



ETUDE DES CORRIDORS DE TRACES POSSIBLES POUR LE NOUVEL AXE FERROVIAIRE A GRANDE CAPACITE TRANSPYRENEEN

ESTUDIO DE CORREDORES DE POSIBLES TRAZADOS PARA LA TRAVESÍA DE GRAN CAPACIDAD 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)

Document de synthèse

28 décembre 2015

Documento de síntesis

28 diciembre 2015



Co-financed by the European Union
Trans-European Transport Network (TEN-T)

Sommaire

1. Introduction	1	5.1. Prévisions de trafic voyageurs	19
1.1. Objet de l'étude	1	5.1.1. Zonage	19
1.2. Périmètre général, statut et horizon de mise en service	3	5.1.2. Hypothèses d'offre ferroviaire en projet	20
2. Analyse technique	4	5.1.3. Méthodologie	20
2.1. Hypothèses initiales	4	5.2. Prévision de trafic fret	21
2.2. Proposition de paramètres techniques à employés dans l'étude	4	5.2.1. Evolution de la demande en volume	21
2.3. Etude initiale des alternatives de tracé	5	5.3. Bilan socio-économique	22
2.4. Analyse technique des corridors	7	5.3.1. Généralités	22
2.5. Géologie et géotechnique	9	5.3.2. Méthodologie française Royal – Cu villier	22
2.6. Hydrogéologie	9	5.3.3. Méthodologie Européenne (Cost Benefits Analysis 2014-2020)	24
2.7. Climatologie, hydrologie et drainage	10	5.4. Résultats socio-économiques, méthode française	25
2.8. Viaducs	10	5.5. Résultats socio-économique, méthode européenne	26
2.9. Tunnels	10	5.5.1. Analyse des différences entre la méthode française et la méthode européenne	27
2.10. Gares voyageurs	12	6. Analyse multicritère	28
2.11. Estimations des coûts de réalisation des différentes variantes	12	6.1. Critère technique	28
3. Analyse fonctionnelle	14	6.2. Critère environnemental	29
3.1. Catégorie de la ligne	14	6.3. Critère fonctionnel	29
3.2. Caractéristiques des trains et paramètres fonctionnels	14	6.4. Critère socio-économique	30
3.2.1. Gabarit de la ligne	14	6.5. Critère de contexte territorial	30
3.2.2. Système d'exploitation	14	6.6. Poids des critères	31
3.2.3. Electrification	14		
3.3. Calculs des temps de parcours voyageurs	15		
3.4. Limitations fonctionnelles induites par les infrastructures existantes	15		
3.4.1. Rampe de Capvern	15		
3.4.2. Saturation de Bordeaux en 2060 (corridors ouest)	15		
3.4.3. Saturation de Toulouse en 2090 (corridors est)	15		
3.5. Plateformes multimodales	16		
4. Etude environnementale	17		
4.1. Méthodologie d'analyse	17		
4.2. Synthèse des résultats	18		
5. Analyse socio-économique	19		

Índice	
1. Introducción	1
1.1. Objeto del estudio	1
1.2. Perímetro general, estado y horizonte de la puesta en servicio	3
2. Análisis técnico	4
2.1. Hipótesis iniciales	4
2.2. Propuesta de parámetros técnicos para el estudio	4
2.3. Estudio inicial de alternativas de trazado	5
2.4. Análisis técnico de corredores	7
2.5. Geología y geotécnica.....	9
2.6. Hidrogeología	9
2.7. Climatología, hidrología y drenaje.....	10
2.8. Viaductos.....	10
2.9. Túneles	10
2.10. Estaciones de viajeros	12
2.11. Estimación de costes de realización de las diferentes variantes	12
3. Análisis funcional	14
3.1. Características de la línea	14
3.2. Características de los trenes y parámetros funcionales	14
3.2.1. Gálibo de la línea	14
3.2.2. Sistema de explotación	14
3.2.3. Electrificación.....	14
3.3. Cálculo del tiempo de recorrido de viajeros	15
3.4. Limitaciones funcionales inducidas por las infraestructuras existentes	15
3.4.1. Rampa de Capvern	15
3.4.2. Saturación de Burdeos en 2060 (corredores del oeste).....	15
3.4.3. Saturación de Toulouse en 2090 (corredores del este).....	15
3.5. Plataformas multimodales	16
4. Estudio medioambiental	17
4.1. Metodología de análisis.....	17
4.2. Síntesis de los resultados.....	18
5. Análisis socio-económico	19
5.1. Previsiones de los tráficos de viajeros	19
5.1.1. Zonificación	19
5.1.2. Hipótesis de la oferta ferroviaria	20
5.1.3. Metodología	20
5.2. Previsión del tráfico de mercancías	21
5.2.1. Evolución de la demanda en volumen	21
5.3. Balance socio-económico	22
5.3.1. Generalidades.....	22
5.3.2. Metodología francesa Royal – Cuvillier	22
5.3.3. Metodología Europea (Cost Benefit Analysis 2014-2020).....	24
5.4. Resultados socio-económicos, metodología francesa	25
5.5. Resultados socio-económicos, metodología europea.....	26
5.5.1. Análisis de las diferencias entre la metodología francesa y la metodología europea	27
6. Análisis multicriterio	28
6.1. Criterio técnico.....	28
6.2. Criterio medioambiental	29
6.3. Criterio funcional.....	29
6.4. Criterio socio-económico.....	30
6.5. Criterio de contexto territorial	30
6.6. Pesos de los criterios.....	31

Figures

Figure 1: Zone d'étude élargie	3
Figure 2: Etude initiale des alternatives de tracé. Vue en plan, échelle 1:500 000	7
Figure 3: Corridors étudiés. Vue en plan, échelle 1:500 000.....	7
Figure 4: Section type de tunnel bitube	11
Figure 5: Schéma des gares de voyageurs	12
Figure 6: Estimation de temps de parcours voyageurs entre Saragosse et Toulouse	15
Figure 7: Méthodologie de l'analyse environnementale des corridors.....	17
Figure 8: Ponctuation totale (fuseau 150 m)	18
Figure 9: Zonage utilisé pour le modèle de trafic voyageur.....	19
Figure 10: OD prises en compte	19
Figure 11: Description du modèle à quatre étapes	20
Figure 12: Ponctuation du contexte territorial	31

Tableaux

Tableau 1: Paramètres techniques	5
Tableau 2: Liste des corridors étudiés	8
Tableau 3: Investissement par corridor.....	13
Tableau 4: Composition des trains	14
Tableau 5: Prévion trafic, nombre de passagers par an en 2040.....	21
Tableau 6: Evolution de la demande de trafic en M.T tracés ouest	21
Tableau 7 : Evolution de la demande en M.T tracés est	22
Tableau 8: Bilans socio-éco, méthodologie Royal-Cuvillier	25
Tableau 9: Bilans socio-éco, méthodologie européenne	26
Tableau 10: Ponctuation totale comparative des corridors	28
Tableau 11: Valorisation environnementaux	29
Tableau 12: Valorisation fonctionnelle	29
Tableau 13: Ponctuation finale socio-éco par corridor.....	30
Tableau 14: Résultats de l'analyse multicritère.....	31

Figuras

Figura 1: Zona de estudio ampliada	3
Figura 2: Estudio inicial de alternativas de trazado. Planta a escala 1:500 000	7
Figura 3: Corredores estudiados. Planta a escala 1:500 000	7
Figura 4: Sección tipo de túnel bitubo	11
Figura 5: Esquema tipo de estación de viajeros.....	12
Figura 6: Estimación de los tiempos de viaje entre Zaragoza y Toulouse	15
Figura 7: Metodología del análisis medioambiental de los corredores	17
Figura 8: Puntuación total (huso de 150 m).....	18
Figura 9: Zonificación usada para el modelo de tráfico de viajeros	19
Figura 10: OD considerados.....	19
Figura 11: Descripción del modelo de cuatro etapas	20
Figura 12: Puntuación del contexto territorial.....	31

Tablas

Tabla 1: Parámetros técnicos	5
Tabla 2: Listado de los corredores estudiados.....	8
Tabla 3: Inversión por corredor.....	13
Tabla 4: Composición de los trenes	14
Tabla 5: Previsión de tráfico, número de viajeros por año en 2040	21
Tabla 6: Evolución de la demanda de tráfico en M.T trazados oeste	21
Tabla 7: Evolución de la demanda en M.T trazados este.....	22
Tabla 8: Balances socio-eco, metodología Royal-Cuvillier.....	25
Tabla 9: Balances socio-eco, metodología europea	26
Tabla 10: Puntuación total comparativa de corredores	28
Tabla 11: Valoración medioambiental	29
Tabla 12: Valoración funcional	29
Tabla 13: Puntuación final socio-eco por corredor	30
Tabla 14: Resultados del análisis multicriterio	31

1. Introduction

1.1. Objet de l'étude

Le projet d'un nouvel axe ferroviaire à grande capacité transpyrénéen est inscrit dans les planifications stratégiques européenne, française et espagnole au titre des projets prioritaires visés à l'annexe III de la décision n°661/2010/UE. Le programme de travail des études préliminaires défini par l'Espagne et la France lors du sommet bilatéral de Paris en janvier 2008, prévoit deux phases générales :

- Phase 1 : réaliser une étude relative à la modélisation modale des trafics de marchandises et à l'analyse de l'inscription fonctionnelle de la nouvelle liaison ferroviaire dans les réseaux ferroviaires des deux pays, afin que les premiers résultats permettent la définition des corridors de tracés possibles.
- Phase 2 : engager ultérieurement des études d'analyse territoriale et environnementale des tracés à l'intérieur des corridors préalablement définis.

Les résultats de cette étude serviront de base pour la mise en place d'un processus d'information publique dans chacun des deux pays afin de faire partager les objectifs du projet aux Collectivités concernées. Ils doivent mettre en évidence les impacts économiques du projet au niveau local, national et européen mais aussi mettre en évidence ses impacts positifs et négatifs sur l'environnement.

Le niveau préliminaire de ces études ne permettra pas de présenter un tracé précis mais simplement un choix de corridors à privilégier en fonction des critères généraux suivants :

- Les nécessités de transport et les prévisions de trafic, tant pour les voyageurs, que pour les marchandises.
- La complémentarité avec les autres liaisons affectées, spécialement les transpyrénéennes ou proches des Pyrénées.
- L'évaluation préliminaire, technique et financière, des options de tracés et des installations associées.
- L'évaluation des impacts environnementaux locaux et globaux.
- L'évaluation territoriale et économique locale, et plus spécialement les impacts portant sur le développement local, l'aménagement du territoire et la logistique.
- L'évaluation territoriale à plus grande échelle.
- Les problématiques d'exploitation des services et le traitement de la capacité des itinéraires d'accès.
- L'évaluation de l'intérêt socio-économique global.
- L'analyse de la viabilité financière.

1. Introducción

1.1. Objeto del estudio

El proyecto de una nueva travesía de gran capacidad de los Pirineos se enmarca en las planificaciones estratégicas europea, francesa y española de los proyectos prioritarios contemplados en el anejo III de la decisión n°661/2010/UE. El programa de trabajo de los estudios preliminares definido por España y Francia en la cumbre bilateral de París en enero 2008, contempla dos fases generales:

- Fase 1: realizar un estudio relativo a la modelización modal del tráfico de mercancías y al análisis de la inscripción funcional del nuevo enlace ferroviario en las redes ferroviarias de ambos países, con objeto de que los resultados preliminares permitan definir los corredores de los posibles trazados.
- Fase 2: posteriormente, acometer estudios de análisis territorial y medioambiental de los trazados dentro de los corredores definidos previamente.

Los resultados de este estudio servirán de base para el establecimiento de un proceso de información pública en cada uno de los dos países, con el fin de hacer compartir los objetivos del proyecto a los Colectivos interesados. Deben poner en evidencia los impactos del proyecto en el plan económico local, nacional y europeo pero también poner en evidencia los impactos negativos y positivos sobre el medio ambiente.

El estado actual de los estudios no nos permite presentar un trazado preciso sino simplemente una elección de corredor a privilegiar en función de criterios generales siguientes:

- Las necesidades de transporte y las previsiones de tráfico, tanto para los viajeros como para las mercancías.
- La complementariedad con los otros enlaces afectados, especialmente los transpirenaicos o los próximos a los Pirineos.
- La evaluación preliminar, técnica y financiera, de las opciones de trazado y las instalaciones afectadas.
- La evaluación de los impactos medioambientales locales y globales.
- La evaluación territorial y económica local, y además especialmente los impactos sobre el desarrollo local, planificación del territorio y de la logística.
- La evaluación territorial a mayor escala.
- La problemática de explotación de los servicios y el tratamiento de las capacidades de los itinerarios de acceso.
- La evaluación de interés socio-económico global.
- El análisis de viabilidad financiera.

L'étude se compose de trois phases :

- Une première phase qui correspond à une analyse locale basée sur les études déjà menées par le GEIE NAFGCT.
- Une deuxième phase, portant sur l'intégration globale du projet dans son contexte espagnol, français et européen. Cette phase permet d'analyser les scénarios de corridors de tracés possibles au niveau technique et fonctionnel. Cette étude devra permettre d'élaborer des scénarios de services ferroviaires utilisant la nouvelle traversée, de vérifier la capacité des infrastructures empruntées à absorber le trafic nouveau et éventuellement d'identifier les travaux à réaliser pour augmenter la capacité des réseaux existants.
- Une troisième phase qui est l'évaluation économique et socio-économique des scénarios envisagés et permet de proposer les meilleurs corridors de tracés possibles pour la poursuite des études.

Le présent document constitue la synthèse de cette étude de corridors.

El estudio se compone de tres fases:

- Una primera fase que corresponde a un análisis local basado en los estudios ya entregado por la AEIE TGCP.
- Una segunda fase, sobre la integración global del proyecto en su contexto español, francés y europeo. Esta fase permite analizar los escenarios de los trazados posibles de los corredores en los planos técnicos y funcionales. Este estudio deberá permitir la elaboración de los escenarios de servicios ferroviario utilizando la nueva travesía, la verificación de la capacidad de la infraestructura encargadas de absorber el tráfico nuevo y eventualmente la identificación de los trabajos a realizar para aumentar la capacidad de la red existente.
- Una tercera fase que es la evaluación económica y socio-económica de los escenarios considerados y que permite proponer los mejores corredores de trazado posibles para la continuación de los estudios.

El presente informe es la síntesis de este estudio de corredores.

1.2. Périmètre général, statut et horizon de mise en service

Le nouvel axe ferroviaire à grande capacité, traverse les Pyrénées par la zone centrale là où il n'existe pas de connexion ferroviaire en service actuellement. À l'ouest, le périmètre est limité par la ligne de Huesca – Jaca – Canfranc du côté espagnol et du côté français, par la ligne Pau – Oloron et sa prolongation actuellement fermée jusqu'au tunnel de Somport. La limite est du périmètre est la ligne virtuelle entre Monzón et Pamiers. La limite nord du périmètre est constituée par la ligne en exploitation Toulouse – Tarbes – Pau, et la limite sud est la ligne Huesca – Monzón, villes déjà connectées par des lignes ferroviaires aujourd'hui.

La Commission Européenne a classé la NAFGCT comme faisant partie du "comprehensive network" du RTE-T (Réseau Transeuropéen de Transport), ce qui implique une réalisation d'ici à 2050. L'étude de trafic SETEC INECO a considéré un horizon opérationnel à 2040.

L'étude du NAFGCT a porté sur l'aire d'étude suivante :

1.2. Perímetro general, estado y horizonte de la puesta en servicio

La nueva línea ferroviaria de gran capacidad, atraviesa los Pirineos por la zona central por donde no existe ninguna conexión ferroviaria en servicio actualmente. La zona de estudio está limitada al oeste por la línea de Huesca - Jaca - Canfranc del lado español y del lado francés, por la línea Pau – Oloron y su prolongación, cerrada actualmente, hasta el túnel de Somport. El perímetro está limitado al este por la línea virtual que uniría Monzón y Pamiers. Por el norte, la zona de estudio está limitada por la línea en explotación de Toulouse – Tarbes – Pau. Finalmente, por el sur el perímetro está delimitado por la línea que une Huesca y Monzón, ciudades conectadas por líneas ferroviarias actualmente.

La Comisión Europea clasifica la TGC-P como un elemento de "comprehensive network" del TEN-T (Trans-European Transport Networks, red transeuropea de transporte), lo que implica que su construcción se realizará de ahora al 2050. El estudio de tráfico SETEC INECO ha considerado un horizonte operacional en 2040.

Se propone, para el estudio de la TGC-P, la siguiente área de estudio:



Figura 1: Zona de estudio ampliada

Figure 1: Zone d'étude élargie

(Source : Elaboration propre) / (Fuente: Elaboración propia)

2. Analyse technique

2.1. Hypothèses initiales

Du point de vue technique, la phase 1 a présenté les normes techniques appliquées, en tant qu'activité préliminaire à la phase 2 constituée par l'étude des tracés.

La cartographie commerciale à l'échelle 1:25 000 a été employée pour représenter les tracés en plan et en profil.

La phase 1 de l'étude a fourni un résumé des critères employés et, entre autres, la définition du rayon minimal. Nous avons comparé les valeurs limites des différents paramètres suivants selon les normes européenne, française et espagnole :

- Rayon minimal de conception du tracé des corridors
- Vitesse de conception
- Dévers maximal de conception
- Déclivités maximales du profil en long des corridors

2.2. Proposition de paramètres techniques à employer dans l'étude

L'étude divise la ligne en plusieurs sous-secteurs avec différentes vitesses de projet en fonction des contraintes physiques et environnementales de chaque zone, en appliquant les paramètres correspondants à chaque cas.

La sélection des paramètres de projet a été basée sur la situation dans le cas le plus défavorable de chacun des concepts, à l'exception de quelques-uns. De tous les paramètres de projet de la ligne Vitoria–Dax, on n'a retenu que les valeurs de pente longitudinale. Vu que l'information relative aux paramètres de projet de cette ligne n'est pas complète, ce qui a malheureusement ne permet pas la détermination claire des certains valeurs (par exemple, l'excès de dévers) ni les critères du choix final des mêmes paramètres.

