



DÉFINIR, QUALIFIER, ANTICIPER :

premiers repères pour une résilience des infrastructures à +4°C

Fabien PALHOL

Inspection générale de l'environnement et du développement durable

SOMMAIRE

- I. Résilience : évolution du concept et définition
- II. Le système infrastructure
- III. Les enjeux de la résilience au changement climatique



I. Résilience : évolution du concept et définition



Une approche systémique de la résilience

Le mot **résilience**... limpide ou insaisissable ?

✚ Un étymologie simple... mais réductrice ?

du latin *resilire* : sauter en arrière, rebondir, revenir en arrière

✚ Une origine disputée... exemples :

Physique des matériaux : absorption d'un choc sans rupture.

Écologie : capacité d'un système à continuer de fonctionner malgré des perturbations majeures.

Psychologie : aptitude d'un individu à surmonter un traumatisme.

- 3 disciplines, 3 visions de ce qu'est "tenir face à l'épreuve".

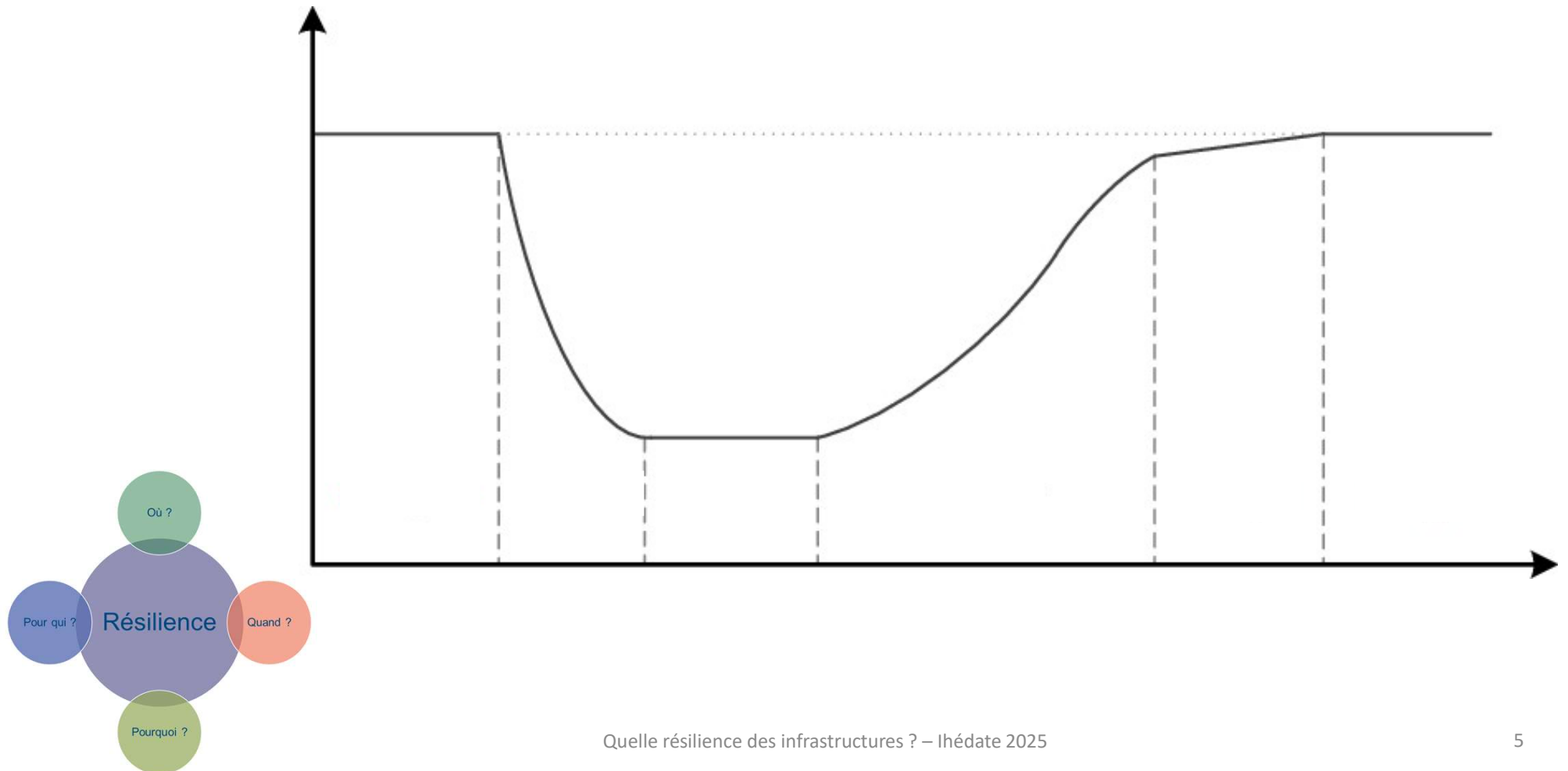
✚ Un mot-valise ?

Biologie, économie, urbanisme, informatique, sécurité, santé, politiques climatiques...

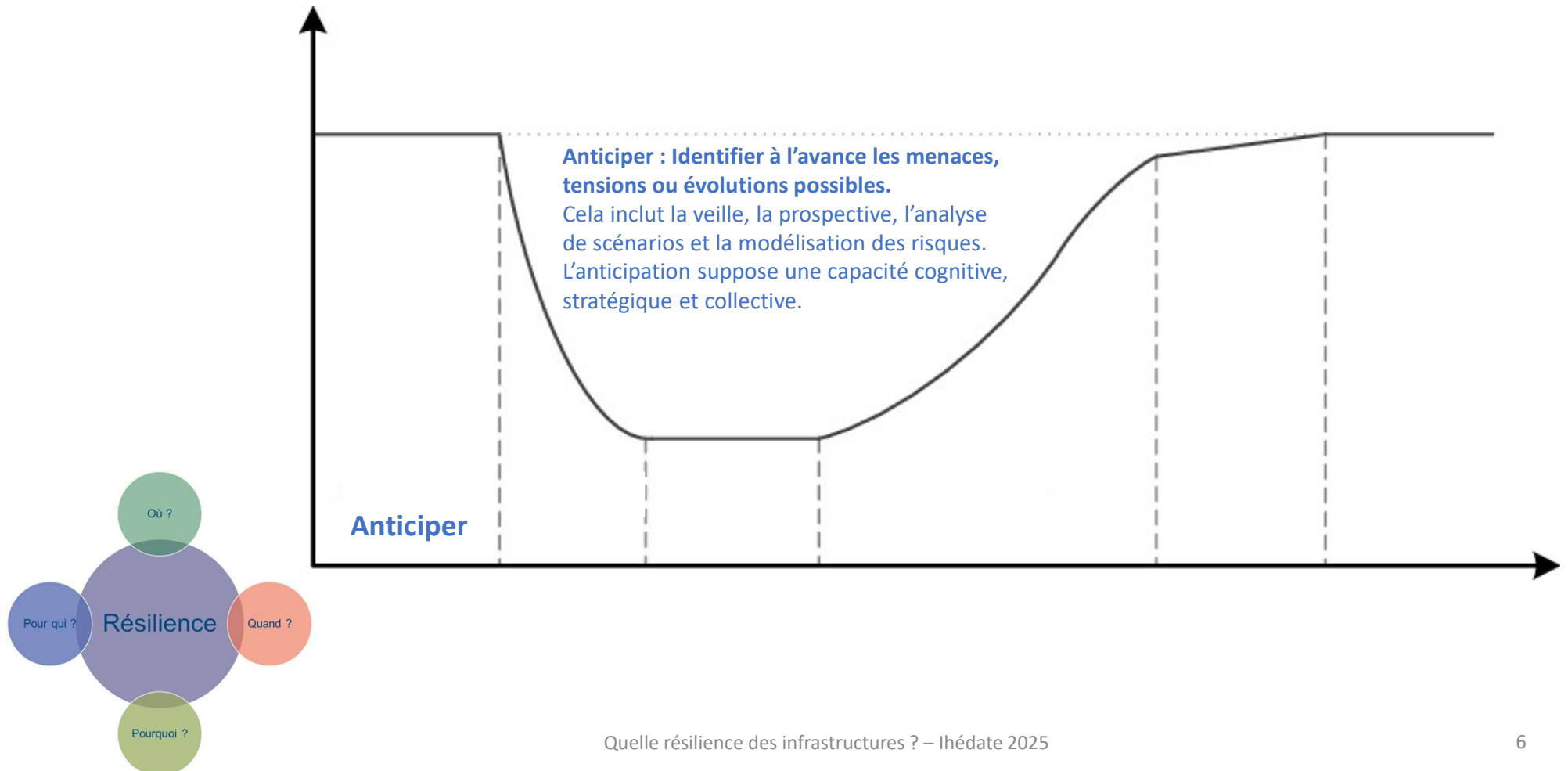
- Plus on l'utilise, moins elle semble définie
- A force de vouloir de la résilience partout, on ne désigne plus rien de précis
- **Enjeu : refonder une lecture systémique et opérationnelle de la résilience**



