

# Renforcement ciblé du réseau

---

## un exemple de bilan socio-économique

**Maxim PEVERI**

**CGDD/SEEI/MA1**

**6/10/2016**

**Présenté par André LEUXE**

**DGITM**

Crédit photo : Arnaud Bouissou/MEEM



# Introduction

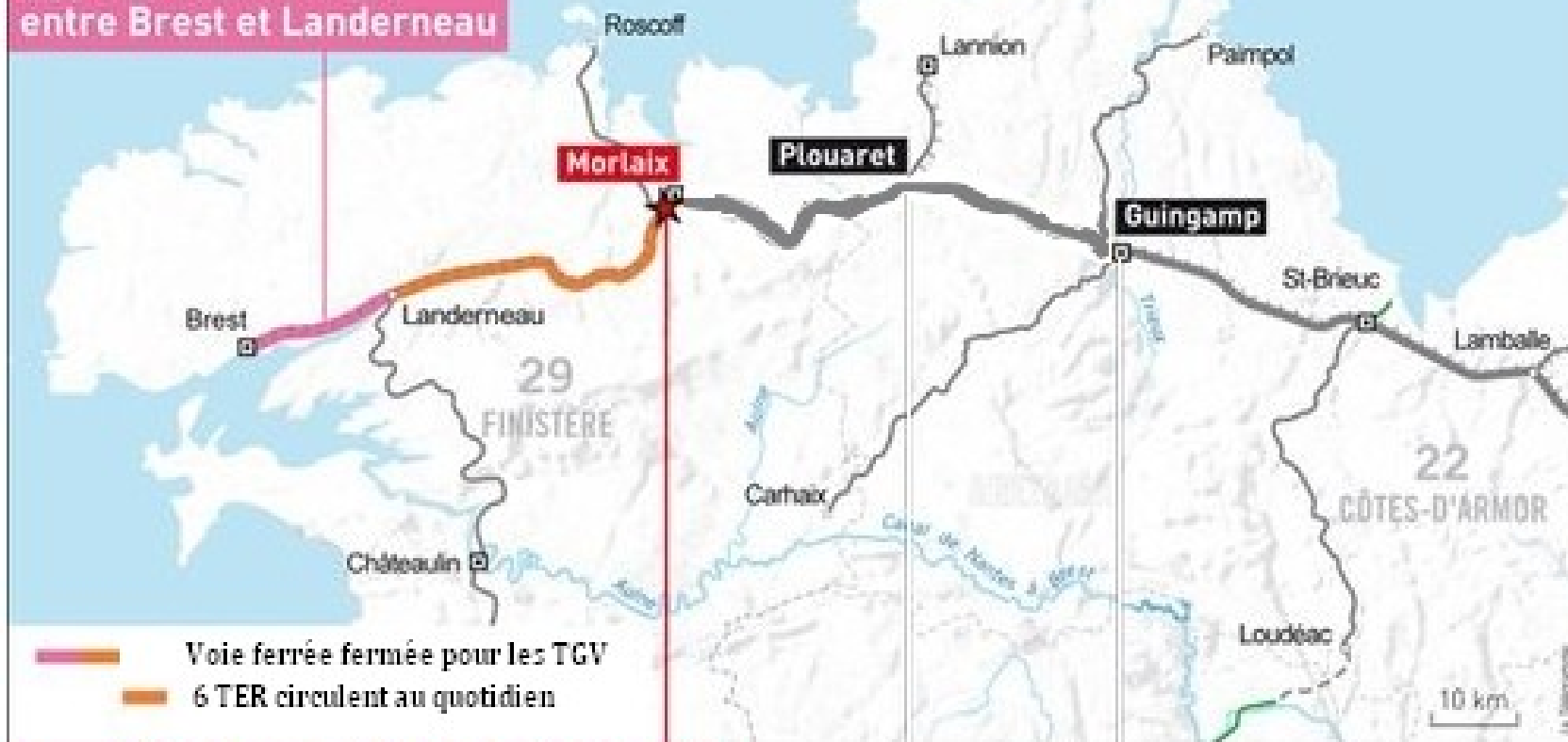
- Cas pratique : Un bilan socio-économique d'un scénario de coupure fictif, l'autoroute A8
- Application du cas pratique à une analyse d'opportunité de renforcement d'infrastructure à risque.

# Coupure d'un axe ferroviaire (inspiré d'un événement historique)



➤ **Le dispositif mis en place par la SNCF**

Les TER fonctionnent entre Brest et Landerneau



**Éboulement à Morlaix côté droit de la voie en direction de Brest**



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Ministère  
de l'Environnement,  
de l'Énergie  
et de la Mer

# Éléments de contexte et choix de modélisation

- Coupure d'une portion de voie ferrée le 25 janvier 2013.
- 2 mois de réduction de l'offre
- Réaction de la collectivité
  
- 3 types de jours ont été modélisés pour prendre au mieux en compte la demande
- Pas d'évolution de génération ni de distribution.



# Bilan ex-post de la coupure

- Impact limité grâce aux bus ajoutés
- En train régional : l'axe Morlaix-Brest comptabilise en moyenne 30 000 voyages par mois (hors été) et autour de 300 000 voyages par an. (Source Aristote, comptage des validations tickets)
- Les données de trafic pour le TGV (Train à Grande Vitesse) longue distance n'ayant pas pu être obtenus pour ce travail, une estimation des trafics est réalisée par modélisation.

Trafic moyen par jour	Sens Paris	Sens Brest
Réduction du nombre de passagers	-21%	-23%

Figure 2: Trafic moyen par jour en TGV et TER Longue distance uniquement (Source : Simulation Modev, CGDD)

*Travail en cours. Chiffres non stabilisés*

La diminution des voyageurs utilisant le mode ferroviaire sur se fait en faveur du mode routier (75%) et aérien (25%).

# Résultats socio-économiques

- Perte globale de 6.5M€<sub>2013</sub>
- La majorité du coût provient de la perte de temps subie par les usagers : 4M€<sub>2013</sub>
- Faible augmentation des externalités environnementales estimée à 300K€<sub>2013</sub>
- Des transferts entre acteurs :
  - Les Sociétés concessionnaires d'autoroutes ont un bilan positif 90k€<sub>2013</sub> :
    - Profitent des péages
    - Supportent l'usage supplémentaire de l'infrastructure
  - Les opérateurs ferroviaires :
    - Subissent une perte de recette (diminution du trafic)
    - Économisent les coûts d'exploitation.
    - Le bilan de 380k€<sub>2013</sub> pour l'Autorité organisatrice des transports
    - L'estimation – très approximative faute de données de calage sur la ligne – fait apparaître une perte nette de l'ordre du million d'euros (1,8M d'après nos calculs) pour la SNCF au cours des deux mois de coupure.
- Le coût de l'usure des routes dont la charge est à la collectivité est compensé par la TICPE.

