



## **Groupe de travail « consommation d'électricité »**



**Les transports**

## Les transports

---

## Table des matières

1	Contexte .....	4
2	Objectifs et éléments de méthodologie.....	10
2.1	Objectifs.....	10
2.2	Éléments de méthodologie .....	10
3	Evolution du trafic de passagers et des parts modales.....	12
4	Evolution du trafic de marchandises et des parts modales .....	15
5	Consommation des transports ferrés.....	17
5.1	Transports ferrés interurbains .....	17
5.2	Transports ferrés urbains .....	19
6	Consommation des transports fluviaux, maritimes et aériens .....	21
6.1	Transport fluvial, transport maritime et navigation côtière .....	21
6.2	Transport aérien.....	22
7	Consommation des véhicules légers électriques .....	23
8	Consommation des autobus et des poids lourds électriques .....	28
8.1	Autobus électriques .....	28
8.2	Poids lourds électriques .....	28
9	Synthèse sur les transports .....	31

# 1 Contexte

## Cadre général

Dans le cadre de ses missions et conformément au Code de l'énergie, RTE établit périodiquement un Bilan prévisionnel pluriannuel de l'équilibre entre l'offre et la demande d'électricité en France. Celui-ci contribue à l'élaboration de la politique énergétique, en éclairant le paysage du système électrique à long terme.

Le prochain Bilan prévisionnel à long terme intégrera un volet portant sur l'horizon 2050 et proposera des scénarios d'évolution possibles du mix électrique français, dans un contexte de transition énergétique et d'ambition de l'atteinte de la neutralité carbone de la France à ce même horizon, portée par la Stratégie nationale bas carbone (SNBC).

La **Stratégie nationale bas carbone (SNBC)** est une feuille de route pour la France portant sur l'ensemble des filières énergétiques et visant à une économie bas carbone, conformément aux objectifs européens et internationaux (paquet énergie-climat européen, accord international de Paris à la COP21, etc.). La dernière révision, dont le projet a été rendu public fin 2018, a pour objectif d'atteindre une neutralité carbone de la France en 2050 et fournit les grandes lignes en matière de transformation de la mobilité, des logements, de l'industrie, de l'agriculture, etc. L'atteinte de l'objectif passe notamment par une électrification massive des usages assortie d'une décarbonation complète de la production électrique.

La **Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)** est une déclinaison opérationnelle de la Stratégie nationale bas carbone pour le secteur de l'énergie et fixe la trajectoire énergétique de la France pour les périodes 2019-2023 et 2024-2028. Elle est donc définie en cohérence avec la SNBC. En particulier, les hypothèses de demande sont communes entre les deux exercices.

Pour ce faire, le Bilan prévisionnel est adossé à une modélisation détaillée des deux volets offre et demande, requérant un volume important de données produites par RTE ou provenant de multiples acteurs du secteur (estimations sectorielles sur les réseaux de distribution transmises par Enedis et les entreprises locales de distribution, bases de données CEREN...). En outre, RTE dispose, d'une part, d'informations qui lui sont communiquées sous couvert de confidentialité lors de consultations bilatérales avec des acteurs du secteur de l'énergie, d'autre part, des retours obtenus lors des consultations collégiales en Commission « Perspectives système et réseau ».

Dans la continuité de sa démarche de transparence et d'alimentation du débat public sur l'énergie, RTE anime, sous forme de groupes de travail, des consultations collégiales sur certaines thématiques à fort enjeu pour l'évolution du système électrique. A la demande de plusieurs parties prenantes, la décision a été adoptée, lors de réunion plénière de la Commission « Perspectives système et réseau » du 28 septembre 2018, de lancer un groupe de travail sur l'élaboration des trajectoires de consommation à long terme.

## Les transports

En effet, la consommation d'électricité<sup>1</sup>, de par ses disparités sectorielles, présente une complexité qui appelle à un partage approfondi des hypothèses et de la méthodologie de modélisation avec les acteurs.

Etant donné l'ampleur des travaux menés par RTE sur la consommation électrique, le choix a été fait de scinder ce sujet en différentes thématiques clés, abordées tour à tour lors des consultations collégiales à venir.

Les quatre premières réunions du groupe de travail ont été consacrées aux secteurs résidentiel, tertiaire, industriel et de l'énergie.

Le présent document porte quant à lui sur la consommation d'électricité dans le secteur des transports.

RTE, en copilotage avec l'AVERE-France (association nationale pour le développement de la mobilité électrique), a mis en place en 2018 un groupe de travail dédié à l'étude du développement de la mobilité électrique et réunissant l'ensemble des parties intéressées : acteurs du système électrique (producteurs, fournisseurs, gestionnaires de réseau de distribution, opérateurs de flexibilité et d'effacement), acteurs du secteur de la mobilité au sens large (constructeurs automobiles, start-up proposant des solutions de pilotage de la recharge, opérateurs de bornes de recharge, aménageurs, collectivités, etc.), ONG, universitaires, consultants, et institutions publiques (représentants de l'Etat, régulateur...).

Le cadrage des travaux, les hypothèses utilisées, les résultats préliminaires et définitifs ont été présentés, débattus, et affinés dans ce groupe de suivi. Ce travail de concertation s'est étalé sur plus d'une année. Il a nécessité une adaptation des outils de modélisation de RTE, de manière à pouvoir traiter des scénarios de mobilité très différenciés.

Les principaux résultats ont été publiés dans un rapport<sup>2</sup> en mai 2019, et un rapport détaillé sera publié au premier semestre 2020.

Ce document reprend de façon synthétique et simplifiée, les principes et hypothèses de modélisation retenues dans ces travaux (et non les hypothèses et trajectoires de consommation du Bilan prévisionnel 2017, comme cela était le cas dans les documents élaborés sur les autres secteurs de consommation).

Seule la demande annuelle en énergie est ici abordée, la modélisation des appels de puissance horaires (et notamment les stratégies de recharge des véhicules électriques) fera l'objet d'une réunion ultérieure du groupe de travail, dans une approche transverse (ensemble des secteurs et des usages).

---

<sup>1</sup> La consommation électrique considérée dans ce document concerne la France continentale. Elle en outre est corrigée de différents aléas conjoncturels (températures, effacements, années bissextiles) afin de révéler ses évolutions structurelles.

<sup>2</sup> « Enjeux du développement de l'électromobilité pour le système électrique »

### Consommation d'électricité du secteur des transports

Le secteur des transports a représenté en 2018 une consommation d'électricité de 12,6 TWh, soit 2,6% de la demande intérieure d'électricité en France continentale.

Le secteur des transports considéré dans ce document recouvre toutes les entreprises de France continentale, alimentées sous une tension supérieure à 36 kVA<sup>3</sup>, et dont l'activité fait partie des classes de la Nomenclature d'activités économiques pour l'étude des livraisons et consommations d'énergie (NCE)<sup>4</sup> allant de 40 à 44. Il recouvre également une estimation de l'énergie consommée pour la recharge des véhicules électriques ou hybrides rechargeables.

Les données de consommation électrique utilisées sont issues des statistiques de consommation élaborées par RTE à partir des informations remontées par Enedis et les entreprises locales de distribution, et des données facturaires des clients directs raccordés au réseau de transport.

Le Tableau 1 fournit la décomposition de la consommation d'électricité par modes de transport pour l'année 2018 sur le périmètre analysé dans le Bilan prévisionnel, à savoir la France continentale.

Tableau 1 : Consommation d'électricité du secteur des transports en 2018 pour la France continentale

Libellé	Consommation 2018 (TWh)
Transport ferroviaire	11,8
<i>dont transport interurbain de passagers</i>	5,6
<i>dont transport urbain de passagers</i>	3,9
<i>dont transport de marchandises</i>	1,8
<i>dont hors traction</i>	0,5
Transport fluvial et maritime	0,0
Transport aérien	0,2
Véhicules routiers électriques	0,5
<b>Total secteur des transports</b>	<b>12,6</b>

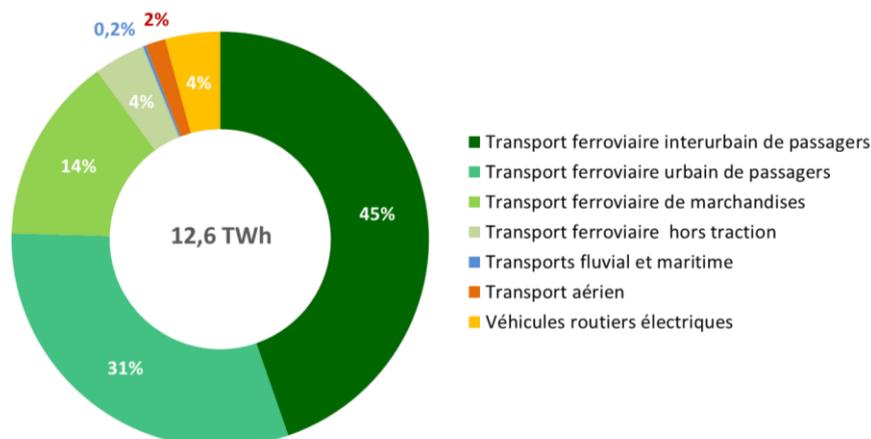
La consommation d'électricité du secteur des transports est donc aujourd'hui très majoritairement – à près de 94% – liée à celle du transport ferroviaire. Les véhicules routiers électriques (très majoritairement véhicules légers électriques ou hybrides rechargeables, complétés de bus électriques), usage en fort développement, représentent aujourd'hui une consommation estimée à 0,5 TWh, soit 4% environ de la consommation électrique des transports (cf. Figure 1).

<sup>3</sup> Les entreprises alimentées en basse tension (moins de 36 kVA) sont traitées dans le secteur tertiaire.

