

Rapport d'étude

Transport et Gaz à effet de serre (GES)

Analyse des outils et méthodes utilisés pour quantifier les émissions de GES dans les projets d'infrastructures selon les différents modes de transport



Page laissée blanche intentionnellement

Sommaire

1 – <u>Contexte</u>	6
2 - <u>Périmètre de l'étude</u>	6
3 – <u>Méthodes</u>	9
4 - <u>Résultats obtenus</u>	13
5 - <u>Sensibilité</u>	19
6 - <u>Pistes d'harmonisation et limites</u>	19
7 - <u>Propositions de suite à la présente étude</u>	22
<u>Sigles et abréviations</u>	23
<u>Glossaire</u>	25
<u>Annexes</u>	28
<u>Annexe 1 : Qu'est-ce qu'un bilan des émissions de GES ?</u>	29
<u>Annexe 2 : Fiche d'étude (PCI EPPT)</u>	30

Introduction

La présente étude établit une analyse comparative des outils et méthodes utilisés pour l'élaboration des bilans d'émissions de GES (ou bilans carbone) de 4 projets d'infrastructures de transport nouvelles relevant de 4 modes différents (route, fer, fluvial et aérien) et de différents stades d'avancement d'opération.

Après une présentation du périmètre de l'étude et des opérations sélectionnées, la grille d'analyse élaborée est décrite, puis les résultats obtenus sont synthétisés et commentés.

Le rapport aborde ensuite la sensibilité des résultats à l'évolution des hypothèses prises en compte, avant de dresser des pistes d'harmonisation et les limites d'utilisation des bilans GES, et de proposer enfin des suites à la présente étude.

Préambule

Le Pôle de Compétence et d'Innovation sur l'évaluation des projets et politiques de transport (PCI EPPT) , qui associe les CETE du Sud-Ouest et de l'Ouest, a pour vocation de contribuer d'un point de vue méthodologique à l'évolution souhaitée par la DGITM et le CGDD des référentiels et instructions cadre du Ministère.

Son protocole a été signé en septembre 2010 entre les 6 parties prenantes : DGITM, CGDD (SEEIDD et DRI), Séttra (CSTM/DEOST), CETE du Sud Ouest, CETE de l'Ouest.

En lien avec les démarches exploratoires portées par la recherche et l'innovation sur le thème de l'évaluation, le PCI contribue également à identifier les futurs champs de développement pour les méthodes d'évaluation et de concertation.

La présente étude est rattachée au volet « évaluation des impacts environnementaux des transports » du programme d'action 2011 du PCI.

Elle vise à définir des propositions en vue d'assurer une comparabilité globale des évaluations des émissions de gaz à effet de serre (GES) sur l'ensemble des phases fonctionnelles pour les différents modes de transport entre eux. Notamment sur les hypothèses prises en compte et partant, à garantir la cohérence des choix d'investissement dans le cadre de la mise en place de la politique des transports.

Ces évaluations d'émissions de GES (ou bilans carbone des projets d'infrastructures) ressortent des impacts environnementaux des projets sur le changement climatique. Il est nécessaire de préciser que les études d'évaluation environnementale des infrastructures doivent bien entendu également aborder les impacts environnementaux sur la « consommation de ressources énergétiques » et sur « l'épuisement des ressources ».

1 - Contexte

Depuis 2007, le Grenelle Environnement a permis d'engager un processus de concertation avec toutes les parties concernées par les problématiques environnementales : Etat, ONG, collectivités locales, syndicats et entreprises. Une consultation a été réalisée et 268 engagements ont été portés par le Président de la République. Par la suite, 34 comités opérationnels ont été mis en place pour proposer des actions concrètes pour mettre en œuvre ces engagements. Puis, le Grenelle a été décliné en 2 lois : la loi Grenelle 1 en 2009 et la loi Grenelle 2 en 2010.

Aujourd'hui, le Grenelle Environnement se traduit par des réalisations concrètes partout sur le territoire français dans tous les secteurs d'activités.

Pour les transports, un objectif de réduction de 20 % d'ici 2020 des émissions actuelles de l'ensemble des transports est retenu. Il se décline notamment par la recherche d'une cohérence d'ensemble pour les infrastructures de transport et l'engagement n° 13 : « créer un observatoire des transports associant les parties prenantes pour évaluer les émissions selon une méthodologie commune et permettre ensuite l'affichage obligatoire des émissions de gaz à effet de serre des commandes et prestations de transport. Réaliser des éco-comparateurs. Les promouvoir à l'échelon européen. »

L'Observatoire « Énergie – Environnement des Transports » (OEET) a été créé en 2007 et a entamé des travaux notamment dans le cadre de la commission technique « infrastructures » (note méthodologique OEET – avril 2011), centrés sur l'analyse du cycle de vie (ACV) des ouvrages et sur le périmètre fonctionnel « construction – entretien/exploitation – fin de vie/déconstruction ou réhabilitation ».

La présente démarche s'inscrit en complément du travail mené par le Sétra pour l'OEET, dans le cadre de l'évaluation énergie-environnement des infrastructures de transport, et a pour objectif d'étendre l'approche précitée à la phase utilisation des infrastructures et de procéder à l'évaluation des émissions de GES sur la durée d'exploitation de l'infrastructure.

2 - Périmètre de l'étude

Le Pôle de Compétence et d'Innovation sur l'évaluation des projets et politiques de transport (PCI EPPT) , qui associe les CETE du Sud-Ouest et de l'Ouest, a été chargé par le Sétra de procéder à une évaluation des outils et méthodes pour quantifier les émissions de gaz à effet de serre dans le cadre des projets d'infrastructures nouvelles, quel que soit le mode de transport. L'analyse porte sur les outils, méthodes, périmètres et hypothèses prises en compte.

Cette approche doit permettre de dégager des pistes d'harmonisation pour garantir la cohérence des choix d'investissement dans la mise en place de la politique des transports.

La fiche d'étude validée par le Comité Technique du PCI en date du 26 avril 2011 est jointe en annexe 2.

2.1 - Sélection des opérations

La sélection a consisté à repérer pour chaque mode de transport, une opération ayant fait l'objet d'une quantification des émissions de gaz à effet de serre. Ces bilans GES sont pour l'instant assez rares dans le domaine des infrastructures de transport, et certaines données demeurent confidentielles.

2.2 - Pour le mode routier

Les recherches ont porté sur le projet d'autoroute A54, « contournement autoroutier au droit d'Arles » dont la maîtrise d'ouvrage est assurée par la DREAL / SMO PACA, et pour lequel le CETE Méditerranée a réalisé en 2008/2009 un Bilan Carbone®. De plus, ce travail a été complété par un rapport méthodologique établi en 2010 par le CETE Méditerranée pour le compte du Séttra (« bilan carbone® du contournement d'Arles » en projet).

Des contacts ont également été pris, mais sans obtenir de données concrètes exploitables, avec notamment :

- la société Cofiroute pour le bilan carbone® de son réseau, réalisé en 2007 et actualisé chaque année ;
- la société ASF pour A89 Balbigny / La Tour de Salvagny ;
- l'ASFA (association des sociétés françaises d'autoroutes) pour un outil en cours de développement en concertation avec l'ensemble des sociétés d'autoroutes.

2.2.1 - Pour le mode ferroviaire

Le 1^{er} Bilan Carbone® ferroviaire global réalisé a porté sur la LGV Rhin-Rhône (Branche Est).

Des recherches complémentaires ont été menées vers la LGV Poitiers-Limoges, mais à ce jour, aucun autre Bilan Carbone® ferroviaire n'a été réalisé.

2.2.2 - Pour le mode fluvial

Le projet de canal Seine-Nord Europe a fait l'objet d'une approche de type Bilan Carbone®.

Aucun rapport d'étude ni données précises sur les hypothèses prises en compte, incertitudes et données utilisées ou résultats détaillés du bilan énergie-carbone réalisé pour ce projet n'ont pu être obtenus en raison du contexte de dialogue compétitif en cours pour la dévolution de la concession du canal Seine-Nord Europe, et de la confidentialité des informations mise en avant par VNF. Lancé en avril 2011, le dialogue compétitif devait aboutir à la signature du contrat (Partenariat Public Privé) avec un démarrage des travaux à l'automne 2012, pour une mise en service du canal prévue en 2017. Compte tenu du très large dépassement du coût initial (4,3 milliards d'euros courants en 2009), une mission d'analyse de la faisabilité financière du projet a été confiée au CGEDD. Suite aux conclusions rendues en mars 2013 par cette mission, mettant notamment en lumière une importante dérive des coûts ainsi qu'une sur-estimation des recettes de péages dans un contexte de crise économique, le ministre délégué en charge des Transports a décidé :

- l'arrêt de la procédure de dévolution du contrat de partenariat ;
- la remise à plat du dossier dans ses aspects techniques, en installant à cet effet une mission de reconfiguration ;
- la reconfiguration du projet qui pourra être présenté dès le premier semestre 2014 à la Commission européenne afin de pouvoir bénéficier de financements européens qui pourraient atteindre 30% du coût d'investissement du projet.

S'agissant des données recueillies dans le cadre de la présente étude, outre le support de la présentation de ce bilan énergie-carbone effectuée dans le cadre de la commission technique Infrastructures de l'OEET (réunion du 9 octobre 2009), quelques informations partielles et/ou qualitatives ont toutefois pu être recueillies. Ces informations ont été récoltées à partir de la grille d'analyse des outils et méthodes bâtie dans le cadre de la présente étude (cf. ci-après), avec quelques compléments obtenus par échanges téléphoniques auprès de la mission Seine Nord Europe de VNF.

Une analyse complémentaire a porté sur l'outil EVE : éco-calculateur de Voies Navigables de France – VNF, outil qui permet de calculer le bilan CO₂, énergétique et lié aux coûts externes d'un projet de logistique dans l'optique d'un report modal de la route vers la voie d'eau.

3 - Méthodes

3.1 - Présentation de la grille d'analyse

Afin d'analyser les différents outils et méthodes utilisés pour quantifier les émissions de gaz à effet de serre des infrastructures, la grille d'analyse suivante a été bâtie et se décompose comme suit en thèmes et critères d'évaluation :

3.1.1 - Stade de l'étude

- phase d'étude et date d'élaboration (étude d'impact, étude préalable, consultation des concessionnaires, chantier/réalisation...);
- prévision de mise en service ;
- ampleur et coût de l'opération : description très succincte avec longueur linéaire par exemple.

3.1.2 - Périmètre structure : unités fonctionnelles et éléments constitutifs

- infrastructure : description succincte sur localisation, projet (linéaire, type de travaux,...) ;
- **unité fonctionnelle complémentaire : travaux connexes de type rétablissement de circulation, raccordement, ...**

3.1.3 - Périmètre fonctionnel : processus liés aux étapes de vie

- conception : prise en compte ou non de la phase étude, et son coût (réel/estimé, forfaitaire) ;
- construction : travaux préparatoires, production et transport des matériaux, mise en œuvre, décomposition de chaque phase de chantier, chaque poste... ;
- exploitation/entretien : activités liées à l'entretien courant permanent et petites réparations (fauchage, signalisation horizontale, verticale, de police, glissières, assainissement, ouvrages d'art...), aux travaux d'entretien préventifs (renouvellement de chaussée, ...), à l'exploitation (patrouillage, viabilité hivernale, intervention d'urgence,...), les consommables (énergie – EDF, groupes électrogènes, eau,...) sur la durée de vie de l'ouvrage, y compris les déplacements du personnel ;
- La question se pose également pour les autres acteurs intervenants sur le périmètre du projet, tels que les forces de l'ordre, les secours, les services de dépannage ... ;
- utilisation : prise en compte des données de trafic/circulation/mouvement sur la durée de référence prise en compte ;
- fin de vie / reconversion : déchets, recyclage, ...

