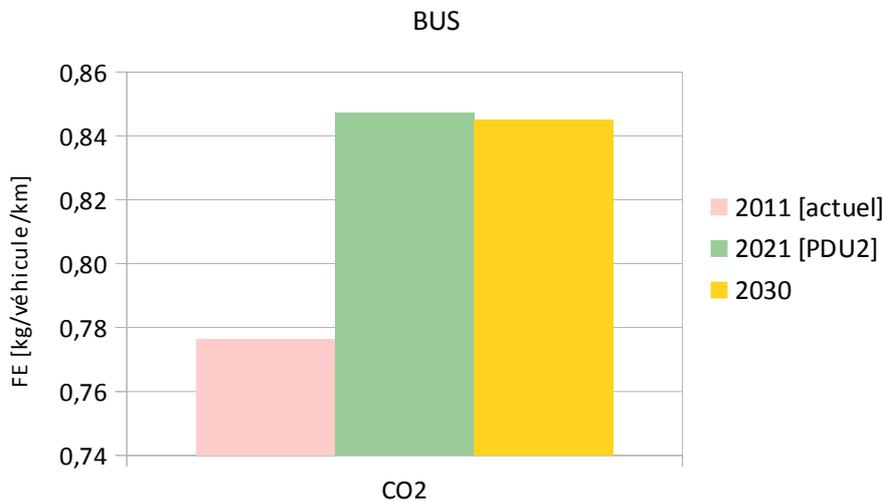


Illustration 6: Facteurs d'émissions [kg/véhicule/km] des bus pour les trois horizons, pour le CO2

Les graphiques 2 et 6 montrent une augmentation des facteurs d'émission de CO2 avec le temps, respectivement pour les deux-roues et les bus.

Le parc des deux-roues n'a pas été adapté au territoire.

En revanche, la répartition du parc bus utilisée dans le calcul des facteurs d'émission provient du parc bus adapté du territoire de la CdA. La méthodologie COPERT utilisée dans le calcul des émissions routières ne possède pas à ce jour de facteur d'émission pour les bus hybrides, ces derniers ont donc été considérés comme des bus diesel de norme Euro6, sur lesquels un abattement d'émission a été appliqué correspondant au ratio hybride/diesel Euro 6 (cf 2.1).

Pour davantage de détails sur les émissions des bus, se reporter au chapitre 4.

Chapitre 3 : Résultats : bilans d'émissions

3.1 État actuel 2011 : année de référence

Les tableaux ci-dessous répertorient les émissions de GES et de polluants atmosphériques pour l'année de référence 2011 (Tableau 10), également rapportées en tonne équivalent CO2 (Tableau 11) pour les GES, et ce pour la CdA. Les émissions des différents zonages sont présentées à la suite.

Rappel des paramètres de calcul : le parc voiture et deux-roues provient du CITEPA, le parc bus de la CdA et les distances moyennes de l'EDVM.

CdA [28 communes]							
Émissions 2011	CO2	CH4	N2O	PM10	PM2,5	TSP	NOx
	tonne	kg	kg	kg	kg	kg	kg
Deux-roues	850	577	16	132	132	135	2 263
Voitures particulières	83 911	3 100	2 710	8 140	8 140	8 243	294 475
Bus	4 074	751	80	718	718	726	35 107
TOTAL	88 836	4 428	2 806	8 991	8 991	9 104	331 845

Tableau 10: Émissions de polluants en 2011 (CdA 28 communes)

CdA [28 communes]		
Émissions GES 2011	TeqCO2	Part (%)
Deux-roues	871	0,97
Voitures particulières	84 716	94,44
Bus	4 116	4,59
TOTAL	89 703	100

Tableau 11: Émissions de GES en 2011 (CdA 28 communes)

La Rochelle							
Émissions 2011	CO2	CH4	N2O	PM10	PM2,5	TSP	NOx
	tonne	kg	kg	kg	kg	kg	kg
Deux-roues	428	290	8	67	67	68	1 139
Voitures particulières	34 292	1 267	1 107	3 327	3 327	3 369	120 342
Bus	1 866	344	36	329	329	332	16 078
TOTAL	36 585	1 901	1 152	3 722	3 722	3 769	137 558

Tableau 12: Émissions de polluants en 2011 (La Rochelle)

La Rochelle		
Émissions GES 2011	TeqCO2	Part (%)
Deux-roues	438	1,19
Voitures particulières	34 621	93,71
Bus	1 885	5,10
TOTAL	36 944	100

Tableau 13: Émissions de GES en 2011 (La Rochelle)

Unité Urbaine Centrale [UUC]							
Émissions 2011	CO2	CH4	N2O	PM10	PM2,5	TSP	NOx
	<i>tonne</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>
Deux-roues	565	383	11	88	88	90	1 503
Voitures particulières	50 653	1 871	1 636	4 914	4 914	4 976	177 759
Bus	2 596	479	51	458	458	462	22 369
TOTAL	53 814	2 733	1 697	5 460	5 460	5 528	201 631

Tableau 14: Émissions de polluants en 2011 (UUC)

Unité Urbaine Centrale [UUC]		
Émissions GES 2011	TeqCO2	Part (%)
Deux-roues	578	1,06
Voitures particulières	51 139	94,11
Bus	2 623	4,83
TOTAL	54 340	100

Tableau 15: Émissions de GES en 2011 (UUC)

Autres communes [23]							
Émissions 2011	CO2	CH4	N2O	PM10	PM2,5	TSP	NOx
	<i>tonne</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>
Deux-roues	202	137	4	31	31	32	537
Voitures particulières	33 738	1 246	1 090	3 272	3 272	3 314	118 400
Bus	1 478	273	29	261	261	263	12 737
TOTAL	35 418	1 656	1 122	3 565	3 565	3 610	131 674

Tableau 16: Émissions de polluants en 2011 (23 autres communes)

Autres communes [23]		
Émissions GES 2011	TeqCO2	Part (%)
Deux-roues	206	0,58
Voitures particulières	34 062	95,25
Bus	1 494	4,18
TOTAL	35 762	100

Tableau 17: Émissions de GES en 2011 (23 autres communes)

En 2011, les émissions de CO2 sont les plus importantes parmi les différents polluants étudiés, suivies des NOx, et ce quel que soit le mode de transport.

3.2 État du PDU2, en 2021

Les tableaux ci-dessous répertorient les émissions de GES et de polluants atmosphériques pour l'année du PDU2, 2021 (Tableau 18), également rapportées en équivalent CO2 (Tableau 19) pour les GES. Les émissions des différents zonages sont présentées à la suite.

Rappel des paramètres de calcul : le parc voiture et deux-roues provient du MEDDE, le parc bus de la CdA et les distances moyennes de l'EDVM (identiques à l'état actuel).

Les émissions des bus prennent en compte les bus hybrides sur lesquelles a été appliqué un ratio d'abattement des émissions calculé par rapport à un bus diesel de norme euro équivalente (bus hybride de norme euro 6 = bus diesel de norme euro 6 avec application du ratio). Le ratio d'abattement est limité aux gaz à effet de serre et aux TSP, ce qui explique que les PM10 et les PM2,5 ne figurent pas pour l'objectif PDU 2021.

CdA [28 communes]					
Émissions 2021	CO2	CH4	N2O	TSP	NOx
	tonne	kg	kg	kg	kg
Deux-roues	1 902	730	35	153	4 022
Voitures particulières	64 762	1 952	2 250	2 231	174 027
Bus	4 446	169	164	121	10 689
TOTAL	71 110	2 852	2 449	2 505	188 738

Tableau 18: Émissions de polluants en 2021 (CdA 28 communes)

CdA [28 communes]		
Émissions GES 2021	TeqCO2	Part (%)
Deux-roues	1 932	2,69
Voitures particulières	65 413	91,06
Bus	4 494	6,26
TOTAL	71 839	100

Tableau 19: Émissions de GES en 2021 (CdA 28 communes)

La Rochelle					
Émissions 2021	CO2	CH4	N2O	TSP	NOx
	<i>tonne</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>
Deux-roues	951	365	18	77	2 010
Voitures particulières	22 592	681	785	778	60 709
Bus	2 036	78	75	55	4 895
TOTAL	25 579	1 123	878	910	67 614

Tableau 20: Émissions de polluants en 2021 (La Rochelle)

La Rochelle		
Émissions GES 2021	TeqCO2	Part (%)
Deux-roues	965	3,74
Voitures particulières	22 819	88,30
Bus	2 058	7,96
TOTAL	25 843	100

Tableau 21: Émissions de GES en 2021 (La Rochelle)

Unité Urbaine Centrale [UUC]					
Émissions 2021	CO2	CH4	N2O	TSP	NOx
	<i>tonne</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>
Deux-roues	1 263	485	23	102	2 671
Voitures particulières	38 033	1 146	1 321	1 310	102 203
Bus	2 833	108	104	77	6 810
TOTAL	42 129	1 739	1 449	1 489	111 684

Tableau 22: Émissions de polluants en 2021 (UUC)

Unité Urbaine Centrale [UUC]		
Émissions GES 2021	TeqCO2	Part (%)
Deux-roues	1 283	3,01
Voitures particulières	38 416	90,26
Bus	2 863	6,73
TOTAL	42 562	100

Tableau 23: Émissions de GES en 2021 (UUC)

Autres communes [23]					
Émissions 2021	CO2	CH4	N2O	TSP	NOx
	<i>tonne</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>
Deux-roues	639	245	12	51	1 351
Voitures particulières	26 729	806	929	921	71 825
Bus	1 613	61	59	44	2 878
TOTAL	28 981	1 112	1 000	1 016	77 054

Tableau 24: Émissions de polluants en 2021 (23 autres communes)

Autres communes [23]		
Émissions GES 2021	TeqCO2	Part (%)
Deux-roues	649	2,22
Voitures particulières	26 997	92,21
Bus	1 630	5,57
TOTAL	29 277	100

Tableau 25: Émissions de GES en 2021 (23 autres communes)

3.3 État 2030, baisse de 40 % des émissions de GES

Pour évaluer la baisse de 40 % des émissions de gaz à effet de serre, une année de référence est nécessaire. Le choix de l'année 2011 a été arrêté en concertation avec la CdA. Les émissions 2030 sont donc comparées à celles de 2011.

Important : les hypothèses d'évolution du nombre de déplacements ont été formulées par rapport aux objectifs du PDU2 (année 2021) (Tableau 6).

Rappel des paramètres de calcul : les émissions des bus prennent en compte les bus hybrides sur lesquelles a été appliqué un ratio d'abattement des émissions calculé par rapport à un bus diesel de norme euro équivalente (bus hybride de norme euro 6 = bus diesel de norme euro 6 avec application du ratio). Le ratio d'abattement est limité aux gaz à effet de serre et aux TSP, ce qui explique que les PM10 et les PM2,5 ne figurent pas pour l'horizon 2030.

3.3.1 Bilan des émissions 2030

Le tableau ci-dessous (Tableau 26) présente les émissions des gaz à effet de serre, de particules et de NOx, par catégorie de véhicule, pour l'ensemble des **hypothèses d'évolutions de déplacement**.

Émissions 2030	hypothèse	CO2	CH4	N2O	TSP	NOx
		tonne	kg	kg	kg	kg
Deux-roues	# 1	1 948	681	35	138	3 920
Deux-roues	# 2	3 005	1 051	55	213	6 047
Deux-roues	# 6	1 364	477	25	97	2 744
Deux-roues	# 7	1 558	545	28	111	3 136
Voitures particulières	# 4	56 964	2 035	2 110	490	103 632
Voitures particulières	# 5	39 875	1 425	1 477	343	72 542
Voitures particulières	# 8	34 178	1 221	1 266	294	62 179
Voitures particulières	# 9	37 026	1 323	1 372	318	67 361
Voitures particulières	# 10	45 571	1 628	1 688	392	82 905
Voitures particulières	# 11	42 723	1 526	1 583	367	77 724
Bus	# 3	4 435	110	158	48	6 698

Tableau 26: Émissions de polluants en 2030 selon les évolutions de déplacements (CdA 28 communes)

Les émissions de GES sont rapportées en tonnes équivalent CO2, dans le tableau suivant (Tableau 27), pour toutes les hypothèses formulées.

Émissions GES 2030	hypothèse	description	TeqCO2
Deux-roues	# 1	Pas d'évolution : nombre de déplacement identique à 2021	1 976
Deux-roues	# 2	Hausse du nombre de déplacement (hausse identique à celle de 2011-2021)	3 049
Deux-roues	# 6	Réduction des déplacements : - 30 %	1 384
Deux-roues	# 7	Réduction des déplacements : - 20 %	1 581
Voitures particulières	# 4	Pas d'évolution : nombre de déplacement identique à 2021	57 580
Voitures particulières	# 5	Réduction des déplacements : - 30 %	40 306
Voitures particulières	# 8	Réduction des déplacements : - 40 %	34 548
Voitures particulières	# 9	Réduction des déplacements : - 35 %	37 427
Voitures particulières	# 10	Réduction des déplacements : - 20 %	46 064
Voitures particulières	# 11	Réduction des déplacements : - 25 %	43 185
Bus	# 3	Pas d'évolution : kilométrage identique	4 479

Tableau 27: Émissions de GES en 2030 selon les évolutions (CdA 28 communes)

3.3.2 Différentes hypothèses d'évolutions des déplacements pour l'objectif -40 %

L'objectif de la loi sur la transition énergétique est d'atteindre une diminution de 40 % des émissions de GES à l'horizon 2030.

Les tableaux ci-dessous (Tableau 28 à Tableau 31) proposent plusieurs situations pouvant théoriquement permettre d'obtenir des émissions de gaz à effet de serre 40 % inférieures à celles de 2011, pour les mêmes catégories de véhicules, à savoir deux-roues, voitures particulières et bus.

Quatre situations sont présentées, elles combinent différentes hypothèses d'évolution des déplacements. Chaque situation inclut 1 hypothèse propre à chaque mode de transport.

La contribution la plus sensible pour diminuer les émissions de GES est celle des voitures particulières. Dans une moindre mesure, les deux roues peuvent également influencer les émissions, alors que pour les bus, rappelons-le, il a été choisi de ne pas modifier l'offre de services, et donc les kilomètres parcourus par an.

La contribution des deux-roues est relativement faible : une baisse de 10 % des déplacements entre la situation 1 et la situation 2 est répercutée par une baisse de 197 TeqCO₂, ne faisant de ce fait que très peu varier l'abaissement total, respectivement de -48,53 % et -48,31 % (Tableau 28 et Tableau 29).

La situation 1 est la plus restrictive en termes de déplacements deux-roues et voitures, avec une diminution de 30 % chacun. Elle permettrait d'atteindre *amplement* l'objectif fixé à -40 %.

La situation 3 est la moins restrictive pour les voitures, une baisse de 20 % est appliquée à leurs déplacements, soit 77 678 260 déplacements au lieu de 97 097 826 en 2021. Cette situation permettrait néanmoins d'atteindre l'objectif, avec une baisse répercutée de 41,89 %.

La situation 2 permet d'être plus souple pour les deux-roues, avec une baisse des déplacements fixée à -20 % au lieu de -30 % avec la situation 1.

