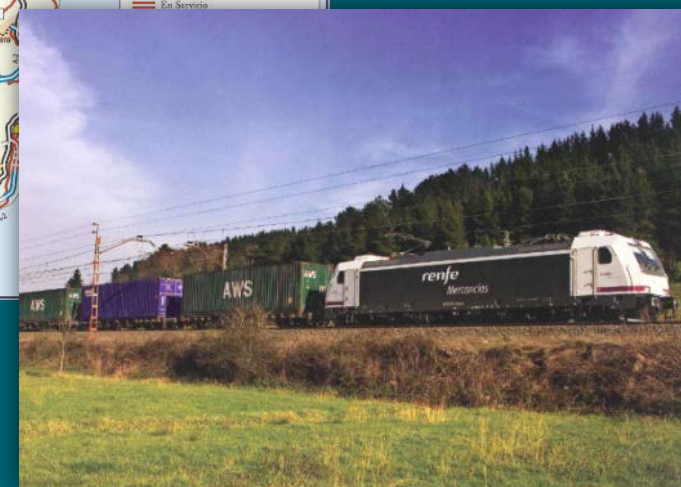
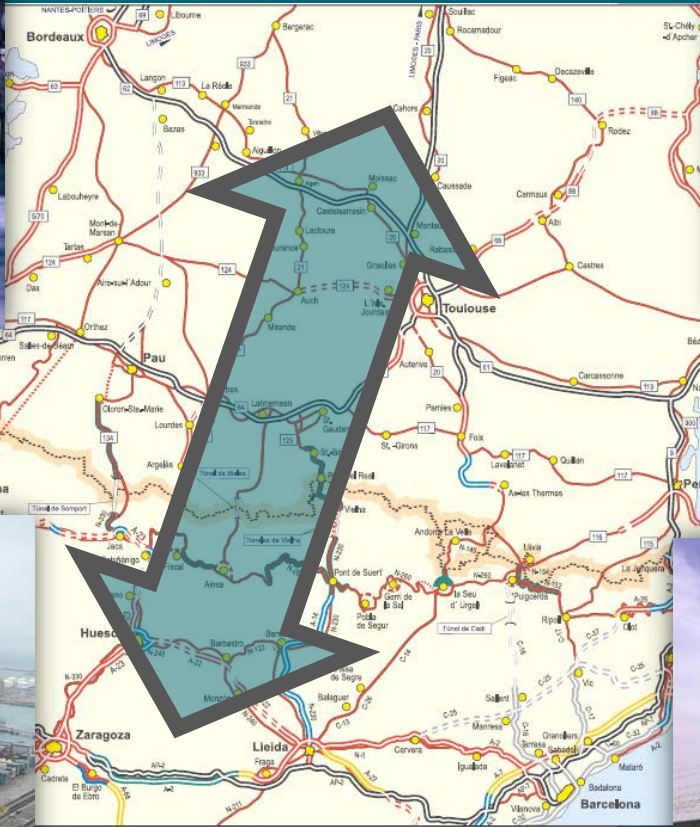


# FLUX DE TRANSPORT DE MARCHANDISES À TRAVERS LES PYRÉNÉES

# FLUJOS DE TRANSPORTE DE MERCANCÍAS A TRAVÉS DE LOS PIRINEOS

**PHASE E. Synthèse**  
OCTOBRE 2013

**FASE E. Síntesis**  
OCTUBRE 2013



# FLUX DE TRANSPORT DE MARCHANDISES À TRAVERS LES PYRÉNÉES

## FLUJOS DE TRANSPORTE DE MERCANCÍAS A TRAVÉS DE LOS PIRINEOS

GRUPEMENT EUROPÉEN D'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE  
NOUVEL AXE FERROVIAIRE À GRANDE CAPACITÉ  
TRANSPYRÉNÉEN (GEIE NAFGCT)

AGRUPACIÓN EUROPEA DE INTERÉS ECONÓMICO  
PARA LA TRAVESÍA DE GRAN CAPACIDAD DE LOS  
PIRINEOS (AEIE TGC PIRINEOS)

**PHASE E.** Synthèse  
OCTOBRE 2013

**FASE E.** Síntesis  
OCTUBRE 2013

**ineco**  
**setec**  
international



PROYECTO COFINANCIADO  
POR LA UNION EUROPEA



## Sommaire

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>		
1.1. OBJET DE L'ETUDE .....	1		
1.2. OBJET DU RAPPORT.....	2		
<b>2. ANALYSE DU MODELE DE TRANSPORT DE MARCHANDISES FRANCO-ESPAGNOL (Phase A1)....</b>	<b>3</b>		
2.1. OBJET ET SOURCES.....	3		
2.2. METHODOLOGIE .....	3		
2.3. DEFINITION DU PERIMETRE D'ETUDE ET DU ZONAGE .....	3		
2.4. PROJECTION DE LA DEMANDE .....	3		
2.5. MODELISATION DES CARACTERISTIQUES FONCTIONNELLES DES RESEAUX .....	4		
2.6. NIVEAUX DE SERVICE.....	4		
2.7. MODELE DE PARTAGE MODAL .....	4		
2.8. MODELE D'AFFECTION.....	5		
2.9. CONCLUSIONS.....	6		
<b>3. COMPILATION ET ANALYSE DES ETUDES EXISTANTES (Phase A2).....</b>	<b>7</b>		
3.1. OBJET .....	7		
3.2. ETUDES ET DONNEES EXISTANTES.....	7		
3.3. SYNTHESE DES RESULTATS.....	9		
<b>4. ANALYSE ET EVOLUTION DE LA DEMANDE (Phase B).....</b>	<b>12</b>		
4.1. OBJET .....	12		
4.2. DEMANDE GLOBALE .....	12		
4.2.1. Méthodologie .....	12		
4.2.2. Analyse de la demande .....	13		
4.2.3. Résultats .....	14		
4.3. IMPACT DE LA CRISE ET EFFETS SUR L'EVOLUTION RECENTE .....	14		
4.4. ANALYSE SECTORIELLE ET LOGISTIQUE .....	15		
4.5. ANALYSE DE L'EFFET FRONTIERE .....	15		
4.5.1. Transport routier.....	16		
4.5.2. Transport ferroviaire .....	16		
4.6. VARIABLES EXPLICATIVES .....	17		
4.6.1. Variables socioéconomiques .....	17		
4.6.2. Caractérisation de l'offre .....	17		
<b>5. ACTUALISATION DU MODELE (Phase C).....</b>	<b>23</b>		
5.1. ACTUALISATION DES PHASES DE GENERATION ET DISTRIBUTION .....	23		
5.1.1. Méthodologie .....	23		
5.1.2. Modèles économétriques considérés.....	24		
5.1.3. Données sources .....	24		
5.1.4. Projection .....	24		
<b>5.2. ACTUALISATION DE LA PHASE DE PARTAGE MODAL .....</b>	<b>25</b>		
5.2.1. Méthodologie générale .....	25		
5.2.2. Processus et validation de calage .....	25		
5.2.3. Analyse des modèles .....	26		
5.2.4. Conclusions.....	27		
<b>5.3. ACTUALISATION DE LA PHASE D'AFFECTION .....</b>	<b>28</b>		
5.3.1. Méthodologie générale .....	28		
5.3.2. Calage et résultats du scénario de base (2010).....	29		
<b>6. DEFINITION DES SCENARIOS FUTURS ET RESULTATS DU MODELE (Phase D).....</b>	<b>32</b>		
6.1. INTRODUCTION ET OBJET.....	32		
6.2. DEFINITION DES SCENARIOS FUTURS.....	32		
6.2.1. Scénarios macroéconomiques.....	32		
6.2.2. Projets d'infrastructures et services futurs.....	34		
6.2.3. Traversée de grande capacité (TGC) des Pyrénées .....	34		
6.2.4. Evolution des paramètres d'offre .....	34		
6.3. APPLICATION DU MODELE.....	36		
6.4. RESULTATS .....	37		
6.4.1. Demande globale .....	37		
6.4.2. Partage modal .....	37		
6.4.3. Affectation de la demande ferroviaire (scénario central) .....	42		
6.5. ANALYSE DES RESULTATS .....	43		
6.5.1. Impact de la TGC sur les échanges routiers.....	43		
6.5.2. Evaluation des résultats des AF .....	43		
6.5.3. Analyse de la sensibilité sur l'attractivité des AF .....	43		
6.5.4. Comparaison des résultats .....	43		
<b>7. CONCLUSIONS .....</b>	<b>44</b>		
7.1. EVOLUTION DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE .....	44		
7.2. SYNTHESE DES RESULTATS DU SCENARIO CENTRAL DESAGREGES PAR TYPE DE MODELE (LOGIT MULTIPLICATIF/ADDITIF).....	45		

## Índice

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>	5.1.2. Modelos econométricos considerados .....	24
1.1. OBJETO DEL ESTUDIO .....	1	5.1.3. Datos de base .....	24
1.2. OBJETO DEL INFORME .....	2	5.1.4. Proyección .....	24
<b>2. ANALISIS DEL MODELO DE TRANSPORTE DE MERCANCÍAS FRANCO-ESPAÑOL (FASE A1)</b> .....	<b>3</b>	<b>5.2. ACTUALIZACION DE LA FASE DE REPARTO MODAL</b> .....	<b>25</b>
2.1. OBJETO Y BASE DE LOS DATOS .....	3	5.2.1. Metodología general .....	25
2.2. METODOLOGIA .....	3	5.2.2. Procedimiento y validación de ajuste .....	25
2.3. DEFINICION DEL AMBITO DE ESTUDIO Y ZONIFICACION .....	3	5.2.3. Análisis de los modelos .....	26
2.4. PROYECCION DE LA DEMANDA .....	3	5.2.4. Conclusiones .....	27
2.5. MODELIZACION DE LAS CARACTERISTICAS FUNCIONALES DE LAS REDES .....	4	<b>5.3. ACTUALIZACION DE LA FASE DE ASIGNACION</b> .....	<b>28</b>
2.6. NIVELES DE SERVICIO .....	4	5.3.1. Metodología general .....	28
2.7. MODELO DE REPARTO MODAL .....	4	5.3.2. Ajuste y resultados escenario base (2010) .....	29
2.8. MODELO DE ASIGNACION .....	5	<b>6. DEFINICIÓN DE ESCENARIOS FUTUROS Y RESULTADOS DEL MODELO (FASE D)</b> .....	<b>32</b>
2.9. CONCLUSIONES .....	6	6.1. INTRODUCCION Y OBJETO .....	32
<b>3. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE OTROS ESTUDIOS (FASE A2)</b> .....	<b>7</b>	6.2. DEFINICION DE ESCENARIOS FUTUROS .....	32
3.1. OBJETO .....	7	6.2.1. Escenarios macroeconómicos futuros .....	32
3.2. ESTUDIOS ANTERIORES .....	7	6.2.2. Proyectos de infraestructuras y servicios futuros .....	34
3.3. SINTESIS DE LOS RESULTADOS .....	9	6.2.3. Travesía de Gran Capacidad (TGC) de los Pirineos .....	34
<b>4. ANÁLISIS Y EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA (FASE B)</b> .....	<b>12</b>	6.2.4. Evolución de los parámetros de oferta .....	34
4.1. OBJETO .....	12	6.3. APLICACION DEL MODELO .....	36
4.2. DEMANDA GLOBAL .....	12	6.4. RESULTADOS .....	37
4.2.1. Metodología .....	12	6.4.1. Demanda global .....	37
4.2.2. Análisis de la demanda .....	13	6.4.2. Reparto modal .....	37
4.2.3. Resultados .....	14	6.4.3. Asignación de la demanda ferroviaria (escenario central) .....	42
4.3. IMPACTO DE LA CRISIS Y EFECTOS EN LA EVOLUCION RECIENTE .....	14	6.5. EVALUACION DE LOS RESULTADOS .....	43
4.4. ANALISIS SECTORIAL Y LOGISTICO .....	15	6.5.1. Impacto de la TGC sobre la carretera .....	43
4.5. ANALISIS DEL EFECTO FRONTERA .....	15	6.5.2. Evaluación de los resultados de las AF .....	43
4.5.1. Transporte por carretera .....	16	6.5.3. Análisis de sensibilidad de la captación de las AF .....	43
4.5.2. Transporte ferroviario .....	16	6.5.4. Comparación de los resultados .....	43
4.6. VARIABLES EXPLICATIVAS .....	17	<b>7. CONCLUSIONES</b> .....	<b>44</b>
4.6.1. Variables socioeconómicas .....	17	7.1. EVOLUCION DE LA OFERTA Y LA DEMANDA .....	44
4.6.2. Caracterización de la oferta .....	17	7.2. RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL ESCENARIO CENTRAL DESAGREGADOS SEGUN LOGIT ADITIVO E INCREMENTAL .....	45
<b>5. ACTUALIZACIÓN DEL MODELO (FASE C)</b> .....	<b>23</b>		
5.1. ACTUALIZACION DE LAS FASES DE GENERACION Y DISTRIBUCION .....	23		
5.1.1. Metodología .....	23		

## Liste des tableaux

Tableau 1.	Récapitulatif des études .....	8
Tableau 2.	Récapitulatif des résultats de demande des études.....	10
Tableau 3.	Flux 2010 modélisés (en milliers de tonnes) .....	14
Tableau 4.	Synthèse des coûts et prix - caractérisation de l'offre de transport terrestre.....	21
Tableau 5.	Synthèse des prévisions de croissance du PIB des différents scénarios .....	33
Tableau 6.	Evolution des coûts et prix de transport routier .....	34
Tableau 7.	Evolution du prix de transport, redevance et énergie.....	35
Tableau 8.	Demande globale selon le scénario.....	37
Tableau 9.	Trafics annuels (Mt) et nombre de circulations hebdomadaires 2 sens.....	42
Tableau 10.	Synthèse des résultats.....	46

## Liste des figures

Figure 1.	Phases de l'étude.....	2
Figure 2.	Évolution de la demande par modes de transport aux horizons de référence - Scénario central .....	38
Figure 3.	Évolution de la demande par modes de transport aux horizons de référence - Scénario bas.....	39
Figure 4.	Évolution de la demande par modes de transport aux horizons de référence - Scénario haut ...	40
Figure 5.	Évolution de la demande par modes de transport détaillés aux horizons de référence - Scénario central.....	41

## Índice de tablas

Tabla 1.	Síntesis de los Estudios.....	8
Tabla 2.	Síntesis de los resultados de demanda de los Estudios .....	10
Tabla 3.	Flujos 2010 modelizados (en millones de toneladas) .....	14
Tabla 4.	Síntesis de los costes y precios de la caracterización de la oferta para el transporte terrestre... ..	22
Tabla 5.	Síntesis de las previsiones de crecimiento del PIB de los diferentes escenarios .....	33
Tabla 6.	Evolución de los costes y precios del transporte por carretera.....	34
Tabla 7.	Evolución del precio del transporte, canon y energía.....	35
Tabla 8.	Demande global según escenarios .....	37
Tabla 9.	Traficos anuales (Mt) y numero de circulaciones por semana 2 sentidos .....	42
Tabla 10.	Resumen de resultados .....	46

## Índice de figuras

Figura 1.	Fases del Estudio .....	2
Figura 2.	Evolución de la demanda por modos de transporte en los horizontes de referencia - Escenario central.....	38
Figura 3.	Evolución de la demanda por modos de transporte en los horizontes de referencia - Escenario bajo .....	39
Figura 4.	Evolución de la demanda por modos de transporte en los horizontes de referencia - Escenario alto.....	40
Figura 5.	Evolución de la demanda por modos de transporte detallados en los horizontes de referencia - Escenario central .....	41

## 1. INTRODUCTION

### 1.1. Objet de l'étude

Les modèles de transport permettent de représenter des processus et faits complexes, via le choix de certaines hypothèses simplificatrices, rendant ainsi possible l'analyse de la situation actuelle et la réalisation de prévisions aux horizons futurs dans le cadre de situations déterminées (scénarios).

La formulation de tout modèle de transport nécessite :

- La définition de l'objet de l'analyse : les flux transpyrénéens de transport de marchandises
- La définition des variables explicatives décrivant les caractéristiques de l'objet de l'étude, leur évolution aux horizons futurs devant pouvoir être estimées,
- L'application d'une succession d'algorithmes mathématiques permettant de faire des prévisions aux horizons futurs.

L'objet principal de cette étude est de mettre à jour le modèle de trafic fret franco-espagnol, tout en portant une attention particulière à la révision de la méthodologie utilisée et l'amélioration des données de base, afin d'obtenir un outil robuste pour l'analyse des flux de marchandises actuels et futurs entre la péninsule ibérique et le reste de l'Europe.

Le modèle à actualiser est un modèle à 4 étapes construit à l'aide du logiciel CUBE, qui intègre les outils de systèmes d'information géographique (SIG) et d'analyses relatives au transport, ce qui permet d'assurer une représentation précise du zonage et du réseau.

Au cours de l'étude, il a été nécessaire de déterminer les caractéristiques des réseaux de transport pour chaque mode, du point de vue des infrastructures mais aussi au niveau fonctionnel (temps, vitesse, fréquence) et économique (coûts et prix). De même, les variables explicatives et les formulations mathématiques utilisées pour les prévisions de la demande ont été révisées, tout comme la définition et le calage des fonctions d'utilité, afin d'obtenir de modéliser les choix et comportement pour les différents flux.

Une fois le développement de cet outil de modélisation achevé, diverses hypothèses ont été retenues afin de simuler divers scénarios de croissance économique et ainsi fournir des premiers résultats issus du modèle. A noter que ces résultats et leur niveau de confiance sont étroitement liés aux hypothèses retenues pour chaque scénario.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Objeto del Estudio

Los modelos de transporte permiten representar procesos o sucesos complejos de forma más sencilla, mediante la adopción de determinadas hipótesis que simplifican la realidad, posibilitando tanto el análisis de la situación actual como la predicción de comportamientos futuros bajo ciertas situaciones controladas (escenarios).

La formulación de todo modelo de transporte requiere:

- La definición del suceso que necesita ser analizado: en el Estudio que nos ocupa, el flujo de mercancías a través de los Pirineos.
- La definición de las variables explicativas que describen las características del suceso a estudiar, y cuya evolución temporal sea factible de determinar.
- La aplicación de una sucesión de algoritmos matemáticos que doten al modelo de capacidad predictiva.

El objeto principal del presente Estudio es la actualización del modelo de transporte de mercancías franco-español existente, haciendo especial hincapié en la revisión de la metodología utilizada y en la mejora de las bases que lo sustentan, con el propósito de obtener una herramienta sólida para el análisis de los flujos de transporte de mercancías (actuales y futuros) entre la Península Ibérica y el resto de Europa.

El modelo objeto de actualización es un modelo en 4 etapas construido mediante la herramienta CUBE, que integra las herramientas de un Sistema de Información Geográfica (SIG) con las propias de análisis de transporte, lo que permite asegurar una representación precisa de la zonificación y de la red.

Durante este proceso ha sido necesario volver a caracterizar la red de transportes para cada modo, tanto a nivel físico (infraestructuras) como a nivel funcional (tiempos, velocidades, frecuencias) y a nivel económico (costes y precios). Del mismo modo, se han actualizado las previsiones de demanda, revisado las variables explicativas y la formulación matemática del modelo, así como la definición de sus funciones de utilidad y su calibrado, para obtener los patrones de comportamiento de los diferentes flujos.

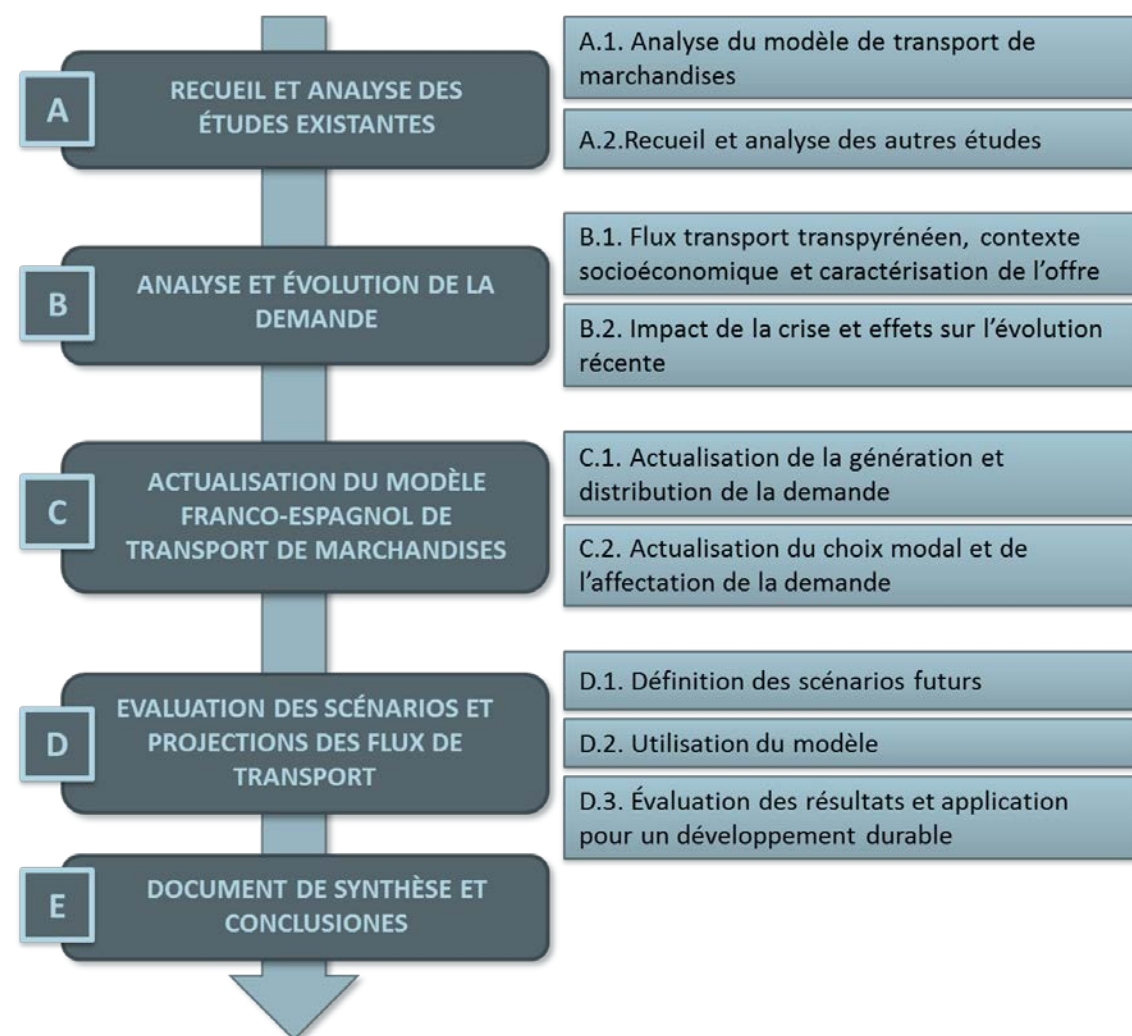
Una vez materializado el desarrollo de la herramienta de modelización, se realizan diversas hipótesis de cálculo para la simulación de varios escenarios de crecimiento económico y la aproximación de unos primeros resultados por parte del modelo, teniendo siempre presente que la capacidad predictiva del mismo responde solidariamente ante las hipótesis consideradas para cada escenario.

## 1.2. Objet du rapport

Le présent rapport constitue le document de synthèse de l'« Etude des flux de transports de marchandises entre la péninsule ibérique et le reste de l'Europe », pour le compte du GEIE NAFGCT et cofinancée par l'Union Européenne.

Ce rapport est une synthèse des documents précédents, reprenant les objectifs, résultats et principales conclusions de chacun d'eux.

Figure 1. Phases de l'étude

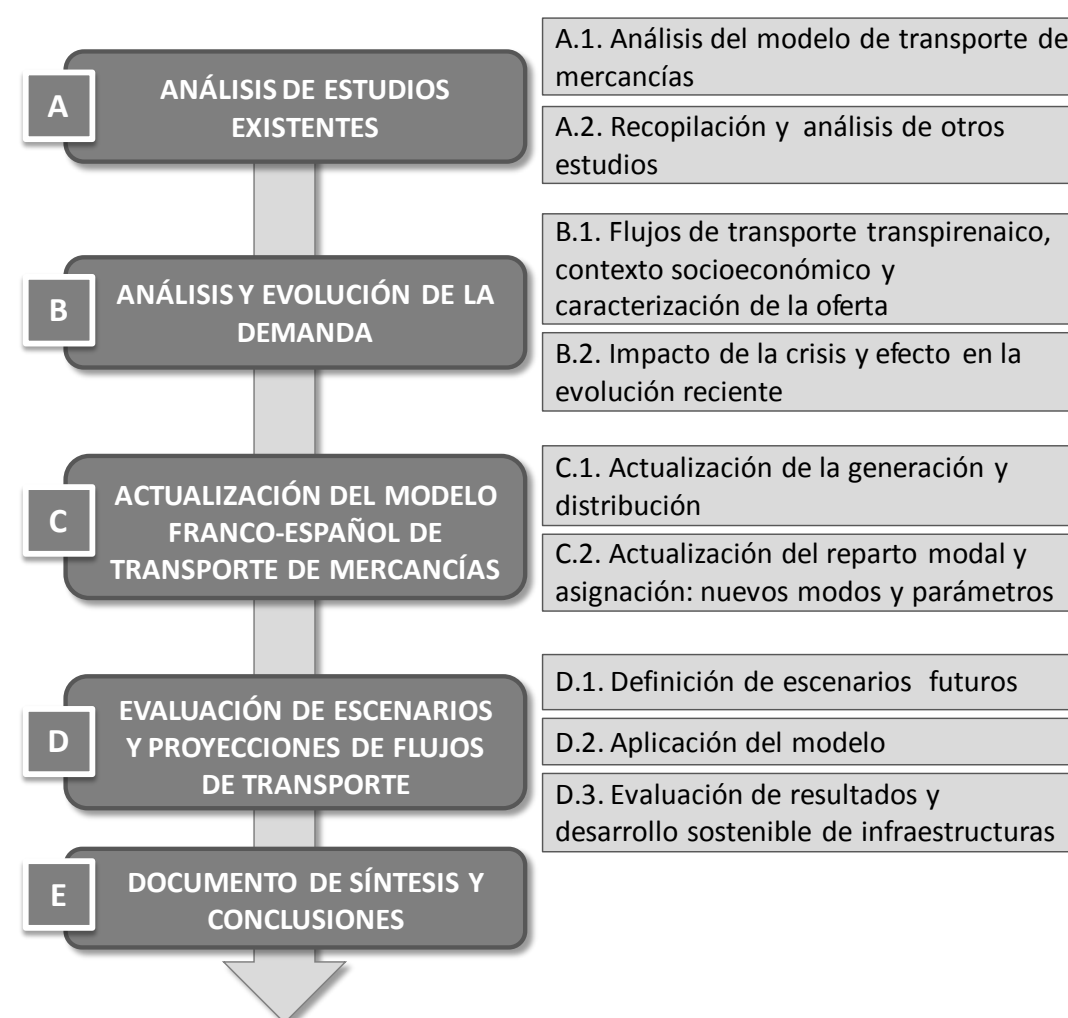


## 1.2. Objeto del informe

El presente informe se enmarca dentro del "Estudio de los Flujos de Transporte de Mercancías entre la Península Ibérica y el resto de Europa", dirigido por la AEIE Travesía de Gran Capacidad Pirineos, y cofinanciado con fondos de la Unión Europea.

Este informe es una síntesis de los documentos anteriores que, a modo de resumen ejecutivo, recoge los objetivos y alcances de los mismos, así como las principales conclusiones y resultados extraídos de cada uno de ellos.

Figura 1. Fases del Estudio





## 2. ANALYSE DU MODELE DE TRANSPORT DE MARCHANDISES FRANCO-ESPAGNOL (Phase A1)

### 2.1. Objet et sources

L'objet du rapport de phase A1 est l'analyse de la méthodologie suivie pour la réalisation du modèle de marchandises hispano-français développé par les sociétés EPYPSA, K+P et Nestear en 2009.

Les données sources pour cette analyse sont le document de référence et l'étude du modèle développé sous CUBE, qui comprend des outils de système d'information géographique et d'analyse, permettant une représentation du zonage et du réseau. L'année de base des données et infrastructures est 2004, et les horizons considérés sont 2015 et 2025.