3.1.4 - Périmètre temporel : processus liés aux étapes de vie

- durée de service / éléments constitutifs : indication de la durée de service / utilisation de l'ouvrage et de chaque élément constitutif (exemple : une voie ferrée et le matériel roulant n'ont pas la même durée de service) ;
- durée de référence : période de calcul.

3.1.5 - Méthode de calcul

- outils utilisés pour réaliser les estimations d'émissions (avec éventuellement la version) et l'organisme ayant réalisé les calculs ;
- adaptations apportées et données spécifiques : renseignements complémentaires justifiant des adaptations éventuelles réalisées aux différentes méthodes « reconnues » et notamment utilisation de facteurs d'émissions spécifiques.

3.1.6 -Hypothèses

- trajets liés aux différentes phases de l'ouvrage (utilisation, construction, exploitation) : décomposition des éléments pris en compte dans les calculs pour chaque phase ;
- fabrication et maintenance des véhicules dédiés à l'infrastructure ;
- déchets de fin de vie de l'ouvrage et de chaque élément constitutif ;
- énergies utilisées et facteurs d'émissions : descriptif de toutes les énergies utilisées et des facteurs d'émissions correspondant, tout particulièrement pour l'électricité où des valeurs très variables peuvent être utilisées, valeurs tutélaires / émissions élémentaires : références et sources des valeurs utilisées par phase ;
- matériels (parcs et progrès technologiques) : référence, méthode de projection, validation des données utilisées,...
- type d'approche menée pour la phase utilisation : relative (infrastructure projetée seule) ou absolue (réseau d'infrastructures) ;
- analyse des hypothèses : gravité, incertitude, sensibilité
- au regard des incertitudes annoncées, de celles pressenties, des données manquantes... ;
- sensibilité au contenu CO2 de l'électricité (très variable selon l'origine de la production électrique) ;
- sensibilité aux choix des matériaux ;
- trafics pour la phase utilisation :
- horizons pris en compte ;
- prise en compte des reports d'un mode vers un autre, d'un axe vers un autre,...
- périmètre de calcul des émissions : du « puits à la roue » ou du « réservoir à la roue »
- les « non-émissions » (émissions évitées) : il s'agit des gains obtenus par rapport à la situation « sans projet » (scénario « zéro ») ; ces gains peuvent résulter notamment des reports modaux ou encore des caractéristiques du projet permettant une massification ou améliorant la configuration ou capacité des infrastructures existantes.

3.1.7 -Principaux résultats (quantification)

Les principaux résultats décrits sont les suivants :

- conception ;
- construction ;
- exploitation / entretien ;
- utilisation ;
- fin de vie (non traitée car jamais rencontrée) ;
- total ;
- « non-émissions ».

3.1.8 -Observations – difficultés rencontrées

Il s'agit des observations ou difficultés rencontrées par le maître d'ouvrage dans la réalisation du bilan carbone de son opération.

3.2 - Méthodologie selon l'Observatoire « Energie - Environnement des Transports » (OEET)

Pour l'évaluation "énergie – environnement" des infrastructures de transports, l'OEET recommande d'utiliser la méthodologie d'Analyse de Cycle de Vie, et de considérer les impacts environnementaux de l'ensemble des étapes du cycle de vie des différentes infrastructures considérées.

Le tableau ci-après, extrait des travaux conduits par la commission technique infrastructures de l'OEET et produit ici pour information, détaille les différentes sources d'impacts directs et indirects prises en compte dans le périmètre de l'évaluation énergie-environnement des infrastructures, avec une décomposition selon les différentes étapes du cycle de vie de l'ouvrage.

Afin de couvrir l'ensemble des étapes du cycle de vie et de disposer d'une évaluation complète des différentes infrastructures considérées (évaluation de type « cradle-to-grave »), ce tableau est à compléter avec la phase « utilisation de l'infrastructure de transport ».

Certains bilans environnementaux évaluent les impacts liés à l'usage des infrastructures, et il est constaté alors que la part relative des émissions imputables aux usagers est généralement prépondérante dans l'évaluation des impacts environnementaux (au moins en termes d'énergie et de GES).

Dans le cadre d'un comparatif global de prestations de transport ou des infrastructures de transport entre elles, cette étape « utilisation de l'infrastructure de transport » du cycle de vie est à intégrer dans le périmètre fonctionnel et ce, sur la durée de référence prise en compte. Cette évaluation doit cependant être révisée régulièrement, compte tenu de l'évolution des trafics (trafics réels et hypothèses d'évolution à moyen et long termes, incluant notamment les reports modaux) et de l'évolution des parcs de véhicules de transport, en y associant une analyse de sensibilité.– source : note méthodologique OEET « Évaluation énergie-environnement des infrastructures de transport » (avril 2011 ; p. 21).

Par ailleurs, s'agissant du mode routier, il apparaît que les émissions liées à la consommation des véhicules sont largement prépondérantes par rapport à celles liées à la fabrication de ceux-ci (ces dernières représentent entre 6 et 13 % des premières selon le PTAC du véhicule – source : guide ADEME des facteurs d'émissions – version 6.1 (juin 2010) – facteurs d'émissions moyens par véhicule.km routier).

Afin d'assurer l'équité des comparaisons entre infrastructures de différentes natures, il apparaît donc nécessaire de prendre en compte ou d'exclure de manière homogène les émissions liées à la fabrication et à la maintenance des véhicules liés à l'usage des infrastructures de transport (source : note méthodologique OEET « Évaluation énergie-environnement des infrastructures de transport » (avril 2011) – point 19).

Etapes du cycle de vie	Sources d'impacts directs (prises en compte dans le périmètre de l'évaluation énergie – environnement des infrastructures)	Sources d'impacts indirects (non prises en compte)
Construction des tronçons linéaires	Extraction - élaboration - fabrication des matériaux mis en œuvre et engins de chantier	Perturbation de la fluidité du trafic (neutralisation de voie) ou allongement de trajet (déviation) : impacts sur les émissions des véhicules Perturbations induites des flux : impacts économiques, impacts sociaux, reports modaux, etc. Transports domicile-travail
Construction des ouvrages d'art	Transport des matériaux sur le chantier	
Construction des bâtiments (gare de péage, gare ferroviaire, centre de maintenance, etc.)	Mise en œuvre des matériaux (carburant et autres consommations d'énergie) Traitement des déchets issus du chantier Déplacements professionnels	
Exploitation	Extraction - élaboration - fabrication des matériaux mis en œuvre et engins de chantier Consommations d'énergie des bâtiments Consommation électrique des équipements Consommations des engins et autres matériels d'entretien Traitement des déchets Déplacements professionnels	
Fin de vie <i>démolition ou réhabilitation</i>	Extraction - élaboration - fabrication des matériaux mis en œuvre et engins de chantier (cas de rénovation) Mise en œuvre ou démolition (carburant et autres consommations d'énergie) Traitement des déchets	

Tableau 1 : principales sources d'impacts directs et indirects

Extrait rapport sur la méthodologie d'évaluation énergie-environnement des infrastructures de transport (OEET/commission technique infrastructures – avril 2011)

4 - Résultats obtenus

4.1 - Synthèse des résultats tous modes

La synthèse des éléments collectés figure dans le « tableau de synthèse comparative » joint en annexe 3. La lecture transversale de ces résultats amène les commentaires suivants en 1ère analyse :

4.1.1 - Stade de l'étude

Les quantifications des émissions de GES des projets d'infrastructures de transport peuvent être réalisées à différents stades d'avancement des opérations :

- étude d'opportunité (dossier d'études d'opportunité, de saisine de la CNDP, de débat public) ;
- études préalables (dossier d'études préalables, d'enquête publique – dont études d'impact) ;
- mise au point de l'avant-projet, conception détaillée ;
- procédure de mise en concession (cahier des charges et offres des concurrents concessionnaires) ;
- appels d'offres pour la réalisation travaux (cahier des charges et offres des entreprises concurrentes) ;
- phase travaux (actualisation des bilans et suivi du respect des engagements pris par l'entreprise) ;
- phase exploitation (actualisation des bilans et suivi du respect des engagements pris par l'exploitant).

4.1.2 - Périmètre structurel : unités fonctionnelles et éléments constitutifs

Pour les infrastructures de type linéaire (route, réseau ferré, canal), l'infrastructure elle-même est parfaitement décrite et prise en compte, ainsi que les travaux nécessaires à son intégration dans le réseau existant – raccordement, rétablissement de voirie, etc.

Par contre, pour les unités fonctionnelles complémentaires, l'exhaustivité semble très rarement atteinte.

Ainsi, les bâtiments annexes, la construction des « éléments mobiles » - véhicules et engins d'exploitation, etc. - et certains matériels spécifiques ne sont pas systématiquement pris en compte.

Pour les infrastructures aéroportuaires, dans le dossier analysé (offres des entreprises dans le cadre de la dévolution de la concession de l'aéroport de Notre Dame des Landes), les réponses n'abordent pas les mêmes périmètres.

4.1.3 - Périmètre fonctionnel : processus liés aux étapes de vie

La conception est prise en compte dans un seul dossier (LGV Rhin-Rhône – 1^{er} bilan Carbone[®] ferroviaire global – ADEME-RFF-SNCF - 09/2009) et de façon forfaitaire (facteur d'émission issu de la méthode Bilan Carbone[®] – 110 teqCO₂/million d'euros de budget d'études).

Pour la construction, de nombreux manques ont été relevés. Les matériaux entrants pour les « gros travaux » - terrassement, structure, etc. - sont en général bien pris en compte. Par contre, l'approvisionnement pour les équipements annexes, voire la consommation des engins de terrassement, ne l'est pas systématiquement.

Les effets indirects sur les réseaux d'infrastructures terrestres existants (perturbation durant les travaux, allongement de parcours, congestion,...) ne sont considérés dans aucun des cas analysés.

Pour l'exploitation/entretien, les travaux de maintenance et de renouvellement de l'infrastructure elle-même sont pris en compte, mais pas ou peu les travaux de petit entretien, les interventions d'urgence, la consommation des équipements, les déplacements du personnel, ...

Pour l'utilisation, le trafic et le matériel sont relativement bien identifiés, à l'exception du cas analysé d'infrastructure aéroportuaire, où ils sont totalement exclus conformément au cahier des charges établi par la DGAC pour la dévolution de la concession (exclusion des déplacements des personnels, des passagers et des mouvements d'avions ; périmètre limité aux infrastructures et bâtiments correspondant aux éléments concédés).

En outre,

- pour le mode routier, ne sont pas pris en compte les effets liés au report de trafic de l'ancien réseau vers le projet (effet positif du projet sur le réseau annexe) ;
- pour le mode ferroviaire et le mode fluvial, ne sont pas prises en compte les phases de pré et post-acheminement des voyageurs et/ou des marchandises.

Enfin, s'agissant de la phase « fin de vie/reconversion », les émissions liées à cette dernière étape du cycle de vie (démolition ou réhabilitation, traitement des déchets,...) ne sont pas abordées dans les cas analysés.