La situation 4, quant à elle, offre des évolutions de déplacement intermédiaires, -20 % pour les deux-roues et -25 % pour les voitures. Elle permet d'atteindre une baisse totale des émissions de GES de l'ordre de 45 %.

Situation 1	hypothèse	Émissions GES 2030 (TegCO2)	Écart 2030-2011
Deux-roues	# 6 : -30 %	1 384	+ 513
Voitures particulières	# 5 : -30 %	40 306	- 44 410
Bus	# 3 : stable	4 479	+ 363
Total		46 169	- 43 534
			- 48,53 %

Tableau 28: Situation # 1 : abaissement des émissions en 2030 (CdA 28 communes)

Situation 2	hypothèse	Émissions GES 2030 (TegCO2)	Écart 2030-2011
Deux-roues	# 7 : -20 %	1 581	+ 711
Voitures particulières	# 5 : -30 %	40 306	- 44 410
Bus	# 3 : stable	4 479	+ 363
Total		46 367	- 43 337
			- 48,31 %

Tableau 29: Situation # 2 : abaissement des émissions en 2030 (CdA 28 communes)

Situation 3	hypothèse	Émissions GES 2030 (TegCO2)	Écart 2030-2011
Deux-roues	# 7 : -20 %	1 581	+ 711
Voitures particulières	# 10 : -20 %	46 064	- 38 652
Bus	# 3 : stable	4 479	+ 363
Total		52 125	- 37 579
			- 41,89 %

Tableau 30: Situation # 3 : abaissement des émissions en 2030 (CdA 28 communes)

Situation 4	hypothèse	Émissions GES 2030 (TeqCO2)	Écart 2030-2011
Deux-roues	# 7 : -20 %	1 581	+ 711
Voitures particulières	# 11 : -25 %	43 185	- 41 531
Bus	# 3 : stable	4 479	+ 363
Total		49 246	- 40 458
			- 45,10 %

Tableau 31: Situation # 4 : abaissement des émissions en 2030 (CdA 28 communes)

Deux situations supplémentaires sont néanmoins proposées, elles s'intéressent aux deux-roues. La situation n°5 propose un nombre de déplacements 2030 identique à 2021 (Tableau 32). La situation n°6 pose quant à elle l'hypothèse d'une hausse du nombre de déplacements, du même ordre de grandeur que le PDU (Tableau 33).

Situation 5	hypothèse	Émissions GES 2030 (TeqCO2)	Écart 2030-2011
Deux-roues	# 1 : stable	1 976	+ 1 106
Voitures particulières	# 10 : -20 %	46 064	- 38 652
Bus	# 3 : stable	4 479	+ 363
Total		52 520	- 37 184
			- 41,45 %

Tableau 32: Situation # 5 : abaissement des émissions en 2030 (CdA 28 communes)

Situation 6	hypothèse	Émissions GES 2030 (TeqCO2)	Écart 2030-2011
Deux-roues	# 2 : +54,25 %	3 049	+ 2 178
Voitures particulières	# 10 : -20 %	46 064	- 38 652
Bus	# 3 : stable	4 479	+ 363
Total		53 592	- 36 111
			- 40,26 %

Tableau 33: Situation # 6 : abaissement des émissions en 2030 (CdA 28 communes)

C'est donc la situation n°6 qui est proposée pour répondre à l'objectif de -40 % des émissions de GES. Celle-ci consiste à réduire de 20 % le nombre de déplacements des voitures (hypothèse n°10) et prendre en compte l'augmentation du nombre de déplacements des deux-roues (hypothèse n°2). Cette combinaison permettrait d'obtenir une baisse de 40,26 % d'émissions de GES.

Les graphiques suivants permettent de se rendre compte de l'évolution des émissions de gaz à effet de serre pour l'ensemble des contraintes appliquées sur le nombre de déplacement, pour les deux-roues (Illustration 7) et les voitures particulières (Illustration 8).

L'hypothèse 7 n'est pas la plus contraignante et serait responsable du rejet de 1 581 tonnes équivalent CO₂.

L'hypothèse 10 relative aux voitures permettrait de réduire de près de moitié les émissions de GES par rapport à 2011.

A noter que l'hypothèse 4 prévoit un nombre de déplacements en 2030 identique à 2021 (PDU2) pour les voitures. Les émissions 2030 sont inférieures à celle de 2021. Même si les déplacements restent inchangés, la baisse des émissions s'explique par l'évolution du parc des voitures particulières au fil des ans, les moteurs sont plus performants et moins polluants, les normes sont plus restrictives.

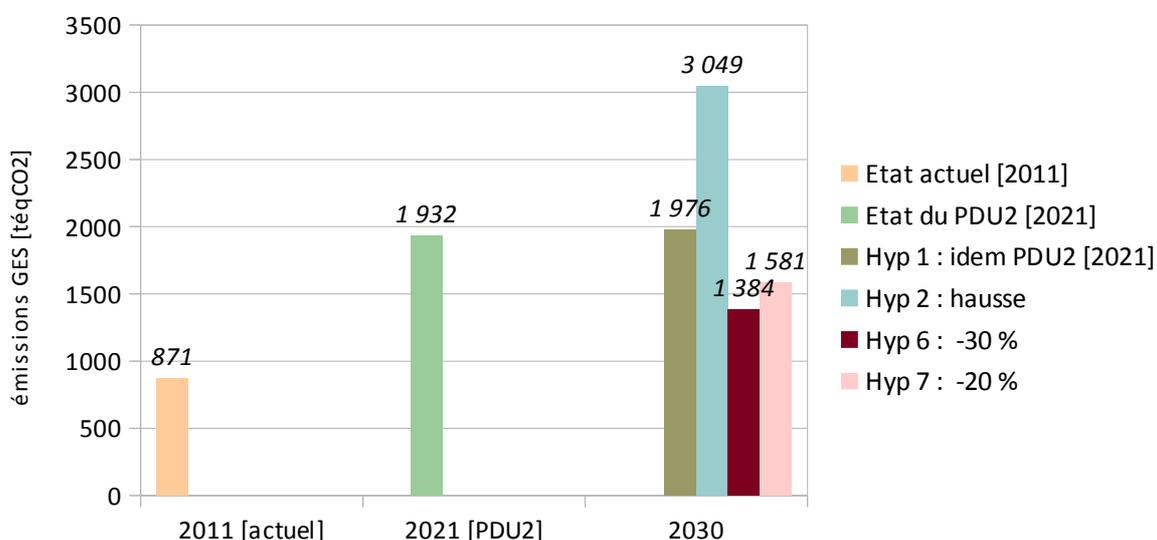


Illustration 7: Evolution des émissions de GES selon les hypothèses et les horizons, pour les deux-roues (CdA 28 communes)

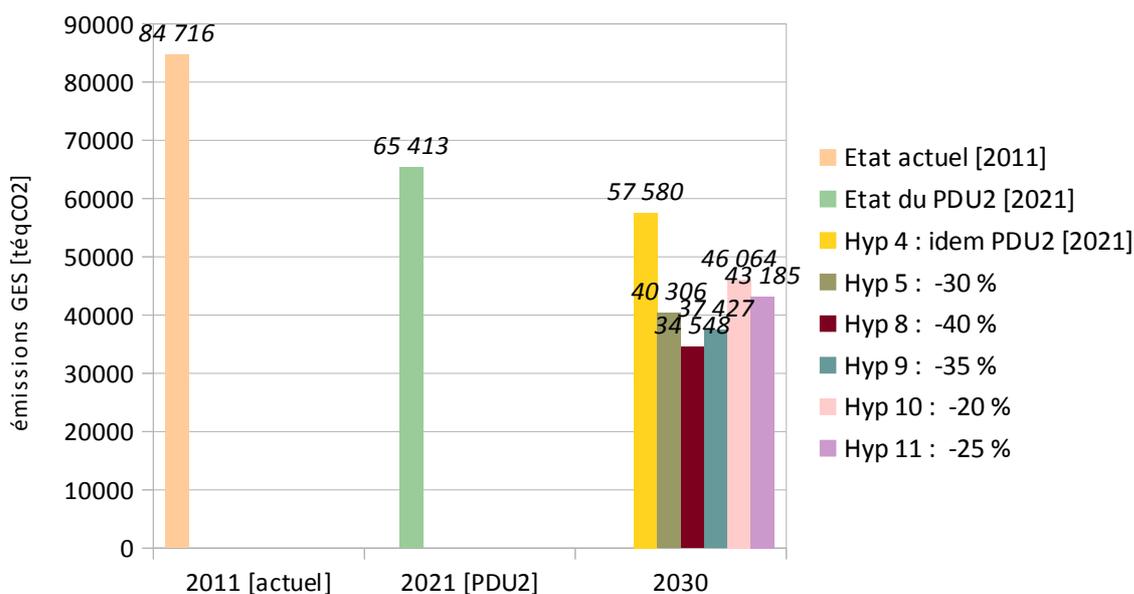


Illustration 8: Evolution des émissions de GES selon les hypothèses et les horizons, pour les voitures (CdA 28 communes)

3.4 Émissions de particules et de NOx

Les transports routiers ciblés dans cette étude sont également à l'origine d'émissions autres que celles des gaz à effet de serre, il s'agit des particules en suspension et des NOx (oxydes d'azote). Comme précisé 1.2.3, ces derniers ont été pris en compte dans les calculs.

Le tableau 34 répertorie les émissions pour les horizons 2011 et 2021 (PDU2) pour l'ensemble des catégories de véhicules. Le PDU2 permet une réduction importante des émissions des voitures particulières, 6 011 kg de TSP en moins. L'évolution du parc bus engendre quant à lui une baisse non négligeable des émissions, égale à 604 kg.

Quant aux NOx, l'impact de l'évolution des parcs automobiles voitures et bus est particulièrement visible. Les émissions des bus diminuent de près de 65 % et celles des voitures de près de 41 %.

2011	TSP	NOx
	<i>kg</i>	<i>kg</i>
Deux-roues	135	2 263
Voitures particulières	8 243	294 475
Bus	726	35 107
2021	TSP	NOx
	<i>kg</i>	<i>kg</i>
Deux-roues	153	4 022
Voitures particulières	2 231	174 027
Bus	121	10 689

Tableau 34: Émissions de particules en 2011 et 2021 (CdA 28 communes)

Pour les émissions 2030, le tableau 35 présente les émissions obtenues à partir des hypothèses d'évolution de déplacements formulées par rapport aux objectifs du PDU2.

Les lignes en bleu correspondent aux évolutions favorables à l'objectif de -40 % des émissions de GES.

C'est la situation n°6 qui est proposée pour répondre à l'objectif de -40 % des émissions de GES. Celle-ci consiste à réduire de 20 % le nombre de déplacements des voitures (hypothèse n°10) et prendre en compte l'augmentation du nombre de déplacements des deux-roues (hypothèse n°2). Cette combinaison permettrait d'obtenir une baisse de 40,26 % d'émissions de GES.

2030	hypothèse	TSP	NOx
		kg	kg
Deux-roues	# 1	138	3 920
Deux-roues	# 2	213	6 047
Deux-roues	# 6	97	2 744
Deux-roues	# 7	111	3 136
Voitures particulières	# 4	490	103 632
Voitures particulières	# 5	343	72 542
Voitures particulières	# 8	294	62 179
Voitures particulières	# 9	318	67 361
Voitures particulières	# 10	392	82 905
Voitures particulières	# 11	367	77 724
Bus	# 3	48	6 698

Tableau 35: Émissions de particules et NOx en 2030 selon les hypothèses de déplacement (CdA 28 communes)

Zoom sur les TSP

Le tableau 36 ci-dessous récapitule les émissions de TSP pour les trois horizons. En 2030, la combinaison de déplacements correspond aux hypothèses n°2 pour les deux-roues (+54%), n°10 pour les voitures (-20%) et n°3 pour les bus. C'est la combinaison qui permet d'atteindre l'objectif de réduction des GES de 40 % (précisément avec une **baisse de 40,26%**).

TSP [kg]	2011	2021	2030	Écart 2030-2011
Deux-roues	135	153	213	+57,80 %
Voitures particulières	8 243	2 231	392	-95,25 %
Bus	726	121	48	-93,32 %
Total	9 104	2 505	654	-92,82 %

Tableau 36: Émissions de TSP (kg) pour les trois horizons (CdA 28 communes)

Zoom sur les NOx

Le tableau 37 présente à son tour les émissions de NOx pour les trois horizons. La combinaison d'hypothèses est la même.

NOx [kg]	2011	2021	2030	Écart 2030-2011
Deux-roues	2 263	4 022	6 047	+167,19 %
Voitures particulières	294 475	174 027	82 905	-71,85 %
Bus	35 107	10 689	6 698	-80,92 %
Total	331 845	190 343	102 166	-71,18 %

Tableau 37: Émissions de NOx (kg) pour les trois horizons (CdA 28 communes)

3.5 Synthèses des émissions et des parts modales

3.5.1 Pour la CdA à 28 communes

Le graphique 1 et le Tableau 38 montrent les parts modales de la CdA induits par les objectifs du PDU2 et de l'horizon 2030, comparativement à l'année de référence 2011.

Parts modales	2011	PDU2	2030 [situation 6]
Voiture conducteur	50,50 %	42,97 %	34,38 %
Deux-roues motorisé	1,00 %	2,00 %	3,09 %
Voiture passager	9,00 %	9,35 %	10,50 %
Transport collectif	5,00 %	6,33 %	6,50 %
Marche à pied	26,50 %	26,89 %	30,04 %
Vélo	7,00 %	11,46 %	14,00 %
Autre	1,00 %	1,00 %	1,50 %
Total	100 %	100 %	100 %

Tableau 38: Parts modales de tous les modes de transports pour les trois horizons (CdA 28 communes)

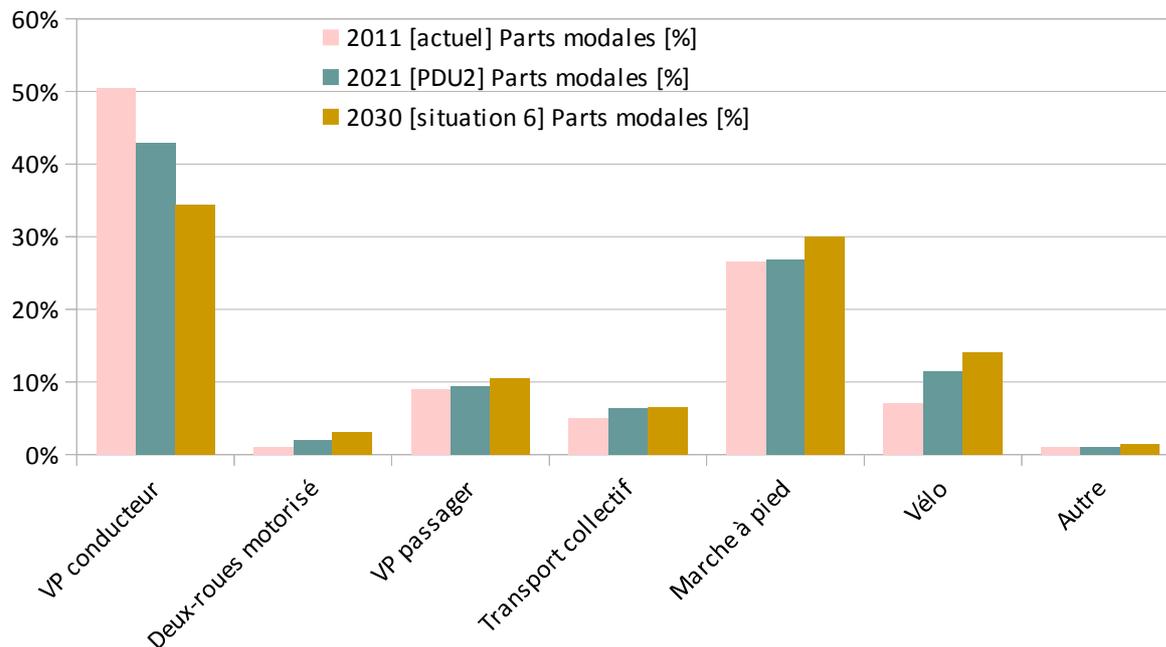


Figure 1: Parts modales des trois horizons (CdA 28 communes)

Les parts modales de 2030 reflètent les contraintes imposées aux voitures et aux deux-roues pour atteindre l'objectif de -40 % des émissions de GES. Ces parts modales impliquent donc des évolutions du nombre de déplacements réalisés d'une part par les voitures particulières et d'autre part par les deux-roues motorisés.

