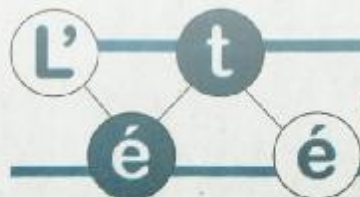




# LES NOUVEAUX DANGERS NATURELS

KHALID ESSYAD



DE L'ÉPOQUE P. 20-21

DES CLICHÉS  
QUI FONT MÂLES

COMMENT SAUVER  
LE PAIN DE CAMPAGNE

## Crise climatique : l'été de la fin de l'insouciance

► Les ravages provoqués par la canicule, les incendies et les orages, au fil d'épisodes intenses et rapprochés, marquent l'opinion comme jamais

► « Le Monde » fait le récit de cette séquence vécue par beaucoup, à travers la France, comme une phase-clé dans la perception des dérèglements du climat

► La climatologue Valérie Masson-Delmotte estime que cette confrontation avec la réalité signe pour bien des Français « la perte de l'insouciance »

► D'autres, comme l'élue écologiste Sandrine Rousseau, le sondeur Brice Teinturier ou le réalisateur Cyril Dion, doutent de cet effet « bascule » sur la durée

► La période actuelle semble également annoncer une évolution dans le traitement médiatique de ces sujets

PAGES 8-9 ET 22-23

### ARABIE SAOUDITE

## SALMA AL-CHEHAB, 34 ANS DE PRISON POUR AVOIR DÉFENDU LES DROITS HUMAINS

► La condamnation de cette docteur en médecine suscite l'indignation

## Variole du singe Progression de l'épidémie, tensions sur les vaccins

APRÈS avoir démarré à un rythme poussif, la campagne de vaccination contre le virus de la variole du singe s'est accélérée, ces dernières semaines, en France. Le ministère de la santé évoque 10 000 à 15 000 vaccinations par semaine. Cette montée en puissance demeure insuffisante pour de nombreux acteurs de terrain, même si des pharmacies de ville sont désormais mobilisées dans le cadre d'une opération test.

Dans le même temps, l'épidémie concerne un nombre croissant de personnes : au 19 août, 40 756 cas étaient reportés dans 96 pays, dont 19 870 en Europe (2 749 en France au 16 août).

Confronté à l'afflux de commandes de vaccins, le laboratoire danois Bavarian Nordic, unique producteur mondial, craint de ne pouvoir satisfaire toutes les demandes.

PAGES 14-15

# VOTRE ORATEUR

## § Ce que je suis:

- § Hydraulicien / hydrologue
- § Praticien
- § 30 ans de métier
- § ½ Suisse ½ ailleurs (25 pays)

## § Ce que je ne suis pas:

- § Climatologue
- § Sociologue
- § Spécialiste en politique publique
- § Spécialiste avalanches/glissements de terrain/glaciologue
- § ...

**Focus sur  
les crues**





# UN POINT DE VUE DE PRATICIEN

- § Dangers naturels et nouveaux dangers
- § Gestion des risques naturels
- § Plan d'action
- § Prises de décision
- § Nouveaux outils