4.1.4 -Périmètre temporal : processus liés aux étapes de vie

Les durées de service peuvent être très variables selon les éléments constitutifs du projet, quel que soit le mode de transport. Les durées de référence prises en compte pour les calculs de bilans GES dans les cas analysés sont reliées soit à la durée de concession de l'ouvrage (en moyenne 30 ans pour les autoroutes et 55 ans pour l'aéroport étudié), ou bien à la durée d'amortissement retenue (30 ans pour les rames de TGV, alors que d'autres éléments constitutifs pour le ferroviaire ont des durées d'amortissement de 50 ans), ou enfin sont arbitrairement prises égales à 50 ans. Pour le canal Seine-Nord Europe, la durée de référence prise est égale à 50 ans, mais la durée de vie du canal est considérée comme supérieure à 100 ans.

4.1.5 -Méthode de calcul

Toutes les approches font référence au Bilan Carbone® de l'ADEME. Cependant, elles sont souvent complétées par des approches spécifiques propres à chaque mode de transport.

Ainsi, pour le mode routier, il est fait recours à des outils basés sur la méthodologie européenne COPERT qui permet de quantifier les émissions de la circulation en fonction du trafic, de la vitesse de circulation et des caractéristiques des véhicules. Cette spécificité fait entrer une incohérence de méthode : seules les émissions liées à l'utilisation des véhicules automobiles sont considérées, excluant, les phases de production des carburants (extraction du pétrole, raffinage, transport) et de fabrication des véhicules (conception, fabrication des pièces, montage, acheminement, services, entretien...) ainsi que la fin de vie des véhicules (recyclage).

Les hypothèses prises en compte pour le parc automobile roulant sont issues des travaux de l'IFSTTAR (ex-INRETS), extrapolés pour atteindre l'horizon considéré (la composition du parc roulant a été actualisée en 2012 mais ne couvre que la période 1980-2030).

Dans le cas analysé pour le mode aérien, des éco-comparateurs développés par les acteurs professionnels ont été utilisés en complément, pour quantifier les émissions liées à la construction et à l'entretien des pistes et voiries de l'infrastructure aéroportuaire (outil « Gaïa » / EUROVIA et outil OMEGA TP / FNTP).

Des facteurs d'émissions spécifiques pour certains matériaux se substituent parfois à ceux de la méthode Bilan Carbone® (estimés par le prestataire au cas par cas, à partir de sources de données extérieures, quand ceux du BC sont jugés moins précis).

D'autres facteurs d'émissions basés sur des ratios issus d'études spécifiques telles que le rapport Deloitte / ADEME (2007), évaluant les efficacités énergétiques et émissions spécifiques de différents modes de transport à partir des données de l'année 2005 en France, ou le rapport VNF / ADEME (2006), évaluant les émissions du parc français de bateaux fluviaux, sont également utilisés.

4.1.6 -Hypothèses

Les trajets liés aux différentes étapes de vie du projet (construction, utilisation, exploitation) ne sont pas pris en compte de façon exhaustive, voire sont exclus dans le cas de l'aéroport pour les phases exploitation et utilisation, conformément au cahier des charges DGAC pour la concession (exclusion des déplacements des personnels, des passagers et des mouvements d'avions).

La fabrication de véhicules dédiés à l'infrastructure n'est prise en compte que pour le mode ferroviaire (construction des 30 rames TGV supplémentaires suite à la mise en service de la nouvelle LGV, représentant 95.000 teqCO₂ soit environ 1% des émissions de la phase construction et 0,5 % des émissions totales sur 30 ans) ; il en est de même pour la maintenance de ces véhicules (évaluée à hauteur de 24.000 teqCO₂ pour les rames TGV sur une durée de 30 ans représentant environ 50% des émissions de la phase exploitation/entretien, et 1,3% des émissions totales sur 30 ans). RFF justifie cette approche par le choix d'appréhender de la façon la plus complète possible les phases du cycle de vie concernées, et d'innover par la précision des résultats en vue de concevoir un outil de référence spécifique.

La gestion des déchets, en fin de vie de l'infrastructure, n'est pas considérée dans les cas analysés.

Les énergies utilisées et les facteurs d'émissions sont principalement issus du Bilan Carbone® ou d'études spécifiques (recherche de facteurs d'émissions spécifiques de matériels ou matériaux). Des questions se posent sur le contenu CO₂ de l'électricité : en fonction de sa provenance réelle, la valeur du facteur d'émission peut varier dans des proportions de l'ordre de 1 à 10 voire plus.

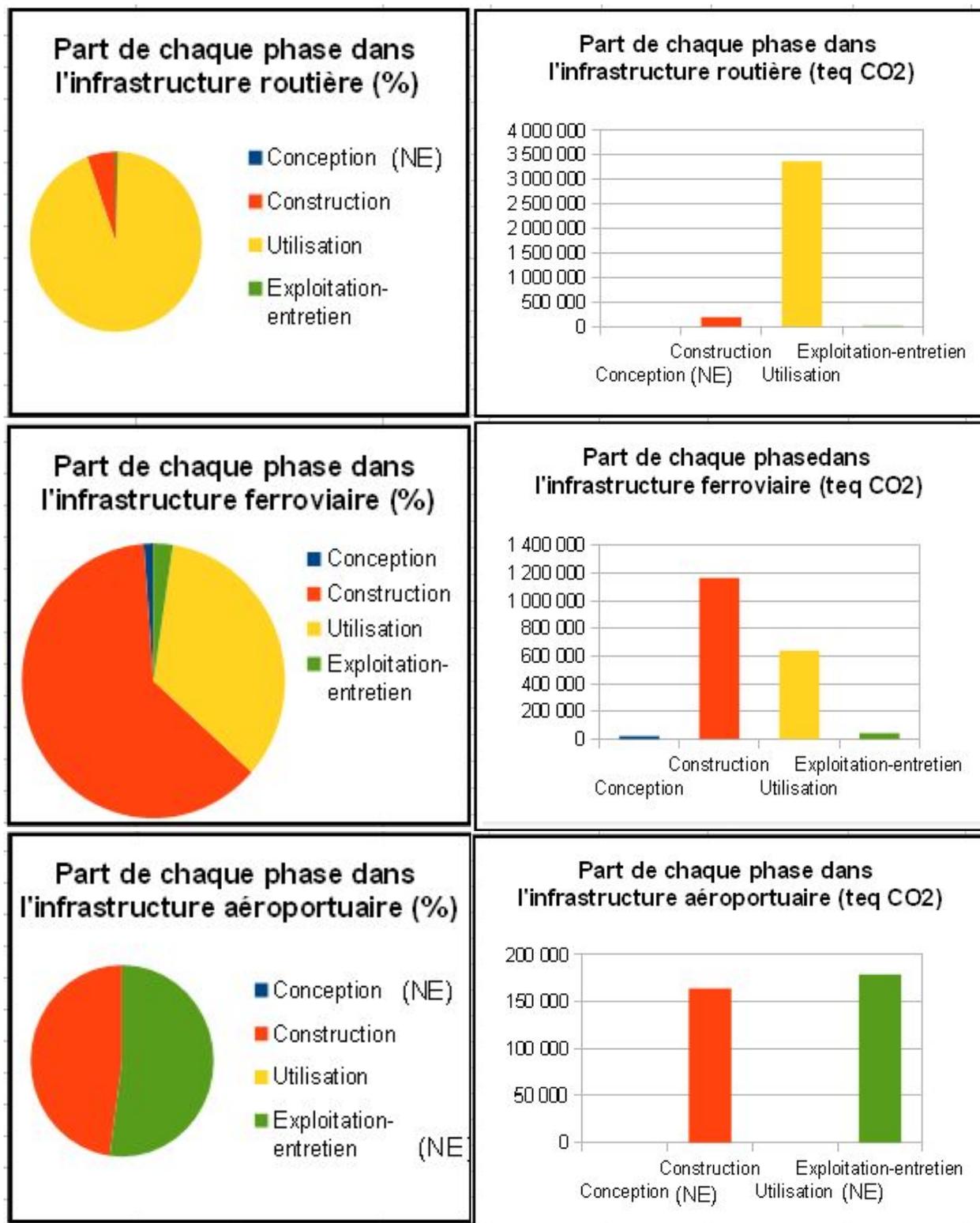
4.2 - Synthèse des résultats tous modes

Phases	Critères d'évaluation	Infrastructure routière	Infrastructure ferroviaire	Infrastructure fluviale	Infrastructure aéroportuaire
	Longueur de l'infrastructure	26 km	140 km	106 km	2 pistes : 2.900 m et 2.750 m
	Durée de référence retenue	30 ans	30 ans	50 ans	55 ans
Conception	Total en teqCO ₂	Non évalué	22 000 teqCO ₂	Non évalué	Non évalué
	Part de la phase dans le total (%)		1%		
Construction	Total en teqCO ₂	194 000	1 166 000	600 000 à 1 000 000	164 000
	Part de la phase dans le total (%)	6%	42%	Non évalué	Non évalué
	Émissions sur 30 ans en teqCO ₂ /km	7 500	8 000		
	Emissions sur 50 ans en teqCO ₂ /km	8 700	Non évalué	5 000 à 10000	
Exploitation/entretien	Total en teqCO ₂	15 850	44 000 teqCO ₂ (maintenance rame et lignes)	Non communiqué	Entretien : 67 000 Exploitation : 112 000
	Part de la phase dans le total (%)	0,40%	4%		Non évalué
	Émissions sur 30 ans en teqCO ₂ /km	610	310		
Utilisation	Total en teqCO ₂	3 375 000	641000 (dont 6 000 fonctionnement des gares nouvelles et 635 000 énergie traction pour 30 rames)	Non communiqué	Non évalué
	Part de la phase dans le total (%)	94%	53%		
	Émissions sur 30 ans en teqCO ₂ /km	130 000	4 600		
Total	Total en teqCO ₂	3 584 850	1 873 000 (940 000 avec amortissements infrastructure et bâtiments ramenés à 30 ans)	Non communiqué	343 000
	Émissions sur 30 ans en teqCO ₂ /km	138 000	7 000		Non évalué
Émissions évitées	Total en teqCO ₂	Non évaluées	3 895 000 (reports de trafic route et air-fer sur 30 ans)	Non communiqué	Non évalué
	Émissions évitées en teqCO ₂ /an		130 000		En 2020 : 217 000 En 2050 : 550 000 A pleine capacité : 950 000

Répartition et poids des émissions GES par phase

A l'exception du cas d'infrastructure fluviale pour lequel seules les émissions de la phase construction ont pu être recueillies (sous forme de fourchette de valeurs), la répartition des émissions par phase pour les 3 autres cas analysés (durée de référence 30 ans pour les infrastructures routière et ferroviaire et 55 ans pour l'infrastructure aéroportuaire) est représentée dans les graphes suivants pour les phases évaluées :

NE : émissions non évaluées pour cette phase



Les éléments de résultats sont difficilement comparables, notamment parce que les périmètres pris en compte sont très différents (et que les bilans GES n'ont pas pour finalité de réaliser ce type de comparaison).

Les documents analysés et les données qui ont pu être recueillies dans le cadre de la présente étude ne sont pas homogènes et ne permettent pas de comparer de façon suffisamment fiable les résultats entre les différents modes. De plus, les limites propres aux méthodes utilisées et rappelées ci-après au chapitre 6 (périmètres retenus, incertitudes sur les données, hypothèses prises en compte, méthodes de calcul, etc.) rendent délicate la réalisation de comparaisons chiffrées des différents modes.

