

DGITM - AIPCR

Séminaire sur l'Adaptation des infrastructures et des réseaux de transport au changement climatique



François Combes
Marie Colin

Cerema / DTecITM



le 13 novembre 2015



Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

Sommaire

Actions « infrastructures et systèmes de transport »

Méthodologie d'analyse de risque

- Principe général
- Analyse des événements climatiques extrêmes
- Analyse de la vulnérabilité physique
- Analyse de la vulnérabilité fonctionnelle
- Détermination des criticités et du risque

Stratégies d'adaptation



Actions « infrastructures et systèmes de transport »

Action 1 - passer en revue et adapter les référentiels techniques pour la construction, l'entretien et l'exploitation des réseaux de transport (infrastructures et matériels liés au service) en métropole et en Outre-Mer

Action 2 - Étudier l'impact du changement climatique sur la demande de transport et les conséquences sur la réorientation de l'offre de transport

Action 3 - Définir une méthodologie harmonisée pour réaliser les diagnostics de vulnérabilité des infrastructures et des systèmes de transport terrestre, maritime et aéroportuaire

Action 4 - Établir un état de la vulnérabilité des réseaux de transport terrestre, maritime et aéroportuaire en métropole et Outre-Mer et préparer des stratégies de réponse adaptées et progressives aux problématiques du changement climatique, globales et territoriales



Actions « infrastructures et systèmes de transport »

Action 1 - passer en revue et adapter les référentiels techniques pour la construction, l'entretien et l'exploitation des réseaux de transport (infrastructures et matériels liés au service) en métropole et en Outre-Mer

Action 2 - Étudier l'impact du changement climatique sur la demande de transport et les conséquences sur la réorientation de l'offre de transport

Action 3 - Définir une méthodologie pour les diagnostics de vulnérabilité des infrastructures de transport terrestre, maritime et aérien

Action 4 - Établir un référentiel de bonnes pratiques pour les infrastructures de transport terrestre, maritime et aérien en métropole et Outre-Mer et préparer des stratégies de réponse adaptées et progressives aux problématiques du changement climatique, globales et territoriales

Conditions climatiques futures « standard »

Évolutions tendanciennes



Actions « infrastructures et systèmes de transport »

Action 1 - passer en revue et adapter les référentiels techniques pour la construction, l'entretien et l'exploitation des réseaux de transport (infrastructures et matériels liés au service) en métropole et en Outre-Mer

Action 2 - Étudier l'impact du changement climatique sur la demande de transport et les conséquences sur la réorientation de l'offre de transport

Action 3 - Définir une méthodologie harmonisée pour réaliser les diagnostics de vulnérabilité des infrastructures et des systèmes de transport terrestre, maritime et aéroportuaire

Action 4 - Établir un état de la vulnérabilité des réseaux de transport terrestre, maritime et aéroportuaire en métropole et Outre-Mer et préparer des stratégies de réponse adaptées et progressives aux problématiques du changement climatique, globales et territoriales



Actions « infrastructures et systèmes de transport »

Action 1 - passer de la planification à la construction pour la construction des infrastructures de transport (infrastructures terrestres et en Outre-Mer)

Action 2 - Étudier la demande de transport et l'offre de transport

Conditions climatiques futures extrêmes

Action 3 - Définir une méthodologie harmonisée pour réaliser les diagnostics de vulnérabilité des infrastructures et des systèmes de transport terrestre, maritime et aéroportuaire

Action 4 - Établir un état de la vulnérabilité des réseaux de transport terrestre, maritime et aéroportuaire en métropole et Outre-Mer et préparer des stratégies de réponse adaptées et progressives aux problématiques du changement climatique, globales et territoriales



Actions « infrastructures et systèmes de transport »

Action 3

Analyse des risques encourus par les réseaux de transport face aux événements climatiques extrêmes