| Travail en cours. Chiffres non stabilisés

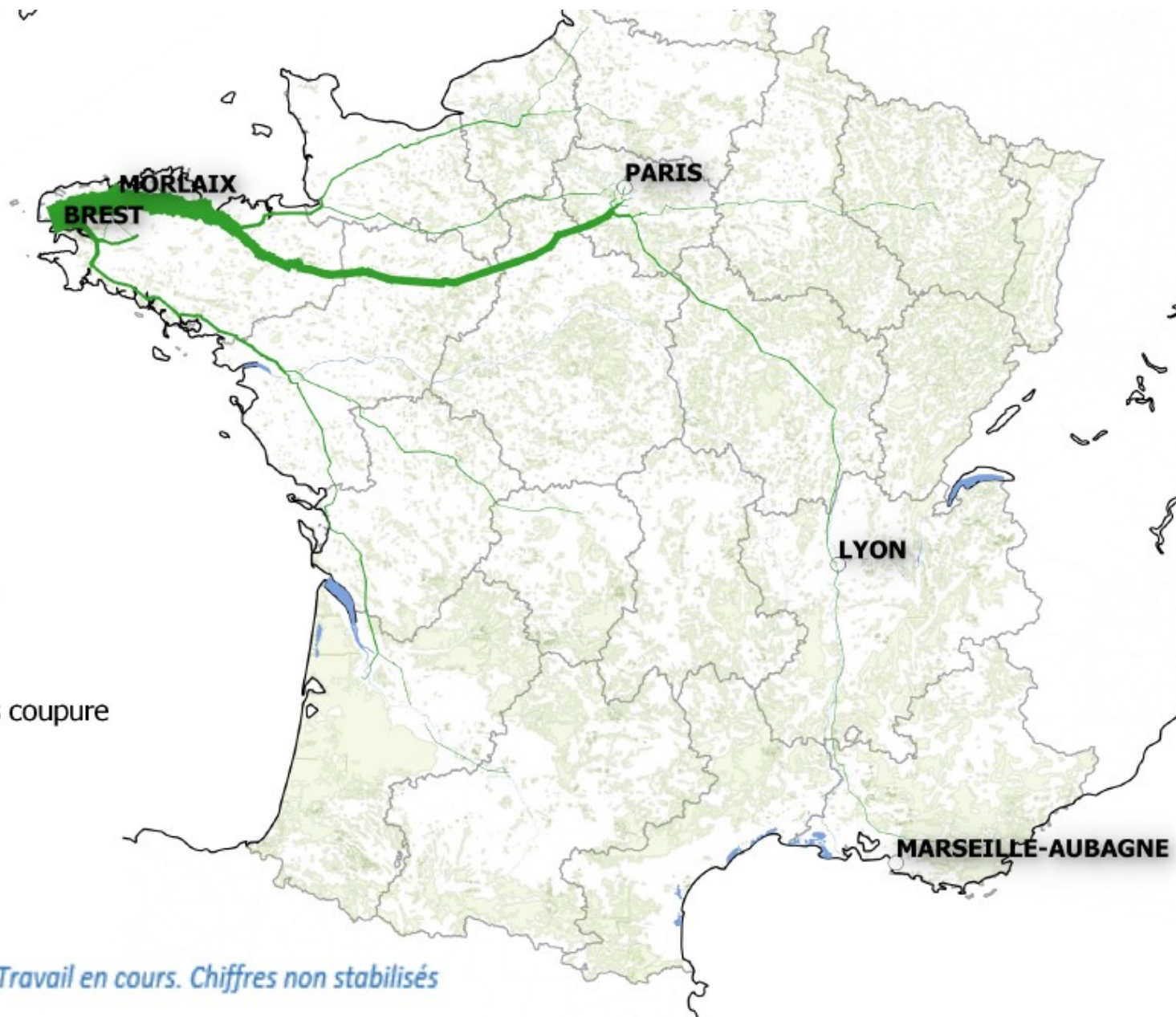


# Evolution du trafic ferroviaire en déplacements supplémentaires par jour

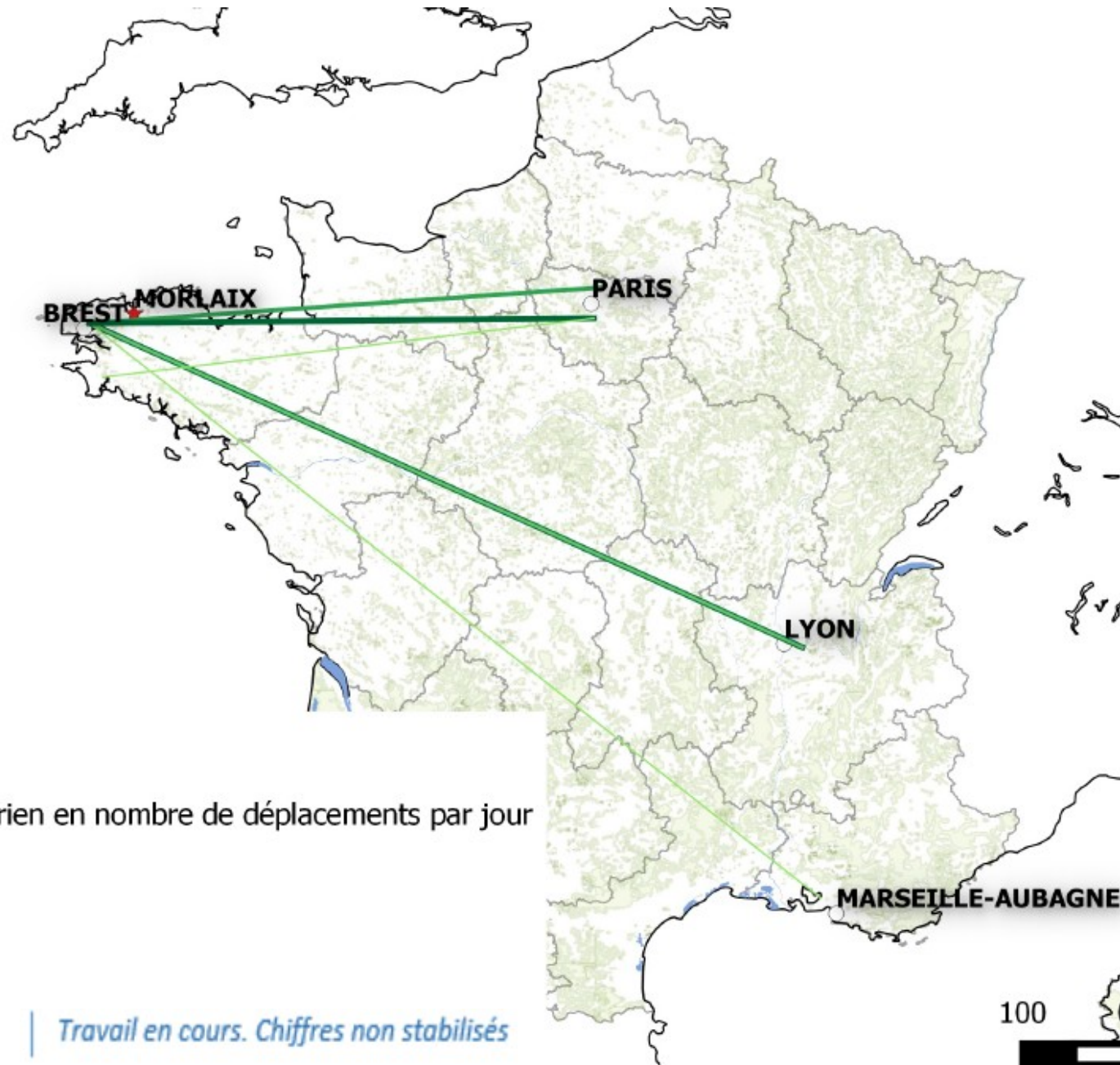




# Evolution du trafic routier en VP (induite par le report modal) en véhicule supplémentaire par jour



# Evolution du trafic aérien (induite par le report modal), en déplacements supplémentaires par jour



## Légende

Evolution du trafic aérien en nombre de déplacements par jour

- 1 - 8
- 8 - 27
- 27 - 42
- 42 - 56
- 56 - 71

Travail en cours. Chiffres non stabilisés

100

# Coupure de l'A8 à Nice (bilan direct d'une coupure)



# Contexte local

- Nice région sismique
- Le pont du Var :
  - infrastructure non parasismique
  - trafic très important (jusqu'à 140 000 véhicules jours en été)
  - 1 des 3 franchissements du Var (+ pont Napoléon III et le pont St Isidore)

