

# **Questions environnementales liées au traitement de sols**

**Agnès JULLIEN**  
**Directrice de recherche**

***Unité Démarches Durables en Génie Civil***

***CONTEXTE ET ENJEUX***  
***Approche Grenelle avant l'heure!***  
***Depuis 2001***

**VERS UNE APPROCHE  
GLOBALE DES INFRASTRUCTURES**



# ***LES GRANDES LIGNES DU SUJETS***

- PRISE EN COMPTE DU CYCLE DE VIE EN PHASE PROJET***
- METHODES D'EVALUATION GLOBALES DES TERRASSEMENTS***
- OUTILS D'EVALUATION ENVIRONNEMENTALE***
- MESURES DE PARAMETRES ENVIRONNEMENTAUX***
- INDICATEURS D'IMPACTS ET MODELISATION***

## *Objectifs : comment s'améliorer?*

- **QUALIFIER LES PRATIQUES**

**PAR DES METHODES ADAPTEES**

- **QUANTIFIER LES PRATIQUES**

**PAR DES OUTILS DE CALCUL SPECIFIQUES**

➤ **Se poser des QUESTIONS COLLECTIVEMENT**  
**sur les enjeux et les effets à réduire**

➤ **Définir/utiliser DES INDICATEURS de DD PERTINENTS**  
**Utilisés au bon moment et adaptés à l'échelle d'étude**

**Mobiliser les acteurs de la construction ....**

# *Méthode de travail générale du LCPC: chaussées et terrassements, matériaux « neufs » et recyclés*

1 ère étape : cas « théorique » simpliste (25 km)-

catalogues SETRA/LCPC+ littérature technique+ données  
environnementales publiées

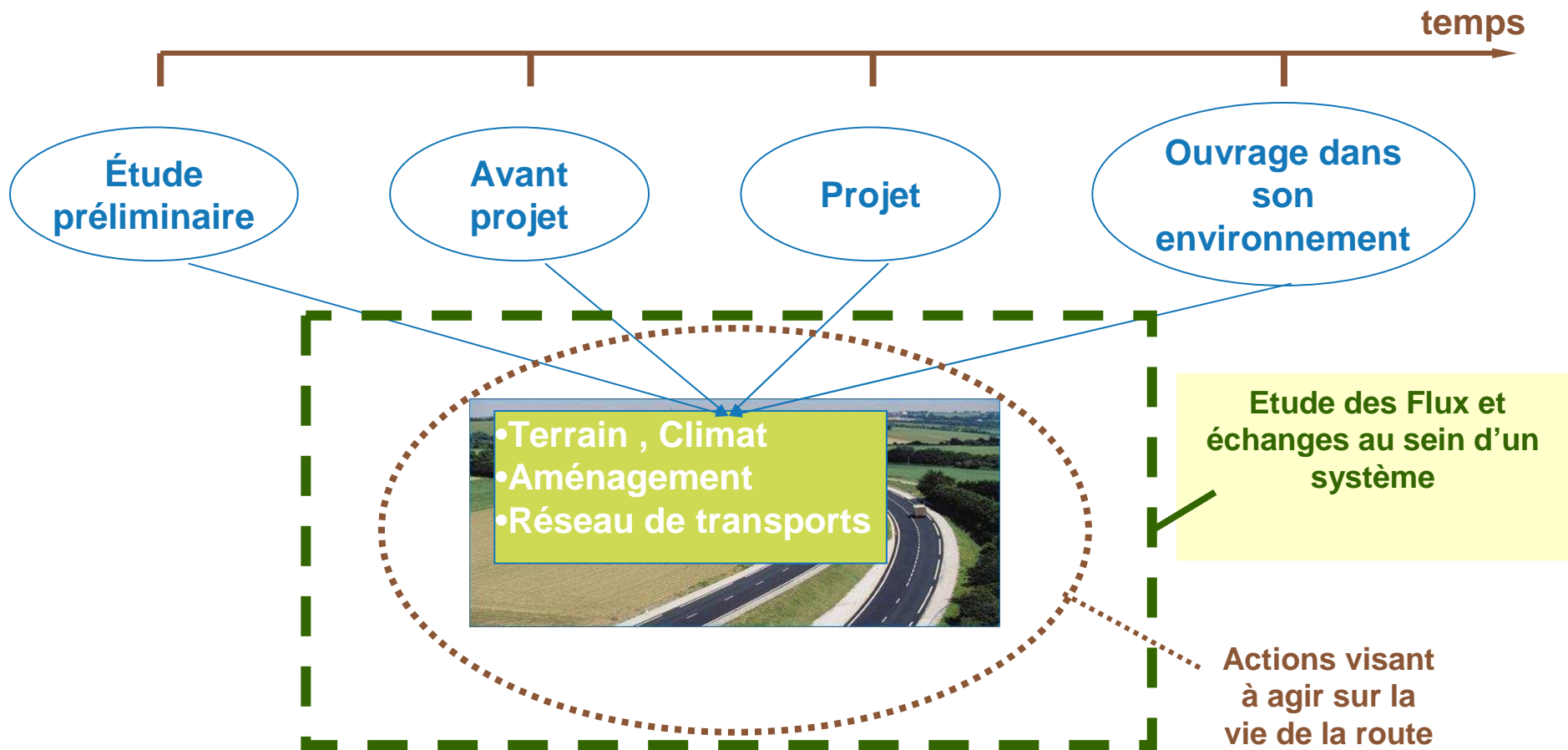
2 ème étape : collecte de données de consommations sur chantier – (10 km)  
suivi d'un chantier communiqué par l'entreprise, consommations ,  
matériels, équipements

3 ème étape : développement d'un outil d'évaluation environnementale des  
travaux,

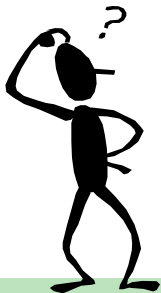
collecte de données environnementales Françaises et vérifiées  
exploitation fine des données chantier,  
définition des processus élémentaires à modéliser

CONSTITUTION DE NOYAUX DE COMPETENCES + PARTENARIATS

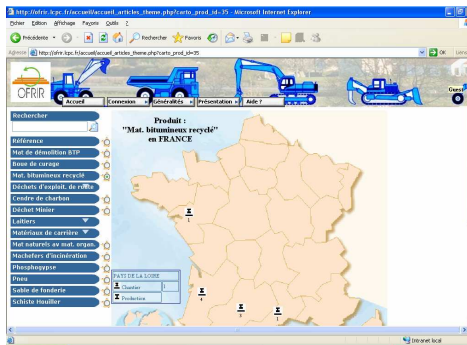
# LA DEFINITION D'UN CADRE DE TRAVAIL PARTAGE