# QUELQUES CRUES RÉCENTES





# COMPARAISON 2021 - 2022

11 août 2021



Source : NASA worldview

9 août 2022



# DÉFICIT DE PRÉCIPITATION ÉTÉ 2022

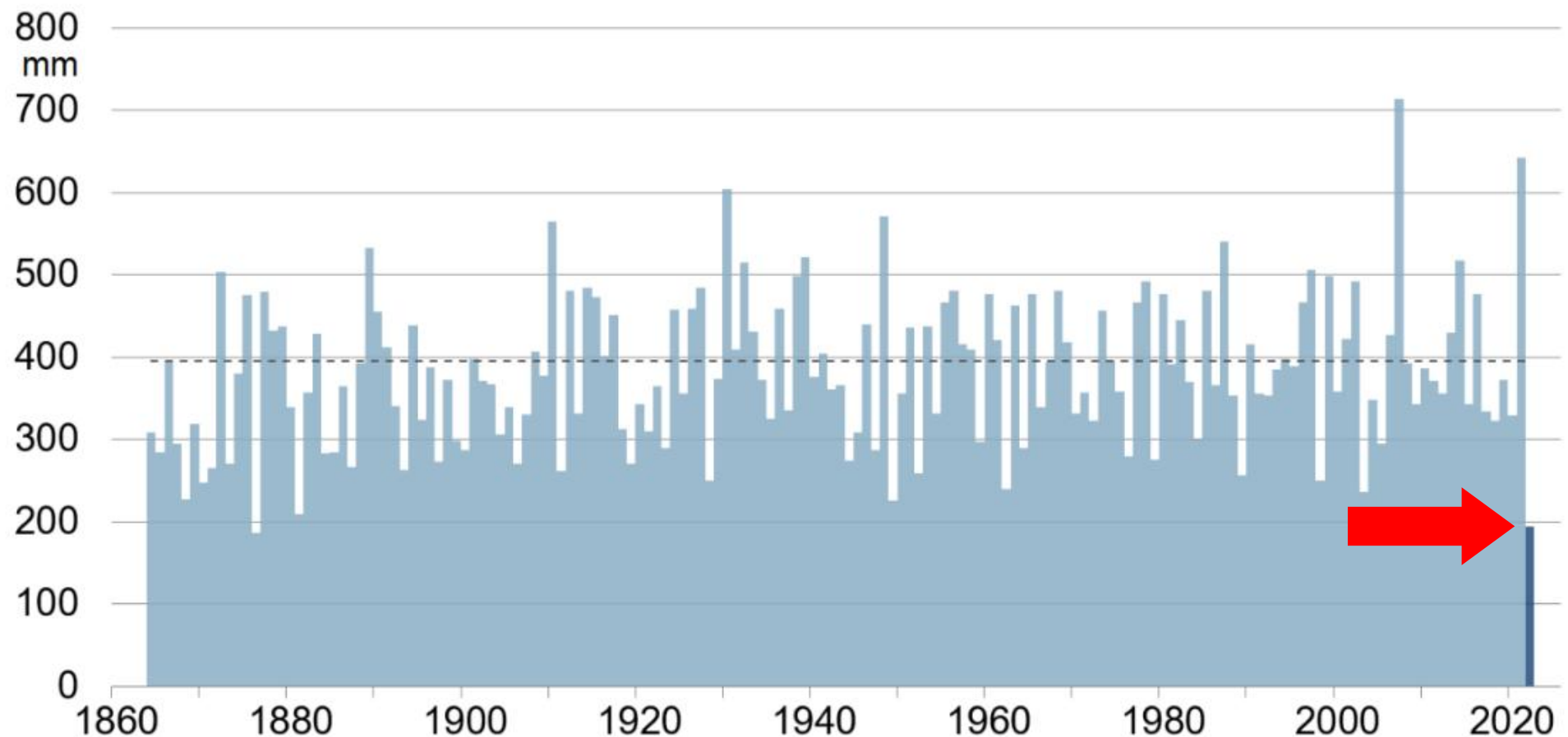
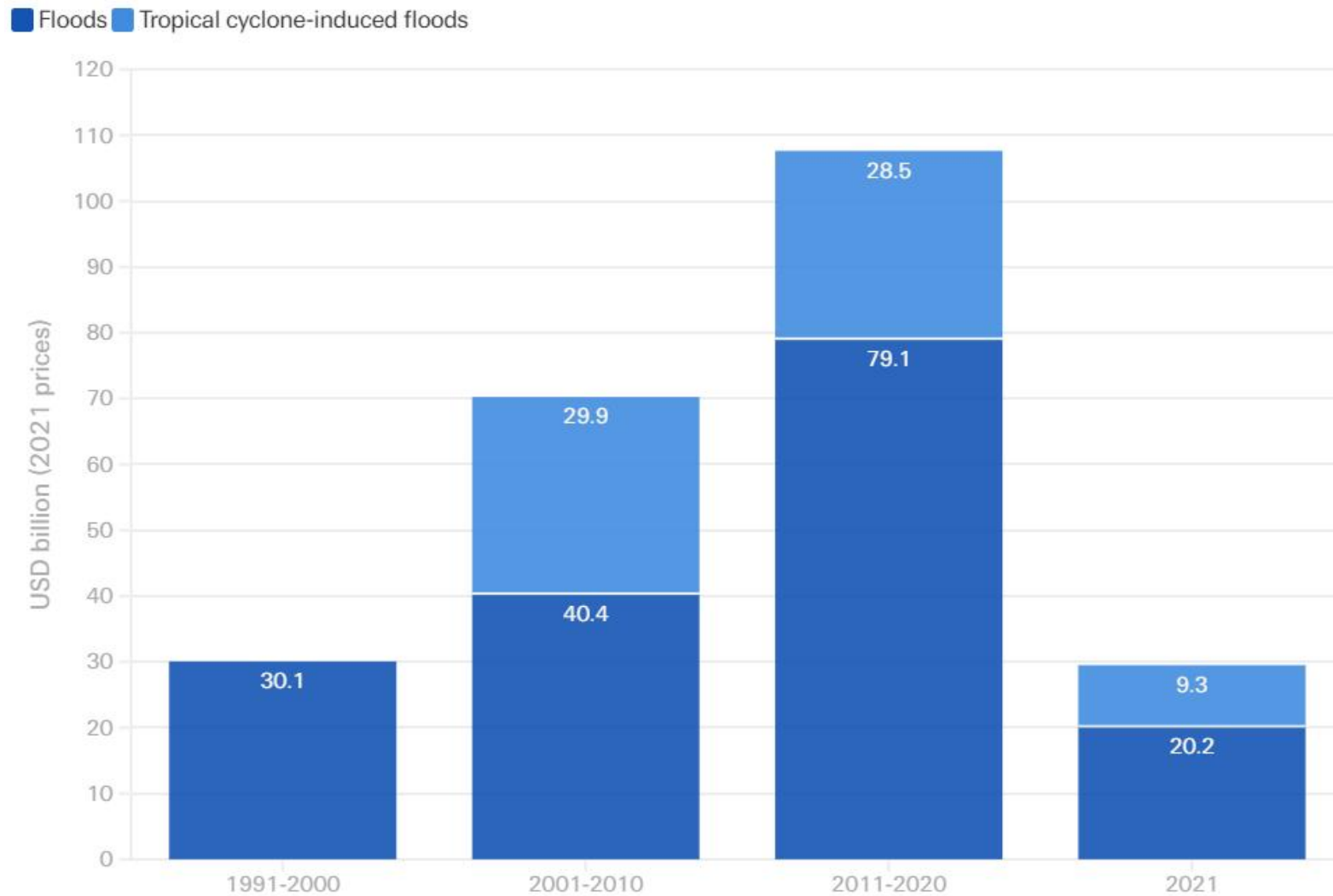