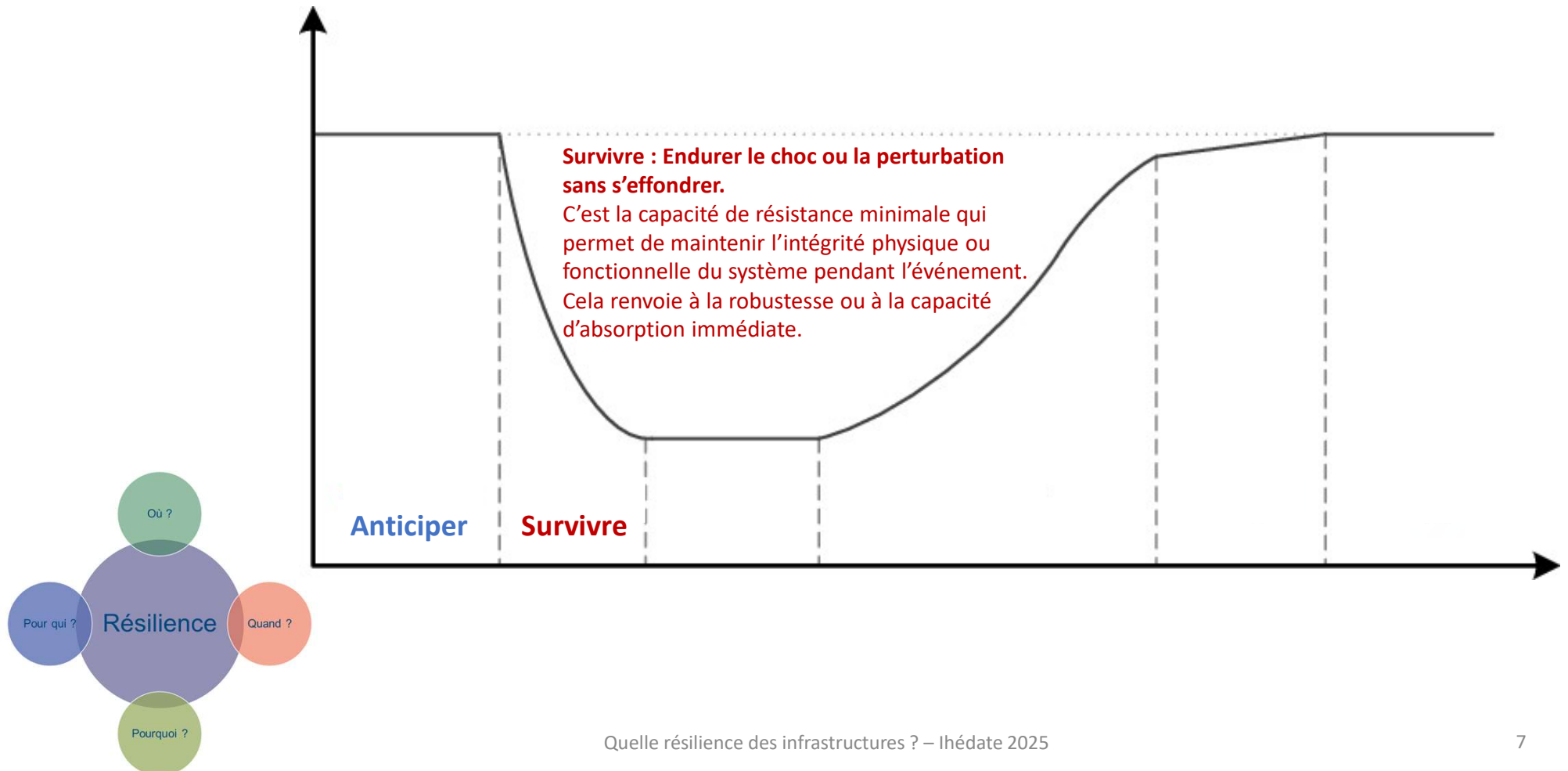
Une approche systémique de la résilience



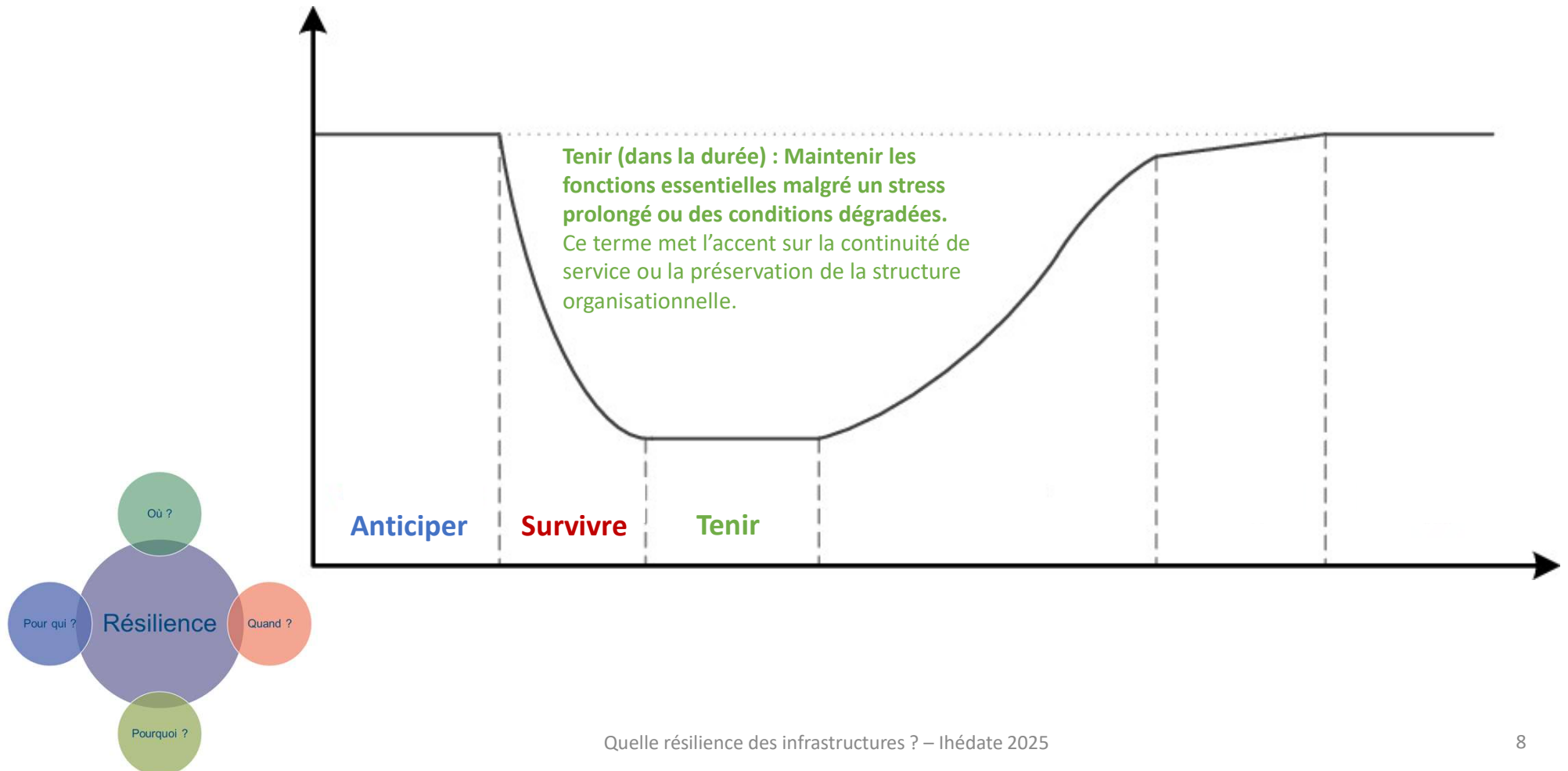
Une approche systémique de la résilience