Comme précisé 3.3.2, les parts modales 2030 correspondent à une réduction de 20 % des déplacements pour les voitures, à une hausse des déplacements pour les deux-roues de 54 % et à un kilométrage identique pour les bus.

Le graphique 2 présente le **bilan des émissions de GES pour les trois horizons permettant de répondre à l'objectif de -40 % en 2030**. Le Tableau 39 récapitule les émissions.

Pour le PDU2, les valeurs reflètent les objectifs émis lors de sa mise en œuvre, notamment diminution de la part modale de la voiture conducteur et légère augmentation de la part modale des deux-roues.

Rappel : les émissions de 2030 répondent à une réduction des déplacements voitures de 20 % et une hausse des déplacements deux-roues de l'ordre de 54 % (situation n°6, voir Tableau 30).

Émissions GES	2011	PDU2	2030 [situation 6]
Deux-roues	871	1 932	3 049
Voiture particulière	84 716	65 413	46 064
Bus	4 116	4 494	4 479
Total	89 703	71 839	53 592

Tableau 39: Bilan des émissions de GES (teqCO2) pour les trois horizons (CdA 28 communes)

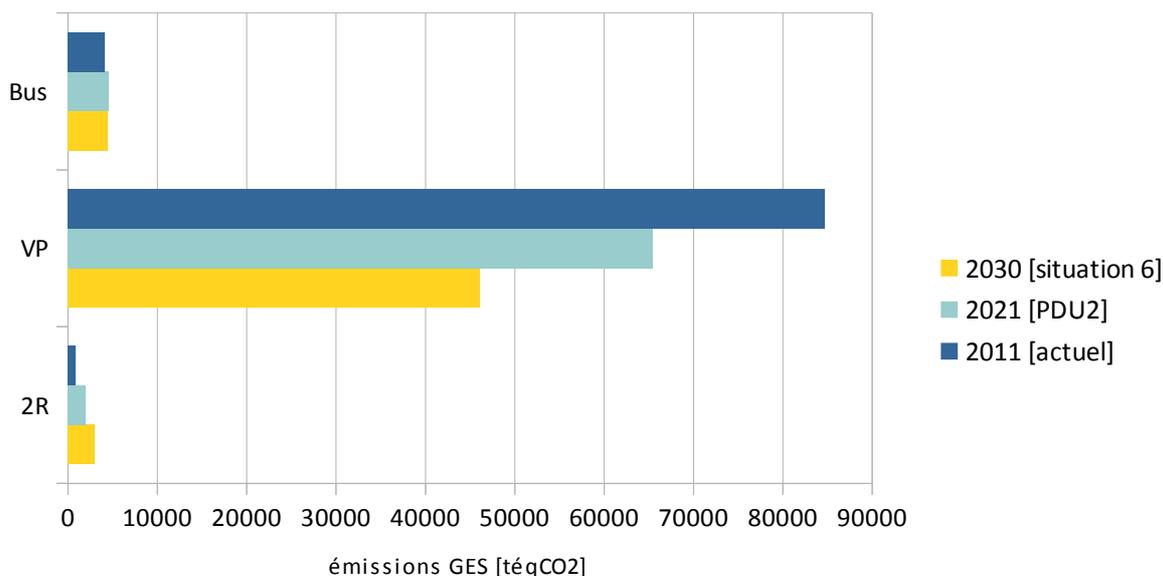


Figure 2: Bilan des émissions de GES (teqCO2) pour les trois horizons (CdA 28 communes)

3.5.2 Pour La Rochelle

Le graphique 3 et le Tableau 40 montrent les parts modales de la ville de La Rochelle induits par les objectifs du PDU2 et de l'horizon 2030, comparativement à l'année de référence 2011.

Parts modales	2011	PDU2	2030 [situation 6]
Voiture conducteur	41 %	30 %	21,23 %
Deux-roues motorisé	1 %	2 %	2,73 %
Voiture passager	1 %	1 %	0,99 %
Transport collectif	8 %	6 %	5,45 %
Marche à pied	5 %	8 %	7,91 %
Vélo	34 %	35 %	37,81 %
Autre	10 %	18 %	23,88 %
Total	100 %	100 %	100 %

Tableau 40: Parts modales de tous les modes de transports pour les trois horizons (La Rochelle)

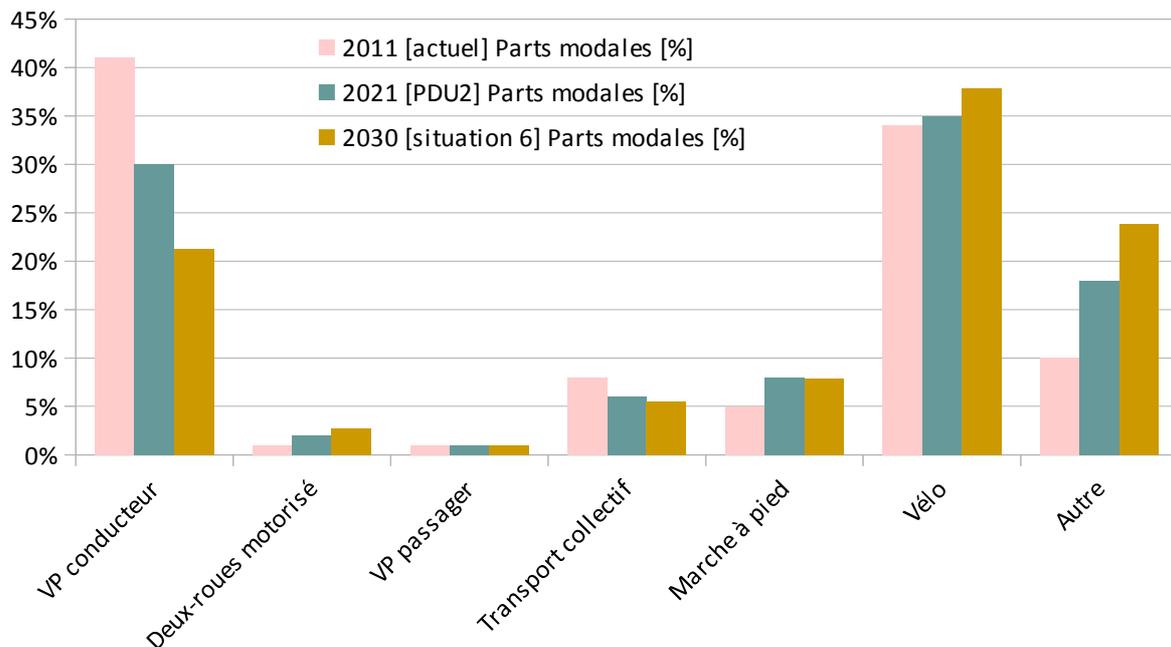


Figure 3: Parts modales des trois horizons (La Rochelle)

Les parts modales de 2030 reflètent les contraintes imposées aux voitures et aux deux-roues pour atteindre l'objectif de -40 % des émissions de GES. Ces parts modales impliquent donc des évolutions du nombre de déplacements réalisés d'une part par les voitures particulières et d'autre part par les deux-roues motorisés.

Comme précisé 3.3.2, les parts modales 2030 correspondent à une réduction de 20 % des déplacements pour les voitures, à une hausse des déplacements pour les deux-roues de 54 % et à un kilométrage identique pour les bus.

Le graphique 4 présente le **bilan des émissions de GES pour les trois horizons permettant de répondre à l'objectif de -40 % en 2030**. Le Tableau 41 récapitule les émissions.

Pour le PDU2, les valeurs reflètent les objectifs émis lors de sa mise en œuvre, notamment diminution de la part modale de la voiture conducteur et légère augmentation de la part modale des deux-roues.

Rappel : les émissions de 2030 répondent à une réduction des déplacements voitures de 20 % et une hausse des déplacements deux-roues de l'ordre de 54 % à l'échelle de la CdA (situation n°6, voir Tableau 30).

Émissions GES	2011	PDU2	2030 [situation 6]
Deux-roues	438	965	1 523
Voiture particulière	34 621	22 819	16 069
Bus	1 885	2 058	2 051
Total	36 944	25 843	19 644

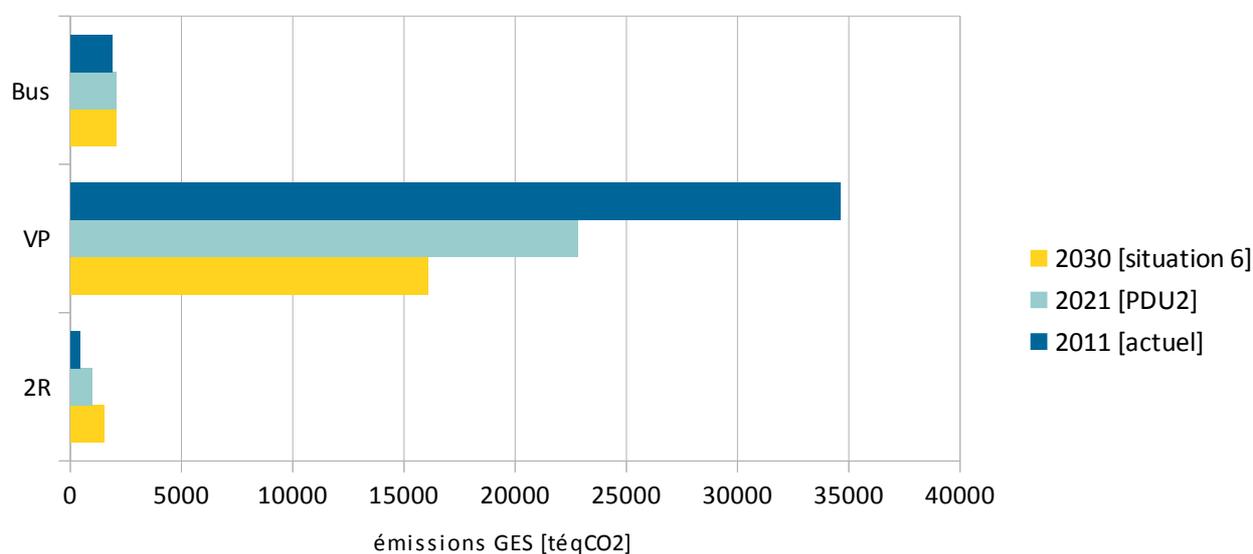


Figure 4: Bilan des émissions de GES (teqCO2) pour les trois horizons (La Rochelle)

3.5.3 Pour l'Unité Urbaine Centrale (UUC)

Le graphique 5 et le Tableau 42 montrent les parts modales de l'Unité Urbaine Centrale (UUC) induits par les objectifs du PDU2 et de l'horizon 2030, comparativement à l'année de référence 2011.

Parts modales	2011	PDU2	2030 [situation 6]
Voiture conducteur	45,90 %	38 %	29,84 %
Deux-roues motorisé	1,00 %	2 %	3,03 %
Voiture passager	8,90 %	7 %	7,72 %
Transport collectif	5,10 %	7 %	7,06 %
Marche à pied	29,30 %	30 %	32,90 %
Vélo	9,00 %	15 %	17,98 %
Autre	0,80 %	1 %	1,47 %
Total	100 %	100 %	100 %

Tableau 42: Parts modales de tous les modes de transports pour les trois horizons (UUC)

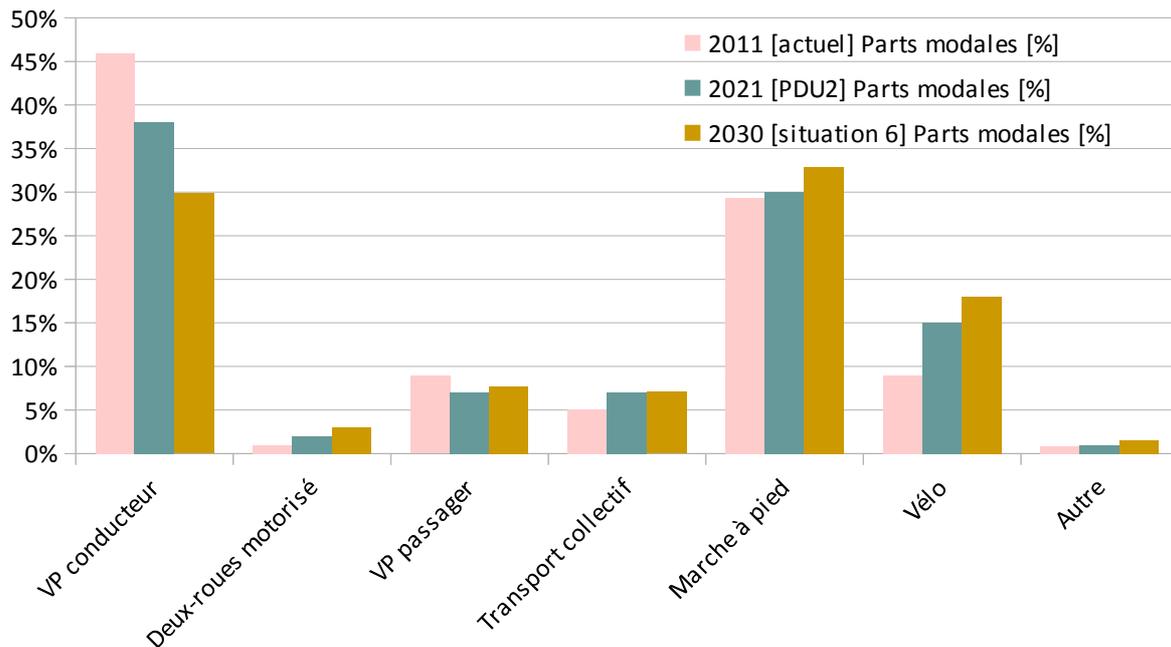


Figure 5: Parts modales des trois horizons (UUC)

Les parts modales de 2030 reflètent les contraintes imposées aux voitures et aux deux-roues pour atteindre l'objectif de -40 % des émissions de GES. Ces parts modales impliquent donc des évolutions du nombre de déplacements réalisés d'une part par les voitures particulières et d'autre part par les deux-roues motorisés.