Figure 1. Somme des précipitations du 1er mai au 14 août en Suisse romande depuis le début des mesures en 1864. La moyenne a été calculée à partir de douze longues séries de mesures en Suisse romande. La ligne interrompue montre la norme 1991-2020.

Source : meteosuisse.ch

# DOMMAGES DUS AUX CRUES

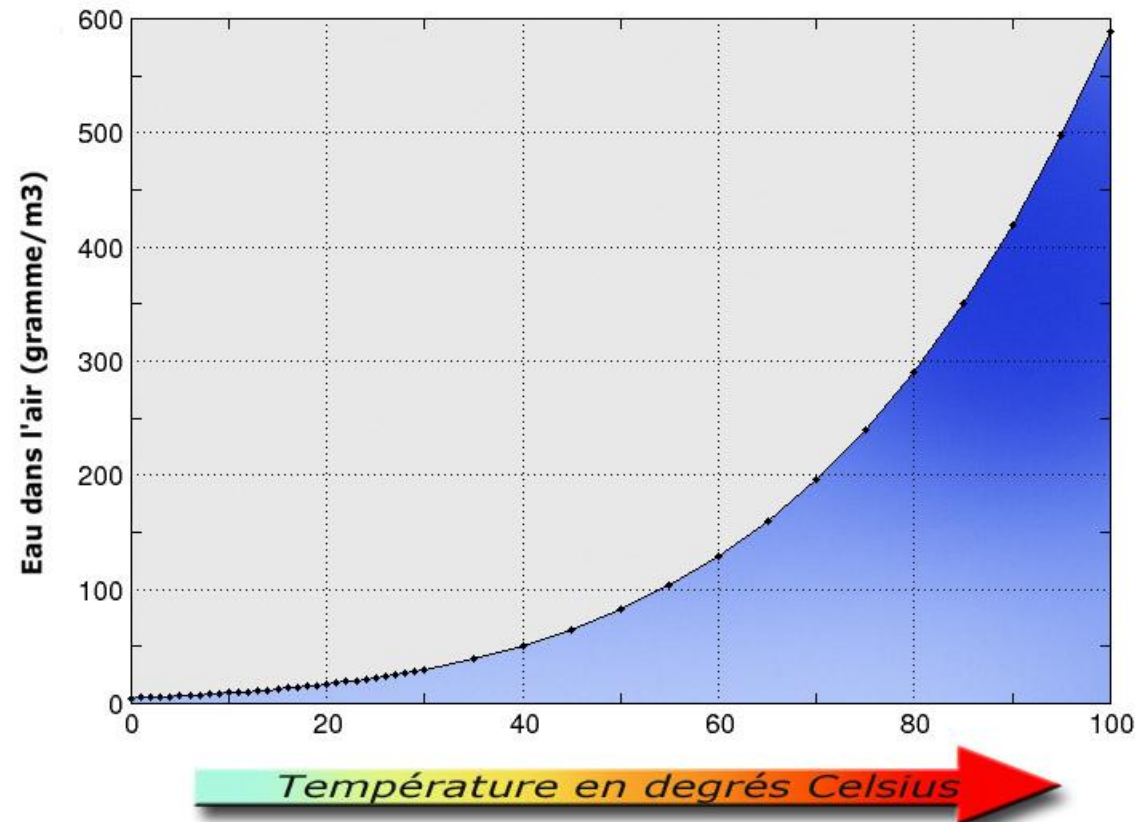