Action 4

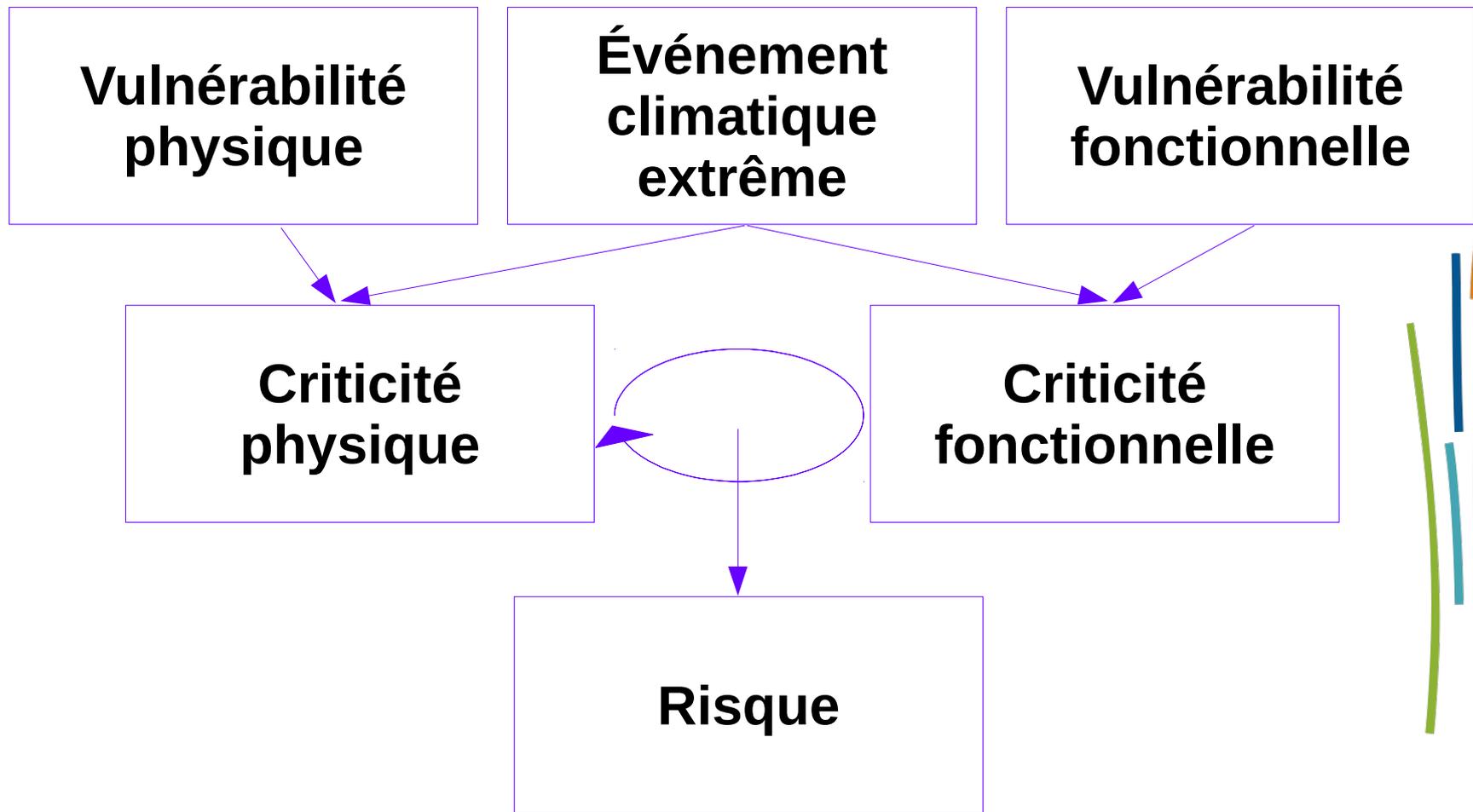
- Études réalisées : réseau urbain de Marseille, aéroports de France, Axe Seine, Port du Havre
- Études en cours : identification des réseaux sensibles aux inondations : cartographie automatisée, analyse multimodale Nancy-Brabois
- D'autres études à venir

Objectif : test de robustesse de la méthodologie d'analyse de risque, diffusion méthodologique