<sup>4</sup> Il s'agit d'une nomenclature d'activité particulière pour les consommations d'énergie. Il existe une table de correspondance entre la NCE et la NAF rév. 2, accessible sur le site de l'INSEE : [https://www.insee.fr/fr/statistiques/fichier/3364874/irecoeacei16\\_correspondance\\_NCE\\_NAF-1.pdf](https://www.insee.fr/fr/statistiques/fichier/3364874/irecoeacei16_correspondance_NCE_NAF-1.pdf)

## Les transports

Figure 1 : Répartition par modes de la demande électrique du secteur des transports pour l'année 2018



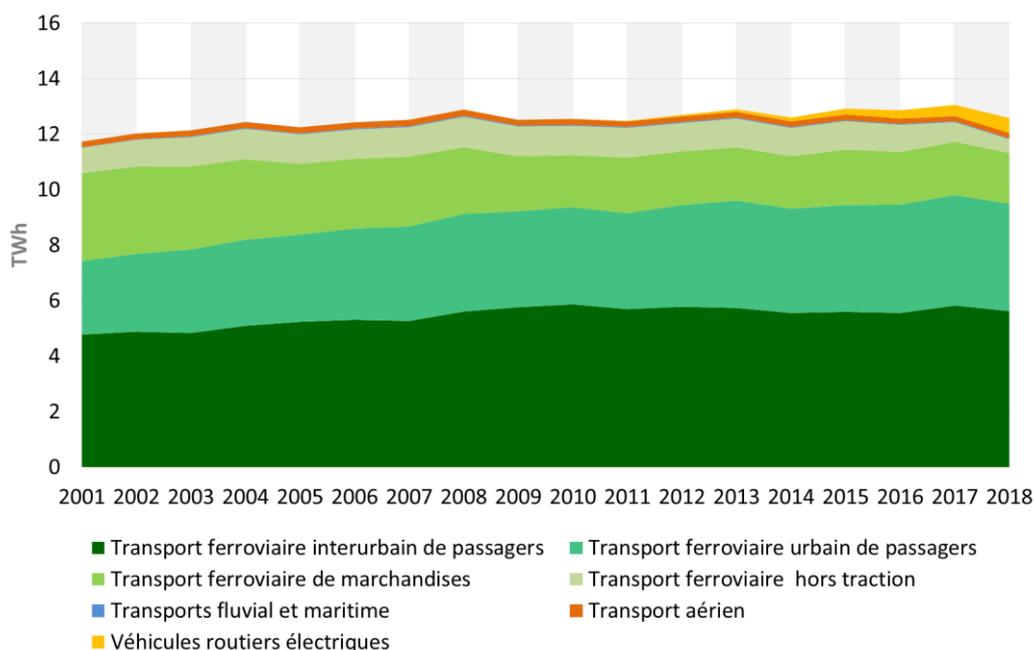
La consommation d'électricité du secteur des transports a connu une légère croissance ces dernières années, avec un taux de croissance annuel moyen (TCAM) de +0,4% entre 2001 et 2018 (cf. Figure 2).

Cette évolution d'ensemble masque toutefois des disparités selon les différents modes. Ainsi, la consommation électrique du transport ferroviaire a crû de +0,2% par an en moyenne, du fait :

- d'une hausse moyenne de 1,0% par an du transport ferroviaire interurbain de passagers ;
- d'une hausse moyenne de 2,3% par an du transport ferroviaire urbain de passagers ;
- d'une baisse moyenne de 3,2% par an du transport ferroviaire de marchandises ;
- d'une baisse moyenne de 3,5% par an des consommations d'électricité hors traction.

Cette légère hausse d'ensemble n'est toutefois plus perceptible depuis 2010 et a fait place à une relative stabilité de la consommation électrique des transports.

Figure 2 : Évolution de la demande électrique du secteur des transports



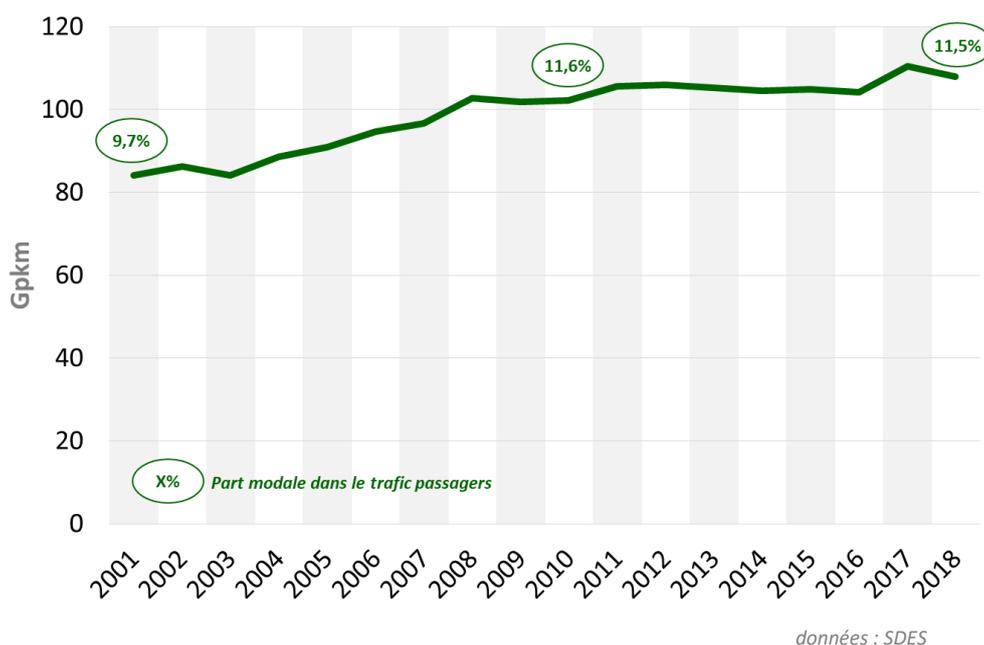
## Les transports

Cette évolution, essentiellement liée à celle du transport ferroviaire, s'explique en grande partie par les effets conjugués :

- de gains d'efficacité énergétique, la SNCF ayant lancé un plan pour réduire sa consommation d'énergie de 20% d'ici à 2022<sup>5</sup>. Cet effort s'inscrit dans le plan stratégique de réduction de la consommation énergétique et des émissions de CO<sub>2</sub> mis en place par l'Union internationale ferroviaire (UIC) et la Communauté européenne des chemins de fer (CER)<sup>6</sup>. Les économies pourraient être obtenues via l'amélioration du matériel roulant (aérodynamisme, allègement, fonctions auxiliaires), la récupération de l'énergie de freinage, la généralisation de compteurs embarqués, le développement de l'éco-conduite ferroviaire, la gestion des trains à l'arrêt (baisse des pantographes). Sur les dix dernières années, la consommation unitaire par passager.kilomètre ou par tonne.km a été réduite d'environ 4% ;
- d'une inflexion de la croissance du trafic ferroviaire de passagers (cf. Figure 3), due une stabilisation (voire une légère baisse) de la part modale des transports ferrés depuis 2010 ;

... et ce malgré une relative stabilisation du fret ferroviaire depuis 2010 (et de la part modale du transport ferré de marchandise), faisant suite à une longue période de baisse (cf. Figure 4).

Figure 3 : Évolution du trafic ferroviaire de passagers et part modale

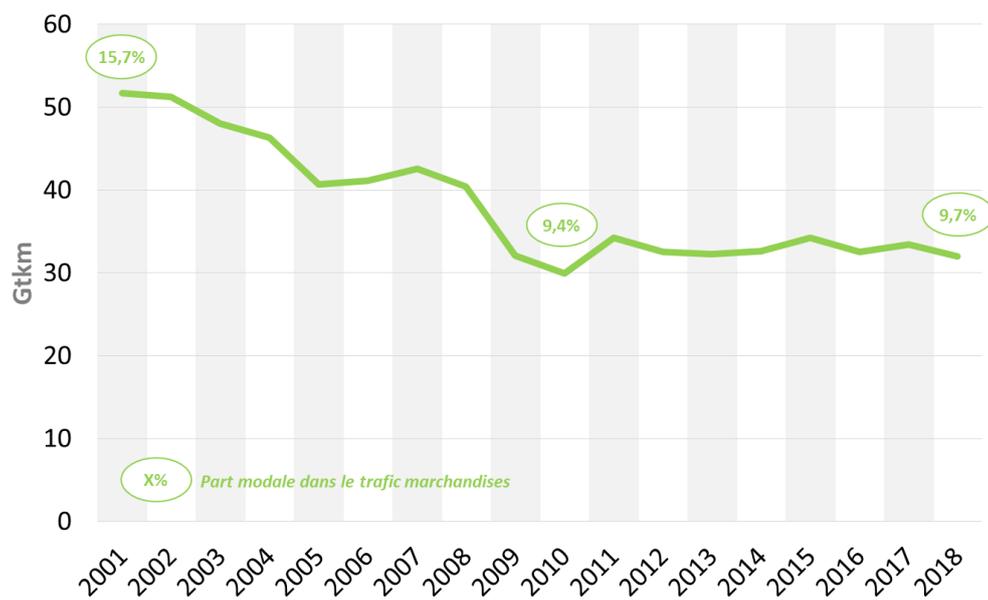


<sup>5</sup> <http://www.sncf.com/fr/rse/bilan-carbone>

<sup>6</sup> "Moving towards sustainable mobility : A strategy for 2030 and beyond for the European railway sector", CER, UIC, novembre 2012

## Les transports

Figure 4 : Évolution du trafic ferroviaire de marchandises et part modale



données : SDES

## 2 Objectifs et éléments de méthodologie

### 2.1 Objectifs

La modélisation et les hypothèses retenues présentées dans ce document résultent de la large consultation organisée dans le cadre du groupe de travail sur l'électromobilité.

Il convient de noter que ces hypothèses intègrent des éléments d'actualité récents, notamment les orientations fournies par la Stratégie nationale bas carbone publiée fin 2018, ce qui n'était pas le cas des hypothèses et trajectoires publiées dans le Bilan prévisionnel 2017.

Ce document a pour vocation à fournir une courte synthèse d'éléments issus du groupe de travail sur l'électromobilité, pour ce qui concerne la demande en énergie annuelle. Les parties prenantes pourront se référer au rapport « Enjeux du développement de l'électromobilité pour le système électrique », dont les principaux résultats ont été publiés<sup>7</sup> et dont les résultats détaillés le seront au premier semestre 2020.

### 2.2 Éléments de méthodologie

Le principe général de la modélisation retenue repose sur une approche modale, qui permet de décliner le besoin global de transport de passagers et de marchandises selon les différents modes de transport et d'assurer ainsi la cohérence d'ensemble de l'évolution projetée des différentes filières de transport.

Les données statistiques sur la mobilité en France, sur lesquelles repose la modélisation, sont issues du Service de la donnée et des études statistiques (SDES) du ministère de la Transition écologique et solidaire. Les hypothèses intègrent celles qui sous-tendent la trajectoire de consommation du scénario SNBC.

La méthode consiste, dans un premier temps, à projeter le trafic global de passagers (exprimé en milliards de passagers.km) sur l'horizon de prévision, puis d'appliquer des hypothèses de parts de marché modales (véhicules individuels, transport routier collectif, transport aérien, transport ferroviaire, etc.) sur ce trafic global afin de déterminer le trafic de passagers projeté pour chacun de ces modes de transport.

Une approche modale similaire est utilisée pour le trafic de marchandises (exprimé en milliards de tonnes.km).

Une consommation unitaire (par Gpkm ou par Gtkm), prenant en compte une éventuelle amélioration de l'efficacité énergétique, est ensuite appliquée aux volumes de trafic par mode pour déterminer la consommation électrique sur l'horizon de prévision.

Pour les nouveaux modes de transport électrique en développement (véhicules légers électriques ou hybrides rechargeables, bus électriques, poids lourds électriques), la méthode utilisée repose sur une estimation du parc de véhicules, en prenant en compte différents facteurs socio-économiques (voir partie 7) et de son utilisation moyenne.

---

<sup>7</sup> [https://www.rte-france.com/sites/default/files/electromobilite\\_synthese\\_9.pdf](https://www.rte-france.com/sites/default/files/electromobilite_synthese_9.pdf)

Les transports

Les figures suivantes présentent de façon très simplifiée le principe de modélisation de la consommation électrique du transport de passagers (cf. Figure 5) et du transport de marchandises (cf. Figure 6).