Source: Swiss Re Institute



# CAPACITÉ HYGROMÉTRIQUE DE L'AIR

§ Clausius-Clapeyron: +1°C è +7% de vapeur d'eau dans l'air



§ Crues et sécheresse : 2 faces d'une même médaille

# RISQUES EN CASCADE

## Compound risks

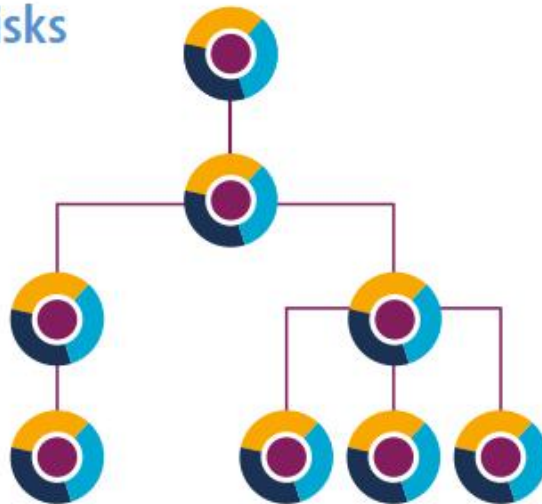
undirectional



bidirectional



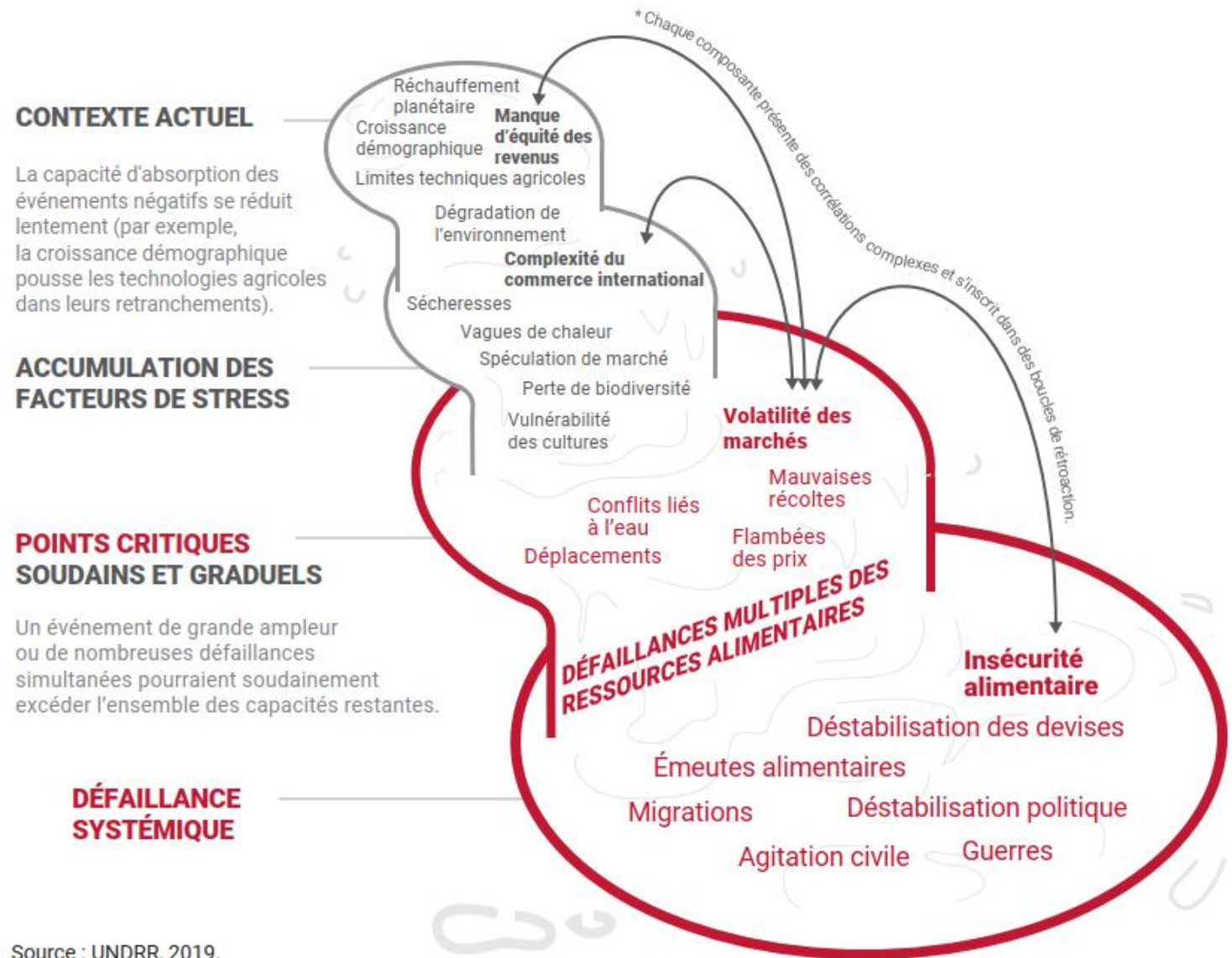