Comme précisé 3.3.2, les parts modales 2030 correspondent à une réduction de 20 % des déplacements pour les voitures, à une hausse des déplacements pour les deux-roues de 54 % et à un kilométrage identique pour les bus.

Le graphique 6 présente le **bilan des émissions de GES pour les trois horizons permettant de répondre à l'objectif de -40 % en 2030**. Le Tableau 43 récapitule les émissions.

Pour le PDU2, les valeurs reflètent les objectifs émis lors de sa mise en œuvre, notamment diminution de la part modale de la voiture conducteur et légère augmentation de la part modale des deux-roues.

Rappel : les émissions de 2030 répondent à une réduction des déplacements voitures de 20 % et une hausse des déplacements deux-roues de l'ordre de 54 % (situation n°6, voir Tableau 30).

Émissions GES	2011	PDU2	2030 [situation 6]
Deux-roues	578	1 283	2 025
Voiture particulière	51 139	38 416	27 052
Bus	2 623	2 863	2 854
Total	54 340	42 562	31 931

Tableau 43: Bilan des émissions de GES (teqCO2) pour les trois horizons (UUC)

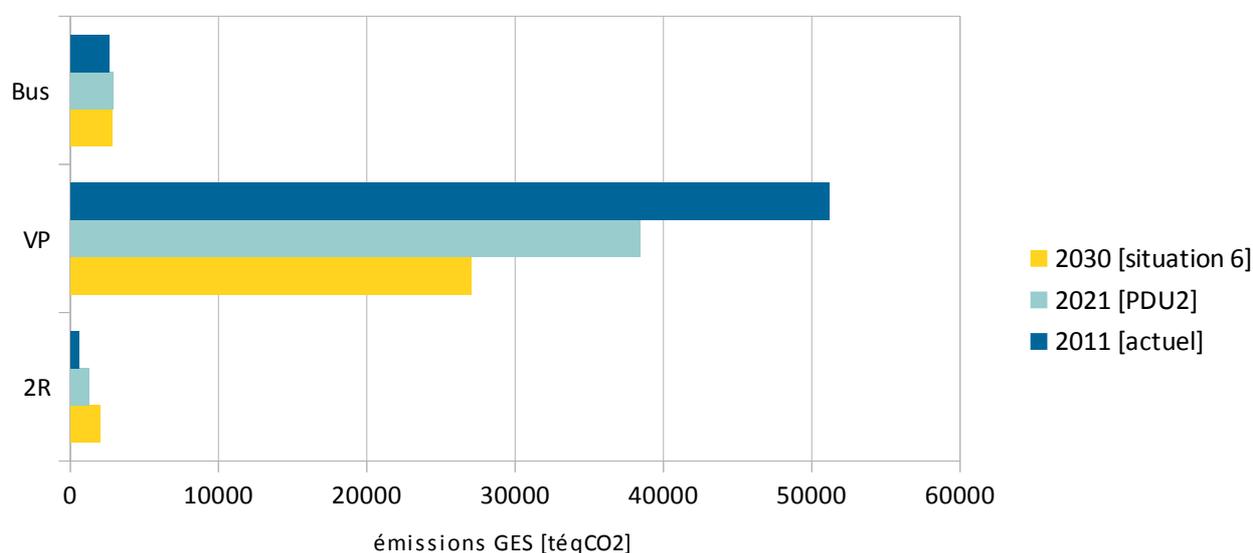


Figure 6: Bilan des émissions de GES (teqCO2) pour les trois horizons (UUC)

3.5.4 Pour les 23 autres communes

Le graphique 7 et le Tableau 44 montrent les parts modales des 23 autres communes (CdA ôtée des 5 communes de l'UUC) par les objectifs du PDU2 et de l'horizon 2030, comparativement à l'année de référence 2011.

Parts modales	2011	PDU2	2030 [situation 6]
Voiture conducteur	60,46 %	52,80 %	43,86 %
Deux-roues motorisé	0,71 %	2,00 %	3,20 %
Voiture passager	10,35 %	14,00 %	16,32 %
Transport collectif	5,03 %	5,00 %	5,33 %
Marche à pied	19,59 %	20,73 %	24,06 %
Vélo	3,24 %	4,47 %	5,67 %
Autre	0,63 %	1,00 %	1,56 %
Total	100 %	100 %	100 %

Tableau 44: Parts modales de tous les modes de transports pour les trois horizons (23 autres communes)

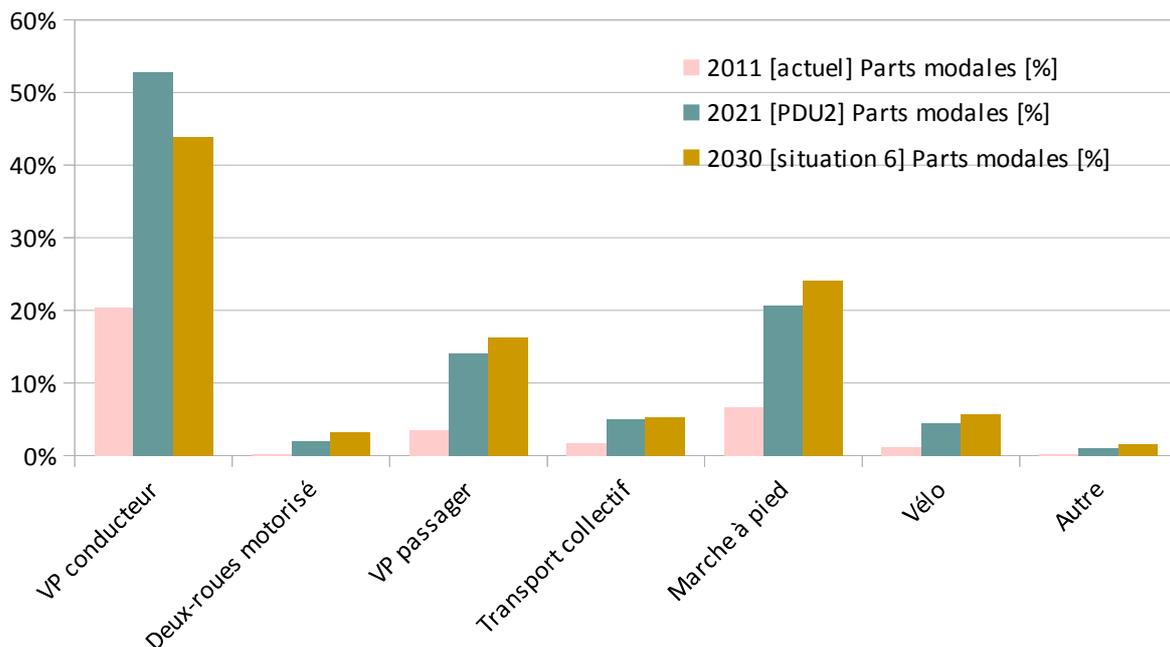


Figure 7: Parts modales des trois horizons (23 autres communes)

Les parts modales de 2030 reflètent les contraintes imposées aux voitures et aux deux-roues pour atteindre l'objectif de -40 % des émissions de GES. Ces parts modales impliquent donc des évolutions du nombre de déplacements réalisés d'une part par les voitures particulières et d'autre part par les deux-roues motorisés.

Comme précisé 3.3.2, les parts modales 2030 correspondent à une réduction de 20 % des déplacements pour les voitures, à une hausse des déplacements pour les deux-roues de 54 % et à un kilométrage identique pour les bus.

Le graphique 8 présente le **bilan des émissions de GES pour les trois horizons permettant de répondre à l'objectif de -40 % en 2030**. Le Tableau 45 récapitule les émissions.

Pour le PDU2, les valeurs reflètent les objectifs émis lors de sa mise en œuvre, notamment diminution de la part modale de la voiture conducteur et légère augmentation de la part modale des deux-roues.

Rappel : les émissions de 2030 répondent à une réduction des déplacements voitures de 20 % et une hausse des déplacements deux-roues de l'ordre de 54 % à l'échelle de la CdA (situation n°6, voir Tableau 30).

Émissions GES	2011	PDU2	2030 [situation 6]
Deux-roues	206	649	1 024
Voiture particulière	34 062	26 997	19 012
Bus	1 494	1 630	1 625
Total	35 762	29 277	21 661

Tableau 45: Bilan des émissions de GES (teqCO2) pour les trois horizons (23 autres communes)

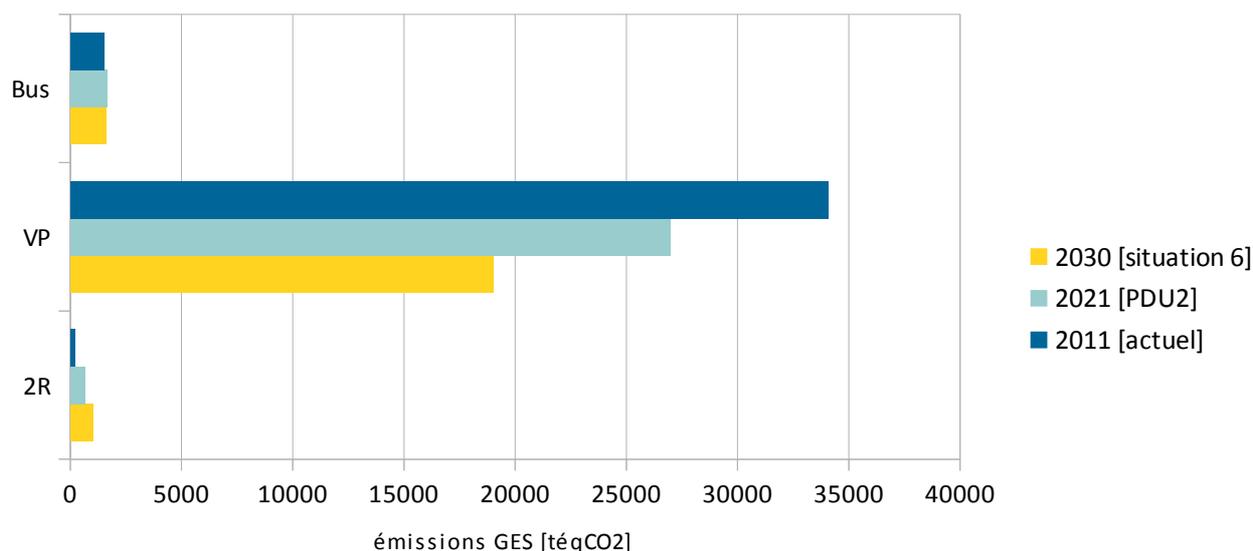


Figure 8: Bilan des émissions de GES (teqCO2) pour les trois horizons (23 autres communes)

Chapitre 4 : Focus sur les bus : bilan d'émissions

La partie 2.3 a permis de montrer l'évolution des émissions unitaires spécifiques à chaque mode de transport. Le profil des bus montre une hausse importante entre 2011 et 2030. Ce chapitre détaille donc les émissions unitaires par type de bus et par polluant.

4.1 Émissions des bus selon le type de bus

Le parc bus de la CdA offre 4 types de bus : GNV, bus Midi, bus Standard et bus Articulé. En 2021 la CdA prévoit de doter sa flotte de 8 bus articulés hybrides et en 2030 de 25 bus articulés hybrides et 5 bus standards hybrides (se référer à la partie 2.1). Comme cela a déjà été évoqué (partie 2.3), les bus hybrides sont comptés comme des bus diesel de norme euro 6.

Les émissions des bus hybrides ont donc été obtenues après application d'un ratio d'abattement selon les polluants. Seules les émissions de TSP et de GES ont pu être « corrigées ». Les émissions de NOx ne sont pas « corrigées ».

Les émissions présentées par la suite concernent donc le CH₄, le N₂O, le CO₂, les TSP et les NOx.

Le tableau 46 présente les émissions unitaires [kg/bus/km], tout bus confondu.

Tout bus	Parc	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	GES	TSP	NOx
		kg/bus/km	kg/bus/km	kg/bus/km	kg.eq CO ₂ /bus/k m	kg/bus/km	kg/bus/km
2011	137	0,000143175	0,000015182	0,776422738	0,784455030	0,000138279	0,006690074
2021	137	0,000032264	0,000031184	0,847158454	0,856325704	0,000023025	0,002036850
2030	134	0,000020988	0,000030122	0,845060930	0,853630998	0,000009241	0,001276351

Tableau 46: Émissions unitaires [kg/bus/km] pour les trois horizons, tout bus confondu

Les émissions de CH₄, de TSP et de NOx diminuent.

Les émissions de N₂O, de CO₂ augmentent. Concernant le CO₂, l'émission unitaire augmente, elle représente la moyenne des émissions unitaires de l'ensemble des catégories de bus. Toutefois, l'évolution des émissions unitaires des catégories de bus prises séparément tend vers une baisse des valeurs (tableaux 47 à 50). Cela s'explique par les bus GNV dont les émissions unitaires sont élevées (environ 1,25 kg/bus/km). De plus, ces derniers n'existent pas dans la flotte 2011, l'émission « tout bus » qui en résulte est ainsi « exempt » des fortes émissions des bus GNV (tableau 46).

Il est important de garder à l'esprit que le parc bus évolue au cours des années.

Afin de connaître les contributions respectives de chaque type de bus, les émissions unitaires ont été détaillées selon les 4 types de bus listés précédemment.

4.1.1 Bus de type Midi

Bus MIDI	Parc	CH4	N2O	CO2	GES	TSP	NOx
		kg/bus/km	kg/bus/km	kg/bus/km	kg.eq CO2/bus/km	kg/bus/km	kg/bus/km
2011	19 [diesel]	0,000099541	0,000014534	0,582318018	0,588956854	0,000096382	0,004679164
2021	19 [diesel]	0,000020802	0,000033066	0,570460221	0,579805285	0,000020555	0,001664335
2030	0	x	x	x	x	x	x

Tableau 47: Émissions unitaires [kg/bus/km] pour les trois horizons pour les « bus Midi »

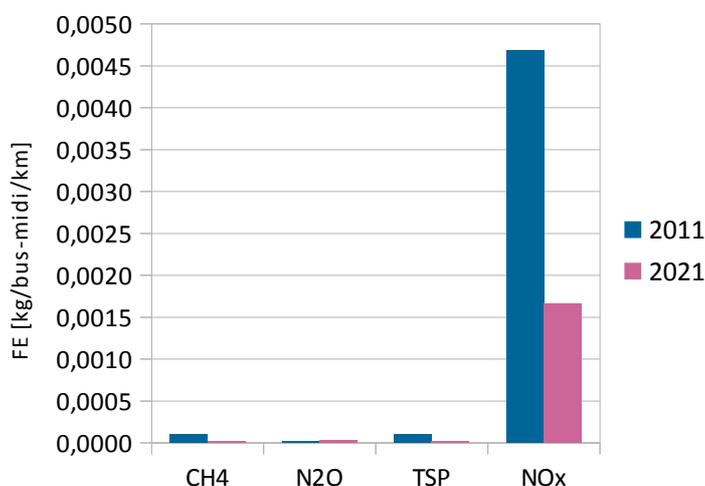


Illustration 9: Evolution des émissions unitaires [kg/bus/km] des « bus Midi », excepté le CO2 et les GES

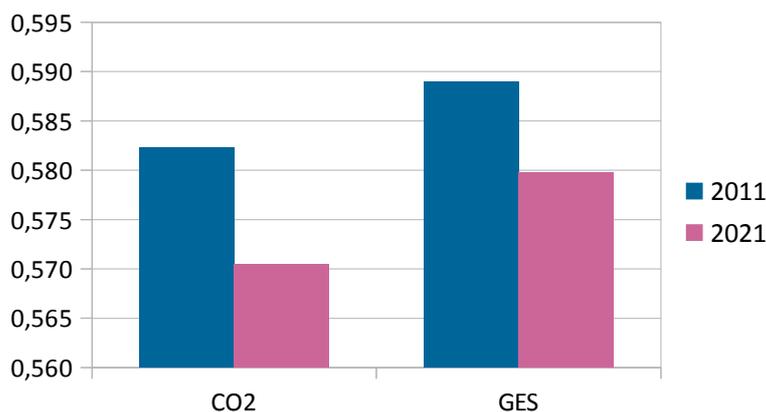


Illustration 10: Evolution des émissions unitaires des « bus Midi », pour le CO2 [kg/bus/km] et les GES [kg eq.CO2/bus/km]

Entre 2011 et 2021, les émissions unitaires des bus Midi diminuent pour l'ensemble des polluants excepté le N2O.