Trafic modélisé :

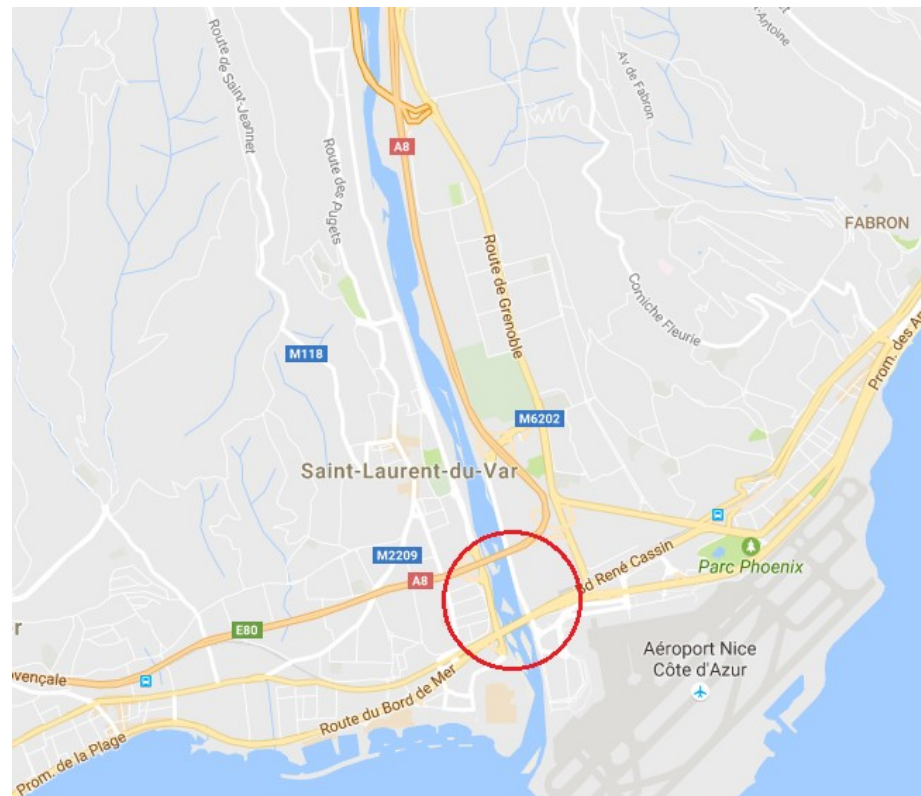
Type de véhicule	Trafic moyen en été sur le pont
Trafic local (VL+PL)	41 000
PL longue distance	7 000
VL longue distance	45 000
Total	93 000

*Travail en cours. Chiffres non stabilisés*

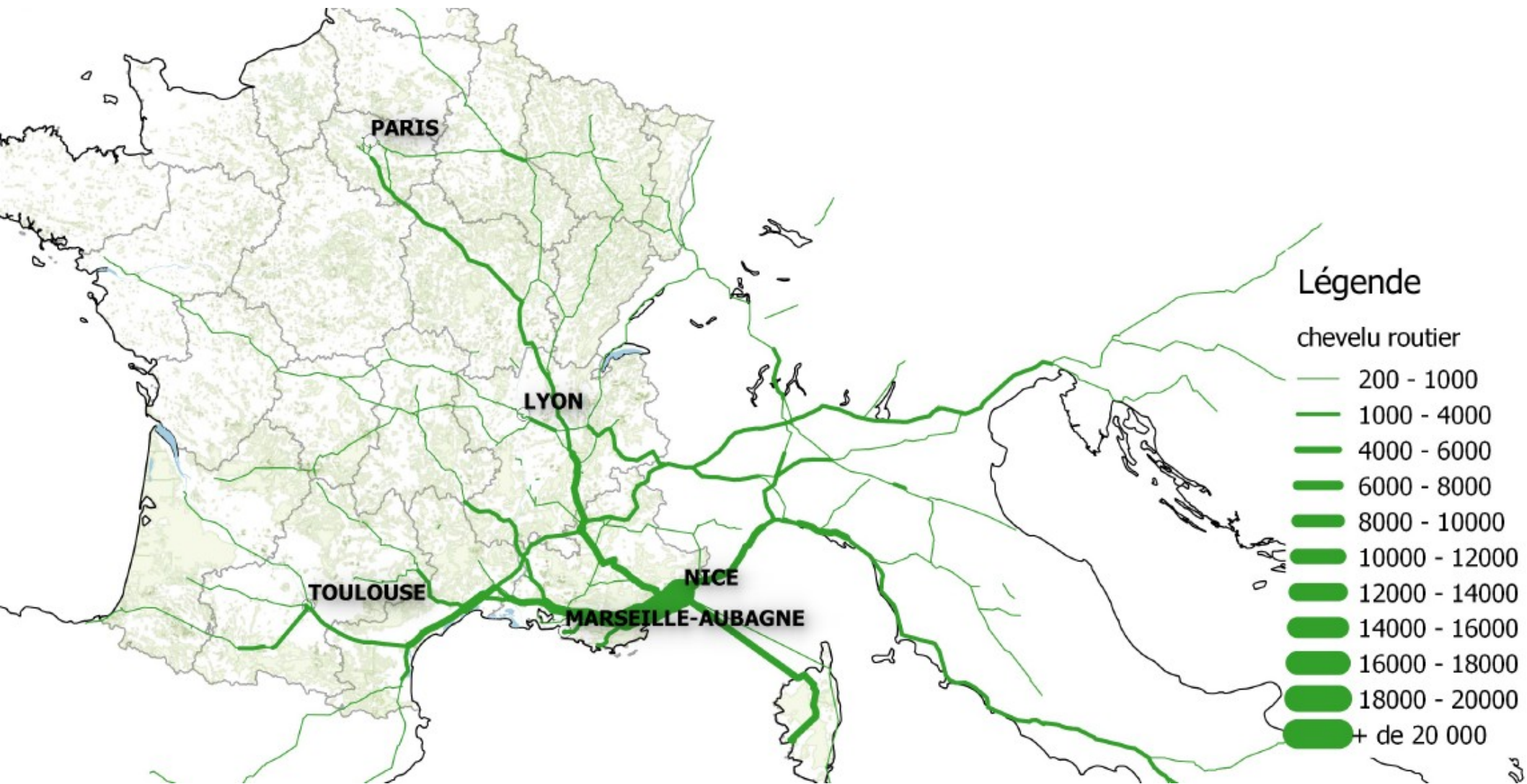


# Hypothèse et choix de la coupure

- La période de modélisation correspond à deux mois d'été (plus précisément du lundi 25 juin au 1er septembre 2015)
- Les deux ponts adjacents sont coupés