A noter que les véhicules routiers électriques (véhicules légers, autobus, poids lourds) font l’objet d’une modélisation spécifique de leur parc et des modes d’utilisation, qui est détaillée dans les parties suivantes de ce document.

Figure 5 : Principes généraux de modélisation de la consommation électrique du trafic de passagers

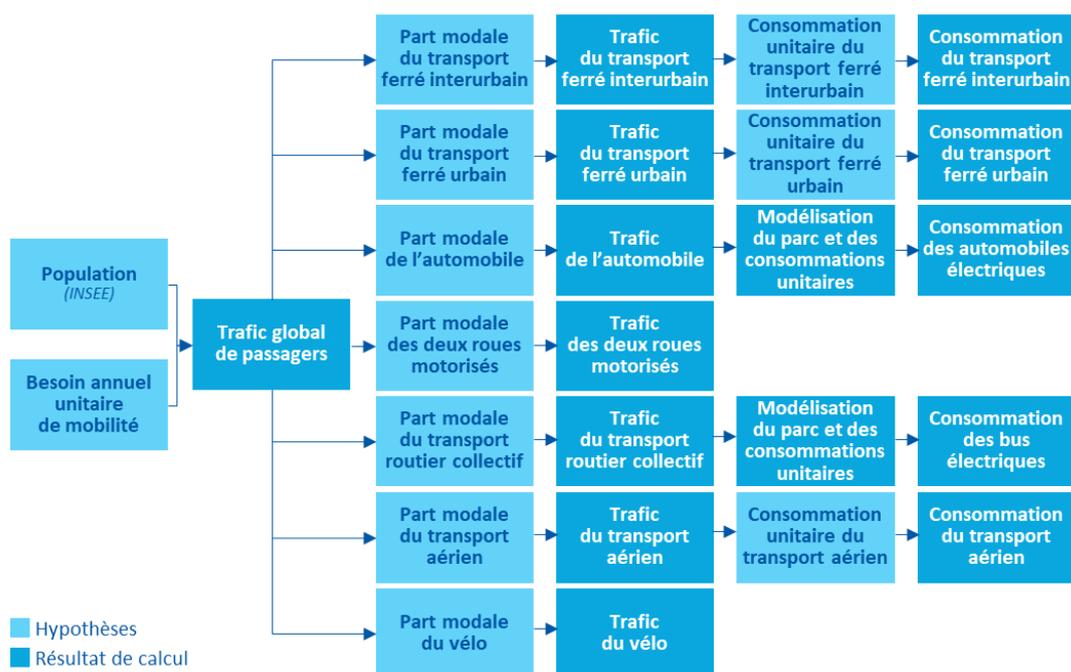
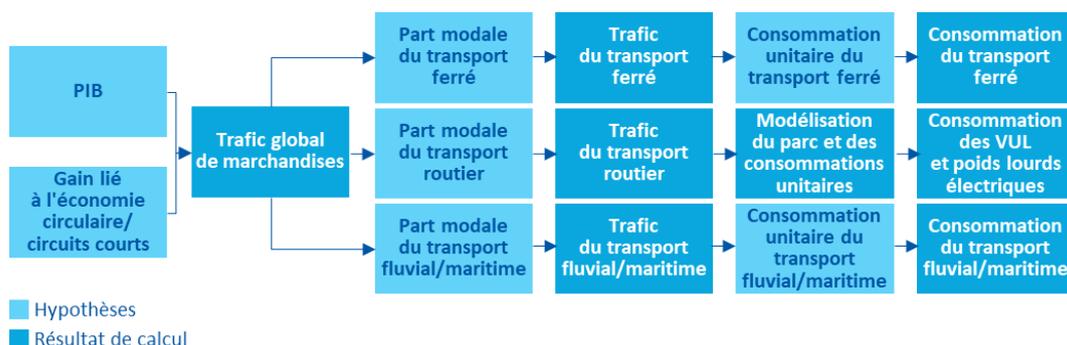


Figure 6 : Principes généraux de modélisation de la consommation électrique du trafic de marchandises

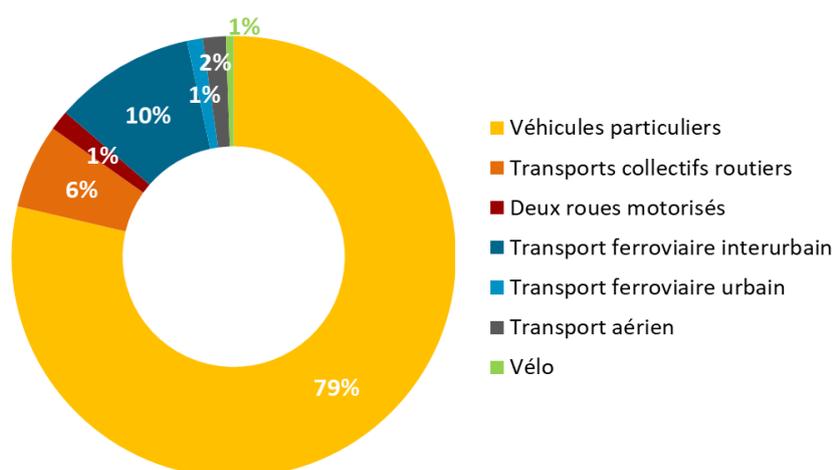


### 3 Evolution du trafic de passagers et des parts modales

Comme cela a été indiqué dans les principes méthodologiques (cf. partie 2), l'approche modale utilisée nécessite d'estimer dans un premier temps l'évolution du trafic pour le transport de passagers.

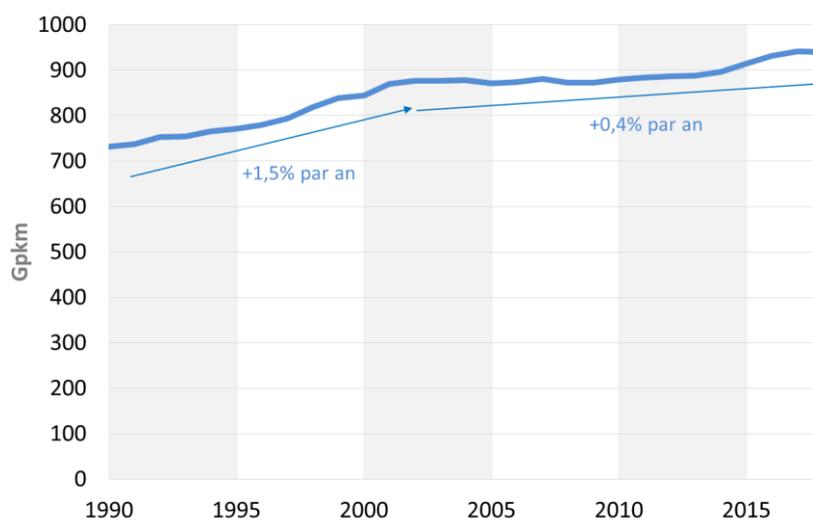
Le trafic global de passagers s'est élevé en 2018 à 945 Gpkm (source : compte des transports, SDES). La répartition modale de ce trafic global montre une très large prépondérance de la voiture particulière (cf. Figure 7).

Figure 7 : Parts modales du transport de passagers en 2018



Ce trafic global de passagers s'inscrit à la hausse depuis plusieurs décennies : il a ainsi crû de 0,9% par an en moyenne entre 1990 et 2018. Cette évolution peut être décomposée en deux périodes : entre 1990 et 2002, le rythme moyen de croissance a été d'environ 1,5% par an ; il s'est par la suite ralenti pour s'établir à 0,4% entre 2002 et 2018 (cf. Figure 8).

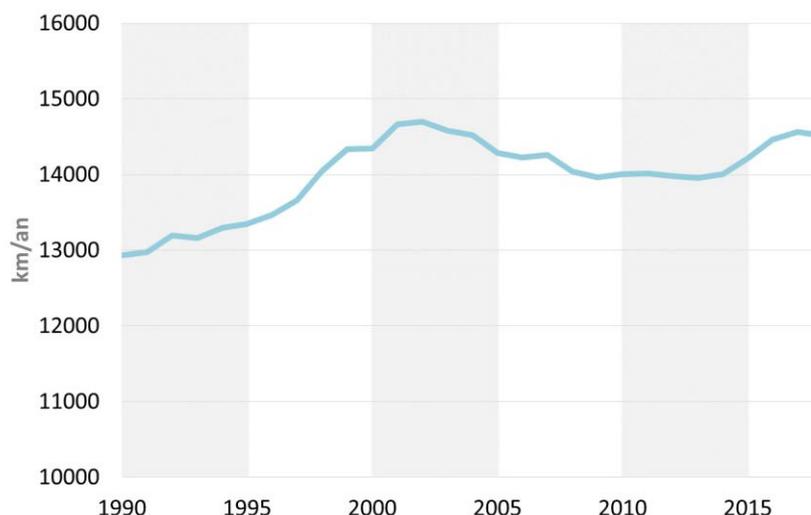
Figure 8 : Evolution historique du trafic de passagers



## Les transports

L'évolution démographique ayant été assez régulière sur la période, cette inflexion est essentiellement due à une relative stagnation, depuis le tournant des années 2000, du besoin moyen de mobilité par personne en France (cf. Figure 9), après une période de croissance quasi continue.

Figure 9 : Evolution historique du besoin moyen de mobilité par personne



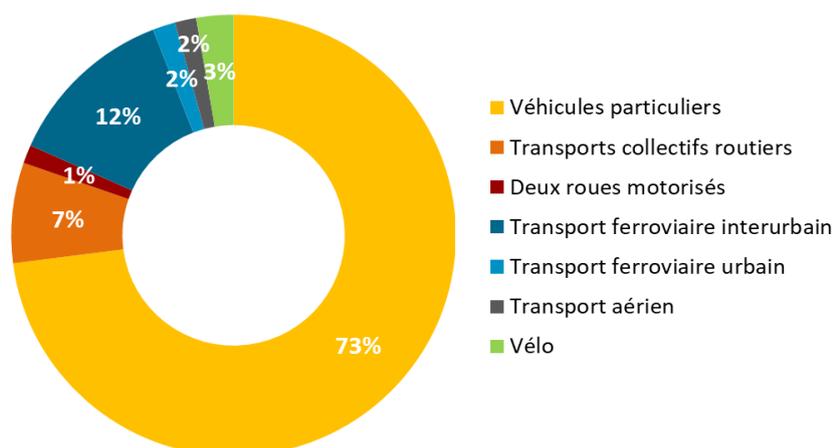
Les hypothèses d'évolution retenues sont en ligne avec celles de la trajectoire SNBC. Elles supposent une légère croissance du besoin de mobilité par personne, qui approcherait 14850 km/an en 2035.

Combinée avec l'évolution du scénario démographique central de l'INSEE (68,3 millions d'habitants en France métropolitaine en 2035), cette hypothèse se traduirait par une croissance modérée du trafic de passagers en France pour atteindre 1015 Gpkm en 2035, soit une hausse de 7% par rapport à 2018.