S'agissant des documents de communication sur les bilans GES, l'objectif est bien de mettre en évidence les gains obtenus, éventuellement pour les phases les plus « économes » ou « favorables » au projet. Ainsi, souvent orientés vers une « promotion » du mode ou projet considéré, ces documents peuvent ne pas être totalement objectifs.

Observations – difficultés rencontrées par le maître d'ouvrage

Le maître d'ouvrage dispose rarement d'une vision globale du projet, incluant toutes les phases de la conception, réalisation et exploitation/utilisation.

Les méthodes d'évaluation sont peu détaillées et ne permettent pas toujours d'apprécier la pertinence des éléments pris en compte (effet de « boîte noire »).

L'accent peut être mis sur un point favorable (exemple : gain lié au report modal) tout en occultant les points moins bénéfiques. La neutralité et l'exhaustivité restent difficiles à obtenir, tout comme la transparence sur les données et le détail des calculs effectués ou méthodes appliquées.

5 - Sensibilité

La pertinence des résultats dépend directement des données initiales et des hypothèses d'évolution retenues.

L'exercice de quantification des émissions de GES liées à un projet d'infrastructure nécessite de le décomposer en phases, afin de détailler le plus finement possible les différentes étapes (de la conception à l'utilisation, mais également la réalisation et l'entretien/maintenance) et tous ses éléments constitutifs. Sont ainsi obtenues des « données d'activités ».

Les quantifications sont généralement réalisées en multipliant des données d'activités par des facteurs d'émissions. Or, ces facteurs d'émissions sont en constante évolution. Aujourd'hui, la Base Carbone[®] est souvent considérée comme la référence. Cependant, basée sur des valeurs moyennes, elle ne reflète pas toujours de façon appropriée le contexte considéré. En cours de refonte, son actualisation devrait être plus régulière.

L'option d'utiliser les valeurs de la Base Carbone[®] est généralement retenue quand elles sont favorables au projet, et l'option de calcul d'un facteur spécifique est recherchée (recherche bibliographique, prise en compte de facteurs issus d'études et de mesures spécifiques, de programmes de recherche, de territoires étrangers selon l'origine des matériaux ou matériels concernés, des modes de fabrication, d'acheminement, etc.) lorsque la valeur est estimée pénalisante.

Le facteur d'émission lié à l'utilisation du kWh électrique en est un bon exemple : estimé à 40 gCO₂/kWh¹ en usage de base transports en France (note ADEME du 14 janvier 2005), alors que les émissions de CO₂ de l'électricité varient très largement selon les moyens de production utilisés et les fluctuations de la demande en énergie en lien avec les critères climatiques saisonniers. Ce facteur d'émission correspond à une moyenne annuelle sur l'ensemble des moyens de production France ; il peut aller jusqu'à 900 g CO₂/kWh pour la production par une centrale à charbon. En outre, depuis la libéralisation de l'achat de l'électricité en France, beaucoup de grandes entreprises ne s'approvisionnent plus auprès du fournisseur historique.

Enfin, la prospective sur les évolutions et avancées technologiques, tant sur les matériaux utilisés que sur leur mise en œuvre, ou encore sur les véhicules de transport, reste très approximative et présente une marge d'incertitude importante à l'horizon d'étude considéré (durées de référence de 30 ans et plus).

6 - Pistes d'harmonisation et limites

Afin d'assurer l'équité des comparaisons des projets d'infrastructures de transport, et notamment de différents modes de transport, les périmètres pris en compte doivent être de même nature et homogènes. Afin de pouvoir progresser dans cette voie une approche normative semble indispensable ; la note méthodologique de l'OEET constitue une première approche à cet effet mais reste à poursuivre et développer dans le cadre des politiques de lutte contre le changement climatique et des transports et plus globalement, de la mise en œuvre de la transition écologique.

Ainsi, il semble nécessaire de définir un périmètre global qui pourrait être décliné comme suit :

- **périmètre structurel** : l'ouvrage principal et tous les éléments complémentaires (équipements annexes, raccordements, matériels spécifiques,...) ;
- **périmètre temporel** : compte tenu des spécificités des infrastructures, il est recommandé de privilégier la notion de « **durée de référence** ». Cette durée de référence doit prendre en compte tous les flux de référence des opérations associées au maintien de la fonction initiale de l'infrastructure, c'est-à-dire le gros entretien et le renouvellement des éléments constitutifs (y compris infrastructures annexes, bâtiments, matériels et équipements) en tenant compte des durées de service ou d'amortissement respectifs.

¹ Unité gCO₂/kWh (gramme équivalent CO₂ par kilowatt-heure) : facteur d'émission du kWh : [potentiel de réchauffement global](#) (PRG) d'un kWh calculé par équivalence avec une quantité de CO₂ qui aurait le même PRG

Pour permettre la comparaison des différents modes de transports, il est proposé de retenir une durée de référence de 50 ans, qui, sans être commune aujourd'hui à tous les modes, représente un bon compromis ;

- **périmètre fonctionnel** : il est décomposé en 5 phases (ou étapes de vie) comme suit :
 1. **conception** : elle devrait être prise en compte de façon systématique. En l'absence de données précises, elle peut faire l'objet d'une estimation forfaitaire par référence à la méthode Bilan Carbone® .
 2. **construction** : pour être le plus exhaustif possible, il est nécessaire de recourir à une approche détaillée de la construction, en décomposant chaque phase de travaux :
 - préparation ;
 - terrassement (y compris destruction des puits de carbone : boisements, prairies, sols naturels,...) ;
 - approvisionnement en matériaux, y compris leur extraction, leur fabrication,... et surtout leur transport ;
 - mise en œuvre ;
 - traitement et élimination des déchets de chantier (incluant leur recyclage et leur valorisation) ;
 - déplacements professionnels ;
 - déplacements des personnels (domicile-travail).
 3. **exploitation / entretien** : tous les éléments nécessaires au bon fonctionnement de l'ouvrage sur la durée de référence doivent être pris en compte :
 - les travaux de surveillance, maintenance, interventions d'urgence ;
 - tous les renouvellements de matériels et d'éléments de structures ;
 - les consommations énergétiques des équipements annexes (gares, péages, aires de service, éclairage,...) ;
 - les déplacements professionnels ;
 - les déplacements des personnels (domicile-travail) ;
 - le recyclage et la valorisation des déchets.

Ces éléments peuvent être établis par ratio pour l'évaluation ex ante¹ et par enquêtes (données réelles) pour l'évaluation ex post².
 4. **utilisation** : tous les éléments d'utilisation doivent être pris en compte :
 - circulation / trafic sur l'infrastructure elle-même ;
 - les pré et post-acheminements selon le mode de transport considéré ;
 - les différents reports, intra et inter-modaux (en précisant les gains et les pertes et leurs localisations).

Ces éléments peuvent être établis en référence à des ratios par mode (geqCO₂/voy.km ou t.km). Il apparaît important d'afficher les méthodes de calcul utilisées et les hypothèses d'évolution prises en compte, tout particulièrement pour les évolutions technologiques (valeurs, références, sources), qui présentent aujourd'hui une forte part d'incertitude. Cet affichage permettrait une actualisation au fur et à mesure de l'évolution des connaissances.

Les pré et post-acheminements sont des éléments pouvant être difficiles à appréhender. Cependant, il apparaît important de les quantifier pour pouvoir comparer les modes de transport entre eux. En effet, les émissions qu'ils génèrent sont à imputer à la nouvelle infrastructure et non au mode utilisé.

5. **fin de vie / reconversion** : cette étape de vie est rarement considérée, car elle n'intervient a priori qu'à (très) long terme pour une infrastructure de transport (potentiellement sa durée de vie peut être considérée comme « illimitée » avec un entretien régulier et des opérations adaptées de maintenance ou renouvellement des éléments constitutifs). En outre, de nature très complexe, elle nécessite des connaissances spécifiques importantes, et il est probable que des incertitudes importantes y seraient attachées. Bien qu'intéressante pour les éléments constitutifs en tant que levier pour le choix des matériaux, la notion de fin de vie globale n'est pas bien adaptée aux infrastructures, alors que l'approche par durée de référence (cf périmètre temporel), conventionnelle et commune aux différents types d'infrastructures, avec intégration du renouvellement des éléments constitutifs dont la durée de vie est inférieure à la durée de référence ou leur amortissement au prorata lorsque celle-ci est supérieure, est préférable.

L'évolution constante et le progrès des connaissances en matière de quantification (méthodes, facteurs d'émission) nécessite une veille et mise à jour permanente. Ainsi, les facteurs d'émissions utilisés devraient être systématiquement documentés (éléments et mode calcul, origine des matériaux,...), voire intégrés à la Base Carbone ® après un processus de validation.

Les impacts d'un projet d'infrastructure de transport en matière de changement climatique sont de nature globale et ne doivent cependant pas occulter les autres enjeux environnementaux (qualité de l'air, milieux et ressources naturels, paysage, bruit, énergie consommée,...). Ainsi, la recherche de la solution optimale en terme d'émissions de GES ne doit pas occulter celle de moindre impact en tenant compte de l'ensemble des paramètres environnementaux (cf. art. 1 de la loi Grenelle 1²).

De plus, des impacts induits en matière d'attractivité des territoires et d'accessibilité devraient être appréhendés, pour parfaire l'approche globale d'un projet d'infrastructure (exemples : création de pôles d'activité, augmentation des déplacements du fait de la nouvelle infrastructure). Cependant, au stade ex ante, les émissions induites par le développement de l'urbanisation imputable au projet dont les zones d'activité (du type ZAC, activités industrielles,...) sont difficilement prévisibles quant à la nature des activités accueillies, et donc aux déplacements ainsi générés, mais également quant aux déplacements évités si leur localisation et leur fonctionnement sont meilleurs que dans le cas d'une implantation sur un autre secteur géographique.

Cette approche dépasse le cadre d'un bilan d'émissions de GES d'infrastructure de transport ; elle correspond plutôt à une approche de bilans d'émissions GES par territoire. Trop complexe pour être incluse dans la présente étude, elle apporterait cependant une information plus complète sur les effets des projets.

² « ...Pour les décisions publiques susceptibles d'avoir une incidence significative sur l'environnement, les procédures de décision seront révisées pour privilégier les solutions respectueuses de l'environnement, en apportant la preuve qu'une décision alternative plus favorable à l'environnement est impossible à un coût raisonnable.. » (extrait article 1 de la loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement).

Il convient également de ne pas perdre de vue les limites de l'utilisation des bilans GES :

→ ces bilans fournissent des ordres de grandeur (imprécision importante, du fait des nombreuses hypothèses, valeurs moyennes, forfaits, projections/prévisions, ...) ; ils servent avant tout, pour le projet concerné, à cerner les postes d'émissions principaux, à comparer entre elles les variantes du même projet, à suivre les postes émissions ou leurs prévisions aux différents stades d'avancement du projet, voire à suivre l'évolution des émissions dans le temps, par des bilans successifs (pour les activités) ;

→ comparer les bilans GES de projets différents (mode de transport, longueur, localisation, année de réalisation, durée, ...) reste très délicat d'autant plus quand la méthode, la version de l'outil et/ou les données utilisées sont différentes.