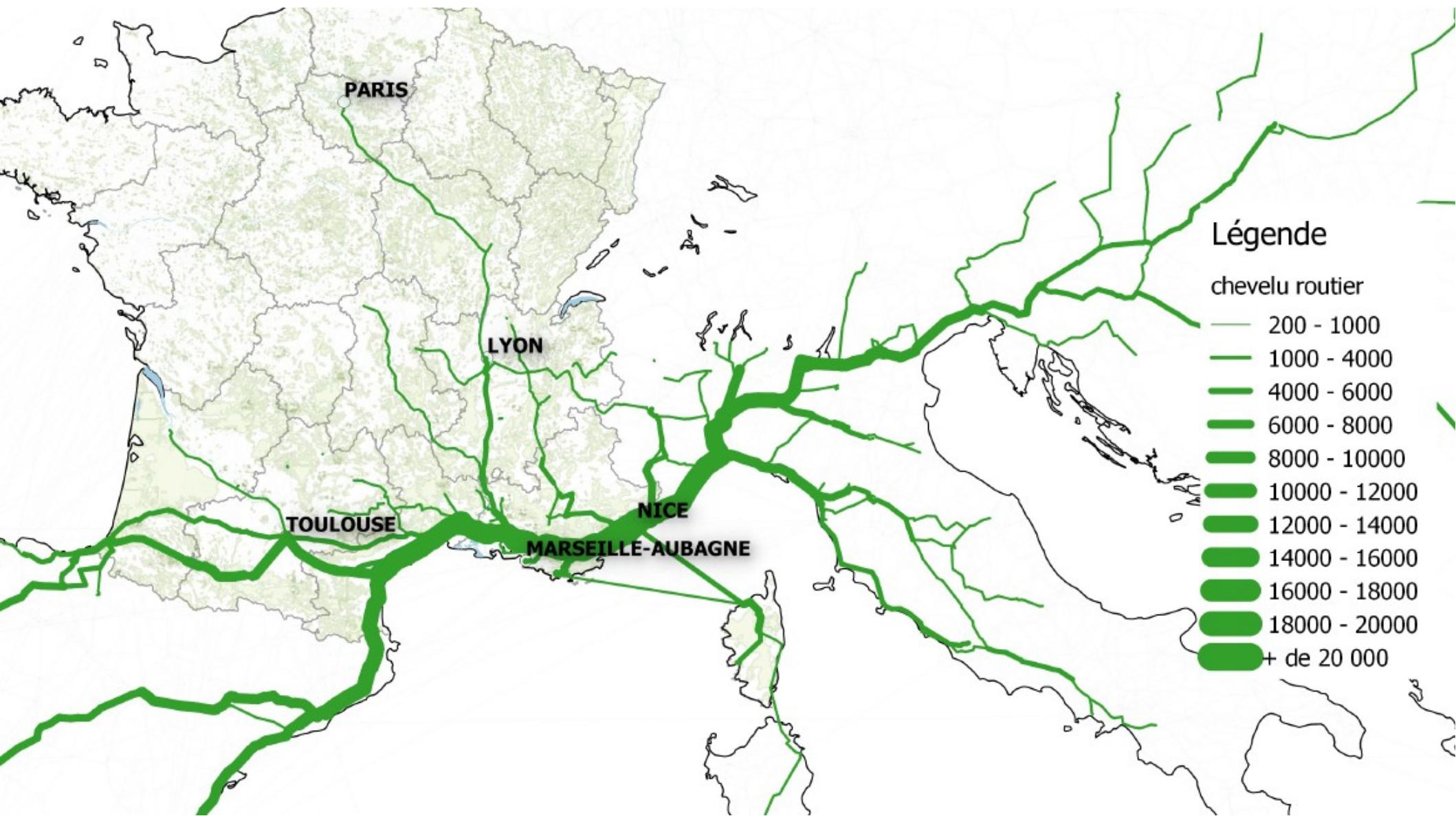


# Itinéraires empruntant l'A8 VL





# Itinéraires empruntant l'A8 PL



# Hypothèse et choix de la coupure

- Choix du pont du Var : ouvrage critique au sens du guide Sétra de **Maîtrise des risques**

Le niveau des conséquences est lié à « l'importance » de l'ouvrage, évaluée par 5 éléments :

En particulier, on évalue un indice socio-économique (ISE) défini par :  
 $ISE = A + B + C + D$  avec :

**A : importance stratégique de l'itinéraire porté par l'ouvrage (notée de 1 à 5)**

**B : niveau de trafic (1 à 5)**

**C : valeur patrimoniale de l'ouvrage (1 à 5)**

**D : conséquences d'une réduction du niveau de service, notamment existence ou non d'un itinéraire de substitution (1 à 5)**

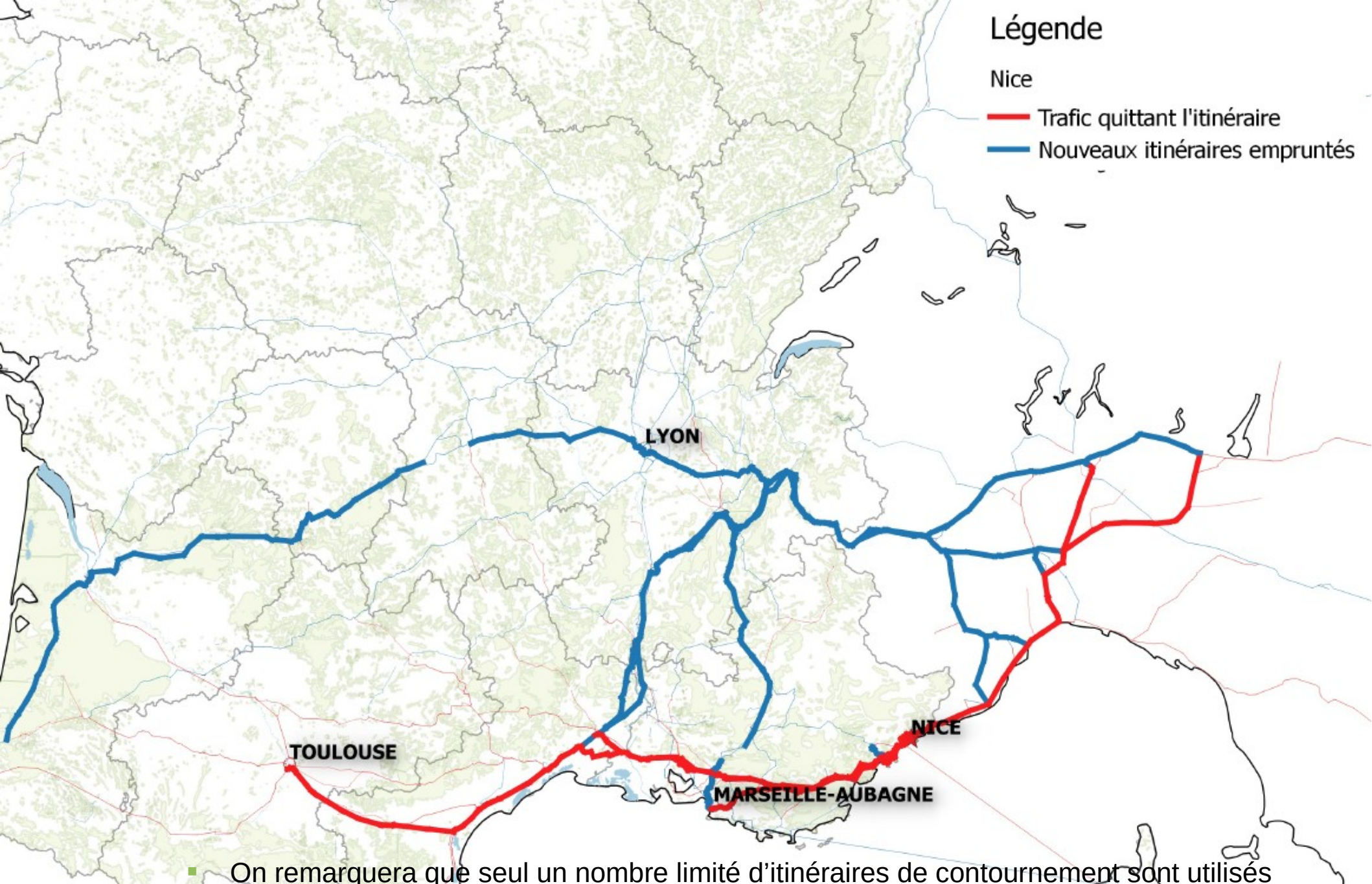
# Coûts étudiés

- **La collectivité :**
  - Les coûts supportés par des tiers impactés
  - les coûts environnementaux
  - les coûts induits auprès d'autres usagers/opérateurs de réseaux (« effet domino »).
  - Coûts d'opportunité