### 2.2. Méthodologie

La méthodologie exposée suit un schéma classique pour ce type d'étude, incluant une estimation des flux de transport pour l'année de base et le développement d'un modèle de réseaux de transport pour les différents modes (routier, ferroviaire et maritime). Le modèle est un modèle à 4 étapes :

- 1) Elaboration des **matrices de l'année de base (2004)** à partir des données de demande disponibles. Pour ce faire, un périmètre d'étude et un zonage ont été définis. D'autre part, la demande a été désagrégée par type de marchandises (13 groupes) et mode de transport (6 modes).
- 2) **Modèle de croissance** des matrices de base aux horizons 2015 et 2025. Ce modèle est basé sur les prévisions de croissance sectorielles élaborées par le BIPE en 2005.
- 3) Modélisation des **niveaux de service** pour les modes routier, ferroviaire et maritime, ainsi que les combinaisons de modes (fer-route, fer-fer, etc.)
- 4) Le modèle de choix modal, noyau du modèle transpyrénéen, constitue la quatrième étape.
- 5) L'objectif de la dernière étape est de transformer les flux par mode et en tonnes en flux de véhicules, particulièrement trains et poids lourds. Ces flux sont par la suite affectés sur les réseaux. Pour les modes routier et ferroviaire, il s'agit d'un modèle d'affectation par coûts généralisés.

### 2.3. Définition du périmètre d'étude et du zonage

Le périmètre d'étude est l'Europe géographique (hors Russie, mais Turquie comprise). Le zonage est plus fin au voisinage des Pyrénées et plus agrégé lorsque l'on s'en éloigne.

### 2.4. Projection de la demande

Le modèle ne comprend pas de module de croissance de la demande globale.

## 2. ANALISIS DEL MODELO DE TRANSPORTE DE MERCANCIAS FRANCO-ESPAÑOL (Fase A1)

### 2.1. Objeto y base de los datos

El informe de fase A1 tiene por objeto la revisión de la metodología seguida para la realización del modelo de mercancías hispano-francés desarrollado por las empresas EPYPSA, K+P y Nestear en el año 2009.

La base para su elaboración ha sido la lectura del documento de referencia y el estudio del modelo desarrollado en el software CUBE, que integra las herramientas de un Sistema de Información Geográfica (SIG) con las propias de análisis de transporte, permitiendo una representación precisa de la zonificación y la red. El año base de referencia de los datos e infraestructuras de partida es el 2004 y los horizontes temporales de proyección de los flujos 2015 y 2025.

### 2.2. Metodología

La metodología planteada sigue un esquema habitual en este tipo de trabajo, incluyendo una estimación de los flujos de transporte en el año de base y el desarrollo de un modelo de las redes de transporte para los diferentes modos (carretera, ferroviario y marítimo). Se trata de un modelo de 4 etapas que se compone de:

- 1) Elaboración de las **matrices del año de base (2004)** como punto de partida a partir de los datos de demanda disponibles. Para ello se ha establecido un ámbito de estudio y una zonificación del mismo que sirve de referencia geográfica. Y por otra parte, se ha realizado una desagregación de la demanda por tipo de mercancías (13 grupos) y por modo de transporte (6 modos de transporte).
- 2) Un **modelo de crecimiento** que incrementa las matrices de base para el horizonte 2015 y 2025. La estimación de demanda en los años futuros se apoya en las tasas de crecimiento establecidas en un estudio macroeconómico sectorial previo, elaborado por BIPE en el año 2005.
- 3) La modelización de los **niveles de servicio** para los modos carretera, ferrocarril y mar, así como a las combinaciones de modos (ferrocarril – carretera - ; ferrocarril – ferrocarril, etc...).
- 4) El "núcleo" del modelo transpirenaico, el modelo de elección de modo, se encuentra en la cuarta etapa.
- 5) Transformar los flujos por modo en toneladas procedentes del modelo anterior en flujo de vehículos, particularmente camiones y trenes. Estos flujos serán asignados a sus respectivas redes. Para los modos de carretera y ferroviario, se trata de un modelo del tipo costes generalizados.

### 2.3. Definición del ámbito de estudio y zonificación

El ámbito de estudio se corresponde con Europa (excepto Rusia, pero incluyendo Turquía). La zonificación es más desagregada en la proximidad de los Pirineos y más agregada según se aleja de los Pirineos.

### 2.4. Proyección de la demanda

El modelo no integra ningún módulo de estimación del crecimiento de la demanda global.



Les taux de croissance utilisés pour les périodes 200-2015 et 2015-2025 proviennent de l'étude du BIPE, en estimant un scénario « moyen », moyenne arithmétique entre les taux de croissance des scénarios haut et bas établis pour tous les modes de transport (terrestres et maritime) dans cette étude.

## 2.5. Modélisation des caractéristiques fonctionnelles des réseaux

Le modèle transpyrénéen est basé sur un réseau multimodal combinant les réseaux ferroviaires, routiers et maritimes codé sous Cube.

Le **réseau ferroviaire** modélisé pour 2004 est constitué de 6 358 tronçons, pour environ 220 000 km de lignes ferroviaires. L'écartement de voie (UIC/ibérique) et la capacité ne sont pas codés. Les réseaux futurs (2015 et 2025) sont construits à partir du réseau de base auquel sont incorporés les différents projets prévus aux horizons considérés.

Le **réseau routier** modélisé pour l'année de base (2004) est composé de 38 804 tronçons pour environ 360 000 km. Le modèle ne comprend pas d'attributs pour spécifier le nombre de voies ou la capacité. De même que pour le ferroviaire, les réseaux des scénarios de référence 2015 et 2025 sont basés sur le réseau 2004 auquel s'ajoute les projets routiers prévus.

Le **réseau maritime** modélisé pour 2004 est constitué de 928 tronçons, pour environ 80.000 km de routes maritimes représentés.

## 2.6. Niveaux de service

A partir des caractéristiques fonctionnelles des réseaux, décrites dans les paragraphes précédents, les niveaux de service des différents modes sont calculés dans CUBE.

## 2.7. Modèle de partage modal

Une analyse du partage modal par groupe de marchandises en situation de base (2004) a été réalisée préalablement à la réalisation du modèle de partage modal afin de déterminer la relation entre le choix modal, la distance et le volume de l'envoi.

Ainsi, les variables déterminant le choix du mode de transport sont :

- Le temps de voyage.
- Le prix du transport, comme produit de la distance (en km), du prix unitaire par mode et groupe de marchandises (€/t.km) et du volume annuel pour chaque OD.
- La constante modale (par groupe de marchandises), pour tous les modes sauf le mode routier qui est le mode de « référence ».

La méthodologie utilisée pour le modèle de partage modal est basée sur l'application de modèles de type logit, qui permettent de calculer les probabilités de choix de chacun des modes de transport considérés. Le

Las tasas de crecimiento utilizadas para los periodos 2002 – 2015 y 2015 – 2025 provienen del estudio de BIPE, donde se ha considerado la media aritmética entre las tasas de crecimiento de los escenarios alto y bajo establecidos para todos los modos de transporte (terrestres y marítimo) en este estudio.

## 2.5. Modelización de las características funcionales de las redes

El modelo transpirenaico está basado en una red multimodal que combina las redes ferroviarias, de carreteras y marítimas codificadas en Cube.

La **red ferroviaria** modelizada en el año base (2004) está formada por 6.358 tramos, lo cual supone algo más de 220.000 km de líneas ferroviarias. El modelo no incluye atributos para especificar el ancho de vía (UIC/ibérico) o la capacidad. Sobre la red del año base se construyen los escenarios de referencia correspondientes a los horizontes de 2015 y 2025, en función de los proyectos ferroviarios previstos al norte y al sur de los Pirineos para dichos años.

La **red de carreteras** modelizada en el año base (2004) está formada por 38.804 tramos, lo cual supone algo más de 360.000 km de carreteras. El modelo no incluye atributos para especificar el número de carriles o la capacidad. Al igual que en el modo ferroviario, sobre la red del año base se construyen los escenarios de referencia correspondientes a los horizontes de 2015 y 2025, en función de los proyectos viarios previstos al norte y al sur de los Pirineos para dichos años.

La **red marítima** modelizada en el año base (2004) está formada por 928 tramos, lo cual supone algo más de 80.000 km de rutas marítimas.

## 2.6. Niveles de servicio

A partir de las características funcionales de las redes, descritas en los apartados anteriores, se calculan a través del software CUBE los niveles de servicio de los diferentes modos.

## 2.7. Modelo de reparto modal

Previo al modelo de reparto modal, se realizó un análisis del reparto modal por grupos de mercancías en la situación base (año 2004) con el objetivo de determinar la relación entre la elección modal y la distancia y el volumen de carga a transportar.

Las variables que determinan la elección del modo de transporte son:

- El tiempo del viaje.
- El precio del transporte, como producto de la distancia (en km), del precio unitario por modo y por grupo de mercancías (€/tkm) y del volumen anual para cada par origen/destino.
- La constante modal (por grupo de mercancías), para todos los modos excepto carretera, el modo de "referencia".

La metodología utilizada en el modelo de reparto modal se basa en la aplicación de modelos tipo logit que permiten calcular las probabilidades de elección de cada uno de los modos de transporte considerados.

partage modal des scénarios futurs se fait via l'utilisation sous CUBE des modèles ajustés avec une application en pivot.

Le choix d'une formulation en pivot permet de mieux rendre compte des variations par rapport à la situation de base, utilisée comme "pivot" autour duquel on construit à la nouvelle situation.

Deux types de pivot ont été utilisés dans ce cas:

- Pivot multiplicatif: Pour les relations OD pour lesquelles il existe une demande ferroviaire dans la situation de base (2004).
- Pivot additif: Pour les relations OD sans demande ferroviaire dans la situation de base (2004).

Une fois les fonctions d'utilité calibrées dans Alogit, une série d'applications Cube permettent le calcul des matrices modales pour chacun des scénarios. L'application est composée de 15 sous-programmes s'exécutant de manière séquentielle.

## 2.8. Modèle d'affectation

Le modèle d'affectation permet de réaliser un choix d'itinéraire et de représenter les flux de trafic provenant des matrices sur le réseau multimodal. L'itinéraire choisi est celui qui minimise le coût généralisé, pour le mode ferroviaire et pour le mode routier. En considérant une valeur du temps représentative pour tous les groupes de marchandises de 0,05€/min, la fonction de coût généralisé est définie ainsi :

$$\text{Coût généralisé} = 0,70 \times \text{temps} + 13,8 \times \text{coût}$$

Avec :

Temps = temps de parcours (pénalités de temps transfrontalières incluses) en min/train.km

Coût = coût de transport en €/train.km

L'affectation sous CUBE est réalisée en 4 étapes successives:

- Etape 1: Affectation sur le réseau multimodal de la demande correspondant au fer-fer en transport combiné,
- Etape 2: Affectation sur le réseau résultant de la 1ère étape de la demande correspondant au fer-route en transport combiné,
- Etape 3: Affectation sur le réseau résultant de la 2nde étape de la demande correspondant au fer-fer conventionnel,
- Etape 4: Affectation sur le réseau résultant de la 3ème étape de la demande correspondant au fer-route conventionnel,

Para la obtención del reparto modal en los escenarios futuros se ha utilizado la implementación en CUBE de los modelos ajustados y se utilizó una formulación logit con pivot.

La elección de esta formulación referida a variaciones relativas respecto al escenario actual, en lugar de considerar variaciones absolutas de las utilidades, permite "pivotar" en torno a la situación actual.

Bajo este modelo logit, se utilizaron dos formulaciones:

- Logit incremental: Para las relaciones O/D con demanda ferroviaria en el escenario base (2004).
- Logit aditivo: Para las relaciones O/D sin demanda ferroviaria en el escenario base (2004).

Una vez calibradas las funciones de utilidad en el programa Alogit, se desarrollaron una serie de aplicaciones en CUBE para el cálculo de las matrices modales en cada uno de los escenarios planteados. La aplicación se compone de 15 subprogramas que se ejecutan de forma secuencial.

## 2.8. Modelo de asignación

El modelo de asignación permite realizar la elección de los itinerarios y representar los flujos de tráfico en la red multimodal. El cálculo del itinerario se efectúa teniendo en cuenta el camino que minimiza el coste generalizado, para el ferrocarril y para la carretera. Considerando un **valor del tiempo** representativo para todos los grupos de mercancías de **0,05€/min**, la función de coste generalizado queda definida de la siguiente forma:

$$\text{Costes generalizados} = 0,70 \times \text{tiempo} + 13,8 \times \text{coste}$$

Dónde:

Tiempo = tiempo de recorrido (incluidas penalizaciones de tiempo transfronterizas) en min/tren.Km

Coste = coste de transporte en €/tren.Km

La asignación en Cube se realiza en 4 etapas sucesivas:

- Etapa 1: Asignación sobre la red multimodal de la demanda correspondiente al ferrocarril-ferrocarril TC.
- Etapa 2: sobre la red resultante de la primera etapa se asigna la demanda correspondiente al modo ferrocarril – carretera TC.
- Etapa 3: sobre la red resultante de la segunda etapa se asigna la demanda correspondiente al modo ferrocarril – ferrocarril convencional.
- Etapa 4: sobre la red resultante de la tercera etapa se asigna la demanda correspondiente al modo ferrocarril – carretera convencional.

## 2.9. Conclusions

Suite à l'analyse du modèle franco-espagnol de transport de marchandises, on peut dire que ce modèle est, d'un point de vue global, très complet et prend en compte de nombreux aspects spécifiques des différents modes de transport et type de marchandises afin de reproduire de la manière la plus fidèle possible le trafic de marchandises à travers les Pyrénées.

En conclusion, le modèle de transport de marchandises à travers les Pyrénées (2009) est un modèle complet et détaillé qui peut être utilisé comme base pour la construction d'un nouveau modèle actualisé.

Les améliorations potentielles identifiées sont les suivantes:

1. Prendre en compte les dernières données disponibles (actualisation à 2010), principalement pour l'élaboration des matrices de demande.
2. Vérifier et actualiser à 2010 les réseaux de tous les modes pour le scénario base, et mettre à jour les projets à considérer pour chacun des horizons des scénarios futurs.
3. Sur le réseau ferroviaire, inclure des attributs pour distinguer les tronçons selon l'écartement de voie (UIC / ibérique).
4. Vérifier et actualiser tous les paramètres des coûts, prix et pénalisations en se basant sur les informations actualisées disponibles.
5. Création d'un modèle de croissance de la demande globale par type de marchandises basé sur des séries chronologiques liant les trafics aux variables socio-économiques les plus appropriées.
6. Dans l'estimation des coûts et tarifs ferroviaires, établir une différenciation plus claire entre le nord et le sud des Pyrénées.
7. La base de données utilisée comme données d'entrée du programme Alogit n'ayant pas été fournie, l'analyse détaillée du calibrage des modèles n'est pas possible. Le calage du partage modal est très conditionné par les erreurs pouvant découler de l'élaboration des matrices de demande. Il serait donc intéressant de compléter les données d'entrées par des observations individuelles (Enquêtes de Préférences Déclarées réalisées lors d'études précédentes).
8. Il serait intéressant d'introduire des paramètres supplémentaires comme la fiabilité et la qualité de service dans les fonctions d'utilité (seul le retard a été pris en compte pour le groupe CMP4).
9. Pour l'étape d'affectation, affiner le nombre de circulations maximales sur le réseau ferroviaire (capacité).

## 2.9. Conclusiones

Una vez realizado el análisis del modelo franco-español de transporte de mercancías se considera que el trabajo realizado, desde un punto de vista global, es muy completo y se ha tenido en cuenta numerosos aspectos y condicionantes específicos de cada modo de transporte y cada tipo de mercancía con el objetivo de reproducir de una forma lo más fiel posible el tráfico de mercancías a través de los Pirineos.

En conclusión, el modelo de transporte de mercancías a través de los Pirineos (2009) es un modelo completo y detallado que puede ser utilizado como base para la construcción de un nuevo modelo actualizado.

Como posibles aspectos a mejorar se han detectado los siguientes:

1. Considerar los últimos datos disponibles (actualización a 2010), principalmente para la elaboración de las matrices de demanda.
2. Revisar y actualizar a 2010 las redes de todos los modos para el escenario base, así como poner al día los proyectos a considerar en cada uno de los horizontes temporales de los escenarios futuros.
3. En la red ferroviaria, incorporar atributos para distinguir los tramos según el ancho de vía.
4. Actualizar los parámetros de costes, precios y penalizaciones en base a información disponible.
5. Creación de un modelo de crecimiento de la demanda global por tipo de mercancía basado en las series cronológicas que relacionan los tráfico con las variables socioeconómicas más apropiadas.
6. En la estimación de determinados costes y tarifas ferroviarias establecer una diferenciación clara entre el norte y sur de los Pirineos.
7. Dado que no se dispone de la base de datos introducida en el programa Alogit no se ha podido hacer una revisión en profundidad del calibrado de los modelos. El ajuste del reparto modal está muy condicionado por los errores derivados de las estimaciones e hipótesis asumidas durante la fase de elaboración de las matrices de demanda. Sería conveniente complementar esta información de partida con datos desagregados procedentes de observaciones individuales de viajes (Encuestas de Preferencias Declaradas realizadas en estudios previos).
8. En la definición de las funciones de utilidad sería interesante incluir algún otro parámetro como la fiabilidad y la calidad de los servicios (únicamente se ha considerado el retraso en el grupo CMP4: productos alimentarios y forrajes).
9. En la etapa de asignación, afinar en el número de circulations máximas sobre la red ferroviaria (capacidad).



### 3. COMPILATION ET ANALYSE DES ETUDES EXISTANTES (Phase A2)

---

#### 3.1. Objet

Le rapport de phase A2 a pour objet l'analyse des études et données existantes relatives aux trafics transpyrénéens de marchandises afin d'identifier les paramètres retenus pour l'évolution et l'affectation des flux, afin de pouvoir établir des règles de construction de scénarios futurs et servir de source pour l'actualisation du modèle franco-espagnol de transport de marchandises existant.

#### 3.2. Etudes et données existantes

La sélection d'études a été réalisée sur la base des connaissances du bureau d'études et de la Direction d'étude, en tâchant de couvrir les différents aspects à considérer pour la mise à jour du modèle, c'est-à-dire la génération, la distribution, le partage modal et l'affectation de la demande.

Le tableau suivant présente la sélection d'études et données retenue et analysée.

### 3. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE OTROS ESTUDIOS (Fase A2)

---

#### 3.1. Objeto

El informe de la fase A2 tiene por objeto realizar un análisis de los estudios existentes de tráfico transpirenaicos de mercancías con el fin de identificar las particularidades en la evolución y asignación de los mismos, así como sus proyecciones a futuro, de forma que permita establecer pautas de construcción de escenarios futuros y sirva de fuente para la actualización del modelo hispano-francés de transporte de mercancías de 2009.

#### 3.2. Estudios anteriores

La selección de los estudios ha sido realizada en base a los conocimientos del consultor y de la Dirección del Estudio, procurando cubrir los distintos aspectos a considerar en la actualización del modelo, esto es, generación, distribución, reparto modal y asignación de la demanda.

La siguiente tabla expone la selección de estudios y datos realizada y analizada.

Tabla 1. Síntesis de los Estudios  
 Tableau 1. Récapitulatif des études

	Titre / Título	An/Año	Organisme / Organismo	Consultant / Consultor
1	Modelo franco-español de transporte de mercancías a través de los Pirineos	2009	Mº Fomento y M. Equipement	EPYPSA KP NESTEAR
2	Élaboration d'un modèle de trafic fret et voyageurs pour les flux transpyrénéens	2005	RFF	MVA KP EPYPSA
3	Estudio de prospectiva de las comunicaciones transpirenaicas	2005	CTP	INECO
4	Publicaciones del Observatorio hispano-francés de Tráfico en los Pirineos	2006-2011	M. Fomento y M. Equipement	-
5	Encuestas TRANSIT 2004 de tráfico de mercancías en los Pirineos	2004	M. Fomento y M. Equipement	-
6	Encuestas TRANSIT 2010 de tráfico de mercancías en los Pirineos	2010	M. Fomento y M. Equipement	-
7	Estudio de evaluación global de los flujos de mercancías con vistas a 2015 /2025	2006	M. Fomento y M. Equipement	BIPE
8	Enquêtes PL Tunnel du Somport	2008	DREAL Midi-Pyrénées	-
9	Anuario estadístico	2010	Puertos del Estado	-
10	Estadísticas aduaneras España	2010	Estado español	-
11	Statistiques douanières France	2010	Etat français	-
12	Encuestas de Preferencias Declaradas realizadas por el Grupo de Trabajo para las conexiones hispano-francesas a través de los Pirineos para conocer características y variables explicativas de la demanda más allá de las tradicionales.	2005	M. Equipement	STRATEC et JLR
13	Estudio de desarrollo de servicios de autopistas ferroviarias en la Península Ibérica en el año 2020	2011	AEIE Sur Europa Atlántico Vitoria – Dax	INECO y SETEC
14	Estudios sobre la nueva línea Perpignan – Montpellier	2007	RFF	EGIS Rail et ISIS
15	Estudio sobre el Eje Atlántico	2011	RFF	NESTEAR
16	Análisis de impacto territorial de la Travesía Central de los Pirineos	2009	Gobierno de Aragón	Idom et Oréade-Brèche
17	Análisis de los escenarios de emisiones derivados de la explotación de la Travesía Central Pirenaica	2009	Gobierno de Aragón	Institut Cerdà
18	Impacto desde el punto de vista logístico de la Travesía Central de los Pirineos en las principales infraestructuras e industrias del Sudoeste europeo	2009	Fundación Transpirenaica	ZLC
19	Estudio de viabilidad del ferroustage en el eje prioritario nº16 Sines / Algeciras – Madrid – Paris	2010	Fundación Transpirenaica	Consultrans
20	Estudio de viabilidad de la reapertura del túnel de Canfranc	2009	Consejo Económico y Social de Aragón	INECO
21	Rapport Poinssot	2004	LTF SAS	AXEP Consulting

### 3.3. Synthèse des résultats

Le tableau ci-dessous présente un résumé des principaux résultats des études existantes pour lesquelles une projection des flux de transport a été réalisée. Les résultats sont distingués en fonction de l'horizon (2015, 2020 et 2025) et du type de flux (demande globale, modes terrestres uniquement, modes ferroviaires, TCP).

Il faut prendre en compte lors des comparaisons un certain nombre de limites indiquées après le tableau, mais aussi le fait que selon l'année de réalisation de l'étude, ces résultats ne prennent pas en compte l'effet de la récente crise économique.

### 3.3. Síntesis de los resultados

En la tabla siguiente se muestra un resumen con los principales resultados de los estudios anteriormente citados, en relación con los flujos totales de transporte de mercancías modelizados para los escenarios 2015, 2020 y 2025, así como los flujos de transporte terrestre y ferroviarios.

En la valoración de los resultados se ha de tener en cuenta el año de elaboración de algunos estudios, que no contemplan los efectos de la reciente crisis económica.



Tabla 2. Síntesis de los resultados de demanda de los Estudios  
 Tableau 2. Récapitulatif des résultats de demande des études

Flux / Flujos (millions de tonnes / millones de toneladas)			Flux totaux / Flujos totales				Flux terrestres / Flujos terrestres				Flux ferroviaires / Flujos ferroviarios			Flux TCP / Flujos TGC		
Etude / Estudio	Organisme / Organismo	Scénario / Escenario	2015	2020	2025	2035	2015	2020	2025	2035	2015	2020	2025	2015	2020	2025
Modèle franco-espagnol de transport de marchandises à travers les Pyrénées / Modelo franco-español de transporte de mercancías a través de los Pirineos	M <sup>e</sup> Fomento y M. Equipement	Tendanciel / Tendencial	232	264	302		129	145	162		9,3 (1)	10,0	10,7 (1)	-	-	-
		Référence / Referencia	232	264	302		130	145	163		12,1 (1)	14,3	17 (1)	-	-	-
		Projet / Proyecto			302				163				18,4 (1)	-	-	4,7
Élaboration d'un modèle de trafic fret et voyageurs pour les flux transpyrénéens / Modelo de tráfico de mercancías y viajeros para los flujos transpirenaicos		Réf élasts convergentes à 2025 / Ref elasticidades convergentes a 2025	311	329	348		153	162	171		19,1 (2)	22,7	27,1 (3)			
		Réf élasts constantes à 2025 / Ref elasticidades constantes a 2025	311	356	407		153	175	201				30,9 (3)			
Etude de prospective des communications transpyrénéennes / Estudio de prospectiva de las comunicaciones transpirenaicas	CTP	Optimiste / Optimista	424	518	619		167	204	243		18,3	22,3	26,7			
		Pesimiste / Pesimista	352	407	464		138	160	282		15,2	17,5	20,0			
Etude d'évaluation globale des flux de marchandises aux horizons 2015-2025 / Estudio de evaluación global de los flujos de mercancías con vistas a 2015 /2025	M. Fomento y M. Equipement	Bas / Bajo					141	150	159							
		Haut / Alto					161	185	212							
Estudio de desarrollo de servicios de autopistas ferroviarias en la Península Ibérica en el año 2020	AEIE Sur Europa Atlántico Vitoria - Dax	Mode routier uniquement, projections basées sur taux de croissance étude GPSO phase 2 Sólo modo carretera, proyecciones basadas en tasas de crecimiento del estudio GPSO fase 2														
Etudes sur la ligne nouvelle Montpellier-Perpignan (LNMP) / Estudios sobre la nueva línea Perpignan - Montpellier	RFF	Central PEIT complet / Central con PEIT completo	313	335	352		154	164	173		19,2 (4)	22,8 (4)	26,8 (4)			
		Central PEIT partiel / Central con PEIT parcial	313	335	352		154	164	173			20,6 (4)				
		Haut PEIT complet / Alto con PEIT completo	343	370	396		169	182	195		21,1 (4)	25,3 (4)	30 (4)			
		Haut PEIT partiel / Alto con PEIT parcial	343	370	396		169	182	195			22,7 (4)				

Flux / Flujos (millions de tonnes / millones de toneladas)			Flux totaux / Flujos totales				Flux terrestres / Flujos terrestres				Flux ferroviaires / Flujos ferroviarios			Flux TCP / Flujos TGC		
Etude / Estudio	Organisme / Organismo	Scénario / Escenario	2015	2020	2025	2035	2015	2020	2025	2035	2015	2020	2025	2015	2020	2025
Etude Axe Atlantique (GPSO) / Estudio sobre el Eje Atlántico	RFF	Choc permanent / Choque permanente						123	132	151						
		Décennie perdue / Decenio perdido						126	136	160						
		Rebond / Rebote						135	148	178						
Estudios reapertura Pau - Canfranc	RFF	Prévisions tunnel Canfranc uniquement / Previsiones sobre el túnel de Canfranc solamente														
Analyse de l'impact territorial de la traversée centrale des Pyrénées / Análisis de impacto territorial de la Travesía Central de los Pirineos	Gobierno de Aragón	Sans TCP						134				13				
		Avec TCP pessimiste						134				26				
		Avec TCP optimiste						134				51				
		Sans TCP / Sin TCP						67 (5)				2,6 (5)				
		Avec TCP pessimiste / Con TCP pesimista						67 (5)				5,0 (5)				
Analyse des scénarios d'émissions liés à l'exploitation de la traversée centrale des Pyrénées / Análisis de los escenarios de emisiones derivados de la explotación de la Travesía Central Pirenaica	Gobierno de Aragón	Scénario base (~ref) / Escenario base (~referencia)							250 (6)				21,0 (6)			-
		Scenario 1 / Escenario 1							250 (6)				55,0 (6)			34,1 (6)
		Scenario 2 / Escenario 2							250 (6)				42,7 (6)			21,7 (6)
Impacto desde el punto de vista logístico de la Travesía Central de los Pirineos en las principales infraestructuras e industrias del Sudoeste europeo	Fundación Transpirenaica	Estimation de l'augmentation de la part du fer à la mise en service de la TCP pour divers types de marchandises Estimación del aumento de la cuota ferroviaria con la puesta en servicio de la TCP para diferentes tipos de mercancías														
Etude de faisabilité du ferroutage sur l'axe 16 Sines/Algeciras-Madrid-Paris / Estudio de viabilidad del ferroutage en el eje prioritario nº16 Sines / Algeciras - Madrid - Paris	Fundación Transpirenaica	-														36-37 (7)

(1) y compris 3,5-4,0Mt de fer-route / incluidos 3,5-4,0Mt de ferrocarril-carretera

(2) y compris 2,2Mt de fer-route, 1,8Mt induits non inclus / incluidos 2,2Mt de ferrocarril-carretera, 1,8Mt inducidos non incluidos

(3) y compris 0,5-0,6Mt de fer-route, 2,2Mt induits non inclus / incluidos 0,5-0,6Mt de ferrocarril-carretera, 2,2Mt inducidos non incluidos

(4) fer-route supposé nul / ferrocarril-carretera supuesto nulo

(5) flux ES+PT/FR uniquement (50% des flux terrestres et 20% des flux ferroviaires transpyrénéens en 2009) / flujos ES+PT-FR únicamente (50% de los flujos terrestres y 20% de los flujos ferroviarios transpirenaicos en 2009)

(6) Entre 2025 et 2030 / Entre 2025 y 2030

(7) Demande potentielle pour le ferroutage par l'axe central / Demanda potencial para el ferroutage por el eje central

*En italique les valeurs interpolées entre deux horizons / En letra cursiva los valores interpolados entre dos horizontes*

## 4. ANALYSE ET EVOLUTION DE LA DEMANDE (Phase B)

---

### 4.1. Objet

Le rapport de phase B a pour objet la présentation de la méthodologie suivie pour la constitution des matrices de demande de l'année de base (2010), l'analyse de la demande et la compilation d'informations relatives à l'offre afin de pouvoir mettre à jour les réseaux de transport modélisés.