APPROCHE ENVIRONNEMENTALE SYSTEMIQUE



**RESSOURCES?**  
**ORGANISATION**  
**CHANTIER?**  
**DUREES ?**



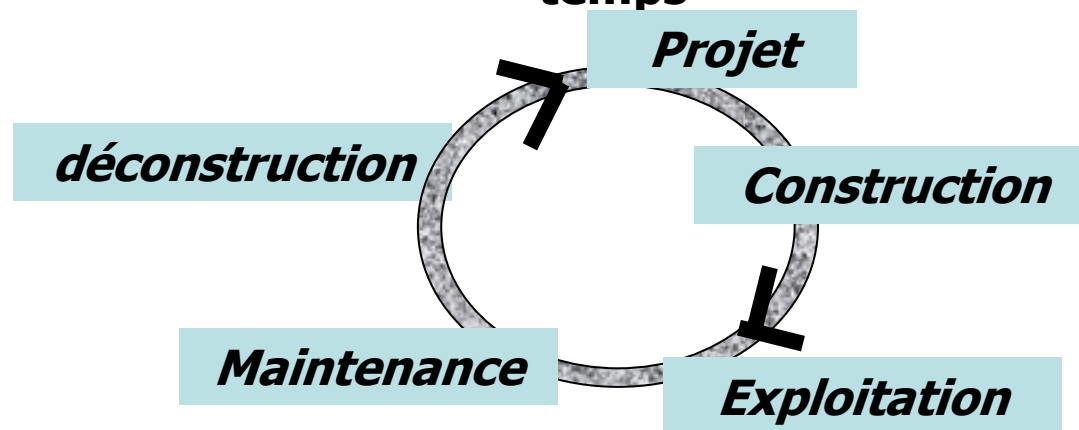
**Echelle pays**

<http://ofrir.lcpc.fr>

**Echelle locale**



**Echelles de temps**



# L'ANALYSE DE CYCLE DE VIE couches de chaussées (ACV)

CONSOMMATIONS?

REJETS?

RAP production

Drum mix plant

Environmental  
assessment

RECYCLAGE?