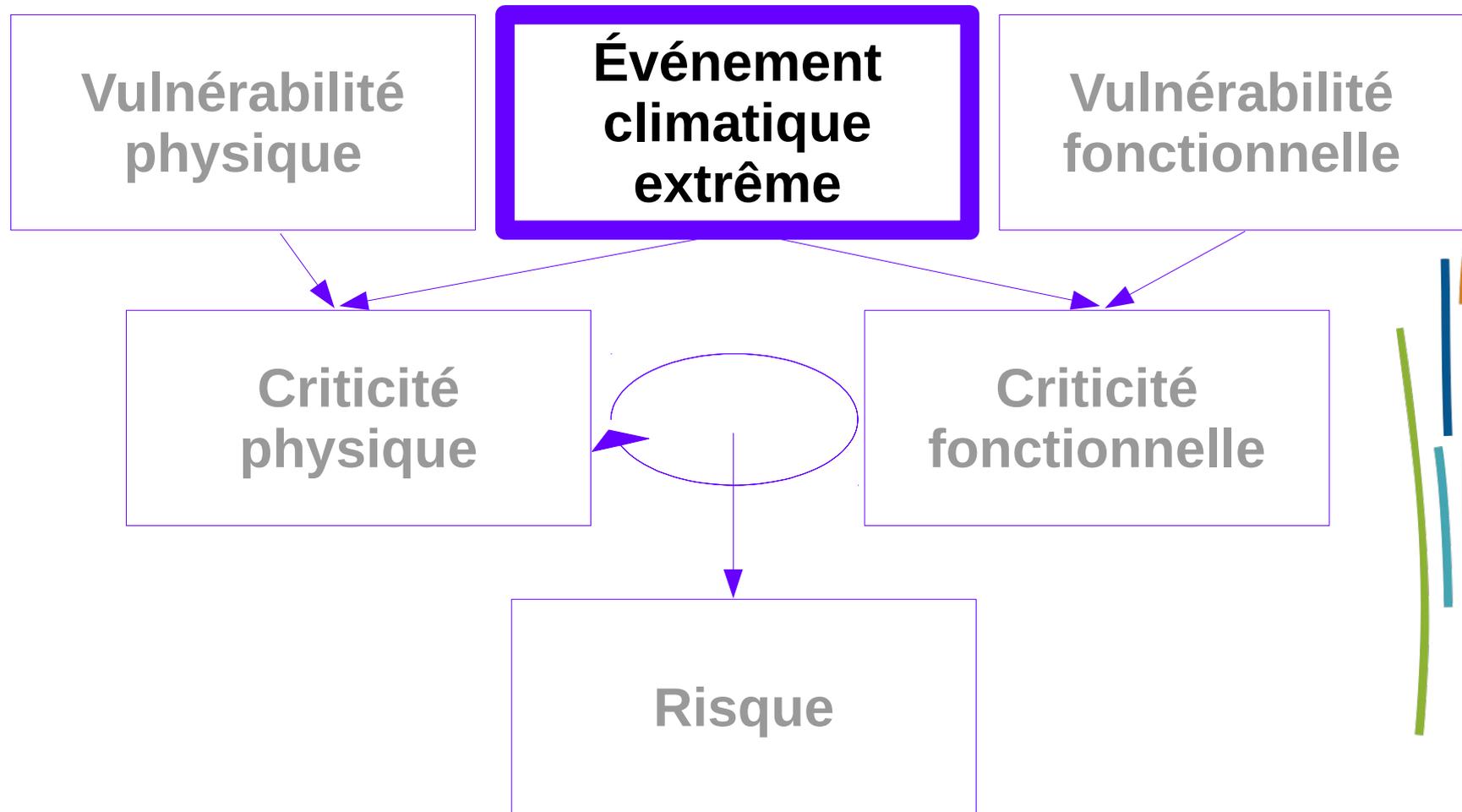
Méthodologie d'analyse de risque

- Principe général



Méthodologie d'analyse de risque

- Analyse des événements climatiques extrêmes



Méthodologie d'analyse de risque

- Analyse des événements climatiques extrêmes

Connaître les événements climatiques – variables extrêmes et aléas – et leurs évolutions

Rapports du GIEC, rapports Jouzel, Météo France, Drias les futurs du climat, Prim.net...

Nom	Site web	Description	Disponibilité des données	Événement extrême	Vulnérabilité physique	Vulnérabilité fonctionnelle
	http://www.onrn.fr/site/rubrique/indicateurs/cartographie.html				X	
BDHI	http://bdhi.fr/appli/web/welcome	Base de données sur les inondations historiques	Fiches de description des inondations, localisation <u>carto</u> , données historiques diverses	X		
Météo France				X		
DRIAS	http://www.drias-climat.fr/	Projections climatiques à l'échelle	Cartographie	X		



Méthodologie d'analyse de risque

- Analyse des événements climatiques extrêmes

Choisir les événements à étudier selon

- Les objectifs de l'analyse de risque
- Le périmètre de l'analyse de risque
- Les données disponibles
- Les retours d'expérience des gestionnaires, les connaissances des experts en climat...
- L'impact potentiel de l'événement sur les infrastructures et réseaux



Méthodologie d'analyse de risque

- Analyse des événements climatiques extrêmes

Caractériser les événements extrêmes

- Par une intensité, une occurrence spatiale, une occurrence temporelle
- À différents horizons et pour différents scénarios – pessimistes, optimistes...
- À l'aide de modélisations
- À l'aide de retours d'expérience

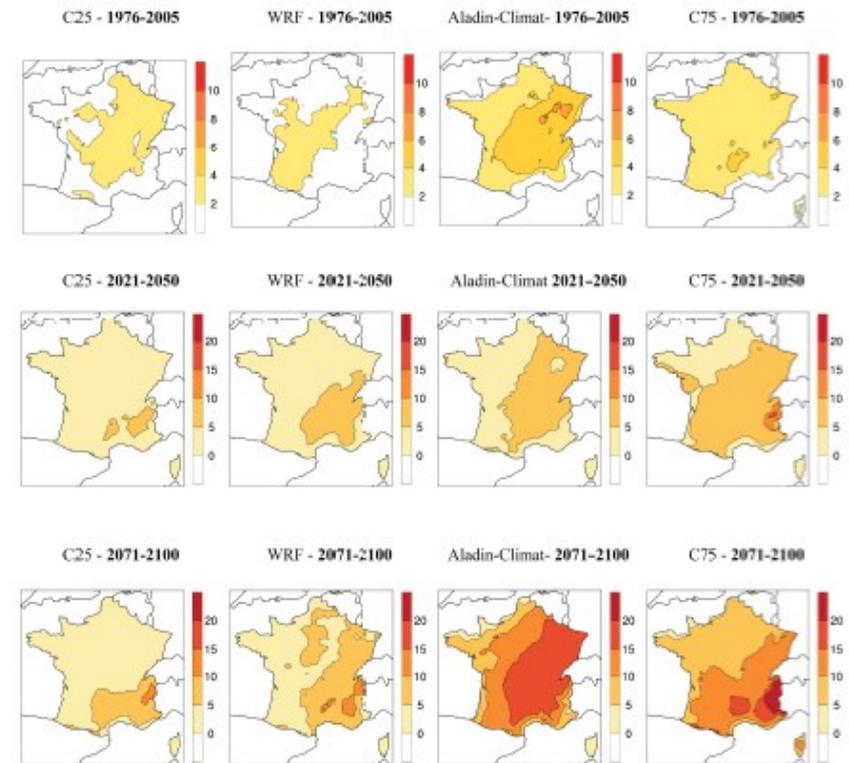


Figure 13: Nombre de jours de vagues de chaleur en été pour la période de référence 1976-2005 (ligne du haut) et les écarts à cette référence pour le scénario RCP4.5, aux horizons 2021-2050 (ligne du milieu) et 2071-2100 (ligne du bas). Pour chaque ligne, de gauche à droite : 25^e centile de l'ensemble, WRF, Aladin-Climat, 75^e centile de l'ensemble.

Source : Ouzeau G., et. al., *Le climat de la France au XXI^e siècle*, volume 4. Sous la direction de J. Jouzel.