4.1.2 Bus de type Standard

Bus STANDARD	Parc	CH4	N2O	CO2	GES	TSP	NOx
		kg/bus/km	kg/bus/km	kg/bus/km	kg.eq CO2/bus/km	kg/bus/km	kg/bus/km
2011	97 [diesel]	0,000149694	0,000015208	0,769289423	0,777511093	0,000144445	0,006859849
2021	77 [diesel]	0,000029322	0,000033802	0,753174939	0,762953572	0,000028888	0,002122015
2030	57 [52 diesel + 5 hybrides]	0,000019106	0,000029299	0,629217318	0,637516577	0,000019676	0,000571252

Tableau 48: Émissions unitaires [kg/bus/km] pour les trois horizons pour les « bus Standard »

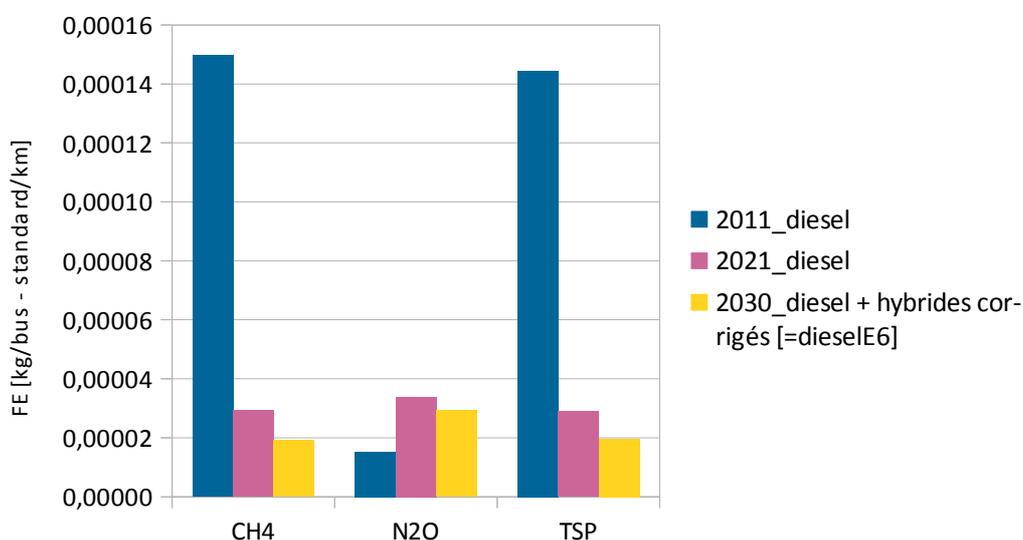


Illustration 11: Evolution des émissions unitaires [kg/bus/km] des « bus Standard », excepté le CO2, les GES et les NOx

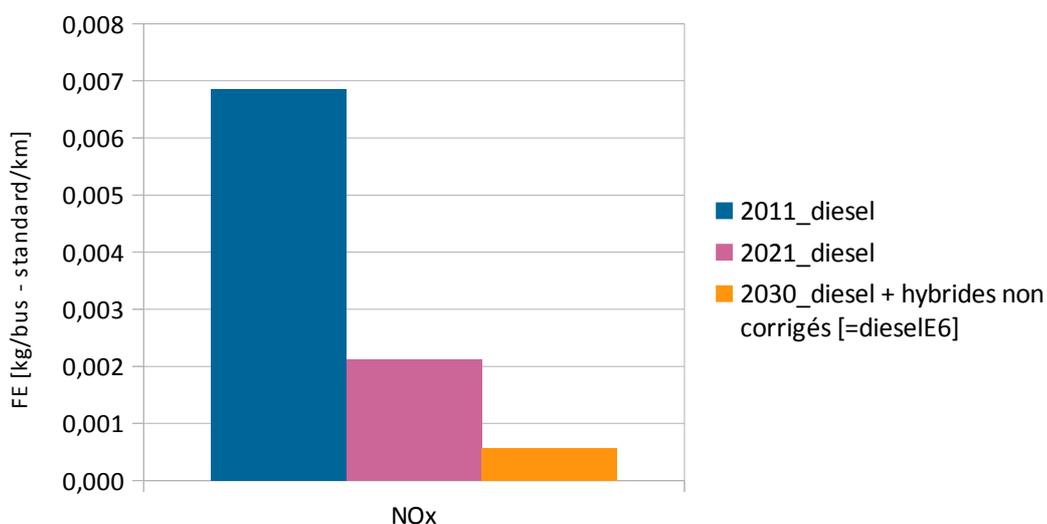


Illustration 12: Evolution des émissions unitaires [kg/bus/km] des « bus Standard », pour les NOx

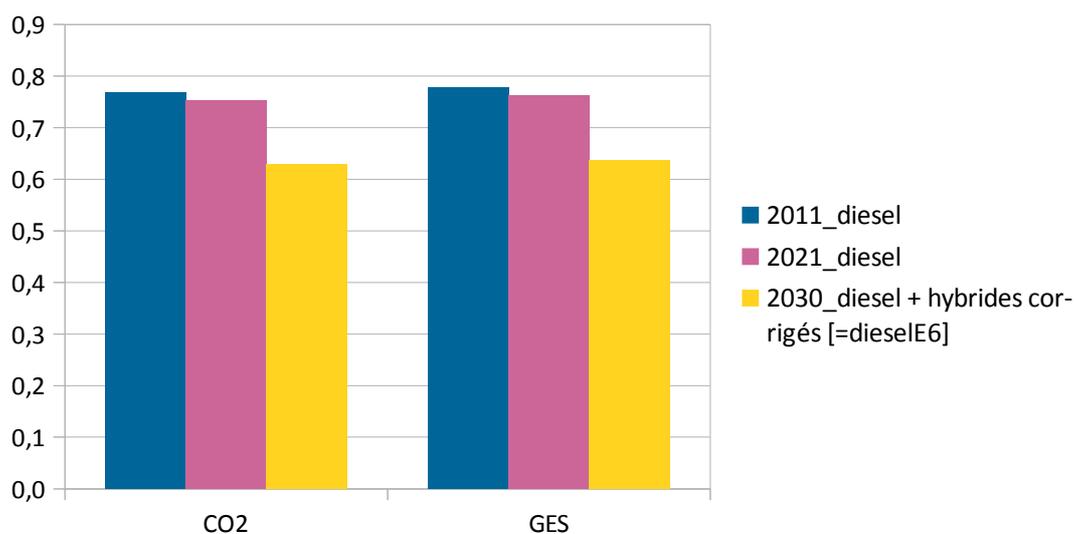


Illustration 13: Evolution des émissions unitaires [kg/bus/km] des « bus Standard », pour le CO2 [kg/bus/km] et les GES [kg eq.CO2/bus/km]

Les émissions unitaires des NOx sont disponibles uniquement pour 2011 et 2021 pour les diesel uniquement. En 2030 il existe pourtant des bus diesel et hybrides, toutefois pour ces derniers, nous ne disposons pas du ratio de réduction d'émission pour les NOx. L'émission unitaire correspond donc aux bus diesel (toutes normes) et aux bus hybrides sans application de ratio.

Entre 2011 et 2030, les émissions unitaires des bus standard diminuent au cours du temps pour l'ensemble des polluants, excepté le N2O (protoxyde d'azote). Pour les NOX (oxydes d'azote), rappelons la non correction des émissions appliquée aux bus hybrides en 2030. L'émission unitaire 2030 est toutefois inférieure à celle de 2011.

4.1.3 Bus de type Articulé

Bus ARTICULE	Parc	CH4	N2O	CO2	GES	TSP	NOx
		kg/bus/km	kg/bus/km	kg/bus/km	kg.eq CO2/bus/k m	kg/bus/km	kg/bus/km
2011	21 [diesel]	0,000152546	0,000015649	0,984990417	0,993408708	0,000147701	0,007725276
2021	21 [13 diesel + 8 hybrides]	0,000037941	0,000025085	0,814928373	0,822638146	0,000037503	0,001473796
2030	25 [hybrides]	0,000002966	0,000027867	0,655965473	0,663433410	0,000002996	0,000338789

Tableau 49: Émissions unitaires [kg/bus/km] pour les trois horizons pour les « bus Articulé »

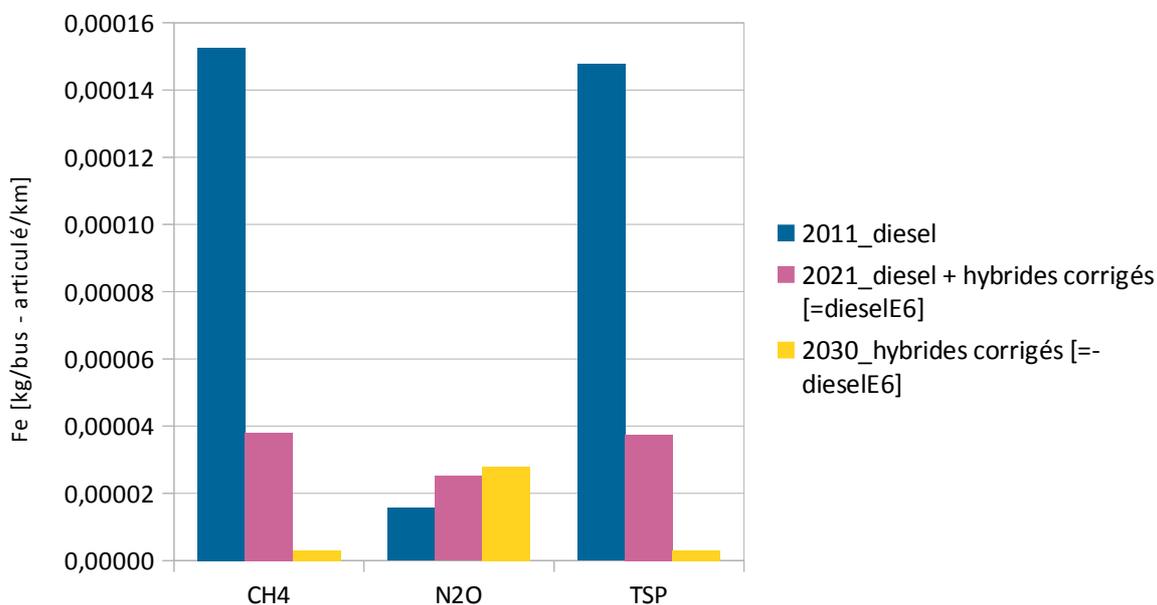


Illustration 14: Evolution des émissions unitaires [kg/bus/km] des « bus Articulé », excepté le CO2, les GES et les NOx

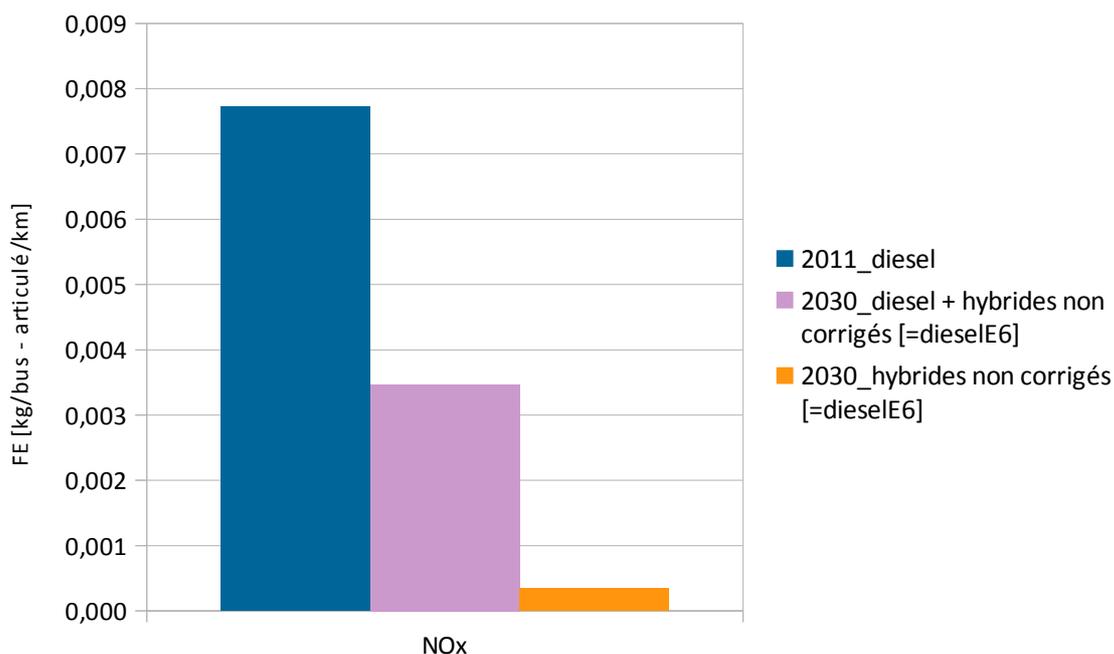


Illustration 15: Evolution des émissions unitaires [kg/bus/km] des « bus Articulé », pour les NOx

