

# Bilan carbone des infrastructures ferroviaires : approches et outils

RFF – journées techniques IFSTTAR - 9 février 2011

# Mieux rendre compte de l'enjeu carbone en amont des projets

- **Grands objectifs internationaux assumés par la France**
  - Des attentes fortes vis-à-vis des transports (part croissante des émissions)
  - Loi Grenelle 1 : le bilan des GES, premier critère d'évaluation des projets
  - Projets ferroviaires mis en avant : moins dépendants des énergies fossiles
- **Nos méthodes actuelles ne permettent pas de rendre compte de l'impact carbone sur le cycle de vie et de le maîtriser**
  - Instruction Robien : prise en compte du seul report modal
  - Prendre en compte les phases amont (sollicitations parties prenantes) pour mieux comprendre « l'efficacité carbone » d'un investissement
  - Nouveaux outils pour connaître et réduire l'empreinte carbone et hiérarchiser les projets
- **Intégrer le bilan carbone au référentiel des études amont**
  - Méthode et outils à créer
  - Revisiter nos pratiques de conception, construction, évaluation

# Le bilan carbone d'un grand projet ferroviaire

## ■ Qu'est-ce que le bilan carbone ?

- D'abord de la physique
- Puis une valorisation économique
- la philosophie de la méthode ADEME : évolutive par nature

## ■ Une vision floue sur un périmètre large

- d'abord comprendre les phénomènes, ensuite seulement préciser
- premier objectif : réduire les grands postes d'émission

## ■ On décompte les émissions des 6 gaz à effet de serre du protocole de Kyoto

- Données études puis chantier, différentes méthodes de récolte

## ■ Pas de possibilité de mesure directe

- on transforme des données d'activité (quantités de matériaux, déplacements, heures de fonctionnement d'engins...) en émissions via les « facteurs d'émission »
- les facteurs d'émission sont précisés progressivement et rassemblés par l'ADEME

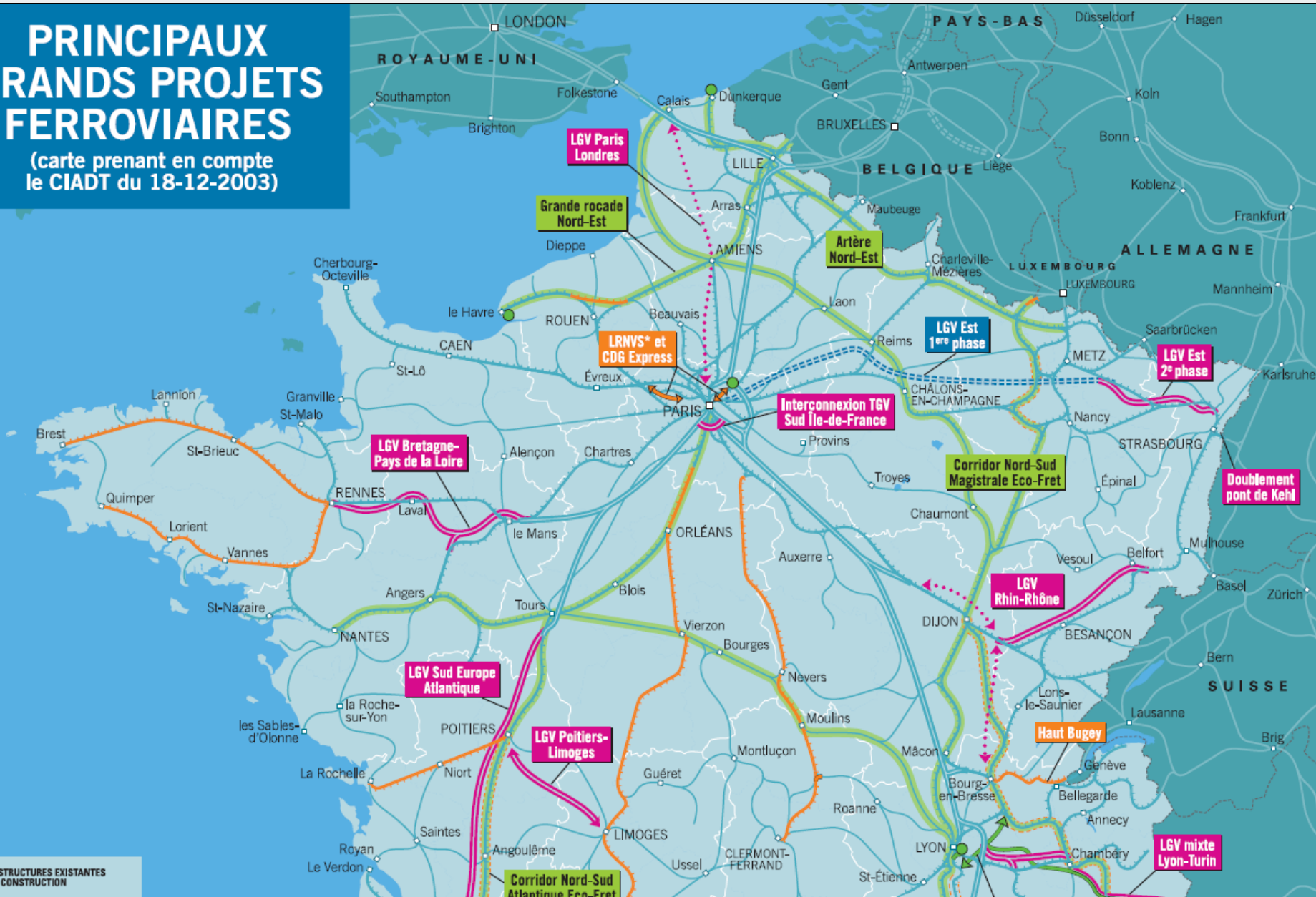
## ■ Un bilan global sur le cycle de vie de l'infrastructure (100 ans)