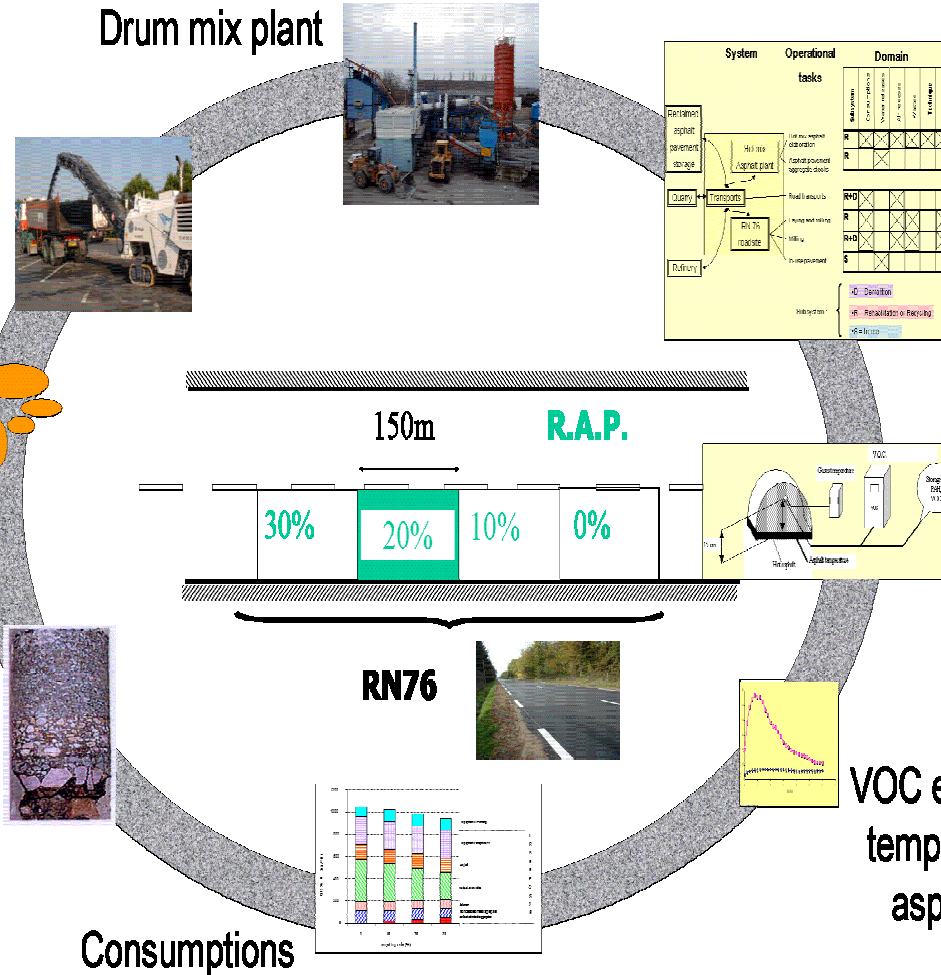
Airborne  
emissions  
measurements

Old pavement

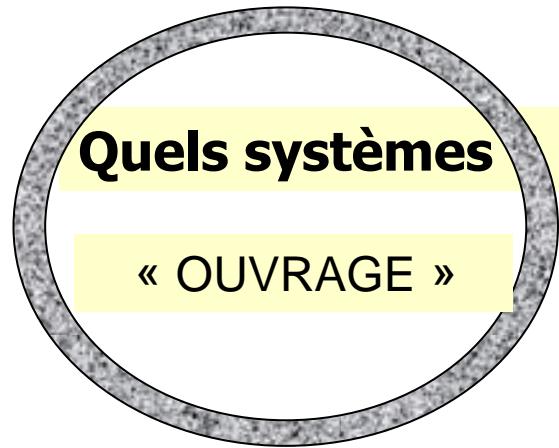
RN76

VOC emissions to air &  
temperature from hot  
asphalt pavement

Consumptions

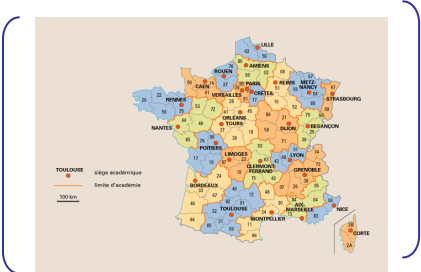






**des sous- systèmes**

*Quelles limites?  
Quelles distances?*



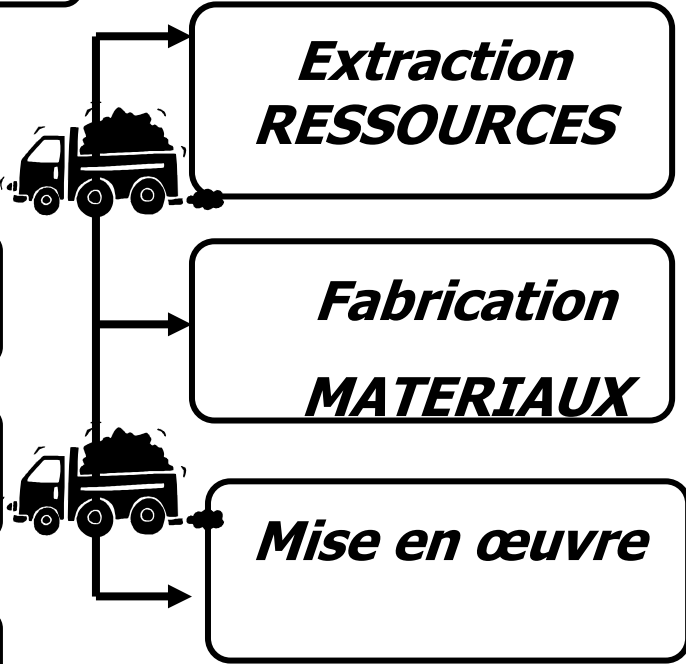
**DECONSTRUCTION**

PARAMETRES  
INFLUENTS

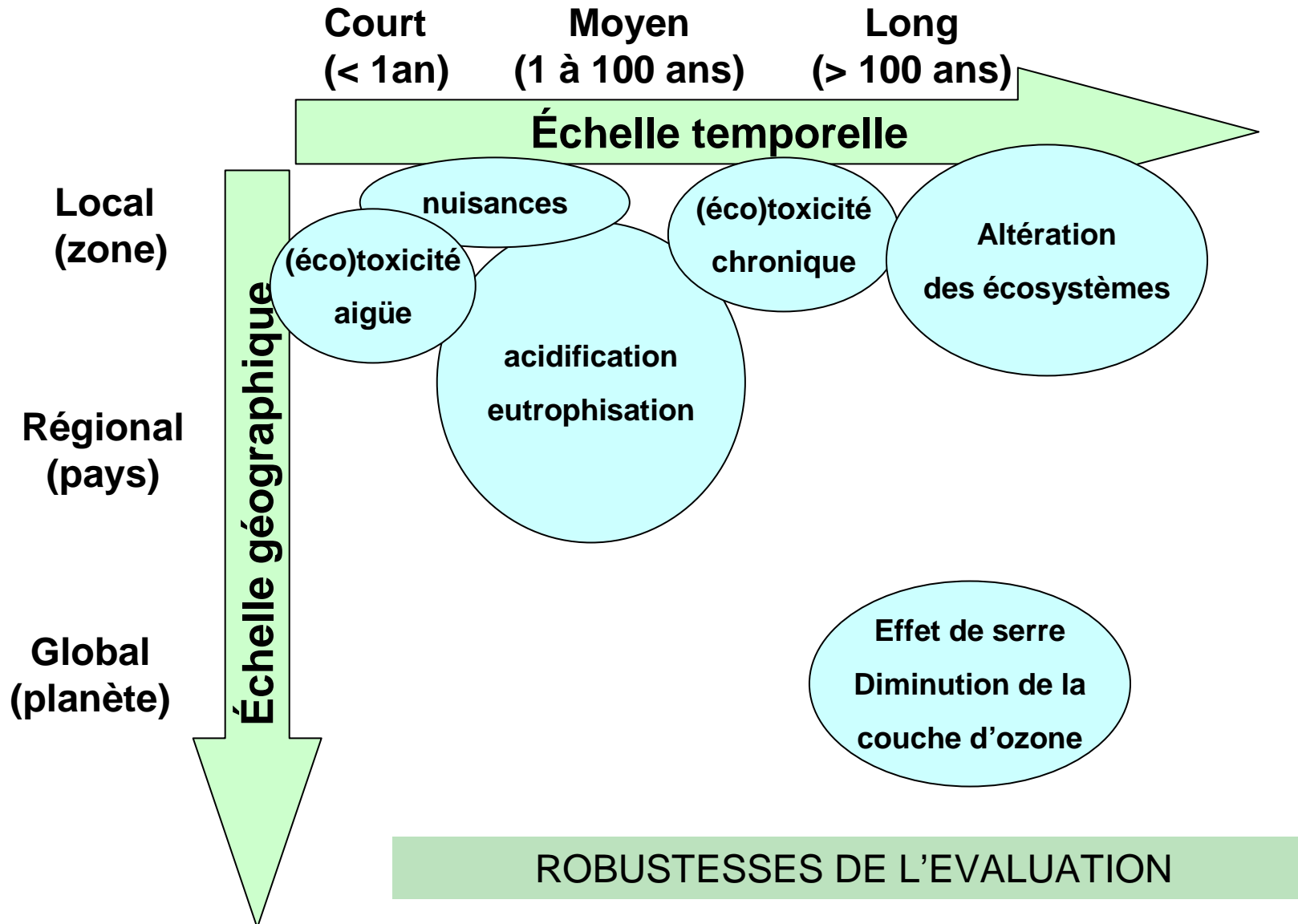
**CONSTRUCTION**

**MAINTENANCE**

**EN SERVICE**



# Quels indicateurs d'impact, et les échelles de temps?



## *Quelle optique pour une ACV ?*

- *A : évaluer des stratégies industrielles liées aux matériaux utilisés*
- *B : comparer des choix de matériaux (recyclés avec des matériaux neufs)*
- *C : constituer une base de connaissances environnementales et se poser des questions*