### 4.2. Demande globale

#### 4.2.1. Méthodologie

Les principales sources utilisées pour la mise à jour de la matrice de demande sont l'enquête Transit (2010), les enquêtes complémentaires aux passages centraux (2010), la base de données Rail\_go d'Eurostat (2010) et les données maritimes de l'OTP (2009). A noter que contrairement à 2004, l'enquête Transit 2010 n'est pas complétée par un volet ferroviaire.

##### 4.2.1.1. Route

Une nouvelle matrice routière 2010 est constituée à partir de l'enquête Transit 2010 complétée par les enquêtes de l'OTP aux points frontières centraux. Le zonage géographique de l'enquête Transit 2010 est suffisamment détaillé pour s'adapter au zonage de la présente étude<sup>1</sup>.

##### 4.2.1.2. Fer-fer

La matrice fer-fer 2010 est donc obtenue par le recalage de la matrice fer-fer 2004 sur les volumes Eurostat 2010 par pays et par sens.

##### 4.2.1.3. Fer-route

La matrice fer-route est constituée en deux étapes : tout d'abord par l'application à la matrice fer-route 2004 de taux de croissances similaires à ceux observés par Eurostat pour le ferroviaire (pour les échanges péninsule ibérique-pays par sens), puis par un recalage du volume global fer-route 2010 sur un volume estimé grâce à une régression linéaire du ratio des volumes Fer-Rte/ Fer-Fer entre 1991 et 2006.

---

<sup>1</sup> A noter que les flux routiers traversant la frontière en provenance ou à destination du Maroc ont été identifiés dans l'enquête Transit 2010. Ils représentent environ 700.000 tonnes au total et n'avaient pas été retenus dans le modèle précédent.

## 4. ANÁLISIS Y EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA (Fase B)

---

### 4.1. Objeto

El informe de fase B tiene por objeto presentar la metodología seguida para la constitución de la matriz de demanda para el año base (2010) que se introducirá en el modelo, realizar un análisis de los principales resultados y recopilar la información de los parámetros que caracterizan la oferta para actualizar las redes del modelo.

### 4.2. Demanda global

#### 4.2.1. Metodología

Las principales fuentes utilizadas para la actualización de la matriz de demanda son la encuesta Transit (2010), las encuestas complementarias en los pasos centrales (2010), la base de datos Rail\_go de Eurostat (2010) y los datos marítimos del OTP (2009). Al contrario que en 2004, la encuesta Transit 2010 no incluye la parte ferroviaria.

##### 4.2.1.1. Carretera

A partir de la encuesta Transit 2010, complementada por las encuestas del Observatorio de Transporte de los Pirineos (OTP) en los puntos fronterizos centrales, se constituye la matriz de carretera 2010. La zonificación geográfica de la encuesta Transit 2010 es suficientemente detallada para adaptarse a la zonificación de este estudio<sup>2</sup>.

##### 4.2.1.2. Ferrocarril-ferrocarril

Para la obtención de la matriz ferroviaria 2010 se ha recalibrado la matriz de 2004 con los volúmenes por país y sentido de la base de datos de Eurostat 2010.

##### 4.2.1.3. Ferrocarril-carretera

La matriz ferrocarril-carretera está formada en dos etapas: en un primer paso por la aplicación a la matriz ferrocarril-carretera 2004 de tasas de crecimiento similares a las observadas por Eurostat para el ferrocarril (para los intercambios Península Ibérica – país por sentido), y posteriormente por un recalibrado del volumen total ferrocarril-carretera 2010 en un volumen estimado gracias a una regresión lineal de la ratio de volúmenes ferrocarril-carretera / ferrocarril-ferrocarril entre 1991 y 2006.

---

<sup>2</sup> Los flujos de carretera que atraviesan la frontera con origen o destino Marruecos, que no habían sido considerados en el modelo anterior y que representan 700.000 t, son tenidos en cuenta en el nuevo modelo.



#### 4.2.1.4. Maritime

L'utilisation combinée des dernières données détaillées disponibles auprès de l'OTP (volumes d'échanges 2009 entre les différents ports de la péninsule ibérique et les pays de l'Europe géographique, par sens) et du modèle précédent (détail du port d'origine/destination en dehors de la péninsule ibérique) a permis de calculer les taux de croissance des échanges entre les pays de la péninsule ibérique et chacun de ses pays partenaires par sens.

#### 4.2.1.5. Distinction des flux OD portuaires

L'ensemble des enquêtes utilisées pour construire les matrices (ET2010 pour la route et ET2004 recalée pour le fer) comporte des flux dont l'origine est un port maritime, et donc une origine réelle de la marchandise plus lointaine (Asie par exemple). L'identification de ces flux est nécessaire pour pouvoir éventuellement leur appliquer une croissance différente de celle du pays où se situe le port.

En ce qui concerne le transport routier, la source utilisée pour l'identification de ces flux est l'enquête Transit.

Pour le transport ferroviaire, aucune source n'identifie clairement ces flux. Par hypothèse, on retiendra 25% du trafic pour les OD ayant comme origine ou destination l'une des zones identifiées dans l'analyse des flux portuaires routiers et pour lesquels il existe un flux de transport combiné.

#### 4.2.2. **Analyse de la demande**

Les modes cités dans ce paragraphe sont relatifs au mode de transport au passage de la frontière.

Le volume total **routier** de l'enquête Transit 2010, y compris passages centraux, est de 89,6 millions de tonnes<sup>3</sup>. L'Espagne, générateur principal de la péninsule ibérique représente 89% des échanges, contre 10% pour le Portugal et 1% pour le Maroc.

Concernant les flux routiers modélisés, le volume global des échanges entre la péninsule ibérique et le reste de l'Europe est en très légère hausse entre les matrices 2004 et 2010, passant de 88,2 à 88,9 millions de tonnes, soit une augmentation de 1%. A noter que les flux modélisés 2004 n'incluaient pas les échanges avec le Maroc, et la comparaison est donc légèrement biaisée. En comptabilisant les échanges avec le Maroc pour les flux 2004, le volume passe de 88,7 millions de tonnes en 2004 à 88,9 millions de tonnes en 2010, soit une hausse limitée à 0,2%. Les principales marchandises échangées restent les mêmes en 2004 et 2010.

Pour le transport **ferroviaire**, le volume global 2010 des flux à la frontière et modélisés est de 2,5 millions de tonnes. L'Allemagne est le pays partenaire ferroviaire principal de la péninsule ibérique avec 62% des exportations et 42% des importations. Pour les exportations, viennent ensuite la Belgique (12% des exports), la France (11% des exports) et le Royaume-Uni (7% des exports). En termes d'importations, la France vient juste après l'Allemagne, avec 31% des imports, puis la Belgique avec 20% des imports.

#### 4.2.1.4. Marítimo

Se ha utilizado de forma combinada los últimos datos disponibles del OTP (volúmenes de intercambio 2009 entre los diferentes puertos de la Península Ibérica y los países de Europa) y del modelo anterior (detalle del puerto de origen / destino fuera de la Península Ibérica). La utilización combinada de estas dos series de datos permite calcular las tasas de crecimiento de los intercambios entre los países de la Península Ibérica y cada uno de sus países socios por sentido.

#### 4.2.1.5. Distinción de los flujos O/D portuario

El conjunto de las encuestas utilizadas para construir las matrices (ET2010 para la carretera y ET2004 recalibrada para el ferrocarril) comprende flujos cuyo origen es un puerto marítimo, y por tanto el origen real de la mercancía es más lejano (Asia por ejemplo). Para poder eventualmente aplicar a estos flujos un crecimiento diferente del país en que se sitúa el puerto, se han distinguido estos flujos del resto de la matriz.

En el transporte por carretera, la fuente utilizada es la encuesta Transit.

Para el transporte ferroviario, ninguna fuente identifica claramente estos flujos. Por hipótesis, se tomará 25% del tráfico para los OD que tengan como origen o destino una de las zonas identificadas en el análisis de flujos portuarios de carretera y para los que existe un flujo de transporte combinado.

#### 4.2.2. **Análisis de la demanda**

Los modos citados en este epígrafe son relativos al modo de transporte de paso de la frontera.

En relación con el **transporte por carretera**, el volumen total de mercancías dado por la encuesta Transit 2010, incluyendo los pasos centrales, es de 89,6 millones de toneladas<sup>4</sup>. España genera el 89% de los intercambios a través de la frontera franco-española, Portugal un 10% y Marruecos el 1% restante.

En lo relativo a los flujos de carretera modelizados, el volumen global de los intercambios entre la Península ibérica y el resto de Europa está en ligero alza entre las matrices 2004 y 2010, pasando de 88,2 a 88,9 millones de toneladas, lo que supone un aumento del 1%. Los flujos modelizados en 2004 no incluían los intercambios con Marruecos, estando la comparación ligeramente sesgada. Si se contabilizan los intercambios con Marruecos para los flujos 2004, el volumen pasa de 88,7 millones de toneladas en 2004 a 88,9 millones de toneladas en 2010, un incremento del 0,2%. Las principales mercancías intercambiadas siguen siendo las mismas en 2004 y 2010.

En el **transporte por ferrocarril** el volumen global 2010 de los flujos modelizados es de 2,5 millones de toneladas. Alemania es el país con más intercambios ferroviarios con la Península Ibérica, con el 62% de las exportaciones y el 42% de las importaciones. En las exportaciones, le siguen Bélgica (12% de las exportaciones), Francia (11%) y Reino Unido (7%). En términos de importaciones, Francia está en segundo lugar, con el 31% de las importaciones, seguida por Bélgica (20%).

<sup>3</sup> Hors routes nationales littorales, considérées comme support de trafic local uniquement, qui ne sont pas enquêtées. Pour information, le trafic sur ces deux routes littorales est estimé par l'OTP à 4,7 millions de tonnes annuelles en 2009.

<sup>4</sup> No incluidas las carreteras nacionales litorales, consideradas como soporte de tráfico local únicamente, y que no son encuestadas. Como dato, el tráfico en estas dos carreteras nacionales litorales es estimado por el OTP en 4,7 millones de toneladas anuales en 2009.

En 2010, l'ensemble des échanges de marchandises par voie maritime entre la péninsule ibérique et l'Europe est estimé à 116,3 millions de tonnes. Les flux sont très déséquilibrés, avec 75% d'importations et 25% d'exportations.

Le volume global des flux maritimes modélisés est de 78,6 millions de tonnes. Ceci est lié au périmètre de modélisation (n'intégrant pas la Russie par exemple) et aux flux non identifiés dans les données OTP, comme c'était déjà le cas dans le modèle précédent.

#### 4.2.3. Résultats

Les flux prédominants sont les flux routiers et maritimes, avec respectivement 51% et 46% de la matrice tous modes. Le ferroviaire (fer-fer + fer-route) ne représente que 3% des flux en 2010, et sa part modale est en recul au profit de la route d'environ un point par rapport à 2004.

Les groupes de marchandises les plus représentés sont le CMP 13 (Autres produits manufacturés et articles divers), CMP 12 (Véhicules et matériel de transport), CMP 11 (Produits chimiques), CMP 6 (Produits pétroliers) et CMP 4 (Denrées alimentaires et fourrages).

Tableau 3. Flux 2010 modélisés (en milliers de tonnes)

2010		Route	Fer	Mer	Total tous modes	Part par CMP et par mode			
						Route	Fer	Mer	Tous modes
CMP	1	4 146	99	5 030	9 275	5%	2%	6%	5%
	2	9 633	446	1 165	11 243	11%	10%	1%	7%
	3	3 200	49	554	3 803	4%	1%	1%	2%
	4	14 680	82	3 549	18 311	17%	2%	5%	11%
	5	372	0	3 593	3 965	0%	0%	5%	2%
	6	309	3	18 329	18 641	0%	0%	23%	11%
	7	1 211	697	12 024	13 932	1%	16%	15%	8%
	8	7 568	554	7 292	15 414	9%	12%	9%	9%
	9	4 896	111	4 633	9 640	6%	2%	6%	6%
	10	251	1	1 916	2 168	0%	0%	2%	1%
	11	11 954	111	6 972	19 036	14%	2%	9%	11%
	12	11 372	1 638	6 966	19 977	13%	37%	9%	12%
	13	17 416	667	6 603	24 686	20%	15%	8%	15%
Total tous CMP		87 008	4 457	78 627	170 093	100%	100%	100%	100%
Part modale		51%	3%	46%	100%				

#### 4.3. Impact de la crise et effets sur l'évolution récente

Historiquement, le trafic de marchandises a évolué avec une croissance soutenue, souvent supérieure à la croissance du PIB. La crise économique initiée par la crise financière de 2007 a laissé son empreinte dans l'évolution des trafics, avec notamment une baisse en 2008.

En el transporte marítimo, el conjunto de intercambios entre la Península Ibérica y Europa se estima en 116,3 millones de toneladas. Los flujos son muy desequilibrados, correspondiendo el 75% a importaciones y el 25% a exportaciones.

El volumen global de los flujos marítimos modelizados es de 78,6 millones de toneladas, debido al perímetro (no incluyen Rusia) y a los flujos no identificados en los datos OTP, como era ya el caso en el modelo anterior.

#### 4.2.3. Resultados

En síntesis, los flujos predominantes son los de carretera y los marítimos, con el 51% y 46%, respectivamente, de la matriz de todos los modos. El ferrocarril (ferrocarril-ferrocarril y ferrocarril-carretera) sólo representa el 3% de los flujos, habiéndose reducido un punto porcentual respecto a 2004, que lo ha asumido la carretera.

Los grupos de mercancías más representados son el CMP13 (Otros productos manufacturados y artículos diversos), CMP 12 (Vehículos y material de transporte), CMP 11 (Productos químicos), CMP 6 (Productos petrolíferos) y CMP 4 (Productos alimentarios y forrajes).

Tabla 3. Flujos 2010 modelizados (en millones de toneladas)

2010		Carretera	Ferrocarril	Marítimo	Total todos los modos	% por CMP y por modo			
						Carr	FC	Mar.	Todos modos
CMP	1	4 146	99	5 030	9 275	5%	2%	6%	5%
	2	9 633	446	1 165	11 243	11%	10%	1%	7%
	3	3 200	49	554	3 803	4%	1%	1%	2%
	4	14 680	82	3 549	18 311	17%	2%	5%	11%
	5	372	0	3 593	3 965	0%	0%	5%	2%
	6	309	3	18 329	18 641	0%	0%	23%	11%
	7	1 211	697	12 024	13 932	1%	16%	15%	8%
	8	7 568	554	7 292	15 414	9%	12%	9%	9%
	9	4 896	111	4 633	9 640	6%	2%	6%	6%
	10	251	1	1 916	2 168	0%	0%	2%	1%
	11	11 954	111	6 972	19 036	14%	2%	9%	11%
	12	11 372	1 638	6 966	19 977	13%	37%	9%	12%
	13	17 416	667	6 603	24 686	20%	15%	8%	15%
Total todos CMP		87 008	4 457	78 627	170 093	100%	100%	100%	100%
Cuota modal		51%	3%	46%	100%				

#### 4.3. Impacto de la crisis y efectos en la evolución reciente

Históricamente, el tráfico de mercancías ha evolucionado con un crecimiento sostenido, a menudo superior al crecimiento del PIB. La crisis económica iniciada por la crisis financiera de 2007 ha dejado su huella en la evolución de los traficos, con una bajada sustancial en 2008.

Selon les données de l'OTP, c'est le mode ferroviaire qui a subi la croissance la plus faible entre 2001 et 2006 (+7%, à comparer à +25% pour le maritime et +21% pour le routier), et la décroissance la plus forte entre 2006 et 2009 (-42%, à comparer à -14% pour le maritime et -11% pour le routier).

L'évolution des PIB (de la péninsule ibérique comme de l'UE27) est liée avec le total des échanges entre la péninsule ibérique et l'Europe. La baisse des PIB entre 2008 et 2009 suite à la crise et leur reprise en 2010 sont concomitantes avec une forte baisse des trafics puis une reprise. Cette baisse des trafics amorcée en 2006 est imputable à un recul des échanges maritimes et non terrestres.

La Direction générale des affaires économiques et financières de la Commission Européenne avait réalisé dès 2008 des projections de taux de croissance du PIB considérant l'effet de la crise économique et financière pour les pays européens. La Commission a depuis revu ses hypothèses de PIB à long terme<sup>5</sup>, avec entre autres pour conséquence une forte baisse des prévisions pour le Portugal et l'Espagne pour la période 2011-2020. Ces prévisions de croissance du PIB ont été retenues pour le cadrage macro-économique des prévisions de trafic.

#### 4.4. Analyse sectorielle et logistique

Les principaux flux de marchandises particulièrement actifs au niveau ferroviaire sont le secteur des produits chimiques et de l'automobile. Le transport ferroviaire est utilisé tant pour le transport d'automobiles finies que pour le transport de pièces automobiles. Enfin, le transport maritime est usuel dans le secteur automobile, du fait des possibilités qu'il offre, à savoir déplacer de grands volumes à de moyennes ou longues distances, mais aussi de l'adaptation des logistiques portuaires avec par exemple la mise en place de rampes et de services RoRo. La distribution finale des automobiles se fait principalement par la route. Concernant le secteur de la chimie, les principales particularités des chaînes logistiques sont l'utilisation de wagons citernes, ou conteneurs-citernes, et le transport de marchandises dangereuses.

#### 4.5. Analyse de l'effet frontière

Le niveau de mobilité entre entités socio-politiques séparées par une frontière nationale ou régionale est réduit de manière importante par un effet quantifiable appelé « effet frontière ». Cet effet est dû aux différences technologiques, réglementaires, ou économiques existants entre les entités.

Dans le cas concret de la frontière franco-espagnole, il existe une série de paramètres affectant le niveau d'échanges, tout particulièrement dans le cas du ferroviaire, liés à des contraintes techniques (comme la différence d'écartement et la tension électrique), et qui réduisent l'efficacité des échanges entre les deux pays. L'impact de ces paramètres sur les coûts et temps de parcours, sont des variables à prendre en compte dans le modèle.

Según los datos del OTP, el modo ferroviario es el que ha experimentado un crecimiento porcentual más débil entre 2001 y 2006 (+7% frente al +25% del marítimo y +21% de la carretera) y el descenso más fuerte entre 2006 y 2009 (-42% frente a -14% para el marítimo y -11% para la carretera).

La evolución de los PIB (tanto de la Península Ibérica como de la UE27) está ligada con el total de intercambios entre la Península Ibérica y Europa. El descenso de los PIB entre 2008 y 2009 tras la crisis y su recuperación en 2010 son concomitantes con una fuerte bajada de los tráficos y una recuperación posterior. Este descenso de tráficos iniciado en 2006 es achacable a una bajada de los intercambios marítimos, y no terrestres.

La Dirección General de Asuntos Económicos y Financieros de la Comisión Europea había realizado desde 2008 proyecciones de tasas de crecimiento del PIB considerando el efecto de la crisis económica y financiera para los países europeos. La Comisión desde entonces ha revisado las hipótesis de PIB a largo plazo<sup>6</sup>, donde se constata un fuerte descenso de las previsiones iniciales para Portugal y España para el periodo 2011-2020. Estas previsiones de crecimiento de PIB son las que se han considerado para el encuadre macroeconómico de las previsiones de tráficos.

#### 4.4. Análisis sectorial y logístico

Los principales flujos de mercancías según su naturaleza y que son especialmente activos ferroviariamente son el sector químico y el sector automoción. El transporte ferroviario se utiliza tanto para vehículo terminado como para el transporte de piezas de automoción. El transporte marítimo es muy habitual en el sector de la automoción, al permitir el traslado de grandes volúmenes a media-larga distancia, habiéndose adaptado la logística portuaria con la implantación de rampas y servicios ro-ro en los puertos. La distribución final de automóvil terminado se hace principalmente por carretera, por las características intrínsecas de este tipo de flujos. Respecto al sector químico, las principales particularidades de las cadenas logísticas consisten en la utilización los vagones-cisterna o contenedores-cisterna y el transporte de mercancías peligrosas.

#### 4.5. Análisis del efecto frontera

El nivel de movilidad entre entidades sociopolíticas separadas por una frontera nacional (e incluso regional) se ve reducido drásticamente por un efecto cuantificable, llamado efecto frontera. Dicho efecto está motivado por las diferencias de índole tecnológica, normativa o económica existentes entre ambas entidades.

En el caso concreto de la frontera franco-española, existen una serie de condicionantes particulares que afectan al nivel de intercambio, especialmente relevantes en el caso del ferrocarril, debido a condicionantes técnicos, como las diferencias en el ancho de vía y la tensión eléctrica en catenaria a uno y otro lado de la frontera, reducen la eficiencia de los intercambios entre ambos estados. La repercusión de estos condicionantes en tiempo y coste son variables que han de ser tenidas en cuenta en el modelo.

<sup>5</sup> DG ECFIN, *The 2012 Ageing Report: Underlying Assumptions and Projection Methodologies*, abril 2012.

<sup>6</sup> DG ECFIN, *The 2012 Ageing Report: Underlying Assumptions and Projection Methodologies*, abril 2012.

#### 4.5.1. Transport routier

La structure des Pyrénées fait que les passages possédant la plus grande capacité sont situés sur les littoraux méditerranéen et atlantique :

- A l'ouest, entre Irun et Biriadou, l'autoroute AP-8 en Espagne et l'autoroute A63 en France.
- A l'est, entre la Jonquera et le Boulou, l'autoroute AP-7 en Espagne et l'autoroute A9 en France.

Ces deux passages sont à péage, alors que le reste des passages (quasi 30 au total pour les PL), sont des routes conventionnelles qui ne remplissent pas les conditions de capacité et sont, en majorité, des passages de montagne.

#### 4.5.2. Transport ferroviaire

Les paramètres techniques qui rendent le trafic ferroviaire plus difficile peuvent être classés en 3 catégories principales : écartement de voie, système et longueur de train. Pour résoudre le problème de l'écartement, sont réalisées à la frontière des opérations comme le transbordement de marchandises, ou encore le changement d'essieu du matériel roulant.

La mise en place initiale des systèmes ferroviaires, tels que l'électrification ou les systèmes de contrôle, la signalisation et radio, s'est basée sur la technologie propre de chaque pays, centrée sur les nécessités de chaque opérateur, rendant plus difficile l'interopérabilité du matériel roulant entre les réseaux des différents pays :

- Systèmes de signalisation, protection et contrôle : le grand nombre de systèmes rend pratiquement impossible une interopérabilité du matériel roulant dans plusieurs pays à la fois. Néanmoins, on trouve en service et en cours de développement un standard de signalisation, contrôle et communication commun en Europe (ERTMS, European Rail Traffic Management System). On retrouve par exemple ce standard sur la LGV Madrid-Barcelone-Figueras, ainsi que sur l'infrastructure de TP Ferro à la frontière. Du côté français, il est aussi prévu un système ERTMS.
- Electrification : en Espagne, deux tensions principales coexistent sur le réseau : 3.000V DC pour les lignes conventionnelles et 25.000V AC pour la grande vitesse. Le réseau français a aussi deux tensions différentes : 1.500V DC (initialement dans le sud de la France) et 25.000V AC (initialement dans le nord de la France). Cette difficulté potentielle d'interopérabilité du matériel roulant peut être résolue à l'aide de matériel roulant acceptant différentes tensions électriques.
- La longueur maximale moyenne pour les trains de marchandises établie sur le réseau espagnol Adif est de 450 mètres, alors qu'en France, comme dans d'autres pays européens, la longueur est supérieure, 750 mètres tenant lieu de standard. Ce fait suppose que les compositions de trains doivent être modifiées afin de former soit des trains plus courts à la frontière pour passer en Espagne, soit des trains plus longs en direction du nord afin d'améliorer la productivité, ce qui impose des manœuvres supplémentaires à la frontière.

#### 4.5.1. Transporte por carretera

La estructura de los Pirineos provoca que, para el transporte terrestre, los pasos fronterizos con mayor capacidad se encuentren en las riberas cantábrica y mediterránea, materializados en dos principales:

- Paso Oeste, entre Irún y Biriadou, mediante la Autopista AP-8 en España y la A63 en Francia.
- Paso Este, entre La Jonquera y Le Boulou, mediante la Autopista AP-7 en España y la A9 en Francia.

Ambos pasos son de peaje, mientras el resto de pasos existentes (existen en total casi 30 pasos practicables para vehículos pesados), son carreteras convencionales que no poseen las condiciones de capacidad necesarias y son, en su mayoría pasos de montaña.

#### 4.5.2. Transporte ferroviario

Los condicionantes técnicos que dificultan el tráfico ferroviario son principalmente tres: ancho de vía, sistemas ferroviarios y longitudes de tren. Para solventar el problema del cambio de ancho de vía en frontera se realizan bien operaciones de transbordo de mercancía, o bien un cambio de ejes del material móvil.

La implantación original de los sistemas ferroviarios, tales como la electrificación o los sistemas de control, señalización y radio, por lo general, empleó tecnología propia de cada país, sacrificándose la interoperabilidad del material móvil en las redes de los demás países a cambio de la obtención de una serie de sistemas más enfocados a las necesidades de cada operador:

- Sistemas de señalización, protección y control: cada país cuenta con el suyo propio, si bien se encuentra en servicio e implementación progresiva en las redes ferroviarias europeas el sistema ERTMS (European Rail Traffic Management System), un estándar de señalización, control y comunicación. En la actualidad se está implantado en la línea de Alta Velocidad Madrid – Barcelona – Figueras, así como en la infraestructura propiedad de TP Ferro en la frontera. En la zona francesa no se encuentra construida la infraestructura, pero está planificado la implantación del sistema ERTMS.
- Electrificación: en España la tensión de electrificación es de 3.000 Voltios en corriente continua para las líneas convencionales, y de 25.000 Voltios en corriente alterna para la alta velocidad. La red francesa también cuenta con dos tensiones diferentes, inicialmente 1.500 Voltios en corriente continua en la zona sur, y 25.000 Voltios en corriente alterna en la zona norte del país.  
  
Este impedimento potencial para la interoperabilidad del material rodante se puede solucionar en la actualidad mediante el empleo de material móvil que admita diferentes tensiones eléctricas.
- Longitudes de tren: la longitud máxima media para trenes de mercancías establecida en la Declaración de la Red de Adif es de 450 m, mientras que en Francia, y otros países europeos la longitud es superior, tendiendo a los 750 m como estándar. Esto supone que las composiciones se deban partir para formar trenes más pequeños al llegar a la frontera, o juntar para formar trenes lo más productivos posible, lo que obliga a realizar maniobras adicionales en la frontera.



#### 4.6. Variables explicatives

Les variables socioéconomiques et de caractérisation de l'offre qui seront introduites dans le modèle sont les suivantes :

##### 4.6.1. Variables socioéconomiques

Dans un souci de cohérence, le zonage retenu pour la présente étude est identique à celui utilisé pour le modèle précédent réalisé en 2009. Le périmètre de l'étude est l'Europe géographique, excepté la Russie, mais y compris la Turquie. Au total, le zonage est composé de 194 zones. Les pays de la zone d'étude sont désagregés en zones plus ou moins fines selon leur proximité avec la frontière pyrénéenne. Ce zonage permet d'affiner l'offre et donc les critères de choix modal pour les échanges transpyrénéens.

Les données nationales d'évolution du PIB de l'ensemble des pays du périmètre ainsi que les données d'échanges en tonnages, import et export, de la péninsule ibérique, avec un détail du type de marchandises suffisant pour reconstituer des données par CMP, seront collectées sur une période longue (1980-2010 ou 1990-2010 selon la disponibilité) pour en étudier les corrélations.

##### 4.6.2. Caractérisation de l'offre

Etant donné l'objectif d'analyse des flux de marchandises à travers les Pyrénées, l'information collectée est relative à l'Espagne et à la France et, sauf dans certains cas particuliers pour lesquels un détail plus grand est nécessaire, sera étendue respectivement à la péninsule ibérique et au reste des pays européens.

La caractérisation de l'offre se fait selon une segmentation des catégories de marchandises que l'on retrouvera par la suite dans le chapitre de synthèse.

###### 4.6.2.1. Transport routier

Afin de déterminer les coûts de transport routiers, les sources principales sont l' "Observatorio de costes de transporte de mercancías por carretera" du Ministerio de Fomento (MFOM) pour l'Espagne, et la base de données du Comité national routier (CNR) en France. Pour l'Espagne, la valeur des coûts indirects est inconnue, d'où une estimation réalisée à partir d'hypothèses 2008 de l' « Observatorio de transporte de mercancías ».