A noter qu'aucune scénarisation n'a été retenue, à ce stade, sur les hypothèses démographiques et de besoin de mobilité. Cela pourra être fait ultérieurement dans des variantes du Bilan prévisionnel.

Les hypothèses d'évolution des parts modales sont en phase avec celles du scénario SNBC. Elles se traduisent par une contraction de la part des véhicules particuliers, au profit des modes collectifs (intégrant le Grand Paris express, qui renforce significativement l'offre avec des nouvelles lignes) et de la mobilité douce (cf. Figure 10). Ces hypothèses pourront également faire l'objet de variantes.

Figure 10 : Parts modales du transport de passagers en 2035



## Les transports

Le Tableau 2 fait la synthèse des principales hypothèses sur le trafic de passagers.

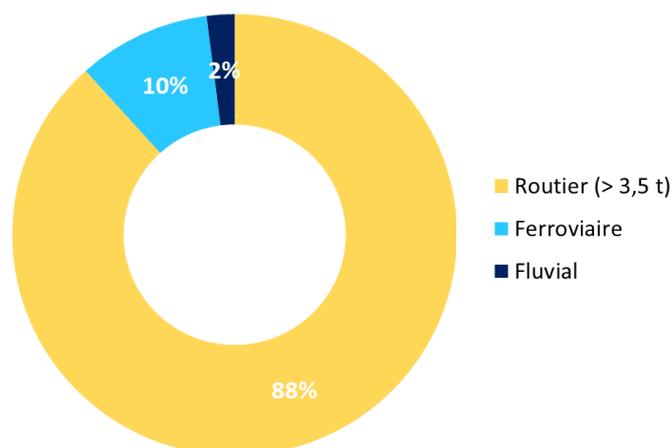
*Tableau 2 : Principales hypothèses sur le trafic de passagers à l'horizon 2035*

	2018	2035
Population France ( <i>millions</i> )	64,7	68,3
Besoin annuel moyen de mobilité par personne ( <i>km</i> )	14600	14850
Trafic total passagers ( <i>Gpkm</i> )	945	1015
Parts modales :		
<i>Véhicules particuliers</i>	78,7%	73,0%
<i>Transport routier collectif</i>	6,2%	7,4%
<i>Deux roues motorisés</i>	1,5%	1,4%
<i>Transport ferré interurbain</i>	10,3	12,4%
<i>Transport ferré urbain</i>	1,1%	1,7%
<i>Transport aérien</i>	1,7%	1,6%
<i>Vélo, mobilité douce</i>	0,6%	2,7%

## 4 Evolution du trafic de marchandises et des parts modales

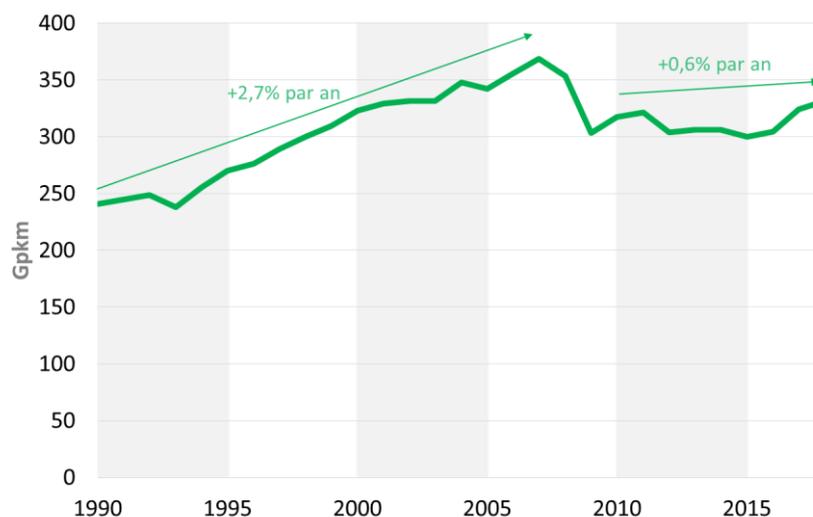
Le trafic global de marchandises s'est élevé en 2018 à 332 Gtkm (source : compte des transports, SDES)<sup>8</sup>. La répartition modale de ce trafic global montre une très large prépondérance du transport routier (cf. Figure 11).

Figure 11 : Parts modales du transport de marchandises en 2018



Le trafic global de marchandises a crû sur un rythme soutenu, +2,7% par an en moyenne, entre 1990 et 2008. Cette tendance a été interrompue par la crise économique (trafic en baisse de 14% en 2009) et a depuis laissé place à une tendance haussière sensiblement plus modérée, de l'ordre de +0,6% par an en moyenne entre 2010 et 2018 (cf. Figure 12).

Figure 12 : Evolution historique du trafic de marchandises



<sup>8</sup> Tableau E1.a « les transports intérieurs terrestres de marchandises », en excluant, comme dans le scénario SNBC, du périmètre le transport par oléoducs et le transport par véhicules utilitaires légers (traités par ailleurs)

## Les transports

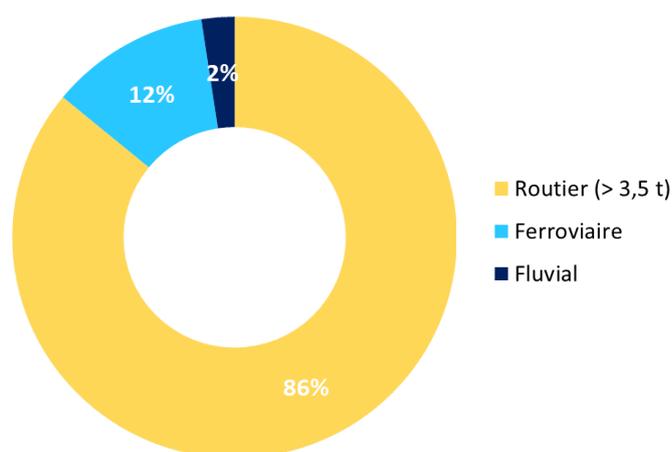
A l'instar de celles du transport de passagers, les hypothèses d'évolution du trafic de marchandises sont basées sur celles de la trajectoire SNBC.

Elles supposent donc une évolution du trafic global de marchandises liée à celle du PIB, modulo un gain logistique d'environ 0,8% par an lié à l'économie circulaire et aux circuits courts.

Le trafic de marchandises ainsi modélisé passerait de 332 Gtkm en 2018 à 365 Gtkm en 2035.

Les hypothèses d'évolution des parts modales sont également adhérentes à celles du scénario SNBC. Elles tablent sur une baisse de plus de deux points de la part du transport routier, au profit du transport ferroviaire (cf. Figure 13).

Figure 13 : Parts modales du transport de marchandises en 2035



Le Tableau 3 fournit une synthèse des principales hypothèses sur le trafic de marchandises.

Tableau 3 : Principales hypothèses sur le trafic de marchandises à l'horizon 2035

	2018	2035
PIB France (G€2014)	2286	2910
Gain annuel lié à l'économie circulaire/circuits courts	-	-0,85%
Trafic total marchandises (Gtkm)	332	365
Parts modales :		
Transport routier (> 3,5 t)	88,3%	85,9%
Transport ferroviaire	9,7%	11,7%
Transport fluvial	2,0%	2,4%

## 5 Consommation des transports ferrés

### 5.1 Transports ferrés interurbains

Sur la base des hypothèses d'évolution du trafic global et des parts modales, le trafic de passagers (cf. Figure 14) et le fret (cf. Figure 15) réalisés en mode ferré peuvent être projetés sur l'horizon de prévision.

Figure 14 : Historique et projection du trafic de passagers en mode ferré

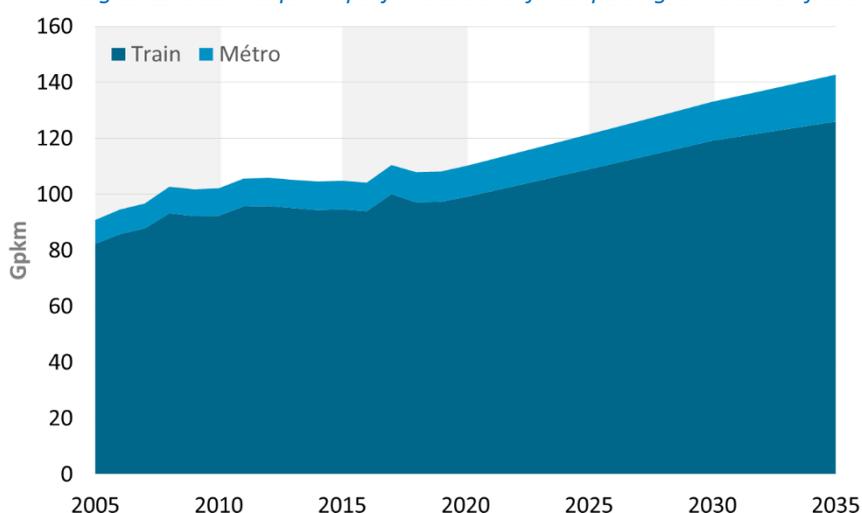
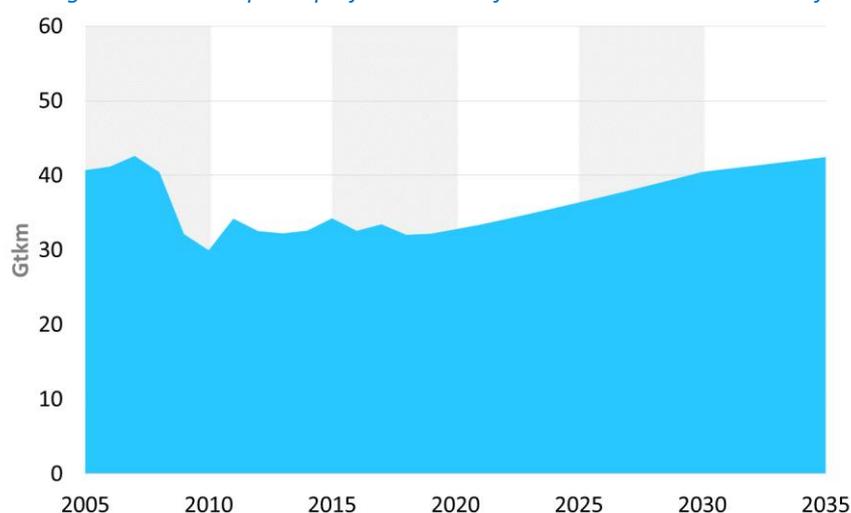
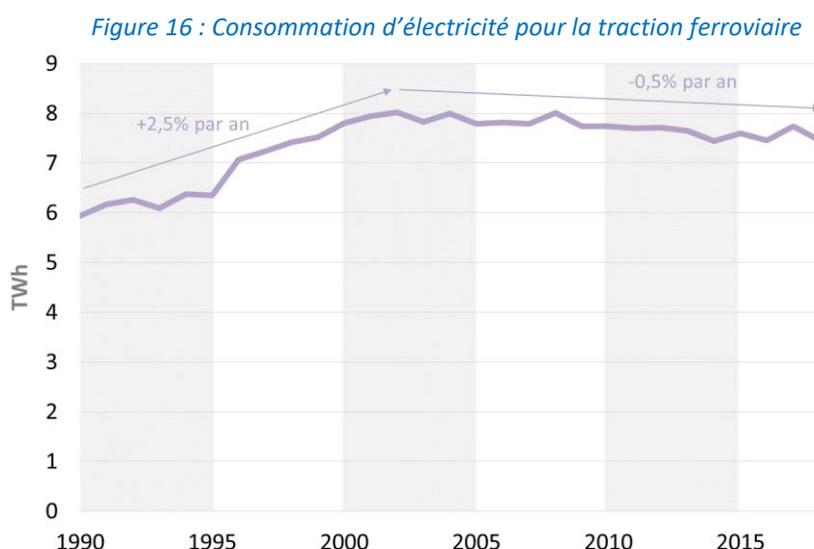


Figure 15 : Historique et projection du trafic de marchandises en mode ferré



Pour le transport en train, les consommations unitaires historiques (en Wh/p.km pour les trains de voyageurs et en Wh/t.km pour les trains de marchandises) sont estimées à partir de l'historique de consommation électrique pour la traction ferroviaire (hors consommations électriques stationnaires)<sup>9</sup>. Cet historique est représenté en Figure 16.