CHOIX D'UN JEU DE DONNEES, CHOIX D'UNE METHODE DE CALCUL

***Etape 1 : réflexions amont , questions  
au stade de la recherche, premières  
idées premiers résultats***

***Plusieurs thèses de doctorat lancées  
en parallèle***

**Tung HOANG :            Doctorat**

**novembre 2005**

**Collaboration avec JC Auriol -  
terrassements**



Laboratoire

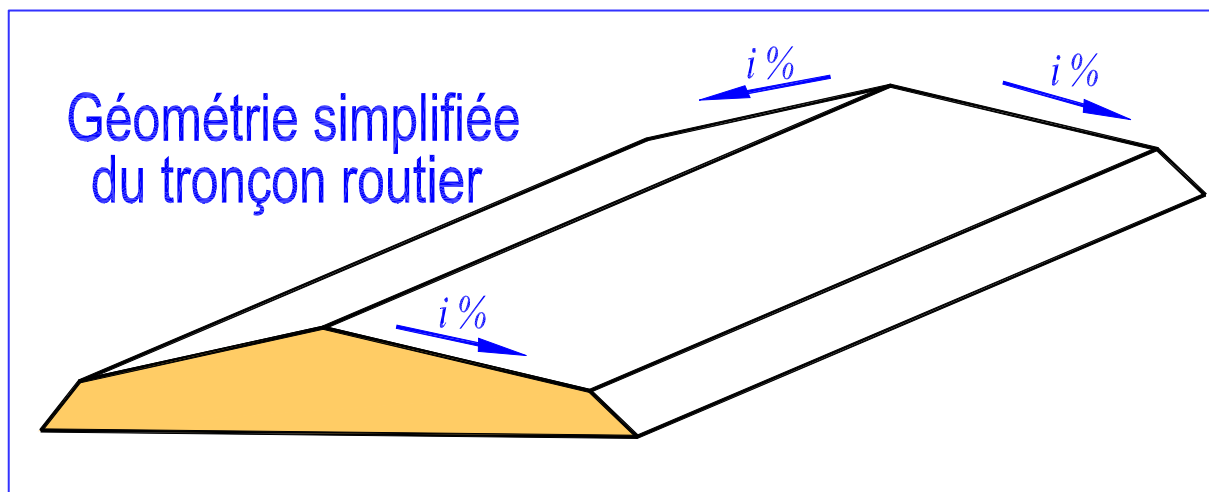
d'Économie des Transports

## Description de l'ouvrage

### Cahier des charge du tronçon routier



Trafic TC<sub>630</sub>, taux de croissance : 5%  
Durée de service : 30 ans

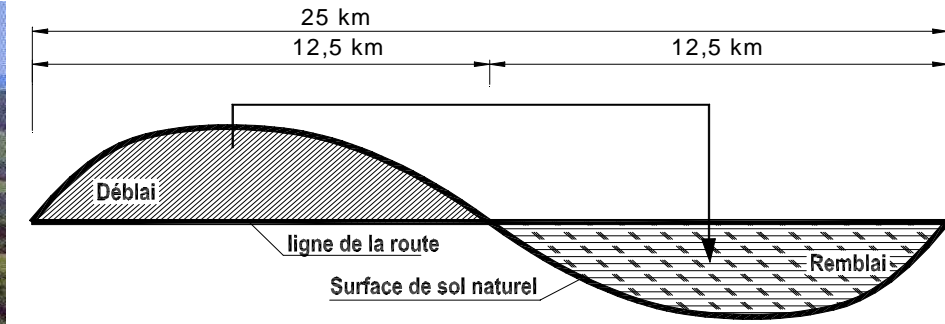


*Définition de cas types pour le modèle*

# Cas d'étude des terrassements (Ti)

Répartition des déblais - remblais

RG1



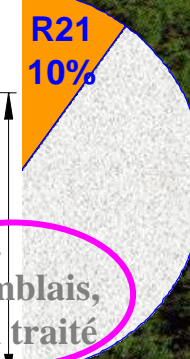
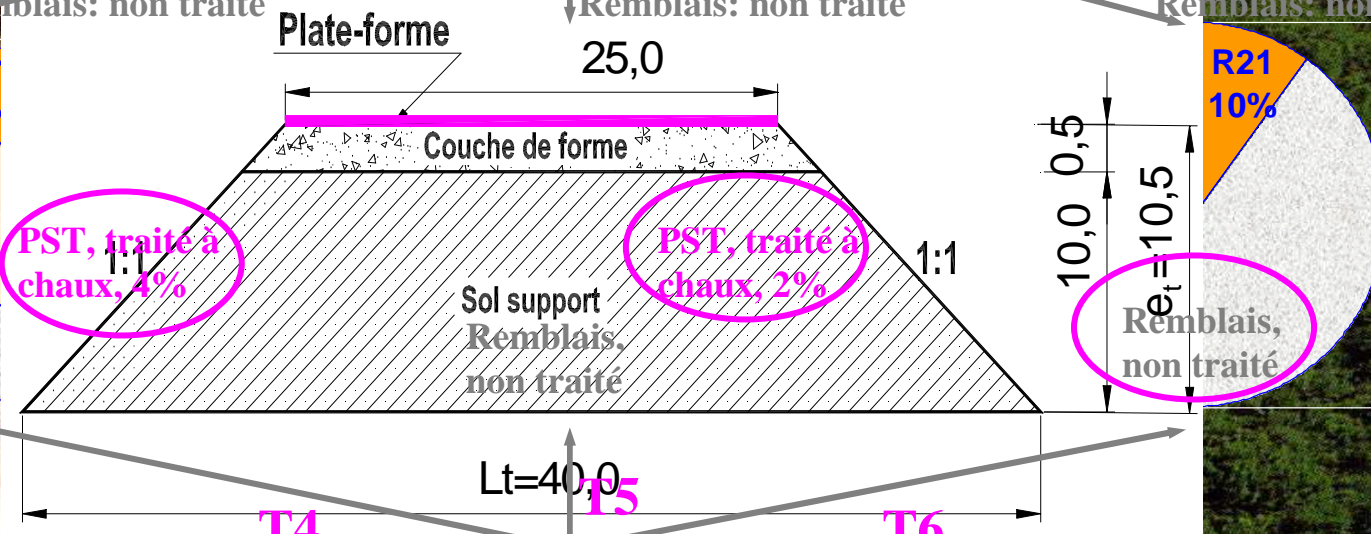
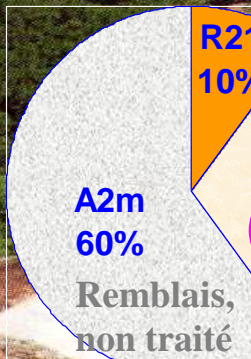
Remblais:  
150 000 m<sup>3</sup>/km,  
réutilisé 100%

Utilisation des matériaux

CF: traité au ciment 6%  
Remblais: non traité

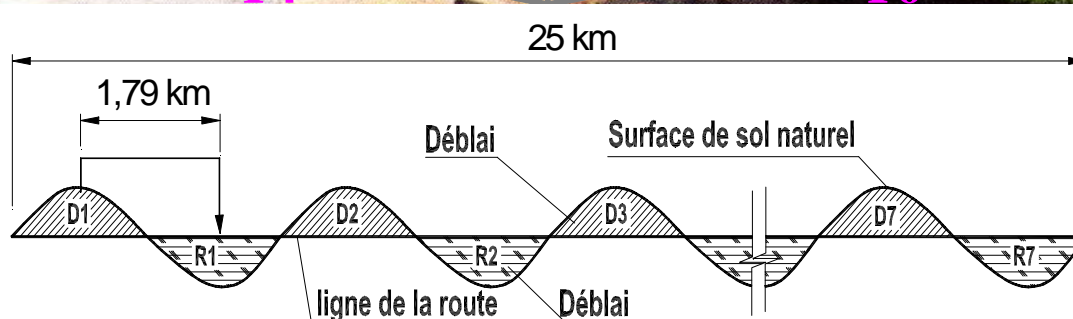
Profil en travers  
CF: traité au ciment 6%  
Remblais: non traité