- Impact de la coupure sur le trafic de fret
- Impact de la coupure sur le trafic de longue distance
- Impact de la coupure sur le trafic de courte distance







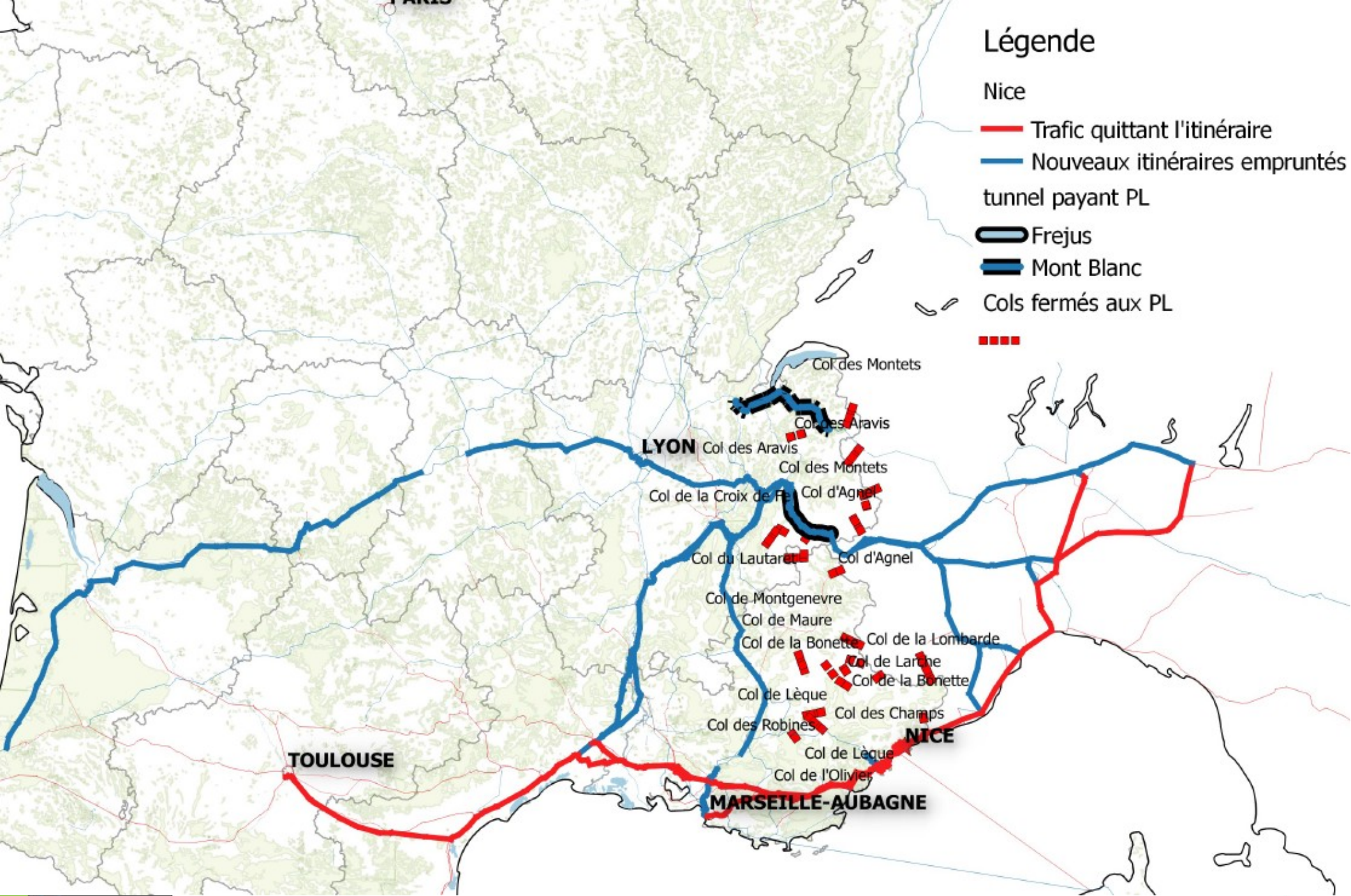
- On remarquera que seul un nombre limité d'itinéraires de contournement sont utilisés et que des impacts à très longue distance apparaissent, cela s'explique par la fermeture à la circulation poids lourds d'un grand nombre de cols alpins.



# Légende

Nice

- Trafic quittant l'itinéraire
- Nouveaux itinéraires empruntés
- tunnel payant PL
- Frejus
- Mont Blanc
- Cols fermés aux PL





# Impact socio-économique de la coupure sur le fret

<b>Postes de coût</b>	
Terme kilométrique (hors péages)( hors TICPE)	1 064 000
Terme horaire ( EUR )	7 263 000
Terme journalier (CV + CS) ( EUR )	2 982 000
Coût du temps (chargeur)	657 321
Usure de l'infrastructure	2 823 000
Sécurité	1 782 000
CO2	513 000
COFP+ PFRFP (sur usure hors autoroutes et TICPE)	72 000
<b>Postes de gain</b>	
Nuisances Sonores	-1 295 000
Pollution locale	-8 702 000
<b>Bilan</b>	<b>7 159 321</b>

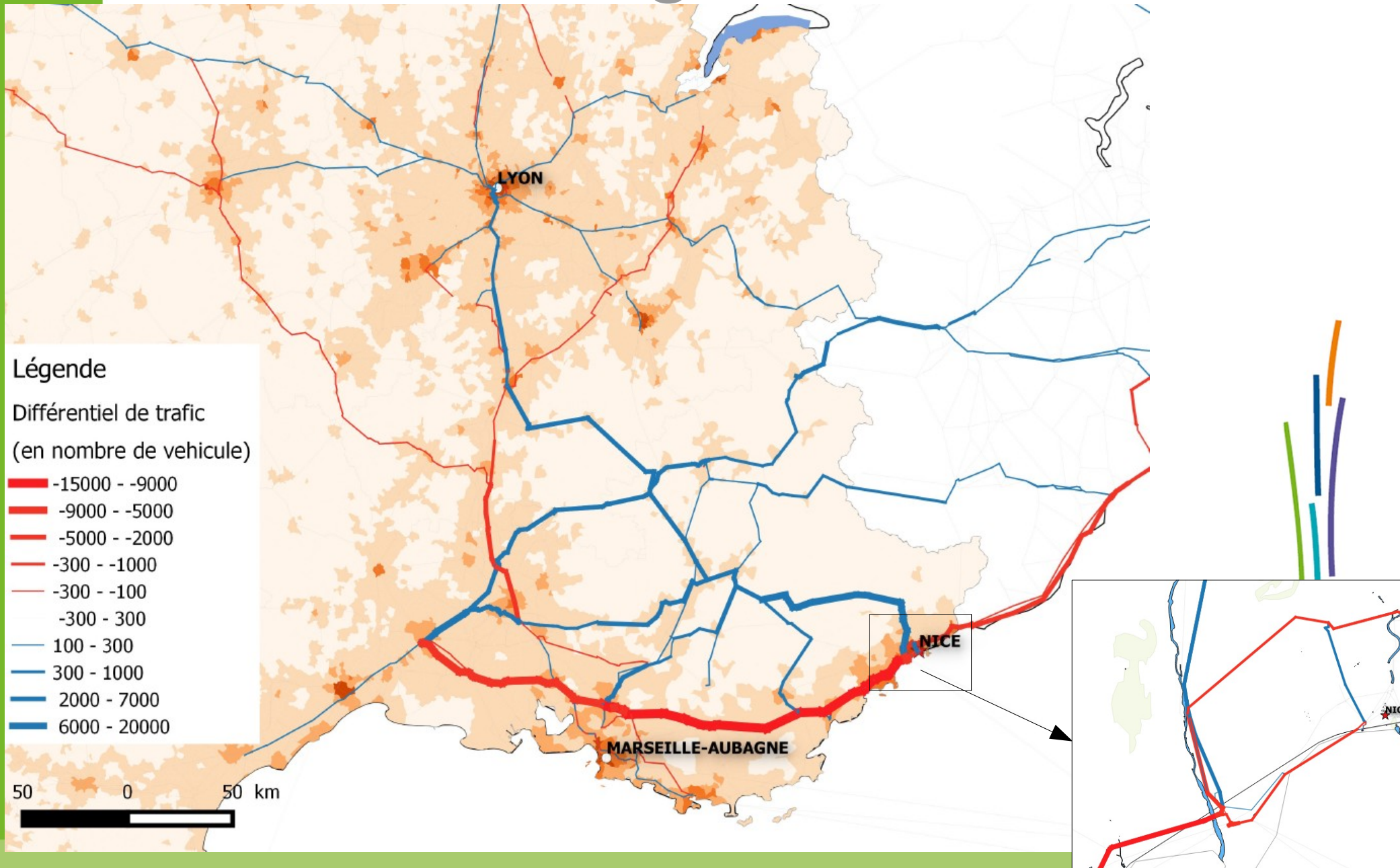
*Travail en cours. Chiffres non stabilisés*