Méthodologie d'analyse de risque

- Analyse des événements climatiques extrêmes

Noter les événements extrêmes

À l'aide de leur probabilité d'occurrence et / ou de leur intensité

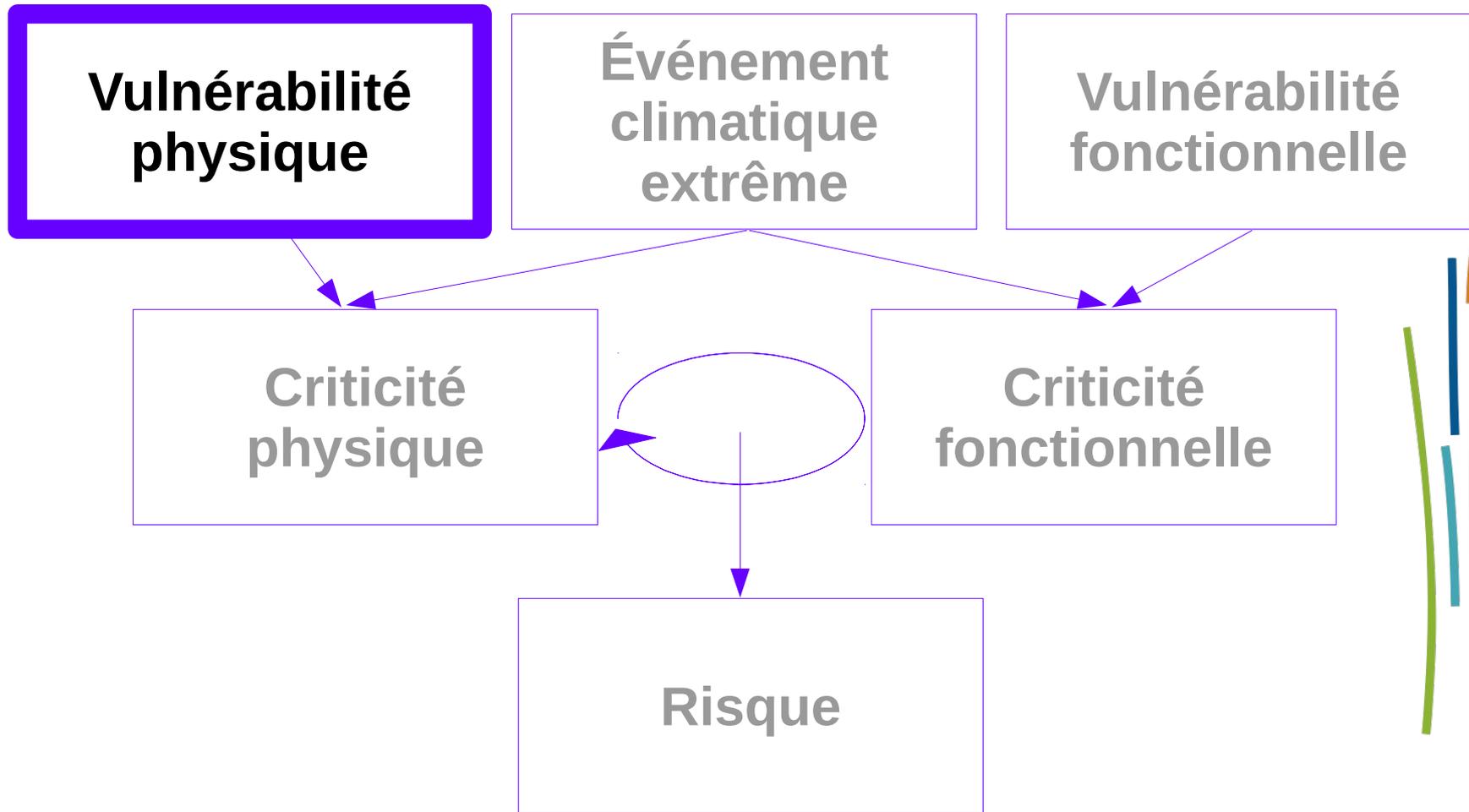
Classe	Catégorie Fréquence	Description	Probabilité d'occurrence
4	Probable	L'événement redouté est susceptible d'apparaître quelques fois au cours de la vie du système.	$> 10^{-5}$
3	Rare	L'événement redouté est susceptible d'apparaître une fois au cours de la vie du système.	$10^{-5}-10^{-7}$
2	Improbable	L'événement redouté est très peu probable, mais le risque d'apparition pendant la vie du système n'est pas nul.	$10^{-7}-10^{-9}$
1	Extrêmement improbable	L'événement redouté est si peu probable que le système ne le subira pas pendant sa durée de vie.	$< 10^{-9}$

- La pondération des événements extrêmes a été réalisée de la façon suivante :
- si l'évolution de l'événement est favorable (diminution des impacts), la note de 1 lui est attribuée
 - si l'évolution de l'occurrence de l'événement est comprise entre -10% et +10%, la note de 1 lui est attribuée ;
 - si l'augmentation de l'occurrence est strictement supérieure à 10% et inférieure ou égale à 40%, la note de 2 lui est attribuée ;
 - si l'augmentation de l'occurrence est strictement supérieure à 40% et inférieure ou égale à 70% de sa valeur, la note de 3 lui est attribuée ;
 - si l'augmentation de l'occurrence est strictement supérieure 70% de sa valeur, la note de 4 lui est attribuée ;



Méthodologie d'analyse de risque

- Analyse de la vulnérabilité physique



Méthodologie d'analyse de risque

- Analyse de la vulnérabilité physique

Décomposer le réseau étudié

Réseaux étudiés	Système ponctuel n°1	Composant n°1	Description
		Composant n°2	Description
	
	Système ponctuel n°2	Composant n°1	Description
...		...	