CF: traité au ciment 6%  
Remblais: non traité

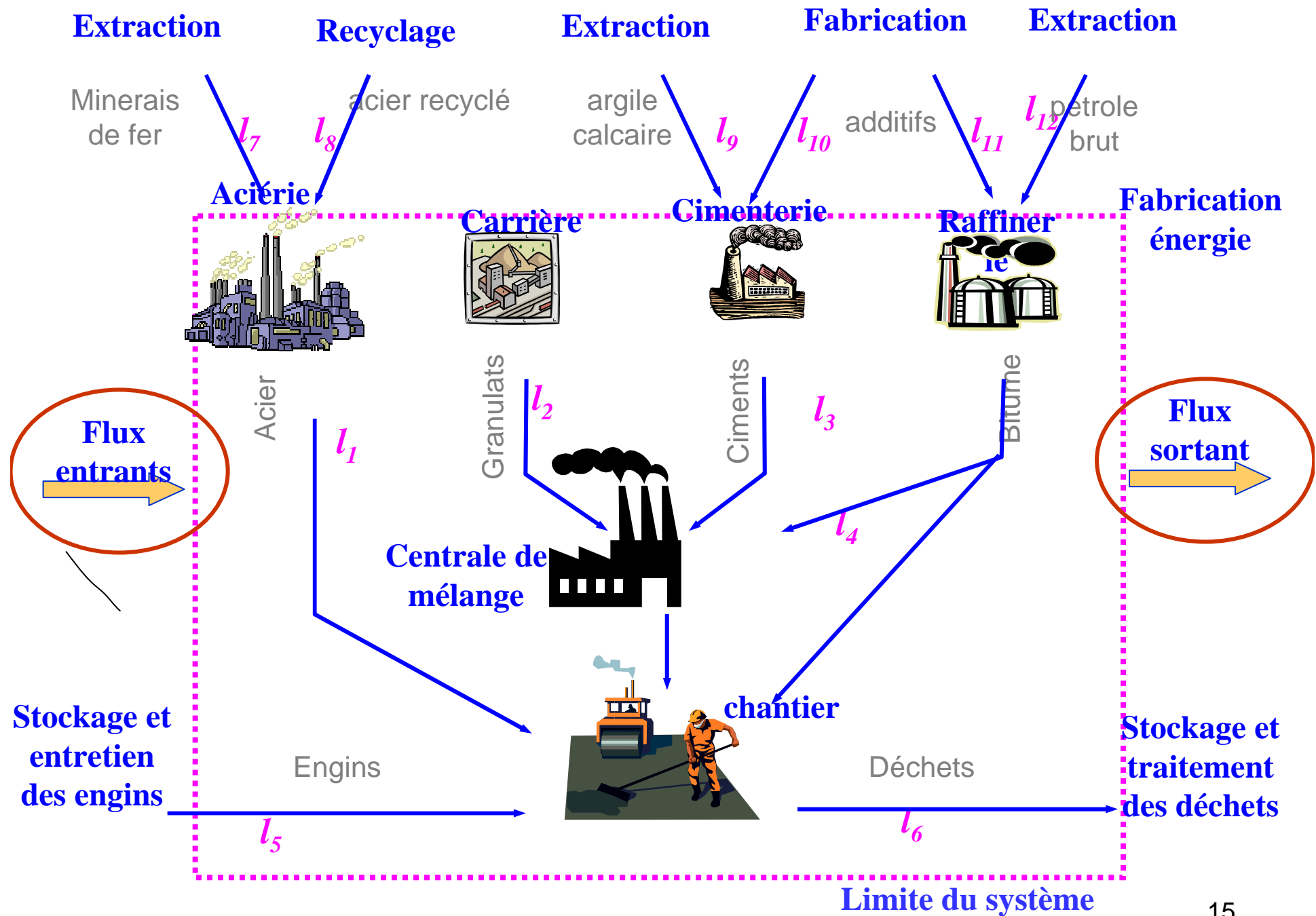


Répartition des déblais - remblais

RG2



Déblais:  
150 000 m<sup>3</sup>/km,  
réutilisé 100%

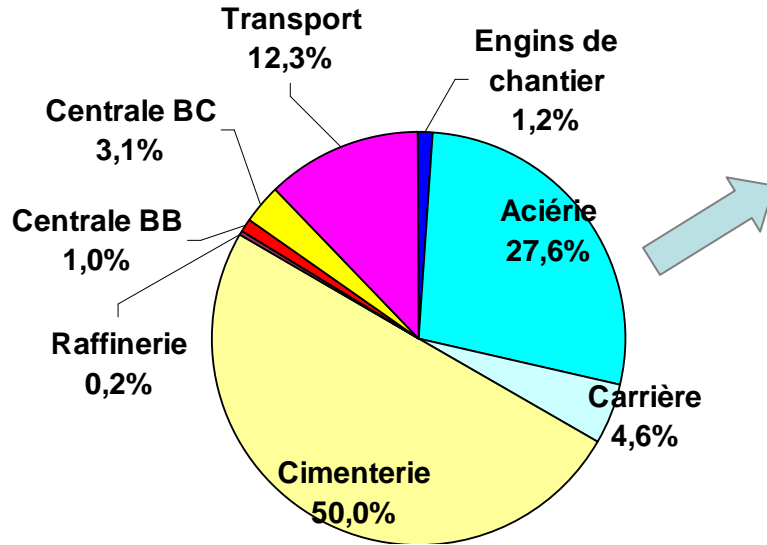


$l_i$ : distance de transport

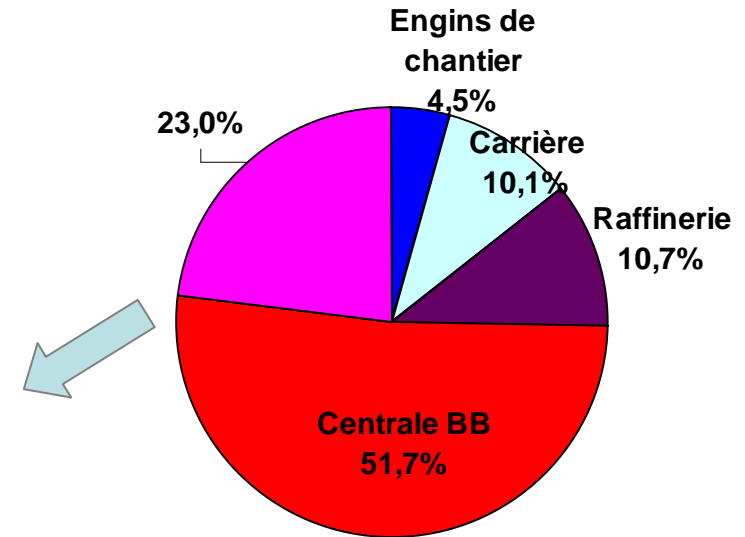
*Évaluation d'inventaire des procédés par les modèles.*

# Étude des procédés significatifs

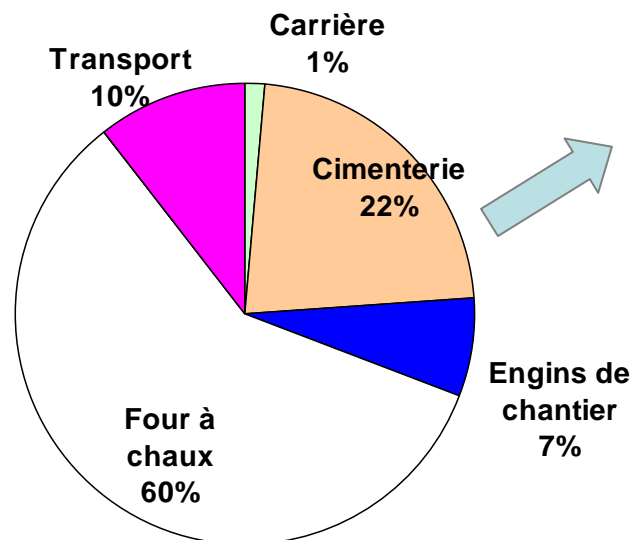
Consommation d'énergie : contribution des procédés  
Chaussée Exp. Cas C4