Il est nécessaire de nuancer ce coût unitaire total moyen par type de marchandises. En effet, les marchandises peuvent être transportées dans des poids lourds différents avec des coûts unitaires distincts. Afin de réaliser cette opération, on utilise les coûts directs unitaires par type de véhicule définis par l' "Observatorio de Precios del Transporte de Mercancías por Carretera de Vehículos Pesados" du "Ministerio de Fomento", avec comme résultat :

- Coût total unitaire par tonne : entre 0,05€/t.km et 0,09 €/t.km selon le type de marchandises.
- Coût total unitaire par kilomètre ; estimé entre 1,04 €/véh.km en Espagne et 1,15 €/véh.km en France.

Pour la modélisation, on retient un coût unitaire total moyen entre le coût français et le coût espagnol de **1,09 €/veh.km**.

#### 4.6. Variables explicativas

Las variables socioeconómicas y de caracterización de la oferta que serán introducidas en el modelo son:

##### 4.6.1. Variables socioeconómicas

Para mantener la coherencia, la zonificación empleada en el presente estudio es idéntica a la utilizada para el modelo anterior realizado en 2009. El perímetro del estudio es Europa geográfica, excepto Rusia, pero incluyendo Turquía. En total, la zonificación está compuesta por 194 zonas. Los países de la zona de estudio están desagregados en zonas más o menos finas según su proximidad con la frontera pirenaica. Esta zonificación permite afinar la oferta y por tanto los criterios de elección modal para los intercambios transpirenaicos.

Los datos nacionales de evolución del PIB del conjunto de los países del perímetro así como los datos de intercambios en toneladas, importación y exportación, de la península ibérica, con el detalle del tipo de mercancías suficiente para reconstituir los datos por CMP, serán tomados de un periodo largo (1980-2010 o 1990-2010 según la disponibilidad) para estudiar sus correlaciones.

##### 4.6.2. Caracterización de la oferta

Dado que el fin del estudio es el análisis de los flujos de mercancías en los Pirineos, se ha recopilado información relativa a España y Francia y, salvo en casos excepcionales, en los que sea necesario un mayor detalle, los valores de parámetros se harán extensivos a la Península Ibérica y al resto de países europeos.

Para la caracterización de la oferta se ha definido una clasificación de mercancías, que se expone en el posterior apartado de síntesis.

###### 4.6.2.1. Transporte por carretera

Para la determinación de los costes de transporte por carretera se ha utilizado como fuente de información el Observatorio de costes de transporte de mercancías por carretera del Ministerio de Fomento (MFOM), en España, y la base de datos del Comité Nacional Routier (CNR) en Francia. En el caso de España, dado que se desconoce el valor correspondiente a los costes indirectos, se ha realizado una estimación a partir de las hipótesis del Observatorio de transporte de mercancías del año 2008.

Para particularizar este coste de transporte para cada tipo de mercancía, según las características del vehículo pesado utilizado para el transporte, hay que asignar unos costes unitarios de transporte distintos. Esta particularización se ha llevado a cabo partiendo de los costes directos unitarios por tipo de vehículo pesado definidos en el Observatorio de Precios del Transporte de Mercancías por Carretera de Vehículos Pesados del Ministerio de Fomento, resultando:

- Coste total unitario por tonelada: entre 0,05 €/txkm y 0,09 €/txkm según la tipología de la mercancía.
- Coste total unitario por kilómetro: estimado en 1,04 €/vehxkm en España y 1,15 €/vehxkm en Francia.

Para la definición del modelo, se considera un **coste total unitario medio** entre el coste de España y Francia de **1,09 €/vehxkm**.

Aux coûts indiqués précédemment, il faut ajouter les coûts de péages. Pour cela, une analyse des prix des autoroutes françaises et espagnoles pour les PL a été réalisée. Les résultats sont les suivants :

- Coût unitaire par km sur les autoroutes à péage en Espagne : entre 0,1 €/km et 0,3 €/km.
- Coût unitaire par km sur les autoroutes à péage en Espagne : entre 0,2 €/km et 0,5 €/km.

Afin de déterminer les prix, les données de l'«Observatorio de Precios del Transporte de Mercancías por Carretera de Vehículos Pesados» du Ministerio de Fomento ont été consultées. Le prix du transport routier de marchandises a subi une croissance d'environ 40% entre 2000 et 2012. Sur la même période, la croissance des coûts pour le transporteur est clairement supérieure (environ 60%).

#### 4.6.2.2. Transport ferroviaire

Le chargement des trains dépend de différents paramètres, les plus importants étant les suivants :

- La capacité de traction de la locomotive
- La pente maximale du parcours
- La longueur maximale des trains

En Espagne, la charge moyenne retenue pour les trains chargés est basée sur les hypothèses pour le profil montagneux de l'«Observatorio del Ferrocarril en España» du Ministerio de Fomento. Pour les trains du côté français, la relation définie dans le modèle précédent est conservée, à savoir que les trains français transportent 40% de charge nette de plus que les trains espagnols.

**Le chargement moyen** selon la catégorie de marchandises varie **entre 360 et 590 tonnes par train en Espagne et entre 500 et 830 tonnes par train en France.**

On considère une vitesse moyenne de 57 km/h pour les circulations au sud des Pyrénées et de 71 km/h pour les circulations au nord des Pyrénées.

**Les temps moyens estimés de passage par les terminaux sont de 460 minutes pour les trains automobiles, 380 minutes pour les trains de transport combiné et 350 minutes pour les autres trains.**

**Les temps moyens de passage de la frontière considérés sont de 10h pour les trains automobiles et de transport combiné, 12h pour les autres trains.**

Les coûts de transports ferroviaires sont désagrégés de la manière suivante:

- Redevance d'usage de l'infrastructure: les concepts de ce coût sont similaires en France et en Espagne, avec une redevance d'accès à l'infrastructure, une redevance de réservation et une redevance de circulation.

**Le coût estimé de cette redevance est de 0,22 €/train.km en Espagne et de 1,80 €/train.km en France.**

- Coûts d'exploitation ferroviaires: ce coût est estimé à l'aide du rapport 2010 de l'«Observatorio del ferrocarril en España», publié par le Ministerio de Fomento et la «Fundación de Ferrocarriles Españoles», ainsi que l'étude RFF 2009 relative à l'exploitation du fret.

Adicionalmente, a los costes anteriormente indicados habría que considerar los peajes de determinadas autopistas. Para la determinación del coste unitario correspondiente se han analizado los precios de las autopistas españolas y francesas para los vehículos pesados, resultando:

- Coste unitario por km en autopistas de peaje en España: entre 0,1 €/km y 0,3 €/km según la carretera.
- Coste unitario por km en autopistas de peaje en Francia: entre 0,2 €/km y 0,5 €/km según la carretera.

Para la determinación de los precios de transporte se ha consultado la información del Observatorio de Precios del Transporte de Mercancías por Carretera de Vehículos Pesados del Ministerio de Fomento. El precio percibido por el cargador de transporte de mercancías por carretera ha experimentado un crecimiento, entre 2000 y 2012, del 40%, claramente inferior al correspondiente a los costes directos de los operadores de transporte, que asciende al 60%, para el mismo período.

#### 4.6.2.2. Transporte ferroviario

La carga de los trenes está condicionada diversos factores, siendo los más destacados:

- La capacidad de tracción de la locomotora
- La rampa característica del recorrido
- La longitud máxima permitida para los trenes

En el lado español, se ha tomado como referencia para el valor de la carga media de los trenes que circulan cargados las hipótesis empleadas por el Observatorio del Ferrocarril en España del Ministerio de Fomento, en su perfil montañoso, dado que la orografía española es más restrictiva. En el caso de los trenes en el lado francés, se ha seguido la relación que se observaba ya en el modelo anterior, según la cual los trenes franceses transportan un 40% más de carga neta que los españoles.

**La carga media** según la tipología de la mercancía transportada varía entre **360 y 590 toneladas por tren en España y entre 500 y 830 toneladas por tren en Francia.**

Se considera para las circulations al sur de los Pirineos una velocidad media de 57 km/h, y para las circulations al norte de los Pirineos, 71 km/h.

**Los tiempos medios estimados de paso por terminales son de 460 minutos para trenes de automoción, 380 minutos para trenes intermodales y 350 minutos para el resto de trenes.**

**Los tiempos de paso por frontera considerados en el modelo son de 10 horas para trenes de automoción e intermodales y 12 horas para el resto de trenes.**

Los costes de transporte ferroviario se han desagregado de la siguiente forma:

- Cánones por el uso de la infraestructura: los conceptos de coste son similares en España y Francia, donde se considera un canon de acceso a la infraestructura, un canon por reserva de capacidad y un canon de circulación.

**El coste del canon estimado es de 0,22 €/trenxkm en España y 1,80 €/trenxkm en Francia.**

- Costes de explotación ferroviaria: para su estimación se han utilizado el Informe 2010 del Observatorio del Ferrocarril en España, publicado por el Ministerio de Fomento y la Fundación de Ferrocarriles Españoles y el Estudio de RFF de 2009 sobre explotación de transporte de mercancías.

**Les coûts d'exploitation** considérés, selon le type de marchandises, varie **entre 2,2 et 5,0 c€/t.km en Espagne et entre 2,2 et 3,4 c€/t.km en France.**

- Coûts de passage par les terminaux : le passage par un terminal implique une composante de coût liée au transbordement entre les modes ferroviaire et routier.

Les coûts considérés selon le type de marchandises sont :

- **Espagne : 4,5 €/t pour les trains automobiles, 1,5€/t pour les trains de transport combiné et 3,3 €/t pour les autres trains.**
  - **France : 4,2 €/t pour les trains automobiles, 2,1€/t pour les trains de transport combiné et 3,1 €/t pour les autres trains.**
- Coûts de passage à la frontière : une analyse des coûts associés au passage de la frontière, a été réalisée autour des trois aspects suivants :
    - Coûts des opérations sur le matériel ferroviaire : estimé à 400 €/train.
    - Coûts des opérations sur les marchandises : estimé à 1,5 €/t pour les trains de transport combiné, 4,5 €/t pour les trains automobiles et 3,3 €/t pour les autres trains.
    - Coûts dérivés de l'immobilisation du matériel roulant : estimé, selon le type de marchandises, à 113 €/train pour les trains de transport combiné et automobiles et 131€/train pour les autres trains.

**Le coût total du passage de la frontière, selon le type de marchandises, varie entre 2,3 €/t et 5,7 €/t.**

Relativement aux prix du transport ferroviaire, ont été considérées les estimations de l'Observatorio del Ferrocarril en España, du "Ministerio de Fomento" et l'étude RFF de 2009 sur l'exploitation de services ferroviaires de marchandises. Dans certains cas, le prix est inférieur aux coûts estimés précédemment, et il est alors ajusté en prenant l'hypothèse d'un prix supérieur au coût de 20%.

Les prix résultants varient selon le type de marchandises :

- Espagne : entre 3,4 et 6,0 c€/t.km
- France : entre 2,3 et 3,7 c€/t.km

#### 4.6.2.3. Autoroutes ferroviaires

Les autoroutes ferroviaires sont un système de transport intermodal fer-route consistant à transporter l'unité de transport routier (semi-remorque seule ou semi-remorque + tracteur) à bord d'un train aux caractéristiques particulières permettant un chargement et déchargement horizontal (sans emploi de grues). Dans le périmètre proche des Pyrénées, en 2010, existe le service Lorry Rail entre Perpignan et Bettembourg, trajet de 1050 km, dont le coût total (service ferroviaire et coûts supplémentaires d'immobilisation pour le transporteur routier) était de **0,74 €/km.**

**Los costes de explotación** considerados, según la tipología de la mercancía transportada, varían entre **2,2 y 5,0** céntimos de euro por tonelada-kilómetro en **España** y entre **2,2 y 3,4** céntimos de euro por tonelada-kilómetro en **Francia.**

- Costes de paso por terminales: tiene una componente vinculada al transbordo entre modos ferroviario y carretero.

Los costes considerados según la tipología de la mercancía transportada son:

- **España: 4,5 €/t para trenes de automoción, 1,5 €/t para trenes intermodales y 3,3 €/t para el resto de trenes.**
  - **Francia: 4,2 €/t para trenes de automoción, 2,1 €/t para trenes intermodales y 3,1 €/t para el resto de trenes.**
- Costes de paso por frontera: se ha realizado un análisis de los costes asociados al paso por las fronteras, en torno a tres conceptos:
    - Costes de las operaciones sobre el material ferroviario: se estima en 400 €/tren.
    - Costes de las operaciones sobre las mercancías: se estima en 1,5 €/t para trenes intermodales, 4,5 €/t para trenes de automoción y 3,3 €/t para el resto de trenes.
    - Costes derivados de la inmovilización del material rodante: se estima, según la tipología de la mercancía, en 113 € para trenes de automoción e intermodales y en 131 € para el resto de trenes.

**El coste total del paso por frontera, según tipología de la mercancía, varía entre 2,3 €/t y 5,7 €/t.**

En relación con los precios del transporte ferroviario, se han considerado los estimados por el Observatorio del Ferrocarril en España, del Ministerio de Fomento y los del Estudio de RFF de 2009 sobre la explotación de servicios ferroviarios de mercancías, en Francia. En algunos casos en los que el precio era inferior al coste estimado anteriormente, el precio se ha ajustado a 1,2 veces el coste.

Los **precios** resultantes varían según la tipología de la mercancía transportada:

- España: entre **3,4 y 6,0** céntimos de euro por tonelada-kilómetro.
- Francia: entre **2,3 y 3,7** céntimos de euro por tonelada-kilómetro.

#### 4.6.2.3. Autopistas ferroviarias

Las autopistas ferroviarias son un sistema de transporte intermodal carretera-ferrocarril consistente en el transporte de la unidad de transporte por carretera (semirremolque o semirremolque + cabeza tractora) a bordo de un tren de características especiales que permite su carga y descarga horizontalmente (sin empleo de grúas). En el entorno de los Pirineos, en el año base 2010, existía el servicio de Lorry Rail entre Perpignan y Bettembourg, de 1050 km de recorrido, cuyo coste total (suma de los costes de la empresa ferroviaria y de carretera) era de **0,74 €/km.**

#### 4.6.2.4. Transport maritime

Les coûts de transport maritime dépendent de davantage de variables que les autres modes de transport de marchandises, et présentent donc une grande fluctuation. Les principaux facteurs influant les coûts sont les suivants : adéquation des ports (communications, infrastructures portuaires, moyens de manutention, etc.), variables météorologique et temps de chargement et déchargement.

Etant donné que l'on ne considère pas dans ce modèle l'affectation des flux maritimes, l'estimation spécifique des coûts n'est pas nécessaire pour le mode maritime et seuls les prix ont été définis.

Les prix de base considérés sont ceux de l'étude précédente (prix 2004), qui variaient entre 17 et 60 €/t selon l'itinéraire. Ces prix ont été actualisés à l'année de base de la présente étude (2010).

Les délais, hors temps de navigation, qui ont le plus d'impact sur le choix du transport maritime sont les temps en terminal. Dans le document « Observatorio del Transporte Intermodal Terrestre y Marítimo » du Ministerio de Fomento de 2011, est établie une moyenne de 2 heures de temps de séjour de la marchandise dans les ports.

#### 4.6.2.5. Autoroutes de la mer

Il s'agit de services de transport maritime de courtes distances, alternatives à la route, et qui remplissent certains critères comme une fréquence minimale de 3 départs hebdomadaires, 3 escales maximum et l'appartenance aux corridors d'autoroutes de la mer définis dans le RTE-T (réseau transeuropéen de transport).

L'autoroute de la mer Gijón – Nantes/Saint Nazaire, a été mise en service en 2010, avec trois services par semaine dans chaque sens et un temps de navigation de 14 heures. Ces services d'autoroutes de la mer n'ont pas été pris en compte dans la situation modélisée 2010 étant donnée leur mise en service très récente.

#### 4.6.2.4. Transporte marítimo

Los costes del transporte marítimo dependen de más variables que el resto de modos de transporte de mercancías, y por tanto, presentan una gran fluctuación. Los principales factores que influyen maximizando o minimizando los costes, son los siguientes: adecuación de los puertos (comunicaciones, infraestructuras portuarias, medios mecánicos, etc.), variable meteorológica y, tiempo de carga y descarga.

Dado que el Modelo de 2010 no considera la asignación de rutas dentro del modo marítimo, sino únicamente la elección modal, no se ha realizado la definición específica de los costes para el transporte marítimo, sino únicamente la definición de los precios.

Los precios considerados serán los del estudio anterior de 2004, que variaban entre **17-60 €/t** en función de la ruta, actualizados al año de referencia del presente estudio (2010).

Los plazos que más influyen en el momento de caracterizar el transporte marítimo y que no están relacionados con el tiempo de navegación, son los tiempos de los procesos desarrollados en las terminales. En el documento *Observatorio del Transporte Intermodal Terrestre y Marítimo* del Ministerio de Fomento del año 2011, se establece una media de 2 horas como tiempo de estancia de la mercancía en puerto.

#### 4.6.2.5. Autopistas del mar

Son servicios de transporte marítimo de corta distancia alternativos a la carretera que cumplen ciertos criterios de selección, que son una frecuencia mínima de 3 salidas semanales y 3 escales en diferentes puertos como máximo y son prestados en los corredores de autopistas del mar de la Red Transeuropea de Transporte en los que España está presente.

Durante el año 2010 entró en servicio la Autopista del Mar Gijón – Nantes/Saint Nazaire, con tres escales semanales en cada sentido y un tiempo de navegación de 14 horas.

En el Modelo de 2010 no se han considerado este servicio de Autopistas del Mar, debido a que se puso en funcionamiento durante el año 2010.



4.6.2.6. Synthèse des coûts et prix - caractérisation de l'offre de transport terrestre

Tableau 4. Synthèse des coûts et prix - caractérisation de l'offre de transport terrestre

Catégorie de marchandises	Route				Fer											
	Poids lourd	Chargement moyen (t/veh)	Coût unitaire total moyen (€/km)	Coût unitaire total moyen (€/txkm)	Chargement net France (t/train)	Chargement net Espagne (t/train)	Coût redevance France (€/trainxkm)	Coût redevance Espagne (€/trainxkm)	Coût d'exploitation France (€/txkm)	Coût d'exploitation Espagne (€/txkm)	Coût de passage par les terminaux France (€/t)	Coût de passage par les terminaux Espagne (€/t)	Coût de passage à la frontière (€/t)	Prix France (€/txkm)	Prix Espagne (€/txkm)	Prix moyen (€/txkm)
1. Céréales	Véhicule articulé fret classique	21,16	1,0926	0,0516	739	524	1,8	0,22	0,0224	0,03232	3,05	3,29	4,131	0,0337	0,0276	0,0307
2. Fruits et légumes frais, animaux vivants	Véhicule articulé fret classique	18,07	1,0926	0,0605	663	470			0,0218	0,03207	3,05	3,29	4,227	0,0379	0,0254	0,0317
3. Bois et textiles	Véhicule articulé fret classique	19,83	1,0926	0,0551	663	470			0,0218	0,03217	3,05	3,29	4,227	0,0351	0,0254	0,0303
4. Denrées alimentaires et fourrages	Véhicule articulé frigorifique	17,99	1,1658	0,0648	739	524			0,0224	0,03112	3,05	3,29	4,131	0,0344	0,0276	0,0310
5. Combustibles minéraux solides	Véhicule articulé fret classique	21,31	1,0926	0,0513	747	530			0,0224	0,02712	3,05	3,29	4,122	0,0337	0,0276	0,0307
6. Produits pétroliers	Véhicules articulés citernes marchandises dangereuses	21,88	1,2237	0,0559	832	590			0,0222	0,02217	3,05	3,29	4,037	0,0351	0,0276	0,0314
7. Minerais et déchets pour la métallurgie	Véhicule articulé fret classique	20,78	1,0926	0,0526	747	530			0,0224	0,02712	3,05	3,29	4,122	0,0337	0,0276	0,0307
8. Produits métallurgiques	Véhicule articulé fret classique	20,29	1,0926	0,0538	780	553			0,0223	0,02260	3,05	3,29	4,087	0,0351	0,0276	0,0314
9. Minéraux et matériaux de construction	Véhicule articulé fret classique	19,60	1,0926	0,0557	747	530			0,0224	0,02852	3,05	3,29	4,122	0,0344	0,0276	0,0310
10. Engrais	Véhicule articulé fret classique	16,72	1,0926	0,0653	739	524			0,0224	0,03232	3,05	3,29	4,131	0,0337	0,0276	0,0307
11. Produits chimiques	Véhicules articulés citernes marchandises dangereuses	18,64	1,2237	0,0657	832	590			0,0222	0,02217	3,05	3,29	4,037	0,0351	0,0276	0,0314
12. Véhicules et matériel de transport	Véhicule articulé fret classique	12,13	1,0926	0,0901	501	358			0,0335	0,04992	4,20	4,50	5,695	0,0599	0,0371	0,0485
13. Autres produits manufacturés et articles divers	Véhicules articulés porte-conteneurs	13,90	1,1429	0,0822	728	516			0,0207	0,03373	2,14	1,50	2,325	0,0406	0,0232	0,0319

4.6.2.6. Síntesis de los costes y precios de la caracterización de la oferta para el transporte terrestre

Tabla 4. Síntesis de los costes y precios de la caracterización de la oferta para el transporte terrestre

Categoría de mercancías	Carretera				Ferrocarril											
	Vehículo pesado	Carga media (t/veh)	Coste unitario total medio (€/km)	Coste total unitario medio (€/txkm)	Carga neta Francia (t/tren)	Carga neta España (t/tren)	Coste Canon Francia (€/trenxkm)	Coste Canon España (€/trenxkm)	Coste de explotación Francia (€/txkm)	Coste de explotación España (€/txkm)	Coste de paso por terminales Francia (€/t)	Coste de paso por terminales España (€/t)	Coste de paso por frontera (€/t)	Precio Francia (€/txkm)	Precio España (€/txkm)	Precio Medio (€/txkm)
1. Cereales	Veh. articulado de carga general	21,16	1,0926	0,0516	739	524			0,0224	0,03232	3,05	3,29	4,131	0,0337	0,0276	0,0307
2. Hortalizas, animales	Veh. articulado de carga general	18,07	1,0926	0,0605	663	470			0,0218	0,03207	3,05	3,29	4,227	0,0379	0,0254	0,0317
3. Madera, textiles,...	Veh. articulado de carga general	19,83	1,0926	0,0551	663	470			0,0218	0,03217	3,05	3,29	4,227	0,0351	0,0254	0,0303
4. Productos alimenticios y forrajes	Veh. articulado frigorífico	17,99	1,1658	0,0648	739	524			0,0224	0,03112	3,05	3,29	4,131	0,0344	0,0276	0,0310
5. Combustibles minerales sólidos	Veh. articulado de carga general	21,31	1,0926	0,0513	747	530			0,0224	0,02712	3,05	3,29	4,122	0,0337	0,0276	0,0307
6. Petróleo y derivados	Veh. cisterna mercancías peligrosas	21,88	1,2237	0,0559	832	590			0,0222	0,02217	3,05	3,29	4,037	0,0351	0,0276	0,0314
7. Minerales de hierro	Veh. articulado de carga general	20,78	1,0926	0,0526	747	530	1,8	0,22	0,0224	0,02712	3,05	3,29	4,122	0,0337	0,0276	0,0307
8. Productos metalúrgicos	Veh. articulado de carga general	20,29	1,0926	0,0538	780	553			0,0223	0,02260	3,05	3,29	4,087	0,0351	0,0276	0,0314
9. Cementos y materiales de construcción	Veh. articulado de carga general	19,60	1,0926	0,0557	747	530			0,0224	0,02852	3,05	3,29	4,122	0,0344	0,0276	0,0310
10. Abonos	Veh. articulado de carga general	16,72	1,0926	0,0653	739	524			0,0224	0,03232	3,05	3,29	4,131	0,0337	0,0276	0,0307
11. Productos químicos	Veh. cisterna mercancías peligrosas	18,64	1,2237	0,0657	832	590			0,0222	0,02217	3,05	3,29	4,037	0,0351	0,0276	0,0314
12. Vehículos y material de transporte	Veh. articulado de carga general	12,13	1,0926	0,0901	501	358			0,0335	0,04992	4,20	4,50	5,695	0,0599	0,0371	0,0485
13. Manufacturados	Veh. articulado portacontenedores	13,90	1,1429	0,0822	728	516			0,0207	0,03373	2,14	1,50	2,325	0,0406	0,0232	0,0319

## 5. ACTUALISATION DU MODELE (Phase C)

### 5.1. Actualisation des phases de génération et distribution

Le but premier de la présente étude étant la mise à jour du modèle de transport existant, les points qui avaient été identifiés comme à améliorer dans le modèle ont fait l'objet d'une attention particulière durant cette phase :

- Inclure des données de demande actualisées à 2010 pour l'élaboration des matrices de demande
- Analyser et actualiser les réseaux pour tous les modes de transport pour le scénario de base, ainsi que ceux prévus aux horizons futurs.
- Ajouter des attributs pour le réseau ferroviaire afin de distinguer les sections de voie selon leur écartement.
- Créer un modèle de croissance de la demande globale par type de marchandise, basé sur des séries de variables socio-économiques liées au trafic.
- Établir une distinction claire entre le nord et le sud des Pyrénées dans l'estimation de certains coûts et des tarifs ferroviaires.

#### 5.1.1. Méthodologie

Il s'agit de prévoir aux horizons futurs la croissance globale de la matrice des échanges, tous modes confondus, réalisée pour l'année 2010. Les horizons retenus pour les projections sont les années 2025 et 2040.

Comme il n'est pas envisageable de projeter les échanges pour chaque relation zone d'origine/zone de destination/CMP, on projette uniquement les échanges (import et export) entre :

- la péninsule ibérique et 12 pays ou groupes de pays, tous CMP confondus (12 modèles x 2 sens)
- la péninsule ibérique et l'ensemble des pays retenus par type de CMP (13 modèles x 2 sens)
- la péninsule ibérique et l'ensemble des pays retenus tous CMP confondus (1 modèle par sens)

soit au total 52 modèles à déterminer.

Le zonage retenu pour la matrice des échanges 2010 comporte 192 zones, dont 52 pour la péninsule ibérique et 140 pour le reste de l'Europe, qui correspondent à 24 pays ou ensemble de pays.

On ne modélise pas les échanges zone à zone, mais les échanges entre l'ensemble de la péninsule ibérique et 12 pays ou groupes de pays qui couvrent une grande partie des zones du modèle. Le tableau ci-dessous résume les regroupements réalisés et les choix effectués pour les zones non couvertes par ces 12 groupes de pays.

## 5. ACTUALIZACIÓN DEL MODELO (Fase C)

### 5.1. Actualización de las fases de generación y distribución

Siendo el objeto prioritario del presente Estudio la actualización del modelo de transporte existente, en esta fase se han tenido en consideración algunos aspectos de mejora del modelo anterior detectados durante el análisis del mismo, procediéndose a:

- Incorporar datos de demanda actualizados a 2010 para la elaboración de las matrices de demanda.
- Revisar y actualizar las redes de todos los modos de transporte para el escenario base, así como las previstas en cada uno de los horizontes temporales.
- Añadir en la red ferroviaria atributos que permitan distinguir los tramos según ancho de vía.
- Crear un modelo de crecimiento de demanda global por tipo de mercancía basado en las series cronológicas que relacionan los tráfico con las variables socioeconómicas más apropiadas.
- Establecer una diferenciación clara entre norte y sur de los Pirineos en la estimación de determinados costes y tarifas ferroviarias.

#### 5.1.1. Metodología

Se trata de prever en los horizontes futuros el crecimiento global de la matriz de intercambios con todos los modos, realizada para el año 2010. Los horizontes considerados para las proyecciones son los años 2025 y 2040.

Como no es abordable proyectar los intercambios para cada relación zona de origen / zona de destino / CMP, se proyectan únicamente los intercambios (importaciones y exportaciones) entre:

- La P. Ibérica y 12 países o grupos de países, con todos los CMP juntos (12 modelos x 2 sentidos).
- La P. Ibérica y el conjunto de países considerados por tipo de CMP (13 modelos x 2 sentidos).
- La P. Ibérica y el conjunto de los países considerados para todos los CMP juntos (1 modelo por sentido).

Lo que supone definir un total de 52 modelos.

La zonificación considerada para la matriz de intercambios 2010 incluye 192 zonas, de las que 52 corresponden a la Península Ibérica y 140 al resto de Europa, que corresponden a 24 países o conjuntos de países. No se modelizan los intercambios zona a zona, sino los intercambios entre el conjunto de la Península Ibérica y 12 países o grupos de países que cubren una gran parte de las zonas del modelo.