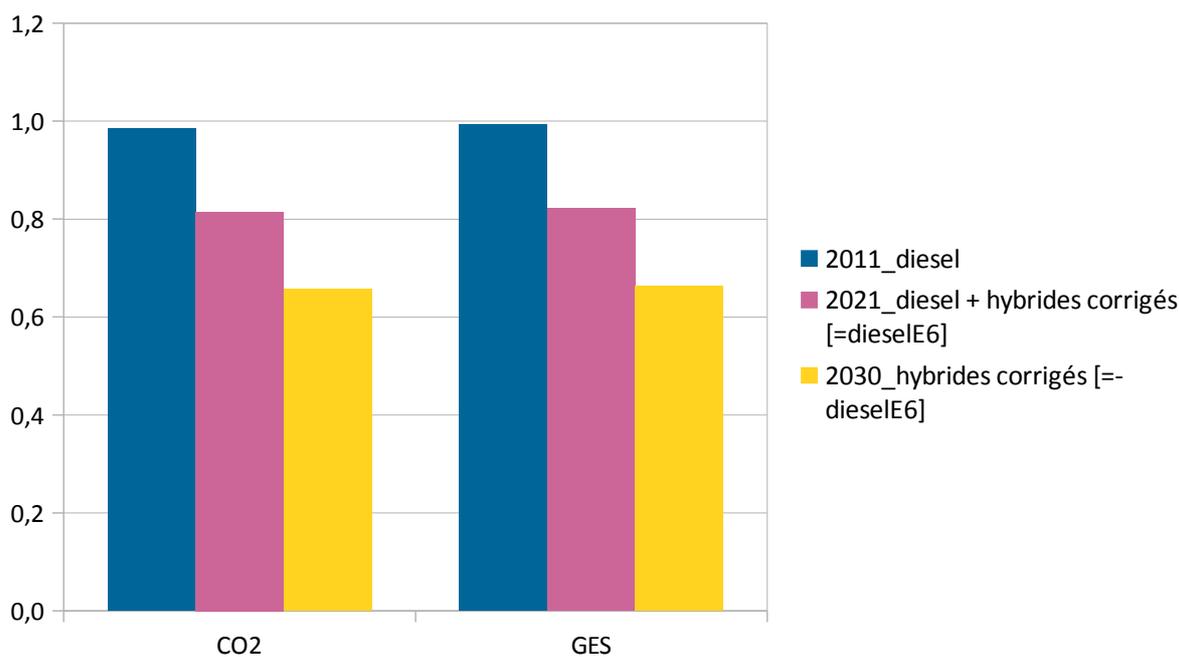


Illustration 16: Evolution des émissions unitaires [kg/bus/km] des « bus Articulé », pour le CO2 [kg/bus/km] et les GES [kg eq.CO2/bus/km]

En 2011, l'émission unitaire de NOx disponible correspond uniquement à des bus diesel, sur laquelle il n'est pas nécessaire d'appliquer un ratio d'abattement. En 2021 et 2030 il existe des bus articulés diesel et hybrides, toutefois pour ces derniers, nous ne disposons pas du ratio de réduction d'émission pour les NOx. En 2021, l'émission unitaire correspond donc aux bus diesel et hybride sans application de ratio. En 2030, l'émission unitaire correspond aux bus hybrides considérés comme des bus diesel de norme euro 6, sans qu'aucun ratio d'abattement ne soit appliqué.

Entre 2011 et 2021, les émissions unitaires des bus articulés diminuent au cours du temps pour l'ensemble des polluants, excepté le N2O (protoxyde d'azote).

4.1.4 Bus GNV

Bus ARTICULE	Parc	CH4	N2O	CO2	GES	TSP	NOx
		kg/bus/km	kg/bus/km	kg/bus/km	kg.eq CO2/bus/k m	kg/bus/km	kg/bus/km
2011	0	x	x	x	x	x	x
2021	20	0,000040990	0,000032784	1,250070285	1,259905812	0,000005153	0,002654062
2030	52	0,000040893	0,000033200	1,250000000	1,259943005	0,000005051	0,002500000

Tableau 50: Émissions unitaires [kg/bus/km] pour les trois horizons pour les « bus GNV »

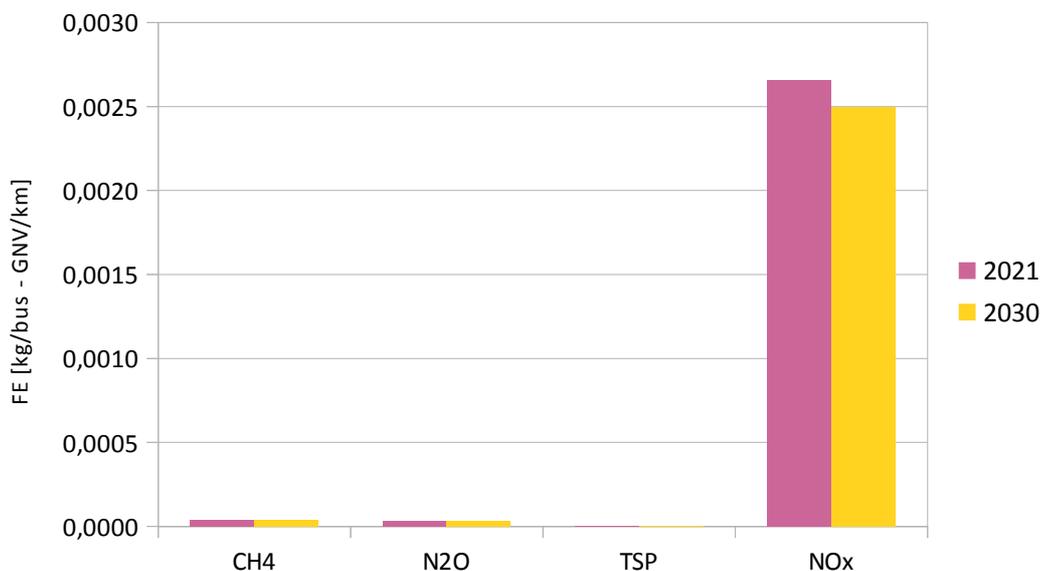


Illustration 17: Evolution des émissions unitaires [kg/bus/km] des « bus GNV », excepté le CO2 et les GES

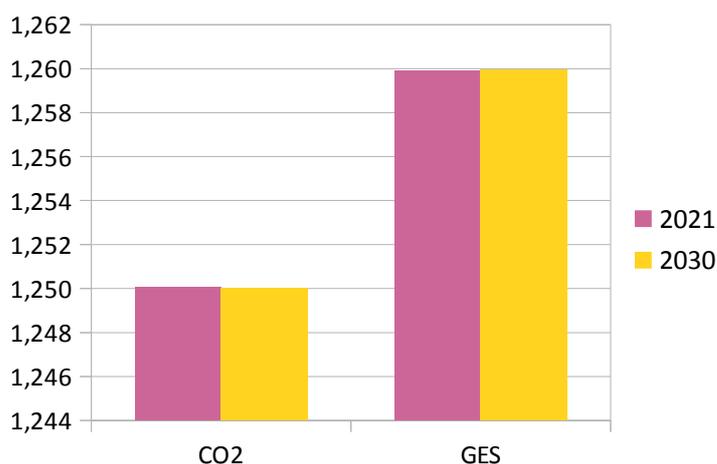


Illustration 18: Evolution des émissions unitaires des « bus GNV », pour le CO2 [kg/bus/km] et les GES [kg eq.CO2/bus/km]

Entre 2011 et 2021, les émissions unitaires des bus GNV diminuent que faiblement entre 2021 et 2030 pour l'ensemble des polluants, excepté le N2O (protoxyde d'azote) qui présente une très légère augmentation, de l'ordre de $4,15.10^{-7}$.

4.2 Émissions des bus selon le polluant

Cette partie permet de se rendre compte de la contribution respective de chaque catégorie de bus en terme d'émission unitaire [kg/bus/km], au cours du temps selon le polluant. Les valeurs reflètent les choix de renouvellement de la flotte bus effectués par la CdA.

4.2.1 Méthane [CH₄]

CH ₄	MIDI	STANDARD [diesel + hybride]	ARTICULE [diesel + hybride]	GNV
2011	0,000099541	0,000149694	0,000152546	x
2021	0,000020802	0,000029322	0,000037941	0,000040990
2030	x	0,000019106	0,000002966	0,000040893

Tableau 51: Émissions unitaires (kg/bus/km) selon les horizons et selon les catégories de bus, pour le méthane (CH₄)

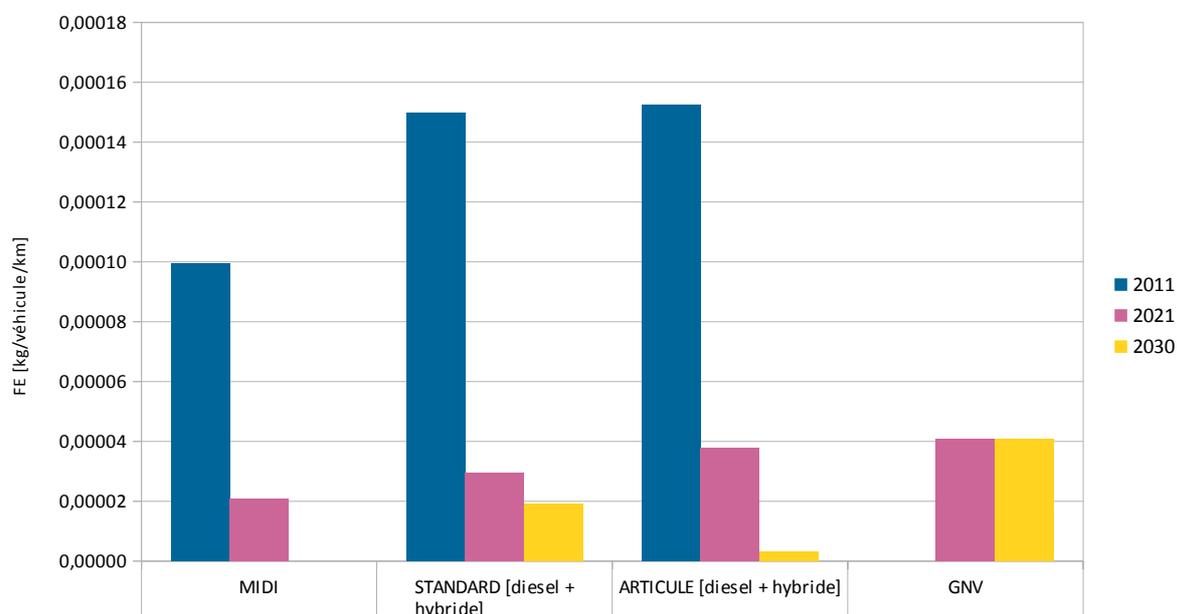


Illustration 19: Evolution des émissions unitaires (kg/bus/km), par type de bus pour le méthane CH₄

Les bus Midi ont les émissions unitaires les plus basses parmi la flotte de la CdA, en 2011 et en 2021. Les bus Standards et Articulés présentent peu de différences en 2011, malgré une légère prédominance des articulés, cela se poursuit d'ailleurs en 2021. En 2030 néanmoins, la tendance s'inverse, un bus articulé émettra moins de méthane qu'un bus standard. Ce constat s'explique par le fait qu'en 2030 la flotte de bus articulés est constituée exclusivement de bus hybrides (diesel de norme euro 6, norme la plus contraignante), tandis que la flotte de bus standards se compose à la fois de bus diesel (toutes normes euro) et de bus hybrides (euro 6). A noter qu'un bus GNV émettrait plus de méthane au kilomètre qu'un bus articulé de norme 6 en 2030.

4.2.2 Protoxyde d'azote [N2O]

N2O	MIDI	STANDARD [diesel + hybride]	ARTICULE [diesel + hybride]	GNV
2011	0,000014535	0,000015208	0,000015649	x
2021	0,000033066	0,000033802	0,000025085	0,000032784
2030	x	0,000029299	0,000027867	0,000033200

Tableau 52: Émissions unitaires (kg/bus/km) selon les horizons et selon les catégories de bus, pour le protoxyde d'azote (N2O)

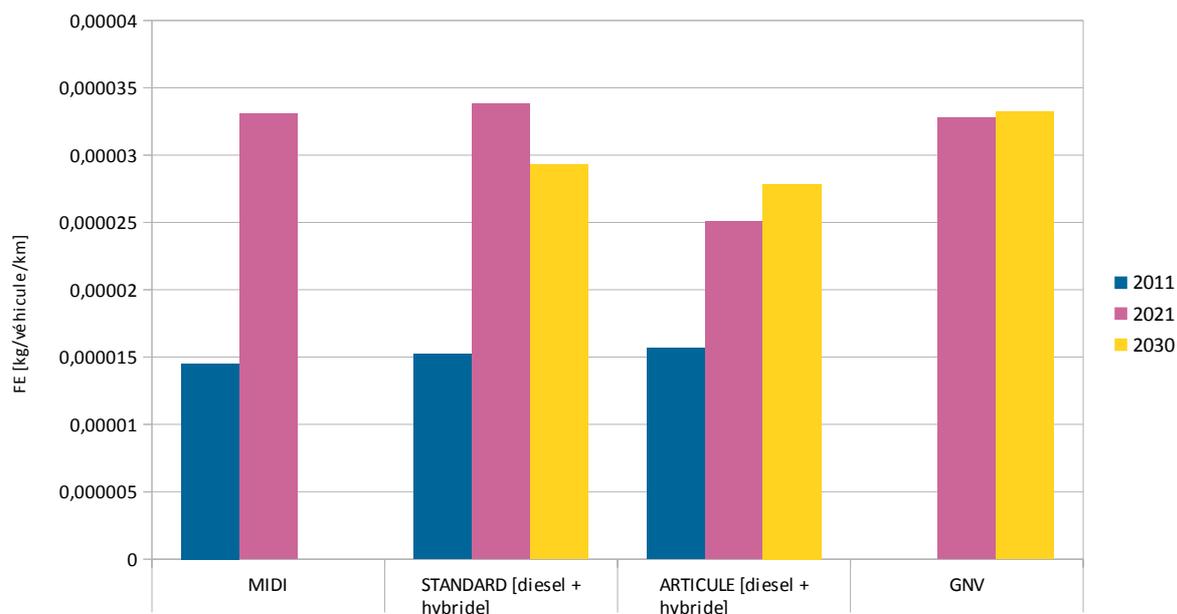


Illustration 20: Evolution des émissions unitaires (kg/bus/km), par type de bus pour le protoxyde d'azote N2O

En 2011, quel que soit le type de bus exploité, les émissions unitaires au kilomètre sont sensiblement les mêmes.

En 2021, les émissions augmentent. C'est la catégorie des bus articulés qui présente l'émission unitaire la plus basse, flotte constituée de bus diesel et hybrides. Les catégories Standard et GNV semblent similaires du point de vue de leurs émissions unitaires.

En 2030, les émissions augmentent légèrement pour les catégories Articulé et GNV.

Les émissions unitaires de N2O ont une évolution atypique. En 2030, un bus articulé hybride de norme 6 semble émettre moins de protoxyde d'azote qu'un bus standard. Attention toutefois à cette conclusion qui mérite d'être nuancée. En effet, l'émission unitaire de la catégorie Standard regroupe quant à elle des bus diesel représentés par plusieurs normes euro et des bus hybrides représentés par des bus diesel de norme 6 uniquement, tandis que la flotte Articulé en 2030 se compose exclusivement de bus hybrides.

La catégorie GNV ne semble pas être la mieux placée pour répondre à une baisse des émissions de N2O.