- Méthode spécifique mais conforme aux spécifications de l'ADEME
- Outil adapté à la phase REA mais utilisable dès l'amont (version 1)

# Périmètre du bilan carbone : le cas de la LGV Rhin-Rhône (2008-2009)

## PRINCIPAUX GRANDS PROJETS FERROVIAIRES

(carte prenant en compte le CIADT du 18-12-2003)



# Périmètre du bilan carbone : le cas de la LGV Rhin-Rhône (2008-2009)

## Matériaux entrants

- Rails / ballast / traverses ;
- ouvrages d'art (béton, acier) ;
- caténaire, IFTE et signalisation ;
- matériaux génie civil

## Déboisement

+

## Archéologie

## Transport des matériaux

## Maintenance - Exploitation

-



LGV Rhin Rhône Branche Est

## Gares nouvelles (SNCF)

## Phases amont (études)

- énergie ;
- transport personnel ;
- Informatique, papier et fournitures

## Report modal

- émissions véhicules routiers et trains

## Energie

Courant de traction  
et autre

## Déchets - recyclage

(renouvellement  
infra)

## Champs pris en compte

- La phase conception c'est à dire la phase études, le fonctionnement de la mission LGV Rhin – Rhône et les travaux préparatoires (sondages, archéologie, déboisement, etc)
- La phase travaux (génie civil et équipements ferroviaires)
- La maintenance et l'exploitation de l'infrastructure sur une durée de vie de 50 ans c'est-à-dire de la mise en service jusqu'au 1<sup>er</sup> renouvellement

# Quelles données disponibles pour la partie Travaux ?

- La phase collecte de données est réalisée en plusieurs étapes
  - Elaboration d'un questionnaire de collecte des données
  - Envoi aux entreprises de génie civil et équipements ferroviaires
  - Compilation des données existantes (phase conception), des données reçues (des entreprises) et calcul du Bilan Carbone global
  
- Les postes suivants de la phase Génie civil sont les plus consommateurs en GES
  - Chaux vive (décarbonatation du calcaire à l'aide d'énergie fossile)
  - Acier (laminé et d'armature)
  - Ciment (décarbonatation du calcaire à l'aide d'énergie fossile)
  - Libération du carbone des surfaces boisées et du sol
  - Carburant