Enfin, les recommandations émises par l'OEET³ s'agissant de la mise en œuvre systématique d'une revue critique, semblent particulièrement essentielles pour améliorer la fiabilité et stimuler le progrès dans la réalisation des bilans GES :

- *Il est recommandé de réaliser une revue critique, qui doit permettre de garantir :*
 - *que les méthodes utilisées sont cohérentes avec la normalisation et valables d'un point de vue scientifique et technique ;*
 - *que les données utilisées sont appropriées par rapport aux objectifs de l'étude ;*
 - *que les interprétations reflètent les limitations et les objectifs de l'étude ;*
 - *que le rapport d'étude est transparent et cohérent.*
- *La revue critique est réalisée par un expert interne ou externe qui doit être indépendant de l'étude, ou par un comité de parties intéressées. La déclaration de revue, les commentaires de l'expert et les réponses aux recommandations de l'expert doivent être inclus dans le rapport d'étude.*

7 - Propositions de suite à la présente étude

Un recueil des bilans d'émissions de gaz à effets de serre (Bilan Carbone® ou autres méthodes) réalisés pour d'autres projets d'infrastructures de transport pourrait être réalisé. Cet inventaire permettrait de les analyser selon la démarche adoptée dans le cadre de la présente étude pour :

- établir une base de données de référence selon les différents types d'infrastructures, les différentes phases de projet,...
- enrichir éventuellement la grille d'analyse ;
- constituer des ratios au km par type de projet, utilisables dans des démarches similaires (sous réserve de périmètres et hypothèses équivalents), en l'absence de données spécifiques ;
- capitaliser les moyens de réduction d'émissions mis en œuvre (réduction en % par rapport au statu quo), compiler et promouvoir les exemples concrets reproductibles, par mode ;
- assurer une veille méthodologique.

³ Note méthodologique OEET « Évaluation énergie-environnement des infrastructures de transport » (avril 2011) – points 45 et 46).

Sigles et abréviations

ACV	Analyse des Cycles de Vie
ADEME	Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AGO	Aéroport du Grand Ouest
ASF	Autoroutes Sud de France
ASFA	Association des Sociétés Françaises d'Autoroutes
BC	Bilan Carbone®
CGDD	Commissariat Général au Développement Durable
DGITM	Direction Générale des Infrastructures des Transports et de la Mer.
CEREMA	Centre d'Etudes et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement
CETE	Centre d'Études Techniques de l'Équipement
CGEDD	Conseil général de l'Environnement et du Développement durable
CITEPA	Centre Interprofessionnel Technique de la Pollution Atmosphérique
CNDP	Commission Nationale du Débat Public
COPERT	COmputer Program to calculate Emission from Road Transport
CORINAIR	COORDination de l'INformation sur l'environnement dans le domaine de l'AIR
CSTM	Centre des Systèmes de Transport et de Mobilité
DRI	Direction de la Recherche et de l'Innovation
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DEOST	Division de l'Évaluation de l'Organisation des Systèmes de Transport
DGAC	Direction Générale de l'Aviation Civile
EDF	Électricité De France
EPPT	Évaluation des Projets et Politiques de Transport
FE	Facteur d'Emissions de GES
FNTF	Fédération Nationale des Travaux Publics
GES	Gaz à Effet de Serre
IFSTAR	Institut Français des Sciences et Technologies des Transports
INRETS	Institut National de REcherche sur les Transports et leur Sécurité
LTO	Landing and Take Off
LGV	Ligne à Grande Vitesse
MEET	Methodology for Calculating Transport Emissions and Energy Consumption
OACI	Organisation de l'aviation civile internationale
OEET	Observatoire Énergie Environnement Transport
ONG	Organisation Non Gouvernementale
PACA	Provence Alpes Cote d'Azur
PCI	Pôle de Compétences et d'Innovation
PTAC	Poids Total Autorisé en Charge
RFF	Réseau Ferré de France
RTE	Réseau de Transport d'Electricité

SEEIDD	Service de l'Économie, de l'Évaluation et de l'Intégration du Développement Durable
SMO	Service Maîtrise d'Ouvrage
SNCF	Société Nationale des Chemins de Fer
TARMAAC	Calculateur DGAC des émissions de CO ₂
Teq	Tonnes équivalent
TGV	Train à Grande Vitesse
VNF	Voies Navigables de France
ZAC	Zone d'Aménagement Concerté

Glossaire

Base OACI :

L'Organisation de l'aviation civile internationale, est une base certifiée des émissions par type d'avion et type de moteur

CEREMA :

Le Centre d'Etudes et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement est un Etablissement public qui regroupera à partir du 1^{er} janvier 2014 les huit Cete (Centre d'étude techniques de l'équipement) le Certu (Centre d'études sur les réseaux, les transports et les constructions publiques), le Cetmef (Centre d'études de techniques maritimes et fluvial) et le Sétra (Service d'études sur les transports, les routes et leur aménagements).

CORINAIR :

La COOrdination de l'INformation sur l'environnement dans le domaine de l'AIR, est une méthodologie européenne de modélisation pour établir les inventaires d'émissions de polluants atmosphériques

COPERT :

De l'anglais COmputer Program to calculate Emission from Road Transport, c'est une méthodologie européenne permettant le calcul des émissions du transport routier

Evaluation ex ante :

Evaluation réalisée avant la mise en oeuvre du projet ou programme, et qui porte sur l'analyse du contexte à l'origine de ce dernier, sur son contenu, sur les conditions de sa mise en oeuvre et sur les réalisations, résultats et effets attendus.

Evaluation ex post :

Evaluation réalisée après la mise en service de l'infrastructure ou une fois le programme terminé, et qui permet de mesurer le niveau de convergence et/ou de divergence constaté entre les résultats effectivement obtenus et les objectifs initialement fixés

LTO :

De l'anglais Landing and Take Off, c'est un cycle qui recouvre les phases d'approche, de roulage, de décollage et de montée, en dessous de 3000ft (soit 915m).

MEET :

De l'anglais Methodology for cCalculating Transport Emissions and Energy Consumption, c'est une méthodologie européenne de calcul des émissions et consommations énergétiques liées au transport

Périmètre structurel :

Ensemble des éléments constitutifs de l'unité fonctionnelle, dans notre cas des infrastructures de transport considérées (ouvrages d'arts, tronçon linéaire, gares, espaces verts...). Peuvent être pris en compte les travaux connexes de type temporaire liés à la réalisation de l'infrastructure (rétablissement de circulation, raccordement temporaire, etc.);

Unité fonctionnelle :

C'est l'infrastructure considérée dans son ensemble, incluant tous les éléments constitutifs nécessaires au fonctionnement de l'infrastructure et à l'atteinte des caractéristiques de performance (capacité de trafic pour un horizon et une durée prédéfinis) , y compris notamment les intrants et extrants qui y sont liés ;

Périmètre fonctionnel :

Il décrit les processus pris en compte pour les différentes phases du cycle de vie de l'infrastructure (conception, construction, exploitation/entretien, utilisation, fin de vie), notamment les intrants et extrants) ;

Périmètre temporel :

Il comprend la durée de service retenue pour les différents éléments constitutifs de l'unité fonctionnelle définie, et qui peut s'appuyer sur la durée de vie de ces éléments mais aussi sur la durée d'amortissement retenue en vue de leur renouvellement. Ce périmètre englobe aussi la durée de référence globale prise en compte et qui correspond à la période retenue dans le bilan pour le calcul des émissions de l'infrastructure ;

Phase d'études et/ou phase de conception :

Dans cette phase, non incluse dans l'analyse du cycle de vie (ACV), sont pris en compte les émissions issues de la réalisation des études amont (études préliminaires et préalables, concertation ,etc.) ;

Phase de construction :

Cette phase prend en compte les émissions liées à la réalisation des travaux (chantier, transport des matériaux, terrassements, etc.) ;

Phase d'exploitation/entretien :

Sont pris en compte dans cette phase les activités et éléments liés à l'entretien de l'infrastructure (désherbage, entretien chaussée, éclairage, renouvellement des éléments constitutifs dont la durée de vie est atteinte, etc.) ;

Phase d'utilisation :

Cette phase prend en compte les éléments liés à l'utilisation de l'infrastructure (trafic/circulation/mouvement) et les émissions afférentes sur la durée de référence retenue pour l'infrastructure ;

Phase de fin de vie/reconversion/réhabilitation :

Prend en compte les parties recyclables et non recyclables de l'infrastructure, les émissions lors des travaux de démolition (chantier).

TARMAAC :

Calculateur DGAC des émissions de CO₂ de l'aviation, par passager, destination par destination depuis la France : <http://eco-calculateur.aviation-civile.gouv.fr/index.php>

Annexes

Annexe 1 : Qu'est-ce qu'un bilan des émissions de GES ?

Un bilan GES est un diagnostic des émissions de gaz à effet de serre (GES) liées à une activité, au fonctionnement d'un bâtiment, d'une organisation ou d'une infrastructure. Ce bilan fournit un ordre de grandeur des émissions de GES (quantification imprécise), et surtout la répartition des différents postes d'émissions.

A l'origine, le bilan GES n'a pas pour finalité de permettre la comparaison entre différentes organisations, mais constitue un moyen de construire un plan d'action de réduction de l'empreinte carbone (ou GES), et uniquement carbone (GES), de cette organisation.

Le bilan GES permet toutefois de comparer les émissions de GES d'un même objet :

- soit dans le temps (comparaison avant/après et année après année des émissions ; le bilan doit donc être régulièrement actualisé) ;
- soit entre plusieurs solutions ou variantes d'un projet, afin de vérifier la pertinence d'un choix (parmi différents critères). Il peut ainsi être un outil d'aide à la décision, lorsque la comparaison porte sur un même périmètre et avec une même méthode de calcul et un même jeu d'hypothèses.

La quantification des émissions de GES peut être réalisée selon différentes méthodes. En France, l'ADEME a publié en 2004 une méthodologie de quantification des émissions de gaz à effet de serre pour les organisations appelées **Bilan Carbone**[®].

La méthode Bilan Carbone[®] prend en compte l'ensemble des gaz à effet de serre définis par l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Historiquement développée par l'ADEME, la méthode est aujourd'hui reprise par l'Association Bilan Carbone.

En effet, toute activité humaine, quelle qu'elle soit, engendre directement ou indirectement des émissions de GES. Le Bilan Carbone[®] a pour objet principal d'évaluer et de hiérarchiser le poids des émissions de GES, au sein d'un périmètre d'étude donné, afin de dégager des conclusions pratiques et des pistes d'amélioration.

Le Bilan Carbone[®] a pour vocation première de fournir des ordres de grandeur pour les émissions de GES. La méthode Bilan Carbone[®] a été mise au point pour permettre de convertir des données physiques dites d'activité (consommation d'énergie, utilisation et transport de matériaux,...) en émissions de GES estimées grâce à des facteurs d'émissions.

Les émissions de GES sont exprimées en tonne équivalent CO₂ (teqCO₂) comme suit :

Émissions de GES (teqCO₂) = données d'activité (kWh, tonnes, km,...) * facteur d'émission correspondant.

La Base Carbone[®] est une base de données publiques contenant un ensemble de facteurs d'émissions.

Annexe 2 : Fiche d'étude (PCI EPPT)

Évaluation des outils et méthodes utilisés pour quantifier les émissions de GES dans les projets d'infrastructures selon les différents modes de transport

La démarche s'inscrit en complément du travail mené par le Sétra pour l'OEET (Observatoire Énergie-Environnement des Transports) dans le cadre de l'évaluation énergie-environnement des infrastructures de transport (note méthodologique OEET– avril 2011), et qui est centré sur l'analyse du cycle de vie des ouvrages et sur le périmètre fonctionnel « construction - entretien/exploitation - fin de vie/déconstruction ou réhabilitation ».