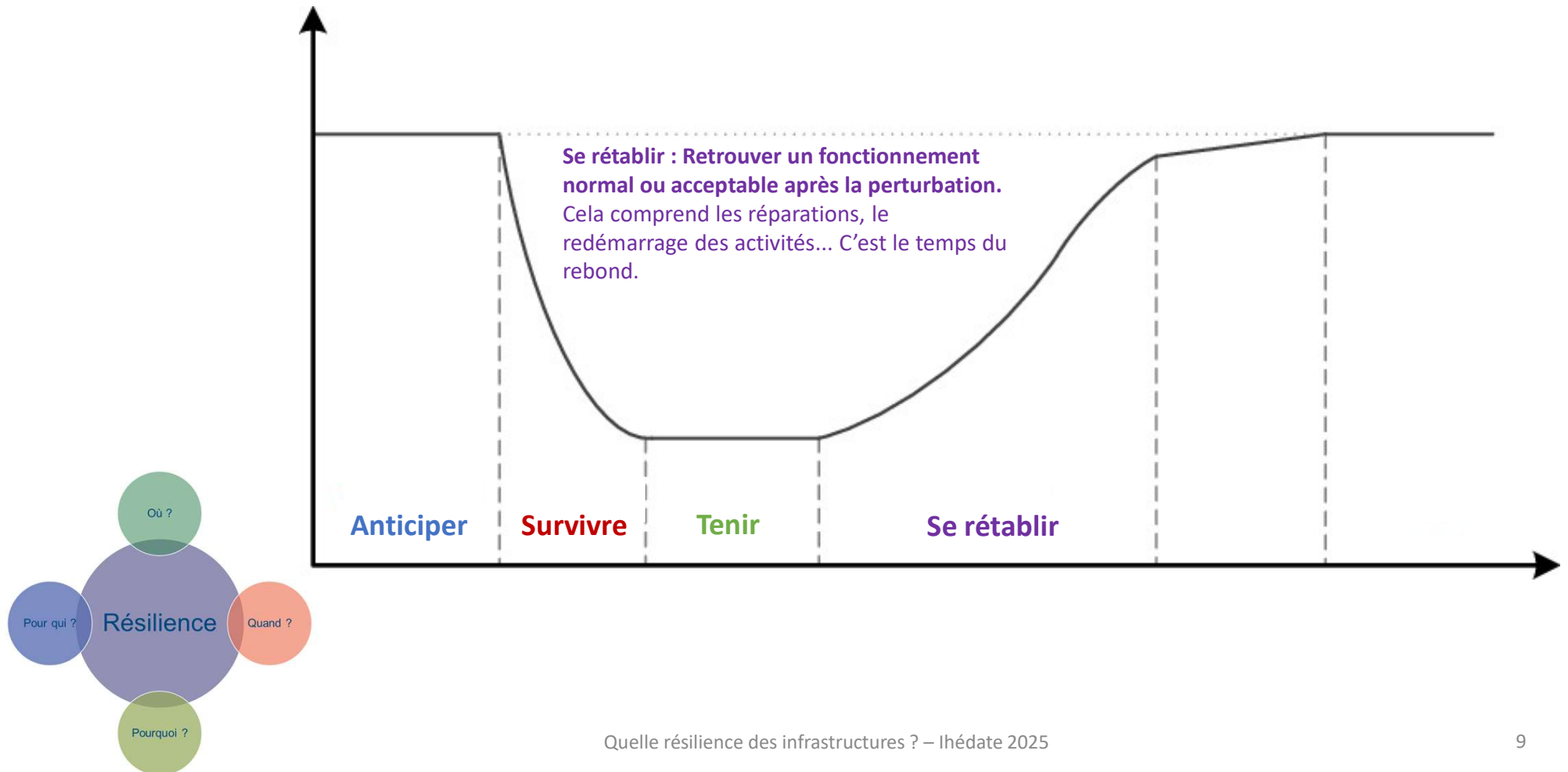
Une approche systémique de la résilience



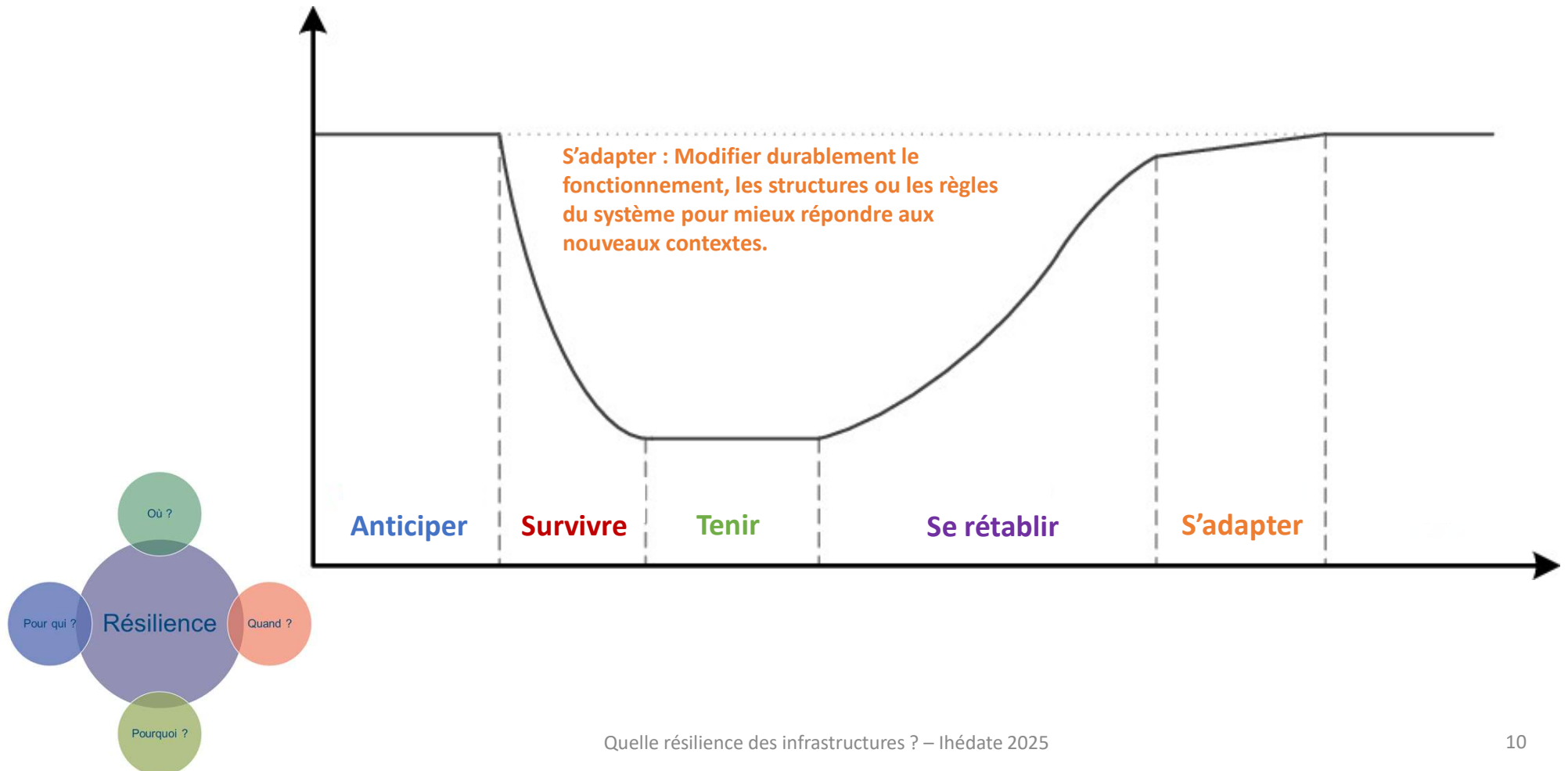
Une approche systémique de la résilience



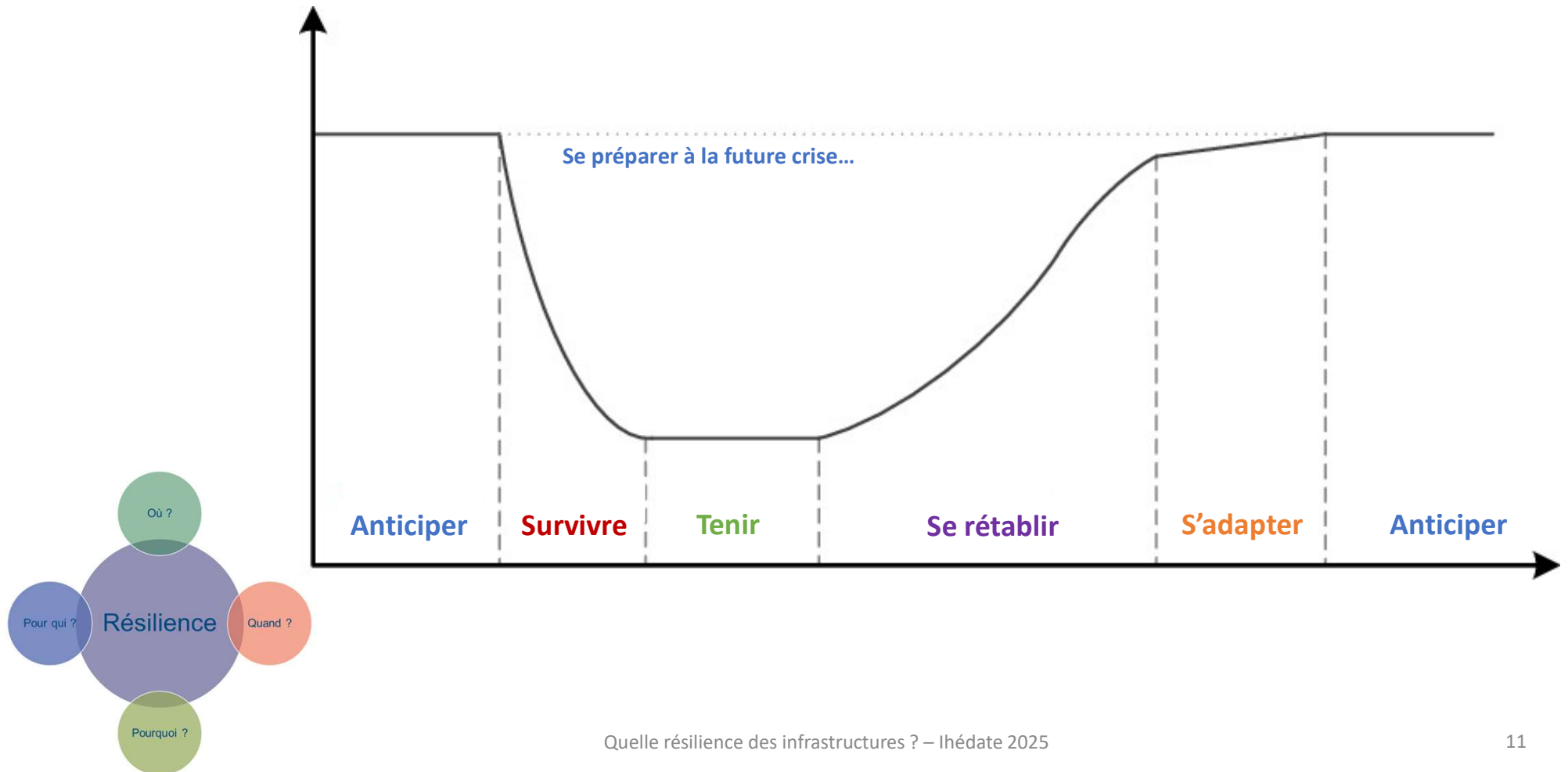
Une approche systémique de la résilience