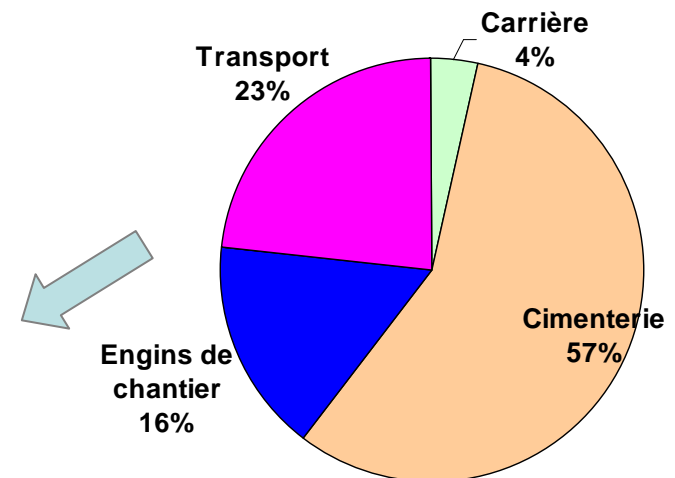
Chaussée Exp. Cas C6



Terrassement - Cas T1



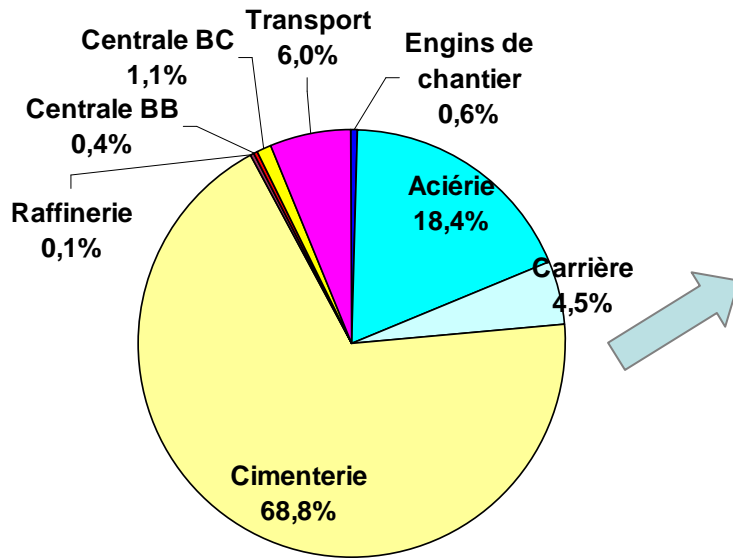
Terrassement - Cas T3



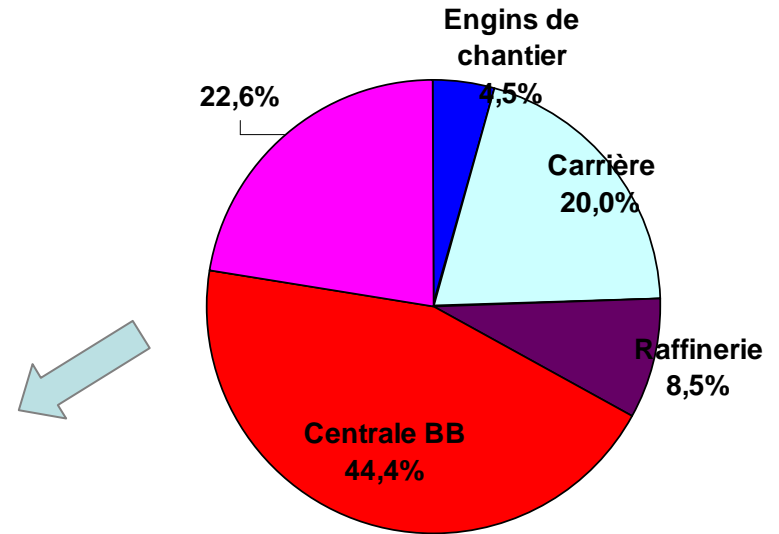


# Flux sortants CO<sub>2</sub> : contribution des procédés

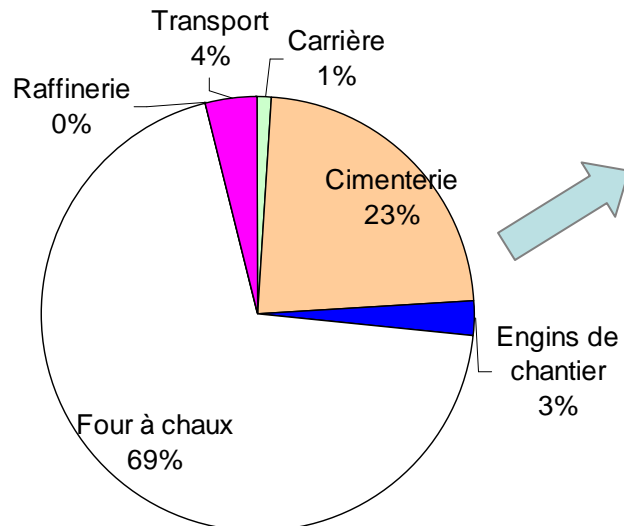
## Chaussée Exp. Cas C4



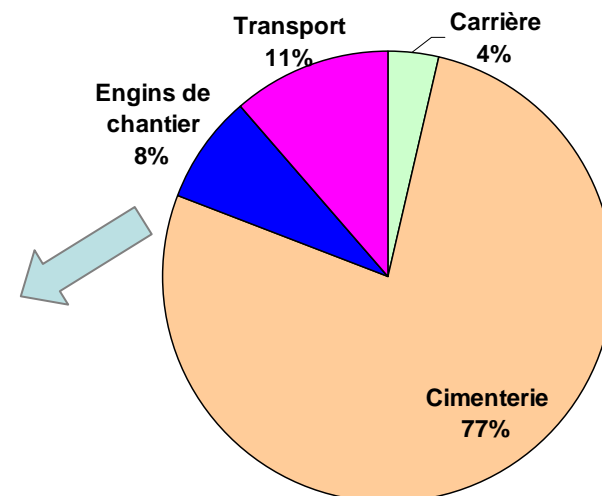
## Chaussée Exp. Cas C6



## Terrassement - Cas T1



## Terrassement - Cas T3



*La présence des procédés influence les flux. Et du temps?*

## Conclusions Etape 1

- besoin d'outils métiers qui se fondent sur l'ACV
- conserver des approches au cas par cas
- besoin de données dédiées génie civil