La présente action a pour objectif d'étendre l'approche précitée à la phase d'utilisation des infrastructures, et de procéder à l'évaluation des émissions de GES sur la durée d'exploitation de l'infrastructure.

Méthodologie et programme de travail

- Sélection des projets d'infrastructures à analyser en fonction des modes de transport et des éléments disponibles
- Élaboration d'une grille d'analyse commune
- Analyse des outils et méthodes utilisés, des entrants (valeurs tutélaires, périmètres fonctionnel et temporel, hypothèses sur l'usage, niveaux de précision,...)
- Comparaison des hypothèses prises en compte en fonction du mode de transport
- Approche sur la sensibilité des résultats à l'évolution des hypothèses retenues dans l'étude (par mode de transport)
- Évaluation suivant les modes de transport des parts respectives des émissions des grandes phases fonctionnelles du cycle de vie de l'infrastructure (construction, exploitation/entretien, usage)
- Approche sur les pistes d'harmonisation des évaluations pour garantir la cohérence des choix d'investissement dans la mise en place de la politique des transports

Sélection des dossiers

- Présélection des projets proposée :
 - TGV Est (ex-post)
 - Projets autoroutiers : A 54 (études préalables APS) et/ou Réseau COFIROUTE (ex-post)
 - Canal Seine-Nord (études préalables)
 - Aéroport NDDL (études préalables/AO concessionnaires)
- Validation de la pertinence de la sélection par consultation des maîtres d'ouvrage DIT, RFF, VNF après identification des contacts pour recueil des dossiers d'études et échanges techniques (nécessité sans doute d'un courrier DIT mandatant les CETE)
- Répartition des dossiers à analyser entre les deux CETE

Analyse préalable des outils et méthodes utilisés

- Identification et analyse des outils et méthodes utilisés, et leurs déclinaisons sur les projets retenus

Comparaison des hypothèses prises en compte

- Définition d'une grille de lecture commune par rapport aux hypothèses prises en compte
- Comparaison des hypothèses prises en compte et méthodes utilisées : construction, exploitation, maintenance, utilisation (trafics supportés, matériels, énergie utilisée, ..) et éventuelle déconstruction, approche relative ou approche absolue par rapport à l'utilisation de la seule infrastructure projetée ou sur réseau d'infrastructures concerné par le projet, méthodes de calcul , valeurs tutélaires pour les émissions élémentaires.

Parmi les hypothèses à examiner seront ainsi notamment analysés les périmètres des effets pris en compte dans l'évaluation (référence, durée d'exploitation, approche plus ou moins globale , chaîne de l'énergie, des matériaux...).

Évaluation de la sensibilité des résultats à l'évolution des hypothèses

L'analyse sera réalisée à partir des dossiers d'études des Maîtres d'Ouvrage afin d'identifier la sensibilité des quantifications des émissions de GES obtenues au regard de l'évolution des hypothèses prises en compte. Cette analyse sera réalisée par grandes phases fonctionnelles du cycle de vie de l'infrastructure. Elle permettra aussi de répartir par grands postes, le volume des émissions et d'en donner la part relative.

Propositions de pistes d'harmonisation de l'évaluation pour garantir la cohérence des choix dans le cadre de la politique des transports,

- Propositions de pistes de progrès pour homogénéiser les approches relatives à la quantification des émissions de GES suivant les différents modes de transport en incluant les émissions liées à l'usage de l'infrastructure.

Il s'agit de définir des propositions en vue d'assurer une comparabilité globale des évaluations des émissions sur l'ensemble des phases fonctionnelles pour tous les modes de transport entre eux, sur les hypothèses prises en compte et partant, de garantir la cohérence des choix d'investissement dans le cadre de la mise en place de la politique des transports.

Livrables

- Résultats synthétisés des analyses sur les calculs réalisés par les maîtres d'ouvrage sur les projets sélectionnés, complétés par les tests de sensibilité aux variations d'hypothèses
- Rapport d'étude
- Proposition des pistes pour la mise en cohérence des approches pour les quantifications des émissions de GES

Annexe 3 : Tableau de synthèse comparative

**GRILLE D'EVALUATION DES OUTILS ET METHODES UTILISEES
POUR QUANTIFIER LES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE DES
INFRASTRUCTURES**

4 grands types infrastructures ont été analysés : infrastructures routière, ferroviaire, fluviale, aéroportuaire. L'analyse a été effectuée à des stades d'avancement différents selon le projet considéré (études préalables, DUP, mise en concession, travaux).

	Critères d'évaluation	Infrastructure routière : A54	Infrastructure ferroviaire : LGV Rhin-Rhône (Branche Est)	Infrastructure fluviale : Canal Seine-Nord-Europe	Infrastructure aéroportuaire : aéroport Notre-Dame-des-Landes
Stade d'étude	Phase d'étude et date d'élaboration Prévision mise en service, ampleur et coût de l'opération	Étude d'impact (enquête préalable DUP) – 2009 Coût : non indiqué 26 km (13,5 en tracé neuf et 12,5 en aménagement sur place) Coût : non indiqué	Travaux – 2009 (chantier ouvert en 2006, mise en service prévue fin 2011) 140 km LGV – Coût 2010 : 2.300 M€	Etudes préalables (avant-projet) – 2008 (mise en service prévue en 2017) 106 km de canal – Coût : 4.300 M€ (2009)	Consultation des concessionnaires (Avant-projet) – 2009 (mise en service prévue en 2017) 2 pistes/A 380 – 2.900m et 2.750m, 1.650 ha – Coût : 556 M€
Périmètre structurel (unités fonctionnelles et éléments constitutifs)	Infrastructure	Tronçon linéaire assurant la continuité autoroutière au droit d'Arles, entre les BPV d'Eyminy et de St Martin de Crau. L=28 km (13,5 km neuf et 12,5 km ASP) Terrassements, chaussées, ouvrages d'art, équipements	Tronçons linéaires (génie civil, équipements ferroviaires, voies ferrées, caténaires, équipements de signalisation, etc.), Ouvrages d'art (ponts, tunnels, soutènements, barrages), Gares (nouvelles et aménagement gares existantes) et bâtiments ferroviaires liés aux opérations d'exploitation de l'infrastructure et de maintenance des rames TGV Matériels et équipements spécifiques associés à l'exploitation (dont 2 sous-stations électriques d'alimentation traction)	Tronçon linéaire (terrassement, etc...) ouvrages d'art, écluses, plates-formes multimodales Pas de prise en compte de la construction des bateaux	Périmètre le plus complet (correspond au concessionnaire choisi : VINCI / AGO) : bâtiments, voiries, pistes, parkings, zones paysagères Périmètre plus restreint pour les 2 autres offres reçues Non prise en compte des zones agricoles
	Unité fonctionnelle complémentaire	Rétablissement franchissant le projet par un ouvrage d'art. Aire de service.	Raccordement au réseau ferroviaire existant 30 rames TGV complémentaires (construction)	Rétablissements routiers et ferroviaires, ports intérieurs (sans les développements logistiques et industriels inconnus pour l'instant)	Non pris en compte : infrastructures d'accès à l'aéroport (dessertes routière et ferroviaire)

	Critères d'évaluation	Infrastructure routière : A54	Infrastructure ferroviaire : LGV Rhin-Rhône (Branche Est)	Infrastructure fluviale : Canal Seine-Nord-Europe	Infrastructure aéroportuaire : aéroport Notre-Dame-des-Landes
Périmètre fonctionnel (processus liés aux étapes de vie)	Conception	Non prise en compte de la phase étude.	Prise en compte de la phase étude (FE forfaitaire de la méthode BC/ADEME : 110 teqCO ₂ par million d'euros de budget d'études)	Pas de prise en compte de la conception car considéré comme négligeable au regard des 600 000 tonnes émises durant la phase de chantier	Non pris en compte
	Construction (production et transport des matériaux, mise en œuvre, etc.)	Prise en compte du terrassement, des ouvrages d'art, des chaussées (autoroute + rétablissements), et installation des équipements (partiellement) Non prise en compte de : -la consommation des engins de terrassement, -des glissières sur accotements, -la signalisation verticale (panneaux) -les murs anti-bruits • manque : effets indirects sur réseaux terrestres existants (perturbations...)	Prise en compte de la construction des tronçons (terrassement et gros œuvre), des travaux connexes qui sont nécessaires pour intégrer correctement cette nouvelle maille dans le réseau ferroviaire global, de la construction des gares nouvelles et aménagement des gares existantes Intégration des travaux préparatoires (engins forestiers et archéologiques, déplacement professionnels), des travaux annexes (clôtures et aménagements paysagers) et des équipements ferroviaires • manque : effets indirects sur réseaux terrestres existants (perturbations...)	Prise en compte de tous les travaux de construction de l'ouvrage : terrassement, ouvrages d'art, écluses, rétablissements routiers et ferroviaires, ports intérieurs (sans les développement logistiques et industriels inconnus pour l'instant), plates-formes multimodales, transport et mouvement de terres et des matériaux • manque : effets indirects sur réseaux terrestres existants (perturbations...)	Prise en compte des travaux de construction dont : - matériaux entrants pour terrassement de la plate-forme, voiries, pistes, et bâtiments ; - déplacements domicile-travail pour voiries et pistes et bâtiments ; - déplacements professionnels pour bâtiments • manque : effets indirects sur réseaux terrestres existants (perturbations...)

	Critères d'évaluation	Infrastructure routière : A54	Infrastructure ferroviaire : LGV Rhin-Rhône (Branche Est)	Infrastructure fluviale : Canal Seine-Nord-Europe	Infrastructure aéroportuaire : aéroport Notre-Dame-des-Landes
Périmètre fonctionnel (processus liés aux étapes de vie)	<p>Exploitation/entretien</p>	<p>Prise en compte d'un renouvellement des couches de roulement, de liaison et d'accrochage tous les 15 ans, soit 2 fois sur la durée supposée de la concession (chaussées de l'autoroute seulement?)</p> <p>Sur toute la durée de l'exercice (30 ans), non prise en compte : des trajets des personnels d'exploitation</p> <ul style="list-style-type: none"> -des véhicules et engins utilisés. -des travaux d'entretien courant et petites réparations, -des interventions d'urgence, -du patrouillage... -consommation des équipements, <p>Dans rapport d'étude Sétra 3 renouvellements des couches de roulement sur 50 ans mais pas d'autres travaux</p>	<p>Prise en compte de la maintenance et l'exploitation de l'infrastructure et des rames (y compris fonctionnement des technicentres) : le projet appelle le rajout de 30 rames TGV en exploitation et la suppression de quelques trains Corail.</p> <p>Non prise en compte du renouvellement des aménagements intérieurs des rames (période de retour : 15 ans) et des rames elles-mêmes</p>	<p>Prise en compte des émissions liées à l'exploitation :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cessation d'activité du canal du Nord • Consommations liées au fonctionnement du canal Seine-Nord :pompage d'eau, transfert d'eau (neutre) ?bilan énergétique de l'ouvrage en situation nominale (écluse simple et trafic de 15 Mt) <p>Non prise en compte de l'exploitation physique de l'ouvrage car jugé négligeable (60 personnes avec 2 bâtiments d'exploitation)</p>	<p>Prise en compte des émissions liées à :</p> <ul style="list-style-type: none"> - consommation énergétique et non-énergétique ; - matériaux et services entrants ; - déplacements professionnels (partiellement) ; - fret marchandises et matériels ; - déchets ; - amortissements bâtiments et infrastructures et matériels