Une approche systémique de la résilience



Une approche systémique de la résilience



Une approche systémique de la résilience

Vugrin et al., 2010	Holling, 1973	Hollnagel et al., 2011	NAS, 2012	Hollnagel & Woods, 2006
• Encaisser • S'adapter • Restaurer	• Anticiper • Encaisser • S'adapter • (Transformer) -> 2017	• Anticiper • Répondre • Surveiller • Apprendre	• Préparer • Absorber • Se rétablir • S'adapter	• Prévenir (éviter) • Tenir (survivre) • S'ajuster (se reconfigurer)

Même des termes identiques peuvent avoir des significations différentes selon les auteurs...



Une approche systémique de la résilience



Approche classique

- Rebondir/revenir à l'état d'équilibre initial
- Met l'accent sur le maintien de la fonction actuelle et la récupération

UNISDR, 2009 : La capacité d'un système, d'une communauté ou d'une société exposée à des aléas à **résister**, **absorber**, **s'adapter** et **se remettre** des effets d'un aléa de manière rapide et efficace, y compris par la **préservation et la restauration** de ses structures et fonctions de base essentielles.



Une approche systémique de la résilience



Approche classique

- **Rebondir/revenir** à l'état d'équilibre initial
- Met l'accent sur le maintien de la fonction actuelle et la récupération

- **Finalité** : retour à l'état antérieur
- **Logique** : réduction de l'impact
- **Temporalité** : court terme
- **Action** : PCA, redondance...



Approche contemporaine

- Vers un nouvel état d'équilibre
- S'adapter, apprendre, se transformer
- Intègre la dynamique de renforcement à long terme

- **Finalité** : passage à un nouvel équilibre
- **Logique** : adaptation et transformation
- **Temporalité** : moyen et long terme
- **Action** : reconfiguration, gouvernance...



Une approche systémique de la résilience

DG-ECHO, 2021 : La résilience est la capacité d'un individu, d'une communauté ou d'un pays à faire face, à **s'adapter** et à **se remettre** rapidement de l'impact d'une catastrophe, d'une violence ou d'un conflit. La résilience couvre toutes les étapes de la catastrophe, de la prévention (lorsque cela est possible) à **l'adaptation** (lorsque cela est nécessaire), et **comprend une transformation positive** qui **renforce la capacité des générations actuelles et futures à répondre à leurs besoins** et à résister aux crises.

Australian Institute for Disaster Resilience, 2020 : Une communauté résiliente a la possibilité, la capacité et l'aptitude à **identifier** et à **atténuer** les dangers et les risques, à **absorber** les effets des événements perturbateurs, à **s'adapter** ou à **se transformer** en prévision ou en réponse aux événements perturbateurs et à **revenir à un état de fonctionnement**.



Une approche systémique de la résilience

Il n'y a pas de consensus autour **d'une définition** de la résilience...

L'objectif principal est d'identifier et de prioriser les **fonctionnalités essentielles** d'un système.

Il est plus simple, plus clair et plus utile d'être **explicite** sur les éléments principaux de la résilience que l'on veut considérer !

La façon dont nous définissons la résilience affecte la façon dont nous l'appréhendons et dont nous la mesurons !



Une approche systémique de la résilience

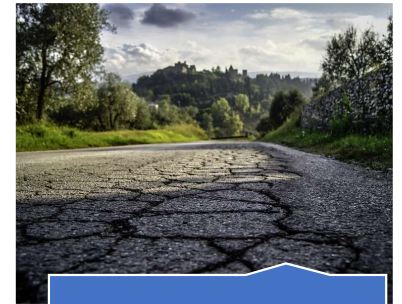
“ Capacité d’un système social, économique ou écologique à faire face à une **perturbation**, une **tendance** ou un **évènement** dangereux, en réagissant ou en se réorganisant de manière à conserver ses fonctions essentielles, son identité et sa structure tout en gardant ses facultés d’adaptation, d’apprentissage et/ou de transformation. ”

La résilience systémique désigne la capacité émergente d’un système à maintenir ses fonctions et services essentiels, malgré des risques endogènes et/ou exogènes, et malgré les évolutions de sa structure interne (ajout, modification ou suppression de composants).

Elle n’est pas une propriété figée, mais une **dynamique** liée à la capacité d’absorber les perturbations, de se reconfigurer et d’apprendre, sans perdre son identité fonctionnelle.



Crise, catastrophe



Stress chronique

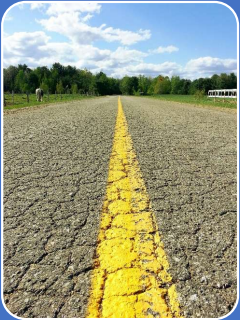
Une approche systémique de la résilience

Chocs, crises, catastrophes



- Inondation
- Ouragans, tempêtes
- Fermeture d'une usine, d'une école
- Attaque terroriste
- Séisme
- Crise boursière
- Mouvements de terrain
- Marée noire
- Pandémie
- Prix des matières premières

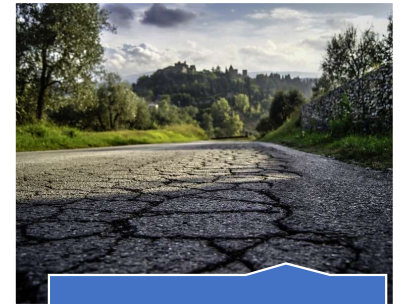
Stress chronique



- Changement climatique
- Effondrement de la biodiversité
- Raréfaction des ressources naturelles
- Inégalités sociales
- Pollution de l'air, de l'eau, des sols
- Sécheresse, stress hydrique
- Montées des mers
- Incivilités croissantes
- Infrastructures défailantes
- ...