Méthodologie d'analyse de risque

- Analyse de la vulnérabilité physique

Déterminer les facteurs de vulnérabilité

- Âge de l'infrastructure, ex : quelques années à plus de 100 ans
- Règles de conception, ex : absentes, anciennes, modernes
- Procédure d'inspection et de maintenance, ex : absente à systématique
- ...

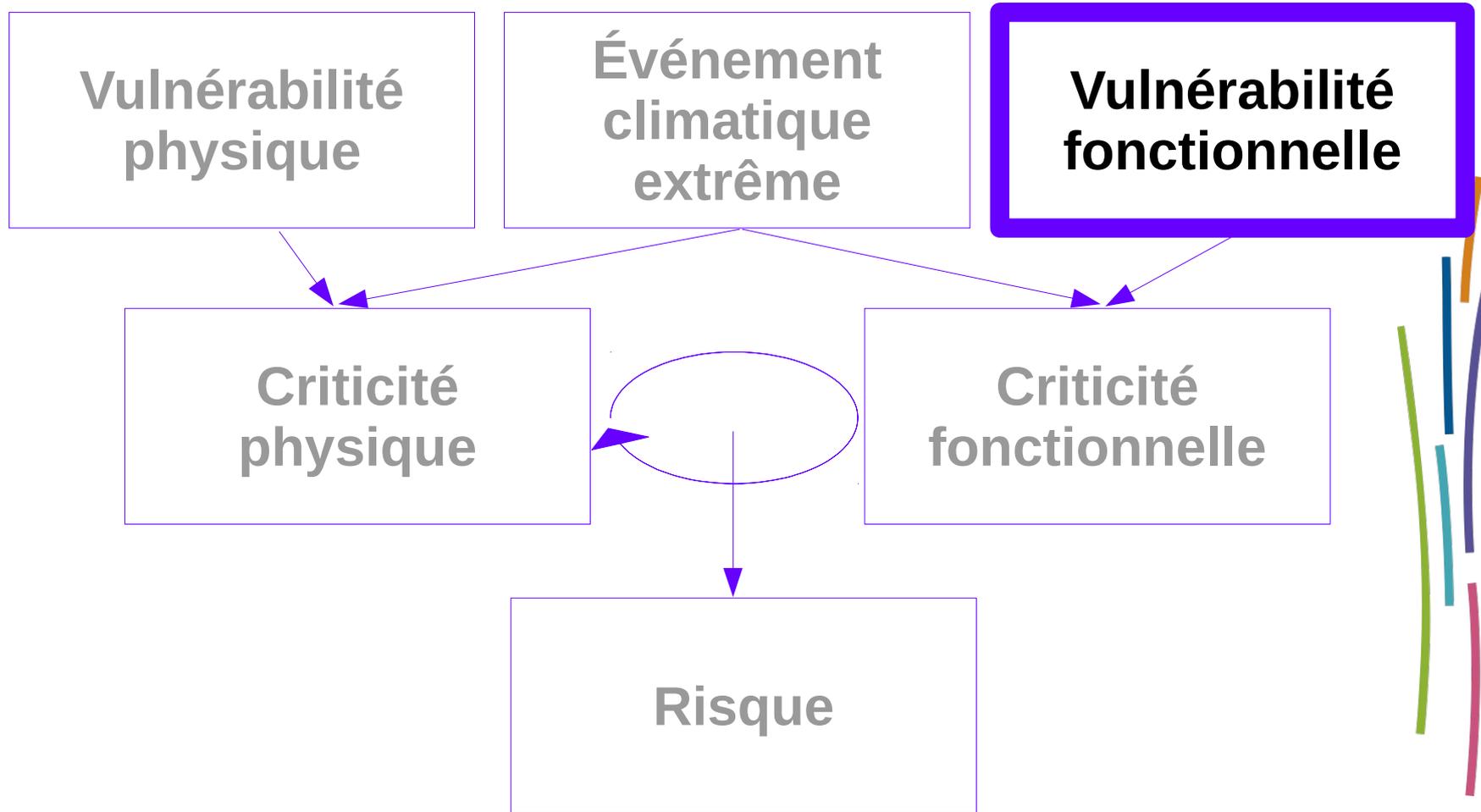
Vérifier la vulnérabilité physique face aux événements extrêmes

Noter la vulnérabilité physique



Méthodologie d'analyse de risque

- Analyse de la vulnérabilité fonctionnelle



Méthodologie d'analyse de risque

- Analyse de la vulnérabilité fonctionnelle

Fonctions d'un réseau de transport

- Fonction indispensables : accès des services de secours, évacuation...
- Fonctions d'accessibilité et de desserte : accès à l'alimentation, aux soins...
- Fonctions courantes de transport : voyageurs, marchandises