Le rayon minimal de calcul a été sélectionné en appliquant la norme STI (c'est-à-dire en excluant le dévers maximal et en proposant un excès de dévers égal à zéro, et finalement en arrondissant selon la norme STI). Nous avons considéré que la norme européenne constituait le cadre de référence commun pour les deux pays, et qu'elle était suffisante à ce stade de l'étude. La norme européenne permet la génération d'alternatives consistantes et comparables entre elles, indépendamment du résultat d'autres phases de ce grand projet.

2. Análisis técnico

2.1. Hipótesis iniciales

Desde el punto de vista técnico, en la fase 1 de este estudio se presentan las normativas técnicas de aplicación como paso previo a la fase 2 en la que se presentaron los trazados.

Se ha utilizado cartografía comercial a escala 1:25 000 y han plasmado los trazados, tanto en planta como en alzado.

En la fase 1 de este estudio, se ha realizado un resumen académico de los criterios que se utilizarán para la definición del radio mínimo. Después se han analizado y comparado los valores límites de los distintos parámetros siguientes según las normas europea, española y francesa::

- Radio mínimo de diseño del trazado de corredores
- Velocidad de diseño
- Peralte máximo de diseño
- Pendiente máxima para el trazado en alzado de los corredores

2.2. Propuesta de parámetros técnicos para el estudio

El estudio divide la línea en varios sub-tramos con diferentes velocidades de proyecto en función de los condicionantes físicos y ambientales de cada zona, aplicando en cada caso los parámetros correspondientes.

El criterio de selección de los parámetros de diseño ha sido, proponer el más desfavorable dentro de cada concepto, con algunas excepciones. Es necesario destacar que de los valores de los parámetros de la línea Vitoria–Dax, y a efectos de esta comparación, sólo se han tenido en cuenta la pendiente longitudinal. Dado que la información relativa a los parámetros de diseño de esta línea no es completa, lo que no ha permitido determinar con claridad los valores de algunos de ellos (por ejemplo, el exceso de peralte) y tampoco los criterios de elección final de los mismos.

El radio mínimo de cálculo se ha seleccionado en aplicación de la norma ETI (no diseñando para un peralte máximo, proponiendo un exceso de peralte cero y finalmente, redondeando con la norma ETI). La normativa europea es el marco de referencia común para ambos países y por lo tanto en esta fase de los estudios que se está realizando, se entiende que es suficiente. El marco normativo europeo ha permitido generar alternativas consistentes y comparables entre sí, independientemente de lo que con posterioridad se proyecte en otras fases de este gran proyecto.

NORMATIVAS / NORMES			UE		FR		ES		PROPUESTA PARÁMETROS	
PARÁMETROS DE DISEÑO			Tráfico mercancías / Trafic marchandises	Tráfico Mixto / Trafic mixte	Tráfico mercancías / Trafic marchandises	Tráfico Mixto / Trafic mixte	Tráfico mercancías / Trafic marchandises	Tráfico Mixto / Trafic mixte	Tráfico mercancías / Trafic marchandises	Tráfico Mixto / Trafic mixte
ETI/STI	Tráfico mercancías /Trafic marchandises	IV-F	IV-F	IV-M	IV-F	IV-M	IV-F	IV-M	IV-F	IV-M
	Tráfico Mixto / Trafic mixte	IV-M								
•Gálibo / Gabarit	GC		GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC
•Carga por eje/ Charge par essieu (t)	25	t	25	25	25	25	25	25	25	25
•Longitud del tren /Longueur de train (m)	750	m	750	750	750	750	750	750	850 ***	850***
Velocidad / Vitesse (km/h)	Límite máximo / Limite maximale	(km/h)	140	200	220	220	140	200	140	200
Peralte / Dévers (mm)	Límite recomendado / Limite recommandée	(mm)	160		160		140		140	
	Límite máximo / Limite maximale		180		180		160		160	
Insuficiencia de Peralte /Insuffisance de Dévers (mm)	Límite recomendado / Limite recommandée	(mm)	130		110	110	100		100	
	Límite máximo / Limite maximale		130		130	150	150		130	
Exceso de Peralte /Excès de Dévers (mm)	Límite recomendado / Limite recommandée	(mm)	110		110		80		80	
	Límite máximo / Limite maximale		130		130		100		100	
Radio /Rayon (m)	100 km/h - 140 km/h	(m)	944	-	944	-	1185	-	1000*	
	140 km/h - 200 km/h		-	1628	-	1532	-	1975		1900*
Pendiente Longitudinal /Pente Longitudinale (‰)	Límite recomendado / Limite recommandée	(‰)	12,5	12,5	10		12,5		10	12,5**
	Límite máximo / Limite maximale		20	20	14		15		14	15**
	Túnel/Tunnel					5		5		5

* valores redondeados aplicando la ETI / valeurs arrondies en appliquant la STI

** valores tomados del Estudio: Vitoria – Dax / valeurs prises de l'étude Vitoria – Dax

*** pese a ser valores contemplados en la ETI, se diseñará para longitudes de trenes de 850m, intentado, en la medida de lo posible, prever y no penalizar el diseño para longitudes de trenes de 1050m / Malgré les valeurs indiquées par la STI, le projet se réalisera pour de trains 850 m longs, tout en traitant de prévoir et de ne pas pénaliser le projet pour les trains de 1050 m de longueur.

Tabla 1: Parámetros técnicos

Tableau 1: Paramètres techniques

(Source: Elaboration propre) / (Fuente: Elaboración propia)

2.3. Etude initiale des alternatives de tracé

Une étude initiale des alternatives de tracé (figure 2) consistant à analyser les tracés possibles par corridor en surface a été menée, afin de pouvoir relier les réseaux ferroviaires existants en France et en Espagne. L'objectif a été de relier les points 2, 3, 5, 10, 13 et 18 des Pyrénées françaises aux points D, E, J, K et Q du côté espagnol en repartant des conclusions des études antérieures d'analyse territoriale.

2.3. Estudio inicial de alternativas de trazado

Como paso previo a la comparación de corredores, se ha realizado un estudio inicial de alternativas de trazado (figura 2), que consiste en analizar los diferentes trazados para cada corredor en superficie. Trazados que se podrían realizar para unir las redes ferroviarias existentes en Francia y en España con los puntos 2, 3, 5, 10, 13 y 18 en la zona pirenaica francesa, y por los puntos D, E, J, K y Q por la parte española, a partir de las conclusiones del estudio anterior de análisis territorial.

L'objectif de cette analyse a été de déterminer un axe permettant de connecter chaque point d'entrée de tunnel de base avec le réseau ferroviaire du pays correspondant. Toutes les possibilités techniques possibles ont été étudiées au regard de critères économiques, environnementaux et fonctionnels et nous avons retenu le tracé optimal. Les corridors retenus qui sont comparés sont détaillés sur la figure 3.

La conclusion la plus importante de cette étude initiale des alternatives de tracé a été que, dans plusieurs cas, il s'est avéré impossible d'atteindre les points proposés dans l'analyse territoriale à la cote 1 000 m prise comme hypothèse dans cette étude.

Le nombre d'alternatives pour chaque entrée de tunnel varie en fonction de la géographie du terrain et des impacts environnementaux les plus importants à éviter (déduits de la valorisation de l'analyse territoriale). Les enjeux les plus sensibles sont liés aux Parcs Naturels et/ou aux zones très sensibles devant être évités pour toutes les alternatives de tracé sur leur totalité. Le réseau ferroviaire français est plus proche des Pyrénées, et, de ce fait, les choix de de tracé sont limités car ils doivent suivre la vallée jusqu'à l'entrée du tunnel de base. Les variantes de tracé restent donc locales (Par exemple, une alternative passe à droite de la vallée et l'autre à gauche).

La figure ci-après (figure 2) montre la zone d'étude avec toutes les variantes représentées entre les réseaux ferroviaire existants et les entrées des tunnels (chaque alternative de tracé est composée d'une ou plusieurs variantes de tracé). Les points d'entrée de tunnel de base ne correspondent plus à celles proposées dans l'analyse territoriale, la géographie des Pyrénées ne permettant pas de monter jusqu'à 1.000 m d'altitude avec les paramètres de pente retenus. L'altitude de l'entrée de tunnel est indiquée (en rose sur la carte ci-après) à côté des points d'entrée du tunnel de base sur la carte ci-après. La dénomination des tunnels de base provient de l'analyse territoriale et a été maintenue pour toute l'étude des corridors, avec des lettres pour le côté espagnol et des chiffres pour le côté français.

El objetivo de este análisis ha sido obtener un solo eje para cada para conectar cada punto de entrada del túnel de base con la red ferroviaria del país correspondiente. Se han estudiado todas las posibilidades técnicas posibles y se buscado la solución óptima desde los puntos de vista económico, ambiental y funcional. Los corredores retenidos que se comparan en este estudio se representan en la figura 3.

La conclusión más importante del estudio inicial de alternativas de trazado ha sido que en muchos casos no se puede llegar a los puntos propuestos en el análisis territorial a cota +1 000 m.

La cantidad de alternativas por cada punto es variable en función de la geografía del terreno y los impactos medioambientales más importantes (obtenidos a partir de la valoración del análisis territorial) que se han tratado de evitar. Los impactos más importantes están vinculados a zonas muy sensibles y/o con parques naturales se han evitado en su totalidad. La red ferroviaria francesa es más próxima al Pirineo, lo que reduce las posibles variantes de trazado, las alternativas siguen el trazado natural del valle hasta la entrada del túnel de base y las variantes de trazado son generalmente locales (como podría ser un trazado por la ladera derecha del valle y otro por la izquierda del mismo valle).

En la figura siguiente (figura 2) se muestra un plano general de la zona de estudio con todas las variantes de trazado de las redes ferroviarias hasta las bocas de túneles (cada alternativa de trazado está compuesta por una o más variantes de trazado). Los puntos de entrada del túnel de base no se corresponden exactamente con los mismos del estudio territorial, la geografía pirenaica no permite ascender hasta altitudes de 1.000 m (como se proponía en el análisis territorial) con los parámetros técnicos retenidos. Se consigue la cota de entrada de túnel (en rosa) al lado de los puntos de entrada de cada túnel de base (línea negra discontinua). La denominación de los túneles de base es la heredada del análisis territorial y se mantendrá esta nomenclatura para todo el estudio, con letras para el lado español y números para el lado francés.

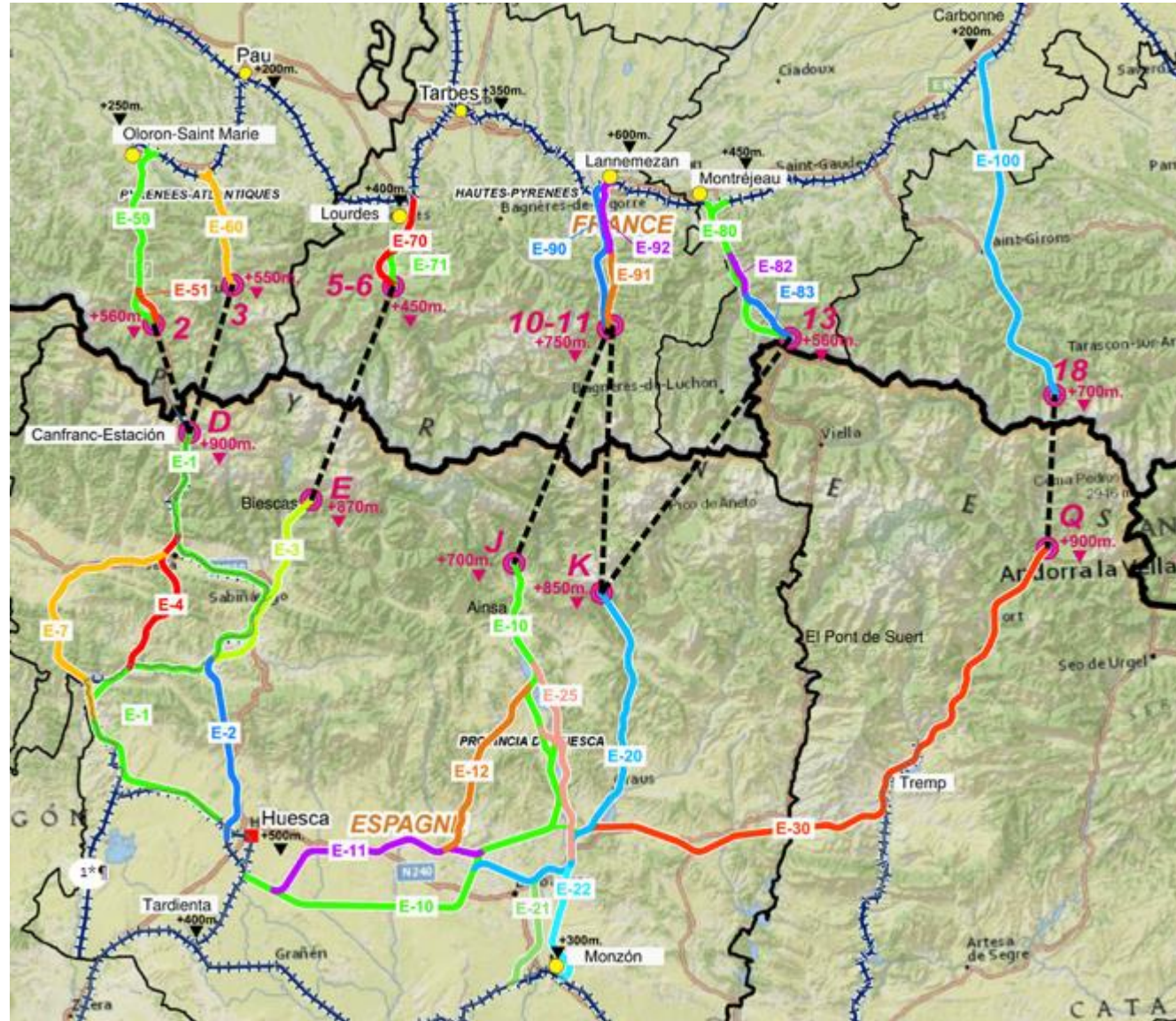


Figura 2: Estudio inicial de alternativas de trazado. Planta a escala 1:500 000
 Figure 2: Etude initiale des alternatives de tracé. Vue en plan, échelle 1:500 000
 (Source : Elaboration propre) / (Fuente: Elaboración propia)

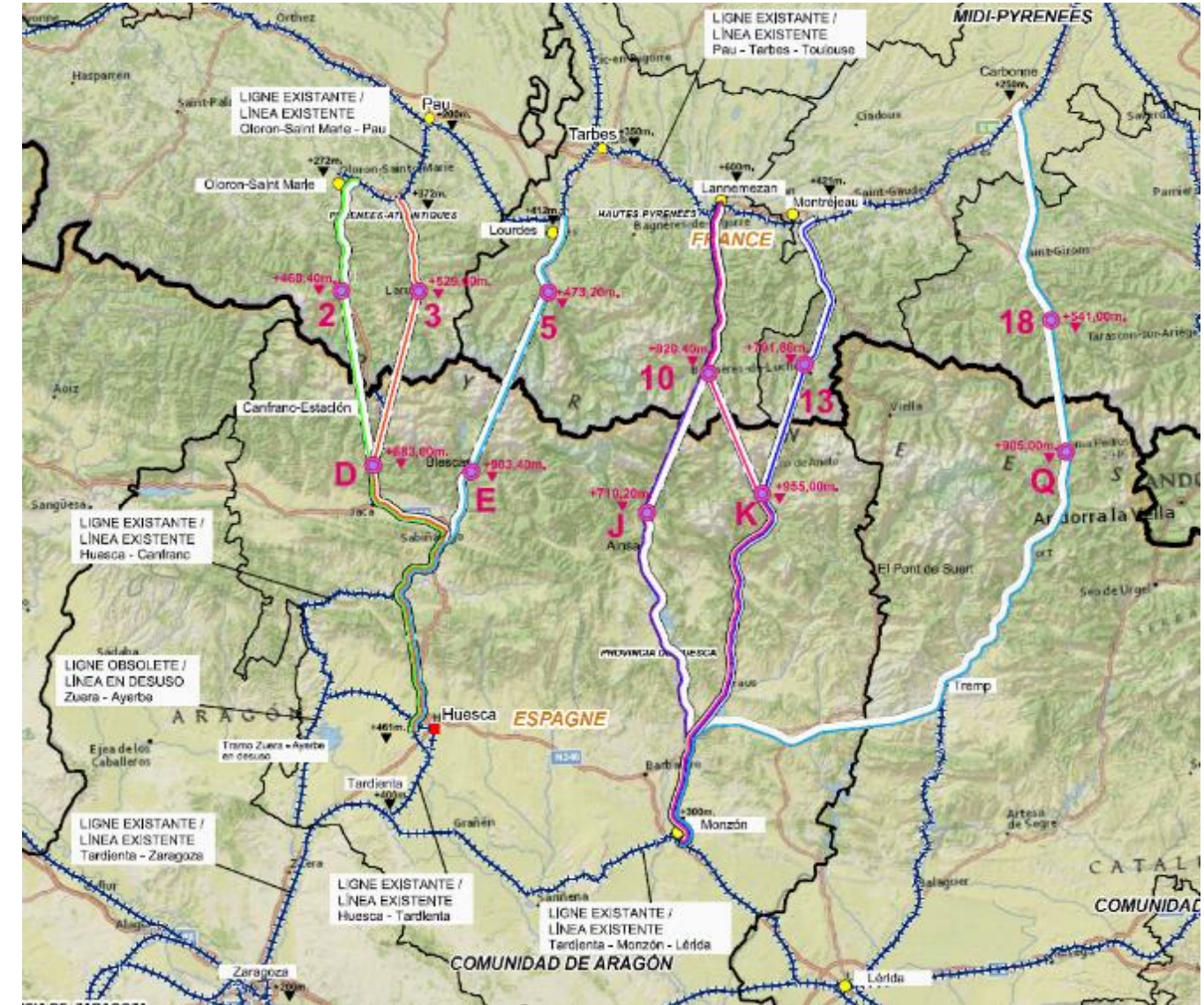


Figura 3: Corredores estudiados. Planta a escala 1:500 000
 Figure 3: Corridors étudiés. Vue en plan, échelle 1:500 000
 (Source : Elaboration propre) / (Fuente: Elaboración propia)

2.4. Analyse technique des corridors

Après la présélection des axes présentés dans le chapitre précédent et en tenant compte des tracés étudiés, il a été retenu un seul axe pour chaque corridor en fonction de :

- La viabilité technique ;
- Les coûts de construction (investissement) ;
- Les contraintes d'exploitation ;
- Les critères d'impacts environnementaux de chaque alternative.