<sup>9</sup> Données fournies dans le « Mémento de statistiques des transports 2018 », tableau 2.9.1, SDES  
<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2019-11/2-memento-2018-transports-ferroviaires.xls>



L'historique de la consommation d'électricité pour la traction ferroviaire fait apparaître une période de croissance entre 1990 et 2002, sur un rythme moyen d'environ 2,5% par an, suivi depuis d'une période de légère baisse, sur un rythme moyen d'environ -0,5% par an.

Ces évolutions s'expliquent en partie par une baisse puis une stagnation du fret après la crise économique de 2008, qui contrebalance la croissance du trafic de passagers. Elles s'expliquent également par une légère augmentation de l'efficacité énergétique du transport ferroviaire.

Cette donnée de consommation électrique globale, croisée avec les historiques de trafic passagers et de marchandises, permet d'estimer par corrélation les consommations unitaires d'électricité par p.km et par t.km :

- transport de passagers : 58 Wh/p.km
- transport de marchandises : 57 Wh/t.km

L'évolution de ces consommations unitaires devrait s'inscrire en légère baisse, via l'amélioration du matériel roulant (aérodynamisme, allègement, fonctions auxiliaires), la récupération de l'énergie de freinage, la généralisation de compteurs embarqués, le développement de l'éco-conduite ferroviaire, la gestion des trains à l'arrêt (baisse des pantographes).

Ainsi, la SNCF a adopté des mesures clés visant à augmenter de 20% sa performance énergétique tout en diminuant de 25% ses émissions de carbone d'ici 2025. Cet effort s'inscrit dans le plan stratégique de réduction de la consommation énergétique et des émissions de CO<sub>2</sub> mis en place par l'Union internationale ferroviaire (UIC) et la Communauté européenne des chemins de fer (CER)<sup>10</sup>.

Les hypothèses retenues pour l'élaboration des trajectoires sont les suivantes :

- une baisse de 10% de la consommation unitaire à l'horizon 2035, relativement tendancielle (9% de baisse entre 2005 et 2018) dans une trajectoire d'efficacité énergétique médiane ;
- une baisse plus marquée de 13% de la consommation unitaire à l'horizon 2035, dans une trajectoire d'efficacité énergétique renforcée.

<sup>10</sup> "Sustainable development: Making railways greener, quieter and more energy efficient", CER, UIC, novembre 2018  
[https://www.uic.org/com/IMG/pdf/uic\\_sustainable\\_development\\_brochure.pdf](https://www.uic.org/com/IMG/pdf/uic_sustainable_development_brochure.pdf)

Le croisement des projections de trafic et de consommations unitaires permet d'élaborer une trajectoire de consommation.

A noter qu'aux consommations de traction ferroviaire s'ajoutent celle des installations stationnaires. Compte tenu de l'enjeu de consommation faible sur ce poste, une hypothèse de stabilité est retenue.

Tableau 4 : Consommation du transport ferré interurbain en 2035

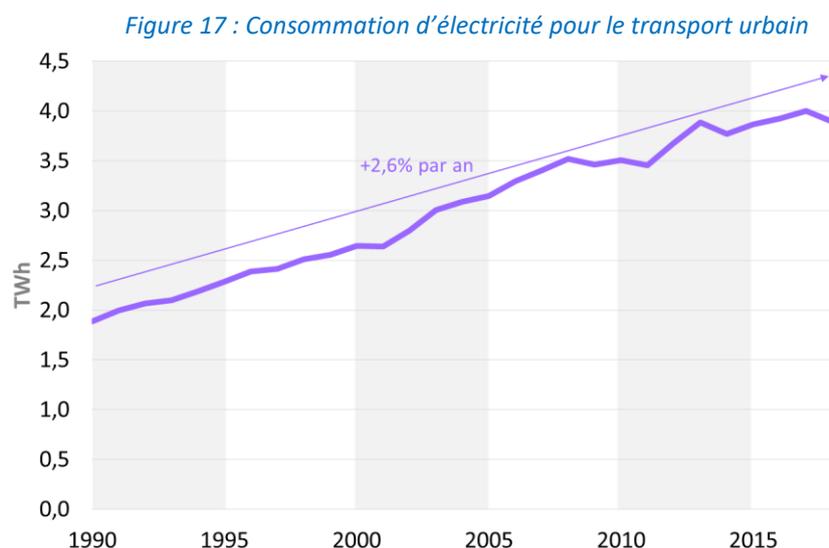
en TWh	2018	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité renforcée
Transport ferré interurbain de passagers	5,6	6,6	6,4
Transport ferré de marchandises	1,8	2,2	2,1
Hors traction	0,5	0,5	0,5
<b>Total transport ferré interurbain</b>	<b>7,9</b>	<b>9,3</b>	<b>9,0</b>

## 5.2 Transports ferrés urbains

Une approche similaire est utilisée pour le transport ferré urbain de passagers (métro, tramway).

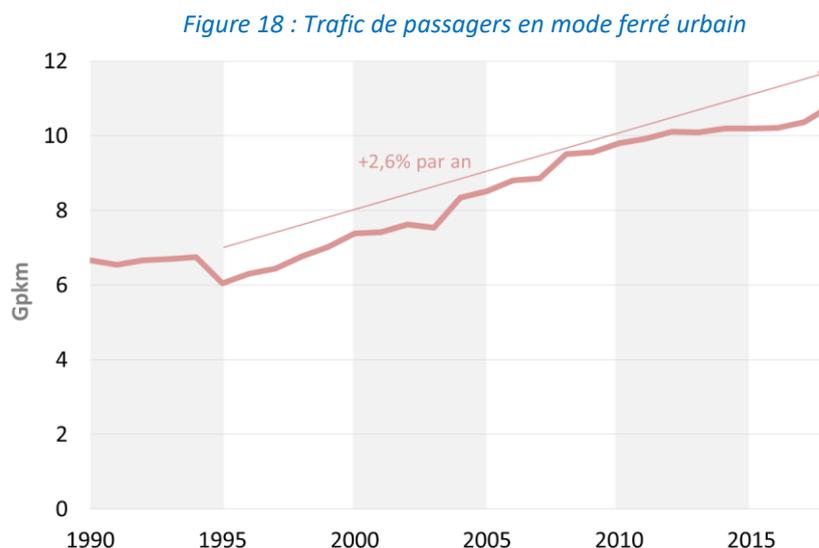
Sur la base des hypothèses d'évolution du trafic global et des parts modales, le trafic urbain de passagers réalisé en mode ferré peut être projeté sur l'horizon de prévision (cf. Figure 14).

La consommation d'électricité pour le transport urbain de passagers a crû de façon quasi continue depuis 1990, sur un rythme annuel moyen de 2,6% (cf. Figure 17). Cette croissance se ralentit toutefois quelque peu puisqu'elle s'est établie à un rythme annuel moyen de 1,3% depuis 2010.



Cette évolution haussière est essentiellement liée à la croissance du trafic, dont la hausse annuelle moyenne est de 2,6% depuis 1995 (cf. Figure 18). On constate également un ralentissement, puisque le rythme annuel moyen de la hausse du trafic urbain de passagers n'est plus que de 1,2% depuis 2010.

## Les transports



Le croisement des projections de trafic ferré urbain avec une évolution des consommations unitaires apparentes similaire à celle du transport interurbain permet de projeter la consommation électrique à l'horizon 2035.

*Tableau 5 : Consommation du transport ferré urbain en 2035*

en TWh	2018	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité renforcée
Transport ferré urbain de passagers	3,9	5,4	5,2

## 6 Consommation des transports fluviaux, maritimes et aériens

Les transports fluviaux, maritimes et côtiers, et aériens ne représentent qu'une faible part de la consommation électrique des transports en France : environ 0,2 TWh, soit moins de 2% de celle-ci.

### 6.1 Transport fluvial, transport maritime et navigation côtière

La consommation d'électricité du transport fluvial, du transport maritime et de la navigation côtière est faible : 29 GWh en 2018.

En avril 2008, l'OMI (Organisation maritime internationale) a mis en révision l'annexe VI de la convention Marpol (marine pollution), qui réglemente la pollution de l'air par les navires, avec à la clé un abaissement drastique des taux d'émissions de soufre des navires à 0,1% dans des zones spécifiques dites SECA (Sulfur Emission Control Area- zones de contrôles des émissions de soufre : Baltique, Manche et mer du Nord) au 1<sup>er</sup> janvier 2015 et, pour l'ensemble des eaux, à 0,5% en 2020 ou en 2025.

La « directive soufre » de 2013 qui transpose Marpol VI dans le droit européen est en vigueur depuis janvier 2015.

Dans ce contexte, et afin de réduire la nocivité du transport maritime pour les populations côtières, de plus en plus de ports mettent au point avec les compagnies maritimes des systèmes de branchement électrique des navires à quai qui évitent l'utilisation des moteurs auxiliaires. La prise en compte croissante des questions environnementales donne ainsi lieu à une multiplication des engagements et des chartes signées entre les villes et leurs ports (ex : projet en cours sur le port de Marseille, avec l'objectif de brancher tous les bateaux à quai d'ici à 2025).

Dans ce cadre, un arrêté du 8 décembre 2017 prévoit que des systèmes de connexion haute tension soient mis en œuvre pour alimenter les navires de mer nécessitant une alimentation électrique supérieure à 1 MW, en escale dans un port.

Un rapport de 2009 (« Étude du branchement des navires aux réseaux d'alimentation électrique terrestres ») a estimé le potentiel en France de consommation que pourrait induire la généralisation du branchement des navires à quai (ports de Dunkerque, Le Havre, Marseille et Rouen) : il s'élèverait, à terme, à 425 GWh environ.