	Critères d'évaluation	Infrastructure routière : A54	Infrastructure ferroviaire : LGV Rhin-Rhône (Branche Est)	Infrastructure fluviale : Canal Seine-Nord-Europe	Infrastructure aéroportuaire : aéroport Notre-Dame-des-Landes
Périmètre fonctionnel (processus liés aux étapes de vie)	Utilisation (trafic, matériels)	Prise en compte du trafic total circulant sur l'infrastructure selon la répartition par catégories, cylindrées ou gabarit de véhicules et types de carburants (source INRETS). Quid des effets positifs du projet sur le réseau annexe (aucun report modal cons Quid des effets positifs du projet sur le réseau annexe (aucun report modal considéré)?	Prise en compte de la fabrication du matériel roulant (soit 30 rames supplémentaires par rapport à la situation actuelle). Prise en compte des reports modaux (route et air) Prise en compte de l'énergie de traction (cumul des énergies de traction rajoutée et retirées :il ne s'agit pas de la consommation d'électricité soutirée par les 2 sous stations de la LGV nouvellement construite, mais du surcroît d'électricité consommé sur l'ensemble du réseau, induit par le nouvel équilibre de fonctionnement intégrant cette nouvelle maille du réseau ferroviaire global) Non prise en compte du pré- et post-acheminement des voyageurs	Éléments essentiels de l'analyse car calcul détaillé du bilan carbone [®] des transports en situation de référence et de projet. Le calcul intègre le report modal direct route et fer vers voie d'eau; l'augmentation du trafic fluvial intrinsèque (effet réseau sur la Seine) la création des plates-formes multimodales et trafics associés y compris pré-et post acheminement. Pondération prise pour les sections urbaines ou périurbaine pour le camion (aires de Lille et Paris et Bruxelles prises en compte).	Non pris en compte
	Fin de vie/reconversion	Non pris en compte	Non pris en compte Rames TGV renouvelées à raison d'une rame tous les 3 ans (parc de 400 rames existantes et de 30 rames nouvelles)	Non pris en compte.	Non pris en compte
Périmètre temporel (processus liés aux étapes de vie)	Durée de service / éléments constitutifs		Durée d'amortissement de 50 ans , jusqu'au renouvellement complet de tous les composants ferroviaires hors plate-forme ; gares et autres bâtiments amortis sur 50 ans ; -Durée d'amortissement de 100 ans pour l'infrastructure ; -Durée d'amortissement de 30 ans pour les rames TGV	bilan socio-économique et carbone est établi sur une durée de 50 ans en prenant en compte le gros entretien et la régénération NB : le canal est construit pour 100 ans au minimum.	La durée de service prise en compte est celle de la concession, soit 55 ans

	Critères d'évaluation	Infrastructure routière : A54	Infrastructure ferroviaire : LGV Rhin-Rhône (Branche Est)	Infrastructure fluviale : Canal Seine-Nord-Europe	Infrastructure aéroportuaire : aéroport Notre-Dame-des-Landes
Périmètre temporel (processus liés aux étapes de vie)	Durée de référence (globale) : période de calculs/BC	30 ans, soit la durée moyenne d'une concession autoroutière 50 ans dans rapport Sétra (pour se caler sur les durées des calculs réalisés dans les bilans socioéconomiques des projets routiers définis par l'instruction cadre.	30 ans	50 ans pour les calculs	La durée de référence est la durée de concession (55 ans).
Méthodes de calculs	Outils utilisés	Bilan Carbone® de l'ADEME versions 4.0 et 5.0 Ariane et Transcad Impact ADEME v2 et CopCete Réalisé par le CETE Méditerranée	Méthode Bilan Carbone® de l'ADEME Etudes réalisées par Objectif Carbone, Altern Consult et Inexia en 2008/2009 NB : Outils spécifiques « Bilan Carbone » pour les opérations ferroviaires standards en cours de développement avec guide méthodologique pour la rédaction d'un cahier des charges « Bilan Carbone »	Utilisation des données du bilan Carbone® Ademe. Réalisé par le bureau d'étude PWC Paris.	Bilan Carbone® de l'ADEME – V6 + logiciel Gaïa (outil « route »/Eurovia) + logiciel Omega TP (FNTP) Réalisé par Elithis Ingénierie en 2009
	Adaptations apportées et données spécifiques	Prise en compte des particularités d'une infrastructure routière ? Parc 2040 (prolongement hypothèse parc INRETS) Dans rapport Sétra, aucun élément explicatif pour parc jusqu'à 2060.	Recherche de facteurs d'émissions spécifiques (acier, chaux, ciment, matériaux chaussée, glissières, produits assainissement,...) + prospectives 2012-2042 pour les reports modaux route-fer et air-fer appliquées : - RTE de 2007 à 2020, puis ADEME de 2020 à 2050 (80 à 50 geCO ₂ /kWh) ; - Report modal route-fer : hypothèses d'évolution du parc roulant ; - Report modal air-fer : extrapolation ADEME	Données spécifiques pour la teneur en CO ₂ des aciers utilisés demandées auprès de l'IISI en fonction des aciers utilisés (ferraillage, poutres, ouvrages d'art...) Données en t.km issues d'un modèle de simulation des trafics européen multimodal construit par Setec-Stratec. Données d'entrée de l'analyse socio-économique du projet. Facteurs d'émission par type de bateau donc adapté au gabarit, idem pour le routier et le fer : basés sur données ADEME 2005 + similaire pour les bateaux fluviaux (rapport ADEME/VNF 2006).	

	Critères d'évaluation	Infrastructure routière : A54	Infrastructure ferroviaire : LGV Rhin-Rhône (Branche Est)	Infrastructure fluviale : Canal Seine-Nord-Europe	Infrastructure aéroportuaire : aéroport Notre-Dame-des-Landes
Hypothèses % entrants BC	Trajets liés aux phases (utilisation, construction, exploitation)	<p>Phase chantier : Prise en compte des trajets domicile-travail des personnels de chantier, sur les bases suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> -trajet moyen=25,9 km (aller), soit pour une journée de travail 51,8 km A/R -225 jours travaillés/an -500 personnes travaillent chaque jour -le chantier a une durée de 5 ans <p>calcul selon Bilan Carbone® et non trafic routier</p> <p>Non pris en compte:</p> <ul style="list-style-type: none"> -le déplacement des conducteurs de travaux, chefs de chantier, contrôleurs et personnes extérieures, <p>Phase utilisation : prise en compte du trafic estimé à partir de modélisation</p> <p>Phase exploitation : Non pris en compte de :</p> <ul style="list-style-type: none"> -la consommation des véhicules et engins, l'entretien des ouvrages d'art et des équipements, les trajets domicile-travail 	<p>Phase chantier : Prise en compte des déplacements domicile – travail des salariés chargés du projet de construction et de l'ensemble des intervenants sur le chantier</p> <p>Phase exploitation : Prise en compte des déplacements domicile travail des agents pour exploitation gares</p> <p>Non prise en compte des déplacements domicile-travail des agents chargés de la maintenance du matériel</p> <p>Prise en compte des déplacements de personnes pour effectuer la maintenance de l'infra (visites d'inspection)</p> <p>Phase utilisation : Pas de prise en compte des déplacements des visiteurs : les clients qui viennent à la gare ou repartent de la gare en voiture (en réflexion)</p>	<p>Phase chantier: Transport des matériaux (dont part modale entre route, voie d'eau et fer) ; mise en conformité des déchets. Sont pris en compte les trajets liés à la construction, y compris les trajets domicile travail.</p> <p>Phase exploitation : Non prise en compte de l'exploitation physique de l'ouvrage car jugé négligeable (60 personnes avec 2 bâtiments d'exploitation)</p>	<p>Phase chantier : Prise en compte des trajets domicile-travail des personnels de chantier</p> <p>Phases exploitation et utilisation : Les déplacements des personnels, des passagers et les mouvements d'avions sont exclus conformément au cahier des charges DGAC</p>
	Fabrication et maintenance de véhicules dédiés à l'infrastructure	Non pris en compte	Prise en compte de la construction de 30 rames TGV correspondant à l'augmentation du parc roulant induite par la mise en service de la nouvelle LGV	Non pris en compte	Non pris en compte
	Déchets en fin de vie	Non identifiés	Renouvellement de la voie pris en compte	Non pris en compte	Non pris en compte

	Critères d'évaluation	Infrastructure routière : A54	Infrastructure ferroviaire : LGV Rhin-Rhône (Branche Est)	Infrastructure fluviale : Canal Seine-Nord-Europe	Infrastructure aéroportuaire : aéroport Notre-Dame-des-Landes
Hypothèses % entrants BC	Énergies utilisées et facteurs d'émissions	Issues du Bilan Carbone® pour tous les éléments hors trafic routier (utilisation) Pas d'utilisation déclarée d'électricité	Prospective 2012-2042 appliquées : - RTE de 2007 à 2020 : passage progressif de 80 à 60 geCO ₂ /kWh ; - ADEME de 2020 à 2050 passage progressif de 60 à 50 geCO ₂ /kWh)	Valeurs Ademe (Etude ADEME-VNF, janvier 2006 / Unités fluviales françaises). Facteurs de teneur en CO ₂ de l'électricité en France par l'Ademe	Issues du Bilan Carbone® électricité : 92 geCO ₂ /kWh
	Matériels (parcs et progrès technologiques)	Pour trafic routier : parc IFSTTAR (ex-INRETS) 1970-2025 + prolongement des hypothèses pour horizon 2040 Dans rapport Sétra, aucun élément explicatif pour parc jusqu'à 2060. Pour engins de chantier : pas d'indication	Aucune hypothèse d'amélioration de l'efficacité des TGV n'a été prise en compte, malgré les progrès techniques et innovations importantes attendues. Seules la construction de 30 nouvelles rames TGV (rames à 2 niveaux 2N2 ») liées à la nouvelle offre de dessertes ferroviaires TGV et leur maintenance ont été prises en compte ; leur durée de vie estimée est supérieure à la durée de référence retenue (30 ans) Dans le bilan trafic : prise en compte des facteurs d'amélioration de la performance énergétique des 3 modes (route, fer, fluvial) pris en 2020 et 2050 (validation par comité économique et consultants internationaux CE Delft). Pour engins de chantier : pas d'indication	Dans le bilan trafic : prise en compte des facteurs d'amélioration de la performance énergétique des 3 modes (route, fer, fluvial) pris en 2020 et 2050 (validation par comité économique et consultants internationaux CE Delft). Pour engins de chantier : pas d'indication	Pour engins de chantier : pas d'indication