### 5.1.2. Modèles économétriques considérés

Les modèles économétriques possibles sont très nombreux et peuvent parfois être assez complexes. Pour ajuster les séries de flux du commerce extérieur, nous avons choisi de tester quatre types de loi d'évolution: les lois linéaire, logarithmique, semi-logarithmique et la transformée dite de « Box Cox ». De plus, les modèles étudiés possèdent tous un terme d'autocorrélation des résidus.

L'approche économétrique permet de calculer des indicateurs qui permettent de déterminer si l'ajustement sur les séries historiques est correct. Les tests réalisés pour cette étude sont les suivants :

- La log-vraisemblance (Log-Likelihood en anglais),
- Le test de Student,
- Le test de Durbin-Watson.

### 5.1.3. Données sources

#### 5.1.3.1. Données sur les échanges

Les sources de données utilisées pour les échanges entre pays sont celles de l'OCDE (*Statistiques du Commerce International par produit*). Ces tables fournissent des données détaillées pour les importations et les exportations par produit en quantité (tonnage) et valeur (en milliers de dollars des Etats-Unis).

#### 5.1.3.2. Données économiques

L'ensemble des données a été reconstitué pour la période 1977 – 2010. Pour les Pays de l'Est (regroupement Est-Nord et Est-Sud), seules des données sur la période 1993 – 2010 sont disponibles.

Les croissances de PIB pour chacun des pays étudiés sont principalement issues de tableaux publiés par l'OCDE. Ces données ont été complétées par différentes autres sources (Banque Mondiale, EuroStat et l'Observatoire des Balkans).

Pour rendre compte de certains événements ponctuels (guerres, crises) ou de modifications des rapports économiques et commerciaux entre pays, on peut introduire une variable muette (Dummy en anglais), qui vaut 0 ou 1 selon la période considérée.

#### 5.1.3.3. Hypothèses d'évolution des données économiques dans le futur

Plusieurs scénarios de croissance de PIB ont été définis. Le scénario central est constitué en retirant 40% aux taux de croissance annuels moyens prévus par la DG ECFIN. La construction des différents scénarios (haut et bas) est explicitée dans le rapport de phase D.

### 5.1.4. Projection

#### 5.1.4.1. Modèles retenus y résultats (scénario central)

La plupart des modèles retenus, dont notamment les deux modèles globaux imports et exports, sont basés sur une loi d'évolution linéaire au PIB : c'est cette formulation qui donne les résultats les plus pertinents notamment en termes d'élasticité au PIB.

### 5.1.2. Modelos econométricos considerados

Para ajustar las series de flujos del comercio exterior, se ha elegido testar cuatro tipos de formulación de evolución: las formulaciones lineal, logarítmica, semilogarítmica y la transformada llamada de "Box Cox". Además, los modelos estudiados poseen todos un término de autocorrelación de los residuos.

El enfoque econométrico permite calcular indicadores que permiten determinar si el ajuste sobre las series históricas es correcto. Los tests realizados para este estudio son los siguientes:

- La log-verosimilitud (Log-Likelihood en inglés).
- El test de Student.
- El test de Durbin-Watson.

### 5.1.3. Datos de base

#### 5.1.3.1. Datos de intercambios

Las bases de datos utilizadas para los intercambios entre países son las de la OCDE (Estadísticas del Comercio Internacional por producto). Estas tablas proporcionan datos detallados para las importaciones y las exportaciones por producto y cantidad (toneladas) y valor (en miles de dólares de los Estados Unidos).

#### 5.1.3.2. Datos económicos

El conjunto de los datos ha sido reconstituido para el periodo 1977-2010. Para los países del Este (reagrupaciones Este-Norte y Este-Sur), sólo están disponibles los datos para el periodo 1993-2010.

Los crecimientos del PIB para cada uno de los países estudiados se han obtenido principalmente de las tablas publicadas por la OCDE. Estos datos han sido completados por otras fuentes (Banco Mundial, EuroStat y Observatorio de los Balcanes).

Para tener en cuenta ciertos acontecimientos puntuales (guerras, crisis) o modificaciones de las relaciones económicas y comerciales entre países, se puede introducir una variable muda (Dummy en inglés) que vale 0 ó 1 según el periodo considerado.

#### 5.1.3.3. Hipótesis de evolución de los datos económicos en el futuro

Varios escenarios de crecimiento del PIB han sido definidos. El escenario central está formado reduciendo el 40% la tasa de crecimiento anual media prevista por la DG ECFIN. La construcción de diferentes escenarios (alto y bajo) se explicita en el informe de la fase D.

### 5.1.4. Proyección

#### 5.1.4.1. Modelos seleccionados y resultados (escenario central)

La mayor parte de los modelos seleccionados, y especialmente los dos modelos globales de importaciones y exportaciones, están basados en una ley de evolución lineal con el PIB: es esta formulación la que da los resultados más adecuados, especialmente en términos de elasticidad al PIB.



Les taux de croissance annuels moyens correspondants sur les périodes 2010-2025 et 2025-2040 ont ainsi été calculés.

#### 5.1.4.2. Projection de la matrice

Les taux de croissances ainsi calculés sont appliqués à la matrice 2010, par OD et CMP. Les résultats obtenus pour la demande globale (en millions de tonnes) pour le scénario central sont les suivants :

- Total 2010 (Mt): 170,1
- Total 2025 (Mt): 210,5
- Total 2040 (Mt): 253,5

## 5.2. Actualisation de la phase de partage modal

### 5.2.1. Méthodologie générale

La méthodologie mise en place dans le modèle précédent est conservée avec de légères modifications. Les données de départ pour le calage du modèle de partage modal sont :

- Données de demande agrégées par zone : matrices de demande par type de marchandises (13 catégories) et par mode (4 modes),
- Caractéristiques des différents réseaux de transport (distance, temps et prix) obtenus des modèles de réseaux développés sous Cube.

En prenant en compte qu'il existe 4 modes de transports :

- Fer-fer,
- Fer-route,
- Route,
- Mer.

On a opté pour un modèle de choix discret de type logit pour la modélisation du partage modal. Au vu des résultats obtenus dans le modèle précédent et des tests réalisés dans le modèle actuel, on constate que le choix d'un modèle hiérarchique à la place d'un modèle multinomial n'améliore pas le calage et ne répond pas mieux aux critères réels de choix modal. C'est pourquoi il a été fait l'hypothèse que le chargeur choisit le mode de transport en une seule étape, indépendamment du type de marchandise, et le choix s'est porté sur un modèle logit multinomial pour toutes les catégories de marchandises.

### 5.2.2. Processus et validation de calage

A l'aide du logiciel TransCad, le calage des fonctions d'utilité et l'estimation des coefficients a été réalisé. Ce procédé itératif de calage se base sur la méthode statistique dite du maximum de vraisemblance. Les tests réalisés pour la validation de calage sont les suivants :

Se han calculado las tasas de crecimiento anuales medios entre 2010 y 2025 por un lado y entre 2025 y 2040 por otro.

#### 5.1.4.2. Proyección de la matriz

Las tasas de crecimiento calculadas de este modo se aplican a la matriz 2010, por OD y CMP. Los resultados totales (en millones de toneladas) para el escenario central son:

- Total 2010 (Mt): 170,1.
- Total 2025 (Mt): 210,5.
- Total 2040 (Mt): 253,5.

## 5.2. Actualización de la fase de reparto modal

### 5.2.1. Metodología general

Se ha partido de un planteamiento metodológico similar al modelo anterior, con ligeras variaciones. Los datos de partida para el ajuste del modelo de reparto modal son:

- Datos de demanda agregados a nivel zonal: matrices de demanda por tipo de mercancías (13 categorías) y por modos (4 modos).
- Atributos que caracterizan las distintas redes de transporte (distancia, tiempo y precio) obtenidos a partir de los modelos de red desarrollados en CUBE.

Teniendo en cuenta que existen cuatro modos de transporte alternativos

- Ferrocarril-ferrocarril.
- Ferrocarril-carretera.
- Carretera.
- Marítimo.

Se ha optado por un modelo de elección discreta de tipo logit para la modelización del reparto modal. A la vista de los resultados obtenidos en el modelo anterior y de pruebas realizadas en el modelo actual, se observa que la elección de un modelo anidado frente a un modelo multinomial no presenta mejores resultados en los ajustes ni responde mejor a los criterios reales de elección modal, por lo tanto, se ha considerado como hipótesis que el cargador realiza la elección de modo en un único paso, independientemente del tipo de mercancía, y se ha optado por un modelo logit multinomial para todas las categorías de productos.

### 5.2.2. Procedimiento y validación de ajuste.

Utilizando como herramienta el software TransCAD, se ha realizado el ajuste de las funciones de utilidad y la estimación de los coeficientes asociados a cada término de las funciones de utilidad. Este proceso iterativo de calibrado se basa en el método estadístico de "máxima verosimilitud". Los tests realizados para la validación del ajuste son los siguientes:

- Coefficient Rho<sup>2</sup> de Mc-Fadden (similaire au R<sup>2</sup> d'une régression linéaire) comme mesure de l'ajustement général de la formulation
- Pour la validation des paramètres de la fonction d'utilité (prix et temps), un test de significativité a été réalisé (test de Student)

Des résultats de test précédents on peut donc considérer que :

- Le calage général des modèles est satisfaisant et la différenciation de la structure des modèles logit par CMP (utilisée dans le modèle 2004) n'induit pas d'amélioration notable du calage global
- Les coefficients estimés sont significativement distincts de 0 et les variables retenues dans la fonction d'utilité (temps et prix) ont une influence sur la variable dépendante (utilité) et sont statistiquement significatives.

### 5.2.3. Analyse des modèles

Il est nécessaire de considérer et d'analyser d'autres critères pour apprécier l'adéquation des modèles au processus de choix modal :

- Importance relative des variables intervenant dans le processus de choix modal (constantes modales, prix et temps)
  - Ratio prix/temps,
  - Equivalence en prix temps des constantes modales.
- Elasticité de la demande par rapport aux différents facteurs intervenant dans la fonction d'utilité,
- Caractère réaliste de l'évolution future à laquelle conduit l'application du modèle.

#### 5.2.3.1. Importance relative des variables

Cette analyse se base sur les coefficients obtenus dans l'ajustement des fonctions d'utilité (coefficient du temps, coefficient du prix, constantes modales). On peut noter que, sauf dans le cas des produits périssables, le facteur temps a un poids relatif légèrement inférieur à celui du prix et qu'une réduction de temps d'une heure équivaut à une économie de prix comprise entre 0,04 et 1,15 €/tonne.

Dans le cas du transport ferroviaire, les valeurs obtenues pour les constantes mettent en avant que la perception globale des chargeurs sur le mode ferroviaire est pire que celle de la route ou du maritime. Les CMP 12 (automobile) et 8 (produits métallurgiques) sont les mieux valorisées.

Le mode fer-route est celui qui présente, dans la plupart des cas, la plus mauvaise valorisation pour chacune des formulations (par CMP), même si la plage globale de variation paraît moins défavorable.

On remarque que le mode maritime présente une perception très similaire au mode routier, et même meilleure, dans le cas de la CMP 7 (Minerais et déchets pour la métallurgie). Ce résultat est cohérent, en prenant en compte que globalement, la captation du mode maritime est équivalente ou supérieure à celle du mode routier. Les modes avec une composante ferroviaire (fer-fer et fer-route) présentent des constantes plus défavorables et du même ordre de grandeur.

- Coeficiente Rho<sup>2</sup> de Mc-Fadden (asimilable al R<sup>2</sup> de una regresión lineal) como medida de ajuste general de la formulación.
- Para la validación de los parámetros incluidos en la función de utilidad (tiempo y precio) se ha realizado un contraste de significación estadística (test de Student).

De los resultados de los test anteriores se concluye que:

- El ajuste general de los modelos es aceptable y la diferenciación por categorías de la estructura logit planteada en el modelo anterior no supone una mejoría en el ajuste global.
- Los coeficientes estimados para la función de utilidad son significativamente distintos de cero y las variables incluidas en la función de utilidad (precio y tiempo) tienen influencia sobre la variable dependiente (utilidad) y son significativas estadísticamente.

### 5.2.3. Análisis de los modelos

Es necesario considerar y analizar otros criterios para determinar la correcta adecuación de los modelos al proceso de elección modal, como son:

- Importancia relativa de las variables que intervienen en el proceso de elección modal (constantes modales, precio y tiempo)
  - Ratio precio/tiempo.
  - Equivalente en precio y tiempo de las constantes modales.
- Elasticidad de la demanda respecto a los diferentes factores que intervienen en la función de utilidad.
- Carácter realista de la evolución futura a la que conduce la aplicación del modelo.

#### 5.2.3.1. Importancia relativa de las variables

Este análisis se basa en los coeficientes obtenidos en el ajuste de las funciones de utilidad (coeficiente del tiempo, coeficiente del precio y constantes modales). De estos resultados se desprende que, salvo en el caso de los productos perecederos, el factor tiempo tiene un peso relativo ligeramente menor que el precio y que una reducción del tiempo de una hora equivale a un ahorro de precio de entre 0,04 y 1,15 €/t.

En el caso del transporte en ferrocarril, los valores obtenidos para las constantes ponen de manifiesto que la percepción global que los cargadores tienen del modo ferroviario es peor que la correspondiente a la carretera y el transporte marítimo. Las categorías 12 (automoción) y 8 (productos metalúrgicos) son las mejor valoradas.

El modo ferrocarril-carretera es el que presenta, en la mayoría de los casos, la peor valoración en cada una de las formulaciones (categorías CMP), a pesar de que el rango de variación considerado globalmente parezca menos desfavorable.

Por su parte, el modo marítimo presenta una percepción muy similar a la carretera, incluso mejor, en el caso de la categoría 7: Minerales de hierro y residuos para metalúrgica. Este resultado es coherente, teniendo en cuenta que, en términos generales, su captación es equivalente o superior a la del modo carretera. Los modos con componente ferroviaria (ferrocarril-ferrocarril y ferrocarril-carretera) presentan constantes modales más desfavorables, y en el mismo orden de magnitud, si bien son menos favorables para el ferrocarril-carretera.

#### 5.2.3.2. Elasticité de la demande par rapport aux différents facteurs intervenant dans la fonction d'utilité

Les modèles calibrés ont été mis en place dans CUBE. Ces modèles ont permis de simuler des variations de prix et de temps de transport pour avoir une première idée des élasticités de ces modèles.

L'analyse des élasticités directes permet de dire que les catégories les plus sensibles aux variations de temps sont les produits périssables, pour lesquels les délais d'acheminement sont très dépendants de la nature des marchandises, et les produits manufacturés et le secteur automobile, pour lesquels les marchandises ont des valeurs monétaires élevées et une forte intégration dans les chaînes logistiques.

Des catégories les plus représentées en ferroviaire (CMP 1, 8, 11, 12 et 13), les plus sensibles aux variations de prix sont la catégorie 12 (véhicules et matériel de transport) et la catégorie 11 (produits chimiques). Dans le cas des élasticités croisées, les valeurs d'élasticité les plus élevées, tant en temps qu'en prix, se retrouvent pour les catégories où le transport routier assure le transport d'un nombre important de tonnes (CMP 2, 4, 11, 12 et 13). En effet, de petites variations de l'offre routière impliqueront des variations considérables de la demande du mode ferroviaire étant donné que l'ordre de grandeur initial de la demande ferroviaire est beaucoup plus faible.

#### 5.2.3.3. Application du modèle aux scénarios futurs (modèle logit avec pivot)

Pour obtenir le partage modal pour les scénarios futurs, on utilise la mise en place sous CUBE des modèles ajustés et une formulation logit avec pivot. Sous ce modèle logit, nous avons utilisé deux formulations :

- Pour les OD avec une demande ferroviaire existante en situation de base 2010, le procédé de choix modal pour un trajet donné dans les scénarios futurs se fait par l'application d'un modèle logit multinomial en pivot multiplicatif.  
La nouvelle probabilité de choix de chaque mode est obtenue à partir de la part modale observée (2010) et de la variation de l'utilité liée aux changements de niveaux de services (variation relative de la captation observée en situation de base).
- Pour les OD avec une demande ferroviaire nulle en situation de base 2010, une variation absolue est retenue. On applique un modèle logit multinomial en pivot additif.

#### 5.2.4. **Conclusions**

Il est très difficile de modéliser le choix modal de manière tout à fait ajustée à partir de données agrégées par zones. On peut tirer comme conclusions de l'analyse précédente que : les modèles présentent un degré d'ajustement acceptable d'un point de vue statistique ; les variables prises en compte dans la fonction d'utilité (temps et prix) ont une influence significative sur la variable dépendante (l'utilité) et les valeurs des coefficients et leurs valeurs équivalentes se trouvent dans des plages de valeurs acceptables par rapport aux études précédentes.

Ainsi, on considère que les modèles de choix modal obtenus présentent un ajustement adéquat.

#### 5.2.3.2. Elasticidad de la demanda respecto a los diferentes factores que intervienen en la función de utilidad.

Los modelos calibrados se han implementado en el entorno CUBE. Estos modelos han permitido simular variaciones de precios y tiempos de transporte y dar una primera idea de las elasticidades de estos modelos.

Del análisis de las elasticidades directas se desprende que las categorías más sensibles a las variaciones del tiempo son los productos perecederos, en los que los plazos de entrega están muy condicionados por la naturaleza de las mercancías, y los productos manufacturados y el sector de la automoción, con valor monetario alto y fuerte integración en cadenas logísticas.

De las categorías con mayor representatividad del modo ferroviario (categorías 1, 8, 11, 12 y 13), las más sensibles a las variaciones de precios son la categoría 12 (automóviles y material de transporte) y la categoría 11 (productos químicos). En el caso de las elasticidades cruzadas, los valores de elasticidad más altos, tanto en tiempo como en precio, se registran en las categorías en las que se transporta un mayor número de toneladas por carretera (categorías 2, 4, 11, 12 y 13) y, por tanto, pequeñas variaciones de demanda en este modo suponen considerables variaciones en la demanda del modo ferroviario, dado que el orden de magnitud en la demanda de partida es mucho más bajo.

#### 5.2.3.3. Aplicación del modelo a escenarios futuros (modelo logit con pivote)

Para la obtención del reparto modal en los escenarios futuros se utilizará la implementación en CUBE de los modelos ajustados y se utilizará una formulación logit con pivot. Bajo este modelo logit, se han utilizado dos formulaciones:

- Para las relaciones O/D con demanda ferroviaria en el escenario base (2010). El proceso de elección de modo para un determinado viaje en los escenarios futuros, viene dado por la forma incremental de un modelo de elección modal logit multinomial. La nueva probabilidad de elección de cada modo se obtiene a partir de la captación real (2010) y la variación de la utilidad, generada por los cambios en los atributos de nivel de servicio (Variación porcentual sobre la captación real del año base).
- Para las relaciones O/D sin demanda ferroviaria en el escenario base (2010), se ha considerado una variación absoluta sobre la captación real del año Base.

#### 5.2.4. **Conclusiones**

Es difícil realizar una modelización del reparto modal perfectamente ajustada a partir de datos agregados por zonas. Del análisis anterior se desprende que: los modelos presentan un grado de ajuste aceptable, a nivel estadístico; las variables incluidas en la función de utilidad (tiempo y precio) tienen una influencia significativa sobre la variable dependiente (utilidad) y los valores de los coeficientes y sus valores equivalentes se encuentran dentro de los rangos aceptables de otros estudios previos.

Por lo tanto, se considera que los modelos de reparto modal obtenidos presentan un ajuste adecuado.

### 5.3. Actualisation de la phase d'affectation

#### 5.3.1. Méthodologie générale

L'objectif de l'étape d'affectation est de déterminer les itinéraires empruntés pour les différents types de marchandises et d'en déduire le trafic résultant sur les tronçons du réseau.

Ainsi, trois affectations différentes sont réalisées, qui font intervenir les éléments suivants :

- Affectation fer-fer : Matrice fer-fer -> réseau fer (lignes et terminaux) et réseau routier (acheminements)
- Affectation route : Matrice route -> réseau routier, Autoroutes ferroviaires et autoroutes de la mer.
- Affectation fer-route : Matrice fer-route -> réseau ferroviaire au nord des Pyrénées (lignes et terminaux), réseau routier (acheminements au nord des Pyrénées et étape routière au sud).

Afin de reproduire fidèlement le comportement de choix d'itinéraire, deux méthodes d'affectation ont été combinées qui permet de travailler avec des coûts différents en fonction du type de marchandises à transporter, qui implique une affectation successive et fractionnées des matrices de demande sous des scénarios de coûts généralisés. Le calcul d'itinéraire se base sur la minimisation du coût généralisé, obtenu comme une fonction du temps, du coût et des péages, en accord avec la formulation générale suivante :

$$CG = \sum \text{coûts} + \text{coef}_{\text{ temps}} * \sum \text{temps}$$

##### 5.3.1.1. Affectation fer-fer

Les facteurs inclus dans le coût généralisé sont :

- Coûts : coûts d'exploitation et redevance d'infrastructure, coût de passage par les terminaux et coûts de passage par les Pyrénées.
- Temps (en min) : temps de circulation calculés à partir des longueurs de tronçons du réseau et des vitesses moyennes déterminées pour le nord et le sud des Pyrénées, temps de passage par les Pyrénées et temps de passage par les terminaux.

Comme hypothèse de départ pour l'affectation fer-fer, on a considéré que les trains ayant la même origine et destination suivront le même itinéraire, indépendamment de la charge du réseau, sauf si la limite de capacité est dépassée, auquel cas des flux seront déviés de l'itinéraire optimal pour les conditions initiales. Pour cette raison, on ne considère pas de fonctions de vitesses selon les types de tronçons, comme c'était le cas dans modèle précédent, mais des vitesses moyennes et des limites de capacité.

L'affectation étant réalisée en tonnes (la différence de taille des trains au nord et au sud des Pyrénées ne permettant pas de transformer ces tonnes en flux O/D dans les matrices mais seulement a posteriori sur les arcs), les résultats sont traduites en circulations à partir du chargement moyen des trains au nord et au sud des Pyrénées.

### 5.3. Actualización de la fase de asignación

#### 5.3.1. Metodología general

El objetivo de la etapa de asignación es determinar las rutas seguidas por los distintos tipos de mercancías y obtener la carga resultante sobre los arcos de la red.

Por lo tanto, se realizan tres asignaciones diferentes en las que intervendrán los siguientes elementos, a nivel de oferta y demanda:

- Asignación de ferrocarril-ferrocarril: Matriz ferrocarril-ferrocarril -> red ferroviaria (líneas y terminales) y red de carreteras (acarreo).
- Asignación carretera: Matriz carreteras -> red de carreteras, Autopistas Ferroviarias y del Mar.
- Asignación ferrocarril-carretera: Matriz ferrocarril-carretera -> red ferroviaria norte Pirineos (líneas y terminales) y red de carreteras (acarreo norte Pirineos y etapa carretera sur Pirineos).

Con objeto de reproducir fielmente el comportamiento de la elección de ruta, se han combinado dos métodos de asignación, una que permite trabajar con una diversidad de costes en función del tipo de mercancía a transportar, y otra que implica una asignación sucesiva y fraccionada de las matrices de demanda bajo escenarios de costes generalizados. El cálculo de itinerario se basa en la minimización del coste generalizado, obtenido como función del tiempo, del coste y de los peajes, de acuerdo a la siguiente formulación general y que tendrá distintas componentes dependiendo del tipo de link/tramo o conexión.

$$CG = \sum \text{costes} + \text{coef}_{\text{ tiempo}} * \sum \text{tiempos}$$

##### 5.3.1.1. Asignación de ferrocarril-ferrocarril

Los factores incluidos en el cálculo del coste generalizado son:

- Costes: Costes de explotación y canon de la infraestructura, Coste de paso por terminales y Coste de paso por Pirineos.
- Tiempos (en min): Tiempo de circulación calculado a partir de las longitudes de los tramos de red y las velocidades medias determinadas para el norte y el sur de los Pirineos, Tiempo de paso por Pirineos, Tiempos de paso por terminal (operativa, descarga y espera en terminal de origen).

Como hipótesis de partida para la asignación del ferrocarril se considera que, en general, los trenes con el mismo origen-destino seguirán la misma ruta, independientemente de la carga de la red, salvo que se sobre pase el límite de capacidad, en ese caso se desviarán de la ruta óptima para las condiciones iniciales. Por este motivo no se consideran unas funciones de velocidad carga para los distintos tipos de línea, como en el modelo anterior, en este caso se están considerando velocidades medias y unos límites de capacidad.

Si bien, la asignación se ha realizado en toneladas (ya que la diferencia de los tamaños de tren no permite hacer esta transformación en los flujos O/D de las matrices, si no en las toneladas de los arcos), los resultados se han transformado en circulations a partir de la carga media de los trenes en el norte y en el sur de los Pirineos.



#### 5.3.1.2. Affectation routière

Les facteurs inclus dans le calcul du coût généralisé sont :

- Coûts : coûts unitaires, en €/t nette.km, Péages, en €/veh.km, Coûts des AF, en €/veh.km et Coûts des AM, en €/veh.km.
- Temps (en min): temps de circulation calculé à partir des longueurs de tronçons du réseau et des vitesses moyennes déterminées par type de route, temps de repos calculé selon la réglementation en vigueur relative aux temps de conduite et de repos, en considérant une optimisation des itinéraires et l'utilisation de deux conducteurs, temps de passages par les terminaux pour les AF et temps de passages par les ports pour les AM.

Le modèle ne considère pas de limites de capacité, le trafic VL n'étant pas pris en compte, et la caractérisation de l'offre routière et des coûts généralisés est basée uniquement sur trois paramètres: la vitesse moyenne, la distance et les péages/taxes.

#### 5.3.1.3. Affectation fer-route

Les facteurs inclus dans le calcul des coûts généralisés sont une combinaison des facteurs utilisés dans les cas précédents :

- Nord des Pyrénées : coûts et temps similaires à ceux de l'affectation fer-fer,
- Sud des Pyrénées : coûts et temps décrits pour l'affectation routière.

Des coûts différents selon le type de marchandises sont pris en compte et l'affectation est réalisée de manière incrémentale, en considérant un fractionnement similaire à celui de l'affectation fer-fer.

### 5.3.2. **Calage et résultats du scénario de base (2010)**

#### 5.3.2.1. Ferroviaire

Les résultats sont comparés avec :

- Les données de demande aux passages frontière (Irun-Hendaye et Port-Bou-Cerbère), fournies par RENFE,
- Les données de circulation en France et en Espagne, fournies par RFF et ADIF, qui permettent de vérifier que les itinéraires obtenus correspondent aux itinéraires utilisés en réalité.

Afin de comparer les résultats de l'affectation avec les données de références, les résultats de l'affectation ferroviaire (tous types de marchandises confondus) sont présentés à deux niveaux :

- Passages ferroviaires de Pyrénées : Irun-Hendaye et Port-Bou-Cerbère
- Réseau ferroviaire européen : Sont inclus les résultats de l'affectation fer-fer, ceux de l'affectation fer-route (pour le nord des Pyrénées) et la demande des autoroutes ferroviaires.

Même si l'ajustement n'a pas pu être réalisé par type de marchandises en raison du manque de données de référence, une analyse par type de marchandises des flux frontaliers est fournie en annexe.

#### 5.3.1.2. Asignación de carretera

Los factores incluidos en el cálculo del coste generalizado son:

- Costes: costes unitarios, en €/t neta.Km; Peaje, en €/veh.Km; Coste de las AF, en €/veh.Km y Coste de las AM, en €/veh.
- Tiempos (en min): tiempo de circulación calculado a partir de las longitudes de los tramos de red y las velocidades medias determinadas por tipo de carretera, Tiempo de descanso calculado según la normativa de tiempos de conducción y descanso y considerando la optimización de rutas y la utilización de dos conductores, Tiempos de paso por terminal para las AF y Tiempos de paso por puerto para las AM.

El modelo no contempla limitaciones de capacidad, dado que no se tiene en cuenta el tráfico de vehículos ligeros, y la caracterización de la red de carreteras y la estimación de los costes generalizados está basada únicamente en tres parámetros: velocidad media, longitud y peaje/tasas.

#### 5.3.1.3. Asignación de ferrocarril-carretera

Los factores incluidos en el cálculo del coste generalizado son una combinación de los utilizados en los dos casos anteriores:

- Norte de Pirineos: se utilizarán los mismos costes y tiempos que en la asignación ferrocarril-ferrocarril.
- Sur de Pirineos: se consideran los costes y tiempos descritos en la asignación de carreteras.

Se ha considerado una diversidad de costes en función del tipo de mercancía y se ha realizado una asignación incremental, considerando las mismas fracciones que en la asignación ferrocarril-ferrocarril.