La réalisation de ce gisement est donc retenue dans toutes les trajectoires, à l'horizon 2030 dans une trajectoire médiane ou dès l'horizon 2025 dans une trajectoire d'efficacité renforcée. La dynamique est donc différente entre les deux hypothèses, sans toutefois affecter le niveau final de consommation (cf. Tableau 6).

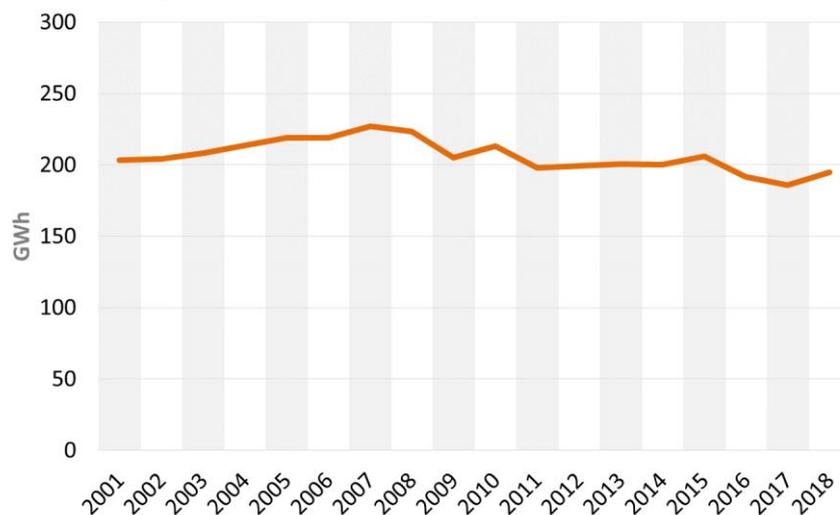
*Tableau 6 : Consommation du transport fluvial, du transport maritime et de la navigation côtière en 2035*

en TWh	2018	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité renforcée
Transport fluvial et maritime	0,03	0,46	0,46

## 6.2 Transport aérien

Le transport aérien a représenté en 2019 une consommation d'électricité de 195 GWh. Cette consommation est demeurée relativement constante depuis 2001 (cf. Figure 19), et ce en dépit de la croissance du trafic aérien (+21% sur les dix dernières années).

Figure 19 : Consommation d'électricité du transport aérien



L'amélioration sous-jacente de l'efficacité en matière de consommation électrique pourrait toutefois être partiellement contrebalancée à terme par une électrification du roulage des appareils. Deux jeux d'hypothèses, l'un tablant sur une hausse de la consommation unitaire de 0,3% par an en moyenne, l'autre sur une baisse de 0,1% par an, sont retenus.

Croisées avec la projection du trafic aérien de passagers, relativement stable selon la trajectoire de la SNBC, ces hypothèses permettent de projeter la consommation d'électricité du transport aérien en France à l'horizon 2035 (cf. Tableau 7).

Tableau 7 : Consommation du transport aérien en 2035

en TWh	2018	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité renforcée
Transport aérien	0,19	0,20	0,19

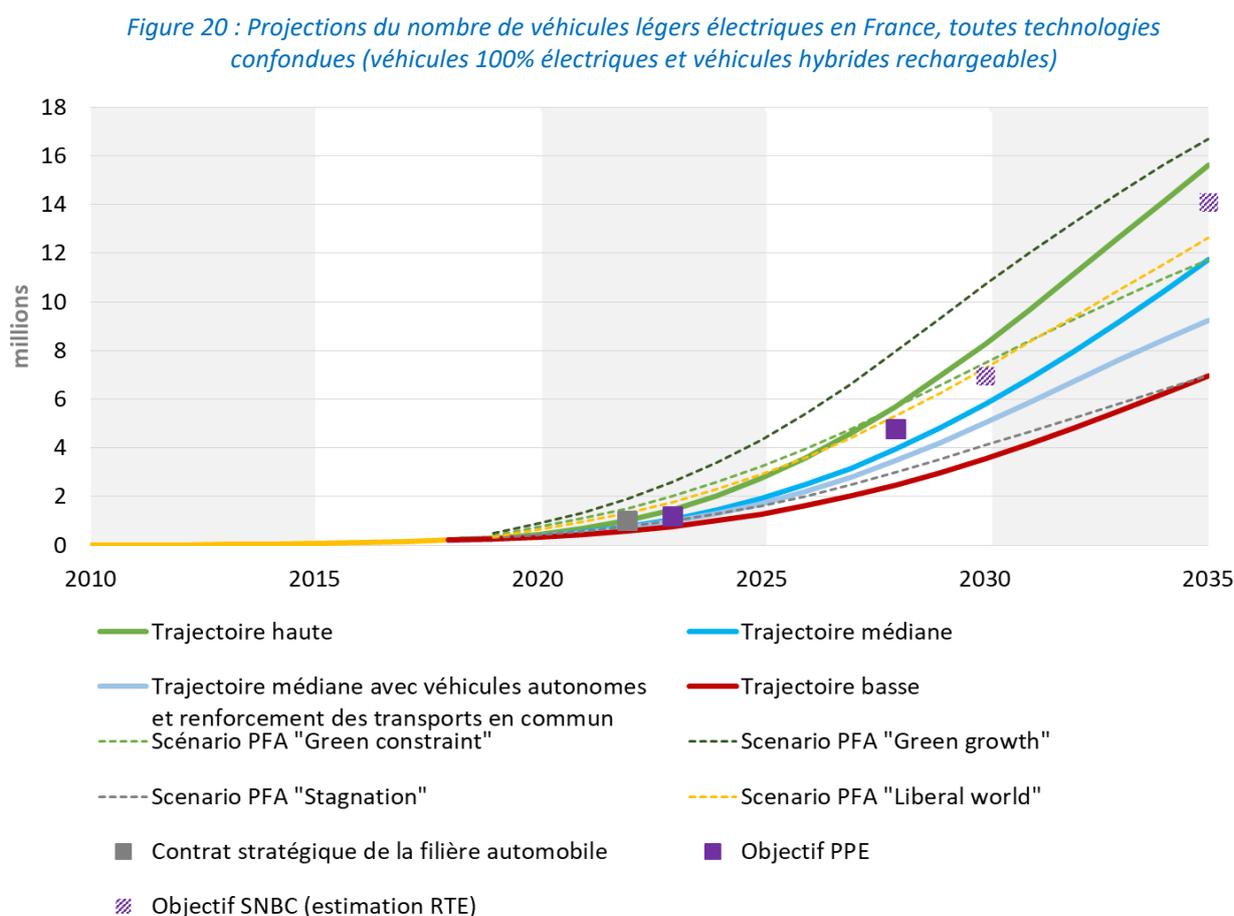
## 7 Consommation des véhicules légers électriques

L'impact sur le système électrique du développement de l'électromobilité a fait l'objet, sur plus d'une année, de travaux menés dans le cadre d'un large groupe de travail, piloté par RTE en collaboration avec AVERE-France, et qui a fait l'objet de la publication d'un rapport en mai 2019, prochainement complété par un rapport technique très détaillé qui fournira les éléments de modélisation avec une granulométrie fine.

Le présent document n'a donc pas vocation à décrire également finement la modélisation, mais à en rappeler les grands principes. En outre, un groupe de travail spécifique sur la mobilité électrique à l'horizon 2050 sera prochainement organisé.

Pour mémoire, trois trajectoires de développement du parc de véhicules légers (basse, médiane, haute), c'est-à-dire de véhicules particuliers et de véhicules utilitaires légers (VUL), ont été modélisées, qu'il est proposé de retenir dans les trajectoires et variantes du Bilan prévisionnel (cf. Figure 20).

Ces trajectoires ont été élaborées de façon à être cohérentes, à l'horizon 2035, avec les projections des constructeurs (scénarios de la Plateforme automobile française – PFA) et des pouvoirs publics (ambitions des versions projet la Programmation pluriannuelle de l'énergie et de la SNBC).



Les trois trajectoires « standard » ont été complétées d'une trajectoire intégrant un développement significatif de véhicules autonomes (« robots taxis »), qui pourra être analysée en variante dans le Bilan prévisionnel.

Pour établir ces trajectoires, la modélisation s'appuie dans un premier temps sur des projections de parc automobile, toutes motorisations confondues.

Pour les **véhicules particuliers**, la projection du trafic de passagers assuré par l'automobile est obtenue par croisement du trafic global de passagers et de la part modale de l'automobile (cf. partie 0).

Ainsi, le trafic de passagers assuré par l'automobile devrait être relativement atone (la croissance du trafic global étant contrebalancée par la contraction de la part modale de l'automobile) pour atteindre 740 Gpkm en 2035.

Avec une hypothèse de taux d'occupation moyen des véhicules particuliers en hausse (1,75 passager par véhicule en 2035, contre 1,62 en 2018), conformément aux hypothèses de la SNBC, le trafic de véhicules devrait baisser légèrement, pour les véhicules immatriculés en France, et s'établir à 425 Gvéh.km en 2035.

Cette projection, combinée à une hypothèse d'évolution baissière du kilométrage annuel moyen par véhicule de 5% à l'horizon 2035 (effet du télétravail, de la politique de la ville...), permet d'évaluer l'évolution du parc total de véhicules particuliers nécessaires pour répondre aux besoins de mobilité.

Ce parc de véhicules devrait se stabiliser avant de décroître légèrement pour s'établir à 31,8 millions d'unités contre 32,7 millions en 2018.

Pour les **véhicules utilitaires légers**, les hypothèses sont également calées sur celle de la trajectoire SNBC.

Ainsi, le bilan de la circulation des VUL passerait de 101,8 Gvéh.km en 2018 à 109,0 Gvéh.km en 2035. Sur la base d'un kilométrage annuel moyen relativement stable autour de 16500 km, le parc total de VUL en France devrait poursuivre sa croissance pour atteindre 6,6 millions d'unités en 2035, contre 6,2 millions en 2018.

Des hypothèses d'évolution des parts de marché de l'électricité ont ensuite été appliquées sur les ventes annuelles de VP et de VUL (établies à partir d'une modèle de parc), calibrées pour être adhérent aux projections de la filière des constructeurs automobiles à l'horizon 2035. Ces parts de marché sont déclinées selon les différents types de véhicules électriques : 100% batterie, hybrides rechargeables ou hydrogène.

Le tableau suivant fournit les hypothèses de parts de marché retenues dans les trois trajectoires sur les ventes de véhicules neufs, ainsi que la pénétration globale sur le parc total de véhicules.