4.2.3 Dioxyde de carbone [CO2]

CO2	MIDI	STANDARD [diesel + hybride]	ARTICULE [diesel + hybride]	GNV
2011	0,582318018	0,769289423	0,984990417	x
2021	0,570460221	0,753174939	0,814928373	1,250070285
2030	x	0,629217318	0,655965473	1,250000000

Tableau 53: Émissions unitaires (kg/bus/km) selon les horizons et selon les catégories de bus, pour le dioxyde de carbone (CO2)

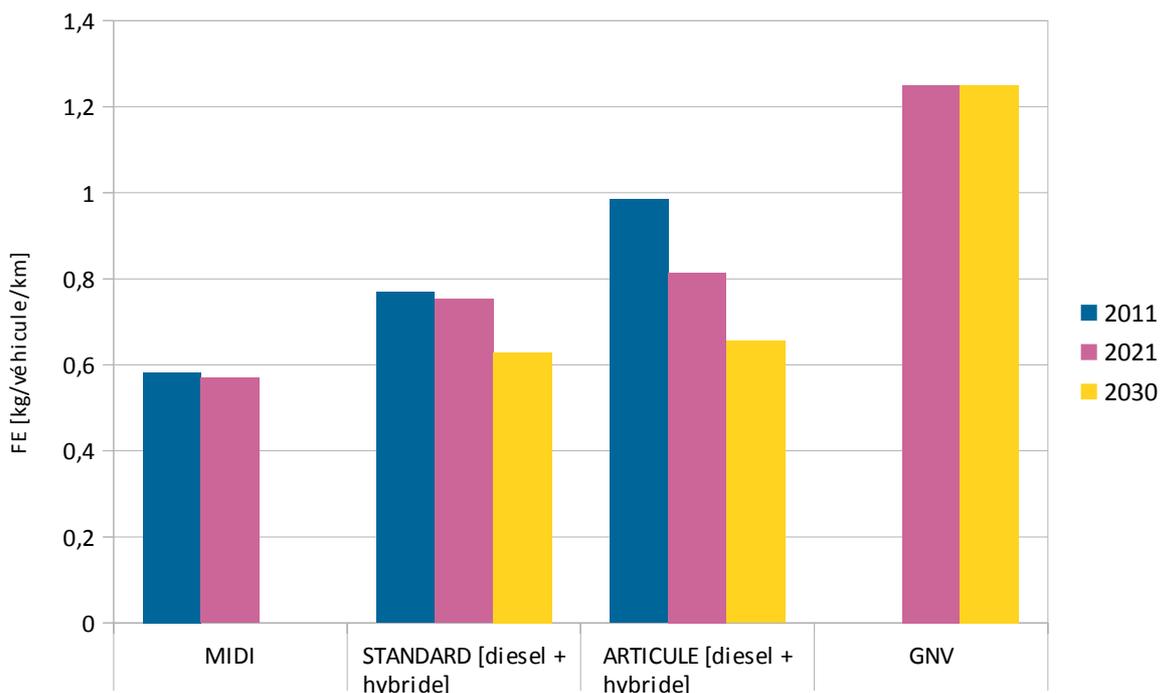


Illustration 21: Evolution des émissions unitaires (kg/bus/km), par type de bus pour le dioxyde de carbone CO2

En 2011 et 2021 la catégorie Midi est à l'origine des émissions unitaires les plus faibles de dioxyde de carbone, comparativement aux standards et articulés.

Les émissions de CO2 diminuent au cours du temps, quel que soit le type de bus utilisé.

Le bus de type GNV présente en revanche des émissions au kilomètre supérieures à celles des autres bus. Il ne semble donc pas être le plus adéquate pour réaliser des objectifs de réduction d'émissions de CO2.

4.2.4 Gaz à effet de serre [GES]

Les émissions unitaires des GES sont exprimées en kg équivalent CO₂, relativement à leurs PRG respectifs (se référer à la partie 1.2.3).

GES	MIDI	STANDARD [diesel + hybride]	ARTICULE [diesel + hybride]	GNV
2011	0,588956855	0,777511094	0,993408708	x
2021	0,579805286	0,762953572	0,822638146	1,259905812
2030	x	0,637516578	0,663433411	1,259943006

Tableau 54: Émissions unitaires (kg.eqCO₂/bus/km) selon les horizons et selon les catégories de bus, pour les gaz à effet de serre (GES)

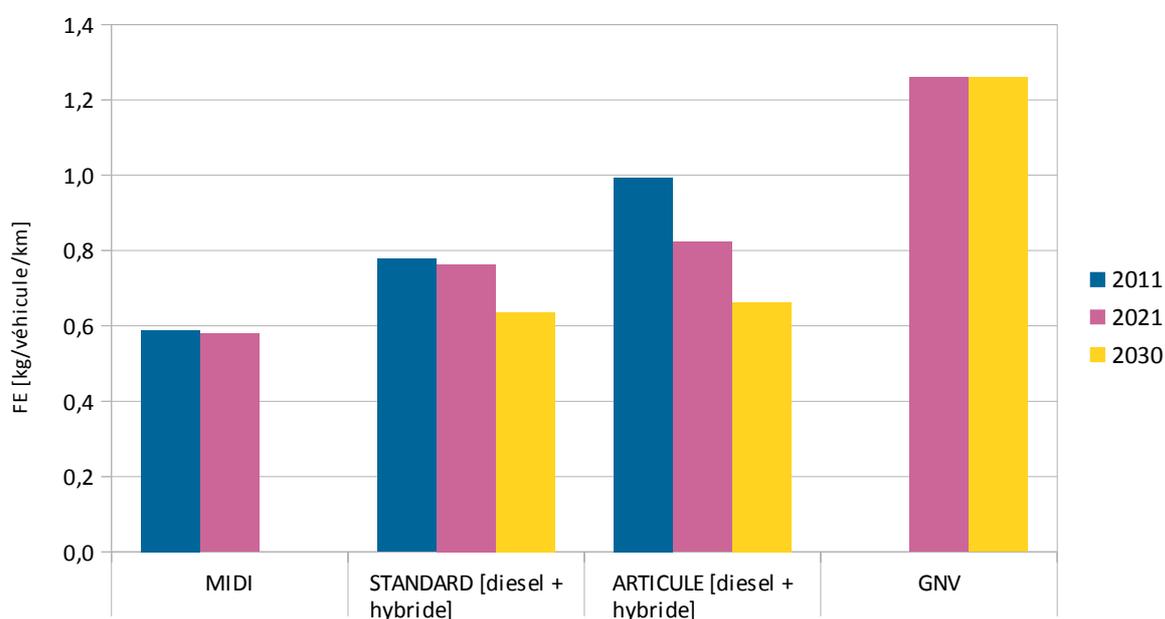


Illustration 22: Evolution des émissions unitaires (kg eq.CO₂/bus/km), par type de bus pour les gaz à effet de serre GES

Les émissions de GES sont sensiblement proches du CO₂ pris séparément. Les conclusions sont donc les mêmes.

En 2011 et 2021 la catégorie Midi est à l'origine des émissions unitaires les plus faibles de GES, comparativement aux standards et articulés.

Les émissions de GES diminuent au cours du temps, quel que soit le type de bus utilisé.

Le bus de type GNV présente en revanche des émissions au kilomètre supérieures à celles des autres bus. Il ne semble donc pas être le plus adéquate pour atteindre des objectifs de réduction d'émissions de GES.

4.2.5 Particules en suspension [TSP]

TSP	MIDI	STANDARD [diesel + hybride]	ARTICULE [diesel + hybride]	GNV
2011	0,000096383	0,000144446	0,000147701	x
2021	0,000020555	0,000028888	0,000037503	0,000005153
2030	x	0,000019676	0,000002996	0,000005051

Tableau 55: Émissions unitaires (kg/bus/km) selon les horizons et selon les catégories de bus, pour les particules (TSP)

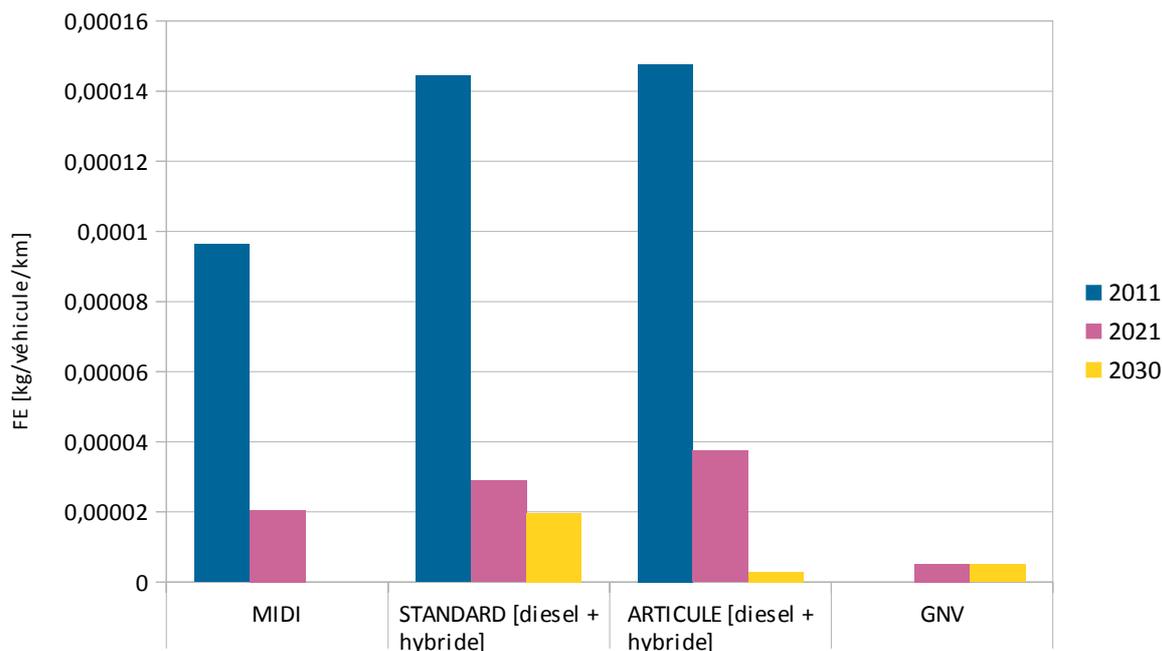


Illustration 23: Evolution des émissions unitaires (kg/bus/km), par type de bus pour les particules TSP

On constate une forte diminution des émissions unitaires quel que soit le type de bus et notamment à l'horizon 2021.

En 2021 et 2030, le GNV représente la catégorie de bus la moins polluante en termes d'émissions de particules au kilomètre, inférieures aux autres bus.

Le bus articulé hybride* est toutefois très proche du GNV à l'horizon 2030.

* Pour rappel, un bus articulé hybride est un bus articulé diesel de norme euro 6 dont les émissions sont abaissées du ratio hybride/diesel norme 6.

4.2.6 Oxydes d'azote [NOx]

Rappel : les émissions de NOx des bus de catégories Standard et Articulé ne sont pas « corrigées », c'est-à-dire qu'elles ne prennent pas en compte le ratio d'abattement hybride/diesel, appliqué pour les TSP, le CO2, le CH4 et le N2O.

NOx	MIDI	STANDARD [diesel + hybride]	ARTICULE [diesel + hybride]	GNV
2011	0,004679164	0,006859849	0,007725276	x
2021	0,001664335	0,002122015	0,001473796	0,002654062
2030	x	0,000571252	0,000338789	0,002500000

Tableau 56: Émissions unitaires (kg/bus/km) selon les horizons et selon les catégories de bus, pour les oxydes d'azote (NOx)

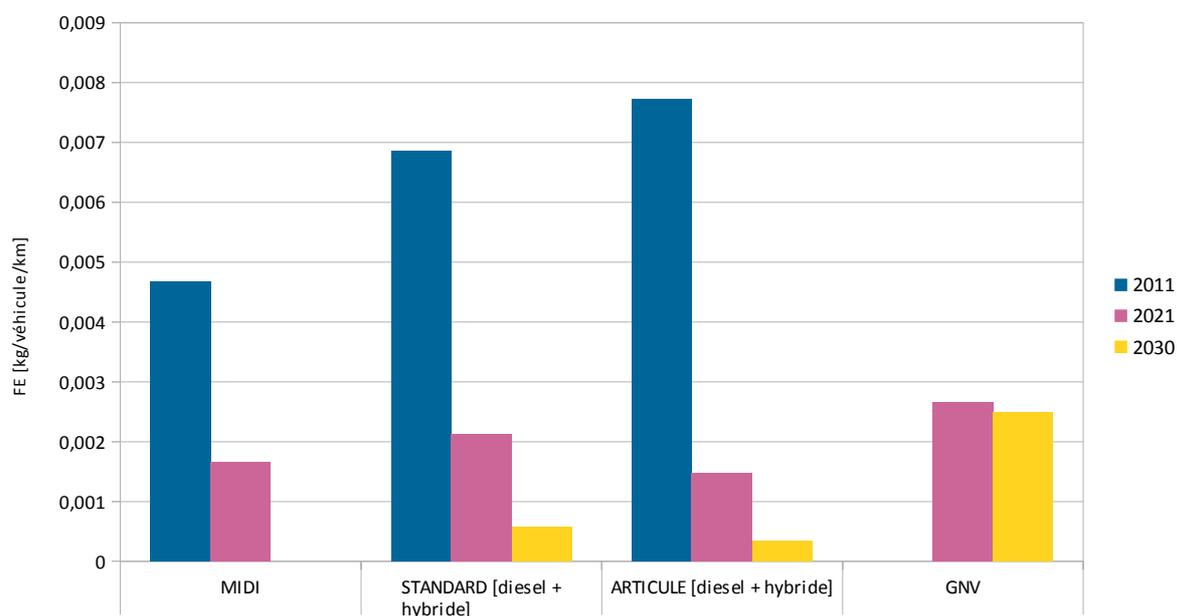


Illustration 24: Evolution des émissions unitaires (kg/bus/km), par type de bus pour les oxydes d'azote NOx

La flotte de bus 2011 est la plus pénalisante en termes d'émissions de NOx. Les émissions de la flotte 2021 classent la catégorie Midi comme étant la moins émettrice, pourtant constituée uniquement de véhicules diesel. Enfin, en 2030, un bus articulé hybride* émet moins d'oxydes d'azote qu'un bus GNV. Cette piste doit être nuancée car l'émission GNV prend en compte l'ensemble des normes euro susceptibles d'être rencontrées en 2030, tandis que l'émission Articulé hybride 2030 prend en compte uniquement la norme euro 6.

* Pour rappel, un bus articulé hybride est un bus articulé diesel de norme euro 6 dont les émissions sont abaissées du ratio hybride/diesel norme 6.

4.3 Synthèse des émissions GES et TSP issues des bus

Le Tableau 57 et le graphique 25 permettent de comparer les bus entre eux, selon les horizons, d'après leurs émissions unitaires en kg/bus/km de GES et de TSP.

Les bus sont distingués selon leurs catégories (midi, standard, articulé, GNV). Les bus standards et articulés sont détaillés selon leur motorisation (diesel ou hybride).