# Impact socio-économique de la coupure sur le fret

- Aucun changement de mode estimé du au manque d'alternatives modales.
- Augmentation de la distance parcourue par les poids lourds conditionne l'émission de CO2 et l'effet sur l'insécurité routière.
- Malgré cela, les modifications d'itinéraires via des zones moins urbanisées génèrent un impact positif en terme de bruit et de pollution locale.



# Impact de la coupure sur le trafic routier longue distance



# Bilan socio économique

<b>Postes de coût</b>	
Augmentation des distances de parcours (hors TICPE)	23 405 000
Augmentation du temps passé sur la route	8 038 000
Coût du changement modal	7 680 000
CO2	65 000
COFP+ PFRFP	331 000
Sécurité	8 326 260
<b>Postes de gain</b>	
Usure de l'infrastructure	-1 720 000
Pollution locale	-194 116
Nuisances Sonores	-103 326
<b>Bilan</b>	<b>45 827 818</b>

*Travail en cours. Chiffres non stabilisés*

# Impact sur le bilan socio économique longue distance

- Changements d'itinéraires
  - L'allongement des trajets => augmentation des dépenses de carburant et d'usure du véhicule
    - La perte de temps rapporté au véhicule est de l'ordre d'une dizaine de minutes
  - une modification de la répartition spatiale des véhicules :

urbain tres dense	66 000
urbain dense	-356 000
urbain	-968 000
urbain diffus	-764 000
interurbain	3 089 000
Total	1 066 000

| Travail en cours. Chiffres non stabilisés

- Un effet de report modal : rapport de l'évolution modale sur les trajets concernées par l'utilisation du pont (pas d'« effet domino »)

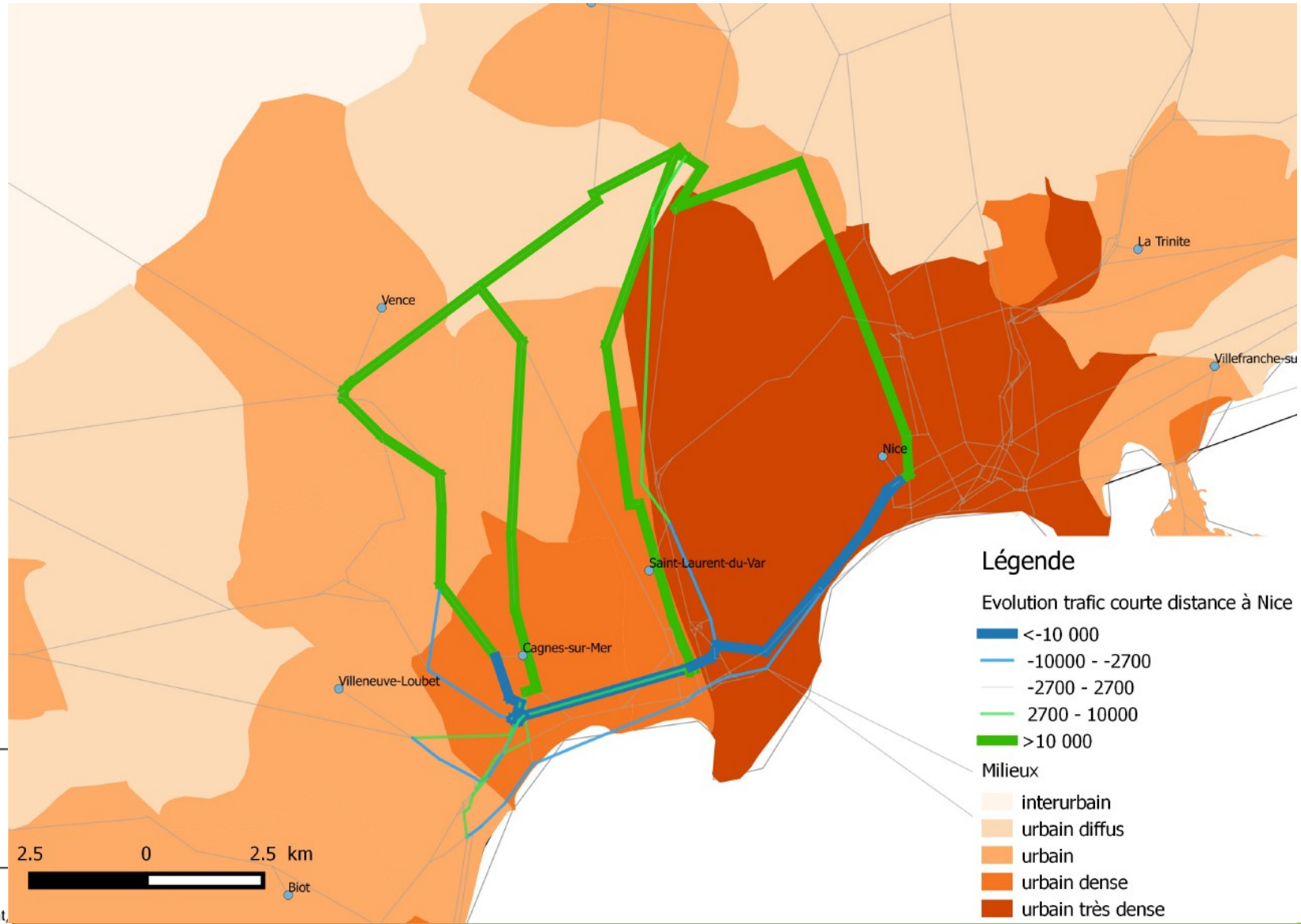
...