## Les transports

Tableau 8 : Hypothèses de développement des véhicules légers électriques en 2035

en TWh	2018	2035		
		Bas	Médian	Haut
<b>Véhicules particuliers</b>				
Part de marché dans les ventes				
VE 100% batterie	1,4%	23%	46%	77%
VHR	0,7%	16%	23%	11%
Hydrogène	0,0%	0,1%	0,1%	0,3%
TOTAL	2,1%	39%	69%	88%
Part de marché sur le parc				
VE 100% batterie	0,4%	10,7%	19,3%	33,7%
VHR	0,1%	8,3%	13,5%	9,9%
Hydrogène	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%
TOTAL	0,5%	19%	33%	44%
<b>Véhicules utilitaires légers</b>				
Part de marché dans les ventes				
VE 100% batterie	1,8%	17%	33%	46%
VHR	0,0%	9%	3%	2%
Hydrogène	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
TOTAL	1,8%	26%	36%	48%
Part de marché sur le parc				
VE 100% batterie	0,4%	9,1%	14,1%	22,1%
VHR	0,1%	5,2%	5,7%	4,2%
Hydrogène	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
TOTAL	0,5%	14%	20%	26%
<b>TOTAL Véhicules légers</b>				
Part de marché dans les ventes				
VE 100% batterie	1,5%	22%	44%	71%
VHR	0,6%	14%	19%	10%
Hydrogène	0,0%	0,1%	0,1%	0,3%
TOTAL	2,1%	36%	63%	81%
Part de marché sur le parc				
VE 100% batterie	0,4%	10,4%	18,4%	31,7%
VHR	0,1%	7,7	12,1%	8,9%
Hydrogène	0,0%	0,04%	0,04%	0,1%
TOTAL	0,5%	18%	31%	41%

Les graphiques suivants représentent l'évolution du parc automobile électrique, 100% batterie ou hybride rechargeable, au sein du parc de véhicules légers.

## Les transports

Figure 21 : Projections du parc de véhicules légers électriques en France selon la motorisation  
Trajectoire basse d'électromobilité

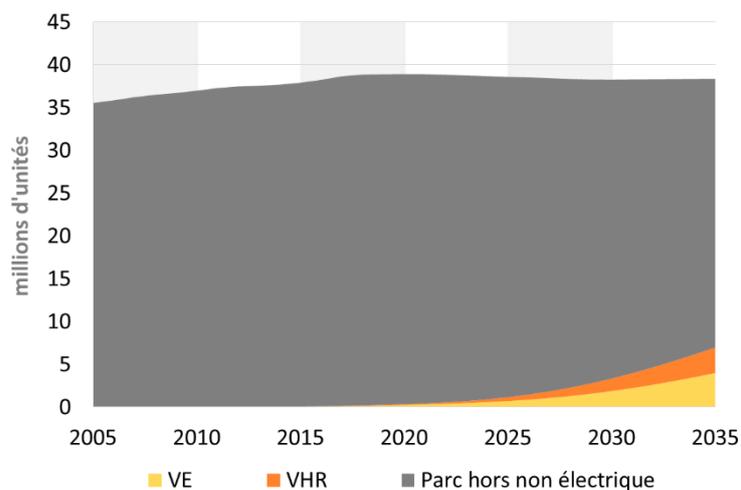


Figure 22 : Projections du parc de véhicules légers électriques en France selon la motorisation  
Trajectoire médiane d'électromobilité

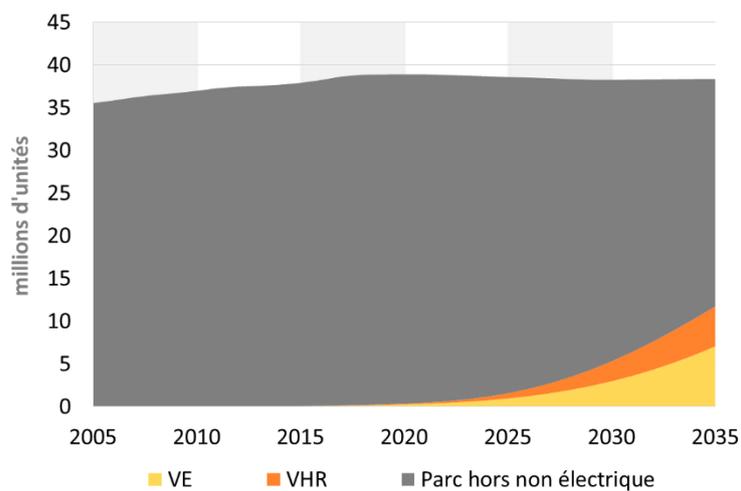
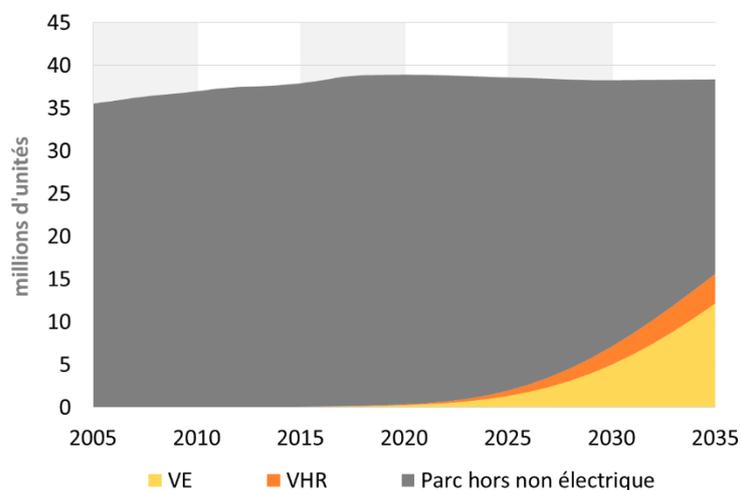


Figure 23 : Projections du parc de véhicules légers électriques en France selon la motorisation  
Trajectoire haute d'électromobilité



## Les transports

La modélisation de la consommation électrique de ce parc de VE et de VHR a été particulièrement détaillée dans les travaux du groupe de travail « électromobilité », et intègre différentes variantes portant notamment sur :

- la taille des batteries des véhicules 100% électrique ;
- le kilométrage moyen ;
- l'accès aux points de recharge (domicile, travail...);
- la puissance des points de charge ;
- la fréquence de connexion des utilisateurs ;
- le pilotage de la recharge.

La stratégie de recharge va dépendre de ces paramètres et affecter la consommation unitaire moyenne des véhicules électriques. Les différentes stratégies de recharge pourront faire l'objet de variantes dans le Bilan prévisionnel.

L'hypothèse retenue ici à titre d'illustration correspond aux paramètres du scénario *Crescendo*, appliqués sur trois niveaux différents de développement du parc. Ces paramètres et les résultats de modélisation en matière de consommation unitaire sont résumés sous forme simplifiée dans le Tableau 9.

Tableau 9 : Hypothèses et résultats de modélisation pour les consommations des véhicules légers électriques

<i>en TWh</i>	2018	2035
Taille médiane de batterie pour les VE (kWh)	33	73
Taille médiane de batterie pour les VHR (kWh)	7	15
Kilométrage moyen annuel pour les VE (km)	14000	14000
Kilométrage moyen annuel pour les VHR (km)	15300	15300
Consommation moyenne par VE (kWh/an)	2600	2340
Consommation moyenne par VHR (kWh/an)	2020	1880

Pour plus de détails sur la modélisation très complexe issue des travaux du groupe de travail, le lecteur est invité à se reporter au rapport technique sur les enjeux du développement de l'électromobilité pour le système électrique.

La combinaison des projections de parc et de consommation unitaire permet d'élaborer des trajectoires de consommation du parc de véhicules légers électriques (cf. Tableau 10).

Tableau 10 : Projection de consommation électrique des véhicules légers à l'horizon 2035

<i>en TWh</i>	2018	2035		
		Bas	Médian	Haut
VE	0,4	9,4	16,6	28,5
VHR	0,1	5,5	8,7	6,5
<b>Total véhicules légers électriques</b>	<b>0,5</b>	<b>14,9</b>	<b>25,3</b>	<b>35,0</b>

## 8 Consommation des autobus et des poids lourds électriques

### 8.1 Autobus électriques

Au 1<sup>er</sup> janvier 2018, le parc d'autobus et d'autocars en France s'établissait à un peu plus de 100 000 unités, dont environ 10 000 bus urbains et suburbains.

Un développement important de l'électromobilité peut être attendu pour les transports en commun par bus. Par exemple, la RATP s'est fixé l'objectif de convertir les deux tiers de son parc de bus à l'électricité à l'horizon 2025<sup>11</sup>. De nombreuses municipalités se sont lancées également dans la même voie. Si cette démarche se généralisait à l'échelle nationale, l'électrification pourrait concerner 80% du parc de bus de transports urbains et périurbains à l'horizon 2035, ce qui représenterait une flotte d'environ 8500 unités.

Même si l'électrification devrait dans un premier temps se limiter essentiellement aux transports urbains et périurbains, elle pourrait à plus long terme se développer sur les autres types de transports, notamment les transports à longue distance, et donc sur les flottes d'autocars, sensiblement plus nombreux. Sur la flotte des autocars (et des autobus ayant un usage autre que le transport urbain ou périurbain de voyageurs), les hypothèses d'électrification retenues, cohérentes avec celles de la filière des constructeurs automobiles, sont toutefois moins poussées que celles des autobus, compte tenu des contraintes techniques, logistiques et économiques à lever. En outre, d'autres types de motorisation sont susceptibles de concurrencer l'électricité (GNL, hydrogène...). Cela donnerait au global un taux d'électrification des bus et autocars à hauteur de 8% à 25% en 2035 selon les trajectoires, soit une flotte de 8 000 à 27 000 unités environ.

Avec un kilométrage annuel moyen supposé constant à 37 000 km et une consommation électrique kilométrique de 1,3 kWh, on obtient les consommations suivantes.

Tableau 11 : Projection de consommation électrique des bus électriques à l'horizon 2035

	2018	2035		
		Bas	Médian	Haut
Flotte de bus/autocars	100 850	105 400		
Part de marché électricité	0,5%	8%	17%	25%
<b>Consommation électrique (TWh)</b>	<b>0,0</b>	<b>0,4</b>	<b>0,8</b>	<b>1,2</b>

### 8.2 Poids lourds électriques

L'électrification du transport routier de marchandises apparaît également devoir se développer à terme : un règlement européen (n° 2019/1242, publié le 25 juillet 2019) établit, pour la première fois, des normes d'émissions de CO<sub>2</sub> pour les poids lourds à -15% d'ici 2025 et -30% d'ici 2030. Il s'agit donc d'un catalyseur particulièrement puissant pour orienter l'offre de poids lourds vers des modèles

<sup>11</sup> Cet objectif pourrait cependant être revu à la baisse, à hauteur de 50% (source : magazine « Ville rail et transports » de début mars 2020 - <https://www.ville-rail-transports.com/mobilite/de-moins-en-moins-de-bus-electriques-dans-la-future-flotte-de-la-ratp/>)

## Les transports

beaucoup moins émetteurs, ainsi qu'en témoignent les annonces de constructeurs de mise sur le marché de modèles de poids lourds électriques (à batterie à court et moyen terme, voire à base d'hydrogène sur le long terme).

Les trajectoires d'électrification du parc de camions s'appuient sur la projection du trafic de marchandises présentée en partie 4, modélisée par corrélation avec celle de l'activité économique, en prenant en compte un gain d'environ 0,85% par an lié au développement de l'économie circulaire et des circuits courts, en cohérence avec les hypothèses de la SNBC.