Vulnérabilité fonctionnelle

Impact sur les fonctions de l'indisponibilité d'un ou de plusieurs réseaux

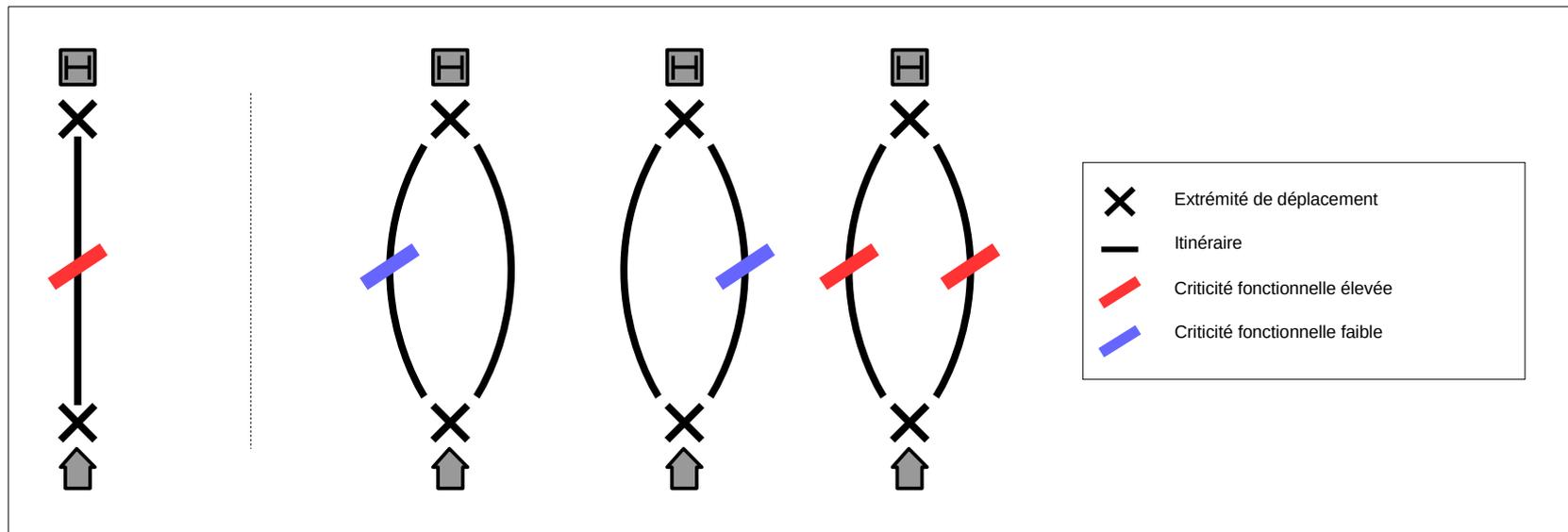
- Impossibilité de se déplacer, d'accéder à une destination
- Perte de performance : détour, retard, coût, perte de marchandise...



Méthodologie d'analyse de risque

- Analyse de la vulnérabilité fonctionnelle

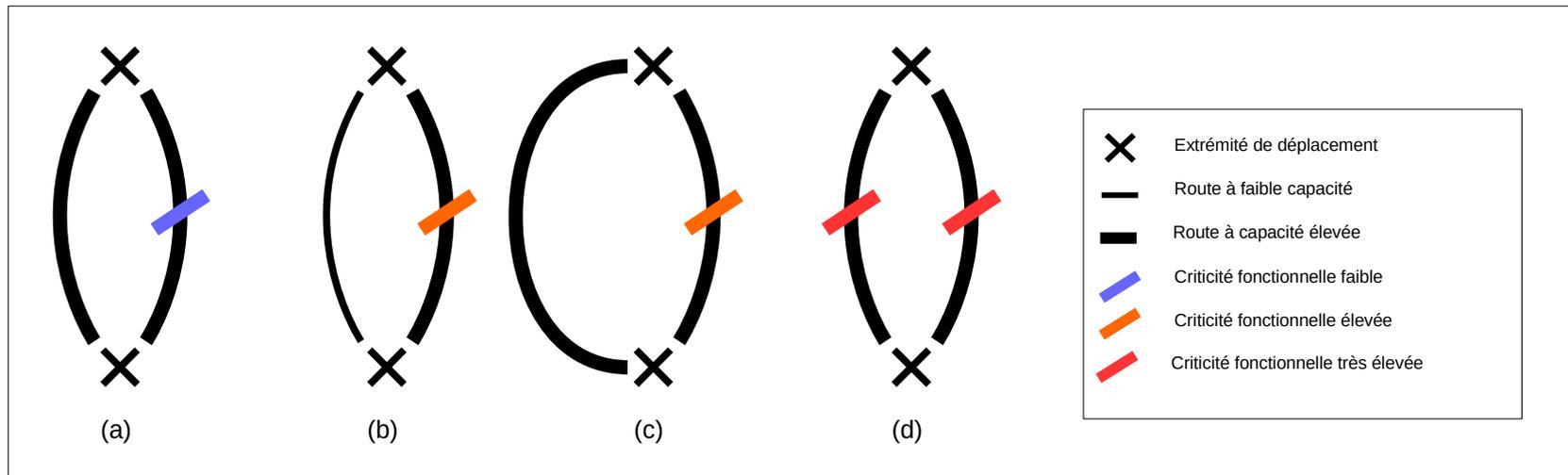
Vulnérabilité fonctionnelle : connectivité