	Critères d'évaluation	Infrastructure routière : A54	Infrastructure ferroviaire : LGV Rhin-Rhône (Branche Est)	Infrastructure fluviale : Canal Seine-Nord-Europe	Infrastructure aéroportuaire : aéroport Notre-Dame-des-Landes
Hypothèses % entrants BC	Valeurs tutélaires/émissions élémentaires	<p>Les facteurs d'émission sont tous issus de l'outil Bilan Carbone®.</p> <p>+ Impact Ademe /CopCete pour trafic routier (référence 1 à Copert 3 et l'autre à Copert 4)</p>	<p>Issues du Bilan Carbone®</p> <p>Phase conception :FE forfaitaire de la méthode BC/ADEME : 110 teqCO₂ par million d'euros de budget d'études</p> <p>Pour le report modal route-fer : 55 geCO₂/véh.km</p> <p>Pour l'énergie de traction, évolution prospective sur la période 2012-2042 basée sur les hypothèses suivantes :</p> <p>passage progressif de 80 geCO₂/kWh en 2007 à 60geCO₂/kWh en 2020 (prévision RTE)</p> <p>passage progressif de 60geCO₂/kWh en 2020 à 50geCO₂/kWh en 2050 (prévision ADEME)</p>	<p>Issues du Bilan Carbone®</p> <p>Benchmark réalisé sur le bilan trafic avec les émissions camions et bateaux au Benelux.</p> <p>Cohérence constatée.</p>	<p>Issues du Bilan Carbone®</p> <p>+ adaptations (cf ci-avant)</p>
	Approche/phase utilisation : relative (infra seule) ou absolue (réseau)	Approche relative (uniquement l'infrastructure sans report modal)	<p>Approche relative</p> <p>+ reports modaux route-fer et air-fer (cf ci-dessous)</p>	<p>Bilan uniquement du canal.</p> <p>Effectivement effet "réseau" sur l'ensemble des voies d'eau avec un accroissement des trafics. Mais réserves de capacités existantes donc pas d'investissements en infrastructure nécessaires.</p> <p>Données d'exploitation sur tout le réseau non ajustées.</p>	Approche relative

	Critères d'évaluation	Infrastructure routière : A54	Infrastructure ferroviaire : LGV Rhin-Rhône (Branche Est)	Infrastructure fluviale : Canal Seine-Nord-Europe	Infrastructure aéroportuaire : aéroport Notre-Dame-des-Landes
Hypothèses % entrants BC	<p>Analyse des hypothèses : : gravité, incertitude, sensibilité - gravité : analyse des hypothèses qui ont le plus contribué aux résultats ; - incertitude : analyse des hypothèses qui influencent la fiabilité des résultats ; - sensibilité : analyse des hypothèses dont le changement influence les résultats</p>	<p>Incertitudes liées aux facteurs d'émission</p> <ul style="list-style-type: none"> -20% transport de personnes -10% terrassement -13% ouvrages d'art -20% chaussée -15% équipement <p>Incertitudes liées aux données manquantes ou approximatives: - sur-estimé: ouvrages d'art (acier neuf) -sous-estimés: transport de personnes, terrassement, équipement</p>	<p>Sensibilité au contenu en carbone de l'électricité (100 g CO₂/kwh France et 400 g CO₂/kwh UE).</p> <p>Sensibilité aux émissions liées à la construction (ne pas négliger)</p> <p>Sensibilité au choix des matériaux et procédés industriels</p>	<p>Analyse de la sensibilité sur les principaux postes (aciers et bétons à base de matériaux recyclables mais données non normées en 2008) + marges d'erreur liées aux hypothèses prises (facteurs d'émission en phase de construction et données d'entrée (mouvement de terre par exemple)</p> <p>Acier + ciment font varier le bilan de 600.000 à 1.000.000 tonnes selon les facteurs retenus pour la teneur en CO₂</p> <p>Pour le bilan exploitation/report modal testé sur tous les scénarios de trafic.</p>	<p>Précisions pertinentes apportées sur la notion d'ordre de grandeur, les incertitudes et les limites de comparaison.</p> <p>Pas d'analyse de sensibilité</p>
	<p>Traffic (phase utilisation) : horizons, report modal</p>	<p>Horizon 30 ans</p> <p>Données de trafics variables selon les tronçons et modélisées tous les 5 ans de 2010 à 2040 puis intégrées dans le logiciel IMPACT 2.0 de l'ADEME.</p> <p>Résultats complétés par CopCete pour les émissions hors échappement. Valeurs du « réservoir à la roue » Manque les effets indirects (report modal)</p> <p>Dans rapport Sétra, prise en compte avec/sans projet mais quid des calculs (outils/parc) pour aller jusqu'en 2060 ?</p>	<p>Prospectives 2012-2042 appliquées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Report modal route-fer : hypothèses d'évolution du parc roulant : 145 gCO₂/km et 2,2 passagers/véhicule.km en 2007 ; 107 gCO₂/km et 2,5 passagers/véhicule.km en 2020 ; 91 gCO₂/km et 2,7 passagers/véhicule.km en 2050 ; -Report modal air-fer : à partir du calculateur DGAC pour 2009 et extrapolation ADEME 	<p>Horizons 2020 et 2050</p> <p>Le calcul intègre le report modal direct route et fer vers voie d'eau</p>	<p>Phase utilisation non traitée pour les trafics (bâtiments seulement)</p>

	Critères d'évaluation	Infrastructure routière : A54	Infrastructure ferroviaire : LGV Rhin-Rhône (Branche Est)	Infrastructure fluviale : Canal Seine-Nord-Europe	Infrastructure aéroportuaire : aéroport Notre-Dame-des-Landes
Hypothèses % entrants BC	Les « non-émissions » (émissions évitées)	Non prises en compte	<p>Prise en compte du report modal, à savoir le volume d'émissions qu'auraient induits les passagers des 30 rames nouvelles dont certains auraient pris la voiture ou l'avion si jamais la LGV n'avait pas existé.</p> <p>Les volumes pris en compte sont ceux de l'étude du report modal établi à la phase d'avant projet pour l'établissement de la DUP. Il ressort que de l'ordre de 20% du trafic induit est le fait d'un report modal de la voiture et de l'avion sur le train.</p> <p>Le reste du trafic étant un report depuis le trafic ferroviaire existant et du nouveau trafic (surcroît de déplacements lié au report modal : suppression des trains corail)</p> <p>- En réflexion : prise en compte de l'approche des gares en voiture (pré-acheminement)</p>	<p>Calcul des émissions « économisées » grâce au report modal en 2020, 2050 et à pleine capacité du canal.</p> <p>Attention, non prise en compte des possibles développements d'activités de production d'énergie renouvelable en bord à canal dans le cadre du contrat de partenariat</p> <p><i>NB : objectif de VNF de construire la première infrastructure à bilan énergétique positif (besoin d'environ 25 éoliennes pour cela ce qui semble atteignable sur un linéaire favorable de 106 km).</i></p>	Non abordé (hors cahier des charges DGAC)
Principaux résultats	Conception	Non évalué	22 000 teqCO ₂ 1 % du total des émissions CO ₂	Non évalué	Non évalué
	Construction	194 000 teqCO ₂ sur 30 ans : soit 6,3 % du total ; 225 000 teqCO ₂ sur 50 ans : soit 2,8 % du total	1 166 000 MteqCO ₂ env. 8 000 teqCO ₂ /km (42 % du total ramené sur 30 ans)	Construction : 600 000 à 1 M teqCO ₂ soit 5.000 à 10.000 teq CO ₂ /km	Construction : 164.000 teqCO ₂ soit 43 % du total
	Exploitation/entretien	15 850 teqCO ₂ sur 30 ans : soit 0,44 % du total 26 700 teqCO ₂ sur 50 ans : soit 0,34 % du total	44 000 teqCO ₂ (maintenance rame et lignes) (4 % du total ramené sur 30 ans)	Non communiqué	Entretien/maintenance : 67.000 teqCO ₂ soit 18 % du total Exploitation : 112.000 teqCO ₂ soit 29 % du total

	Critères d'évaluation	Infrastructure routière : A54	Infrastructure ferroviaire : LGV Rhin-Rhône (Branche Est)	Infrastructure fluviale : Canal Seine-Nord-Europe	Infrastructure aéroportuaire : aéroport Notre-Dame-des-Landes
Principaux résultats	Utilisation	3 375 000 teqCO ₂ (utilisation) sur 30 ans : soit 94 % du total 1 364 000 teqCO ₂ (surplus) sur 50 ans : soit 17,7 % de plus par rapport à la situation sans projet 7 700 000 teqCO ₂ (utilisation) sur 50 ans : soit 97 % du total	641 000 teqCO ₂ (fonctionnement des gares nouvelles : 6 000 teqCO ₂ , et énergie traction : 635 000 teqCO ₂ pour 30 rames sur 30 ans) (53 % du total ramené sur 30 ans)	Non communiqué	Non évalué
	Total	3 584 850 teqCO ₂ sur 30 ans hors conception 7 951 700 teqCO ₂ sur 50 ans hors conception	1 873 000 teqCO ₂ (940 000 teqCO ₂ ramené sur 30 ans)	Non communiqué	343 000 teqCO ₂
	« Non-émissions » (émissions de GES évitées)	Non évalué	3 895 000 teqCO ₂ sur 30 ans soit : 130 000 teqCO ₂ /an (reports de trafic route et air-fer sur 30 ans)	En 2020 : 217.000 teqCO ₂ économisées/an (pour 13 Mt de trafic) En 2050 : 550.000 teqCO ₂ économisées/an (pour 27 Mt de trafic) A pleine capacité, 950.000 teqCO ₂ économisées/an (37Mt de trafic)	Estimées à 30.000 teqCO ₂ /an sur 48 ans par rapport à aéroport actuel Compensation (bilan Carbone [®] neutre) prévues au projet : 100.000 arbres plantés (50.000 arrachés/construction) 500.000 m ² de panneaux PV / ferme solaire (sur 53 ans)
Observations - difficultés	Incomplet (entretien, phase conception) Données incomplètes liées au stade de l'étude Poste prépondérant : l'utilisation	Postes importants : terrassements, ciment, acier	Phase conception non évaluée Facteurs d'émission acier, béton, terrassements (incertitudes importantes)	Phases conception et utilisation non évaluées	

:

Pôle de Compétences et d'Innovation

"Évaluation des projets et politiques de transport "

Ce document a été élaboré sous le pilotage du Sétra par le PCI "Évaluation des projets et politiques de transport ".

Le PCI a pour objet de contribuer à améliorer les pratiques de l'évaluation des projets et politiques de transport. Les méthodes et procédures d'évaluation dans ces domaines doivent s'appuyer sur une évaluation objective et partagée par les milieux scientifiques et accessible aux citoyens.

Le PCI est constitué au sein des CETE du Sud Ouest et CETE de l'Ouest.



Rédacteurs

Joëlle SABY – CETE du Sud-Ouest / PCI "*Evaluation des projets et politiques de transport*".

téléphone : 33 (0)5 56 70 66 00 – télécopie : 33 (0)5 56 70 66 68

mél : joelle.saby@developpement-durable.gouv.fr

Fabien DURR – CETE de l'Ouest / PCI "*Evaluation des projets et politiques de transport*".

téléphone : 33 (0)2 40 12 83 48 – télécopie : 33 (0)2 40 12 84 44

mél : fabien.durr@developpement-durable.gouv.fr

Référent Sétra : Joël MBALLA / PCI "*Evaluation des projets et politiques de transport*".

téléphone : 33 (0)1 60 52 32 63 – télécopie : 33 (0)1 60 52 83 63

mél : joel.mballa@developpement-durable.gouv.fr

Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements
110, rue de Paris - SOURDUN – BP 124 – 77487 PROVINS Cedex – France
téléphone : 33 (0)1 60 52 31 31 – télécopie : 33 (0)1 60 52 31 69

Document consultable et téléchargeable sur les sites web du Sétra :

- Internet : <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr>
- Intranet (Réseau ministère) : <http://intra.setra.i2>

Ce document ne peut être vendu. La reproduction totale du document est libre de droits.
En cas de reproduction partielle, l'accord préalable du Sétra devra être demandé.
© 2013 Sétra – Référence : 1341w – ISRN : EQ-SETRA--13-ED30--FR

Le Sétra appartient
au Réseau Scientifique
et Technique
du MEDDE