(En %)	Jour ouvrable en été	Samedi en été	Dimanche en été
VP	-5	-8.5	-5.4
FER	4.1	7.5	4.3
AIR	0.9	1	1.1

| Travail en cours. Chiffres non stabilisés



# Changement d'itinéraire courte distance





# Courte distance

<b>Postes de coût</b>	
Augmentation des distances de parcours (hors TICPE)	8 975 000
Augmentation des temps de parcours	33 401 000
Nuisances Sonores	310 000
CO2	331 000
Sécurité	3 723 000
Usure de l'infrastructure	307 000
<b>Postes de gain</b>	
Pollution locale	-2 907 000
COFP+ PFRFP	-454 000
<b>Bilan</b>	<b>43 686 000</b>



*Travail en cours. Chiffres non stabilisés*



# Impact sur la courte distance

- Trafic important : 40k véhicules
- Pas de changement de mode modélisé
- Congestion non prise en compte.
- Faible impact des externalités, tendance à s'éloigner de l'urbain.
- La perte de temps représente ainsi presque 90 % du coût socio-économique final de la coupure pour la courte distance.



# Bilan total

<b>Postes de coût</b>	
Coût temps et distance marchandise	11 966 321
Augmentation des distances de parcours VL	32 380 000
Augmentation des temps de parcours VL	41 439 000
Coût du changement modal	7 680 000
Usure de l'infrastructure	1 410 000
Sécurité	13 831 260
CO2	909 000
COFP+ PFRFP	-51 000
<b>Postes de gain</b>	
Nuisances Sonores	-1 088 326
Pollution locale	-11 803 116
<b>Bilan</b>	<b>96 673 139</b>

*Travail en cours. Chiffres non stabilisés*



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

# Bilan

- Au total, on peut estimer le coût de cette coupure à 96 millions d'euros.
- La majorité du coût est imputable :
  - Aux déplacements des voyageurs
  - Au retard subi par les usagers qui empruntaient l'itinéraire impacté.
- L'impossibilité de choix modal courte distance a probablement tendance à surévalué le coût
- Le coût imputé à la collectivité souligne par exemple l'importance d'investir dans des ouvrages parasismiques dans ces zones exposées.





# Coupure de l'A8 à Nice (analyse de l'intérêt d'un renforcement sismique d'un ouvrage d'art)



# Choix méthodologique

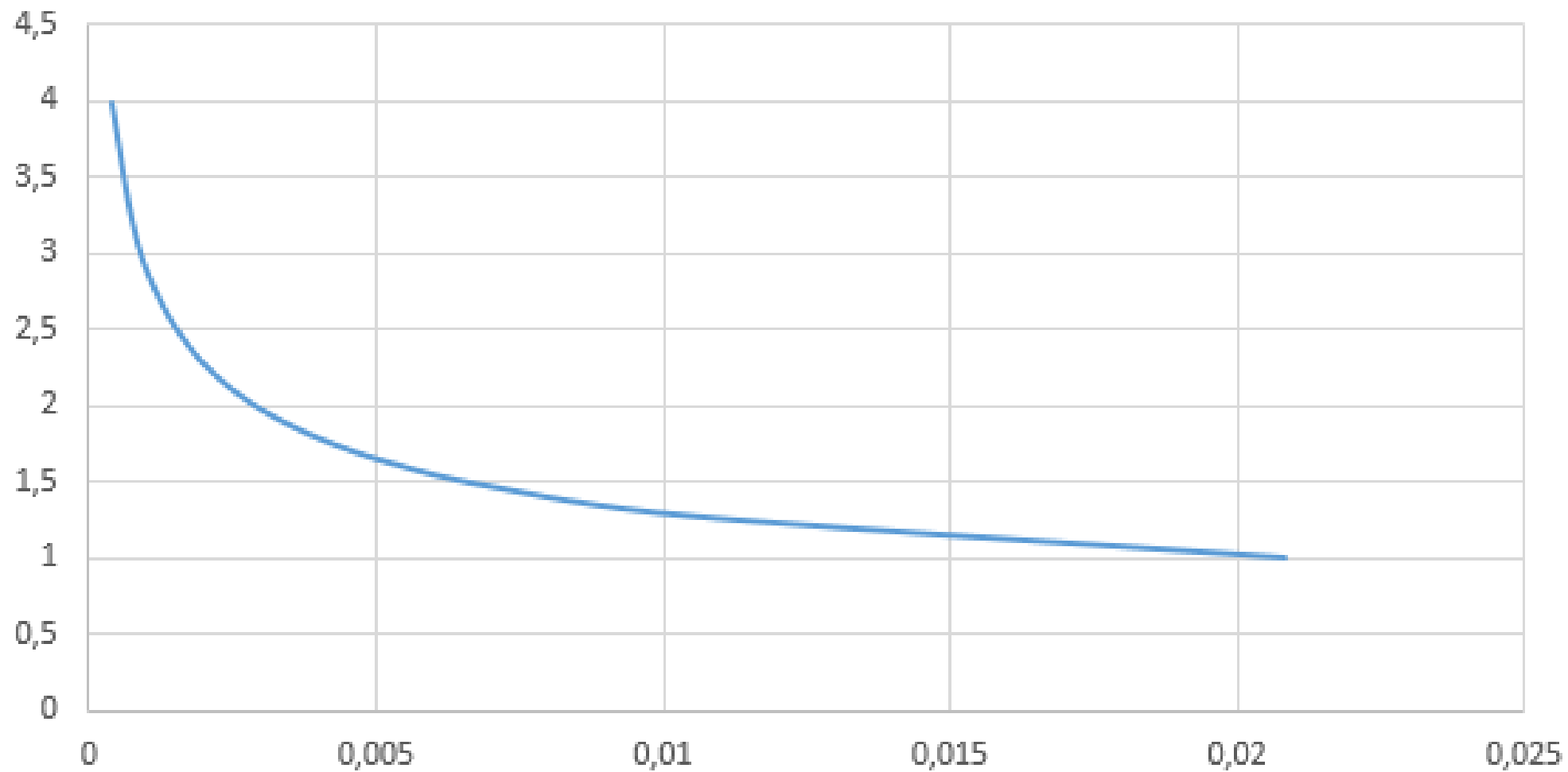
- La démarche ne prends pas en compte les coûts classiques. (e.g coûts liés à l'accessibilité pour l'accès des véhicules d'urgence)
- Adapté au cas particulier du pont de Nice. Selon le milieu et le type de pont, d'autres aspects devraient être pris en compte\*.

\*A savoir : Le CEREMA développe un outil permettant de prendre en compte ces phénomènes potentiellement induits par les séismes (chutes de blocs, glissements de terrain, liquéfaction de sol, effondrement de constructions environnantes...)

# Méthode

- Dans un premier temps nous estimerons la probabilité d'occurrence d'un séisme en fonction de son accélération.
- Dans un second temps, nous créons 5 catégories de gravité dégâts que peut subir le pont et une l'accélération associée.
- Chacune des catégories de dommage est lié à un coût socio-économique en fonction du temps d'indisponibilité de l'infrastructure et des coûts de réparation
- Pour finir, nous comparons ces résultats à une situation théorique où l'ouvrage subi un renforcement sismique

## Accélération vibratoire (en $m/s^2$ ) en fonction de la sa probabilité d'occurrence



Liberté ·  
RÉPUB



Ministère  
de l'Environnement,  
de l'Énergie  
et de la Mer

# Définition des états d'endommagement du pont et leurs conséquences.

Etat de dommage	Intensité des dommages	Viabilité de l'infrastructure après séisme	Interventions nécessaires	Temps de coupure prévu	Temps de coupure supposé
1	Aucun	Sans objet	Aucune	--	0 jour
2	Mineurs	faible dommage	Inspection, réparations grossières	3 jours	3 jours
3	Modérés	dommages réparables	Réparation de certaines parties du pont	< 3 semaines	20 jours
4	Majeurs	dommages irréparables	Reconstruction de certaines parties du pont	< 3 mois	90 jours
5	Ecroulement	dommages irréparables	Reconstruction de la structure	Selon ouvrage >3 ans	4 ans avec impact limité due à l'installation de pont provisoire