### 5.3.2. **Ajuste y resultados escenario base (2010)**

#### 5.3.2.1. Ferrocarril

Para el ajuste de la demanda ferroviaria se han contrastado los resultados con:

- Datos de demanda en los pasos fronterizos (Irun-Hendaya y Portbou-Cerbère), facilitados por RENFE.
- Datos de circulaciones en Francia y España, facilitados por RFF y ADIF, que permiten verificar que las rutas obtenidas en la asignación se corresponden con la realidad.

Con objeto de verificar los resultados de la asignación con los datos de referencia anteriores, se presentan los resultados globales (conjunto de todas las categorías de mercancías) de la asignación ferroviaria a dos niveles:

- Pasos ferroviarios en Pirineos: Irun-Hendaya y Portbou-Cerbère.
- Red ferroviaria europea: se incluyen, tanto los resultados de la asignación ferrocarril-ferrocarril, como la parte ferroviaria de la asignación ferrocarril-carretera (Norte de los Pirineos) y la demanda de las autopistas ferroviarias.

A pesar de no haber podido realizar un ajuste por tipo de mercancía, por falta de datos de referencia, al final del apartado se incluye un análisis por tipo de mercancía, centrado únicamente en los pasos fronterizos.

### Demande totale

#### **Passages ferroviaires pyrénéens**

L'affectation de la matrice fer-fer, en tonnes/an, permet d'estimer la distribution entre le passage Irun-Hendaye et le passage Port-Bou-Cerbère. Les résultats indiquent que 66,4% des flux de marchandises traversant les Pyrénées en fer utilisent le passage méditerranéen (Port-Bou – Cerbère) et seulement 33,6% le passage atlantique (Irun – Hendaye).

#### **Réseau ferroviaire européen**

Les flux suivants sont considérés :

- Flux fer-fer,
- Flux fer-route au nord des Pyrénées,
- Autoroute ferroviaire Perpignan-Bettembourg.

Le nombre maximum de circulations est observé sur le tronçon Avignon/Nîmes-Narbonne, où se concentrent les trafics en lien avec l'Allemagne, l'Est de la France et l'Italie.

Dans le nord de la France, les flux les plus importants sont au niveau du corridor atlantique, sur le tronçon Paris-Orléans, avec 25 circulations par semaine et par sens.

A Orléans, 40% de ce trafic emprunte le corridor central (pour les flux en lien avec le corridor méditerranéen espagnol), d'où une distribution des circulations sur les corridors ferroviaires français de 16 circulations/semaine pour le corridor atlantique et 10 circulations/semaine pour le corridor central.

Dans la zone centrale, c'est le corridor rhodanien qui présente le plus de flux (20-22 circulations par semaine à partir de Dijon), et regroupe les flux en lien avec le nord-est de la France et l'Allemagne.

En Espagne, le trafic de marchandises international est concentré sur les itinéraires :

- Irun-Madrid, regroupant des flux en lien avec Madrid (4 circulations/semaine), Castille et Leon (7), le Pays basque (10) et l'Aragon (3).
- Port-Bou-Barcelone, regroupant des flux en lien avec la Catalogne (18 circulations/semaine), Madrid (3), l'Aragon (8), et la Communauté valencienne (10).

L'ajout de l'affectation fer-route à l'ensemble de ces flux amène une augmentation importante des circulations sur les corridors français, principalement les corridors atlantiques et rhodanien, avec respectivement un total de 30 circulations/semaine par sens et 44 circulations/semaine et par sens.

De plus, dans le cas du corridor est/rhodanien, il faut considérer les services correspondant à l'autoroute ferroviaire Perpignan-Bettembourg (9 circulations par semaine par sens), soit un total de 53 circulations par semaine et par sens entre Dijon et Nîmes, et 56 circulations par semaine et par sens jusqu'à Perpignan.

### Demanda total

#### **Pasos Ferroviarios Pirineos**

De la asignación de la matriz ferrocarril-ferrocarril, en toneladas/año, se obtiene la distribución entre el paso de Irún-Hendaya y el paso de Portbou-Cerbère. Los resultados indican que el 66,4% de los flujos de mercancías que atraviesan los Pirineos en ferrocarril, lo hacen por el paso de la fachada Mediterránea (Portbou-Cerbère) y únicamente el 33,6% utilizan el paso de la fachada Atlántica (Irún-Hendaya).

#### **Red ferroviaria europea**

Se consideran los siguientes tráfico:

- Ferrocarril-ferrocarril.
- Ferrocarril-carretera, al norte de los Pirineos.
- Autopista Ferroviaria Perpignan-Bettembourg.

Analizando la demanda se observa que el máximo número de circulaciones semanales (22 circulaciones/semana por sentido) se registran en el tramo Avignon/Nimes-Narbonne, donde confluyen tráfico con origen/destino en Alemania, Este de Francia e Italia.

En el norte de Francia, los mayores flujos se registran en el corredor Atlántico, en el tramo París-Orleans, con 25 circulaciones/semanales por sentido.

En Orleans, un 40% de este tráfico se desvía hacia el corredor central (tráfico con origen/destino en el corredor Mediterráneo Español), resultando una distribución de circulaciones en los corredores ferroviarios franceses de 16 circulaciones/semana, en el atlántico, y de 10 circulaciones/semana en el corredor central.

En la zona centro, es el corredor Este el que presenta una mayor demanda (20-22 circulaciones/semanales a partir de Dijon), al agrupar los flujos con origen/destino en el noreste de Francia y Alemania.

En España, el tráfico de mercancías internacionales está prácticamente concentrado en las rutas:

- Irún-Madrid, en la que los principales centros alimentadores se sitúan en Madrid (4 circulaciones/semana), Castilla y León (7), País Vasco (10) y Aragón (3).
- Portbou-Barcelona, donde confluyen tráfico de Cataluña (18 circulaciones/semana), Madrid (3), Aragón (8) y Comunidad Valenciana (10).

Uniendo estas circulaciones con las resultantes de la asignación ferrocarril-carretera se obtiene un aumento de las circulaciones en los corredores franceses, fundamentalmente en los corredores Atlántico y este, que duplican el número de circulaciones registrando, respectivamente, un total de 30 circulaciones/semana y 44 circulaciones/semana, por sentido.

Adicionalmente, en el caso del corredor este, hay que considerar los servicios correspondientes a la Autopista Ferroviaria Perpignan-Bettembourg (9 circulaciones/semana, por sentido), lo que supone un total de 53 circulaciones/semana (por sentido) en el tramo Dijon-Nimes y 56 circulaciones/semana (por sentido) hasta Perpignan.

### Demande par type de marchandises

L'analyse des résultats par type de marchandises est concentrée sur les passages ferroviaires des Pyrénées.

On note que les principales marchandises transportées sont : véhicules et matériel de transport, autres produits manufacturés et articles divers, produits métallurgiques et produits chimiques.

D'autre part, on note que les flux de véhicules et matériels de transport et produits manufacturés traversant la frontière à Portbou sont plus importants que ceux transitant par Irún, avec respectivement près d'un million de tonnes et de 400 000 tonnes.

#### 5.3.2.2. Route

Les flux globaux sont présentés à deux niveaux :

- Passages routiers pyrénéens : Irún/Bariatou, La Jonquera/Le Boulou, passages centraux
- Réseau routier européen : on ne considère que l'affectation route au nord des Pyrénées, on considère l'affectation route plus la partie routière de l'affectation fer-route au sud des Pyrénées.

### Demande globale

#### ***Passages routiers pyrénéens***

On note que les passages Irún / Bariatou et La Jonquera / Le Boulou représentent 95% des flux routiers.

La répartition entre les deux passages principaux est très équilibrée, avec légèrement plus de véhicules au niveau de Irún/Bariatou (53%).

#### ***Réseau routier européen***

On vérifie que le modèle d'affectation reflète de manière adéquate dans la distribution de la demande par type de route (autoroutes à péages/gratuites, routes nationales, routes secondaires).

### Demande par catégorie de marchandises

A la différence des résultats par catégorie de marchandises du transport ferroviaire, on note que les proportions entre les différentes catégories de marchandises sont plus équilibrées. Les catégories les plus représentées sont les « Autres produits manufacturés et articles divers », les « Véhicules et matériel de transport » et les « Denrées alimentaires et fourrages » (CMP 13, 12 et 4).

Les trafics les moins significatifs sont les « Produits pétroliers », « Combustibles minéraux solides » et « Engrais », marchandises qui, soit utilisent préférentiellement le mode maritime, soit ont un poids très réduit dans les échanges transpyrénéens.

### Demanda por categoría de producto

El análisis de resultados por tipo de mercancía se ha centrado únicamente en los pasos ferroviarios de Pirineos.

Se observa que las principales mercancías transportadas son: vehículos y material de transporte, productos manufacturados, productos metalúrgicos y productos químicos.

Por otra parte los flujos de vehículos y el material de transporte y productos manufacturados que atraviesa el paso de Portbou son considerablemente superiores que los correspondientes del paso de Irún, situándose cerca de un millón de toneladas y de 400.000 toneladas anuales, respectivamente.

#### 5.3.2.2. Carretera

Los flujos globales se presentan en dos niveles:

- Pasos de carretera en Pirineos: Irún / Bariatou, La Jonquera / Le Boulou, pasos centrales.
- Red de carreteras europea: en el norte de los Pirineos se considera únicamente la asignación de carretera y en el sur se consideran, tanto los resultados de la asignación de carretera, como la parte de carretera de la asignación ferrocarril-carretera.

### Demanda total

#### ***Pasos de carretera Pirineos***

Se observa que los pasos Irún / Bariatou y La Jonquera / Le Boulou registran el 95% de la demanda por carretera.

El reparto entre los dos pasos principales está muy equilibrado, siendo ligeramente mayor la afluencia de vehículos por el paso Irún / Bariatou (53%).

#### ***Red europea de carreteras***

Se comprueba que el modelo de asignación ajusta de forma adecuada en el reparto de demanda por tipo de vía (Autopistas con/sin peaje, carreteras nacionales y carreteras secundarias).

### Demanda por categoría de producto

A diferencia de los resultados por categoría del transporte ferroviario, la carretera transporta prácticamente todo tipo de mercancías y en proporciones similares. Destaca el transporte de productos manufacturados, sector de la automoción y productos alimenticios (categorías 13, 12 y 4). Los tráficos menos significativos corresponden a los productos petrolíferos, combustibles sólidos, minerales de hierro y abonos, mercancías que, o bien utilizan preferente el modo marítimo, o no tienen demasiado peso en los intercambios a través de los Pirineos.

## 6. DEFINITION DES SCENARIOS FUTURS ET RESULTATS DU MODELE (Phase D)

### 6.1. Introduction et objet

Le rapport de phase D présente les projets d'infrastructures et services considérés pour les scénarios futurs (2025 et 2040) ainsi que les principales variables macroéconomiques retenues pour les scénarios alternatifs haut et bas et les matrices de demandes résultantes à partir desquels sont déterminés le partage modal et l'affectation de la demande.

### 6.2. Définition des scénarios futurs

#### 6.2.1. Scénarios macroéconomiques

Les sources utilisées pour la définition des scénarios de croissance macro-économique sont les suivantes :

- " Ageing Report 2012 European Economy 4|2011 " - DG ECFIN (2012),
- " PITVI 2012-2024 – Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda – Documento inicial para presentación institucional y participación pública " - Ministerio de Fomento (2012),
- " Démarche prospective Transports 2050 " - CGPC / Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer (2006),
- " France 2030 " – CAS/DG Trésor (2011),
- "Etudes et documents n°71" – CGDD (2012).

Le **scénario central** est constitué en retirant 40% aux taux de croissance annuels moyens prévus par la DG ECFIN. Pour l'Espagne, on obtient pour ce scénario central un taux de croissance annuel moyen 2012-2024 similaire à celui du scénario « conservateur » du PITVI (1,0%). En ce qui concerne la France, on obtient des taux de croissance annuels moyens similaires au scénario bas du CGPC, entre les scénarios « bas » et « très bas » du CGDD et inférieurs au scénario bas du CAS/DG Trésor.

Le **scénario haut** reprend les prévisions de taux de croissance annuels moyens de la DG ECFIN. Pour l'Espagne, on obtient pour ce scénario haut un taux de croissance annuel moyen 2012-2024 de 1,73%, très similaire aux scénarios base et optimiste du PITVI (1,76%). Pour la France, on obtient des taux de croissance annuels moyens similaires aux scénarios centraux du CGDD, du CAS/DG Trésor et du CGPC.

Le **scénario bas** est constitué en retirant, dans un premier temps, 40% aux taux de croissance annuels moyens du scénario central présentés précédemment. Dans un deuxième temps, ce scénario est complété par l'ajustement des taux de croissance annuels moyens espagnols sur les périodes 2010-2020 et 2021-2030 de manière à se caler sur le scénario défavorable du PITVI. Par construction, on obtient pour l'Espagne, pour ce scénario bas, un taux de croissance annuel moyen 2012-2024 similaire à celui du scénario « défavorable » du PITVI (0,2%). Pour la France, on obtient des taux de croissances similaires au scénario « très bas » du CGDD (0,5%), et inférieurs aux scénarios bas du CGPC et CAS/Trésor.

## 6. DEFINICIÓN DE ESCENARIOS FUTUROS Y RESULTADOS DEL MODELO (Fase D)

### 6.1. Introducción y objeto

En el informe de fase D se definen los proyectos de infraestructuras y servicios considerados para los escenarios futuros (2025 y 2040), se evalúan las principales variables macroeconómicas del área de estudio, y explicativas de los diferentes modos de transporte, para escenarios alternativos y se obtienen las matrices de demanda de origen y destino, a partir de las cuales se determina el reparto modal y la asignación de la demanda a itinerarios específicos.

### 6.2. Definición de escenarios futuros

#### 6.2.1. Escenarios macroeconómicos futuros

Las fuentes utilizadas para la definición de los escenarios de crecimiento macro-económico han sido:

- " Ageing Report 2012 European Economy 4|2011 " - DG ECFIN (2012).
- " PITVI 2012-2024 – Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda – Documento inicial para presentación institucional y participación pública " - Ministerio de Fomento (2012).
- " Démarche prospective Transports 2050 " - CGPC / Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer (2006).
- " France 2030 " – CAS/DG Trésor (2011).
- "Etudes et documents n°71" – CGDD (2012).

El **escenario base**, o central, se ha determinado rebajando un 40% las tasas de crecimiento anuales medias de PIB previstas por la DG ECOFIN. Para España, se obtiene para este escenario central una tasa de crecimiento anual media 2012-2024 similar a la del escenario "conservador" del PITVI (1,0%). En lo que respecta a Francia, se obtienen tasas de crecimiento anuales medias similares al escenario bajo del CGPC, entre los escenarios "bajo" y "muy bajo" del CGDD e inferiores al escenario bajo del CAS/DG Tesoro.

El **escenario alto** recoge las previsiones de las tasas de crecimiento anuales medias de PIB de la DG ECOFIN. Para España, se obtiene para este escenario alto una tasa de crecimiento anual medio 2012-2024 de 1,73%, muy similar a los escenarios base y optimista del PITVI (1,76%). Para Francia, se obtienen tasas de crecimiento anuales medias similares a los escenarios centrales del CGDD, del CAS/DG Tesoro y del CGPC.

El **escenario bajo** se constituye reduciendo, en un primer momento, 40% a las tasas de crecimiento anuales medias del escenario central presentado anteriormente. En una segunda etapa, este escenario se completa por el ajuste de las tasas de crecimiento anuales medias españolas para los periodos 2010-2020 y 2021-2030 de manera que encajen con el escenario desfavorable del PITVI. Se obtiene para España, para este escenario bajo, una tasa de crecimiento anual medio 2012-2024 similar a la del escenario "desfavorable" del PITVI (0,2%). Para Francia, se obtienen tasas de crecimiento similares al escenario "muy bajo" del CGDD (0,5%) e inferiores a los escenarios bajo del CGPC y CAS/DG Tesoro.



Le tableau suivant reprend pour mémoire l'ensemble des prévisions de PIB des différents scénarios ramenées aux périodes 2010-2025 et 2026-2040 (les horizons futurs retenus dans l'étude étant 2025 et 2040).

La tabla siguiente recoge como recordatorio el conjunto de las previsiones de PIB de los diferentes escenarios llevados a los periodos 2010-2025 y 2026-2040 (siendo los horizontes futuros considerados en el estudio 2025 y 2040).

Tableau 5. Synthèse des prévisions de croissance du PIB des différents scénarios

Tabla 5. Síntesis de las previsiones de crecimiento del PIB de los diferentes escenarios

Country	Scénario central / Escenario base		Scénario bas / Escenario bajo		Scénario haut / Escenario alto		
	2010-2025	2026-2040	2010-2025	2026-2040	2010-2025	2026-2040	
AT	Austria	0,90%	0,82%	0,54%	0,49%	1,51%	1,37%
BE	Belgium	0,90%	0,98%	0,54%	0,59%	1,50%	1,63%
BG	Bulgaria	1,03%	0,82%	0,62%	0,49%	1,71%	1,37%
CY	Cyprus	1,03%	1,32%	0,62%	0,79%	1,72%	2,20%
CZ	Czech Republic	1,14%	0,98%	0,69%	0,59%	1,91%	1,63%
DE	Germany	0,63%	0,38%	0,38%	0,23%	1,04%	0,63%
DK	Denmark	0,69%	0,90%	0,42%	0,54%	1,16%	1,50%
EE	Estonia	0,99%	1,16%	0,59%	0,70%	1,65%	1,93%
EL	Greece	0,31%	0,72%	0,18%	0,43%	0,51%	1,20%
<b>ES</b>	<b>Spain</b>	<b>1,02%</b>	<b>1,12%</b>	<b>0,20%</b>	<b>0,46%</b>	<b>1,70%</b>	<b>1,87%</b>
FI	Finland	0,96%	0,92%	0,58%	0,55%	1,61%	1,53%
<b>FR</b>	<b>France</b>	<b>1,04%</b>	<b>1,00%</b>	<b>0,62%</b>	<b>0,60%</b>	<b>1,73%</b>	<b>1,67%</b>
HU	Hungary	0,67%	0,92%	0,40%	0,55%	1,11%	1,53%
IE	Ireland	1,09%	1,52%	0,66%	0,91%	1,82%	2,53%
IT	Italy	0,59%	0,76%	0,36%	0,46%	0,99%	1,27%
LT	Lituania	0,79%	1,04%	0,47%	0,62%	1,32%	1,73%
LU	Luxembourg	1,41%	1,08%	0,85%	0,65%	2,35%	1,80%
LV	Lavtia	0,76%	1,06%	0,46%	0,64%	1,27%	1,77%
MT	Malta	1,10%	1,06%	0,66%	0,64%	1,83%	1,77%
NL	Netherlands	0,78%	0,70%	0,47%	0,42%	1,31%	1,17%
PL	Poland	1,60%	0,90%	0,96%	0,54%	2,66%	1,50%
PT	Portugal	0,52%	0,98%	0,31%	0,59%	0,87%	1,63%
RO	Romania	0,94%	0,74%	0,57%	0,44%	1,57%	1,23%
SE	Sweden	1,12%	1,08%	0,67%	0,65%	1,87%	1,80%
SI	Slovenia	1,02%	0,78%	0,61%	0,47%	1,71%	1,30%
SK	Slovak Republic	1,71%	0,94%	1,03%	0,56%	2,85%	1,57%
UK	United Kingdom	1,10%	1,14%	0,66%	0,68%	1,83%	1,90%
NO	Norway	1,35%	1,10%	0,81%	0,66%	2,24%	1,83%
CHE	Switzerland	1,28%	1,12%	0,77%	0,67%	2,14%	1,87%

### 6.2.2. Projets d'infrastructures et services futurs

Les sources suivantes d'informations ont été utilisées pour définir les infrastructures à retenir :

- Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda del Ministerio de Fomento (2012-2024),
- Schéma National d'Infrastructures de Transport.

De même, les hypothèses relatives aux projets futurs considérées dans l'étude relative au corridor 4 (GEIE SEA Vitoria-Dax) ont été prises en compte.

### 6.2.3. Traversée de grande capacité (TGC) des Pyrénées

La Commission Européenne classe la TGC comme faisant partie du "comprehensive network" du RTE-T (Réseau Transeuropéen de Transport), ce qui implique que la construction ne se fera pas avant 2030. On considère dans cette étude un horizon opérationnel à 2040.

Sont prises en compte trois alternatives pour cette infrastructure : Huesca – Pau, Huesca – Lannemezan et Huesca – Pamiers.

### 6.2.4. Evolution des paramètres d'offre

#### 6.2.4.1. Transport routier

Les vitesses et temps de parcours varient en fonction des projets mis en service.

L'évolution des coûts et prix de transport routier est basée sur le document de 2012 "La demande de transport interurbain et les trafics à l'horizon 2030" du Commissariat Général au Développement Durable.

Tableau 6. Evolution des coûts et prix de transport routier

Composante du coût	Taux de croissance annuel moyen
Kilométrique hors péage	1,8 %
Horaire conducteur	0,3 %
Journalier véhicule	0 %
Péage	1,3 %
Eco-Taxe PL sur RN	0,12 € PL.Km
Taxe carbone	0,24 €/l de carburant

### 6.2.2. Proyectos de infraestructuras y servicios futuros

Para la configuración de escenarios de infraestructura, se han analizado las siguientes fuentes de información:

- Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda del Ministerio de Fomento (2012-2024).
- Schéma National d'Infrastructures de Transport.

Asimismo han sido tomadas en cuenta las hipótesis consideradas en la elaboración del estudio del Corredor 4 que está siendo desarrollado por la AEIE Sur Europa Atlántica Vitoria-Dax.

### 6.2.3. Travesía de Gran Capacidad (TGC) de los Pirineos

La Comisión Europea ha incluido esta Travesía como parte de la "comprehensive network" de la Red Transeuropea de Transporte, lo cual implica que su construcción no se ejecutará antes de 2030. Se considera que esta infraestructura estará operativa en el horizonte 2040.

Se plantean tres alternativas como corredores para esta infraestructura: Huesca – Pau, Huesca – Lannemezan y Huesca – Pamiers.

### 6.2.4. Evolución de los parámetros de oferta

#### 6.2.4.1. Transporte por carretera

Las velocidades y tiempos de recorrido varían en función de los proyectos puestos en servicio.

Para determinar la evolución de los costes y precios del transporte por carretera se toma como fuente el documento "La demanda de transport interurbain et les trafics à l'horizon 2030" de la Commissariat Général au Développement Durable, del año 2012.

Tabla 6. Evolución de los costes y precios del transporte por carretera

Concepto de coste	Tasa anual de crecimiento
Kilométricos salvo peajes	1,8 %
Horarios conductor	0,3 %
Diario vehículo	0 %
Peajes	1,3 %
Eco-tasa VP en red nacional	0,12 € VPKm
Tasa carbono	0,24 €/l de combustible

En ce qui concerne le coût des autoroutes ferroviaires, on considère le même coût unitaire (€/veh.km) que l'autoroute ferroviaire Perpignan-Bettembourg défini en phase B. Sur ce point, il faut noter que le péage TP Ferro des services internationaux n'est pas ajouté au coût pour le transporteur/chargeur. Cette hypothèse, considérée comme valable pour la présente étude amont, devrait être révisée dans l'objectif de réaliser une analyse de rentabilité économique.

Pour les autoroutes de la mer, les coûts sont basés sur les coûts des services Ro-Ro existants selon l'Asociación Española de Short Sea Shipping, en considérant un chargement moyen de 14 t/veh.

#### 6.2.4.2. Transport ferroviaire

Pour l'horizon 2025, les temps de passage à la frontière sont réduits pour les trains circulant sur voie UIC en Espagne. Pour l'horizon 2040, tout le réseau est considéré à écartement UIC. Tout comme pour l'horizon 2025, on conserve un temps d'une heure pour le passage de la frontière. Par ailleurs, les temps de chargement, déchargement et opérations dans les terminaux sont considérés stables. Les temps d'attente dans les terminaux, en revanche, sont supposés réduits de 3h en 2010 à 1,5h pour les scénarios 2025 et 2040. Les vitesses sont considérées stables.

En ce qui concerne le chargement moyen des trains, dans le cas français, on ne considère pas d'augmentation de la longueur des trains pour le transport international de marchandises. Le chargement moyen par train est donc considéré constant. Dans le cas espagnol pour l'horizon 2025, on considère une augmentation de chargement moyen des trains empruntant le réseau UIC pour atteindre des valeurs similaires à celles des trains en France (ce qui représente une augmentation de 40% pour ces trains). Pour l'horizon 2040, tous les trains circuleront sur un réseau UIC, d'où une augmentation du chargement moyen de tous les trains de 40% par rapport aux valeurs 2010.

L'évolution des coûts et prix de transport ferroviaire sont basés sur le document "La demande de transport interurbain et les trafics à l'horizon 2030" du Commissariat Général au Développement Durable, 2012, et sur le document "Redevances GI (RFF, 2010-11)" de RFF. Les hypothèses sont les suivantes :

Tableau 7. Evolution du prix de transport, redevance et énergie

		Taux de croissance annuel moyen				
		2013	2014-2015	2016-2020	2021-2030	2031 et plus
Transport ferroviaire (€/txkm)		0,9%				
Redevance	France	2,5%	2,2%	3,0%	3,3%	2,3%
	Espagne	0,0%				
Energie		2%				

Enfin, le coût lié aux terminaux pour le transport ferroviaire est considéré stable pour tous les horizons. Les coûts de passage à la frontière sont supprimés pour les trains utilisant le réseau à écartement UIC, mis à part ceux passant par le Perthus qui devront payer le péage TP Ferro.

En cuanto a los costes de las Autopistas Ferroviarias, se considera el mismo coste unitario (€/veh-km) que la Autopista Ferroviaria Perpignan-Bettembourg, definida en la Fase B. A este respecto, cabe resaltar que el canon de TP Ferro de los servicios internacionales no se añade al coste percibido por el transportista/cargador. Esta hipótesis se considera válida para un estudio de estas características, pero debería ser revisada en caso de realizar un análisis de rentabilidad económica.

Para las Autopistas del Mar, los costes se basan en los costes de los servicios Ro-Ro existentes según la Asociación Española de Short Sea Shipping, considerando una carga media de 14 t/veh.

#### 6.2.4.2. Transporte ferroviario

Para el horizonte 2025, los tiempos de paso en frontera se reducen para los trenes que circulan en vía UIC en España. Para el horizonte 2040, toda la red se considera en ancho UIC. Como para el horizonte 2025, se conserva un tiempo de una hora de paso de la frontera. Por otra parte, el tiempo de carga, descarga y operaciones en las terminales se consideran estables. Los tiempos de espera en las terminales, por el contrario, se consideran que se reducen de 3h en 2010 a 1,5h para los escenarios 2025 y 2040. Las velocidades se consideran estables.

En lo que respecta a la carga media de los trenes, en el caso francés, no se considera aumento de la longitud de los mismos para el transporte internacional de mercancías. La carga media por tren se considera por tanto constante. En el caso español para el horizonte 2025 se considera un aumento de la carga media de los trenes que utilizan la red UIC para alcanzar valores similares a los de los trenes en Francia (lo que representa un aumento del 40% para estos trenes). Para el horizonte 2040, todos los trenes circularán sobre la red UIC, por lo que se considera un aumento de la carga media de los trenes del 40% en relación con los valores de 2010.

La evolución de los costes y precios e transporte ferroviario se basa en el documento "La demande de transport interurbain et les trafics à l'horizon 2030" del Commissariat Général au Développement Durable, 2012, y en el documento "Redevances GI (RFF, 2010-11)" de RFF. Las hipótesis son las siguientes:

Tabla 7. Evolución del precio del transporte, canon y energía

		Tasa de crecimiento anual medio				
		2013	2014-2015	2016-2020	2021-2030	2031 y en adelante
Transporte ferroviario (€/txkm)		0,9%				
Canon	Francia	2,5%	2,2%	3,0%	3,3%	2,3%
	España	0,0%				
Energía		2%				

El coste en terminales para el transporte ferroviario se considera estable para todos los horizontes temporales. Se eliminan los costes de paso por frontera para aquellos trenes que salgan desde la red de ancho internacional, salvo los que pasen por Le Perthus, que deben pagar el canon de TP Ferro.

#### 6.2.4.3. Transport maritime

Les vitesses et temps d'attente sont considérés stables. On considère une augmentation du prix de l'énergie similaire à celle retenue pour le fret ferroviaire (2%).

### 6.3. Application du modèle

A partir de la définition des scénarios macroéconomiques, des projets d'infrastructures et services, et de l'évolution des variables explicatives aux horizons futurs, les tâches suivantes ont été réalisées:

- Estimation de la demande globale de transport de marchandises à travers les Pyrénées pour les horizons 2025 et 2040,
- Mise à jour des réseaux du modèle pour chaque mode et chaque scénario retenu (horizons 2025 et 2040 avec et sans TGC).

Après la mise à jour de ces entrants, les modèles de partage modal et d'affectation sont appliqués.