## Cascading risks



Source : GIEC 2022

# CONSÉQUENCES : RISQUES EMERGENTS

## Exemple de risque systémique : Défaillance Multiple des Ressources Alimentaires

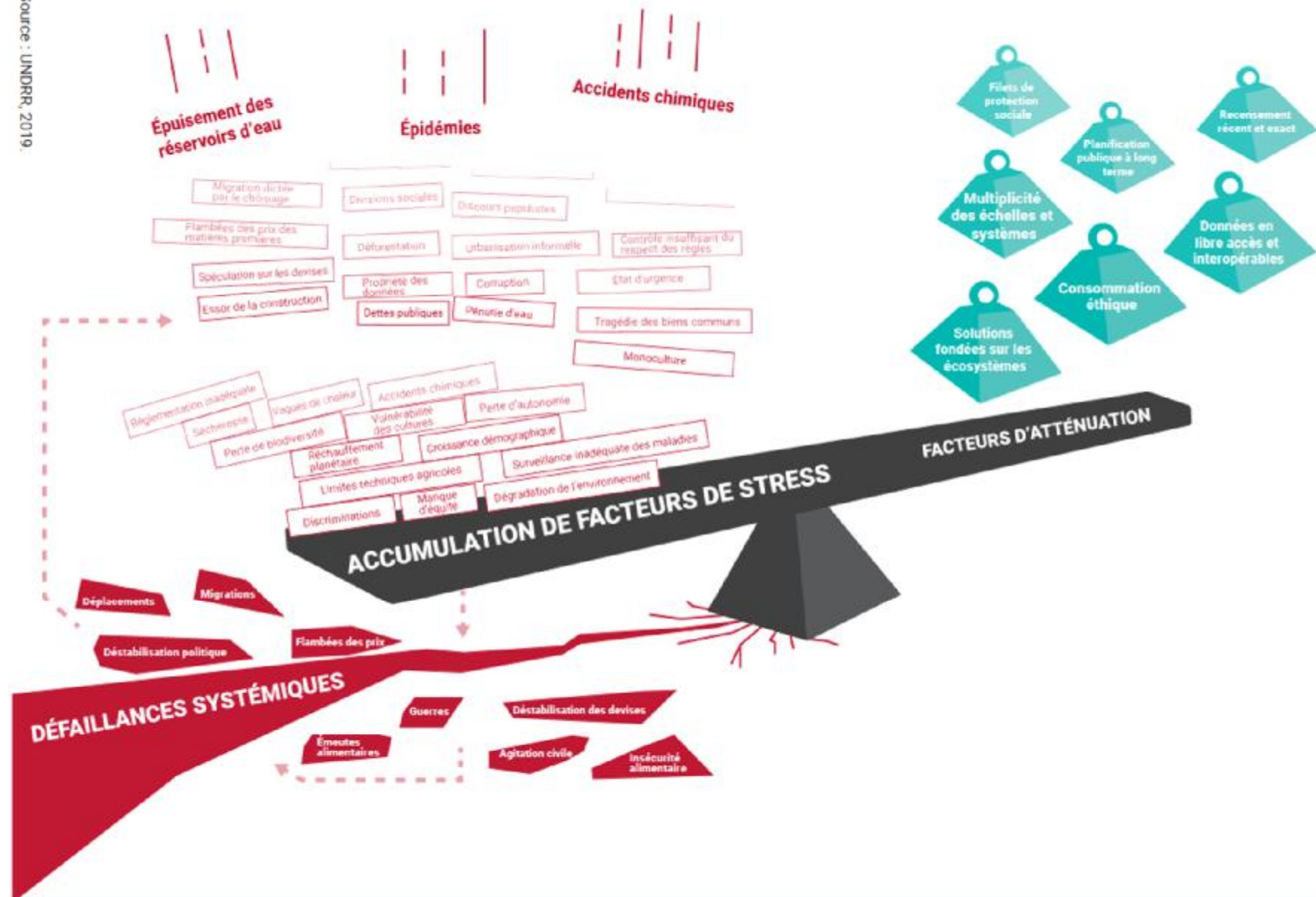


Source : UNDRR, 2019.



# FACTEURS D'ATTÉNUATION ET D'AGGRAVATION

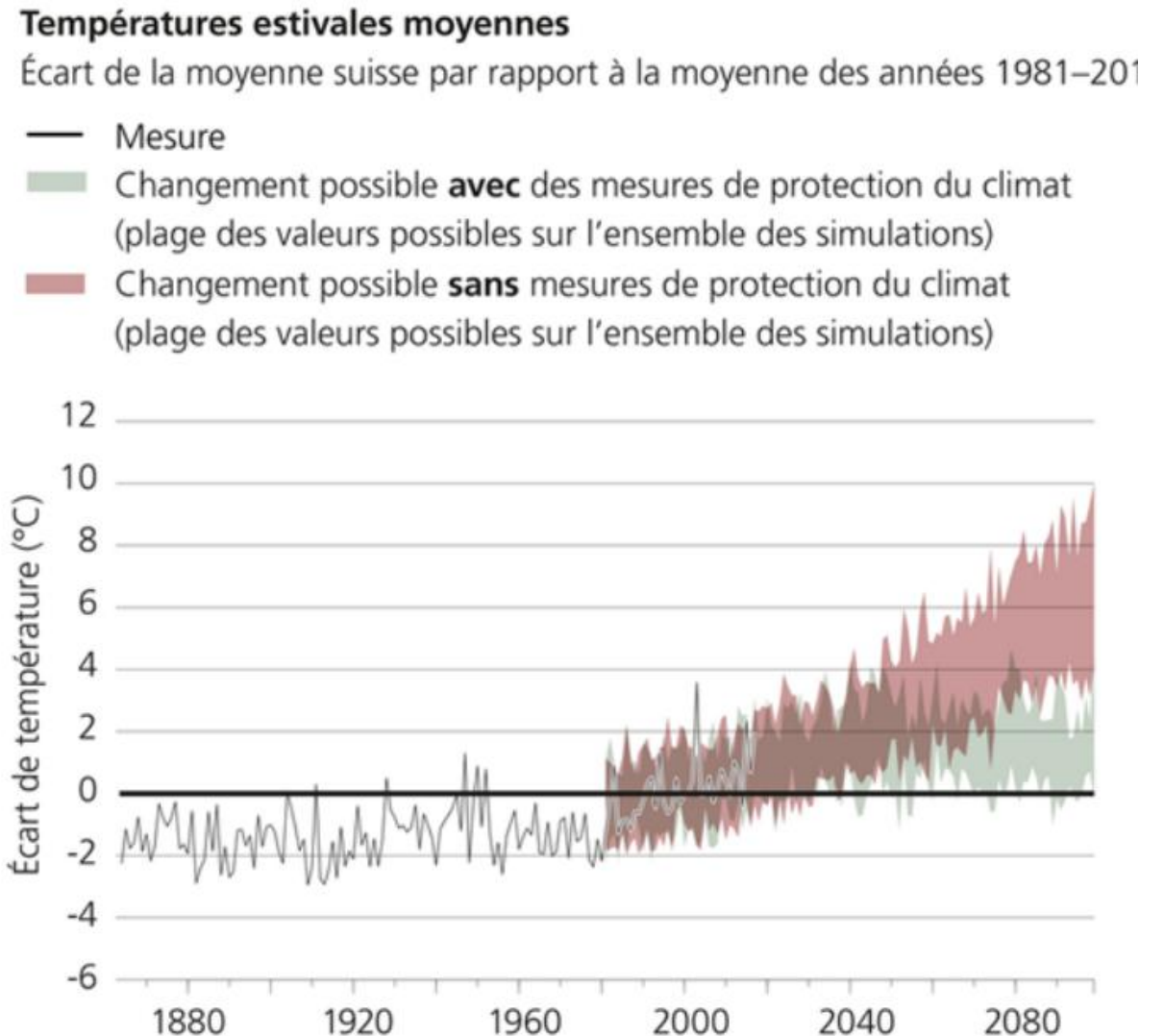
Source : UNDRR, 2019.