2.4. Análisis técnico de corredores

Después de la preselección de los ejes que se ha realizado en el punto anterior, a continuación y teniendo en cuenta los trazados realizados, se han unido los ejes y se ha obtenido un único eje por corredor en función de:

- La viabilidad técnica;
- Los costes de construcción (inversión);
- Las restricciones de explotación;
- Los criterios de impactos medioambientales de cada alternativa.

Les corridors identifiés sont:

Los corredores definidos son:

CORREDOR	ITINERARIO
CORRIDOR	ITINÉRAIRE
D-2	HUESCA-SABIÑÁNIGO-JACA-BEDOUS-OLORON SAINTE MARIE
D-3	HUESCA-SABIÑÁNIGO-JACA-LARUNS-LOUVIE JUZON-BUZY
D-5	HUESCA-SABIÑÁNIGO-BIESCAS-PIERREFITE ARGELÈS-LOURDES
J-10	MONZÓN-AINSA-CAMPARAN-ARREAU-LANNEMEZAN
K-10	MONZÓN-GRAUS-CASTEJÓN DE SOS-CAMPARAN-ARREAU-LANNEMEZAN
K-13	MONZÓN-GRAUS-CASTEJÓN DE SOS-BAGENERES DE LUCHON-MONTREJEAU
Q-18	MONZÓN-BENABARRE-TREMP-ARRÒS DE CARDOS-SAINT LIZIER-SAINT GIRONNS-CARBONNE

Tabla 2: Listado de los corredores estudiados

Tableau 2: Liste des corridors étudiés

(Source : Elaboration propre) / (Fuente: Elaboración propia)

Les tracés de chacun des 7 axes, retenus dans chacun des 7 corridors, ont été étudiés selon les hypothèses suivantes qui ont été définies en phase 1 de la présente étude :

Les hypothèses enveloppes pour les tracés des corridors ont été :

- Rayon minimal 1900 m ;
- Pente maximale normale 12,5 ‰ ;
- Pente maximale absolue 14 ‰.

Les critères de mise en œuvre des tunnels pris en compte ont été :

- Plus de 35 m de différence d'altitude entre la voie et le sommet ;
- Hauteur de terrain sur l'entrée du tunnel pas supérieure à 10 m.

En plus, les critères de mise en œuvre des viaducs ont été :

- Hauteur libre supérieure à 25 m ;
- Culée de début du viaduc à 15 m de hauteur maximale.

On a aussi prévu pour cette phase l'emplacement des PCVE (Point de Changement de Voie avec Evitement), sur les emplacements qui le permettent vis-à-vis de la topographie.

Ainsi, d'autres critères de tracé additionnels ont été utilisés :

- On n'a pas projeté des courbes de transition vu le stade préliminaire des études.
- On a projeté les raccordements verticaux au moyen de paraboles. Les paramètres Kv des paraboles sont 50 000 m. Exceptionnellement, on a envisagé l'utilisation d'une valeur Kv = 25 000 m.
- Les profils transversaux sont montés tous les 100 m et les courbes de niveau sont représentées tous les 50 m en altimétrie. Ceci implique donc que les petits cours d'eau ne sont pas représentés sur les profils longitudinaux et, par conséquent, ceux-ci n'ont pas été pris en compte en conception des tracés, ceci n'étant pas nécessaire compte tenu de l'échelle macro de cette étude.

Los trazados de cada uno de los 7 ejes que representan a cada uno de los 7 corredores se han diseñado siguiendo las siguientes premisas, que se definieron en la fase I del presente estudio:

Hipótesis envolvente para los trazados de corredores:

- Radio mínimo 1900 m;
- Pendiente máxima normal, 12,5 ‰;
- Pendiente máxima absoluta 14 ‰.

Los criterios implantación de túneles considerados han sido:

- Cota roja mayor de 35 m,
- Inicio de túnel con 10 m de montera máxima.

Aparte, los criterios de implantación de viaductos han sido:

- Cota roja mayor de 25 m,
- Inicio de viaducto con 15 m de altura máxima de estribos.

También se ha previsto en la ubicación de posibles zonas para ubicar Puestos de Adelantamiento y Estacionamiento de Trenes (PAET), en los lugares donde topográficamente es posible hacerlo.

Otros criterios de trazado han sido:

- No se han proyectado curvas de transición.
- Se han utilizado parábolas en los acuerdos verticales. El parámetro (Kv) de esta parábola de acuerdo ha sido de 50 000 m. Excepcionalmente se han diseñado acuerdos de 25 000 m de Kv.
- Se han cortado perfiles transversales cada 100m con curvas de nivel cada 50 m en cota altimétrica, lo cual implica que los pequeños cursos de agua no se aprecian en los perfiles longitudinales. Esto conlleva que no se hayan tenido en cuenta a la hora de realizar el diseño, ya que el nivel macroescalar de este trabajo así lo requiere.

- Remblais pris en compte à 2H : 1V.
- Déblais en sol meuble : 3H : 2V, selon l'étude géotechnique.
- Déblais rocheux : 2H : 3V, selon l'étude géotechnique.
- Profil en travers courant en tunnel : 100 m².
- Largeur de plate-forme ferroviaire : 13 m.
- On a conçu le tracé en reprenant des anciens corridors ou plateformes partout où cela a été possible, en essayant que les villes qui ont (ou ont eu) une gare ferroviaire, la récupèrent ou la gardent. En plus, les anciennes lignes ferroviaires ou en service ont déjà acquis le « droit de passage » et ce droit n'appartient qu'au chemin de fer. Ce droit inclut habituellement les terrains annexes et compris dans une bande d'une certaine largeur d'un côté et de l'autre de l'axe du tracé.

2.5. Géologie et géotechnique

La chaîne des Pyrénées présente une structure composée d'un socle de roches anciennes et couverte de roches plus modernes. Le socle est principalement d'âge paléozoïque et se compose de différents types de roches, tandis que la couverture est d'âge mésozoïque et cénozoïque et il est formé uniquement de roches sédimentaires.

Les Pyrénées ont une structure orientée est ouest. Nous trouvons son socle dans la partie intérieure et là ils se trouvent, la plupart des sommets plus élevés, qui coïncide avec la frontière entre les Etats espagnol, français et Andorran. Au nord et au sud du socle s'étend la couverture où on observant une série de manteaux qui ne sont que des grosses unités de roches de dimension kilométrique déplacées à plusieurs kilomètres de leur lieu de formation.

L'étude a été réalisée sur la base de la cartographie géologique combinée de l'IGME et le BRGM.

Nous avons projeté les corridors sur cette cartographie et nous avons ensuite considéré le nombre de fois que chaque tracé traverse des failles ou chevauchements, en valorisant le risque géologique de chaque corridor.

2.6. Hydrogéologie

La zone d'étude, dans laquelle sont encadrés les corridors pris en considération pour le NAFGCT, comprend une série de formations géologiques perméables avec plus ou moins d'intérêt hydrogéologique. Ces aquifères sont situés dans différentes masses d'eau souterraines différents (MES) qui ont été définies par chaque état-membre de l'Union européenne conformément à la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE).

Les conclusions du point de vue hydrogéologique sont :

- Les aquifères d'origine karstique sont les plus vulnérables du point de vue hydrogéologique,
- Pour cette raison, ce sont ces aquifères qui ont été pris en compte pour comparer les corridors, en mesurant les longueurs sur lesquelles les tunnels de chaque corridor étudiés affectent ce type d'aquifère.

- Talud de terraplenes: 2H:1V
- Talud en desmontes para suelos: 3H: 2V, según estudio geológico-geotécnico.
- Talud desmonte en roca: 2H: 3V, según estudio geológico-geotécnico.
- Sección tipo para túneles: 100 m².
- Anchura la plataforma ferroviaria: 13m.
- Se han utilizado antiguos corredores ferroviarios siempre que ha sido posible, intentando que las ciudades que han tenido una estación de tren en el pasado o en el presente, la recuperen o la conserven. Además los corredores ferroviarios antiguos o en servicio, ya tienen adquirido el "derecho de vía", y este derecho pertenece inexcusablemente al ferrocarril. Este derecho ferroviario de vía suele incluir los terrenos anexos en una franja de un determinado número de metros a cada lado del eje ferroviario.

2.5. Geología y geotécnica

Para establecer un punto de partida, resulta necesario indicar y describir de manera resumida el contexto de la geología y la tectónica de los Pirineos. La cordillera pirenaica presenta una estructura compuesta por un zócalo de rocas antiguas y una cobertera de rocas más modernas. El zócalo es principalmente de edad paleozoica y está compuesto por diversos tipos de rocas, mientras que la cobertera es de edad mesozoica y cenozoica y está formada únicamente por rocas sedimentarias.

Los Pirineos presentan una estructura orientada este-oeste. Su zócalo lo encontramos en la parte más interior y allí se concentran la mayoría de los picos más altos, coincidiendo con la frontera entre los Estados español, francés y andorrano. Al norte y al sur del zócalo se extiende la cobertera donde se observan una serie de mantos que no son más que grandes unidades de rocas de dimensiones kilométricas que encontramos desplazadas a diversos kilómetros de su lugar de formación.

El estudio se ha realizado sobre la cartografía geológica conjunta de IGME & BGRM.

Por resumir, el alcance del estudio ha consistido en proyectar los corredores sobre esta cartografía y contabilizar el número de veces que cada corredor corta a una falla o cabalgamiento, valorando así el riesgo geológico de cada corredor.

2.6. Hidrogeología

El área de estudio, en la que se enmarcan los corredores considerados para la travesía de gran capacidad de los Pirineos, comprende una serie de formaciones geológicas permeables con mayor o menor relevancia hidrogeológica. Estos acuíferos se encuentran localizados en distintas masas de agua subterránea (MASb) que fueron definidas por cada estado miembro de la Unión Europea en cumplimiento de la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE).

Las conclusiones desde el punto de vista hidrogeológico son:

- Los acuíferos de origen kárstico son los más vulnerables desde el punto de vista hidrogeológico,
- Por esta razón, son los que se han tenido en cuenta al realizar el estudio técnico comparativo entre corredores, midiendo las longitudes en las que los túneles de cada corredor estudiado afecta a este tipo de acuíferos.

2.7. Climatologie, hydrologie et drainage

Les principales conclusions affectant le tracé ferroviaire, sont les suivantes :

- Il est possible qu'une grande partie de l'année dans la zone étudiée il puisse y avoir de fortes pluies, de la neige et du givre.
- Les quais de gare doivent être protégées en appliquant la norme UIC 719R et UIC 714R.
- Pour prévenir les effets de la pluie et la neige, il faut prendre des mesures d'ordre général pour garantir les travaux de maintenance des travaux de drainage en général. En projet il convient de prévoir des pentes suffisantes pour les différentes couches constituant l'infrastructure ferroviaire : couche de forme, couronnement des remblais et base de déblai et de remblais, de manière à ce que le drainage soit rapide. Il faudra assurer que l'imperméabilité de la couche où est situé le fossé en déblai.
- Les paramètres les plus importants pour calculer la profondeur de pénétration du gel dans la plateforme ferroviaire sont : « L'indice de gel » et « La température moyenne annuelle en hiver ».

Pour réaliser la présente étude de corridors nous avons comptabilisé les intersections avec les grands cours d'eau et les grands thalwegs.

2.8. Viaducs

En ce qui concerne les viaducs de chemin de fer, l'UIC recommande que les corridors à grande vitesse et de trafic mixte (200 km/h) comme celui que nous traitons, soient conçus de sorte que le confort des passagers et la sécurité des passagers et des marchandises soient assurés. Cela signifie que la plate-forme doit être le plus conforme possible aux exigences de circulation et qu'il faut limiter la flèche de chaque viaduc.

Les paramètres géométriques pris en compte dans ce type d'étude sont les suivants :

- Largeur de tablier : la largeur proposée sur les viaducs et ponts ferroviaires (pour l'étude des corridors) est de 13 m en double voie.
- Portées : on envisage des structures avec des portées de 15 m, 20 m, 25 m, 30 m, 45 m et 60 m. Cette discrétisation permet de couvrir la plupart des cas courants.
- Hauteur des piles : on envisage des ponts et des viaducs avec des hauteurs moyennes de piles de 10 m à 50 m.
- Hauteur de culées : on envisage des hauteurs de culées de 8 m à 15 m.

2.9. Tunnels

La circulation des trains fret exige des gabarits réduits, déduits des dimensions minimum compatibles avec la circulation des marchandises. Selon la norme européenne, le gabarit minimum doit être le gabarit GC.

La circulation des trains de passagers implique la conception de tunnels pour lesquels il est appliqué un critère de conception de base concernant le confort des passagers. Pour cela le critère de conception aérodynamique, implique des sections de tunnels plus grandes, que si la circulation était exclusivement fret.

2.7. Climatología, hidrología y drenaje

Como conclusiones que afecten al ferrocarril comentar lo siguiente:

- Existe una gran parte del año en que en la zona de estudio pueden darse: lluvias fuertes, nieve y hielo.
- Las plataformas ferroviarias deberán protegerse aplicando la normativa UIC 719R y UIC 714R.
- Para prevenir los efectos de la lluvia y la nieve, se deberán tomar medidas generalistas como asegurar las labores de mantenimiento de las obras de drenaje en general. En proyecto: calcular las pendientes de las distintas capas que forman la infraestructura ferroviaria: Subbalasto, capa de forma, coronación de terraplenes y bases de desmontes y terraplenes, de manera que el drenaje se realice lo antes posible. Se deberá asegurar la impermeabilidad de la capa en la que se sitúa la cuneta en desmontes.
- Los parámetros más importantes de los que depende la penetración de la helada en una plataforma ferroviaria y con los que se calcula el espesor de protección, son: "El índice de helada" y "La temperatura media anual invernal".

Para realizar el presente estudio de corredores se han contabilizado las intersecciones con grandes cauces y barrancos.

2.8. Viaductos

Respecto a los viaductos de ferrocarril, la U.I.C. recomienda que para corredores de velocidad alta y tráfico mixto (200 km/h) como el que nos ocupa, se deben diseñar de forma que se garantice el confort de los viajeros y la seguridad de viajeros y mercancías. Esto obliga a que la plataforma cumpla lo más posible con las exigencias de circulación y también a limitar la flecha de cada viaducto.

Los parámetros geométricos considerados en este estudio son:

- Ancho de tablero: El ancho propuesto en los viaductos y puentes ferroviarios (para este estudio de corredores) es de 13 m en doble vía.
- Luces: se consideran estructuras con luces de 15 m, 20 m, 25 m, 30 m, 45 m y 60 m. Con esta discretización se logra abarcar la mayor parte de los casos habituales.
- Altura de pilas: se consideran puentes y viaductos con altura media de pilas de 10 m a 50 m.
- Altura de estribos: se consideran alturas de estribos de 8 m a 15 m.

El estudio realizado incluye recomendaciones sobre tipologías estructurales, procedimientos constructivos más adecuados...etc, todo ello analizado desde un punto de vista generalista.

2.9. Túneles

La circulación de trenes de mercancías exige gálibos reducidos, deducidos de las dimensiones mínimas compatibles con la circulación de las mercancías. Como se ha establecido según la ETI, el gálibo de la línea será el gálibo GC.

La circulación de los trenes de viajeros implica un diseño de túneles en los que se aplique un criterio de diseño basado en el confort de los pasajeros. Por ello el criterio de diseño aerodinámico, implicará unas secciones de túneles mayores, que si las circulaciones fuesen exclusivamente de mercancías.

La solution pour le tunnel de base consiste à utiliser un tunnel bitube de manière à ce qu'en cas d'accident ferroviaire dans un des tunnels, le tunnel parallèle serve de zone de sécurité et de sortie de secours pour les passagers.

La solución que se propone para el túnel de base consiste en utilizar un túnel bitubo de manera que en caso de accidente ferroviario en uno de los tubos, el tubo paralelo sirve de zona segura y salida de emergencia para los viajeros.