L'affectation aux horizons futurs des autoroutes ferroviaires (AF) et des autoroutes de la mer (AM) a nécessité un calage indépendant basé sur des estimations de demande issues d'études existantes<sup>7</sup>. En effet, le scénario de base du modèle actuel (2010) ne comprend aucune AM et une seule AF (Perpignan-Bettembourg).

#### 6.2.4.3. Transporte marítimo

Las velocidades y tiempos de espera se consideran estables. Se considera un aumento del precio de la energía similar a la empleada para el transporte ferroviario (2%).

### 6.3. Aplicación del modelo

A partir de la definición de los escenarios macroeconómicos, de los proyectos de infraestructura y servicios y de la evolución de las variables explicativas en los escenarios futuros, se han realizado las tareas siguientes:

- Estimación de la demanda global de transporte de mercancías a través de los Pirineos para los horizontes 2025 y 2040,
- Puesta al día de las redes del modelo para cada modo y cada escenario considerado (horizontes 2025 y 2040 con y sin TGC).

Tras la actualización de estos datos, se aplicaron los modelos de reparto modal y asignación.

La asignación en los horizontes futuros de las autopistas ferroviarias (AF) y de las autopistas del mar (AM) ha necesitado un calibrado independiente basado en estimaciones de demanda extraídas de estudios existentes<sup>8</sup>. De hecho, el escenario base del modelo actual (2010) no incluye ninguna AM y sólo una AF (Perpignan-Bettembourg).

---

<sup>7</sup> Pour les AF : « Etude relative au développement de services d'autoroutes ferroviaires pour la péninsule ibérique à l'horizon 2020 », GEIE SEA Vitoria-Dax (INECO-SETEC International), 2009-2012 et « Etude de marché et trafic sur le corridor européen n°4 », GEIE SEA Vitoria-Dax, 2013.  
Pour les AM : Données de l'« Observatorio Estadístico del Transporte Marítimo de Corta Distancia en España 2009-2011 » et de l'« Asociación de Navieros Españoles »

---

<sup>8</sup> Para las AF: « Estudio relativo al desarrollo de servicios de autopistas ferroviarias para la Península Ibérica en el horizonte 2020 », GEIE SEA Vitoria-Dax (INECO-SETEC International), 2009-2012 y « Estudio de mercado y tráfico en el corredor europeo n°4 », GEIE SEA Vitoria-Dax, 2013.  
Para las AM: Datos del « Observatorio Estadístico del Transporte Marítimo de Corta Distancia en España 2009-2011 » u de la Asociación de Navieros Españoles.



## 6.4. Résultats

Une fois que le nouveau modèle de transport a été caractérisé, défini et développé, ce qui constituait le sujet principal de cette étude, plusieurs hypothèses de calcul ont été définies pour permettre de simuler différents scénarios et obtenir ainsi les premiers résultats. Les résultats obtenus par le modèle sont étroitement liés aux hypothèses prises pour chaque scénario. Par ailleurs, la capacité de prévision du modèle est aussi conditionnée par l'intervalle de temps entre l'horizon futur considéré et l'année de base de calage du modèle.

### 6.4.1. Demande globale

Les volumes des échanges totaux selon les différents scénarios étudiés sont les suivants:

Tableau 8. Demande globale selon le scénario

Demande globale (Mt)	2010	2025	2040
Scénario central	170,1	210,5	253,5
Scénario bas		189,0	208,7
Scénario haut		236,6	318,8

### 6.4.2. Partage modal

Les résultats du partage modal donnent dans un premier temps la répartition des trafics selon le mode principal de transport : route, fer-fer, fer-route et mer. Comme expliqué dans le chapitre 3, les trafics des autoroutes ferroviaires et des autoroutes de la mer sont ensuite évalués à partir des trafics routiers. L'ensemble du trafic ferroviaire traversant les Pyrénées est donc constitué du trafic fer-fer, du trafic fer-route et du trafic des autoroutes ferroviaires.

Les pages suivantes présentent les résultats du partage modal pour les 3 scénarios de croissance macro-économique. Ensuite, se trouve une page récapitulant pour le scénario central les trafics par mode détaillé, en distinguant le trafic des autoroutes ferroviaires et des autoroutes de la mer.

Pour le scénario central, les résultats de 2040 sont donnés pour la situation de référence et pour les trois variantes de Traversée Centrale des Pyrénées considérées : Pau, Lannemezan et Pamiers.

Dans l'hypothèse centrale de croissance macro-économique, la demande totale transpyrénéenne passerait de 170 millions de tonnes en 2010 à 210 millions de tonnes en 2025 et à 253 millions en 2040, soit une croissance annuelle moyenne de 1,3%.

Les évolutions de l'offre de transport par mode entraîneraient une croissance plus forte du mode ferroviaire au détriment des modes routier et maritime dont la part modale diminuerait. Le mode ferroviaire (hors AF) passerait ainsi d'une part modale de 2,6% en 2010 à 4,4% en 2025 et à 6,7% en 2040, quel que soit le scénario de croissance envisagé. Dans l'hypothèse d'une mise en service d'une traversée centrale des Pyrénées, la part modale du fer gagnerait encore 0,4 points en 2040.

Avec la prise en compte des autoroutes ferroviaires, la part du mode ferroviaire atteindrait 8,2% en 2025 et 10,6% en référence 2040, soit respectivement 15,2% et 19,6% du trafic terrestre, comparé à 5,2% en 2010.

## 6.4. Resultados

Una vez caracterizado, definido y desarrollado el nuevo modelo de transporte, principal objeto del presente Estudio, se han considerado varias hipótesis de cálculo para la simulación de diferentes escenarios y la obtención de unos primeros resultados. Los resultados obtenidos por el modelo guardan relación con las hipótesis consideradas en los diferentes escenarios, estando la capacidad predictiva del mismo influenciada, además, por la mayor o menor proximidad de los escenarios futuros al año base.

### 6.4.1. Demanda global

Los volúmenes de intercambios totales según los diferentes escenarios estudiados son los siguientes:

Tabla 8. Demanda global según escenarios

Demanda global (Mt)	2010	2025	2040
Escenario central	170,1	210,5	253,5
Escenario bajo		189,0	208,7
Escenario alto		236,6	318,8

### 6.4.2. Reparto modal

Los resultados del reparto modal dan en un primer momento el reparto de los tráfico según el modo principal de transporte: carretera, ferrocarril-ferrocarril, ferrocarril-carretera y marítimo. Como se ha explicado en el capítulo 3, los tráfico de las autopistas ferroviarias y de las autopistas del mar son evaluados a partir de los tráfico de carretera. El conjunto del tráfico ferroviario que atraviesa los Pirineos está constituido, por lo tanto, por el tráfico ferrocarril-ferrocarril, el tráfico ferrocarril-carretera y el tráfico de las autopistas ferroviarias.

Las páginas siguientes presentan los resultados del reparto modal para los tres escenarios de crecimiento macroeconómico. A continuación, se encuentra una página que recoge para el escenario central los tráfico por modo detallado, distinguiendo el tráfico de las autopistas ferroviarias y de las autopistas del mar.

Para el escenario central, los resultados de 2040 se dan para la situación de referencia y para las tres variantes de Travesía Central de los Pirineos consideradas: Pau, Lannemezan y Pamiers.

En la hipótesis central de crecimiento macroeconómico, la demanda total transpirenaica pasaría de 170 millones de toneladas en 2010 a 210 millones de toneladas en 2025 y a 253 millones en 2040, lo que supone un crecimiento medio anual de 1,3%.

Las evoluciones de la oferta de transporte por modo supondrían un crecimiento más fuerte del modo ferroviario en detrimento de los modos carretera y marítimo cuya cuota modal disminuiría. El modo ferroviario (sin AF) pasaría así de una cuota modal del 2,6% en 2010 a 4,4% en 2025 y a 6,7% en 2040, para cualquiera de los escenarios de crecimiento. En la hipótesis de puesta en servicio de una travesía central de los Pirineos, la cuota modal del ferrocarril ganaría 0,4 puntos más en 2040.

Con la consideración de las autopistas ferroviarias, la cuota del modo ferroviario alcanzaría 8,2% en 2025 y 10,6% en el escenario de referencia 2040, lo que supone respectivamente 15,2% y 19,6% del tráfico terrestre, comparado con el 5,2% en 2010.

6.4.2.1. Évolution de la demande par modes de transport aux horizons de référence - Scénario central

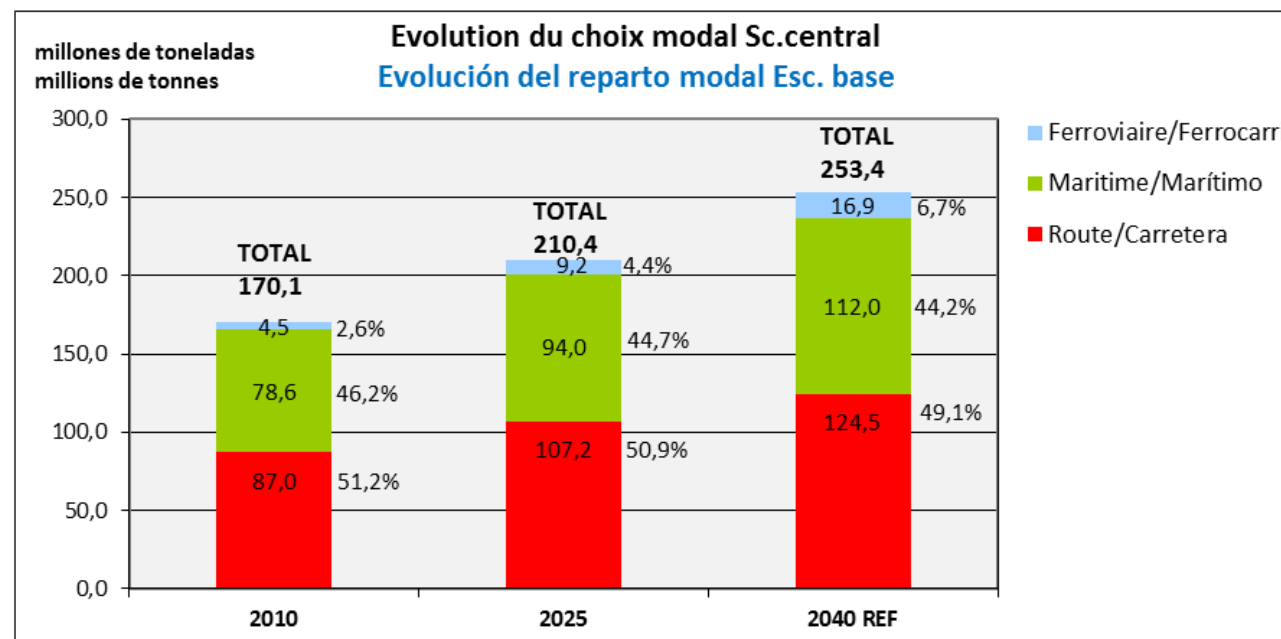
6.4.2.1. Evolución de la demanda por modos de transporte en los horizontes de referencia - Escenario central

Figure 2. *Évolution de la demande par modes de transport aux horizons de référence - Scénario central*

Figura 2. *Evolución de la demanda por modos de transporte en los horizontes de referencia - Escenario central*

Scénario central / Escenario central	Route/Carretera		Fer-Fer Incremental	Fer-Fer Aditivo	Fer-Fer/Ferroc- Ferroc		Fer-Route/Ferroc- Carretera		Maritime/ Marítimo		TOTALE/ TOTAL
	Mill ton/año	%	Mill ton/año	Mill ton/año	Mill ton/año	%	Mill ton/año	%	Mill ton/año	%	Mill ton/año
2010	87,0	51,2%			2,5	1,5%	1,9	1,1%	78,6	46,2%	170,1
2025	107,2	50,9%	5,7	1,5	7,2	3,4%	2,0	1,0%	94,0	44,7%	210,4
2040 Référence/Referencia	124,5	49,1%	11,5	3,4	14,9	5,9%	2,0	0,8%	112,0	44,2%	253,4
2040 TGC Pau	123,7	48,8%	12,6	3,4	16,0	6,3%	2,0	0,8%	111,8	44,1%	253,4
2040 TGC Lannemezan	123,7	48,8%	12,6	3,4	16,0	6,3%	2,0	0,8%	111,8	44,1%	253,4
2040 Pamiers	123,7	48,8%	12,6	3,4	16,0	6,3%	2,0	0,8%	111,8	44,1%	253,4
TCAM/TCMA (2010-2025)	1,4%				7,3%		0,3%		1,2%		1,4%
TCAM/TCMA (2025-2040)	1,0%				5,0%		0,0%		1,2%		1,2%

Scénario central /Escenario Base	Total Ferrocarril	
	Mill ton/año	%
2010	4,5	2,6%
2025	9,2	4,4%
2040 Référence/Referencia	16,9	6,7%
2040 TGC Pau	18,0	7,1%
2040 TGC Lannemezan	18,0	7,1%
2040 Pamiers	18,0	7,1%
TCAM/TCMA (2010-2025)	4,9%	
TCAM/TCMA (2025-2040)	4,1%	



Nota : Les trafics des autoroutes ferroviaires et autoroutes de la mer sont ici comptés dans le trafic du mode routier  
 Nota : Los tráficos de las autopistas ferroviarias y autopistas del mar están aquí incluidos en el tráfico del modo carretera.

6.4.2.2. Évolution de la demande par modes de transport aux horizons de référence - Scénario bas

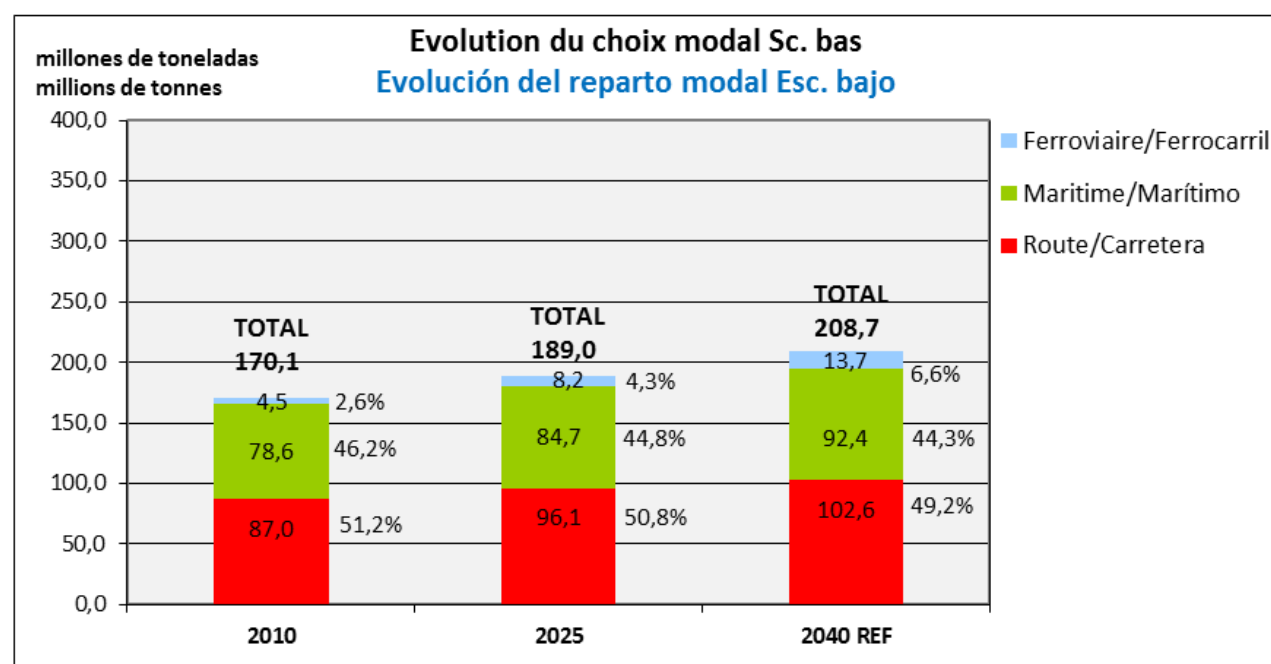
6.4.2.2. Evolución de la demanda por modos de transporte en los horizontes de referencia - Escenario bajo

Figure 3. *Évolution de la demande par modes de transport aux horizons de référence - Scénario bas*

Figura 3. *Evolución de la demanda por modos de transporte en los horizontes de referencia - Escenario bajo*

Scénario bas/ Escenario bajo	Route/Carretera		Fer-Fer Incremental	Fer-Fer Aditivo	Fer-Fer/Ferroc- Ferroc		Fer-Route/Ferroc- Carretera		Maritime/Marítimo		TOTALE/ TOTAL
	Mill ton/año	%	Mill ton/año	Mill ton/año	Mill ton/año	%	Mill ton/año	%	Mill ton/año	%	Mill ton/año
2010	87,0	51,2%			2,5	1,5%	1,9	1,1%	78,6	46,2%	170,1
2025	96,1	50,8%	5,0	1,4	6,4	3,4%	1,8	1,0%	84,7	44,8%	189,0
2040 Référence/Referencia	102,6	49,2%	9,3	2,7	12,0	5,7%	1,7	0,8%	92,4	44,3%	208,7
TCAM/TCMA (2010-2025)	0,7%				6,5%		-0,4%		0,5%		0,7%
TCAM/TCMA (2025-2040)	0,4%				4,3%		-0,4%		0,6%		0,7%

Scénario bas /Escenario bajo	Total Ferrocarril	
	Mill ton/año	%
2010	4,5	2,6%
2025	8,2	4,3%
2040 Référence/Referencia	13,7	6,6%
TCAM/TCMA (2010-2025)	4,1%	
TCAM/TCMA (2025-2040)	3,5%	



Nota : Les trafics des autoroutes ferroviaires et autoroutes de la mer sont ici comptés dans le trafic du mode routier  
 Nota: Los tráfico de las autopistas ferroviarias y autopistas del mar están aquí incluidos en el tráfico del modo carretera.

6.4.2.3. Évolution de la demande par modes de transport aux horizons de référence - Scénario haut

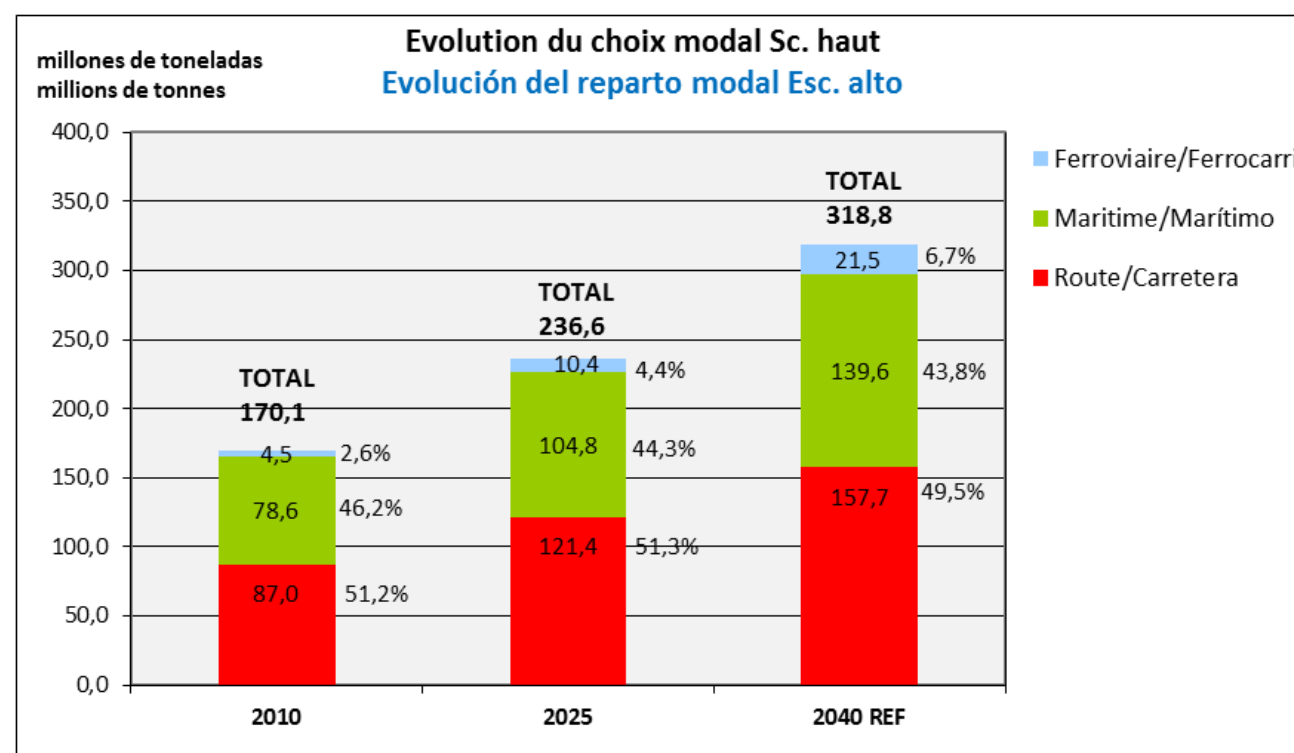
6.4.2.3. Evolución de la demanda por modos de transporte en los horizontes de referencia - Escenario alto

Figure 4. *Évolution de la demande par modes de transport aux horizons de référence - Scénario haut*

Figura 4. *Evolución de la demanda por modos de transporte en los horizontes de referencia - Escenario alto*

Scénario haut / Escenario Alto	Route/Carretera		Fer-Fer Incremental	Fer-Fer Aditivo	Fer-Fer/Ferroc- Ferroc		Fer-Route/Ferroc- Carretera		Maritime/Marítimo		TOTALE/ TOTAL
	Mill ton/año	%	Mill ton/año	Mill ton/año	Mill ton/año	%	Mill ton/año	%	Mill ton/año	%	Mill ton/año
2010	87,0	51,2%			2,5	1,5%	1,9	1,1%	78,6	46,2%	170,1
2025	121,4	51,3%	6,3	1,8	8,1	3,4%	2,3	1,0%	104,8	44,3%	236,6
2040 Référence/Referencia	157,7	49,5%	14,6	4,4	19,0	6,0%	2,5	0,8%	139,6	43,8%	318,8
TCAM/TCMA (2010-2025)	2,2%				8,1%		1,2%		1,9%		2,2%
TCAM/TCMA (2025-2040)	1,8%				5,8%		0,6%		1,9%		2,0%

Scénario haut /Escenario Alto	Total Ferrocarril	
	ton/año	%
2010	4,5	2,6%
2025	10,4	4,4%
2040 Référence/Referencia	21,5	6,7%
TCAM/TCMA (2010-2025)	5,7%	
TCAM/TCMA (2025-2040)	5,0%	



Nota : Les trafics des autoroutes ferroviaires et autoroutes de la mer sont ici comptés dans le trafic du mode routier  
 Nota: Los tráfico de las autopistas ferroviarias y autopistas del mar están aquí incluidos en el tráfico del modo carretera.



6.4.2.4. Évolution de la demande par modes de transport détaillés aux horizons de référence - Scénario central

6.4.2.4. Evolución de la demanda por modos de transporte detallados en los horizontes de referencia - Escenario central

Figure 5. *Évolution de la demande par modes de transport détaillés aux horizons de référence - Scénario central*

Figura 5. *Evolución de la demanda por modos de transporte detallados en los horizontes de referencia - Escenario central*

Scénario central / Escenario Base	Route/Carretera		AF		Fer-Fer Incremental	Fer-Fer Aditivo	Fer-Fer/Ferroc- Ferroc		Fer-Route/Ferroc- Carretera		AM		Maritime/Marítimo		TOTAL
	Mill ton/año	%	Mill ton/año	%	Mill ton/año	Mill ton/año	Mill ton/año	%	Mill ton/año	%	Mill ton/año	%	Mill ton/año	%	Mill ton/año
2010	86,8	51,0%	0,3	0,2%	2,5		2,5	1,5%	1,9	1,1%			78,6	46,2%	170,1
2025	96,5	45,9%	8,1	3,8%	5,7	1,5	7,2	3,4%	2	1,0%	3	1,4%	94	44,7%	210,4
2040 Référence/Referencia	110,5	43,6%	10,0	3,9%	11,5	3,4	14,9	5,9%	2	0,8%	4,1	1,6%	112	44,2%	253,4
2040 TGC Pau	109,7	43,3%	10,0	3,9%	12,6	3,4	16	6,3%	2	0,8%	4,1	1,6%	111,8	44,1%	253,4
2040 TGC Lannemezan	109,7	43,3%	10,0	3,9%	12,6	3,4	16	6,3%	2	0,8%	4,1	1,6%	111,8	44,1%	253,4
2040 TGC Pamiers	109,7	43,3%	10,0	3,9%	12,6	3,4	16	6,3%	2	0,8%	4,1	1,6%	111,8	44,1%	253,4
TCAM/TCMA (2010-2025)		0,7%		24,6%				7,3%		0,3%				1,2%	1,4%
TCAM/TCMA (2025-2040)		0,9%		1,4%				5,0%		0,0%		2,1%		1,2%	1,2%

Scénario central /Escenario Base	Total Ferrocarril		
	Mill ton/año	% / Total demanda	% / Demanda terrestre
2010	4,8	2,8%	5,2%
2025	17,3	8,2%	15,2%
2040 Référence/Referencia	26,9	10,6%	19,6%
2040 TGC Pau	28,0	11,0%	20,3%
2040 TGC Lannemezan	28,0	11,0%	20,3%
2040 Pamiers	28,0	11,0%	20,3%
TCAM/TCMA (2010-2025)		8,9%	
TCAM/TCMA (2025-2040)		3,0%	

### 6.4.3. Affectation de la demande ferroviaire (scénario central)

Les résultats des affectations relatives au mode ferroviaire (y compris autoroutes ferroviaires obtenues via l'affectation routière) sont synthétisés par corridor dans le tableau ci-dessous. A noter que les affectations routières (route, AF et AM) sont disponibles dans le rapport de phase D.

Aux horizons futurs, en référence, les trafics ont tendance à s'équilibrer entre les deux corridors méditerranéen et atlantique, le corridor méditerranéen restant toujours prépondérant (53/47 en 2025 contre 66/34 en 2010). En situation de projet 2040, la part de la TCP dans le trafic ferroviaire serait de 7,1% pour le tracé par Pau et de 9,1% et 9,0% pour les tracés via Lannemezan et Pau. Dans les deux scénarios les plus favorables, le trafic ferroviaire de la TCP serait de 2,5 millions de tonnes, provenant pour 0,2Mt du mode maritime et pour 0,8 Mt du mode routier, le reste provenant de reports d'itinéraire ferroviaire, et plus particulièrement depuis le corridor atlantique.

En termes de nombre de circulations, le déséquilibre des trafics entre les deux sens est compensé par la circulation de trains vides dont le nombre est estimé de façon à équilibrer les circulations par sens. De 104 trains par sens et par semaine en 2010, le nombre de circulations passerait à 358 en 2025 (dont 173 d'autoroute ferroviaire) et à 541 en 2040 (dont 213 d'autoroute ferroviaire). La traversée centrale des Pyrénées entraînerait une augmentation d'une vingtaine de circulations hebdomadaires par sens. Dans les projets les plus favorables, 53 trains par semaine et par sens emprunteraient le projet.

### 6.4.3. Asignación de la demanda ferroviaria (escenario central)

Los resultados de las asignaciones relativas al modo ferroviario (incluyendo autopistas ferroviarias obtenidas por la asignación de la carretera) se han sintetizado por corredor en la tabla siguiente. Las asignaciones de carretera (carretera, AF y AM) están disponibles en el informe de la fase D.

En los horizontes futuros, de referencia, los tráficos tienen tendencia a equilibrarse entre los dos corredores mediterráneo y atlántico, quedando siempre el corredor mediterráneo preponderante (53/47 en 2025 frente a 66/34 en 2010). En situación de proyecto 2040, la cuota de la TGC sería de 7,1% para el trazado por Pau y de 9,1% y 9,0% para los trazados vía Lannemezan y Pamiers. En los dos escenarios más favorables, el tráfico ferroviario de la TGC sería de 2,5 millones de toneladas, provenientes 0,2 Mt del modo marítimo y 0,8 Mt del modo carretera. Las transferencias de itinerarios ferroviarios hacia la TGC provienen más del corredor atlántico que del corredor Mediterráneo.

En términos de número de circulaciones, el desequilibrio de los tráficos entre los dos sentidos se compensa por la circulación de trenes vacíos, cuyo número se estima de manera que se equilibren las circulaciones por sentido. De los 104 trenes por sentido y semana en 2010, el número de circulaciones pasaría a 358 en 2025 (de los que 173 son de autopista ferroviaria) y a 541 en 2040 (de los que 213 son de autopistas ferroviarias). La travesía central de los Pirineos supondría un aumento de una veintena de circulaciones semanales por sentido. En los proyectos más favorables, 53 trenes por sentido y semana utilizarían la infraestructura.