Avec une hypothèse, retenue dans la SNBC, de poursuite de l'optimisation logistique (le tonnage moyen par poids lourd passerait de 10,3 t/véh aujourd'hui à 10,9 t/véh en 2035), la circulation des poids lourds en France pourrait rester relativement stable avec 28,8 milliards de véh.km en 2035.

Cette évolution du trafic est traduite homothétiquement en évolution du parc de poids lourds. La modélisation prend en compte la diversité de segments de transport de marchandises. Le trafic routier de marchandises peut être divisé en trois segments en fonction du type de desserte : urbaine, régionale ou longue distance. Dans tous les scénarios, l'électrification est plus marquée dans les segments urbain et régional, en cohérence avec les projections de la filière des constructeurs automobiles.

Le parc des camions urbains subit une électrification entre 7 et 42%, en fonction des scénarios. Les poids lourds régionaux ont des taux d'électrification entre 4 et 24%. La longue distance a quant à elle un taux d'électrification entre 1,5% et 11%. Les consommations kilométriques varient entre 1,2 kWh/km et 1,5 kWh/km selon le type de desserte du camion.

Les consommations annuelles sont comprises entre 0,5 et 3,6 TWh en fonction des trajectoires de parc étudiées (cf. Tableau 12).

Tableau 12 : Projection de consommation électrique des poids lourds électriques à l'horizon 2035

	2018	2035		
		Bas	Médian	Haut
Parc de poids lourds	554 000	562 000		
<i>dont longue distance</i>	151 000	161 000		
<i>dont régional</i>	323 000	319 000		
<i>dont urbain</i>	80 000	82 000		
Part de marché électricité	0,0%	3,6%	16,7%	23,0%
<i>dont longue distance</i>	0,0%	1,3%	5,8%	11,4%
<i>dont régional</i>	0,0%	3,8%	18,9%	24,1%
<i>dont urbain</i>	0,0%	6,9%	29,9%	41,6%
Consommation kilométrique (kWh/km)				
<i>longue distance</i>	-	1,5	1,5	1,5
<i>régional</i>	-	1,4	1,4	1,4
<i>urbain</i>	-	1,2	1,2	1,2
Kilométrique annuel moyen (km)				
<i>longue distance</i>	26000	26000	26000	26000
<i>régional</i>	22000	22000	22000	22000
<i>urbain</i>	12000	12000	12000	12000
<b>Consommation électrique (TWh)</b>	<b>0,0</b>	<b>0,5</b>	<b>2,6</b>	<b>3,6</b>

## Les transports

Figure 24 : Projections du parc de poids lourds électriques en France selon la motorisation  
Trajectoire basse d'électromobilité

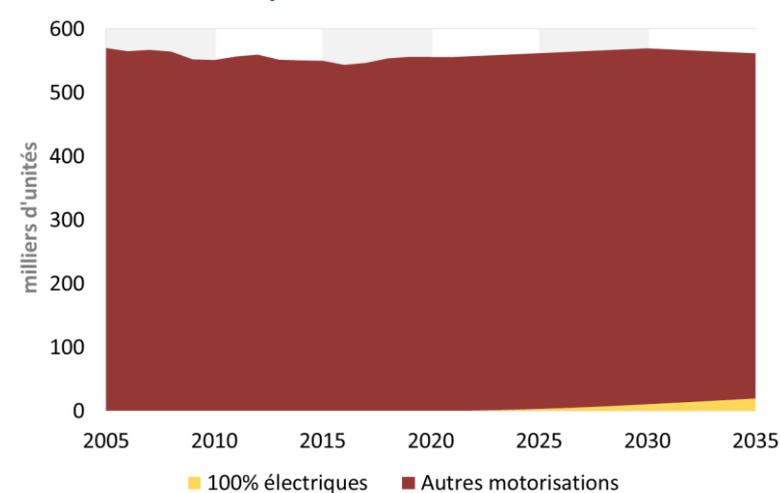


Figure 25 : Projections du parc de poids lourds électriques en France selon la motorisation  
Trajectoire médiane d'électromobilité

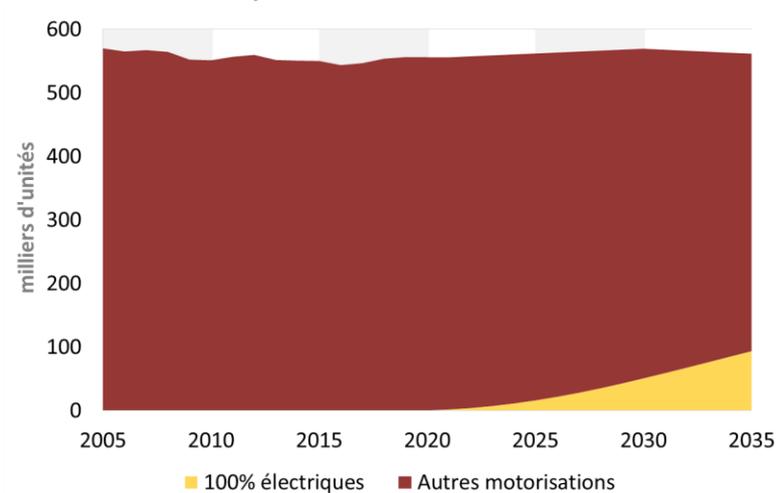
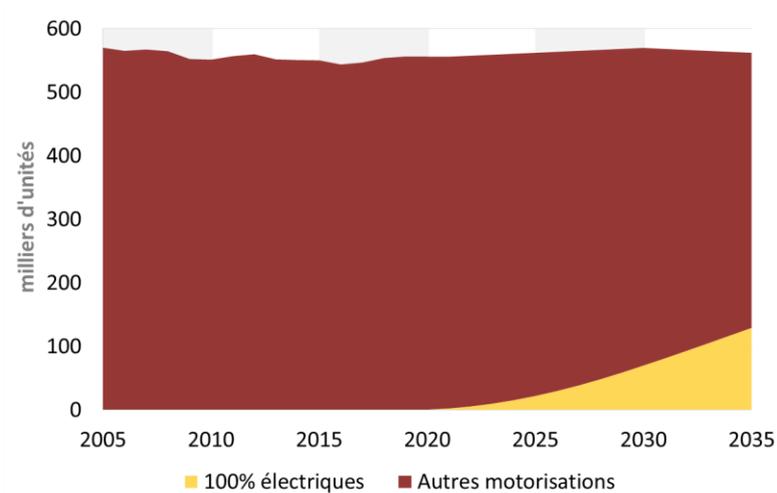


Figure 26 : Projections du parc de poids lourds électriques en France selon la motorisation  
Trajectoire haute d'électromobilité



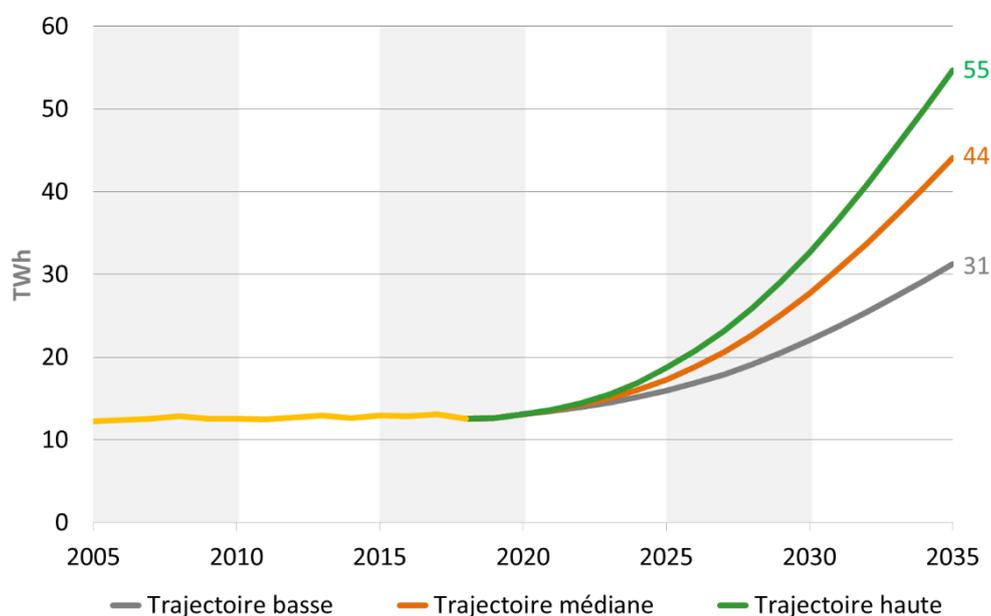
## 9 Synthèse sur les transports

Au global, les trajectoires de consommation d'électricité du secteur des transports (cf. Figure 27 et Tableau 13), élaborées sur la base des hypothèses précédemment décrites, décrivent un cône globalement orienté en forte hausse à l'horizon 2035 (allant d'un facteur 2,5 à un facteur 4,5).

A noter que ces projections sont globalement plus élevées que celles issues du Bilan prévisionnel 2017, principalement sous l'effet :

- de l'intégration des hypothèses de parts modales de la SNBC, largement favorables au transport électrique ;
- d'hypothèses d'évolution du parc de véhicules électriques revues en hausse suite aux travaux du groupe de travail sur l'électromobilité ;
- de la prise en compte du développement des poids lourds électriques.

Figure 27 : Evolution de la consommation d'électricité du secteur des transports



Le Tableau 13 fournit la décomposition de la consommation projetée. Dans ce document, seul le développement des véhicules électriques fait l'objet de trajectoires contrastées, basées sur les travaux du groupe de travail « électromobilité ». Les projections relatives aux autres modes de transport sont pour leur part calibrées en cohérence avec les trajectoires de la SNBC.

Des variantes pourront être élaborées dans le Bilan prévisionnel autour des hypothèses SNBC, mais également sur les stratégies de recharge des véhicules électriques qui peuvent, comme l'a illustré le rapport « Enjeux du développement de l'électromobilité pour le système électrique », influencer sensiblement sur l'énergie et la puissance appelées par le parc de véhicules électriques.

## Les transports

Tableau 13 : Consommation d'électricité des transports projetée à l'horizon 2035

en TWh	2018	2035		
		Bas	Médian	Haut
Transport ferroviaire	11,8	14,7		
<i>dont transport interurbain de passagers</i>	5,6	6,6		
<i>dont transport urbain de passagers</i>	3,9	5,4		
<i>dont transport de marchandises</i>	1,8	2,2		
<i>dont hors traction</i>	0,5	0,5		
Transport fluvial et maritime	0,03	0,5		
Transport aérien	0,2	0,2		
Véhicules électriques	0,5	15,9	28,8	39,8
<i>dont véhicules légers</i>	0,5	14,9	25,3	35,0
<i>dont bus</i>	0,0	0,4	0,9	1,3
<i>dont poids lourds</i>	0,0	0,5	2,6	3,6
<b>TOTAL</b>	<b>12,6</b>	<b>31,2</b>	<b>44,1</b>	<b>55,1</b>