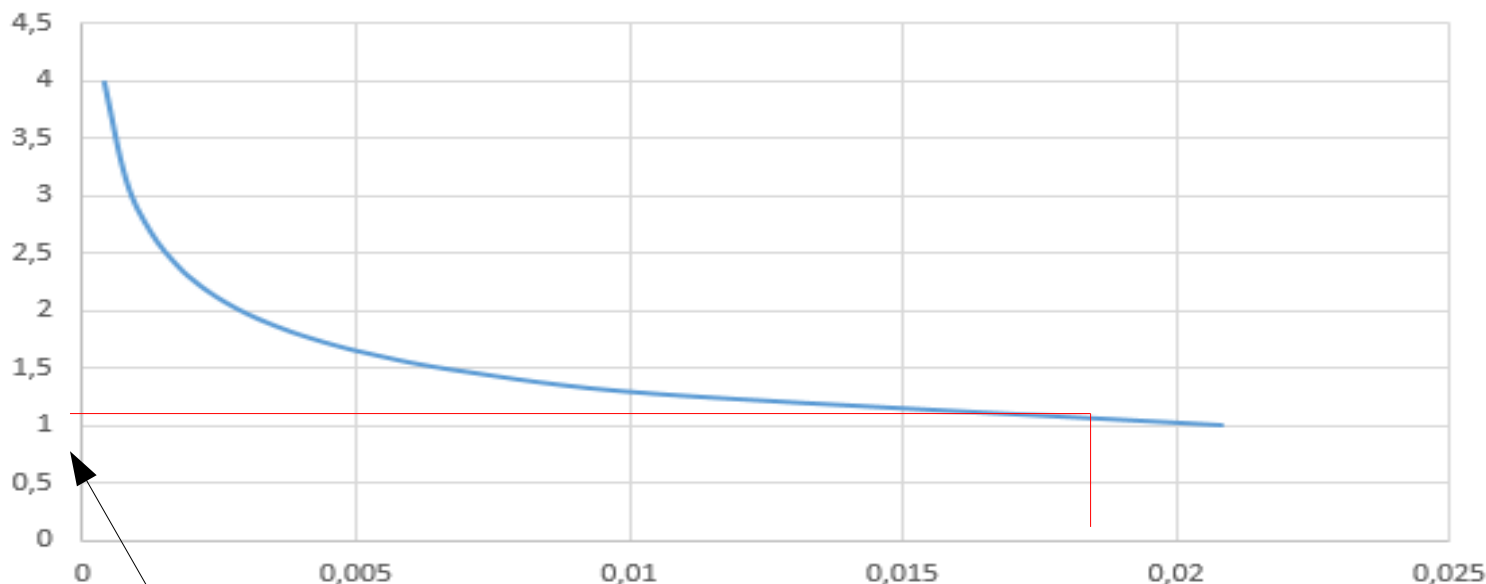
# Accélération sismique nécessaire lié aux différentes catégories de dommage

A partir de données de SISMOA (CEREMA 2011)

Niveau de dommage	Accélération vibratoire de l'ouvrage du Var ( $m/s^2$ )	
	Ouvrage de référence	Ouvrage renforcé
Aucun	0	0
Mineurs	1,02	1,3
Modérés	1,47	1,82
Majeurs	3	3,38
Ecroulement	4,3	5,2

probabilité d'occurrence

	Accélération du
Niveau de dommage	Ouvrage de référence
Aucun	
Mineurs	
<b>Modérés</b>	
Majeurs	
Écroulement	



x coefficient de s

Type d'ouvrage	Dégâts	PGA nécessaire en m/s <sup>2</sup>	Probabilité d'occurrence annuelle	Nombre de jours pour le calcul socio-économique	Meilleur ratio pour le coût de réparation	Coût socio-économique de la coupure (hors travaux)	Espérance du coût total (y compris travaux)	Espérance de la somme des coûts variables totaux
Pont en l'état	Aucun	0,00	9,123E-01	0	0	0	0	2 496 000
	Mineurs	0,73	5,686E-02	3	0,03	4 191 000	255 000	
	<b>Modérés</b>	<b>1,05</b>	<b>2,686E-02</b>	20	0,08	27 941 000	750 000	
	Majeurs	2,14	2,585E-03	90	0,25	125 735 000	568 000	
	Écroulement	3,07	1,438E-03	4 ans*	1	255 662 000	923 000	
Pont renforcé	Aucun	0,00	9,561E-01	0	0	0	0	1 453 000
	Mineurs	0,93	2,710E-02	3	0,03	4 191 000	114 000	
	Modérés	1,30	1,586E-02	20	0,08	27 941 000	443 000	
	Majeurs	2,41	2,861E-03	90	0,25	125 735 000	360 000	
	Écroulement	3,71	8,357E-04	4 ans*	1	255 662 000	536 000	
	Renforcement	-	-	1	0	-	0	1 000 000

Type d'ouvrage	Dégâts	PGA nécessaire en m/s <sup>2</sup>	Probabilité d'occurrence annuelle	Nombre de jours pour le calcul socio-économique	Meilleur ratio pour le coût de réparation	Coût socio-économique de la coupure (hors travaux)	Espérance du coût total (y compris travaux)	Espérance de la somme des coûts variables totaux
Pont en l'état	Aucun	0,00	9,123E-01	0	0	0	0	2 496 000
	Mineurs	0,73	5,686E-02	3	0,03	4 191 000	255 000	
	Modérés	1,05	2,686E-02	20	0,08	27 941 000	750 000	
	Majeurs	2,14	2,585E-03	90	0,25	125 735 000	568 000	
	Écroulement	3,07	1,438E-03	4 ans*	1	255 662 000	923 000	
Pont renforcé	Aucun	0,00	9,561E-01	0	0	0	0	1 453 000
	Mineurs	0,93	2,710E-02	3	0,03	4 191 000	114 000	
	Modérés	1,30	1,586E-02	20	0,08	27 941 000	443 000	
	Majeurs	2,41	2,861E-03	90	0,25	125 735 000	360 000	
	Écroulement	3,71	8,357E-04	4 ans*	1	255 662 000	536 000	
	Renforcement	--	1	0	--	0	1 000 000	1000000 (une seule fois)

\* 6 mois sans circulations puis nous admettons qu'une solution provisoire est déployée limitant l'impact à un temps de parcours augmenté de 15min

Le coût des travaux variant entre 1% et 11% du prix de construction du pont (dans notre étude nous choisissons 10% ce qui constitue a priori une hypothèse haute)

# Estimation de la valeur actualisée nette du projet

Le projet est pertinent avec un taux d'actualisation de 4.5 %.

Nous supposons en outre une croissance des trafics cohérente avec les projections de la demande de transport du CGDD (2016).

Investissement d'un million d'euros lors de la première année.

Le temps de la phase travaux est considéré comme négligeable et m'encomrant pas la circulation. Ainsi les gains sont immédiats.

Sur 50 ans, l'espérance de valeur actualisée nette du projet est de 22 millions d'euros pour l'ensemble des hypothèse retenue dans ce travail.

# Remarques et réserves

- Pour des infrastructures fortement fréquentées le bilan très sensible aux hypothèses :
  - de vulnérabilité de l'ouvrage
  - d'amélioration des propriétés géotechniques de l'ouvrage renforcé.
- L'absence d'effet sur le trafic des travaux de renforcement est une hypothèse n'est valable que pour certains ouvrages du type viaduc.
- L'estimation des temps d'indisponibilité de l'ouvrage est donc très importante dans le cas d'une zone très congestionnée : Les résultats sont très sensibles à la modification des restrictions de circulations



# Merci pour votre attention