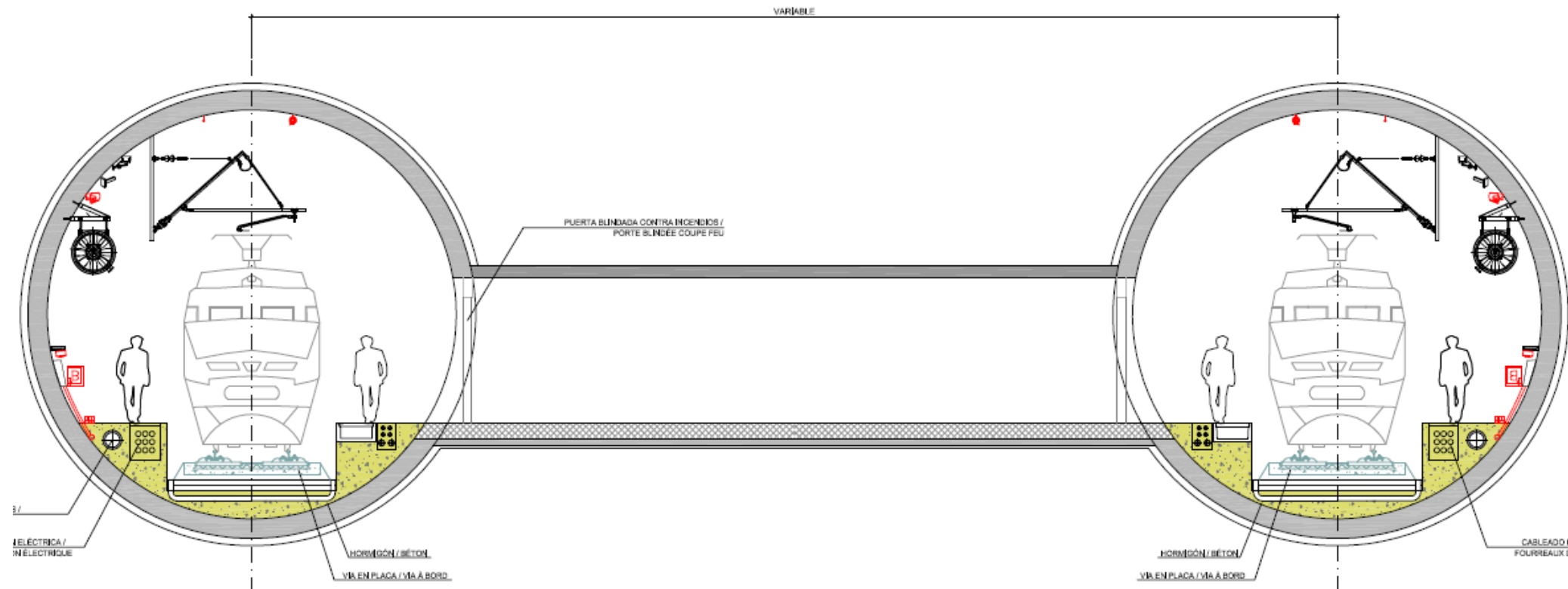


Figura 4: Sección tipo de túnel bitubo

Figure 4: Section type de tunnel bitube

(Source : Elaboration propre, en base à la LIGNE NOUVELLE: PROVENZE – CÔTE D'AZUR: Etudes Préalables à l'Énquête d'Utilité Publique) /

(Fuente: Elaboración propia, basado en LIGNE NOUVELLE: PROVENZE – CÔTE D'AZUR: Etudes Préalables à l'Énquête d'Utilité Publique)

2.10. Gares voyageurs

Les gares types retenues répondent au schéma type ci-après :

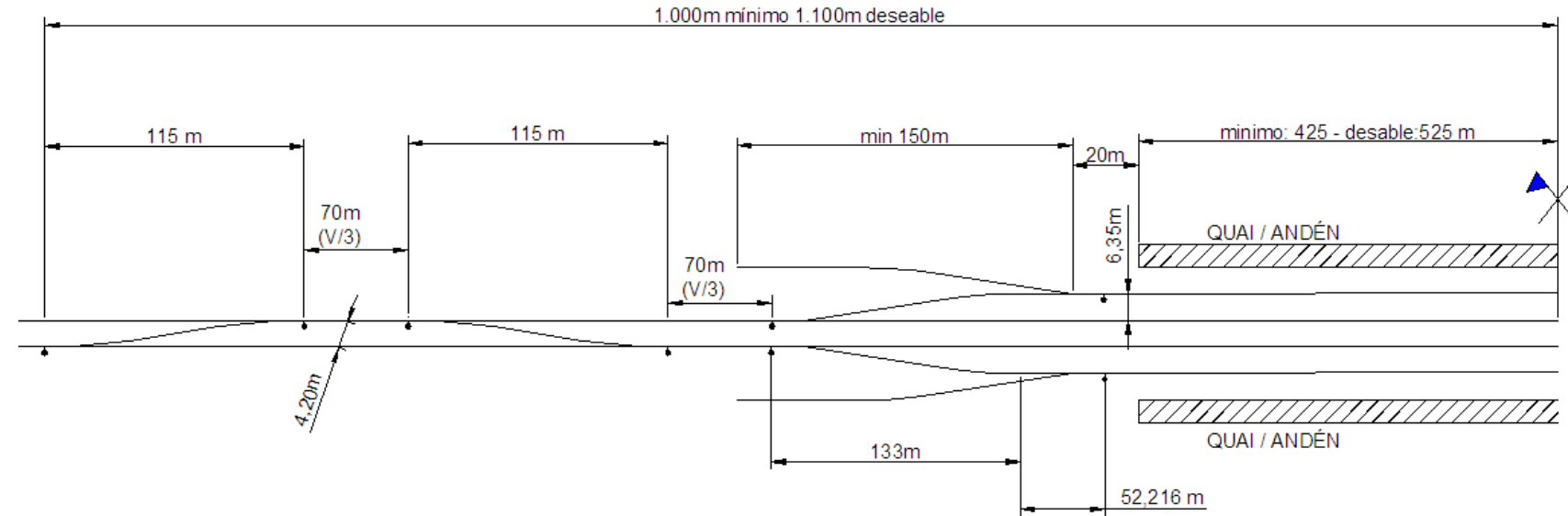


Figura 5: Esquema tipo de estación de viajeros

Figure 5: Schéma des gares de voyageurs

(Source : Elaboration propre (2015)) / (Fuente: Elaboración propia (2015))

Comme présenté sur le schéma, la longueur de la gare entre les appareils de voie est de 2 km. Les voies en gare ont une longueur de 850 m ou plutôt 1050 m si possible (avec 420 m de quai). Il a été conçu aussi 4 voies de tiroir de sécurité de 150 m de longueur.

Les appareils de voie des gares ont été conçus pour circuler en voie directe à 200 km/h et en voie déviée à 80 km/h, en prenant en compte que par la suite, en fonction de l'espace finalement disponible, puissent être retenus des appareils plus appropriés.

Pour comparer l'aptitude des corridors à la création de gares sur la ligne ferroviaire, nous avons mesuré la longueur sur laquelle la pente est modérée (0‰ ou 2‰ au maximum) pour chacun des profils longitudinaux de chaque corridor.

2.11. Estimations des coûts de réalisation des différentes variantes

Ci-après, le tableau ci-dessous fournit un résumé des coûts d'investissement des différents corridors décomposé par natures d'ouvrages.

Comme première conclusion, nous pouvons dire que, de tous les corridors étudiés, celui qui a un coût d'investissement de départ le moins élevé est E-5 avec 3.533,29 M€, le plus coûteux étant le corridor Q-18 dont la construction coûterait presque le double : 7.138,33 M€.

Comme deuxième conclusion nous pouvons faire remarquer :

- Que les corridors D-2, D-3 et E-5, correspondent à la fourchette de coût de construction la moins élevée. (3.533M€ < coût < 3.890M€).
- Que les corridors J-10, K-10 et K-13, correspondent à la seconde fourchette de coûts (4.260M€ < coût < 4.810 M€).

2.10. Estaciones de viajeros

Las estaciones que se han proyectado responden al esquema tipo siguiente:

Como se puede observar la longitud de la estación entre aparatos de vía es de 2 km. Existe una longitud de vía en estación de 850 m y 1050 m si fuera posible (con 420 m de andén), también se han proyectado 4 vías mango de 150 m de longitud.

Los aparatos de vía de diseño de las estaciones se han pensado para circular por vía general a 200 km/h y por vía desviada a 80 km/h, siendo conscientes de que luego con posterioridad, en función del espacio que finalmente exista, se proyecten los aparatos que sean más adecuados.

Para valorar y comparar los corredores desde el punto de vista de las posibles estaciones que se pudieran establecer en la línea ferroviaria de alta capacidad, se ha medido la longitud cuya pendiente es moderada (0‰ o 2‰ como mucho) existente en los perfiles longitudinales de cada corredor.

2.11. Estimación de costes de realización de las diferentes variantes

A continuación se muestra la tabla resumen de los costes de inversión de los distintos corredores. Estos costes están agrupados por sus categorías, y se pueden encontrar detallados en el apéndice de comparación de la inversión por corredor (fase 2).

Como primera conclusión se puede decir que de todos los corredores estudiados, el que menor coste de inversión inicial tiene, es el E-5 con 3.533,29M€, el más caro es el corredor Q-18 cuya construcción costaría un poco más del doble: 7.138,33M€.

Como segunda conclusión podemos mencionar:

- Que los corredores D-2, D-3 y E-5, constituyen la horquilla de corredores de menor coste de construcción. (3.533M€ < coste < 3.890M€).

➤ Que la fourchette de coût la plus élevée est constituée par le corridor Q-18, dont le coût est de 7.138M€.

En troisième conclusion, nous avons analysé le coût au kilomètre d'infrastructure, évalué comme un ratio de comparaison.

Les coûts totaux du NAFGCT sont de l'ordre de 30 M€/km quel que soit le corridor ce qui est un résultat raisonnable au vu de l'analyse du terrain, de l'hydraulique et de la géologie-géotechnique de la zone d'étude et des macro-prix moyens utilisés (un mélange de prix français et espagnols).

➤ Que los corredores J-10, K-10 y K-13, constituyen la segunda horquilla de costes (4.260M€ < coste < 4.810 M€).

➤ Que la tercera horquilla de coste la constituye el corredor Q-18, cuyo coste es 7.138M€.

Como tercera conclusión está el análisis del coste por metro de infraestructura, evaluado como un ratio.

Los costes de ejecución de la TGC-P es de aproximadamente 30 M€/km, lo que resulta razonable después de analizar, el terreno, la hidráulica y la geología-geotecnia de la zona en estudio y los macroprecios medios utilizados (una mezcla de precios franceses y españoles).

		CORRIDORS / CORREDORES						
		D-2	D-3	E-5	J-10	K-10	K-13	Q-18
Km linea nueva /Km ligne nouvelle		138	133	124	148	150	149	224
Km duplicacion / Km duplication		56,8	46,3	22	0	0	0	0
Chapitre 1. TERRASSEMENTS ET VOIES	Capítulo 1. EXPLANACIONES Y VIA	953.385.213,15	864.105.252,03	696.488.148,90	872.717.062,16	809.614.884,99	766.789.893,30	1.072.219.758,16
Chapitre 2. OUVRAGES D'ART	Capítulo 2. ESTRUCTURAS	379.685.783,95	193.690.902,61	182.928.400,35	615.380.897,83	472.701.781,64	390.960.600,31	930.647.049,44
Chapitre 3. TUNNELS	Capítulo 3. TÚNELES	1.692.396.947,91	1.751.278.339,63	1.907.940.834,95	1.858.573.240,20	2.556.666.223,46	2.440.562.657,07	3.741.922.142,89
Chapitre 4. DRAINAGE	Capítulo 4. DRENAJE	34.677.441,10	33.348.002,33	27.178.705,02	34.722.458,06	30.078.909,82	30.843.639,44	47.501.594,96
Chapitre 5. ELECTRIFICATION, SIGNALISATION ET COMMUNICATIONS	Capítulo 5. ELECTRIFICACIÓN; SEÑALIZACIÓN Y COMUNICACIONES	242.288.428,66	234.957.106,04	215.156.229,83	263.230.333,53	267.542.501,48	262.514.148,79	379.698.130,02
Chapitre 6. INTEGRATION ENVIRONNEMENTALE	Capítulo 6. INTEGRACIÓN AMBIENTAL	42.088.438,93	38.132.725,84	32.979.484,70	44.873.908,36	39.093.790,30	39.513.169,16	59.711.841,30
Chapitre 7. REMPLACEMENT DES RESEAUX AFFECTES	Capítulo 7. REPOSICIÓN DE SERVICIOS AFECTADOS	35.637.058,26	34.035.845,11	25.131.163,22	44.717.385,33	48.458.645,89	49.705.406,05	60.090.913,56
Chapitre 8. AUTRES	Capítulo 8. VARIOS	87.522.600,78	87.097.049,78	61.297.520,00	63.428.222,47	63.678.524,83	63.551.597,99	70.353.612,06
Chapitre 9. IMPREVUS	Capítulo 9. IMPREVISTOS	346.768.191,27	323.664.522,34	314.910.048,70	379.764.350,79	428.783.526,24	404.444.111,21	636.214.504,24
Chapitre 10. HYGIENE ET SECURITE DU TRAVAIL	Capítulo 10. SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	76289002,08	71.206.194,91	69.280.210,71	83.548.157,17	94.332.375,77	88.977.704,47	139.967.190,93
TOTAL		3.890.739.106,09	3.631.515.940,62	3.533.290.746,38	4.260.956.015,90	4.810.951.164,42	4.537.862.927,79	7.138.326.737,56
TOTAL M€		3.890,74	3.631,52	3.533,29	4.260,96	4.810,95	4.537,86	7.138,33
TOTAL M€ POR Km LN		28,3	27,3	28,5	28,9	32,0	30,5	31,9
TOTAL COTE ESPAGNOL / TOTAL LADO ESPAÑOL (M€)		2.281,96	2.124,84	1.831,25	2.323,65	2.710,38	2.672,33	4.704,72
TOTAL COTE FRANÇAIS / TOTAL LADO FRANCES (M€)		1.608,78	1.506,68	1.702,05	1.937,31	2.100,57	1.865,54	2.433,61

Tabla 3: Inversión por corredor

Tableau 3: Investissement par corridor

(Source: Elaboration propre) / (Fuente: Elaboración propia)

3. Analyse fonctionnelle

3.1. Catégorie de la ligne

En accord avec les catégories de lignes STI, le réseau ferroviaire conventionnel est divisé en différentes catégories. La ligne étant classée en catégorie nouvelle ligne déclarée corridor RTE (IV), il y a deux catégories possibles selon le type de trafic:

- Scénario dédié trafic fret (F) -> IV-F avec une vitesse maximale de conception de 140 Km/h
- Scénario trafic mixte (M) -> IV-M avec une vitesse maximale de conception de 200 Km/h

Le choix du type de trafic est fait après l'analyse des bilans socio-économiques.

3.2. Caractéristiques des trains et paramètres fonctionnels

Au niveau de la conception et de l'implantation de la signalisation, la possibilité de faire circuler des trains de fret de 1050 m de longueur est réservée sauf impossibilités. La nouvelle ligne a un écartement nominal de voie standard européen de 1435 mm.

La composition des trains à l'ouverture de la ligne nouvelle est résumée dans le tableau ci-dessous :

Appellation	Longueur maximale	Masse maximale
AF 120	850 m	2400 tonnes
MA 100	750 m	1800 tonnes
ME 120	750 m	1200 tonnes
Automoteur	400 m	-

Tableau 4: Composition des trains
 (Source : Elaboration propre)

3.2.1. Gabarit de la ligne

Selon la catégorie de la ligne et en accord avec la STI, le gabarit à réserver est le gabarit GC (12 m²).

3.2.2. Système d'exploitation

La nouvelle ligne est exploitée avec le système de contrôle-commande ERTMS (European Rail Traffic Management System) de niveau 2, donc les bords des trains de fret et de voyageurs sont considérés comme équipés en ETCS à la mise en service de la ligne.

3.2.3. Electrification

La ligne nouvelle est alimentée en 2 x 25 kV afin de limiter le nombre de sous-stations, 3 sous-stations sont nécessaires pour la majorité des corridors et 4 pour le corridor Q-18. Ce type d'électrification permet de minimiser le nombre de sous-stations pour alimenter la ligne.

3. Análisis funcional

3.1. Características de la línea

De acuerdo con las categorías de líneas de la ETI, la red ferroviaria convencional se encuentra dividida en distintas categorías. La línea está clasificada en la categoría de línea principal nueva de la red TEN (IV), en ella hay dos categorías posibles según el tráfico:

- Escenario tráfico de mercancías (F) -> IV-F con una velocidad máxima de concepción de 140 km/h
- Escenario de tráfico mixto (M) -> IV-M con una velocidad máxima de concepción de 200 km/h

La tipo de tráfico retenido se precisa después de los análisis socio-económicos.

3.2. Características de los trenes y parámetros funcionales

A nivel de diseño y de implantación de la señalización se reserva la posibilidad de hacer circular trenes de mercancías de hasta 1050 m de longitud. La nueva línea tiene un ancho de vía de 1435 mm, estándar europeo.

La composición de los trenes, en la puesta en servicio de la nueva línea, se resumen a continuación:

Denominación	Longitud máxima	Masa máxima
AF 120	850 m	2400 toneladas
MA 100	750 m	1800 toneladas
ME 120	750 m	1200 toneladas
Automotor	400 m	-

Tabla 4: Composición de los trenes
 (Fuente: Elaboración propia)

3.2.1. Gálibo de la línea

De acuerdo con la categoría de la línea y las exigencias de la ETI, el gálibo es el GC (12 m²).

3.2.2. Sistema de explotación

La nueva línea será explotada con un sistema de control-comando ERTMS (European Rail Traffic Management System) de nivel 2, y los trenes de mercancías y de viajeros deberán ser equipados correctamente para el uso de este sistema.

3.2.3. Electrificación

La nueva línea se alimentará en 2x25 kV con el objetivo de limitar el número de subestaciones, se requieren 3 subestaciones en la mayoría de corredores y 4 para el corredor Q-18. Esta electrificación permite minimizar el número de subestaciones para alimentar la línea.

3.3. Calculs des temps de parcours voyageurs

Les temps de parcours voyageurs, plus rapides grâce au NAFGCT entre Toulouse et Saragosse, sont résumés ci-après:

3.3. Cálculo del tiempo de recorrido de viajeros

Los mejores tiempos de recorrido para viajeros de las principales poblaciones con la TGC-P, entre Zaragoza y Toulouse, son los siguientes:

Temps voyageurs / Tiempos de viajeros				
Origine / Origen	Destination / Destino	Corridor / Corredor	h	min
Saragosse	Toulouse	D2	3	51
Saragosse	Toulouse	D3	3	40
Saragosse	Toulouse	E5	2	58
Saragosse	Toulouse	J10	2	56
Saragosse	Toulouse	K10	2	58
Saragosse	Toulouse	K13	2	46
Saragosse	Toulouse	Q18	2	52

Figura 6: Estimación de los tiempos de viaje entre Zaragoza y Toulouse

Figure 6: Estimation de temps de parcours voyageurs entre Saragosse et Toulouse

(Source: Résultats de la modélisation sur IngeTime® par Rail Concept) / (Fuente: Resultados de la modelización en IngeTime® por Rail Concept)

Une connexion ferroviaire directe entre Toulouse et Saragosse réduit le temps de parcours de voyageurs actuel de 50% en comparaison par rapport au temps actuel, SNCF – RENFE 2015.

Una conexión directa ferroviaria entre Toulouse y Zaragoza reduciría los tiempos de viaje actuales en un 50% en comparación a los mejores tiempos de recorrido ofrecidos por SNCF – RENFE en 2015.

3.4. Limitations fonctionnelles induites par les infrastructures existantes

3.4. Limitaciones funcionales inducidas por las infraestructuras existentes

3.4.1. Rampe de Capvern

Sur la ligne Toulouse Dax, la rampe de Capvern (entre Tarbes et Lannemezan) constitue une contrainte majeure pour l'exploitation du fret. Sa pente (ou rampe) de 33‰ limite le tonnage maximal remorqué et la longueur maximale des trains fret à des chiffres très inférieurs à celles que nous attendons sur le NAFGCT.

3.4.1. Rampa de Capvern

En la línea Toulouse Dax, la rampe de Capvern (entre Tarbes y Lannemezan) representa un condicionante muy importante para la explotación de mercancías. Esta rampe de 33‰ limita la carga máxima remolcada y la longitud máxima de los trenes de mercancías a cifras muy inferiores a las que se esperarían en la TGC-P.