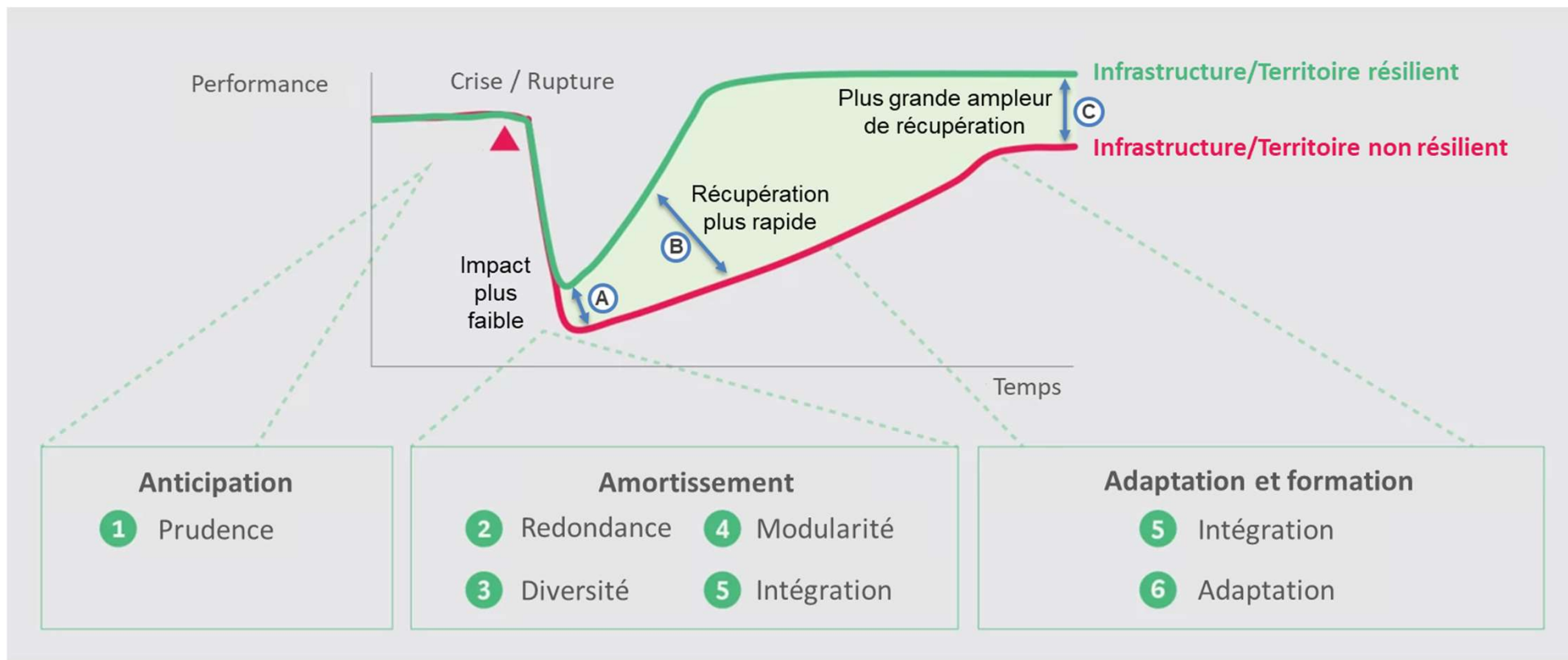


Crise, catastrophe



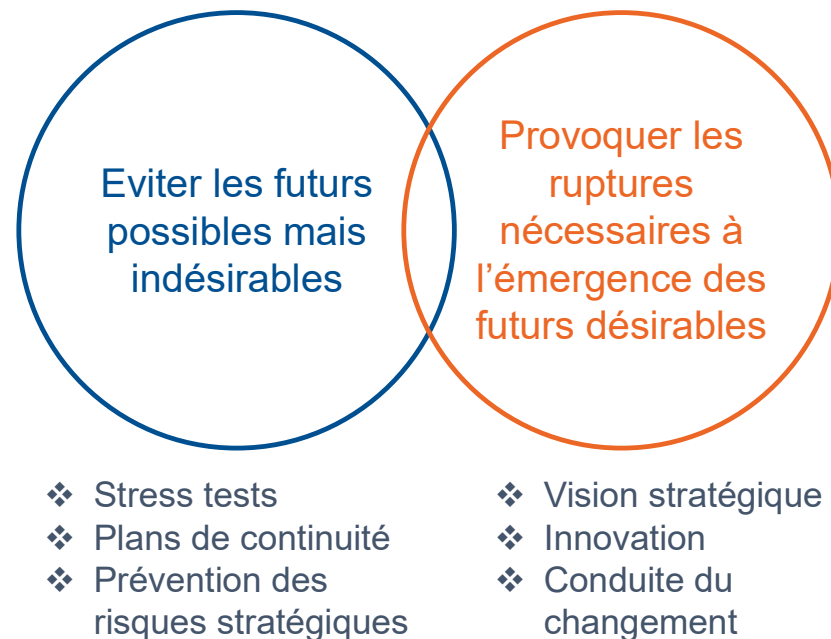
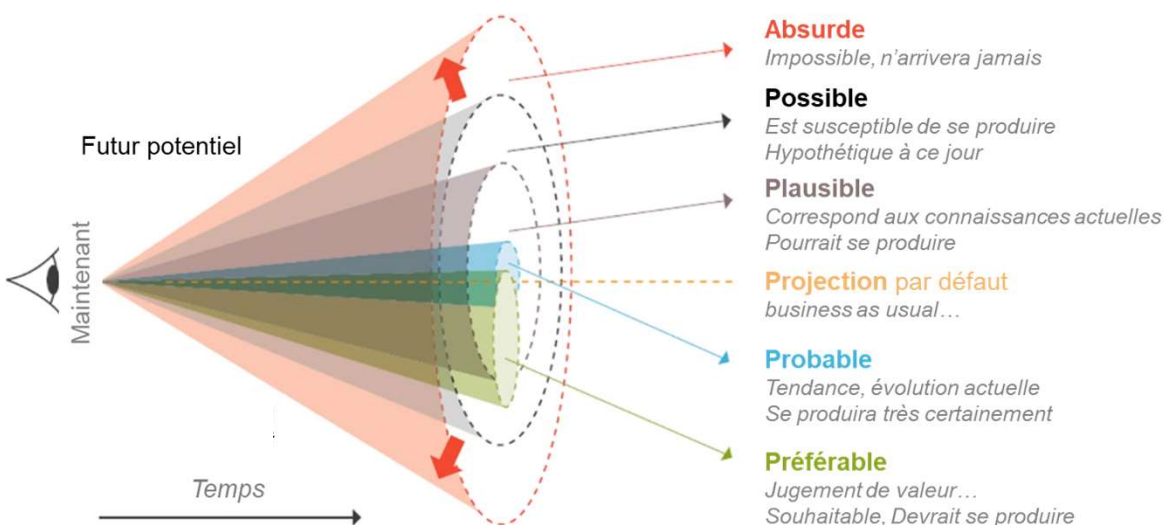
Stress chronique

Une approche systémique de la résilience



Une approche systémique de la résilience

Se préparer à des futurs hypothétiques !



Le but de la prospective n'est pas de prévoir ce qui va arriver, mais de se préparer à ce qui pourrait arriver...

Résilience systémique : de l'anticipation à la transformation

Le continuum de la résilience

- ❖ **Crise** : manifestation brutale (ou progressive) d'un événement perturbateur dépassant les capacités de réponse normales du territoire
 - ❖ Phase aigüe : inondation majeure, rupture d'infrastructure, panne de service essentiel...
 - ❖ Révèle les limites des capacités de réponses ordinaires
- ❖ **Gestion de crise** : couvre la phase aigüe. Réponse immédiate et opérationnelle pour limiter les impacts directs de la crise.
 - ❖ Mobilisation des secours, sécurisation, évacuation, assistances aux sinistrés
- ❖ **Relèvement** : rétablissement des fonctions essentielles, réhabilitation ou reconstruction.
 - ❖ Récupération rapide, actions sans regrets, début des arbitrages entre retour à l'identique et adaptation
- ❖ **Anticipation et préparation** : réduction proactive de la vulnérabilité, développement d'une culture du risque.
 - ❖ Planification, aménagements adaptés, renforcement des composants, dispositifs d'alerte, éducation au risque, formation des acteurs, exercices...
 - ❖ Amont du cycle suivant

Résilience systémique : de l'anticipation à la transformation

Le continuum de la résilience

Résilience : démarche transversale et de plus long terme, couvrant toutes ces étapes (commence bien avant et se poursuit bien après la crise / limiter voire éviter la prochaine crise).

- Anticipation, apprentissage, transformation structurelle, montée en compétence collective

La résilience n'est pas une phase, mais une dynamique systémique

- ❖ **Crise** : manifestation brutale (ou progressive) d'un événement perturbateur dépassant les capacités de réponse normales du territoire
 - ❖ Phase aigüe : inondation majeure, rupture d'infrastructure, panne de service essentiel...
 - ❖ Révèle les limites des capacités de réponses ordinaires
- ❖ **Gestion de crise** : couvre la phase aigüe. Réponse immédiate et opérationnelle pour limiter les impacts directs de la crise.
 - ❖ Mobilisation des secours, sécurisation, évacuation, assistances aux sinistrés
- ❖ **Relèvement** : rétablissement des fonctions essentielles, réhabilitation ou reconstruction.
 - ❖ Récupération rapide, actions sans regrets, début des arbitrages entre retour à l'identique et adaptation
- ❖ **Anticipation et préparation** : réduction proactive de la vulnérabilité, développement d'une culture du risque.
 - ❖ Planification, aménagements adaptés, renforcement des composants, dispositifs d'alerte, éducation au risque, formation des acteurs, exercices...
 - ❖ Amont du cycle suivant

II. Le système infrastructure



Le système infrastructure

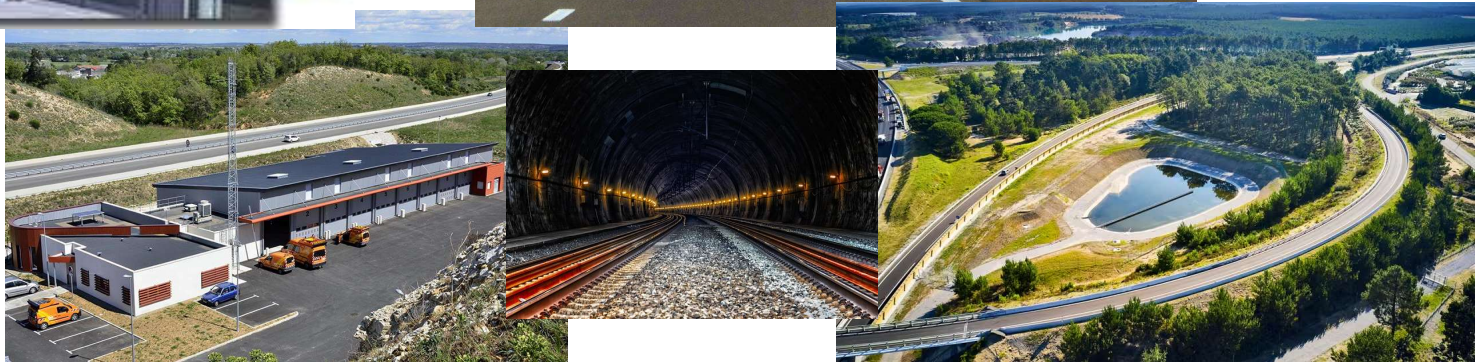


Le système infrastructure



Réseaux physiques

- Bâtiments
- Autres actifs



Le système infrastructure

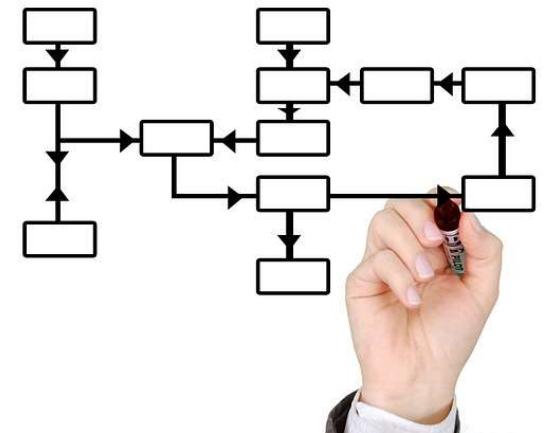
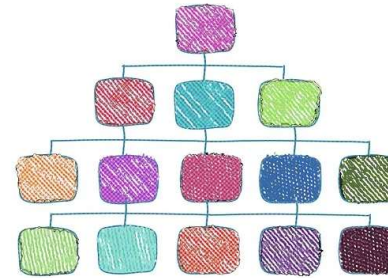


Réseaux physiques

- Bâtiments
- Autres actifs

Structures de gouvernance

- Processus de gestion
- Cadre réglementaire



Le système infrastructure



Réseaux physiques

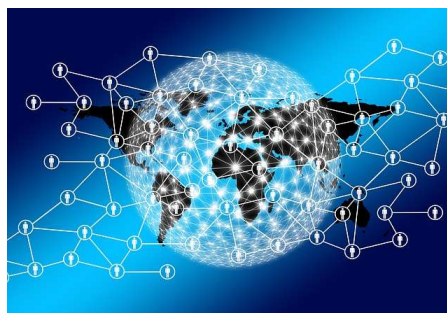
- Bâtiments
- Autres actifs

Structures de gouvernance

- Processus de gestion
- Cadre réglementaire

Interdépendances

- / composants
- / environnement dynamique



Le système infrastructure



Réseaux physiques

- Bâtiments
- Autres actifs

Structures de gouvernance

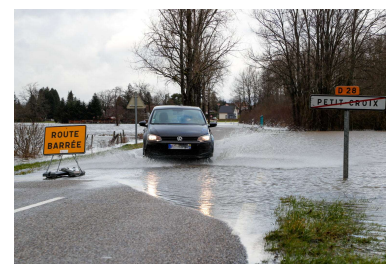
- Processus de gestion
- Cadre réglementaire

Interdépendances

- / composants
- / environnement dynamique

Facteurs humains

- Connaissances et compétences
- Usages



Le système infrastructure



Réseaux physiques

- Bâtiments
- Autres actifs

Structures de gouvernance

- Processus de gestion
- Cadre réglementaire

Interdépendances

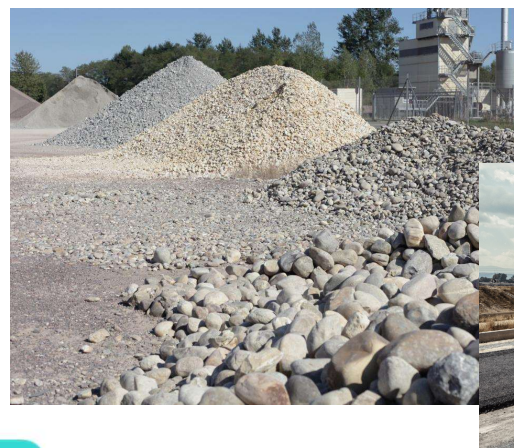
- / composants
- / environnement dynamique

Facteurs humains

- Connaissances et compétences
- Usages

Ressources

- Naturelles
- Humaines ou techniques



Le système infrastructure



Réseaux physiques

- Bâtiments
- Autres actifs

Structures de gouvernance

- Processus de gestion
- Cadre réglementaire

Interdépendances

- / composants
- / environnement dynamique

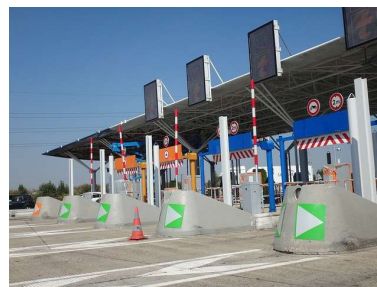
Facteurs humains

- Connaissances et compétences
- Usages

Ressources

- Naturelles
- Humaines ou techniques

Systèmes et technologies

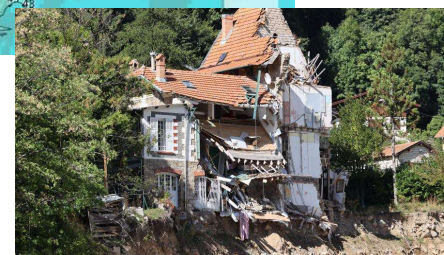
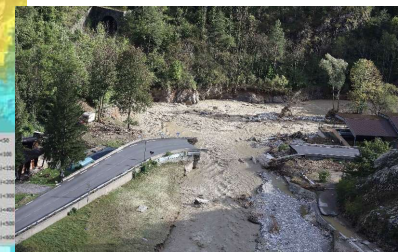
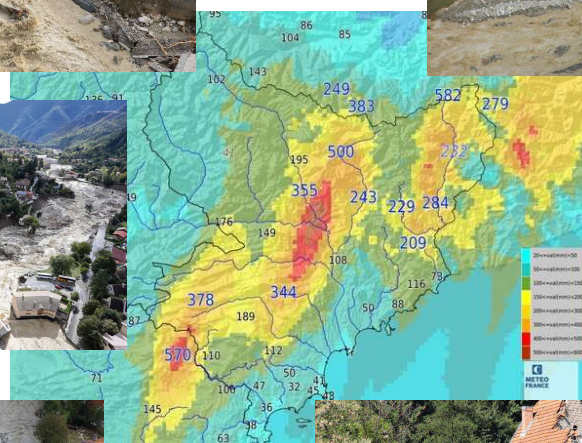




Le système infrastructure

Tempête Alex – 2-3 octobre 2020

- ✓ 500+ mm d'eau par m² en moins de 12 h
- ✓ 70 communes des Alpes-Maritimes en état de catastrophe naturelle
- ✓ 10 morts dans le département (8 disparus)
- ✓ Dégâts dans le département :
 - 470 bâtiments détruits
 - 60+ ouvrages, dont 20 ponts
 - 85 km de voirie
 - 17 stations d'épurations ou postes de relevage touchés
 - 10+ stations de captage ou de traitement de l'eau
 - 200+ km de réseaux d'eau ou assainissement détruits
 - 48 sites de téléphonie mobile HS, 45 centraux téléphoniques coupés
 - 31 km d'ouvrages HTA, 30 postes HTA/BT, 37 km de réseau BT détruits
 - ...

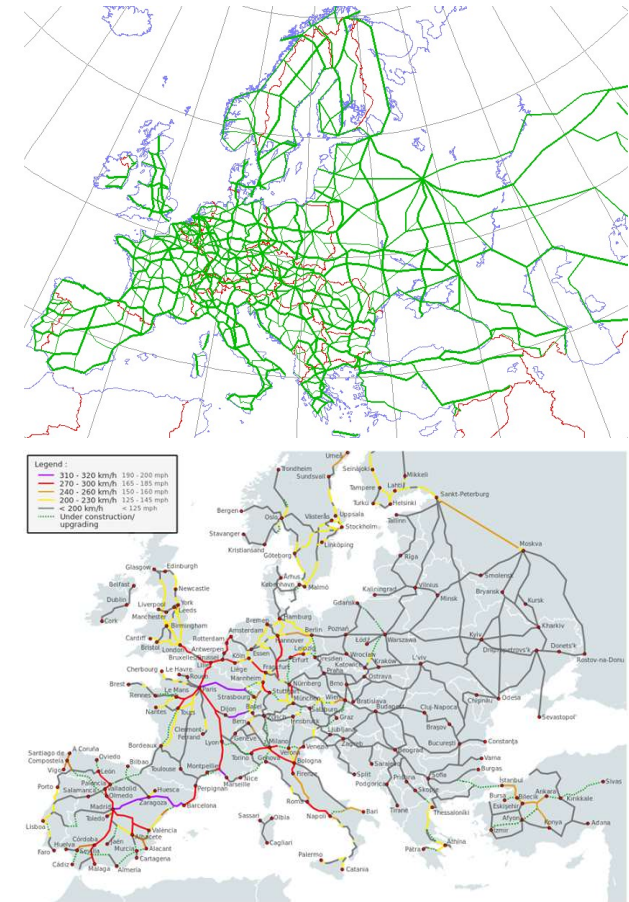
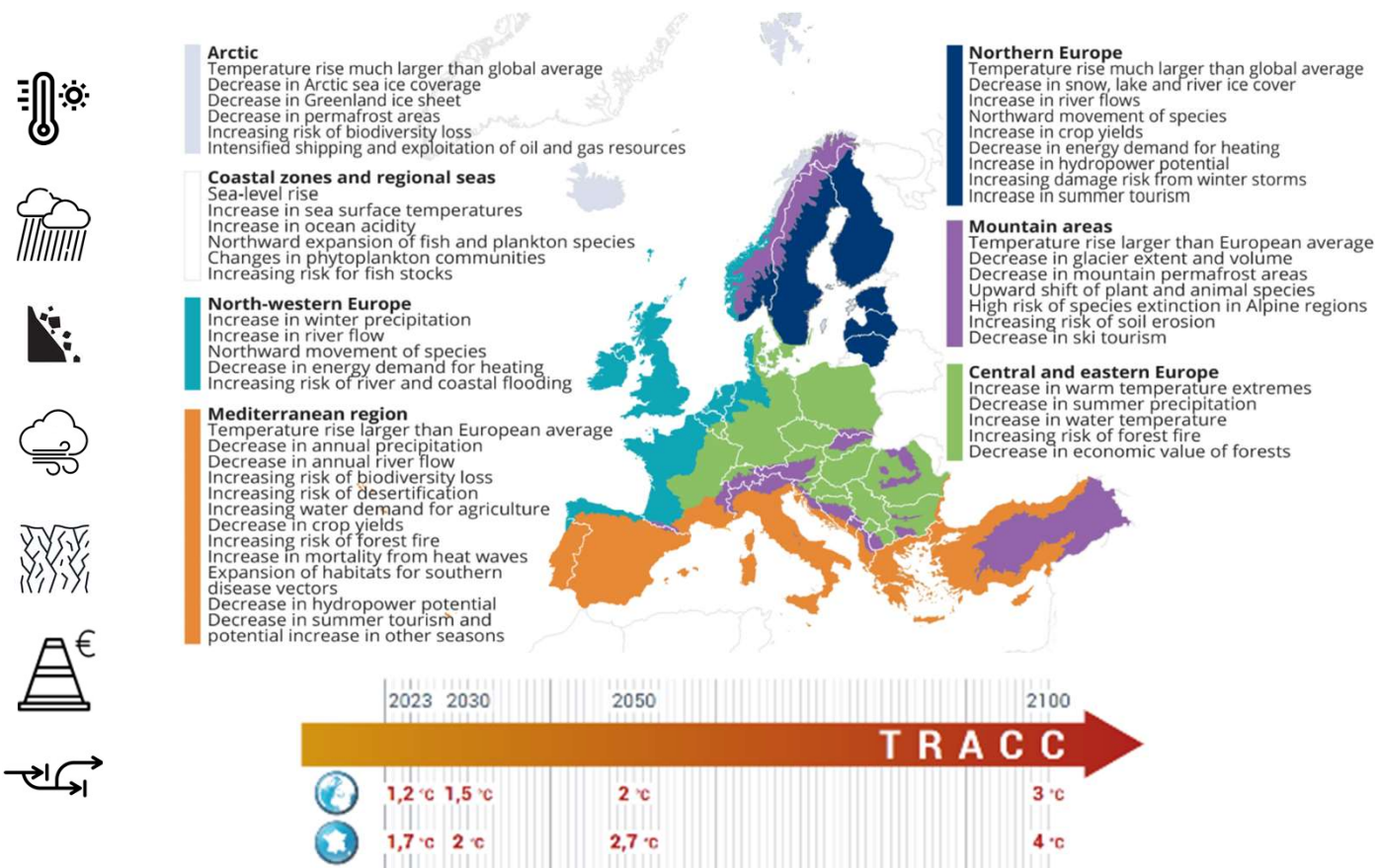


III. Les enjeux de la résilience au changement climatique





Les enjeux de la résilience au changement climatique

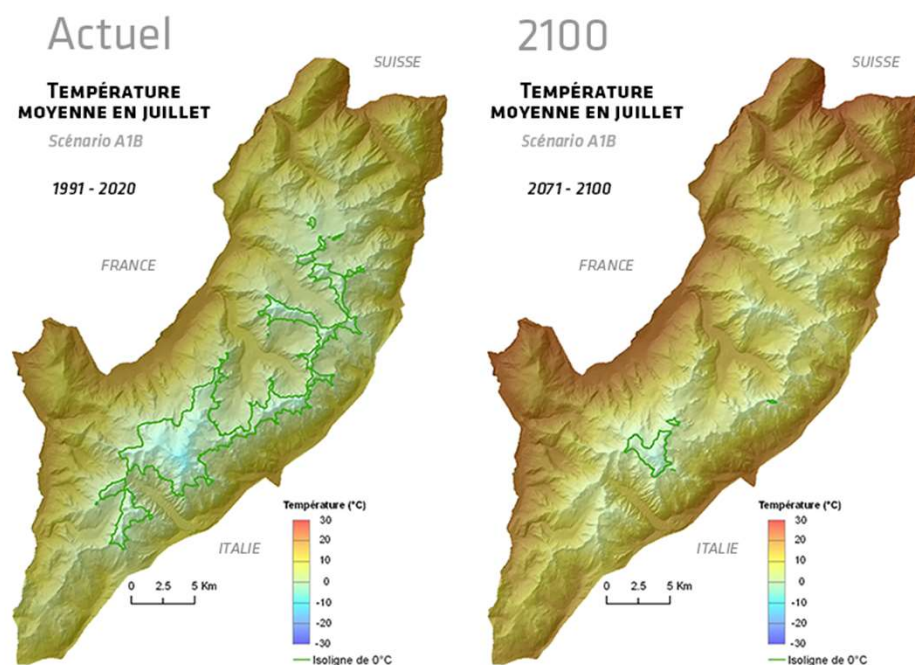


Quelle résilience des infrastructures ? – Ihédate 2025

Les enjeux de la résilience au changement climatique

Augmentation des températures

- Fonte des glaciers et du permafrost
- Modification des caractéristiques de surface
- Orniérage des chaussées
- Dilations des rails
- Fissuration
- RGA
- Incendies
- ...



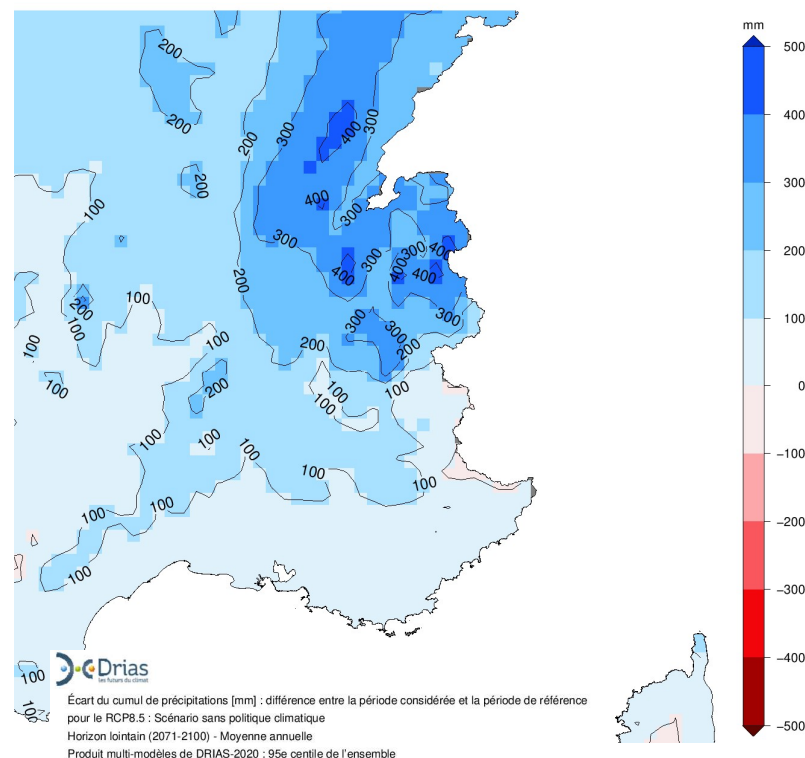
Isotherme 0°C Modélisation des températures futures © CREA Mont-Blanc 2012 - source Randin C. & Zimmermann N.