# L'utilitaire de calcul LGV (version 1)

- **Calculateur : élaborer et visualiser rapidement le bilan carbone de premier ordre d'un projet de LGV**
  - outil construit autour de ratios établis sur LGV RR
  - une quarantaine de paramètres clés en phase REA
  - ne remplace pas un bilan carbone global
- **Notice : fonctionnement de l'outil, variables, données à recueillir**
  - « parlant » pour les acteurs techniques du projet : MOA, Moe, entreprises, parties prenantes.
- **8 chapitres distincts :**
  - Les travaux préparatoires
  - Les terrassements
  - Les ouvrages d'art non courants
  - Les ouvrages d'art courants
  - L'organisation générale du chantier
  - L'assainissement
  - Les équipements ferroviaires
  - Les émissions diverses et connexes
- **Facteurs d'émissions :**
  - Le BC LGV RR a permis de préciser les valeurs des facteurs d'émission importants



# BILAN CARBONE DE LA CONSTRUCTION D'UNE LGV

Nom du Projet : **LGV n°1**

Linéaire de la section : **140 km**

## 1/ TRAVAUX PREPARATOIRES 740 TeCO2/km

Largeur d'emprise définitivement sans végétation : **20 m**

Perte de carbone /ha : **367 TeCO2/ha**

Tec déboisement : **103 000 TeCO2**

## 2/ TERRASSEMENT 3 250 TeCO2/km

### Terrassements généraux :

Indicateur de cubature : **240 m3/ml**

Volume de m3 de matériaux déplacés résultant : **33 600 000 m3**

Taux de matériaux traités : **20%**

Taux de chaux moyen pour le traitement : **2,5%**

Tonnage de chaux et assimilé : **302 000 tonnes**

TeCO2 du traitement à la chaux : **332 000 TeCO2**

Carburant terrassement : **1,24 ltr/m3**

TeCO2 carburant : **122 000 TeCO2**

### Traitement de la PST :

Part de PST traitée : **5%**

Taux de chaux moyen pour le traitement : **1,6%**

TeCO2 du traitement à la chaux : **1 100 TeCO2**

## 3/ OANC 1 080 TeCO2/km

premier type D'OANC : **bi poutre**

longueur totale dans le type : **2 820 ml**

**65 100 TeCO2**

second type D'OANC : **pile acier**

longueur totale dans le type : **880 ml**

**21 000 TeCO2**

troisième type D'OANC : **tunnel monotube**

longueur totale dans le type : **3 200 ml**

**64 500 TeCO2**

Pour validation : part du linéaire cumulé des OANC : **49 ml par km**

## 4/ OA Courant 400 TeCO2/km

nb d'OA courant : **1,1 U/km**

tec/OAC : **100 Tec/U**

Tec des OAC : **56 500 TeCO2**

## 5/ ORGANISATION GENERALE DU CHANTIER 380 TeCO2/km

nb de salariés moyens sur la durée totale du chantier : **3 000 salariés**

durée du chantier : **30 mois**

### AR hebdomadaire grand déplacement :

Part des salariés en grand déplacement : **70%**

Part des AR grands déplacements en voiture : **90%**

distance moyenne des déplacements en voiture (Aller simple) : **400 km**

Taux d'occupation des voitures (par covoiturage) : **1,1 pass/voiture**

veh.km induit : **164 950 000 veh.km**

tec grand déplacement : **36 300 TeCO2**

### AR quotidiens domicile travail :

distance au chantier des salariés "grand déplacement" - Aller simple - 4 AR/sem. : **5 km**

Part des salariés effectuant ces trajets en voiture : **80%**

Taux d'occupation des voitures (par covoiturage) pour les "grands déplacés" : **2,8 pass/voiture**

veh.km induit : **2 880 000 veh.km**

tec des trajets quotidiens des "grands déplacements" : **630 TeCO2**

Part des trajets domicile - chantier en voiture pour les salariés locaux : **90%**

distance au chantier des autres salariés en voiture - Aller simple - 5 AR/semaine : **20 km**