# NCSS – MESSAGES CLÉS

## PROTECTION DU CLIMAT

§ Baisse drastique des émissions de gaz à effet de serre permettrait d'enrayer le changement climatique



# CHEMINS DE DÉVELOPPEMENT

Choix sociétaux:

§ Allant vers un développement résilient à l'évolution climatique



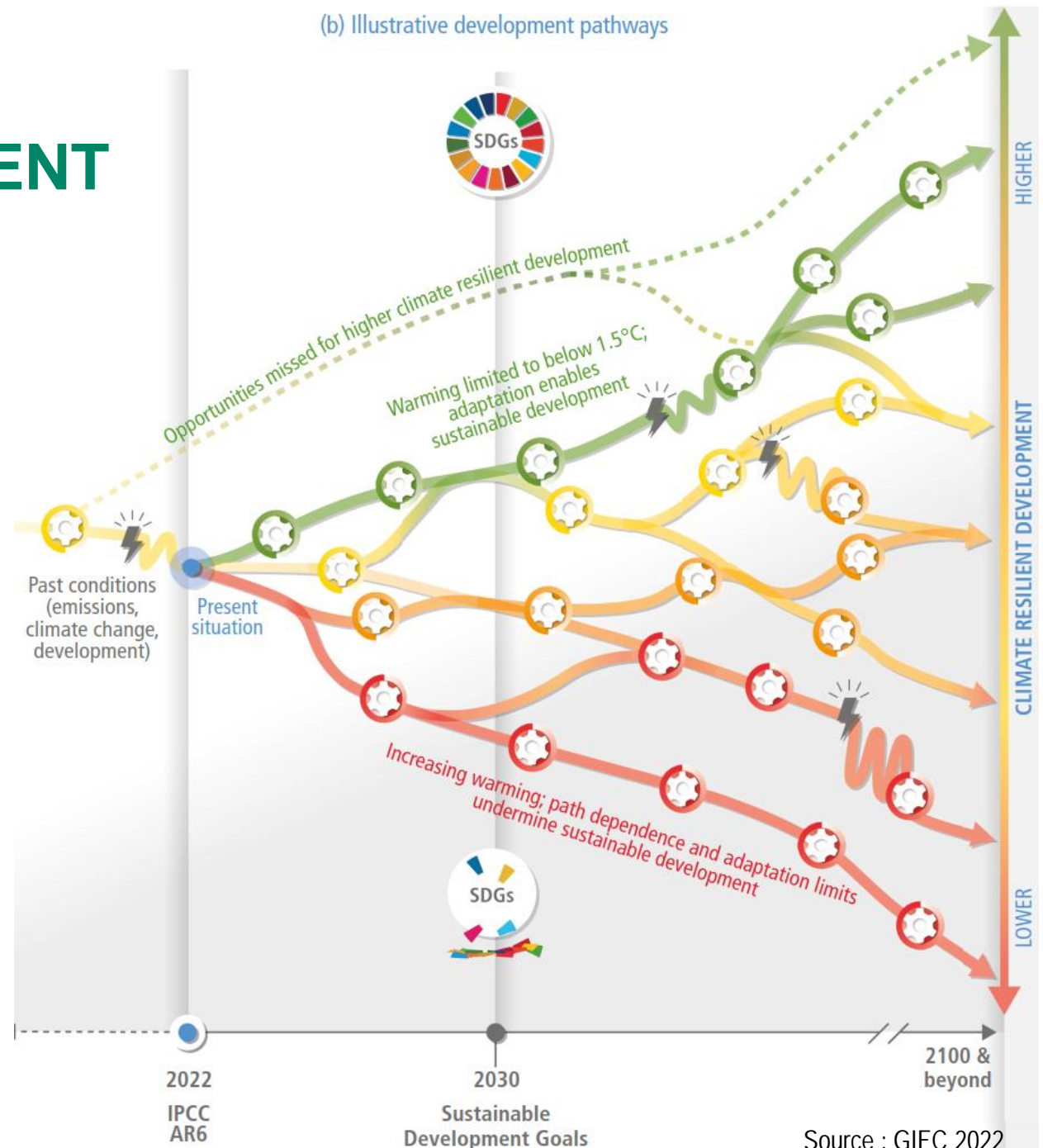
§ Ou non



Illustrative climatic or non-climatic shock

Narrowing window of opportunity for higher CRD

(b) Illustrative development pathways



Source : GIEC 2022



# QU'EST-CE QU'UN DANGER NATUREL?

Un phénomène naturel qui peut être préjudiciable aux personnes, à l'environnement ou aux biens.



# QU'EST-CE QU'UN DANGER NATUREL?





# QU'EST-CE QU'UN DANGER NATUREL?





# TROIS CATÉGORIES DE DANGERS NATURELS

## § ceux liés au **terrain**:

**Il s'agit notamment des: crues, chutes de pierres, écoulements, glissements de terrain, laves torrentielles, avalanches**

## § ceux liés au **climat**:

**tempêtes, pluie, grêle, neige, incendies de forêts, sécheresse, gel, canicules**

## § **les tremblements de terre**

# INONDATIONS



## Exemples en Suisse

- § **4–22 mai 1999: vastes inondations en Suisse alémanique**  
**Préjudice: env. CHF 580 millions**
- § **21/22 août 2005: versant nord des Alpes**  
**Préjudice: 6 victimes, CHF 3 milliards de dommages matériels**
- § **8/9 août 2007: Suisse nord-occidentale (Aare, Jura et Trois-Lacs)**

# LAVES TORRENTIELLES



## Exemples en Suisse

§ 15 octobre 2000:  
lave torrentielle dans le Vispertal  
Préjudice: 2 morts

§ 23 août 2005:  
deux laves torrentielles à Brienz  
Préjudice:

§ 48 habitations  
endommagées/détruites