Méthodologie d'analyse de risque

- Analyse de la vulnérabilité fonctionnelle

Vulnérabilité fonctionnelle : performance



Méthodologie d'analyse de risque

- Analyse de la vulnérabilité fonctionnelle

Mener une analyse de criticité fonctionnelle

- **Évaluation des ruptures d'accessibilité** : modification d'un indicateur d'accessibilité / probabilité de perte d'accès à cause de la rupture d'un tronçon
- **Évaluation des situations d'évacuation**
- **Évaluation des pertes de performance** :
 - Approche par modélisation (simulation des reports de trafic et des conséquences indirectes)
 - **Approche multicritère** (regroupement d'acteurs, grille d'analyse)



Méthodologie d'analyse de risque

- Analyse de la vulnérabilité fonctionnelle

Cas des ruptures multiples

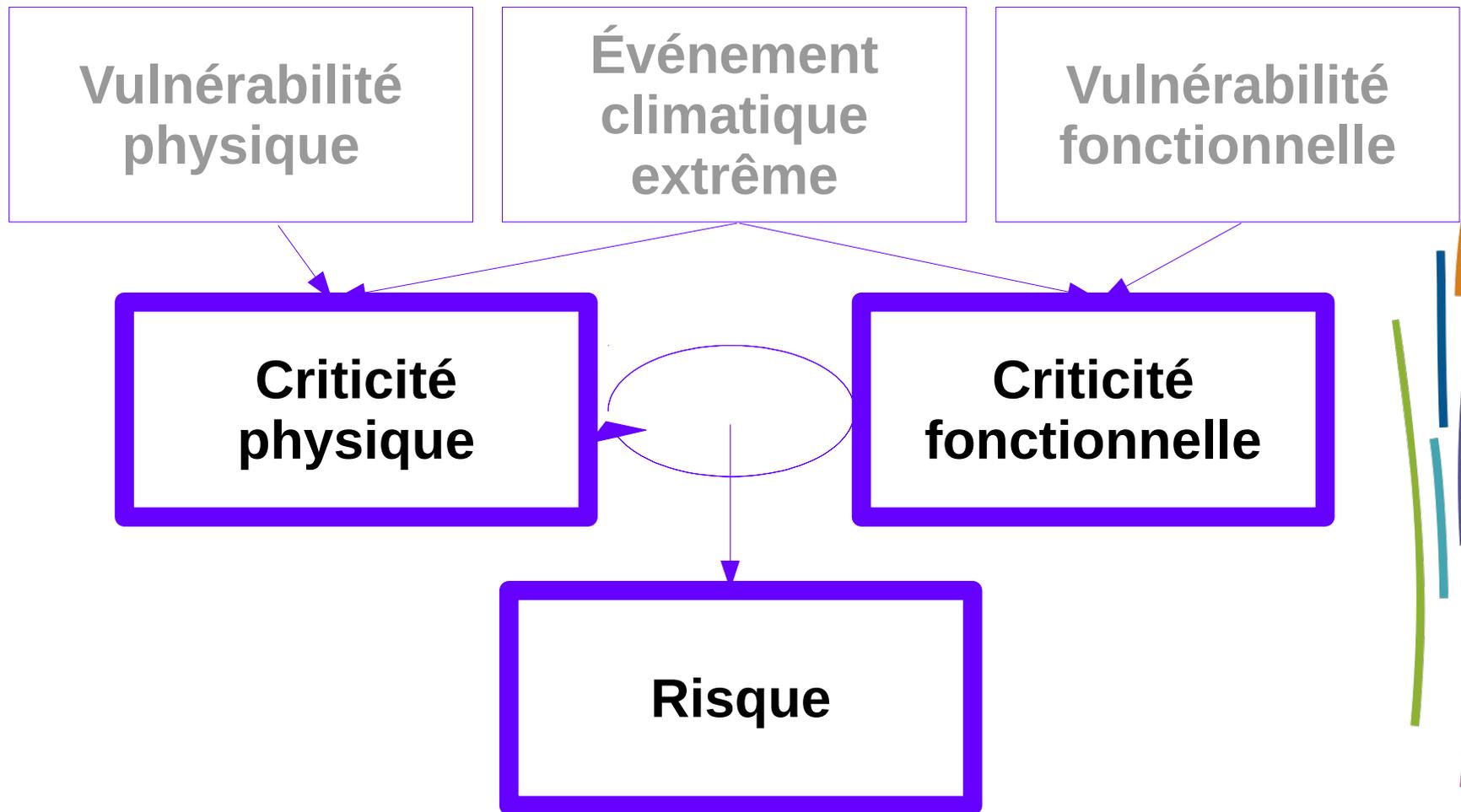
Impossibilité de traiter les ruptures de façon exhaustive :

- Il faut mener l'analyse de vulnérabilité physique auparavant pour avoir une idée des interactions
- Ou alors avoir une définition d'un réseau de base qui doit absolument être maintenu (approche *Réseaux Durcis*)