		TSP	GES
		kg/bus/km	kg eq.CO2/bus/km
2011	2011 Diesel Midi	0,000096382	0,588956854
	2011 Diesel Standard	0,000144445	0,777511093
	2011 Diesel Articulé	0,000147701	0,993408708
2021	2021 GNV	0,000005152	1,259905812
	2021 Diesel Midi	0,000020555	0,579805285
	2021 Diesel Standard	0,000028887	0,762953572
	2021 Diesel Articulé	0,000072010	0,981842881
	2021 Hybride Articulé	0,000002996	0,663433410
2030	2030 GNV	0,000005050	1,259943005
	2030 Diesel Standard	0,000035919	0,751386466
	2030 Hybride Standard	0,000003432	0,523646689
	2030 Hybride Articulé	0,000002996	0,663433410

Tableau 57: Facteurs d'émission unitaires des TSP et GES selon les catégories de bus et la motorisation

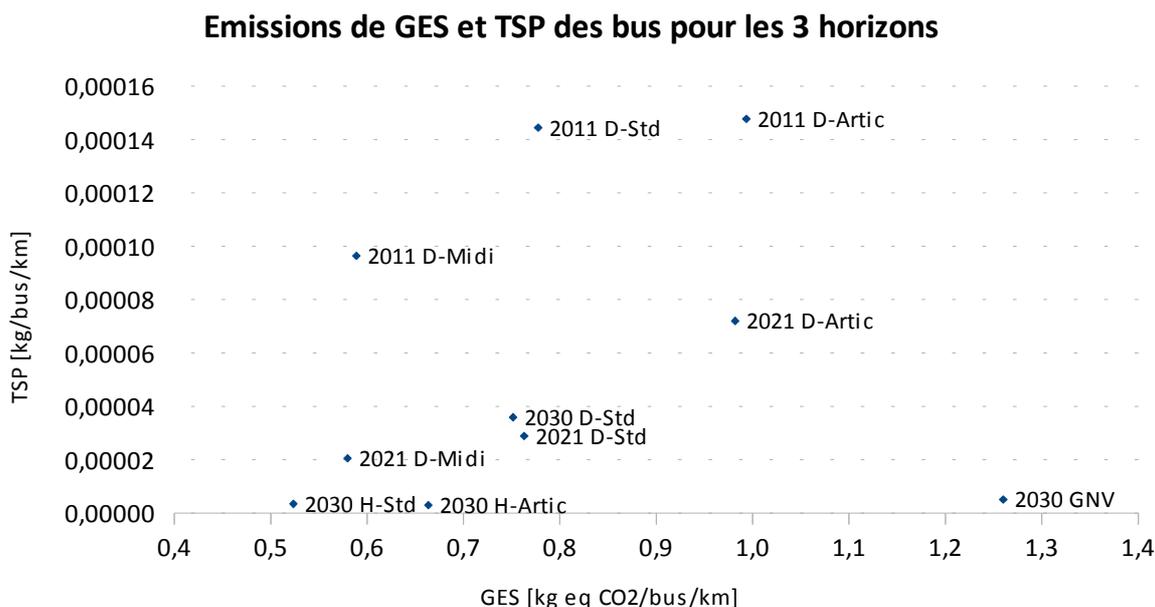


Illustration 25: Répartition des facteurs d'émissions unitaires des TSP et GES, selon les catégories et motorisations des bus

Note : sur le graphique 25 les bus « 2021 GNV » et « 2021 Hybride Articulé » n'apparaissent pas car les valeurs sont identiques à celles de 2030.

D signifie Diesel ; H signifie Hybride ; Std signifie Standard ; Artic signifie Articulé.

Les bus les moins émetteurs de GES et TSP sont regroupés dans le coin inférieur gauche du graphique, tandis que les plus grands émetteurs sont localisés vers le coin supérieur droit.

De cette façon, il apparaît que le bus GNV est propice à de très faibles rejets de particules mais se présente comme le bus le plus émetteur de GES (en 2021 et 2030).

Globalement, en 2011 les bus montrent des facteurs d'émission défavorables, croissant avec la taille du bus : midi, standard puis articulé.

Les bus pour lesquels les émissions unitaires de GES et TSP sont les plus faibles correspondent aux bus hybrides, qu'ils soient Standard ou Articulé, avec un léger avantage pour le bus Standard.

Le bus Midi diesel se positionne préférentiellement par rapport aux autres catégories de bus. En 2021, ce bus semble être un bon compromis vis-à-vis des émissions de GES et TSP. Cependant, nous ne disposons pas de ses émissions unitaires à l'horizon 2030, ce type de bus ne faisant plus partie de la flotte.

Conclusions

Les bilans d'émissions à l'horizon 2030 impliquent **une réduction des déplacements de l'ordre de 20 % pour les voitures particulières et une hausse des déplacements pour les deux-roues (+54 %)** (situation n°6 : -40,26 %). Le kilométrage des bus reste quant à lui stable quel que soit l'horizon étudié.

Globalement, pour atteindre l'objectif de diminution des émissions de gaz à effet de serre dues aux bus, aux deux-roues et aux voitures particulières fixé à 40 % en 2030 par rapport aux émissions de l'année 2011, le **mode de transport « voiture »** devra réaliser près de 19 300 000 déplacements annuels en moins (20%), il s'agit de l'hypothèse 10. Cela correspond à 96 443 220 déplacements en 2021 (PDU2) et à 77 154 576 en 2030. Les émissions associées sont égales à 89 703 TeqCO₂ en 2011 et à 53 592 en 2030 pour les voitures particulières uniquement, soit un gain de 36 111 TeqCO₂.

Vis-à-vis des deux-roues, l'hypothèse 2 devrait malgré tout permettre d'atteindre l'objectif, associé bien entendu aux efforts à réaliser par les voitures particulières. Cette hypothèse maintient la hausse des déplacements des deux-roues motorisés en 2030, soit une hausse de 54 % par rapport à 2021 (passage de 4 519 342 à 6 971 515). Au niveau des émissions, il en résulterait une hausse de 2 178 TeqCO₂ entre 2011 et 2030 (passage de 871 à 3 049 TeqCO₂). Cela s'explique par le fait qu'entre 2011 et 2021, le PDU2 prévoit une hausse du nombre de déplacements des deux-roues, en conséquence de quoi les émissions augmentent, combiné au choix de ne pas réduire les déplacements en 2030.

Le **transport lié au bus** présente un bilan plus mitigé. Les émissions de gaz à effet de serre entre 2011 et 2030 augmentent de 363 TeqCO₂ malgré un kilométrage annuel identique, égal à 5 247 566 kilomètres. Cela peut être expliqué en raison du parc bus attendu en 2030. Certes, ce parc serait davantage favorable à la limitation des rejets de GES par la mise en service de 52 bus GNC (gaz naturel comprimé) et 30 bus hybrides, néanmoins la prise en compte des bus hybrides dans l'outil de calcul des émissions est actuellement limitée. En effet, nous ne disposons pas d'informations sur les émissions pour la catégorie « bus hybride ». Les bus hybrides diesel ont donc été considérés comme de « simples bus diesel » avec toutefois une spécification particulière de la norme européenne fixée à la norme Euro 6, c'est-à-dire la norme la plus contraignante et l'application d'un ratio d'abattement des émissions. Ce choix vise à compenser l'impossibilité de prendre en compte la catégorie « bus hybride » en tant que telle.

Pour résumer, la combinaison des hypothèses 2, 10 et 3 formant la situation n°6, permettrait de remplir l'objectif de réduction de 40 % des émissions de gaz à effet de serre des transports deux-roues motorisés, voitures particulières et bus, de la communauté d'agglomération de La Rochelle en 2030. Les hypothèses d'évolution des déplacements sont formulées par rapport aux objectifs du PDU2 (2021).

Table des figures

Figure 1: Parts modales des trois horizons (CdA 28 communes).....	36
Figure 2: Bilan des émissions de GES (teqCO ₂) pour les trois horizons (CdA 28 communes) ..	37
Figure 3: Parts modales des trois horizons (La Rochelle).....	38
Figure 4: Bilan des émissions de GES (teqCO ₂) pour les trois horizons (La Rochelle).....	39
Figure 5: Parts modales des trois horizons (UUC).....	40
Figure 6: Bilan des émissions de GES (teqCO ₂) pour les trois horizons (UUC).....	41
Figure 7: Parts modales des trois horizons (23 autres communes).....	42
Figure 8: Bilan des émissions de GES (teqCO ₂) pour les trois horizons (23 autres communes)	43

Table des tableaux

Tableau 1: Bilan des émissions en tonne de la CdA (28 communes) en 2010.....	9
Tableau 2: Parc bus en 2011.....	13
Tableau 3: Parc bus en 2021.....	13
Tableau 4: Parc bus en 2030.....	14
Tableau 5: Distance moyenne d'un déplacement et nombre de déplacement.....	15
Tableau 6: Hypothèses d'évolution des déplacements en 2030 (par rapport au PDU2).....	16
Tableau 7: Facteurs d'émissions en 2011 (kg/véhicule/km).....	17
Tableau 8: Facteurs d'émissions en 2021 (kg/véhicule/km).....	18
Tableau 9: Facteurs d'émissions en 2030 (kg/véhicule/km).....	18
Tableau 10: Émissions de polluants en 2011 (CdA 28 communes).....	21
Tableau 11: Émissions de GES en 2011 (CdA 28 communes).....	21
Tableau 12: Émissions de polluants en 2011 (La Rochelle).....	22
Tableau 13: Émissions de GES en 2011 (La Rochelle).....	22
Tableau 14: Émissions de polluants en 2011 (UUC).....	22
Tableau 15: Émissions de GES en 2011 (UUC).....	22
Tableau 16: Émissions de polluants en 2011 (23 autres communes).....	23
Tableau 17: Émissions de GES en 2011 (23 autres communes).....	23
Tableau 18: Émissions de polluants en 2021 (CdA 28 communes).....	24
Tableau 19: Émissions de GES en 2021 (CdA 28 communes).....	24
Tableau 20: Émissions de polluants en 2021 (La Rochelle).....	25
Tableau 21: Émissions de GES en 2021 (La Rochelle).....	25
Tableau 22: Émissions de polluants en 2021 (UUC).....	25
Tableau 23: Émissions de GES en 2021 (UUC).....	25
Tableau 24: Émissions de polluants en 2021 (23 autres communes).....	26
Tableau 25: Émissions de GES en 2021 (23 autres communes).....	26
Tableau 26: Émissions de polluants en 2030 selon les évolutions de déplacements (CdA 28 communes).....	27
Tableau 27: Émissions de GES en 2030 selon les évolutions (CdA 28 communes).....	28
Tableau 28: Situation # 1 : abaissement des émissions en 2030 (CdA 28 communes).....	29

Tableau 29: Situation # 2 : abaissement des émissions en 2030 (CdA 28 communes).....	29
Tableau 30: Situation # 3 : abaissement des émissions en 2030 (CdA 28 communes).....	29
Tableau 31: Situation # 4 : abaissement des émissions en 2030 (CdA 28 communes).....	30
Tableau 32: Situation # 5 : abaissement des émissions en 2030 (CdA 28 communes).....	30
Tableau 33: Situation # 6 : abaissement des émissions en 2030 (CdA 28 communes).....	30
Tableau 34: Émissions de particules en 2011 et 2021 (CdA 28 communes).....	33
Tableau 35: Émissions de particules et NOx en 2030 selon les hypothèses de déplacement (CdA 28 communes).....	34
Tableau 36: Émissions de TSP (kg) pour les trois horizons (CdA 28 communes).....	34
Tableau 37: Émissions de NOx (kg) pour les trois horizons (CdA 28 communes).....	35
Tableau 38: Parts modales de tous les modes de transports pour les trois horizons (CdA 28 communes).....	36
Tableau 39: Bilan des émissions de GES (teqCO2) pour les trois horizons (CdA 28 communes).....	37
Tableau 40: Parts modales de tous les modes de transports pour les trois horizons (La Rochelle).....	38
Tableau 41: Bilan des émissions de GES (teqCO2) pour les trois horizons (La Rochelle).....	39
Tableau 42: Parts modales de tous les modes de transports pour les trois horizons (UUC).....	40
Tableau 43: Bilan des émissions de GES (teqCO2) pour les trois horizons (UUC).....	41
Tableau 44: Parts modales de tous les modes de transports pour les trois horizons (23 autres communes).....	42
Tableau 45: Bilan des émissions de GES (teqCO2) pour les trois horizons (23 autres communes).....	43
Tableau 46: Émissions unitaires [kg/bus/km] pour les trois horizons, tout bus confondu.....	44
Tableau 47: Émissions unitaires [kg/bus/km] pour les trois horizons pour les « bus Midi ».....	45
Tableau 48: Émissions unitaires [kg/bus/km] pour les trois horizons pour les « bus Standard ».....	46
Tableau 49: Émissions unitaires [kg/bus/km] pour les trois horizons pour les « bus Articulé ».....	48
Tableau 50: Émissions unitaires [kg/bus/km] pour les trois horizons pour les « bus GNV ».....	51
Tableau 51: Émissions unitaires (kg/bus/km) selon les horizons et selon les catégories de bus, pour le méthane (CH4).....	52
Tableau 52: Émissions unitaires (kg/bus/km) selon les horizons et selon les catégories de bus, pour le protoxyde d'azote (N2O).....	53
Tableau 53: Émissions unitaires (kg/bus/km) selon les horizons et selon les catégories de bus, pour le dioxyde de carbone (CO2).....	54
Tableau 54: Émissions unitaires (kg.eqCO2/bus/km) selon les horizons et selon les catégories de bus, pour les gaz à effet de serre (GES).....	55
Tableau 55: Émissions unitaires (kg/bus/km) selon les horizons et selon les catégories de bus, pour les particules (TSP).....	56
Tableau 56: Émissions unitaires (kg/bus/km) selon les horizons et selon les catégories de bus, pour les oxydes d'azote (NOx).....	57
Tableau 57: Facteurs d'émission unitaires des TSP et GES selon les catégories de bus et la motorisation.....	58

Résumé

L'étude des émissions de gaz à effet de serre des deux-roues, voitures particulières et bus de la communauté d'agglomération de La Rochelle a estimé les émissions pour trois périodes. L'année de référence 2011 a servi de point de comparaison. L'horizon 2021 établi pour le PDU2 fait office d'étape intermédiaire pour la situation finale à atteindre en 2030. Cette situation pose l'objectif d'une réduction de 40 % des émissions de GES pour l'ensemble des trois catégories de transport étudiées afin de répondre aux objectifs fixés par la loi sur la transition énergétique.

Les polluants concernés sont le CO₂, le CH₄, le N₂O et les particules en suspension (TSP) ainsi que les NO_x. Les émissions ont été calculées via l'outil Circul'air (COPERT), spécifique aux émissions routières. Les parcs automobiles prospectifs ont été adaptés et intégrés aux calculs.

Pour atteindre une réduction de 40,26 % d'émissions de GES en 2030 dues aux transports des deux-roues motorisés, des voitures particulières et des bus, sur le territoire de l'agglomération de La Rochelle, le nombre de déplacements des voitures doit être réduit de 20 %, par rapport aux objectifs établis par le PDU2, tandis que les déplacements des deux-roues augmentent de 54 %.

Les émissions de TSP diminuent de 93 % en 2030 par rapport à 2011, dont 95 % est attribué aux voitures particulières et 93 % aux bus.

Les émissions de NO_x diminuent de 69 % en 2030 par rapport à 2011, dont 72 % est attribué aux voitures particulières et 62 % aux bus.



ATMO POITOU-CHARENTES

✉ Z.I. de Périgny - La Rochelle
12 Rue A. Fresnel 17 184 Périgny cedex
☎ 05 46 44 83 88
☎ 05 46 41 22 71
✉ contact@atmopc.org

www.atmo-poitou-charentes.org