Les enjeux de la résilience au changement climatique



Modification des régimes de précipitations

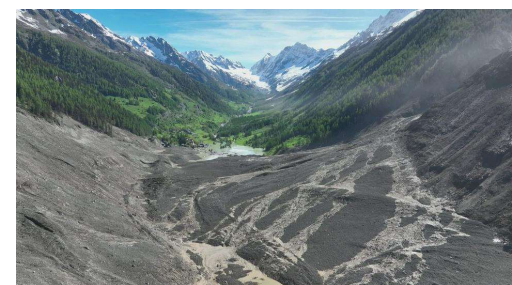
- Sécheresses prolongées
- Augmentation du nombre d'épisodes intenses
- Inondations
- Affouillement et chocs
- Mouvements de terrain
- RGA
- ...



Les enjeux de la résilience au changement climatique



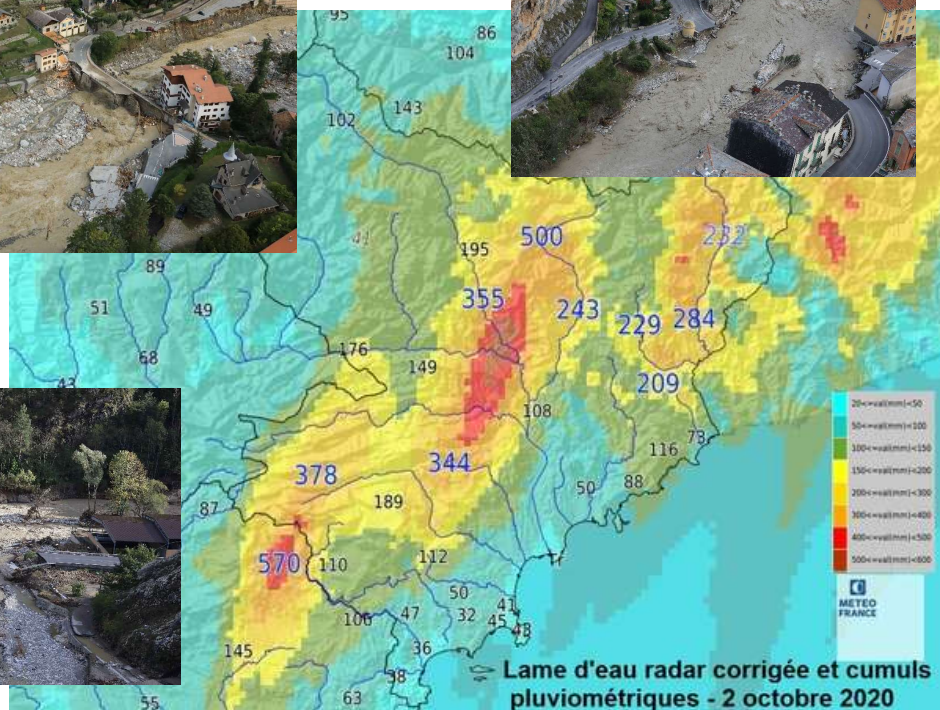
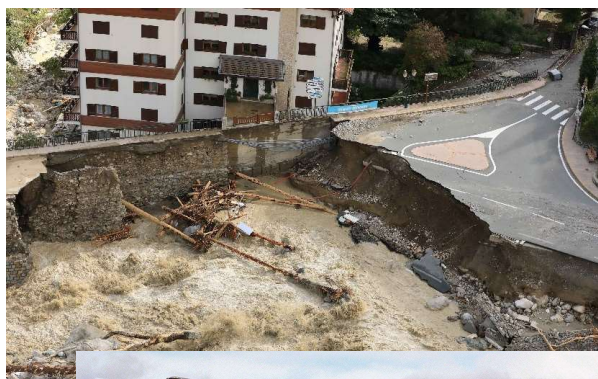
Avalanches, coulées de boue



Les enjeux de la résilience au changement climatique



Tempêtes et vents forts



Les enjeux de la résilience au changement climatique



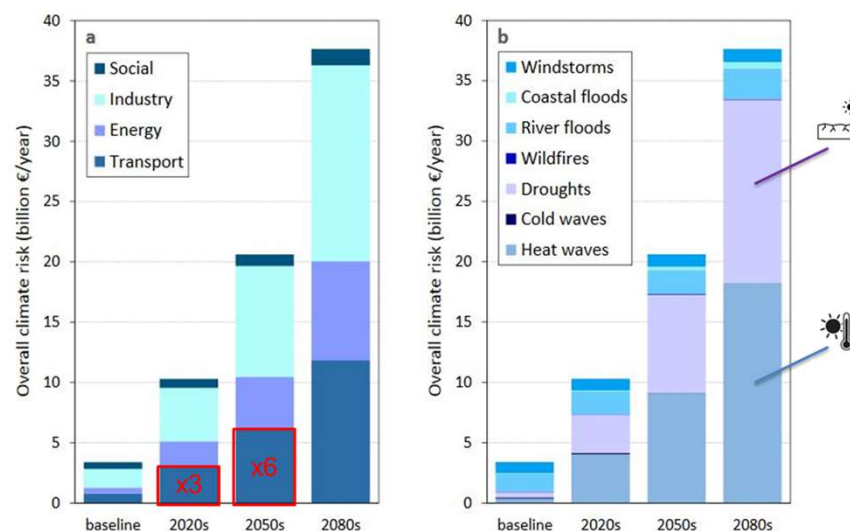
Erosion et instabilité des sols



Les enjeux de la résilience au changement climatique

  Exploitation, entretien, maintenance

- Modification des conditions d'exploitation
- Évolution des routines d'entretien
- Formation des agents
- Évolution des fréquences et des types de maintenance
- Augmentation des coûts de maintenance
- ...



x3

Augmentation du coût des dommages aux infrastructures de transport liés aux événements climatiques au cours de la décennie actuelle (par rapport à 2010)

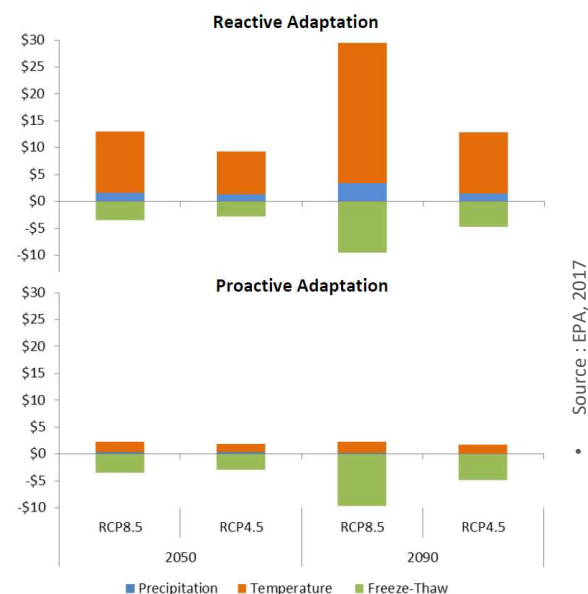
Les enjeux de la résilience au changement climatique



Adaptation des infrastructures



- Pro-actif moins coûteux que le réactif
- Approche réseau : gestion intégrée
- Réflexion sur les besoins
- Planification court, moyen et long terme



7 à 10 milliards de dollars
Montant économisé chaque année aux États-Unis d'ici 2050 en cas d'adaptation proactive des routes.

Conclusion

Construire des infrastructures résilientes, ce n'est pas préparer le monde d'hier aux crises de demain

C'est admettre :

- ❖ **Que l'incertitude est une constante**
- ❖ **Que les crises ne sont plus des anomalies**
- ❖ **Que les systèmes doivent pouvoir évoluer sans se désorganiser**

Conclusion

Construire des infrastructures résilientes, ce n'est pas préparer le monde d'hier aux crises de demain

C'est admettre :

- ❖ **Que l'incertitude est une constante**
- ❖ **Que les crises ne sont plus des anomalies**
- ❖ **Que les systèmes doivent pouvoir évoluer sans se désorganiser**

Et maintenant ?

- ❖ **Comment déterminer les risques pesant sur les infrastructures ?**
- ❖ **Comment construire une stratégie de résilience ?**
- ❖ **Comment gérer une résilience sous contrainte ?**
- ❖ **Comment construire une réelle approche systémique ?**

Merci de votre attention !

Des questions ?

fabien.palhol@developpement-durable.gouv.fr