Méthodologie d'analyse de risque

- Détermination des criticités et du risque



Méthodologie d'analyse de risque

- Détermination des criticités et du risque

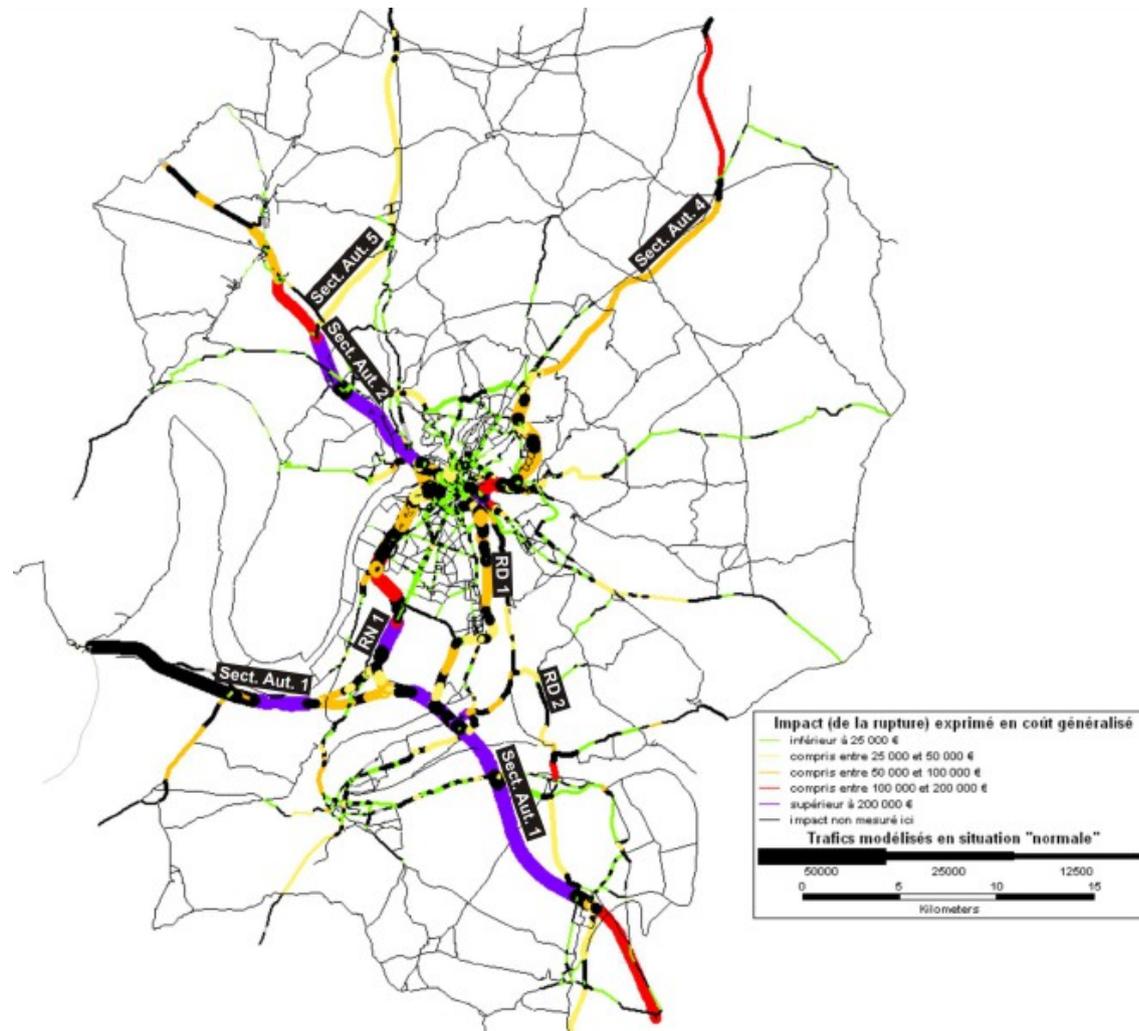
Réaliser les matrices de criticités physiques (et fonctionnelles)

Exemple : matrice de criticité physique				Événements caractérisés		
				Événement n°1	Événement n°2	...
				Note	Note	
Réseaux	Système ponctuel n°1	Composant n°1	Note de vulnérabilité physique			
		Composant n°2	Note de vulnérabilité physique			
		...				
	Système ponctuel n°2	Composant n°1	Note de vulnérabilité physique			
		...				



Méthodologie d'analyse de risque - Détermination des criticités et du risque

Réaliser une matrice de criticité fonctionnelle



Méthodologie d'analyse de risque

- Détermination des criticités et du risque

Déterminer les niveaux de risque

Matrice de risque		Événement n°1	Événement n°2	...
Réseaux	Système n°1	Criticité physique x criticité fonctionnelle du système n°1	Criticité physique x criticité fonctionnelle du système n°1	
	Système n°2	Criticité physique n°1 x criticité fonctionnelle du système n°2	Criticité physique n°1 x criticité fonctionnelle du système n°2	
	...			



Méthodologie d'analyse de risque

- Détermination des criticités et du risque

Définir un niveau de risque pour préparer le choix les stratégies d'adaptation

Niveau de risque	Note de risque	Action requise
Intolérable	Fourchette haute	Employer une stratégie d'adaptation
Grave	Fourchette moyenne	Employer éventuellement une stratégie d'adaptation
Tolérable	Fourchette basse	Pourrait être accepté avec une ré-évaluation périodique du risque



Stratégies d'adaptation

Traitement itératif

- Évaluation du traitement du risque
- Acceptation des niveaux de risque résiduels

Traitement des composants d'infrastructure

- Élimination de la source de risque
- Réduction de la vulnérabilité
- Modification de la probabilité d'occurrence

Traitement des systèmes de transport

- Maintien de la fonctionnalité
- Renforcement de la robustesse

Maintien



FIN

Merci pour votre attention

Livrable 3 : disponible en ligne sur le site du Cerema :
http://www.infra-transport-materiaux.cerema.fr/IMG/pdf/1510w_PNACC_act3.pdf



Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie