



André HORTH

DGITM

Ingénieur général routes Résilience





ENSEIGNEMENTS ISSUS DE L'ETUDE DE VULNERABILITE DU RRN

André HORTH
DGITM/DMR/ENT



**MINISTÈRE
DES TRANSPORTS**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Les routes sont impactées par les épisodes météorologiques



Inondations, éboulements, orniérage glissements de terrain, fissures traversantes, ...



- Face à ces dégâts, quels enjeux associés ?
- Maintien de la fonctionnalité du réseau routier national (RRN), structurant, avec peu d'alternatives viables pour des coupures de longue durée
- Sécurité des usagers
- Remise en état des chaussées et ouvrages, action curative ou préventive ?

➤ Quels impacts dus au changement climatique ?

L'étude de vulnérabilité du RRN : contexte, méthode

PNACC 3 Mesure 30 : « Assurer la résilience des systèmes de transport et de mobilité »

L'action n°1 de cette mesure demande à tous les gestionnaires d'infrastructures et services de transport d'établir des plans d'adaptation et cite comme référence :

- ☐ L'étude de vulnérabilité du réseau routier national (RRN) au changement climatique

La France a adopté une référence collective pour les actions et politiques d'adaptation :

- ☐ La TRACC : trajectoire de réchauffement pour l'adaptation au changement climatique

Les hypothèses de réchauffement retenues sont, par rapport à 1850 :

- Au niveau mondial +1,5°C en 2030, +2°C en 2050, +3°C en 2100
- En France métropolitaine +2°C en 2030, +2,7°C en 2050, +4°C en 2100

Les données climatiques sont établies pour la TRACC par Météo-France

- Les augmentations affichées le sont en référence à l'ère préindustrielle, 1850
- Les modélisations réalisées par Météo-France sont calées sur les données de la période 1976-2005

L'étude de vulnérabilité du RRN : contexte, méthode

- **Étude menée de septembre 2023 à octobre 2025, confiée au bureau d'études Setec, pilotée par la direction des mobilités routières, financée par l'Etat et les sociétés concessionnaires d'autoroutes – AMO Cerema**
- **Périmètre :** les 21 073 km du RRN, dont 11 629 km d'autoroutes
- **Méthode :** « *Approche systémique de l'adaptation des infrastructures de transports* » (ASAIT / Cerema)
 - **Volet 1 :** vulnérabilités physiques et fonctionnelles du RRN au changement climatique
 - **Volet 2 :** coût de l'inaction (impact physique et fonctionnel)
 - **Volet 3 :** pistes d'action d'adaptation

La méthode ASAIT du Cerema (pour les volets 1 et 3) a déjà été souvent appliquée, mais pour la première fois de façon aussi détaillée, sur un périmètre aussi vaste et autant d'aléas.

Volet 1 vulnérabilité, méthode en 3 temps

1er temps : évolution de l'exposition climatique

L'évolution de l'exposition climatique est étudiée pour différents aléas, par rapport à **une situation de référence** (1976-2005) et pour **3 scénarios**, dont 2 issus de la TRACC +2° C et + 3° C (mondial) et un scénario extrême avec les maximums donnés par les modèles du scénario à +3° C

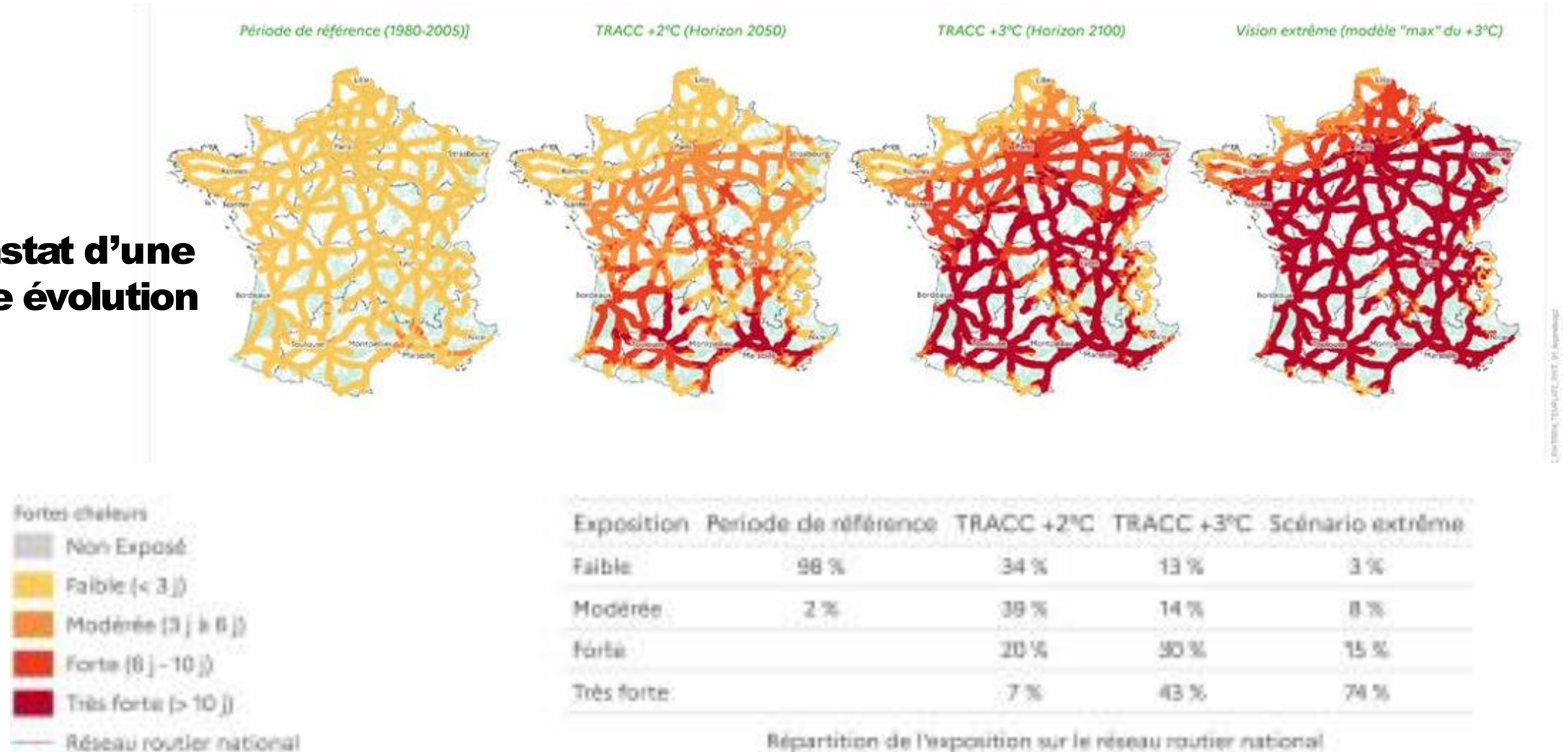
18 aléas étudiés et 11 retenus parce qu'ils ont un impact sur les infrastructures routières

- Nombre de jours de forte chaleur > 35°
- Nombre de jours avec dégel
- Risque d'incendie de forêt
- Sécheresse et retrait gonflement des sols
- Mouvements de terrain
- Chutes de blocs
- Inondations par débordement
- Précipitations extrêmes
- Inondations par ruissellement
- Inondations par remontée de nappes
- Submersion marine

→ **Exposition climatique** : description de l'évolution projetée de chaque aléa en intensité ou fréquence, **note « E » de 0 à 4**

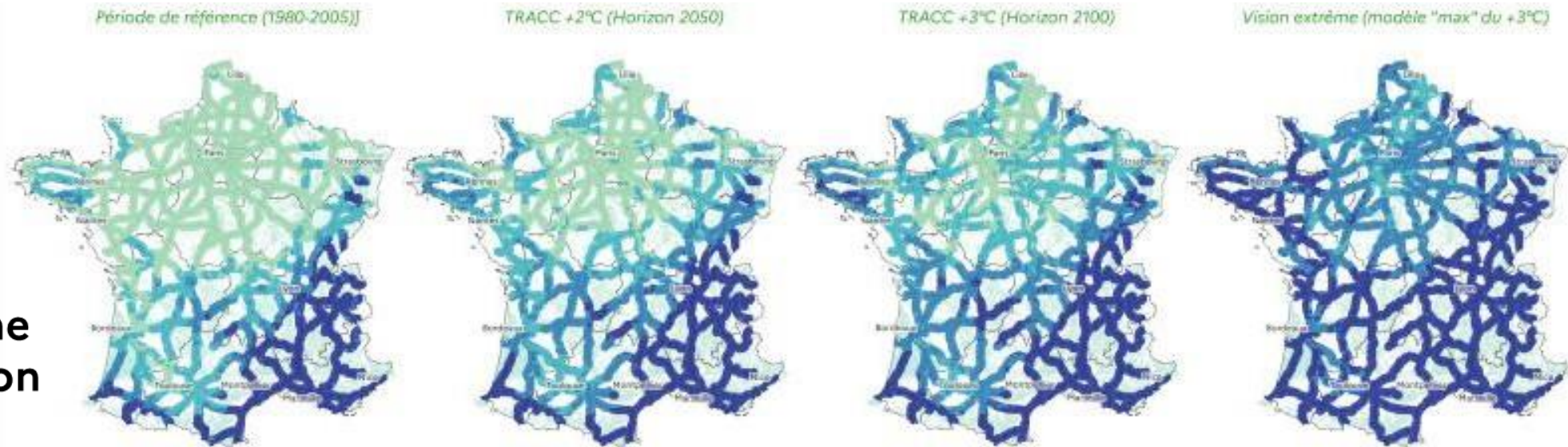
Exemples de cartes d'évolution : nb de jours > 35°C

Constat d'une forte évolution



Exemples de cartes d'évolution : précipitations extrêmes

Constat d'une
forte évolution



Précipitations extrêmes

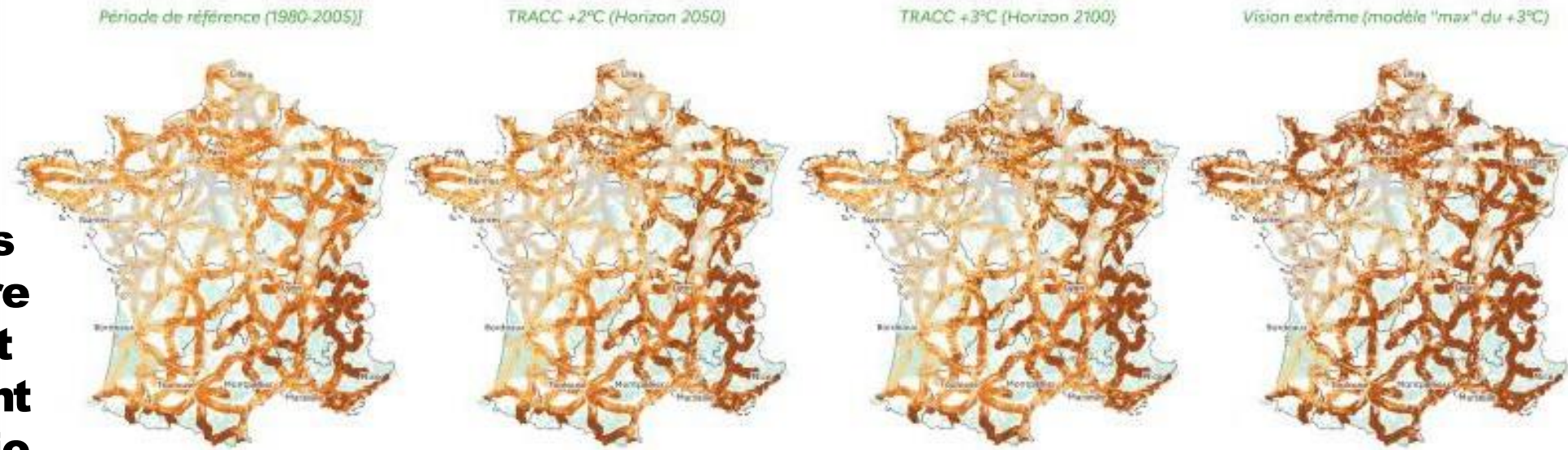


Exposition	Période de référence	TRACC +2°C	TRACC +3°C	Scénario extrême
Faible	52 %	30 %	17 %	0 %
Modérée	20 %	25 %	28 %	8 %
Forte	8 %	20 %	27 %	35 %
Très forte	19 %	24 %	28 %	56 %

Répartition de l'exposition sur le réseau routier national

Exemples de cartes d'évolution : mouvements de terrain

Des évolutions constatées entre fort et très fort mais qui existent déjà en scénario de référence



Mouvements de terrain



Exposition	Période de référence	TRACC +2°C	TRACC +3°C	Scénario extrême
Faible	26 %	26 %	26 %	21 %
Modérée	25 %	25 %	23 %	7 %
Forte	22 %	12 %	11 %	17 %
Très forte	8 %	18 %	21 %	35 %

Répartition de l'exposition sur le réseau routier national

Évolution du régime des vents

Les modélisations réalisées conduisent à des évolutions peu significatives dans les scénarios de la TRACC à +2°C et à +3°C

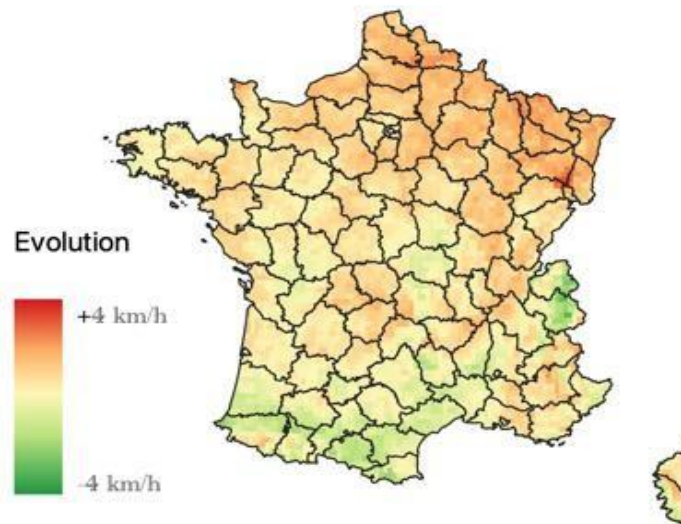
Vitesse de vent de rafale : 99 percentile
Période de référence



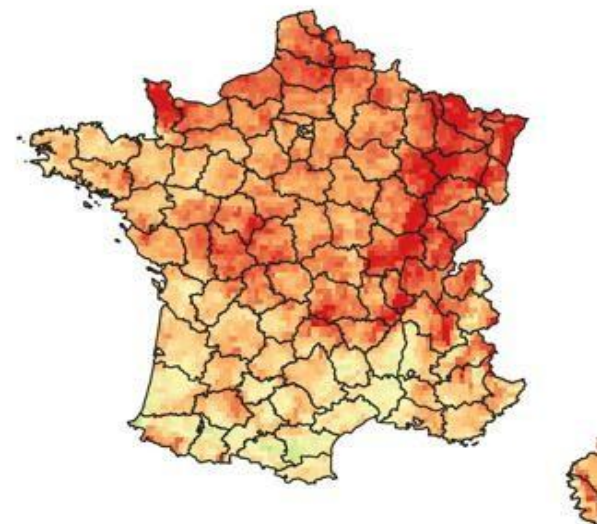
Evolution des rafales (99 percentile)
Scénario + 2 deg



Evolution des rafales (99 percentile)
Scénario + 3 deg



Evolution des rafales (99 percentile)
Scénario maximisant



2^{ème} et 3^{ème} temps : sensibilités → vulnérabilités

Deuxième temps : évaluation détaillée des sensibilités physiques et fonctionnelles Les 21 073 km du RRN sont décomposés :

- en 13400 mailles élémentaires avec pour chacune l'ensemble des composantes de l'infrastructures recensées → note « **S** » de **sensibilité physique** des composantes, agglomérées par maille

Sensibilité physique = niveau de dégradation possible de chaque aléa sur chaque composante de l'infrastructures

- en 2337 tronçons élémentaires pour lesquels la **sensibilité fonctionnelle** à une perturbation du trafic est évaluée → Note « **S** »

Sensibilité fonctionnelle = niveau de gêne dû à une baisse de performance de la route suite à un aléa climatique

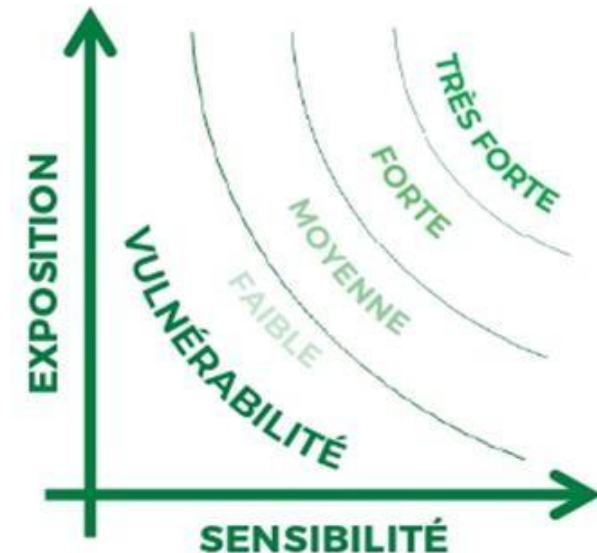
Troisième temps : évaluation des vulnérabilités par aléa

Pour chaque aléa et chaque maille ou tronçon :

« **E x S** » → note de vulnérabilité physique ou fonctionnelle

→ **5 classes** de vulnérabilité

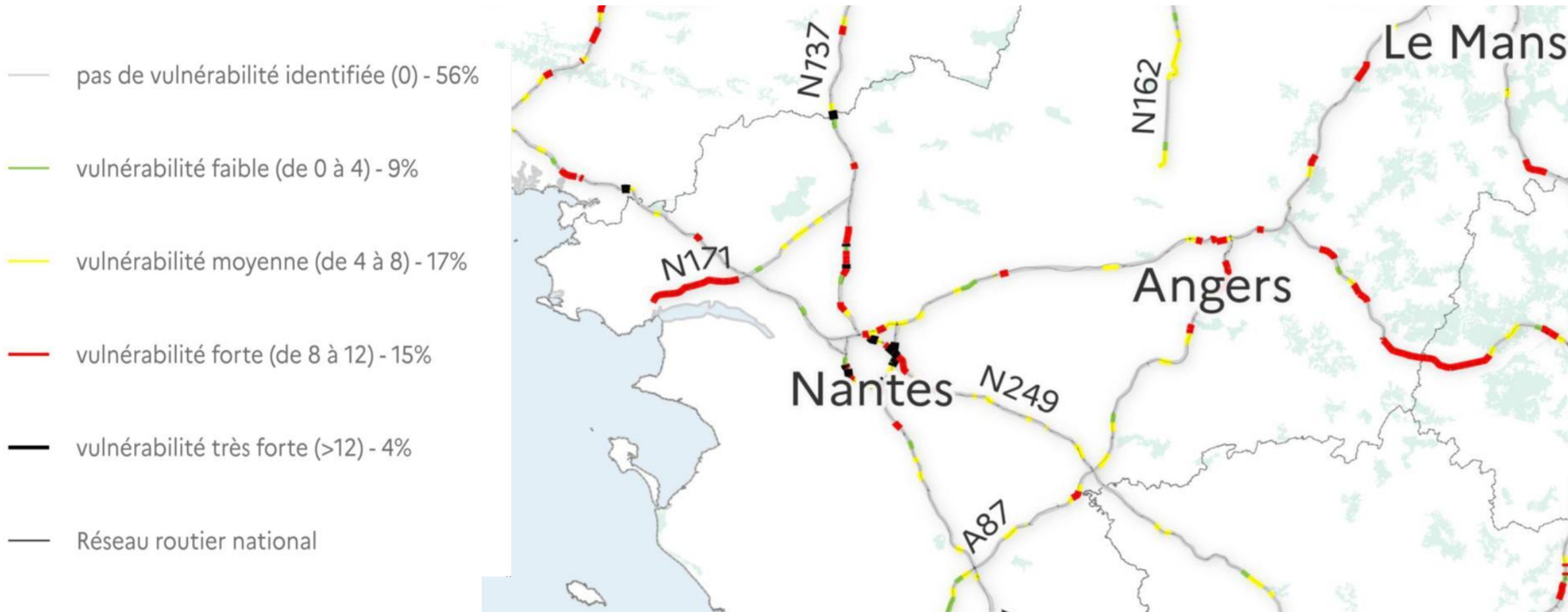
→ **Cartes de vulnérabilité physique ou fonctionnelle**



Extrait de carte de vulnérabilité physique : scenario +3°C retrait gonflement des argiles



Extrait de carte de vulnérabilité fonctionnelle : scenario +3°C inondation par débordement



Enseignements généraux issus de la synthèse des cartes de vulnérabilité

Zones les plus vulnérables	Aléas les plus problématiques
• Secteurs sud et sud-est • Île-de-France • Lorraine • Grandes agglomérations	• Inondations par ruissellement • Mouvements de terrain (glissements et chûtes de blocs) • Précipitations extrêmes • Retrait gonflement des sols • Cas particulier des incendies de forêt (vulnérabilité reste modérée, mais obligations légales de débroussaillage)
Secteurs les plus évolutifs	Infrastructures les plus impactées
• Île-de-France • Large zone centre-est, de Lyon à Metz • Côtes de PACA et de la Manche • Pays toulousain, Aquitaine, Bretagne	• La chaussée dans son ensemble • Les différents ouvrages en terre • Certains ouvrages d'art spécifiques (Franchissements de cours d'eau, traversées hydrauliques, soutènements ...)

Coûts de l'inaction (scénario 2 / 10 ans) - Adaptation

- Coûts physique : 1,8 Mds€, très différents selon les aléas et les composants

	Chaussée	OT	Assainissement	OA	Equipements	Aménagements	Total par groupe d'aléas	% par groupe d'aléas
Fortes chaleurs	619 899 000	-	13 026 000	75 005 000	1 610 000	60 065 000	769 605 000	43%
Incendie	2 720 000	3 632 000	741 000	26 728 000	3 022 000	16 376 000	53 219 000	3%
Inondations	346 173 000	154 013 000	7 353 000	175 670 000	8 833 000	5 969 000	698 011 000	39%
Mouvements de terrain	20 073 000	24 568 000	1 331 000	46 332 000	731 000	3 913 000	96 948 000	5%
Sécheresse et RGA	88 573 000	5 671 000	29 130 000	10 400 000	10 527 000	8 891 000	153 192 000	9%
Submersion marine	196 000	142 000	25 000	233 000	-	3 000	599 000	0%
Total par groupe de composants	1 077 634 000	188 026 000	51 606 000	334 368 000	24 723 000	95 217 000	1 771 574 000	
% par groupe de composants	61%	11%	3%	19%	1%	5%		

- Coûts fonctionnels : 2,2 Mds€, liés aux coupures de circulation et au trafic, donc concentrés sur : autoroutes / Ile-de-France et inondations / mouvements terrain
 - ☐ Confirme les priorités issues de l'analyse des vulnérabilités (Volet 1)
- Les plans d'adaptation à construire par les gestionnaires doivent répondre à ces priorités et au-delà de l'investissement préventif, concernent aussi l'entretien, l'exploitation et la surveillance du réseau
- Ils doivent aussi en tirer les conséquences sur l'organisation et les compétences critiques nécessaires