3.4.2. Saturation de Bordeaux en 2060 (corridors ouest)

La saturation de Bordeaux apparaît pour les corridors de l'ouest (D2, D3 et E5) en 2065 et ne permet plus une augmentation de trafic fret sur le corridor atlantique et sur le NAFGCT dans le cas de ces alternatives Ouest.

3.4.2. Saturación de Burdeos en 2060 (corredores del oeste)

El nudo de Burdeos se prevé saturado para 2065 para los corredores del oeste (D2, D3 y E5). La saturación de este nudo de la red ferroviaria francesa no permite el crecimiento del tráfico ferroviario del corredor atlántico ni del tráfico de mercancías de la travesía de gran capacidad de los Pirineos.

Pour permettre aux trafics fret et voyageurs de continuer à augmenter sur le corridor atlantique et NAGFCT, les propositions alternatives sont :

Para que tanto el tráfico de mercancías y viajeros por el corredor atlántico y la TGC-P sigan creciendo, las alternativas propuestas para solucionar los problemas de capacidad de Burdeos son:

- Permettre que le trafic fret monte par l'axe POLT, évitant Bordeaux et libèrent les sillons occupés par le fret du NAFGCT à Bordeaux.
- Ou augmenter la capacité ferroviaire à Bordeaux et prévoir aussi les améliorations nécessaires pour la ligne au nord de Bordeaux.

- Conseguir que el tráfico de mercancías pueda ascender por el eje POLT, evitando Burdeos y liberando los surcos que ocupan las mercancías de la TGC-P en Burdeos.
- Aumentar la capacidad ferroviaria de Burdeos e introducir las mejoras necesarias para la línea al norte de Burdeos.

3.4.3. Saturation de Toulouse en 2090 (corridors est)

Selon les études de trafic réalisées, avec le trafic généré par le NAFGCT au droit de Toulouse pour les corridors Est, le nœud de Toulouse est considéré comme saturé en 2090. Pour réduire le trafic du nœud de Toulouse, il est donc prévu le contournement de ce nœud par l'est de Toulouse, espace déjà réservé, à l'horizon 2090.

3.4.3. Saturación de Toulouse en 2090 (corredores del este)

Según los estudios de tráfico realizado, con el tráfico generado por la TGC-P a Toulouse para los corredores este, el nudo de Toulouse se saturará en 2090. Para aumentar la capacidad del nudo de Toulouse, se prevé la construcción de un contorno por el este de Toulouse, espacio ya reservado, en el horizonte de 2090.

3.5. Plateformes multimodales

Nous avons également examiné les différentes composantes permettant de choisir la meilleure implantation pour les plateformes multimodales aux extrémités du NAFGCT pour chacune des alternatives.

En Aragon, à l'horizon 2040, TMZ (Terminal Maritime de Saragosse) est considérée comme saturée et ayant déjà utilisé toutes ses extensions possibles. Plaza se trouve la mieux placée pour reprendre les trafics de transport combiné et d'autoroute ferroviaire du NAFGCT, d'autant plus que nous avons émis l'hypothèse que les trafics routiers et ferroviaires à Saragosse resteront fluides à l'horizon 2040. La plateforme de Monzon est une alternative intéressante grâce à sa position stratégique et l'extension possible.

De côté français, le trafic fret des corridors J-10, K10- K-13 et Q-18 monte par Toulouse. Pour ces corridors les plateformes multimodales aux alentours de Toulouse sont les plus favorables du fait de sa proximité des zones de consommation, des zones logistiques existantes, des zones industrielles existantes et de leur distance par rapport aux plateformes multimodales concurrentes.

Le trafic fret des corridors D-2, D-3 et E-5 monte par le corridor atlantique à partir de Dax. Pour ces corridors, la ville et les alentours de Bordeaux sont plus indiqués comme lieu de plateforme logistique interrégionale, Toulouse étant peu accessible à cause des différents itinéraires empruntés pour les trafics fret pour les corridors de l'ouest du NAFGCT.

Néanmoins, la faisabilité des plateformes à Saint-Jory (Toulouse) et Bordeaux reste à affiner lors des études ultérieures.

3.5. Plataformas multimodales

Se han examinado en esta sección los diferentes componentes para el mejor emplazamiento de una plataforma multimodal en los extremos de la TGC-P en Francia y en España.

En Aragón, al horizonte 2040, la Terminal Marítima de Zaragoza (TMZ) se considera saturada, habiendo realizado todas las extensiones posibles. Por otro lado Plaza se encuentra en una mejor posición para responder a los tráfico de transporte combinado y de autopista ferroviaria de la TGC-P, además con las hipótesis que se han considerado la red viaria de Zaragoza aún será fluida en 2040. La plataforma de Monzón es una alternativa interesante, para los corredores J-10, K-10, K13 y Q-18, dada su posición en el territorio y su posible extensión.

Para el lado francés, el tráfico de mercancías para los corredores J-10, K-10, K-13 y Q-18 ascenderá por Toulouse. Para estos corredores las plataformas en el entorno de Toulouse son las más favorables debido a la proximidad de los centros de consumo, las zonas logísticas existentes, la proximidad con las zonas industriales existentes y la distancia con respecto a las plataformas multimodales concurrentes.

El tráfico de mercancías para los corredores D-2, D-3 y E-5 ascenderá por el corredor atlántico a partir de Dax. Para estos corredores, la ciudad y el entorno de Burdeos se destacan como plataforma logística interregional y no Toulouse, debido al itinerario que se toma en este caso para el tráfico de mercancías internacional.

Sin embargo, la factibilidad en Saint-Jory (Toulouse) y Burdeos debe precisarse en estudios posteriores.

4. Etude environnementale

L'objectif de cette analyse environnementale est de pouvoir comparer les tracés proposés afin d'identifier celui de moindre impact (à niveau macro), et de proposer éventuellement des modifications de tracé (dans les 2 km), pour une définition plus précise.

4.1. Méthodologie d'analyse

A partir des données des études antérieures SENER-INGEROP, la méthodologie d'analyse comparative a donc consisté à :

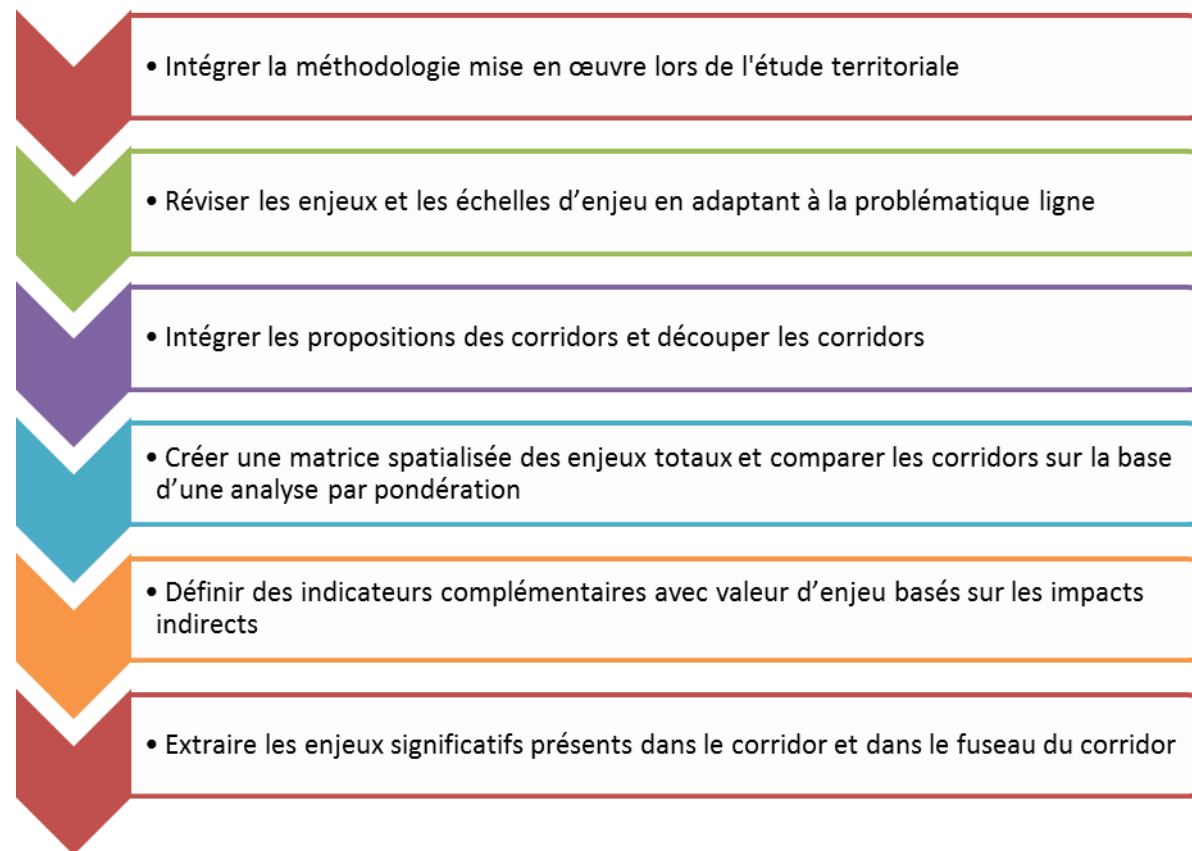


Figure 7: Méthodologie de l'analyse environnementale des corridors

(Source : Elaboration propre)

L'intégration des données SIG de l'analyse territoriale a impliqué une revue de la qualité des données disponibles et des révisions de la valeur des enjeux proposée à l'analyse territoriale.

L'échelle proposée pour l'analyse territoriale est conservée sur cette étude pour l'analyse environnementale des corridors :

Pour l'analyse spatialisée des enjeux, il a été décidé de retirer les portions souterraines, qui n'auront pas d'impact sur la plupart des composantes considérées, en surface.

Une matrice spatialisée a ensuite été construite pour comparer les différents tracés. La méthodologie d'analyse environnementale comparative des différents tracés compte le nombre de fois où l'enjeu est présent au sein d'une matrice élémentaire du corridor étudié. Cette approche recense l'enjeu, son importance, et prend également en compte l'étendue de l'enjeu au sein du corridor.

4. Estudio medioambiental

El objetivo de este análisis medioambiental es poder comparar los distintos trazados propuesto con el fin de identificar los que tienen un menor impacto medioambiental (a nivel macro), y proponer eventualmente modificaciones de trazado (en los 2 km de ancho), para una etapa de trazado siguiente más precisa.

4.1. Metodología de análisis

A partir de los datos de SENER-INGEROP, la metodología de análisis comparativa medioambiental consiste en:

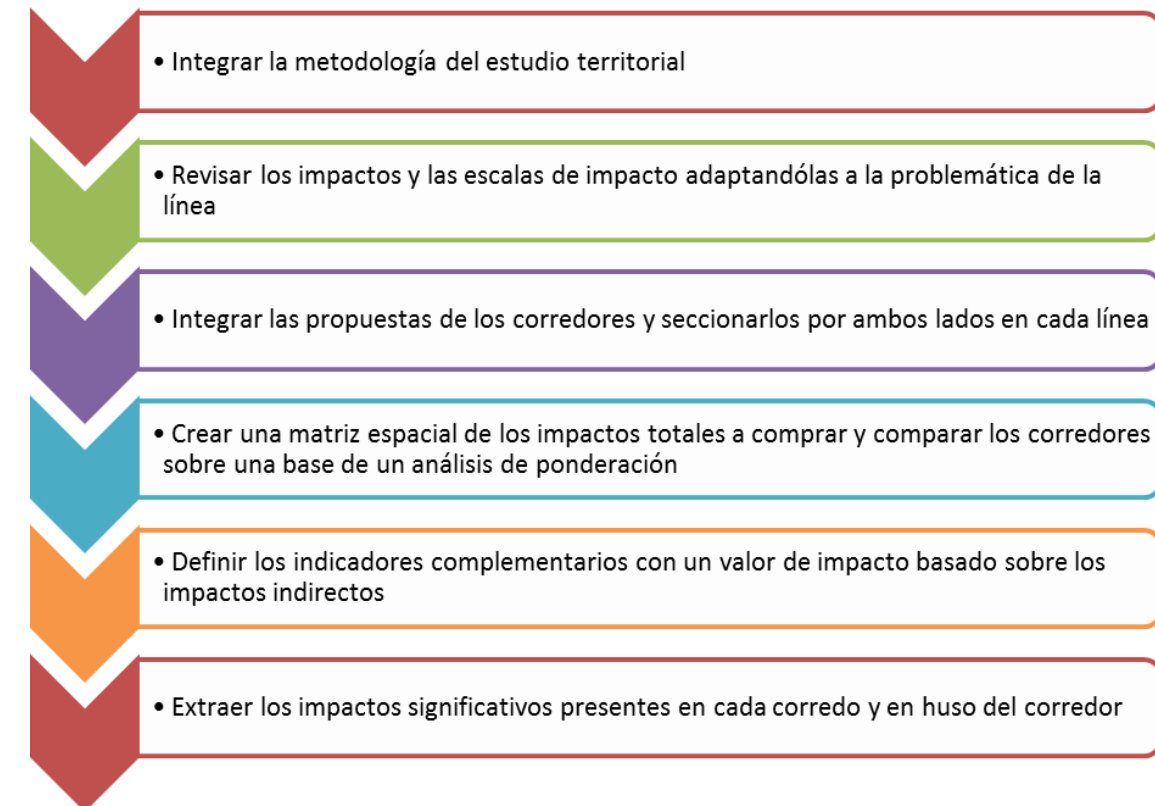


Figura 7: Metodología del análisis medioambiental de los corredores

(Fuente: Elaboración propia)

La integración de los datos SIG del análisis territorial implica una revisión de la calidad de los datos disponibles y una revisión de los valores de impacto propuestos en el análisis territorial. La escala que se ha usado en el análisis territorial se conserva en este estudio medioambiental de los corredores (del nivel I al V, siendo el primero el que tiene un mayor impacto).

Para el análisis espacial de los impactos, se decide retirar las porciones subterráneas ya que son analizados y valorados en el análisis técnico y no tienen impactos en la mayor parte de los elementos considerados, que son en superficie.

Se ha construido una matriz espacial para comparar los distintos trazados. La metodología de análisis medioambiental, comparativa de los diferentes corredores, tiene en cuenta el número de veces que el impacto está presente en una matriz elemental del corredor estudiado. Esta aproximación considera el impacto, su importancia y considera también la extensión del impacto a lo largo del corredor.

4.2. Synthèse des résultats

La compilation des données de la matrice permet donc d'obtenir une ponctuation pour chacun des corridors :

4.2. Síntesis de los resultados

La compilación de los datos de la matriz permiten obtener un valor para cada corredor :

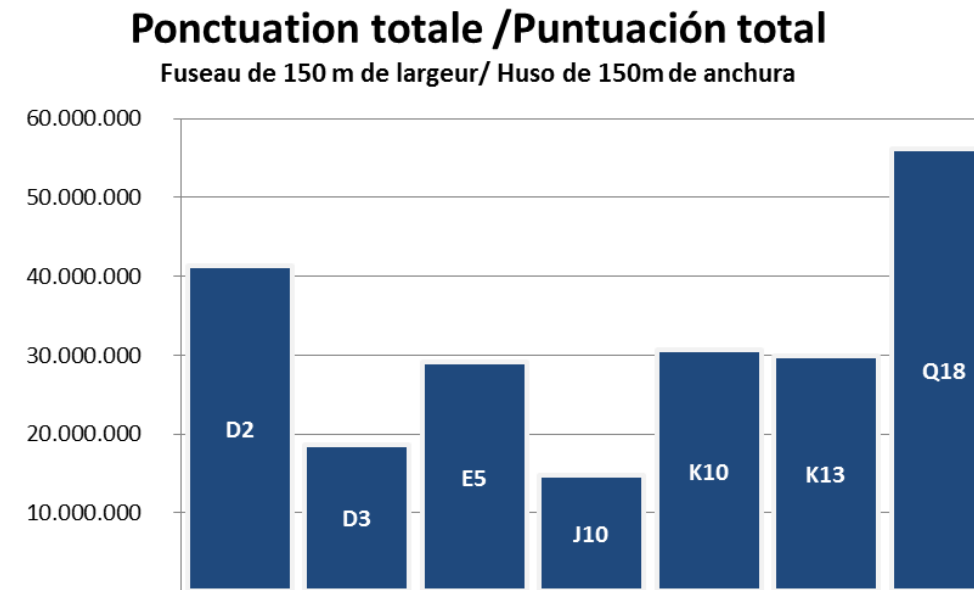


Figura 8: Puntuación total (huso de 150 m)

Figure 8: Ponctuation totale (fuseau 150 m)

(Source : Elaboration propre) / (Fuente: Elaboración propia)

Quel que soit l'analyse, tant pour un corridor avec une largeur de 2 km ou de 150 m, le tracé J10 est le moins impactant et le tracé Q18 le plus impactant.

Si on considère l'échelle la plus réduite de l'emprise de la ligne (fuseau de 150 m), les tracés peuvent donc être classés dans l'ordre suivant selon le total des impacts environnementaux (moins impactant au plus impactant) :

1. J10
2. D3
3. E5
4. K13
5. K10
6. D2
7. Q18

Sea el caso que sea, tanto para un corredor de anchura 150 m o de 2 km, el trazado J10 es el trazado menos impactante y el trazado Q18 el que tiene un mayor impacto.

Si se considera la escala de la ocupación de terrenos (anchura de 150 m), los trazados se clasifican en el orden siguiente según su impacto medioambiental total (de mejor a peor):

1. J10
2. D3
3. E5
4. K13
5. K10
6. D2
7. Q18

5. Analyse socio-économique

5.1. Prévisions de trafic voyageurs

5.1.1. Zonage

Nous avons défini un zonage du périmètre d'étude qui prend en compte les principales relations de trafic voyageurs. Ce zonage est composé de 9 zones en Espagne et de 7 zones en France. Les centroïdes de ces zones sont les suivants :

En France :

- Toulouse
- Bordeaux
- Tarbes
- Pau
- Bayonne
- Morcenx
- Reste de France

En Espagne :

- Madrid
- Saragosse
- Valence
- Monzon
- Huesca
- Jaca
- Ribagorza
- Pallars
- Reste d'Espagne

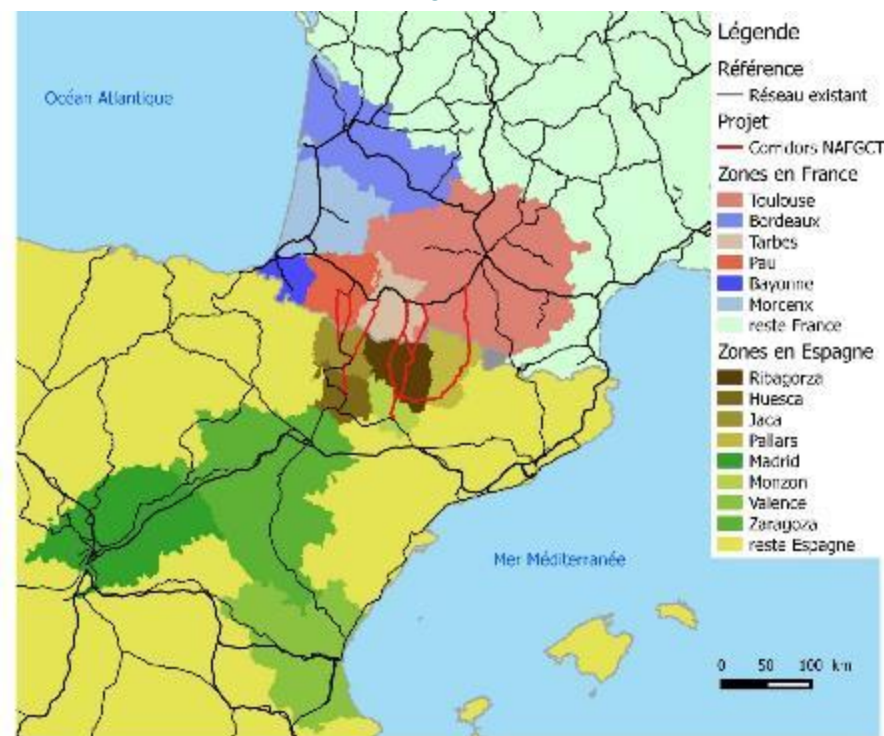


Figura 9: Zonificación usada para el modelo de tráfico de viajeros

Figure 9: Zonage utilisé pour le modèle de trafic voyageur

(Source : Elaboration propre (2015)) / (Fuente: Elaboración propia (2015))

En France les zones sont construites à partir des arrondissements (sous-division des départements) pour les plus petites, et des départements pour les plus grandes. En Espagne, les zones sont construites à partir des subdivisions des provinces.

5. Análisis socio-económico

5.1. Previsiones de los tráfico de viajeros

5.1.1. Zonificación

Se ha definido una zonificación del perímetro de estudio que considera las principales relaciones del tráfico de viajeros. Esta zonificación se compone de 9 zonas en España y 7 zonas en Francia. Los centroïdes de las zonas son los siguientes:

En Francia:

- Toulouse
- Burdeos
- Tarbes
- Pau
- Bayona
- Morcenx
- Resto de Francia

En España:

- Madrid
- Zaragoza
- Valencia
- Monzón
- Huesca
- Jaca
- Ribagorza
- Pallars
- Resto de España

	Toulouse	Bordeaux	Tarbes	Pau	Bayonne	Morcenx	reste France	Madrid	Zaragoza	Huesca	Monzon	Valence	Jaca	Ribagorza	Pallars	reste Espagne
Toulouse	■							■	■	■	■	■	■	■	■	■
Bordeaux	■	■						■	■	■	■	■	■	■	■	■
Tarbes	■	■	■					■	■	■	■	■	■	■	■	■
Pau	■	■	■	■				■	■	■	■	■	■	■	■	■
Bayonne	■	■	■	■	■			■	■	■	■	■	■	■	■	■
Morcenx	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■
reste France	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■
Madrid								■	■	■	■	■	■	■	■	■
Zaragoza								■	■	■	■	■	■	■	■	■
Huesca								■	■	■	■	■	■	■	■	■
Monzon								■	■	■	■	■	■	■	■	■
Valence								■	■	■	■	■	■	■	■	■
Jaca								■	■	■	■	■	■	■	■	■
Ribagorza								■	■	■	■	■	■	■	■	■
Pallars								■	■	■	■	■	■	■	■	■
reste Espagne								■	■	■	■	■	■	■	■	■

Figura 10: OD considerados

Figure 10: OD prises en compte

(Source : Elaboration propre (2015)) / (Fuente: Elaboración propia (2015))

En Francia las zonas se construyen a partir de redondeos (subdivisiones de los departamentos) para las zonas más pequeñas, y a partir de los departamentos para las zonas más grandes. En España, las zonas se construyen a partir de subdivisiones de las provincias.

Avec ce zonage et l'hypothèse de ne prendre en compte que les Origines – Destinations (OD) internationales, nous avons donc une base de 27 OD à prendre en compte entre les 9 zones espagnoles et les 7 zones françaises.

Les OD internationales prises en compte sont donc les OD en bleu dans la figure 10.

5.1.2. Hypothèses d'offre ferroviaire en projet

On prend pour hypothèse la mise en circulation de 4 aller - retour Toulouse – Madrid. Le prix est fixé selon le prix kilométrique de la SNCF.

La desserte Bordeaux Madrid passe par le corridor atlantique et n'est donc pas prise en compte ici.

5.1.3. Méthodologie

Un modèle de trafic a été construit. Le principe d'un modèle de trafic est de prévoir la demande (le trafic) future en fonction de l'offre future. On cale un modèle (c'est-à-dire que l'on adapte une formulation mathématique sur le présent) puis, en fonction de la variation de l'offre, on prévoit la demande future.

Le modèle utilisé ici est issu de la théorie du modèle à quatre étapes dont un schéma illustratif est donné ci-dessous.

Con esta zonificación y las hipótesis que consideran únicamente los Orígenes – Destinos (OD) internacionales, se obtiene una base de 27 OD a considerar entre las 9 zonas españolas y las 7 zonas francesas.

Los OD internacionales considerados son los OD en azul de la figura 10.

5.1.2. Hipótesis de la oferta ferroviaria

Se asumen 4 circulaciones (ida y vuelta) Toulouse - Madrid. El precio se fija en función del precio por kilómetro de la SNCF.

El itinerario Burdeos Madrid pasa por el corredor atlántico y no se considera en este punto.

5.1.3. Metodología

El principio del modelo de tráfico realizado es pronosticar la demanda (tráfico) futura en función de la oferta futura. Se ajusta un modelo (es decir, uno que se adapte a una formulación matemática del presente), en función de la variación de la oferta, y se prevé la demanda futura.

El modelo utilizado proviene de la teoría del modelo de cuatro etapas, a continuación se muestra un esquema ilustrativo de este modelo.

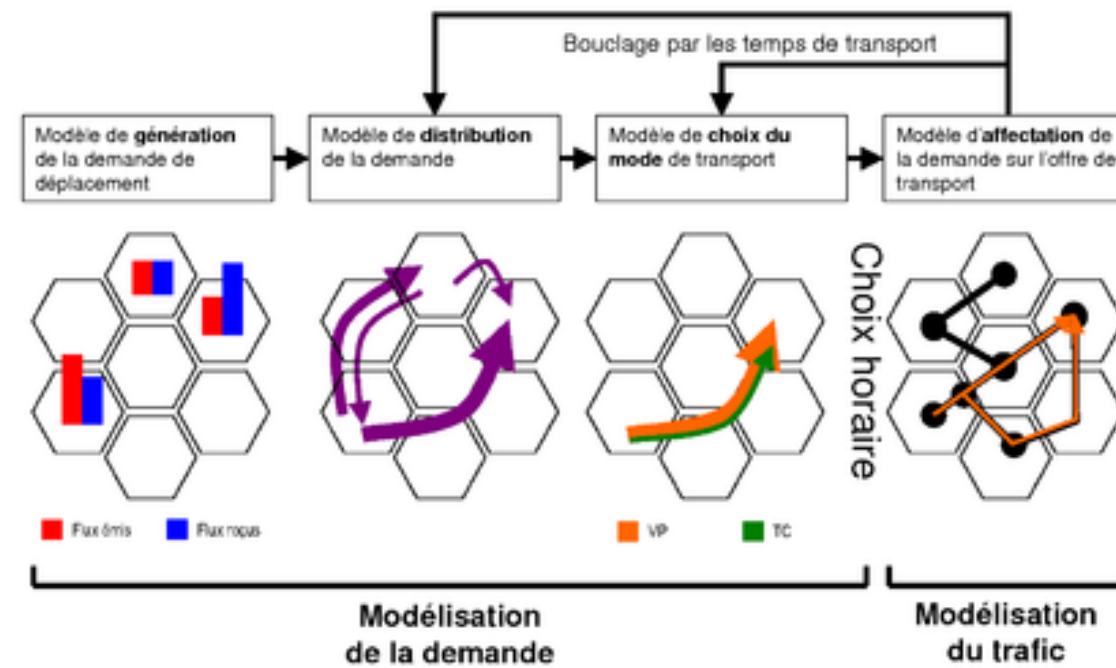


Figura 11: Descripción del modelo de cuatro etapas

Figure 11: Description du modèle à quatre étapes

(Source : Elaboration propre) / (Fuente: Elaboración propia)

En pratique, dans le cas étudié, le modèle se compose de quatre modules élémentaires :

- 1) Un module de génération – distribution (étape 1 et 2 ci-dessus), avec une formulation de type gravitaire. Ce modèle permet de calculer la demande tous modes (fer + VP) entre les différentes zones ;
- 2) Un modèle d'induction de trafic (étape 3 et 4 ci-dessus), permettant de générer le trafic induit, c'est-à-dire les nouveaux voyageurs (par opposition aux anciens voyageurs du chemin de fer, et aux voyageurs reportés de la route). Le modèle gravitaire utilisé pour la génération – distribution permet de, quand les facteurs

En la práctica, en el caso de estudio, el modelo se compone de cuatro módulos elementales:

- 1) Un módulo de generación – distribución (etapas 1 y 2), con una formulación de tipo gravitatorio. Este modelo permite calcular la demanda de todos los modos (ferrocarril + VP) entre zonas;
- 2) Un modelo de inducción de tráfico (etapas 3 y 4), permitiendo generar el tráfico inducido, que se puede definir como nuevos viajeros (por oposición a los antiguos viajeros del ferrocarril, y los viajeros captados de la carretera). El modelo gravitatorio utilizado para la generación – distribución permite, cuando los

d'émission (population) sont constants, calculer l'induction. En effet, l'augmentation de l'utilité d'un mode de transport permet d'augmenter l'utilité globale, et ainsi de générer de nouveaux trafics ;

- 3) Un modèle de partage modal (étape 3 ci-dessus) qui permet de répartir le trafic entre modes de transport (fer + VP) ;
- 4) Un modèle d'affectation (étape 4), non au sens classique du terme d'affectation entre chemins, mais entre types de trains.

Le tableau ci-dessous résume la prévision de trafic obtenue par corridor :

D2	288 000	K10	376 000
D3	315 000	K13	410 000
E5	453 000	Q18	361 000
J10	383 000		

Tableau 5: Prévision trafic, nombre de passagers par an en 2040
 (Source : Elaboration propre)

5.2. Prévision de trafic fret

Les résultats, en volume, de l'étude fret de l'étude INECO SETEC sont pris comme base de référence à la mise en service du projet.

L'évolution du trafic se fera en fonction des PIB de la France et de l'Espagne avec les élasticités du modèle de trafic SETEC INECO.

5.2.1. Evolution de la demande en volume

En prenant en compte les hypothèses d'évolution de la demande de trafic en volume, dans les deux sens, on obtient les résultats suivants pour le volume de marchandises transportées :

DEMANDE DE TRAFIC EN M.T/AN CORRIDORS OUEST	2040	2060	2090
REPORTE DE LA ROUTE	1,1	1,1	1,7
REPORTE DU CORRIDOR MEDITERRANEEN	0,2	1,0	2,3
REPORTE DU CORRIDOR ATLANTIQUE	0,7	0,8	2,6
TOTAL	2,0	2,9	6,6

Tableau 6: Evolution de la demande de trafic en M.T tracés ouest
 (Source : Elaboration propre (2015))

factores de emisión (población) son constantes, calcular la inducción. En efecto, el aumento de la utilidad de un modo de transporte permite aumentar la utilidad global, y por lo tanto generar nuevos tráficos;

- 3) Un modelo de repartición modal (etapa 3) permite repartir el tráfico entre los modos de transporte (ferrocarril + VP);
- 4) Un modelo de afectación (etapa 4), no en el sentido clásico del término de afectación entre caminos, pero entre tipos de trenes.

La tabla siguiente resume las previsiones de tráfico por corredores:

D2	288 000	K10	376 000
D3	315 000	K13	410 000
E5	453 000	Q18	361 000
J10	383 000		

Tabla 5: Previsión de tráfico, número de viajeros por año en 2040
 (Fuente: Elaboración propia)

5.2. Previsión del tráfico de mercancías

Los resultados, en volumen, del estudio de mercancías del estudio SETEC INECO se toman como base de referencia a la inauguración de la línea.

La evolución del tráfico se realizará en función del PIB de Francia y de España con las elasticidades del modelo de tráfico SETEC INECO.

5.2.1. Evolución de la demanda en volumen

Considerando las hipótesis de evolución de la demanda de tráfico en volumen, en los dos sentidos, se obtienen los resultados siguientes (volumen de mercancías transportadas):

DEMANDE DE TRAFICO EN M.T/AÑO CORREDORES OESTE	2040	2060	2090
APORTE DE LA CARRETERA	1,1	1,1	1,7
APORTE DEL CORREDOR MEDITERRANEO	0,2	1,0	2,3
APORTE DEL CORREDOR ATLANTICO	0,7	0,8	2,6
TOTAL	2,0	2,9	6,6

Tabla 6: Evolución de la demanda de tráfico en M.T trazados oeste
 (Fuente: Elaboración propia (2015))

DEMANDE DE TRAFIC EN M.T/AN CORRIDORS EST	2040	2060	2090
REPORTE DE LA ROUTE	1,1	0,8	2,6
REPORTE DU CORRIDOR MEDITERRANEEN	0,5	2,5	5,8
REPORTE DU CORRIDOR ATLANTIQUE	0,9	1,0	1,6
TOTAL	2,5	4,3	10,0

Tableau 7 : Evolution de la demande en M.T tracés est
 (Source : Elaboration propre (2015))

On observe la même évolution globale de la demande à travers le NAFGCT, qui augmente de 50 à 70 % entre 2040 et 2060 puis de 130% entre 2060 et 2090. Cette évolution est très proche pour les deux groupes de corridors car elle est basée sur l'évolution du PIB et les élasticités du modèle de trafic fret de SETEC - INECO. La différence de répartition de la demande, entre les tracés est et ouest, est plus marquée car elle tient compte des OD qui sont susceptibles d'être détournée d'un corridor à un autre.

5.3. Bilan socio-économique

5.3.1. Généralités

L'évaluation socio-économique s'appuie sur le calcul des bilans de nombreux acteurs. Le bilan est réalisé afin de permettre la comparaison de plusieurs scénarios et de plusieurs projets au travers des indicateurs de rentabilité. Cet exercice est codifié de façon différente selon les pays, nous allons donc, pour cette étude, le faire selon la méthodologie française et suivant les recommandations de l'Union Européenne.

5.3.2. Méthodologie française Royal – Cuvillier

Les bilans des projets fret et ceux des projets voyageurs ne prennent pas en compte les mêmes acteurs, ils ont donc quelques différences, mais également de nombreux points communs.

5.3.2.1. Valeurs propres aux projets voyageurs

La méthode de Royal-Cuvillier précise les valeurs tutélaires permettant de valoriser les effets non monétaires en France. Un certain nombre d'hypothèses, notamment pour les bilans monétaires, doit toutefois être précisé. Les paragraphes ci-dessous précisent par conséquent les hypothèses retenues pour la présente étude.

Valeur du temps

La valeur du temps occupe un rôle central dans les bilans socio-économiques voyageurs, dans la mesure où c'est la grandeur qui permet de comparer les effets liés aux gains de temps à des effets monétaires. Il s'agit de la valeur tutélaire qui dimensionne notamment le bilan des voyageurs.

Les valeurs retenues sont issues de la nouvelle instruction Royal – Cuvillier et de paramètres complémentaires issus le plus souvent de référentiels SNCF Réseau

DEMANDA DE TRAFICO EN M.T/AÑO CORREDOREA ESTE	2040	2060	2090
APORTE DE LA CARRETERA	1,1	0,8	2,6
APORTE DEL CORREDOR MEDITERRANEO	0,5	2,5	5,8
APORTE DEL CORREDOR ATLANTICO	0,9	1,0	1,6
TOTAL	2,5	4,3	10,0

Tabla 7: Evolución de la demanda en M.T trazados este
 (Fuente: Elaboración propia (2015))

Se observa la misma evolución global de la demanda a través de la TGC-P, que aumenta del 50% al 70% entre 2040 y 2060, seguido de un 130% entre 2060 y 2090. Esta evolución es muy próxima entre los dos grupos de corredores, ya que se basa en la evolución del PIB y las elasticidades del modelo de tráfico de SETEC – INECO. La diferencia de repartición de la demanda, entre los trazados oeste y este, es más relevante porque se considera que los OD son susceptibles de ser desviados de un corredor a otro.

5.3. Balance socio-económico

5.3.1. Generalidades

La evaluación socio-económica se basa en el cálculo de los balances de numerosos actores. La evaluación está diseñada para permitir la comparación de varios escenarios y varios proyectos a través de los indicadores de rentabilidad. Este ejercicio está codificado de forma diferente en los distintos países, por lo que para este estudio, se realizará de acuerdo con la metodología francesa y también siguiendo las recomendaciones de la Unión Europea.

5.3.2. Metodología francesa Royal – Cuvillier

Los balances de los proyectos de mercancías y aquellos de los proyectos de viajeros no incluyen los mismos actores, así que tienen algunas diferencias aunque también numerosas similitudes.

5.3.2.1. Valores propios de los proyectos de viajeros

El método de la Royal-Cuvillier especifica los valores de referencia para la valoración de los efectos no monetarios en Francia. Se deben precisar una serie de hipótesis, en particular para los balances monetarios. En los siguientes párrafos se especifican las hipótesis consideradas para este estudio.

Valor del tiempo

El valor del tiempo es un elemento central en los balances socioeconómicos de viajeros, ya que es el aspecto que compara los efectos asociados a un ahorro de tiempo a los efectos monetarios. Este valor de referencia dimensiona notablemente el balance de viajeros.

Los valores utilizados son los valores de la nueva instrucción Royal - Cuvillier y parámetros complementarios en su mayoría de la guía de SNCF Réseau.

5.3.2.2. Valeurs propres au projet fret

Valeur du cout du transport

La valeur du cout du transport est le prix que fait payer le transporteur au chargeur, sa valeur dépend de trois paramètres principaux : le type de marchandises, la distance à parcourir et le volume, en tonnes, de marchandises à transporter. Les formulations trinôme (constante, prix, temps) seront reprises des référentiels SNCF Réseau.

Valeur du temps pour les marchandises

La valeur du temps pour les marchandises représente la valeur qu'accorde le chargeur à la vitesse à laquelle le transporteur réalisera le transport de marchandises, cette valeur dépend principalement du type de marchandises transportées et les valeurs tutélaires sont fixées par la méthode Royal-Cuvillier.

5.3.2.3. Valeurs communes aux deux bilans

Modèle de coûts du transporteur et péages

Le modèle de coûts du transporteur est repris du référentiel SNCF Réseau.

Concernant les péages d'infrastructure, le calcul est réalisé à partir du barème 2016 publié par SNCF Réseau, en reprenant les hypothèses d'inflateurs standard utilisées par SNCF Réseau.

Coûts du gestionnaire de l'infrastructure (CGI)

Le modèle de coût du gestionnaire d'infrastructure est repris du référentiel SNCF Réseau.

Ce modèle de coûts du GI, tel qu'il est décrit dans la note de cadrage de SNCF Réseau, est pertinent pour évaluer l'impact de la mise en service d'une nouvelle infrastructure ou d'une variation du trafic sur une ligne, en termes de coûts de maintenance et d'exploitation. Toutefois, ce référentiel ne permet pas d'appréhender l'impact d'une opération de modernisation ou de renouvellement sur les CGI.

Ainsi, le modèle de coûts du GI peut être complété, lorsque c'est le cas, par une estimation des impacts CGI, réalisée pour cette étude à partir des hypothèses de production des phases travaux qui seront retenues comme hypothèses de travail.

Valorisation des effets externes

Les effets externes, évalués dans le cadre de la présente étude, sont de plusieurs types :

- Sécurité routière ;
- Pollution atmosphérique ;
- Contribution à l'effet de serre ;
- Bruit ;
- Congestion routière.

Les trois premières catégories d'effets sont valorisées conformément aux préconisations et aux valeurs tutélaires de chaque instruction cadre. En revanche, les deux dernières catégories d'effets externes sont valorisées par des méthodes exogènes aux instructions cadre.

5.3.2.2. Valores propios de los proyectos de mercancías

Valor del coste de transporte

El valor del coste de transporte es el precio cobrado por el transportista, su valor depende de tres parámetros principales: el tipo de mercancías, la distancia y el volumen de mercancías transportadas, en toneladas. Las formulaciones del trinomio (constante, precio, tiempo) se tomarán de las referencias de SNCF Réseau.

Valor de tiempo de los bienes

El valor del tiempo para las mercancías representa el valor otorgado por el cargador a la velocidad a la que el transportista realizará el transporte de mercancías, este valor depende principalmente del tipo de mercancías transportadas y los valores de referencia se determinan por el método de Royal-Cuvillier.

5.3.2.3. Valores comunes en los dos balances

Modelo de costes del transportista y peajes

El modelo de costes del transportista se retoma de la guía de SNCF Réseau.

En los peajes de infraestructura, el cálculo se hace a partir del baremo de 2016 publicado por SNCF Réseau, retomando las hipótesis de la inflación estándar utilizada por SNCF Réseau.

Costes del gestor de la infraestructura (CGI)

El modelo de costes del gestor de la infraestructura se retoma de la guía de SNCF Réseau.

Este modelo de costes de GI, tal como se describe en el cuadro de la nota de SNCF Réseau, es relevante para evaluar el impacto de la inauguración de la nueva infraestructura o una variación del tráfico en una línea, en términos de costes de mantenimiento y operación. Sin embargo, esta norma no comprende el impacto de una operación de modernización o renovación de CGI.

Por lo tanto, el modelo de costes de GI puede completarse por la estimación de los impactos de CGI, realizado para este estudio, a partir de las hipótesis de producción de las fases de trabajo que serán retenidas como hipótesis de trabajo.

Valoración de los efectos externos

Los efectos externos, evaluados en el presente estudio, son los siguientes:

- Seguridad vial;
- Contaminación atmosférica;
- Contribución al efecto invernadero;
- Ruido;
- Congestión de las carreteras.

Las tres primeras categorías se valoran de acuerdo con las recomendaciones y los valores de referencia de cada instrucción. Sin embargo, las dos últimas categorías de efectos externos son valorados por métodos externos.

5.3.2.4. Valeur résiduelle

Dans le cadre de l'évaluation très amont d'un projet comme la NAFGCT pour lequel on ne dispose pas de chronique annuelle de dépenses de régénération, mais de chroniques de régénérations lissées, l'approche suivante sera appliquée : on considère que la valeur résiduelle de correspond à la somme actualisée des coûts et des bénéfices du projet après la période d'évaluation, pour prendre en compte le fait que le projet continue d'exister même après sa période d'évaluation.

5.3.2.5. Coût d'Opportunité des Fonds Publics (COFP)

Le coût d'opportunité des fonds publics (COFP) reflète la perte d'efficacité socio-économique (distorsions) due aux impôts. En d'autres termes, il s'agit d'un prix fictif à affecter à la dépense publique nette, du fait des distorsions et pertes d'efficacité introduites par les prélèvements fiscaux dans l'économie. Il sera pris en compte conformément à l'instruction Royal – Cuvillier. Le COFP est de 20%.

5.3.3. **Méthodologie Européenne (Cost Benefits Analysis 2014-2020)**

La méthodologie européenne reprend les mêmes principes que la méthodologie française, avec une évaluation des bilans par acteurs. Les bilans des acteurs sont relativement différents :

- Il n'y a pas d'acteurs puissance publique qui prend en compte les variations des taxes, et toutes les externalités sont prises en compte dans un seul bilan.
- Le Taux de Rentabilité Interne (TRI) reste une information à prendre en compte dans la méthodologie européenne, alors qu'il n'est plus utilisé dans dernière version de la méthodologie française.

Pour garder une base de comparaison entre les deux méthodes, les variations de taxes calculées dans la méthodologie française seront aussi prises en compte ici.

5.3.3.1. Différences entre la méthode européenne et la méthode française

La méthodologie européenne et la prise en compte des valeurs tutélaires espagnoles impliquent des modifications qui impactent les bilans socio-économiques des différents acteurs concernés par le projet.

Changement de taux d'actualisation

Le taux d'actualisation utilisé est de 3% au lieu de 4,5% en France.

Bilan des investissements

Le COFP de 20% est supprimé, on applique à la place un coefficient de « Shadow Price » de 0,71 sur le montant des investissements.

Valeurs tutélaires des effets externes

Les valeurs tutélaires des effets externes sont toutes exprimées par rapport au nombre de voyageurs.kilomètres par mode ou par tonnes.km.

Valeur du temps

Les valeurs du temps prises en compte sont aussi différentes.

Valeur résiduelle

La valeur résiduelle du projet est calculée en prenant en compte les bénéfices du projet pendant les 30 ans suivant la fin de la période d'évaluation.

5.3.2.4. Valor residual

En el marco de la evaluación arriba de un proyecto como la TGC-P, para el que no se dispone de una crónica anual de gastos de regeneración, pero se dispone de crónicas de regeneración suavizadas, la aproximación será la siguiente: se considera que el valor residual corresponde a la suma actualizada de los costes y beneficios del proyecto después del periodo de evaluación, para considerar el hecho que el proyecto continua más allá del fin del periodo de evaluación.

5.3.2.5. Coste de Oportunidad de los Fondos Públicos (COFP)

El coste de oportunidad de los fondos públicos (COFP) refleja la pérdida de eficacia socio-económica (distorsiones) debidas a los impuestos. En otros términos, se trata de un precio ficticio que afecta los gastos públicos netos, el hecho de las distorsiones y las pérdidas de eficacia introducidas por las transferencias fiscales en la economía. Se considerará según la norma Royal-Cuvillier. El COFP es del 20%.

5.3.3. **Metodología Europea (Cost Benefit Analysis 2014-2020)**

La metodología europea retoma los mismos principios que la metodología francesa, con una evaluación de los balances de los actores. Los balances de los actores son relativamente distintos:

- No hay los actores de presión pública que consideran las variaciones de las tasas, y todas las externalidades se consideran en un solo balance.
- La Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) se mantiene como un elemento a tener en cuenta en la metodología europea, aunque ya no se utiliza en las últimas versiones de la metodología francesa.

Para mantener una base de comparación entre las dos metodologías, las variaciones de las tasas, que se calculan en la normativa francesa, se consideran también en la normativa europea.

5.3.3.1. Diferencias entre la metodología europea y la metodología francesa

La metodología europea y la consideración de los valores de referencia españoles implican algunas modificaciones que impactan los balances socio-económicos de los distintos actores concernidos por el proyecto.

Cambio de la tasa de actualización

La tasa de actualización utilizada es del 3% en lugar del 4,5% en Francia.

Balance de inversiones

El COFP del 20% se suprime, se aplica en su lugar un coeficiente de precios sombra de 0,71 sobre las inversiones.

Valores de referencia de los efectos externos

Los valores de referencia de los efectos externos se muestran en relación al número de viajeros.kilómetro por modo y por toneladas.km.

Valor del tiempo

Los valores del tiempo considerados también son diferentes para esta normativa.

Valor residual

El valor residual del proyecto se calcula considerando los beneficios del proyecto durante los 30 años siguientes a la finalización de la evaluación del periodo de evaluación.

5.4. Résultats socio-économiques, méthode française

En nous conformant aux hypothèses et méthodes présentées, nous avons réalisé les bilans socio-économiques des sept scénarios selon la méthode Royal-Cuvillier, utilisée en France.

5.4. Resultados socio-económicos, metodología francesa

Siguiendo las hipótesis y métodos presentados, se han realizado los balances socio-económicos de los siete escenarios según la metodología Royal-Cuvillier, usada en Francia.

	Scénarios Ouest			Scénarios Est			
	D2	D3	E5	J10	K10	K13	Q18
Bilan usagers / Balance de Usuarios	181	239	575	432	417	507	417
partie voyageurs / parte viajeros	116,7	171,2	490,9	322,0	307,7	391,0	306,8
partie fret / parte mercancías	64,7	68,1	83,8	110,5	109,5	115,9	110,5
Bilan transporteurs / Balance transportistas	-138	-89	385	526	469	671	537
partie voyageurs / parte viajeros	-176,3	-162,9	113,6	83,5	14,8	145,8	111,9
partie fret / parte mercancías	37,9	73,9	271,5	442,2	454,6	525,0	425,1
Bilan GI ferroviaire / Balance GI ferroviarios	-582	-535	-438	-462	-454	-458	-707
partie voyageurs / parte viajeros	80,3	77,8	66,5	67,8	83,1	65,1	67,8
partie fret / parte mercancías	-118,1	-113,7	-90,1	-67,2	-66,2	-57,6	-68,9
couts fixe / costes fijos	-543,9	-499,0	-414,3	-462,2	-471,2	-465,3	-705,6
Bilan GI routier / Balance GI viarios	-188	-198	-249	-226	-224	-237	-220
partie voyageurs / parte viajeros	-81,7	-91,7	-143,0	-120,2	-117,7	-131,1	-113,8
partie fret / parte mercancías	-106,1	-106,1	-106,1	-106,1	-106,1	-106,1	-106,1
Puissance publique / Presión pública	174	186	259	228	224	243	221
partie voyageurs / parte viajeros	146,9	158,7	232,2	201,0	197,5	216,5	193,6
partie fret / parte mercancías	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9
Bilan Riverains / Balance Residentes	215	223	267	262	259	274	258
partie voyageurs / parte viajeros	39,5	46,4	81,4	66,5	62,4	73,9	62,3
partie fret / parte mercancías	175,1	176,8	186,0	196,0	196,2	199,6	195,4
activité voyageurs / actividad viajeros	125	199	842	620	548	761	629
activité fret / actividad mercancías	80	126	372	602	615	704	583
COFP	-980	-928	-909	-852	-962	-908	-1 428
Valeur résiduelle / Valor del negocio	175	210	435	485	526	541	457
Investissement / Inversión	-4 901	-4 642	-4 543	-4 261	-4 811	-4 538	-7 138
VAN	-6 044	-5 534	-4 218	-3 867	-4 556	-3 905	-7 603

Tabla 8: Balances socio-eco, metodología Royal-Cuvillier

Tableau 8: Bilans socio-éco, méthodologie Royal-Cuvillier

(Source : Elaboration propre) / (Fuente: Elaboración propia)

Quatre alternatives présentent une VAN négatif supérieure à -5.000 M€ : les scénarios E5, J10, K10 et K13. Ce sont également les seuls scénarios avec une VAN meilleure que le montant actualisé des investissements. Notre analyse sépare les résultats de l'activité de transport de voyageurs de l'activité fret afin de rendre compte de la pertinence ou non de faire une ligne mixte. Les couts fixes du gestionnaire d'infrastructure ferroviaire correspondent aux surcouts de maintenance et d'entretien de la ligne nouvelle qui ne peuvent être affectée à aucune des deux activités en particulier.

Los escenarios que presentan un VAN (Valor Actual Neto) negativo superior a -5.000 M€ son E5, J10, K10 y K13. Además son los únicos escenarios con un VAN mejor que el total actualizado de las inversiones. Este análisis separa los resultados de la actividad de transporte de viajeros de la actividad de mercancías, para poder observar el interés de que la línea sea para tráfico mixto o únicamente para mercancías. Los costes fijos del gestor de la infraestructura ferroviaria corresponden a los sobrecostes de mantenimiento de la nueva línea que no pueden atribuirse directamente a una de las dos alternativas de tráfico.

Pour toutes les alternatives, le bilan voyageurs est positif, ce qui confirme le fait que l'option mixte apparaît plus profitable qu'un projet qui serait uniquement dédié au fret. Ce projet mixte apparaît aussi plus intéressant pour les différentes régions. Nous proposons de retenir l'option de trafic mixte.

5.5. Résultats socio-économique, méthode européenne

En nous conformant aux hypothèses et méthodes présentées dans le chapitre corpus d'hypothèses de ce rapport, nous avons réalisé les bilans socio-économiques des sept scénarios avec la méthode européenne et les valeurs tutélaires utilisées en Espagne.

Para todos los corredores, el balance de viajeros es positivo, lo que confirma que la opción mixta es más rentable que un proyecto dedicado únicamente al tráfico de mercancías. Este proyecto mixto es también más interesante para las regiones. Se propone retener la opción de tráfico mixto.

5.5. Resultados socio-económicos, metodología europea

Conforme a las hipótesis y metodología presentadas en el capítulo corpus de hipótesis en este informe, se han realizado los balances socio-económicos de los siete escenarios con la metodología europea y los valores de referencia considerados en España.

	Scénarios Ouest			Scénarios Est			
	D2	D3	E5	J10	K10	K13	Q18
Bilan Utilisateurs / Balance Usuarios	922	1 088	2 027	1 796	1 751	2 020	1 769
<i>voyageurs / viajeros</i>	445,5	586,0	1 405,9	962,1	925,1	1 145,0	935,4
<i>marchandises / mercancías</i>	476,2	502,2	620,9	833,4	825,8	874,7	833,8
Bilan Producteur de transport / Balance Productores	-1 105	-992	-299	-67	-131	117	-355
<i>Transporteurs ferroviaires / Transportistas ferroviarios</i>	-190,0	-173,5	193,9	153,4	64,7	236,1	191,6
<i>GI ferroviaires voyageurs / GI ferroviarios viajeros</i>	103,0	99,9	85,4	87,0	106,6	83,6	86,9
<i>GI routiers / GI viarios</i>	-108,6	-121,8	-190,2	-159,8	-156,5	-174,2	-151,3
<i>Transporteurs fret / Transportistas mercancías</i>	78,8	128,2	395,5	662,6	675,1	772,9	642,5
<i>GI ferroviaires fret / GI ferroviarios mercancías</i>	-151,3	-145,2	-113,2	-77,9	-77,0	-65,1	-79,8
<i>GI routiers fret / GI viarios mercancías</i>	-139,0	-139,0	-139,0	-139,0	-139,0	-139,0	-139,0
<i>Coûts fixes GI ferroviaire / Costes fijos GI ferroviarios</i>	-698,0	-640,4	-531,7	-593,2	-604,6	-597,1	-905,4
Externalités / Externalidades	1 173	1 191	1 273	1 336	1 332	1 364	1 355
<i>externalités voyageurs / externalidades viajeros</i>	218,0	227,6	272,1	268,8	266,8	283,2	287,0
<i>externalités marchandises / externalidades mercancías</i>	954,6	963,1	1 001,4	1 067,6	1 065,2	1 080,8	1 067,7
Puissance Publique / Presión pública	-169	-171	-162	-164	-164	-162	-163
<i>Puissance publique voyageurs / Presión pública viajeros</i>	53,5	51,9	60,8	58,8	58,5	60,7	60,2
<i>Puissance publique fret / Presión pública mercancías</i>	-223,0	-223,0	-223,0	-223,0	-223,0	-223,0	-223,0
<i>activité voyageurs / actividad viajeros</i>	521,5	670,1	1 828,0	1 370,3	1 265,2	1 634,3	1 409,9
<i>activité fret / actividad mercancías</i>	996,4	1 086,2	1 542,6	2 123,8	2 126,9	2 301,4	2 102,1
Valeur résiduelle / Valor del negocio	552	646	1 179	1 359	1 321	1 506	1 316
Investissement / Inversion	-3 720	-3 536	-3 466	-3 025	-3 416	-3 222	-5 068
VAN	-2 348	-1 774	551	1 235	692	1 623	-1 146
TRI	0,6%	1,2%	3,5%	4,0%	3,5%	4,2%	2,4%

Tabla 9: Balances socio-eco, metodología europea

Tableau 9: Bilans socio-éco, méthodologie européenne

(Source : Elaboration propre) / (Fuente: Elaboración propia)

Avec la méthode européenne, les bilans sont meilleurs et les TRI sont même positifs pour les sept corridors.

La hiérarchie des bilans est cependant inchangée par rapport à la méthode française, avec toujours les scénarios E5, J10, K10 et K13 présentant les meilleures VAN et les scénarios D2 et D3 qui apparaissent être les moins performants.

Con la metodología europea, los balances son bastante mejores que con la metodología Royal-Cuvillier, y las TIR son positivas para los siete corredores.

La jerarquización de los balances no ha cambiado en relación a la metodología francesa, los escenarios E5, J10, K10 y K13 presentan el VAN más favorable y los escenarios D2 y D3 que son los más desfavorables.

5.5.1. Analyse des différences entre la méthode française et la méthode européenne

La prise en compte de valeurs tutélaires différentes, la prise en compte d'un taux d'actualisation différent et une approche différente de la valeur des fonds publics créent d'importantes différences entre les deux méthodes d'évaluation.

Le bilan bien plus positif des usagers est principalement lié à la plus grande valeur du temps utilisée en Espagne.

Les bilans des transporteurs, des gestionnaires d'infrastructure et de la puissance publiques (pour le fret et les voyageurs) sont uniquement affectés par le changement du taux d'actualisation.

Le bilan des tiers est bien plus positif avec la méthode européenne, et est aussi moins contrasté entre les différents corridors pour la partie voyageurs. Les meilleurs bilans s'expliquent par des valeurs tutélaires des effets externes plus favorables au mode ferroviaire par rapport au mode routier. Le lissage des bilans tiers voyageurs entre les scénarios est lié au fait que le calcul des bilans tiers est ici uniquement proportionnel au nombre de voyageurs.km et de tonnes.km parcourus par les modes routiers et ferroviaires. Alors que la méthode française se rapporte plutôt aux véhicules.km. Avec cette vision centrée sur les voyageurs, on considère ainsi que 1000 voyageurs.km en train ont toujours le même impact sur l'environnement, qu'ils soient réalisés par 1 ou 2 trains. La variation du nombre de voyageurs.km est plus faible entre les différents scénarios que celle du trafic voyageurs, ce qui explique ce lissage des bilans tiers réalisé avec la méthode européenne.

Pour les chargeurs fret, le bilan européen est bien plus positif car la valeur du temps de la tonne est plus importante que pour la méthode française.

Enfin l'approche européenne des fonds publics est très différente de la méthode française :

- En France on considère l'argent public comme plus rare que l'argent privé, on lui applique donc un coefficient de majoration, le COFP, de 20 %.
- Dans la méthode européenne, on considère au contraire que le public pourra plus facilement financer certains travaux, de par sa position d'acteur important et ses économies sur les taxes, on applique donc un coefficient dit « de prix fantôme », qui est de 0,71 en Espagne pour les investissements.

Cette différence d'approche permet de fortement minimiser le poids des investissements de départ sur les résultats socio-économiques.

5.5.1. Análisis de las diferencias entre la metodología francesa y la metodología europea

La consideración de los valores de referencia distintos, la consideración de una tasa de actualización distinta y una aproximación distinta del valor de los fondos públicos crean importantes diferencias entre los dos métodos de evaluación.

El balance de viajeros más positivo en la metodología europea es debido a un valor del tiempo superior en España.

Los balances de los transportistas, gestores de la infraestructura y la presión pública (para las mercancías y los viajeros) se encuentran únicamente afectados por el cambio de las tasas de actualización.

El balance de terceros es también más favorable con la metodología europea, y además menos contrastado entre los diferentes corredores para los viajeros. Los mejores resultados de los balances se explican por los valores de referencia de los efectos externos, que son más favorables al modo ferroviario. Las variaciones débiles de los balances de terceros de viajeros se vinculan al hecho que el cálculo, de los balances de terceros, es únicamente proporcional al número de viajeros.km y de toneladas.km recorridos por los modos viario y ferroviario. Mientras que la metodología francesa se refiere más a los vehículos.km. Con esta visión, centrada sobre los viajeros, se considera que 1000 viajeros.km en tren tienen el mismo impacto sobre el medioambiente, ya sean realizados en 1 o 2 trenes. La variación del número de viajeros.km es más débil entre los distintos escenarios que la del tráfico de viajeros, explicando estas pequeñas variaciones de los balances a terceros con la metodología europea.

Para los cargadores de mercancías, el balance europeo es más positivo a pesar que el valor del tiempo de la tonelada es más importante que en la metodología francesa.

La metodología europea es muy diferente a la francesa en relación a los fondos públicos:

- En Francia se considera el dinero público más escaso que el dinero privado, por lo que se le aplica un coeficiente de mayoración del 20%.
- En la metodología europea, se considera que el sector público podrá financiar más fácilmente ciertos trabajos, por su posición de actor importante y sus economías sobre las tasas, por lo que se aplica un coeficiente de "precio sombra", que es alrededor de 0,71 para las inversiones en España.

Esta diferencia permite reducir de forma notable el peso de las inversiones iniciales sobre los resultados socio-económicos.

6. Analyse multicritère

La prise de décisions sur la base d'une analyse multicritère est un outil très utilisé dans les modèles de décision, pour évaluer, ordonner, classer, sélectionner et refuser différentes alternatives étudiées. Cette analyse est basée sur l'évaluation de chacun des critères d'analyse et l'assignation d'un poids sur l'ensemble des critères considérés dans l'analyse. Finalement, nous obtenons une matrice ou tableau de valorisation à partir des éléments analysés en phase 2 et 3 pour chacune des alternatives retenues.

Les critères considérés pour cette analyse multicritère sont les suivants:

- Critère technique ;
- Critère environnemental ;
- Critère fonctionnel ;
- Critère socio-économique ;
- Critère de contexte territorial.

6.1. Critère technique

Sur ce critère nous avons considéré les différents aspects en relation avec les tracés des corridors, et nous pondérons ces critères pour obtenir une note finale qui sera introduite directement dans l'analyse multicritère.

Les aspects considérés sont les suivants :

- Pourcentage de ligne droite, en plan ;
- Longueur des zones possibles pour les PCVE ;
- Risque géologique et géotechnique ;
- Risque hydrogéologique ;
- Longueur de tunnel ;
- Longueur de viaduc ;
- Intersections avec des réseaux spéciaux (lignes électriques haute tension et oléoducs).

CORREDOR / CORRIDOR	D-2	D-3	E-5	J-10	K-10	K-13	Q-18	Poids critère/ Peso criterio
LONG EN RECTA/LONG RECTILIGNE	5,00	6,85	7,33	8,43	10,00	9,77	9,84	1
PAET/PCVE	6,93	8,26	5,50	10,00	8,18	7,16	5,00	1
RIESGO GEOLÓGICO/RISQUE GÉOLOGIQUE	10,00	8,75	8,75	5,00	5,31	8,44	5,94	1
RIESGO HIDROGEOLÓGICO/RISQUE HYDROGEOLOGIQUE	10,00	7,50	10,00	10,00	5,00	5,00	5,00	1
LONG EN TUNEL/LONG TUNNEL	10,00	9,75	9,21	9,41	7,74	8,04	5,00	2
LONG EN VIADUCTO/LONG VIADUC	8,67	9,95	10,00	7,11	8,13	8,78	5,00	1
INTERSECCION CON SSAA / INTERSECCION AVEC LES RS	5,71	5,00	10,00	5,00	5,00	5,00	8,57	1
NOTA MEDIA / NOTE MOYENNE	8,29	8,23	8,75	8,05	7,14	7,53	6,17	

Tabla 10: Puntuación total comparativa de corredores

Tableau 10: Ponctuation totale comparative des corridors

(Source : Elaboration propre) / (Fuente: Elaboración propia)

6. Análisis multicriterio

La toma de decisiones con un análisis multicriterio es una herramienta utilizada en los modelos de decisión, para evaluar, ordenar, jerarquizar, seleccionar y rechazar distintas alternativas. Este análisis se basa en una evaluación de cada uno de los criterios del análisis y la posterior asignación de un peso en el conjunto de criterios considerados para el análisis. Finalmente se obtiene una matriz o tabla de valoración a partir de los elementos analizados en la fase 2 y 3 para cada alternativa retenida.

Los criterios considerados en este análisis multicriterio son los siguientes:

- Criterio técnico;
- Criterio medioambiental;
- Criterio funcional;
- Criterio socio-económico;
- Criterio de contexto territorial.

6.1. Criterio técnico

En este criterio se han considerado los distintos aspectos en relación a los trazados de los corredores, y también se han valorado sus pesos, para obtener las puntuaciones del criterio técnico que se introducen en el análisis multicriterio directamente.

Los aspectos valorados son los siguientes:

- Porcentaje de tramos en recta, en planta;
- Longitud de posibles zonas de PAET;
- Riesgo geológico y geotécnico;
- Riesgo hidrogeológico;
- Longitud de túnel;
- Longitud de viaducto;
- Intersecciones con servicios afectados especiales (líneas eléctricas de alta tensión y oleoductos).

Les corridors de l'ouest (D-2, D-3 et E-5) ont des meilleures notes, de ce point de vue technique, que les corridors de l'est (J-10, K-10, K-13 et Q-18). Cependant le corridor J-10 est très proche de la note des corridors D-2 et D-3.

6.2. Critère environnemental

La valorisation retenue pour les impacts environnementaux est celle qui prend en compte l'occupation des terrains au plus proche de l'occupation de la voie à savoir les impacts dans un corridor de 150 mètres de largeur.

Los corredores del oeste (D-2, D-3 y E-5) tienen mejores puntuaciones, desde el punto de vista técnico, que los corredores del este (J-10, K-10, K13 y Q-18). Aunque el corredor J-10 se posiciona muy cerca de la puntuación tanto de D-2 como de D-3.

6.2. Criterio medioambiental

La valoración más representativa de los impactos medioambientales es la que considera la ocupación de terrenos más próxima a la ocupación real de la vía. Se utilizan los resultados obtenidos para los impactos medioambientales del corredor de 150 m de ancho.

Fuseau 150 m / Huso 150 m		
Corredor / Corridor	Valor del estudio / Score étude	Puntuación / Note
D2	41.402.447	3,58
D3	18.683.742	9,05
E5	29.125.924	6,53
J10	14.731.116	10,00
K10	30.651.653	6,17
K13	29.967.263	6,33
Q18	56.246.159	0,00

Tabla 11: Valoración medioambiental

Tableau 11: Valorisation environnementaux

(Source : Elaboration propre) / (Fuente: Elaboración propia)

6.3. Critère fonctionnel

Les points valorisés du point de vue fonctionnel sont :

- La longueur maximale des rampes de 14‰, liée à la quantité maximale tractée par une locomotive fret.
- Les distances entre PCVE et gares, directement liées aux conditions d'exploitation et à la possibilité de dépassement des trains lents par des trains plus rapides.

6.3. Criterio funcional

Los aspectos funcionales valorados son:

- Longitud máxima de rampas de 14‰, vinculada al tonelaje máximo remolcado por una locomotora de mercancías.
- Distancia entre PAET y estaciones, vinculado directamente a las condiciones de explotación y la posibilidad de adelantamiento de los trenes rápidos.

Corredor / Corridor	Puntuación rampas / Note rampes	Puntuación espaciamiento entre PAET / Note espacement entre PCVE	Puntuación funcional / Note fonctionnelle
D-2	9,00	8,01	8,51
D-3	9,00	8,30	8,65
E-5	10,00	6,93	8,46
J-10	6,00	10,00	8,00
K-10	7,00	9,88	8,44
K-13	7,00	8,85	7,92
Q-18	5,00	5,00	5,00

Tabla 12: Valoración funcional

Tableau 12: Valorisation fonctionnelle

(Source : Elaboration propre) / (Fuente: Elaboración propia)

6.4. Critère socio-économique

Les bilans socio-économiques, constituent la base de la valorisation de ce critère en fonction des principaux indicateurs de rentabilité et valeurs actualisées des différents corridors.

Le taux de rentabilité interne (TRI) n'est pas un élément significatif de tous les corridors, parce que certains scénarios n'atteignent pas un TRI positif (spécialement sur la méthodologie Royal Cuvillier). La valeur actualisée nette (VAN) est donc considérée comme représentative de chaque scénario, qu'elle soit positive ou négative, et a donc été retenue comme critère pour la comparaison des différents corridors.

Le critère socio-économique cumule les deux méthodologies d'évaluation. Ci-après, nous explicitons la ponctuation des corridors pour chaque méthodologie en fonction de la VAN obtenue :

CORREDOR/ CORRIDOR	Ponctuation / Puntuación		Ponctuation finale socio-eco/ Puntuación final socio-eco
	Royal Cuvillier	Europe	
D-2	4,48	0,00	2,24
D-3	5,55	1,30	3,43
E-5	9,17	7,51	8,34
J-10	10,00	5,81	7,91
K-10	8,02	7,63	7,82
K-13	9,89	10,00	9,95
Q-18	0,00	2,93	1,46

Tabla 13: Puntuación final socio-eco por corredor

Tableau 13: Ponctuation finale socio-éco par corridor

(Source : Elaboration propre) / (Fuente: Elaboración propia)

Sur la note globale de ce critère, le corridor K-13 est le plus favorable, et le Q-18 est le moins intéressant. Avec K-13, les corridors E-5, J-10 et K-10 sont les seuls corridors qui sont cotés au-dessus de 5/10, et dans ces 3 cas la note totale est supérieure à 7,5 /10.

6.5. Critère de contexte territorial

Ce critère considère les aspects analysés dans le cadre de l'étude de contexte territorial 2015 IDOM – ARCADIS, antérieure à cette étude, qui décrit et analyse le contexte social, politique et économique du corridor et retrace la perception de ce corridor par le territoire. Cette étude apporte une vision complémentaire des différents contextes des corridors qui ne sont pas considérés dans les autres critères et vient donc compléter l'analyse multicritère.

La note a été assignée par le GEIE NAFGCT en collaboration avec IDOM – ARCADIS en fonction des conclusions de cette étude de contexte territoriale 2015 et sont transmis à la UTE :

6.4. Criterio socio-económico

Los balances socio-económicos, representan la base de la valoración de este criterio en función de los principales indicadores de rentabilidad y los valores actualizados de los distintos corredores.

La tasa interna de rentabilidad (TIR) no supone un elemento representativo de la realidad de todos los corredores, debido a que algunos escenarios no alcanzan una TIR positiva (especialmente con la metodología Royal Cuvillier). El valor actual neto (VAN) se considera como representativo de cada escenario para cada escenario, ya sea positivo o negativo, por consiguiente se retiene este criterio para la comparación de los distintos corredores.

Este criterio socio-económico acumula ambas metodologías de evaluación. Seguidamente se muestra la puntuación de los distintos corredores para cada metodología en función del VAN obtenido:

En esta valoración global del criterio socio-económico se destaca el corredor K-13 como el más favorable y el Q-18 el que menos. Los corredores E-5, J-10 y K-10 son los únicos que obtienen, junto con K-13, una puntuación para este criterio superior a 5/10, en los cuatro casos se sitúan por encima de 7,5/10.

6.5. Criterio de contexto territorial

Este criterio considera los aspectos que se han analizado en el estudio de contexto territorial 2015 IDOM – ARCADIS, precedente a este estudio, que describe y analiza el contexto social, político y económico del proyecto que refleja la percepción de proyecto por el territorio. Este estudio aporta una visión complementaria de los distintos contextos del proyecto que no se han considerado en los otros criterios y completan el análisis multicriterio.

La puntuación ha sido asignada por la AEIE TGC-P en colaboración con IDOM – ARCADIS en función de las conclusiones que muestra el estudio de contexto territorial 2015 y se han transmitido a la UTE.

CORREDOR/ CORRIDOR	Ponctuation/ Puntuación
D-2	10,00
D-3	10,00
E-5	0,00
J-10	5,00
K-10	5,00
K-13	0,00
Q-18	1,24

Figura 12: Puntuación del contexto territorial

Figure 12: Ponctuation du contexte territorial

(Source : Elaboration propre) / (Fuente: Elaboración propia)

6.6. Poids des critères

L'assignation des poids de chaque critère est réalisée en fonction de son importance dans le processus de prise de décisions pour le choix des alternatives, et ceci en accord avec le GEIE NAFGCT :

6.6. Pesos de los criterios

La asignación de pesos para cada criterio se ha realizado en función de la importancia considerada de cada aspecto en el proceso de toma de decisiones para la selección de alternativas, de acuerdo con la AEIE TGC-P:

Critères / Criterios	Poids / Peso	D2	D3	E5	J10	K10	K13	Q18	
Valorisation technique / Valorización técnica	16,67%	8,04	8,01	8,70	7,90	7,05	7,44	6,33	
Valorisation environnementaux / Valorización medioambiental	16,67%	3,58	9,05	6,53	10,00	6,17	6,33	0,00	
Valorisation fonctionnelle / Valorización funcional	16,67%	9,01	8,65	7,97	8,50	7,94	7,93	5,00	
Valorisation du bilan socio-eco / Valorización del balance socio-eco	Royal Cuvillier	20,00%	4,48	5,55	9,17	10,00	8,02	9,89	0,00
	Europe	20,00%	0,00	1,30	7,51	5,81	7,63	10,00	2,93
Valorisation du contexte territoriale / Valorización del contexto territorial	10,00%	10,00	10,00	0,00	5,00	5,00	0,00	1,24	
Valorisation totale / Valorización total	100,00%	5,33	6,66	7,20	8,06	7,16	7,59	2,60	

Tabla 14: Resultados del análisis multicriterio

Tableau 14: Résultats de l'analyse multicritère

(Source : Elaboration propre) / (Fuente: Elaboración propia)

Les scénarios ayant les meilleures notes selon les critères et les pondérations considérés pour cette analyse multicritère sont les corridors centraux. Les prochaines études sur le sujet du nouvel axe ferroviaire à grande capacité transpyrénéen devraient donc être poursuivies en prenant en compte en priorité les scénarios avec les notes plus favorables de cette analyse qui prend en compte tous les éléments considérés dans la présente étude de corridors.

Los escenarios con una mejor nota, según los criterios y puntuaciones consideradas para este análisis multicriterio, son los corredores centrales. Los siguientes estudios sobre la travesía de gran capacidad de los Pirineos deberían continuar considerando los corredores con las mejores notas de este análisis multicriterio que considera todos los elementos del estudio de corredores.