Distinction par type de procédé

## ***Etape 2 : points à l'étude***

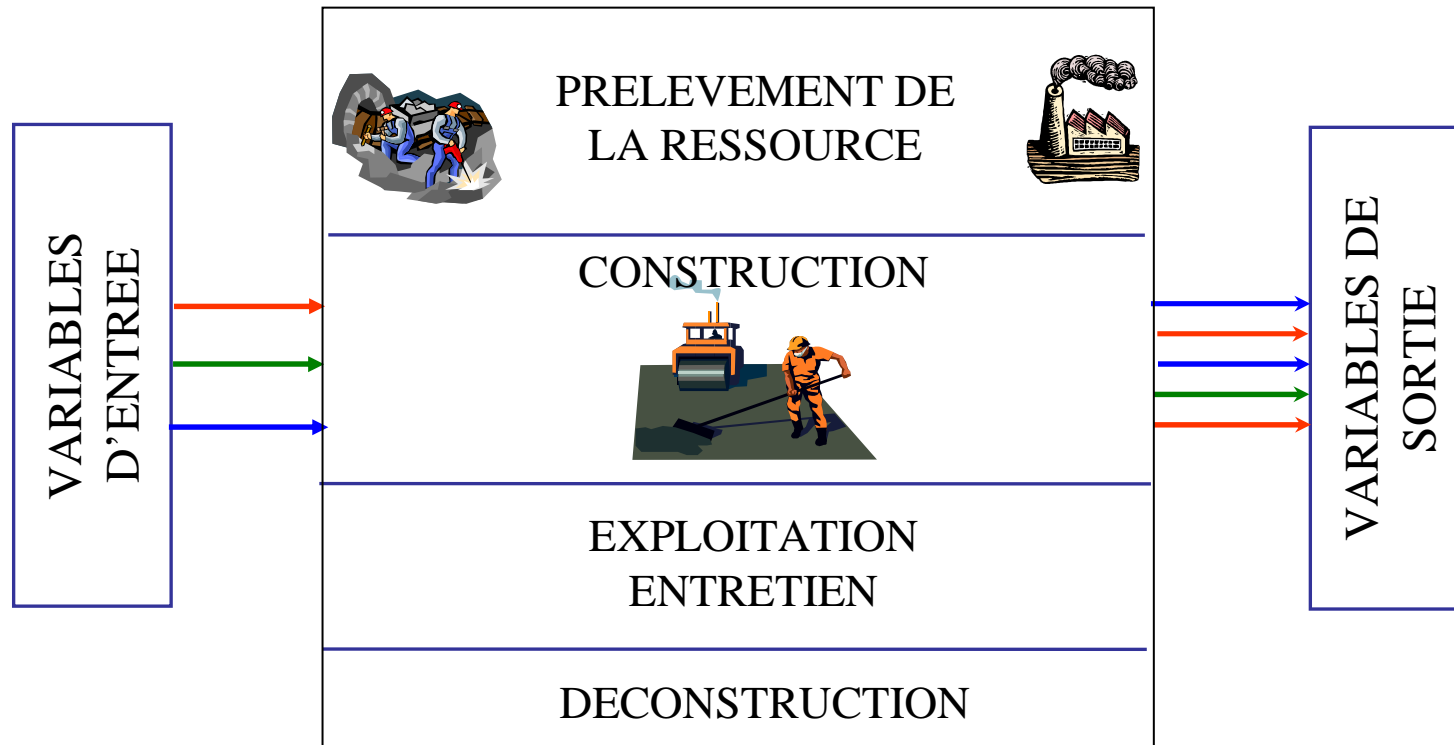
### ***Opérations de recherches du LCPC***

Données procédés sur les matériaux (Granulats, liants )

Données fines en phase travaux (zone interne au chantier)

Découpage du système environnemental interne à la zone de travaux pour paramétrer

# DES OUTILS DEDIES D'EVALUATION ENVIRONNEMENTALE

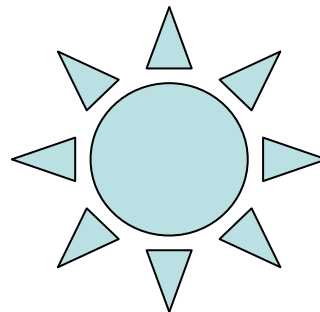


## FLUX (MRElémentaire)

*mesures d'évitements*

*matériaux*

*structure (trafic)*



## IMPACTS (MRAssemblés)

*milieu écologique*

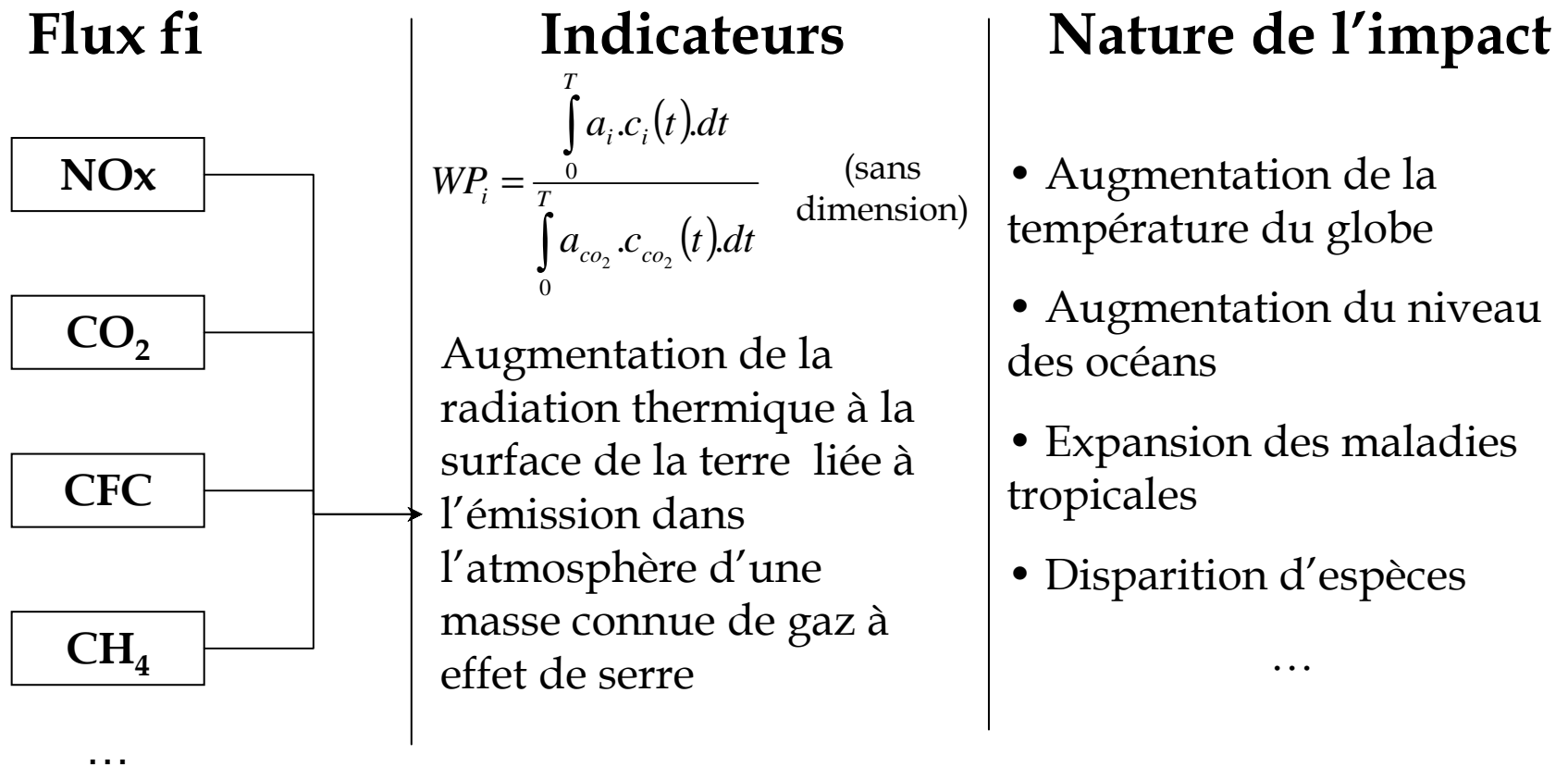
*milieu physique*

*milieu humain*

# FLUX et INDICATEURS d'IMPACTS

ACV : pour une catégorie d'impact A :  $I_A = \sum_i C_i \cdot a_i \cdot f_i$

*Détails: catégorie d'impact d'effet de serre*




$$GWP = \sum_i WP_i \cdot a_i^{GWP} \cdot f_i \quad (\text{kg éq CO}_2)$$

MEECCA

Fichier

# Bienvenue sur MEECCA®



**Module d'évaluation Environnementale de l'Entretien et de la Construction des Chaussées**  
méthode des modules routiers