Taux d'occupation des voitures (par covoiturage) pour les autres : **1,2 pass/voiture**

veh.km induit : **16 200 000 veh.km**

tec domicile travail des locaux : **3 560 TeCO2**

### Déplacements professionnels :

nb de véhicules de chantier - de service et de fonction : **750 voitures**

km annuel : **30 000 km**

veh.km induit : **56 250 000 veh.km**

tec des véhicules de service et de fonction : **12 380 TeCO2**

### Energie des bases vie :

Consommation d'électricité des bureaux de chantier : **7 933 MWh**

tec énergie du chantier : **670 TeCO2**

## 6/ ASSAINISSEMENT 280 TeCO2/km

Buse eq. ø 800 pour 1000 ml de LGV : **1 000 m**

Part des buses en béton : **80%**

Part des buses en fonte : **20%**

Tec des OH béton : **26 700 TeCO2**

Tec des OH fonte : **12 800 TeCO2**

## 7/ EQUIPEMENTS FERROVIAIRES 730 TeCO2/km

intensité carbone selon la base : **733 TeCO2/km**

TeCO2 des EF linéaire : **102 700 TeCO2**

## 8/ DIVERS :

**370 TeCO2/km**

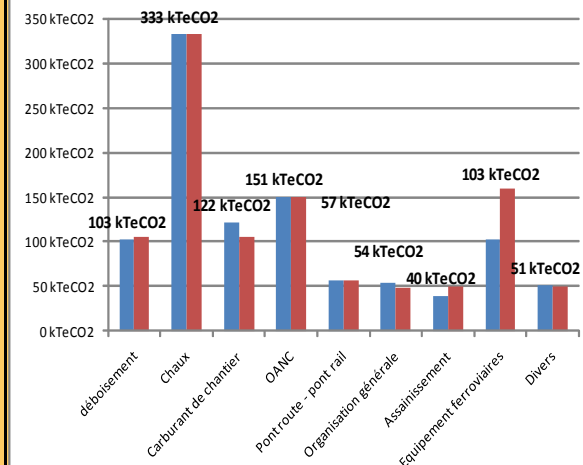
intensité carbone : **367 TeCO2/km**

TeCO2 des émissions diverses : **51 300 TeCO2**

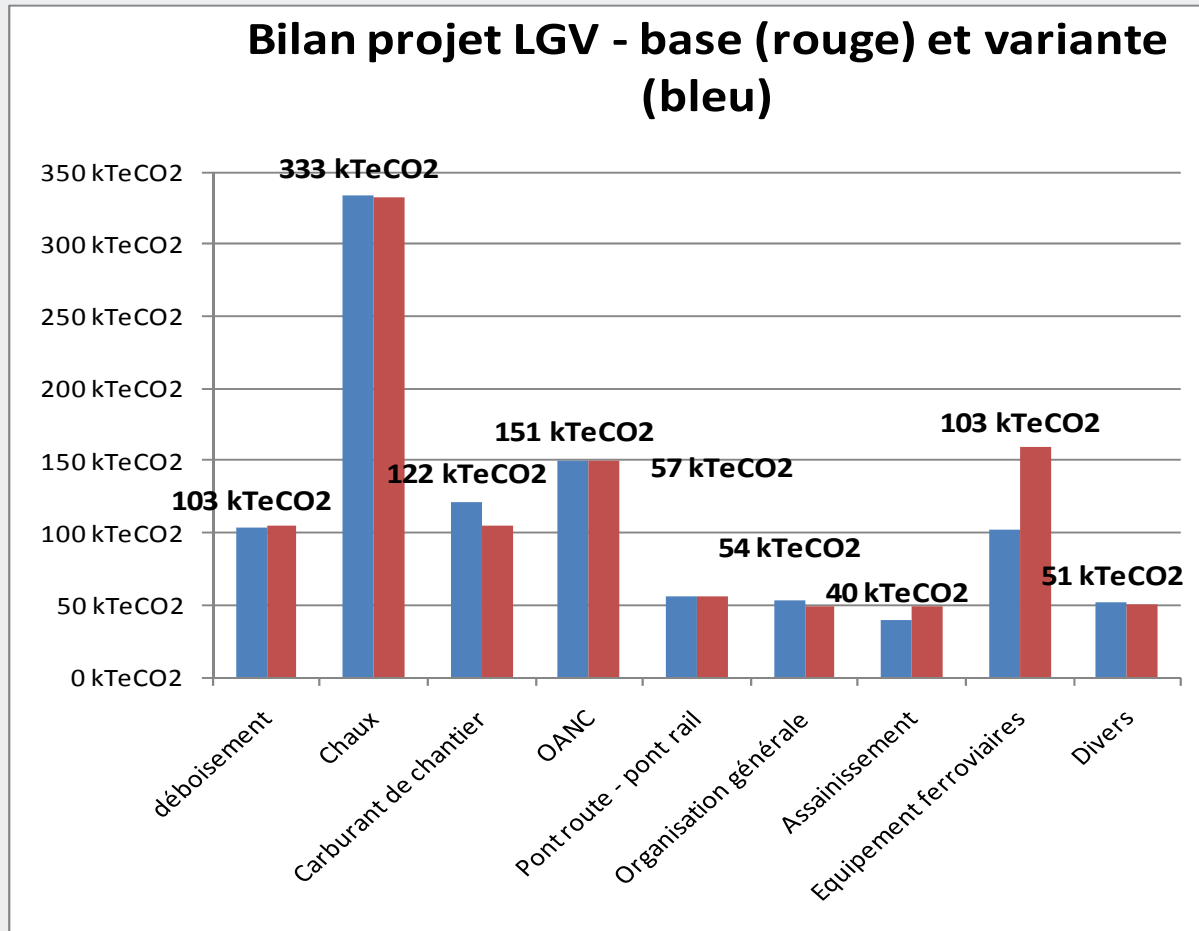
**1 012 000 TeCO2**

**7 230 TeCO2/km**

## Bilan projet LGV - base (rouge) et variante (bleu)

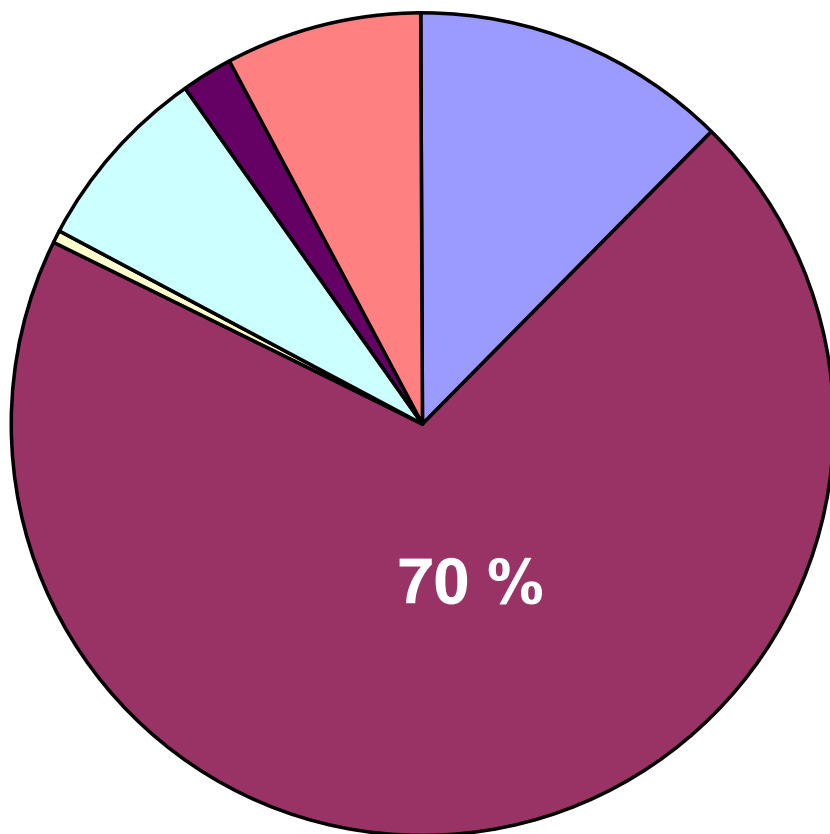


# Résultats de l'utilitaire LGV



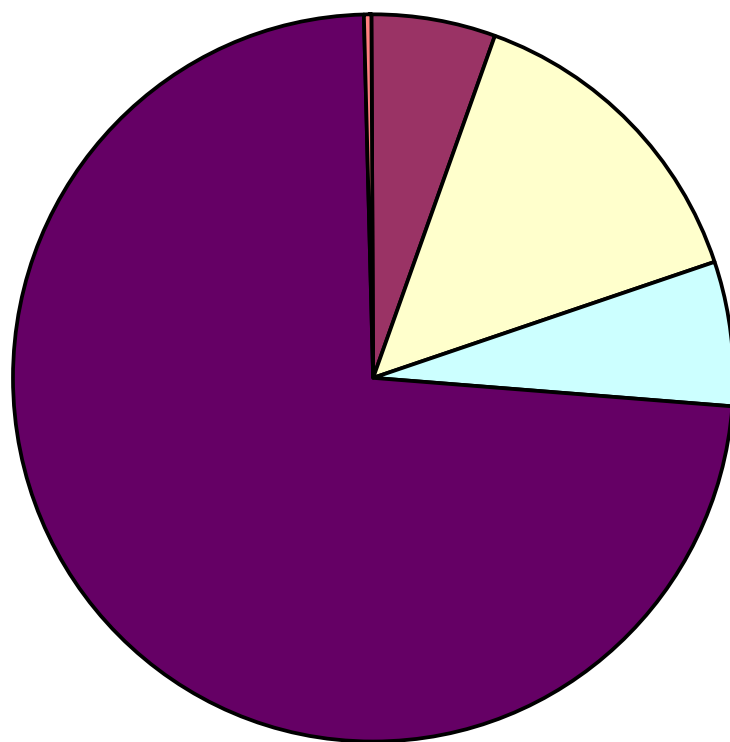
L'outil permet de présenter une version de base du projet et une variante cote à cote. Les données de la « Variante » sont dynamiques.

# Emissions de la construction : essentiellement les terrassements et le génie civil



- Preliminary studies and preparatory works (incl. deforestation)
- Civil engineering
- Connected works
- Permanent way installations
- Stations construction
- Rolling stock and maintenance workshops construction

# Terrassements et génie civil : prédominance des matériaux entrants (dont chaux)



- Internal energy
- Materials processing (earth movement)
- Freight
- Staff transportation
- Entering materials
- Capital depreciation

# Terrassements et génie civil : prédominance des matériaux entrants (dont chaux)



RFF/www.imatec-photo.com

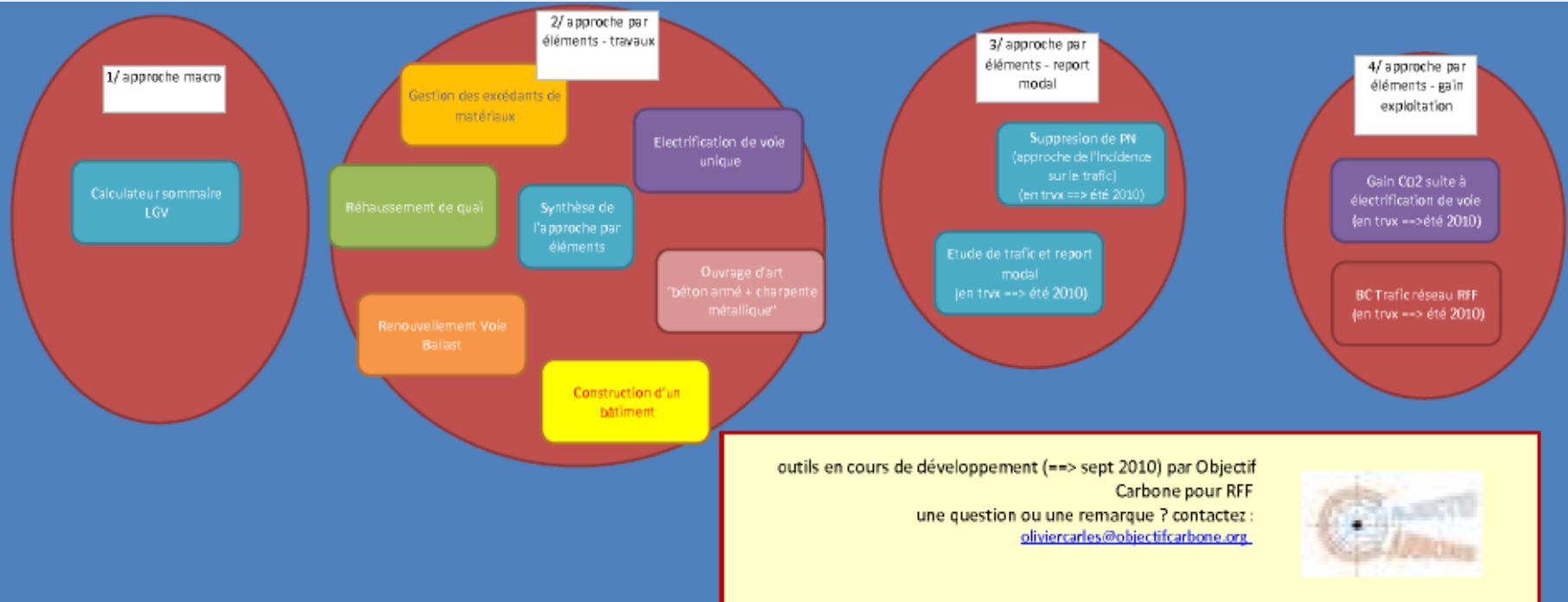
# Evaluation carbone des projets d'investissement : outil et guide (version 1 publiée mi 2010)

- **Champ d'application : projets > 23 M€ ou obligation FEDER ou demande copil**
- **Deux grandes fonctionnalités attendues :**
  - émissions générées avant la mise en service : conception, construction, notamment pour définir des plans d'action de réduction ;
  - émissions « évitées » sur le cycle de vie de l'infrastructure grâce au report de trafic et/ou à la substitution énergétique (électrification), lorsque ce calcul est pertinent + éclairage sur l'efficacité carbone de l'investissement
- **Démarche carbone à engager dès l'amont :**
  - EP : enjeux énergie-carbone du projet : pistes de diminution de l'empreinte carbone, économies de CO<sub>2</sub> pour le système de transport sur le cycle de vie
  - AVP : quantités émises en phase construction et exploitation, le cas échéant quantités « économisées » grâce au report modal, préconisations pour la conception ;
  - PRO-REA : préconisations d'organisation de chantier et de choix techniques
- **Démarche carbone articulée avec études techniques, socioéco et environnementales**
  - Une fiche « bilan et efficacité carbone de l'investissement » intégrée au dossier d'approbation des projets

# Evaluation carbone des projets d'investissement : outil et guide (version 1 publiée mi 2010)

- **Utilitaire de calcul des émissions de carbone pour les ouvrages types suivants :**
  - « pack » RVB
  - « pack » électrification (+ « sous-station »)
  - signalisation
  - saut de mouton, tranchée couverte, pont route/pont rail
  - Mise au gabarit tunnel
  - Aménagement de point d'arrêt : quai, passerelle piéton, ascenseur
  - Création d'un bâtiment
  - Gestion des excédents de matériaux/déchets (l'outil de calcul doit permettre de jouer sur la distance de mise en dépôt)
  - ...
- **Données d'entrée**
  - volet 1 (émissions) : données techniques EP/APS (caractéristiques du projet)
  - volet 2 (économies de CO2) : étude de trafic
- **Présentation des résultats**
  - Bilan carbone des émissions liées aux phases amont (conception, construction) : quantitatif et préconisations ;
  - Bilan carbone complet (émissions dues à la construction et l'exploitation et économies dues notamment au report modal, à la substitution énergétique ou la l'amélioration de l'exploitation) – si pertinent ;
  - Indicateur d'efficacité carbone de l'investissement (quantité de CO2 économisé par euro investi et valeur de la tonne de CO2 économisée). + incertitude
  - Proposition de plan d'action de réduction

# Evaluation carbone des projets d'investissement : outil et guide (version 1 publiée mi 2010)





# Evaluation carbone des projets d'investissement : outil et guide (version 1 publiée mi 2010)

Retour Intro

Version bêta - une question ou une remarque ? contactez :  
[olivier.carles@objectfcarbone.org](mailto:olivier.carles@objectfcarbone.org)



## Construction d'un ouvrage d'art

Nom du projet : RFF 007

**Bilan Carbone "matière" = 9 329 TeC**

**34 208 TeCO<sub>2</sub>**

### Éléments de métré :

Volume de béton de fondation (formule béton n°1) :	3 200 m <sup>3</sup>
Tonnage d'armature en fondation :	450 tonnes
Validation du ratio d'armature en fondation :	141 kg/m <sup>3</sup>
volume de béton autre (formule béton n°2) :	33 000 m <sup>3</sup>
Tonnage d'armature sur les autres bétons :	4 500 tonnes
Validation du ratio d'armature pour les autres bétons :	136 kg/m <sup>3</sup>
Tonnage de charpente métallique :	4 500 tonnes

Emissions engendrées par la production des matériaux : **8 481 TeC**

Emissions autres = +10% du bilan matière : **848 TeC**

## Bilan Carbone du béton n°1 utilisé sur le chantier - livré sur site

Matériaux / source d'émission	dosage des matériaux	facteur d'émission des matériaux	émission associée	part de la source dans l'ensemble
Type de ciment (utiliser le menu déroulant) : <b>Ciment CEM 1</b>	400 kg/m <sup>3</sup>	233 kgeqC/tonne	93 kgeqC/m <sup>3</sup>	87%
Granulat :	1 800 kg/m <sup>3</sup>	2 kgeqC/tonne	4 kgeqC/m <sup>3</sup>	3%
Energie centrale + Malaxeur :	30 kWh/m <sup>3</sup>	23 geqC/kWh	1 kgeqC/m <sup>3</sup>	1%
Fret amont (de la carrière à la centrale, à 30 geqC/ton.km) sur		50 km	3 kgeqC/m <sup>3</sup>	3%
Fret aval (de la centrale au chantier, à 60 geqC/ton.km) sur		30 km	4 kgeqC/m <sup>3</sup>	4%
Divers :			2 kgeqC/m <sup>3</sup>	2%
<b>TOTAL/m<sup>3</sup> :</b>			<b>107 kg eq C/m<sup>3</sup></b>	

## Bilan Carbone du béton n°2 utilisé sur le chantier - livré sur site

Type de béton	type de ciment	dosage ciment	facteur d'émission ciment	
béton de fondation :	<b>ciment CEM 2 - BL</b>	350 kg/m <sup>3</sup>	174 kgeqC/tonne	61 kgeqC/m <sup>3</sup>
	Granulat :	1 800 kg/m <sup>3</sup>	2 kgeqC/tonne	4 kgeqC/m <sup>3</sup>
	Energie centrale + Malaxeur :	30 kWh/m <sup>3</sup>	23 geqC/kWh	1 kgeqC/m <sup>3</sup>
Fret amont (de la carrière à la centrale, à 30 geqC/ton.km) sur :			50 km	3 kgeqC/m <sup>3</sup>
Fret aval (de la centrale au chantier, à 60 geqC/ton.km) sur :			30 km	4 kgeqC/m <sup>3</sup>
			Divers :	2 kgeqC/m <sup>3</sup>
<b>TOTAL/m<sup>3</sup> :</b>				<b>75 kg eq C/m<sup>3</sup></b>