Tableau 9. Trafics annuels (Mt) et nombre de circulations hebdomadaires 2 sens

Tabla 9. Tráficos anuales (Mt) y numero de circulaciones por semana 2 sentidos

Trafics ferroviaires Tráficos ferroviarios (MT/an)	2010				2025 Référence/Referencia				2040 Référence/Referencia				2040 TGC Pau				2040 TGC Lannemezan				2040 TGC Pamiers			
	Fer-Fer	Fer-Route / Fer-Car	AF	Total fer	Fer-Fer	Fer-Route / Fer-Car	AF	Total fer	Fer-Fer	Fer-Route / Fer-Car	AF	Total fer	Fer-Fer	Fer-Route / Fer-Car	AF	Total fer	Fer-Fer	Fer-Route / Fer-Car	AF	Total fer	Fer-Fer	Fer-Route / Fer-Car	AF	Total fer
COR. ATL.	0,9	0,7	-	1,6	3,3	0,7	4,2	8,2	7,0	0,7	4,8	12,5	6,3	0,7	4,8	11,8	6,1	0,7	4,8	11,6	6,1	0,7	4,8	11,6
COR. MED.	1,7	1,2	0,3	3,2	3,9	1,3	3,9	9,1	7,9	1,3	5,2	14,4	7,8	1,3	5,2	14,2	7,4	1,3	5,2	13,9	7,4	1,3	5,2	13,9
TGC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	-	-	2,0	2,5	-	-	2,5	2,5	-	-	2,5
<b>Total</b>	<b>2,5</b>	<b>1,9</b>	<b>0,3</b>	<b>4,8</b>	<b>7,2</b>	<b>2,0</b>	<b>8,1</b>	<b>17,3</b>	<b>14,9</b>	<b>2,0</b>	<b>9,8</b>	<b>26,9</b>	<b>16,0</b>	<b>2,0</b>	<b>9,8</b>	<b>28,0</b>	<b>16,0</b>	<b>2,0</b>	<b>9,8</b>	<b>28,0</b>	<b>16,0</b>	<b>2,0</b>	<b>9,8</b>	<b>28,0</b>

Circulations ferroviaires Circulaciones ferroviarias (circ/sem)	2010				2025 Référence/Referencia				2040 Référence/Referencia				2040 TGC Pau				2040 TGC Lannemezan				2040 TGC Pamiers			
	Fer-Fer	Fer-Route / Fer-Car	AF	Total fer	Fer-Fer	Fer-Route / Fer-Car	AF	Total fer	Fer-Fer	Fer-Route / Fer-Car	AF	Total fer	Fer-Fer	Fer-Route / Fer-Car	AF	Total fer	Fer-Fer	Fer-Route / Fer-Car	AF	Total fer	Fer-Fer	Fer-Route / Fer-Car	AF	Total fer
COR. ATL.	38	32	-	70	126	32	180	338	286	32	204	522	252	32	204	488	224	32	204	460	224	32	204	460
COR. MED.	64	56	18	138	148	64	166	378	270	68	222	560	268	68	222	558	266	68	222	556	266	68	222	556
TGC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	76	-	-	76	106	-	-	106	106	-	-	106
<b>Total</b>	<b>102</b>	<b>88</b>	<b>18</b>	<b>208</b>	<b>274</b>	<b>96</b>	<b>346</b>	<b>716</b>	<b>556</b>	<b>100</b>	<b>426</b>	<b>1082</b>	<b>596</b>	<b>100</b>	<b>426</b>	<b>1122</b>	<b>596</b>	<b>100</b>	<b>426</b>	<b>1122</b>	<b>596</b>	<b>100</b>	<b>426</b>	<b>1122</b>

## 6.5. Analyse des résultats

Les principales conclusions quant aux résultats obtenus grâce au modèle sont présentées ci-dessous :

### 6.5.1. Impact de la TGC sur les échanges routiers

- La mise en service de la TGC, selon le partage modal modélisé, entraîne une baisse de la demande routière d'environ 900 000 tonnes par an (semblable pour les 3 scénarios de TGC considérés). En prenant comme hypothèse un chargement moyen par PL de 17 tonnes<sup>9</sup>, la construction de la TGC entraînerait une baisse du nombre de PL de 52.941 PL par an à travers les Pyrénées, soit environ 160 PL/j.

### 6.5.2. Evaluation des résultats des AF

- Dans le corridor atlantique, l'hinterland d'un terminal à Vitoria couvre la région de Madrid (zone à fort potentiel de trafic); l'ajout d'un terminal à Madrid pour couvrir un hinterland plus au sud n'ajoute pas de nouveau trafic important.
- Dans le corridor méditerranéen, l'hinterland du terminal de Barcelone couvre la zone située au nord de Valence (également avec un grand potentiel pour le trafic); l'ajout d'un nouveau terminal à Valence, étendrait l'hinterland aux régions d'Alicante, Murcie et Almería qui ont aussi de forts potentiels (provinces exportatrices à forte population et donc avec des pôles de consommation).

### 6.5.3. Analyse de la sensibilité sur l'attractivité des AF

- Il est à noter que le modèle actuel a une plus grande sensibilité de la demande aux variations de tarif des AF : une variation du tarif réduite (10% au lieu de 15%) a un impact similaire sur la demande. Cette différence de sensibilité entre les modèles est justifiée par les différences entre les deux études: méthodologie, hypothèses, services considérés comme AF, etc.

### 6.5.4. Comparaison des résultats

- La demande pour les années 2010 et 2004 est similaire pour les deux modèles.
- La demande prévue pour l'année 2025 par le modèle 2010 est très inférieure à la demande attendue pour la même année selon le modèle 2004.
- La croissance de la demande pour le scénario haut du modèle 2010 présente une pente semblable à celle calculée dans le modèle 2004, aussi bien pour la demande totale que pour les transports terrestres, bien que la croissance de la demande de transport ferroviaire soit plus élevée dans le modèle 2010.
- La croissance de la demande dans les scénarios central et bas a une pente nettement plus faible que celle obtenue dans le modèle 2004, pour les trois types de demande.

<sup>9</sup> Ce tonnage est estimé à l'aide des données de l'enquête Transit 2010 et de la moyenne pondérée du chargement par PL des 13 catégories de marchandises.

## 6.5. Evaluación de los resultados

Respecto a la evaluación de los resultados del modelo de transporte las principales conclusiones según los diferentes aspectos se exponen a continuación.

### 6.5.1. Impacto de la TGC sobre la carretera

- La apertura de la TGC, de acuerdo con el modelo de reparto modal aplicado, supone una reducción de la demanda de carretera de unas 900.000 toneladas/anuales (similar para los 3 escenarios de TGC considerados). Considerando una carga media de los vehículos pesados de 17 toneladas/VP<sup>10</sup>, la construcción de la TGC supondría una reducción de 52.941 vehículos pesados al año a través de los Pirineos, cerca de 160 VP/día.

### 6.5.2. Evaluación de los resultados de las AF

- En el corredor Atlántico, el hinterland de una terminal en Vitoria cubre el área de Madrid (área con gran potencial de tráfico), mientras que al añadir una terminal en Madrid, el hinterland hacia el sur no añade nuevos tráfico significativos.
- En el corredor Mediterráneo, el hinterland de la terminal de Barcelona cubre el área del norte de Valencia (igualmente con gran potencial de tráfico), y al añadir una nueva terminal en Valencia, su hinterland cubre las regiones de Alicante, Murcia y Almería, que tienen también un fuerte potencial (provincias exportadoras y con alta población y, por tanto, también focos de consumo).

### 6.5.3. Análisis de sensibilidad de la captación de las AF

- Se observa que el modelo actual presenta mayor sensibilidad de la demanda de las AF a las variaciones de tarifa, y una oscilación de la tarifa inferior (10%, en lugar del 15%) supone una variación de demanda similar. Esta divergencia en las sensibilidades está justificada por las diferencias entre ambos estudios: metodológicas, hipótesis y servicios de AF considerados, etc.

### 6.5.4. Comparación de los resultados

- Las demandas en los años 2010 y 2004 son similares para ambos modelos, no produciéndose por tanto un crecimiento entre estos dos años.
- Las demandas previstas para el año 2025 por el modelo 2010 son considerablemente inferiores a las demandas previstas para el mismo año por el modelo 2004.
- El crecimiento de la demanda en el escenario alto del modelo 2010 presenta una pendiente similar que en el modelo 2004 tanto para la demanda total como para la terrestre, aunque para la demanda ferroviaria la pendiente es superior en el modelo 2010.
- El crecimiento de la demanda en los escenarios central y bajo presenta una pendiente considerablemente inferior que en el modelo 2004, para los tres tipos de demanda.

<sup>10</sup> Esta carga se ha obtenido a partir de los datos de la Encuesta Transit 2010 y de la media ponderada de la carga por vehículo pesado de las 13 categorías de mercancías.

## 7. CONCLUSIONS

Comme mentionné précédemment, le but principal de l'étude est d'étudier et de mettre à jour le modèle de fret espagnol-français, afin de générer un outil orienté vers l'analyse et la prévision des flux de fret entre la péninsule ibérique et le reste de l'Europe.

Une fois développé, le nouveau modèle a été testé avec différents scénarios de croissance de la demande afin d'obtenir des premiers résultats.

Les trafics transpyrénéens ont été estimés pour trois scénarios de croissance économique différents. La définition de ces scénarios s'appuie sur des documents de prospective de l'union européenne et des états espagnol et français. Par prudence, le scénario moyen de ces organismes a été retenu comme scénario haut de la présente étude, tandis que le scénario retenu comme scénario central est proche du scénario « conservateur » pour l'Espagne et « bas » pour la France. Le scénario bas est quant à lui similaire au scénario « défavorable » espagnol et au scénario « très bas » pour la France.

A l'horizon 2040, trois projets de traversée centrale ont été étudiés entre Huesca et trois variantes du côté français : Pau, Lannemezan et Pamiers.

### 7.1. Evolution de l'offre et de la demande

Afin d'estimer le partage modal dans les scénarios futurs, un modèle logit a été utilisé, avec application en pivot. Deux types de pivot ont été nécessaires, pivot multiplicatif et pivot additif, afin d'estimer le partage modal par rapport aux variations entre le scénario souhaité et le scénario de base (2010). Cette méthode de modélisation du choix modal est similaire à celle utilisée dans la version 2004 du modèle.

La comparaison des résultats du modèle actuel (2010) avec le modèle précédent (2004) révèle que la demande globale, terrestre et ferroviaire dans les années 2010 et 2004 est la même pour les deux modèles et que la demande projetée pour 2025 par le modèle 2010 est considérablement inférieure à la demande attendue pour l'année dans le modèle 2004.

Dans l'hypothèse centrale de croissance macro-économique, la demande totale transpyrénéenne passerait de 170 millions de tonnes en 2010 à 210 millions de tonnes en 2025 et à 253 millions en 2040, soit une croissance annuelle moyenne de 1,3%.

Les évolutions de l'offre de transport par mode entraîneraient une croissance plus forte du mode ferroviaire au détriment des modes routier et maritime dont la part modale diminuerait. Le mode ferroviaire (hors AF) passerait ainsi d'une part modale de 2,6% en 2010 à 4,4% en 2025 et à 6,7% en 2040, quel que soit le scénario de croissance envisagé. Dans l'hypothèse d'une mise en service d'une traversée centrale des Pyrénées à grande capacité, la part modale du fer gagnerait encore 0,4 points en 2040.

Avec la prise en compte des autoroutes ferroviaires, la part du mode ferroviaire atteindrait 8,2% en 2025 et 10,6% en référence 2040 par rapport à la demande globale, soit respectivement 15,2% et 19,6% du trafic terrestre (comparé à 5,2% en 2010).

## 7. CONCLUSIONES

Como se ha comentado con anterioridad, el propósito primordial del Estudio es la revisión y actualización del modelo de transporte de mercancías hispano-francés, que permita generar una herramienta orientada al análisis y predicción de los flujos de transporte de mercancías entre la Península Ibérica y el resto de Europa.

Una vez desarrollado el nuevo modelo de transporte se han explorado diversos escenarios, bajo ciertas hipótesis de crecimiento de la demanda, al objeto de reproducir unos primeros resultados.

Los tráficos transpirenaicos se han estimado para tres escenarios de crecimiento económico diferentes. La definición de estos escenarios se apoya en documentos de prospectiva de la Unión Europea y de los estados español y francés. Por prudencia, el escenario medio de estos organismos ha sido utilizado como escenario alto del presente estudio, mientras que el escenario utilizado como escenario central es cercano al escenario "conservador" para España y "bajo" para Francia. El escenario bajo es similar al escenario "desfavorable" español y al escenario "muy bajo" para Francia.

En el horizonte 2040, se han estudiado tres proyectos de travesía central entre Huesca y tres variantes del lado francés: Pau, Lannemezan y Pamiers.

### 7.1. Evolución de la oferta y la demanda

Las formulaciones para estimar la demanda ferroviaria futura se basan en modelos de reparto modal: El modelo logit incremental o multiplicativo y el modelo logit aditivo que da lugar a una demanda ferroviaria futura en orígenes y destinos que en el escenario central (2010) no tenían demanda ferroviaria alguna. Esta metodología de modelización del reparto modal es similar a la empleada por el modelo del año 2004.

La comparación de los resultados del modelo actual (2010) con el modelo anterior (2004) revela que las demandas total, terrestre y ferroviaria en los años 2010 y 2004 son similares para ambos modelos y que las demandas previstas para el año 2025 por el modelo 2010 son considerablemente inferiores a las demandas previstas para el mismo año por el modelo 2004.

En la hipótesis central de crecimiento macroeconómico, la demanda total transpirenaica pasaría de 170 millones de toneladas en 2010 a 210 millones de toneladas en 2025 y a 253 millones en 2040, lo que supone un crecimiento anual medio de 1,3%.

Las evoluciones de la oferta de transporte por modos supondrían un crecimiento más fuerte del modo ferroviario en detrimento de los modos carretera y marítimo cuya cuota modal disminuiría. El modo ferroviario (sin AF) pasaría así de una cuota modal del 2,6% en 2010 a 4,4% en 2025 y a 6,7% en 2040, para cualquiera de los escenarios de crecimiento. En la hipótesis de puesta en servicio de una travesía central de los Pirineos, la cuota modal del ferrocarril ganaría 0,4 puntos más en 2040.

Con la consideración de las autopistas ferroviarias, la cuota del modo ferroviario alcanzaría 8,2% en 2025 y 10,6% en el escenario de referencia 2040, lo que supone respectivamente 15,2% y 19,6% del tráfico terrestre, comparado con el 5,2% en 2010.



Aux horizons futurs, en référence, les trafics ferroviaires ont tendance à s'équilibrer entre les deux corridors méditerranéen et atlantique, le corridor méditerranéen restant toujours prépondérant (53/47 en 2025 contre 66/34 en 2010).

En situation de projet 2040, la part de la TCP dans le trafic ferroviaire serait de 7,1% pour le tracé par Pau et de 9,1% et 9,0% pour les tracés via Lannemezan et Pau. Dans les deux scénarios les plus favorables, le trafic ferroviaire de la TCP serait de 2,5 millions de tonnes, provenant pour 0,2Mt du mode maritime et pour 0,8 Mt du mode routier, le reste provenant de reports d'itinéraire ferroviaire, et plus particulièrement depuis le corridor atlantique (entre 66% et 80% des tonnages selon la variante).

## 7.2. Synthèse des résultats du scénario central désagrégés par type de modèle (logit multiplicatif/additif)

Le tableau de la page suivante présente les principaux résultats du modèle pour chacun des modes ou ensemble de modes de transport, selon les horizons d'étude et les différents corridors, pour le scénario de base.

La demande purement ferroviaire à travers les Pyrénées (Fer-Fer) augmente pour le scénario central de 2,5 millions de tonnes en 2010 à 5,7 Mt en 2025 et 11,5 Mt en 2040 pour la situation de référence. La mise en service d'une traversée centrale des Pyrénées conduirait à une augmentation de cette demande de 1,1 Mt pour un total de 12,6 Mt.

En ajoutant la demande ferroviaire liée au logit additif, qui modélise une demande nouvelle pour les relations OD/type de marchandises qui avaient un trafic ferroviaire nul en situation de base (2010), la demande Fer-Fer aux horizons 2025 et 2040 en situation de référence pourrait atteindre respectivement 7,2 et 14,9 millions de tonnes.

La demande ferroviaire totale aux différents horizons futurs est obtenue en ajoutant à cette demande ferroviaire les éléments suivants :

- La demande transpyrénéenne routière en Espagne et ferroviaire en France, qui vaut 1,9 Mt en 2010 et reste pratiquement constante,
- La demande des services d'autoroutes ferroviaires, qui a été calculée à partir des estimations de demande à l'horizon 2020 réalisées dans le cadre de l'étude relative au développement de ces services pour le GEIE SEA Vitoria-Dax par INECO et Setec International entre 2009 et 2012. Les volumes de demande correspondants atteignent 8,1 et 10,0 Mt aux horizons 2025 et 2040 en situation de référence.

En los horizontes futuros, de referencia, los tráficos tienen tendencia a equilibrarse entre los dos corredores mediterráneo y atlántico, quedando siempre el corredor mediterráneo preponderante (53/47 en 2025 frente a 66/34 en 2010).

En situación de proyecto 2040, la cuota de la TGC sería de 7,1% para el trazado por Pau y de 9,1% y 9,0% para los trazados vía Lannemezan y Pamiers. En los dos escenarios más favorables, el tráfico ferroviario de la TGC sería de 2,5 millones de toneladas, provenientes 0,2 Mt del modo marítimo y 0,8 Mt del modo carretera. Las transferencias de itinerarios ferroviarios hacia la TGC provienen más del corredor atlántico que del corredor Mediterráneo (entre 66% y 80% de las toneladas según la alternativa).

## 7.2. Resumen de los resultados del escenario central desagregados según logit aditivo e incremental

Los principales resultados obtenidos por el modelo de transporte para cada uno de los medios considerados y clasificados por horizonte temporal y corredor para el escenario central, son los reflejados en la tabla de la siguiente página.

La demanda puramente ferroviaria a través de los Pirineos (Fer-Fer) asciende en la hipótesis de crecimiento media de los 2,5 millones de toneladas del año 2010 a 5,7 millones en 2025 y 11,5 Mt en el escenario 2040 de referencia. La apertura de la nueva Travesía Central incrementaría en 1,1 Mt la demanda ferroviaria de mercancías a través de los Pirineos, llegando a alcanzar los 12,6 millones de toneladas.

Si además se considera la demanda que proporciona el modelo logit aditivo, que considera nueva demanda ferroviaria futura para las categorías de mercancías en orígenes y destinos que en el escenario base (2010) no tenían demanda ferroviaria alguna, la demanda ferroviaria (Fer-Fer) en los escenarios 2025 y 2040 referencia podría llegar a 7,2 y 14,9 millones de toneladas, respectivamente.

El cálculo de la demanda total ferroviaria en los distintos horizontes temporales se obtiene adicionando a la demanda de ferrocarril lo siguiente:

- La demanda que atraviesa los Pirineos en carretera en el lado español y en ferrocarril en el lado francés, que partiendo de 1,9 Mt en el año 2010 permanece prácticamente constante.
- La demanda de los servicios de autopistas ferroviarias entre la Península Ibérica y Francia se ha calculado a partir de las estimaciones de demanda obtenidas para el horizonte 2020 por el estudio relativo al desarrollo de estos servicios realizado por la AEIE SEA Vitoria-Dax (INECO-SETEC Internacional), durante los años 2009-2012. Los valores de demanda ascienden a 8,1 y 10,0 millones de toneladas en los horizontes 2025 y 2040 referencia.

Tableau 10. Synthèse des résultats

Tabla 10. Resumen de resultados

		1	2	3=1+2	4	5=3+4	6	7=5+6	8	9=7+8	10=7/9	11	12	13=11+12	14=9+13	15=5/14	16=7/14
Escenario Central (Mt / año)		FER-FER logit incremental	FER-FER logit aditivo	FER-FER	FER-CAR	Ferrocarril (sin AF)	AF	Ferrocarril (con AF)	Carretera (sin AM ni AF)	TOTAL terrestre	% FC/ demanda terrestre	Marítimo (sin AM)	AM	Marítimo (con AM)	TOTAL	% FC (sin AF)/ Demanda total	% FC/ Demanda total
2010	C. Méditerranée			1,7	1,2	2,9	0,3	3,2	38,8	42,0	7,6%						
	C. Atlántico			0,9	0,7	1,6	0,0	1,6	43,5	45,1	3,5%						
	Pasos Centrales								4,5	4,5	--						
	<b>Total</b>			<b>2,5</b>	<b>1,9</b>	<b>4,5</b>	<b>0,3</b>	<b>4,8</b>	<b>86,8</b>	<b>91,6</b>	<b>5,2%</b>	<b>78,6</b>		<b>78,6</b>	<b>170,2</b>	<b>2,6%</b>	<b>2,8%</b>
2025	C. Méditerranée					5,2	3,9	9,1	42,2	51,3	17,7%		1,0				
	C. Atlántico					4,0	4,2	8,2	49,2	57,4	14,3%		1,6				
	Pasos Centrales								5,1	5,1							
	<b>Total</b>	<b>5,7</b>	<b>1,5</b>	<b>7,2</b>	<b>2,0</b>	<b>9,2</b>	<b>8,1</b>	<b>17,3</b>	<b>96,5</b>	<b>113,8</b>	<b>15,2%</b>	<b>94,0</b>	<b>2,6</b>	<b>96,6</b>	<b>210,4</b>	<b>4,4%</b>	<b>8,2%</b>
2040 Referencia	C. Méditerranée					9,2	5,2	14,4	48,5	62,9	22,9%		1,2				
	C. Atlántico					7,7	4,8	12,5	56,3	68,8	18,2%		2,8				
	Pasos Centrales								5,7	5,7							
	<b>Total</b>	<b>11,5</b>	<b>3,4</b>	<b>14,9</b>	<b>2,0</b>	<b>16,9</b>	<b>10,0</b>	<b>26,9</b>	<b>110,5</b>	<b>137,4</b>	<b>19,6%</b>	<b>112,0</b>	<b>4,0</b>	<b>116,0</b>	<b>253,4</b>	<b>6,7%</b>	<b>10,6%</b>
2040 TGC Pau	C. Méditerranée					9,0	5,2	14,2	48,0	62,2	22,8%		1,2				
	C. Atlántico					7,0	4,8	11,8	56,2	68,0	17,4%		2,8				
	TGC					2,0		2,0		2,0							
	Pasos Centrales								5,5	5,5							
<b>Total</b>	<b>12,6</b>	<b>3,4</b>	<b>16,0</b>	<b>2,0</b>	<b>18,0</b>	<b>10,0</b>	<b>28,0</b>	<b>109,7</b>	<b>137,7</b>	<b>20,3%</b>	<b>111,8</b>	<b>4,0</b>	<b>115,8</b>	<b>253,4</b>	<b>7,1%</b>	<b>11,0%</b>	
2040 TGC Lannemezan	C. Méditerranée					8,7	5,2	13,9	48,0	61,9	22,5%		1,2				
	C. Atlántico					6,8	4,8	11,6	56,2	67,8	17,1%		2,8				
	TGC					2,5		2,5		2,5							
	Pasos Centrales								5,5	5,5							
<b>Total</b>	<b>12,6</b>	<b>3,4</b>	<b>16,0</b>	<b>2,0</b>	<b>18,0</b>	<b>10,0</b>	<b>28,0</b>	<b>109,7</b>	<b>137,7</b>	<b>20,3%</b>	<b>111,8</b>	<b>4,0</b>	<b>115,8</b>	<b>253,4</b>	<b>7,1%</b>	<b>11,0%</b>	
2040 TGC Pamiers	C. Méditerranée					8,7	5,2	13,9	48,0	61,9	22,5%		1,2				
	C. Atlántico					6,8	4,8	11,6	56,2	67,8	17,1%		2,8				
	TGC					2,5		2,5		2,5							
	Pasos Centrales								5,5	5,5							
<b>Total</b>	<b>12,6</b>	<b>3,4</b>	<b>16,0</b>	<b>2,0</b>	<b>18,0</b>	<b>10,0</b>	<b>28,0</b>	<b>109,7</b>	<b>137,7</b>	<b>20,3%</b>	<b>111,8</b>	<b>4,0</b>	<b>115,8</b>	<b>253,4</b>	<b>7,1%</b>	<b>11,0%</b>	

Lors de l'analyse des résultats obtenus par le modèle, présentés ci-dessus, il est nécessaire de relever l'évolution des différents segments de demande et les facteurs influençant les résultats finaux:

Dans le cas de la demande globale de trafics transpyrénéens, la croissance pour les années futures, estimée à 1,3% par an dans le scénario central, est fortement liée à l'évolution économique des pays considérés dans le périmètre d'étude.

Les résultats de partage modal et d'affectation sur les réseaux sont conditionnés par la réalisation des projets et l'évolution effective des paramètres d'offre considérés, ce qui est dépendant du marché du transport et de la réalisation des mesures et projets inclus dans les documents de planification actuels.

Enfin, on peut détailler les trafics ferroviaires selon la segmentation suivante:

- La demande ferroviaire pure (Fer-Fer) existante actuellement devrait, selon les résultats issus du modèle (logit multiplicatif), représenter **43%** de la demande ferroviaire totale en 2040 (situation de référence), soit 11,5 Mt par an. La forte croissance annuelle moyenne correspondante de 5% sur les 30 prochaines années est liée aux hypothèses d'évolution du secteur ferroviaire en termes de réduction de coûts, prix et temps ainsi qu'aux projets d'infrastructures prévus.
- La captation de nouveaux trafics ferroviaires représenterait 3,4 Mt par an en 2040, soit **13%** de la demande ferroviaire totale, et dépendra en grande partie de la promotion du secteur ferroviaire, de l'amélioration de sa gestion, de la matérialisation des projets prévus et de l'amélioration de l'accessibilité au réseau de nouveaux générateurs/attracteurs de trafic de marchandises.
- La demande associée à la mise en service d'autoroutes ferroviaires serait de 10,0 Mt en 2040, soit **37%** de la demande ferroviaire totale à cet horizon. Cette demande présente un degré d'incertitude plus élevé car elle est conditionnée non seulement par la mise en place des services d'AF considérés, mais aussi par leurs caractéristiques d'exploitation et politiques de prix.
- Enfin, le trafic routier au sud des Pyrénées et ferroviaire au nord devrait rester stable aux horizons futurs (2 Mt par an) et représenterait **7%** de la demande ferroviaire totale en 2040.

Al analizar los resultados obtenidos del modelo, anteriormente presentados, es importante tener una visión de la evolución de los diferentes segmentos de demanda y de todos aquellos factores que intervienen en el valor final obtenido:

En el caso de la demanda total de tráfico transpirenaico, el alcanzar en los próximos años un crecimiento interanual medio del 1,3%, estará fuertemente ligado a la evolución económica de todos los países incluidos en el ámbito del estudio.

En el caso del reparto modal y su asignación a la red, estará condicionado a que las hipótesis de evolución de los parámetros de oferta se hagan realidad, lo cual depende del propio mercado del transporte y de la materialización de medidas y proyectos incluidos en la planificación actual.

En lo que se refiere a tráfico ferroviario es interesante realizar la siguiente diferenciación:

- La demanda ferroviaria actualmente consolidada (con tradición ferroviaria en la actualidad), de acuerdo a los resultados del modelo (logit incremental), representaría en 2040 un **43%** del total de demanda ferroviaria (11,5Mt/anuales). El incremento medio interanual del 5% en los próximos 30 años de dicha demanda, responde a las hipótesis de una importante evolución del sector ferroviario en lo que a reducción de costes, precios y tiempos se refiere y a la puesta en servicio de numerosos proyectos de infraestructuras.
- La captación de nuevos tráfico ferroviarios, representaría en 2040, 3,4 millones de toneladas anuales, es decir, el **13%** del total de la demanda, dependerá en gran medida de la promoción del sector ferroviario, la mejora de la gestión, la materialización de los proyectos previstos y la mejora de la accesibilidad a la red de nuevos puntos productores/attractores de mercancías.
- La nueva demanda asociada a la puesta en servicio de las AF, se situaría en 10,0 millones de toneladas anuales en 2040, lo que supone una cuota del **37%** del total de los flujos transpirenaicos ferroviarios. Esta demanda, además de estar condicionada por la puesta en servicio de los servicios de AF planteados, presenta un mayor grado de incertidumbre, asociado a los posibles diferentes planteamientos en su explotación y en sus políticas de precios.
- Finalmente, el tráfico ferroviario del norte de los Pirineos que atraviesa la cordillera por carretera que, a priori, se mantendrá relativamente estable a lo largo de los años (2 millones de toneladas anuales), representaría, en 2040, el **7%** del total de la demanda ferroviaria.