**FIN 2008**  
**Approche**  
**par couche**

MEECCA - casn\*3

Fichier

Définition du cas d'étude    Résultat

Les Hypotheses    Consommation matériaux    Energie    Eau    Effet de serre    Inventaires

### Effet de serre

Indicateur GWP Unitaire par procédé (Kg eq.CO2/Tonne)

acide	acier	bitume	enginsC	enginsD	enrobe_bitumineux	granulats	transport
	457,931624	227,464111	2,735966832	2,735966832	11,0966666666667	1,782301	1,03966739616

#### Resultat final par couche

#### Resultat final par entretien (Année)

#### Total (Pour toutes les couches et années)

Quitter

Accueil - Carrière Durable

Echier Aide

LCPC Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

# Module d'élaboration des granulats

Version 2.0.0.0



Descriptif site Simulation

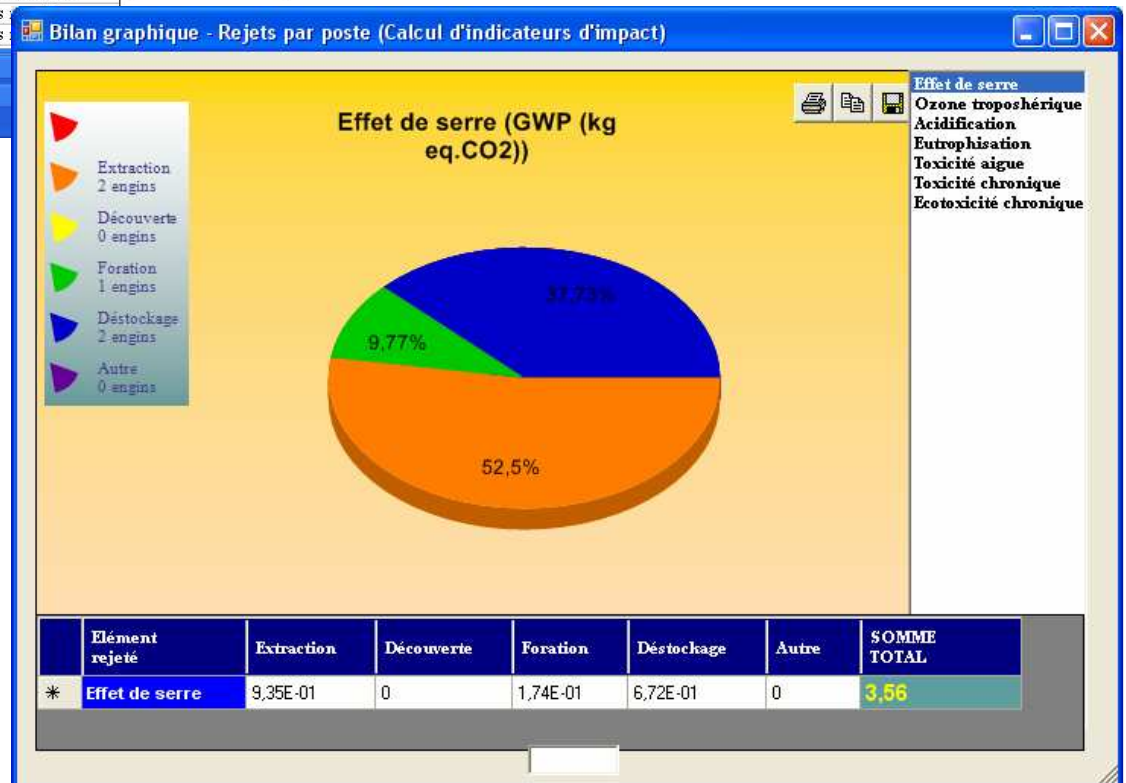
Nouveau site Supprimer

Société	Type
Carrière de clere	Roches massives
Site n°1	Roches massives
Site n°2	Roches meubles
Site n°3	Roches
site n°3 recomposition	Roches

Aide

2009

Approche par site



## Conclusions Etape 2

Hypothèse de développement d'outils métiers pour les terrassements qui combinent les approches produits et de site déjà mises en place

Sur les chaussées et les carrières



## **BILAN ACTUEL DES REFLEXIONS**

**CHAQUE CALCUL ENVIRONNEMENTAL PEUT REVELER UN IMPREVU  
(l'intuition ne fonctionne pas forcément)**

**TOUTES LES SOLUTIONS NE SONT PAS FORCEMENT BONNES  
POUR TOUS LES INDICATEURS (recherche de compromis)**

- **Des PROGRES SERONT FAITS SI LES INTERFACES ENTRE  
LES ACTEURS SONT PRISES EN COMPTE dans les outils**
- **Des EXPERIMENTATIONS DE TERRAIN sont nécessaires**

## Thèses et Post-doc

- Tung HOANG, 3 novembre **2005**. Tronçons autoroutiers : une méthodologie de modélisation environnementale et économique pour différents scénarios de construction et d'entretien, financement LCPC, *thèse ECN-Université de Nantes, 322 p. Co direction Y Crozet /LET, A Jullien LCPC*
  - [http://media.lcpc.fr/ext/pdf/theses/rou/tung\\_hoang.pdf](http://media.lcpc.fr/ext/pdf/theses/rou/tung_hoang.pdf)
- Régis PARANHOS, 8 mars **2007**. Approche multi-échelles des émissions d'un procédé d'élaboration des enrobés à chaud, **co-financement CNpQ Brésil-LCPC**, *thèse Université de Rouen. Co-Direction JC Sautet/CORIA, A Jullien / LCPC*
  - [http://media.lcpc.fr/ext/pdf/theses/rou/throu\\_paranhos.pdf](http://media.lcpc.fr/ext/pdf/theses/rou/throu_paranhos.pdf)
- Shahinaz SAYAGH, 12 déc. **2007**. Approche multicritère de l'utilisation de matériaux alternatifs dans les chaussées. **Co-financement ADEME-LCPC**, *thèse ENPC-MODES, 219 p. Direction A Jullien/LCPC*
  - [http://media.lcpc.fr/ext/pdf/theses/rou/these\\_sayagh.pdf](http://media.lcpc.fr/ext/pdf/theses/rou/these_sayagh.pdf)
  - [http://media.lcpc.fr/ext/pdf/theses/rou/these\\_sayagh-annexes.pdf](http://media.lcpc.fr/ext/pdf/theses/rou/these_sayagh-annexes.pdf)
- Thomas MARTAUD, éé OCT **2008**. Evaluation environnementale de la production des granulats naturels en exploitation de carrière – indicateurs, modèles, outils. Financement LCPC, *thèse Université d'Orléans, 218p. Co Direction C Proust/ISTO, A Jullien/ LCPC*
  - *Soutenance Le 22 octobre 2008 à Orléans*
- Charlotte MARTIN, **2004**. Analyse multicritères, milieu urbain.
- Cédric DURAND, **2005**. Retour d'expérience du recyclage dans les ouvrages routiers. (projet CAREX)