§ 30 millions CHF dommages  
matériels



# GLISSEMENTS DE TERRAIN



## Exemples en Suisse

§ Hiver 1994: glissement de terrain de Falli Hölli FR;  
largeur de 700 mètres et profondeur allant jusqu'à 70 mètres

### Préjudice:

- § env. 30 bâtiments endommagés
- § CHF 15 millions

# CHUTES DE PIERRES/ ÉBOULEMENTS/ ÉCROULEMENTS



## Exemples en Suisse

- § 2006–2009: éboulements à l'Eiger; chute de plusieurs blocs rocheux d'env. 2 Mio m<sup>3</sup>
- § 31 mai 2006: éboulement de Gurtnellen d'env. 5000 m<sup>3</sup>; plusieurs blocs rocheux atterrissent sur l'autoroute A2
  - § 2 victimes
  - § dégâts matériels importants
- § 18 avril et 9 mai 1991: éboulement de Randa d'au total 48 Mio m<sup>3</sup> ; dégâts matériels importants

# AVALANCHES



## Exemples en Suisse

§ Hiver 1999: du Bas-Valais au nord des Alpes

5 mètres de neige en cinq semaines

§ Préjudice:

§ 17 morts

§ Dégâts matériels de plus de CHF 600 millions



# TEMPÊTES



## Exemples en Suisse

§ **Février 1990: tempête Viviane, surtout en montagne et au nord des Préalpes; rafales entre 140 et 160 km/h**

§ **26 décembre 1999: tempête Lothar sur le plateau et dans les Préalpes; rafales jusqu'à 150 km/h en plaine**  
**Préjudice:**

- 14 victimes
- CHF 600 millions aux bâtiments
- CHF 750 millions aux forêts

# INCENDIES DE FORÊT



## Exemples en Suisse

§ 13–15 août 2003:  
incendie de forêt à Loèche VS  
Préjudice:  
– destruction de 300 ha de forêt  
– évacuation de 300 personnes

§ 26 avril 2011:  
incendie de forêt à Viège VS  
Préjudice: destruction de 100 ha de forêt

# TREMBLEMENTS DE TERRE



## § Tous les ans en Suisse:

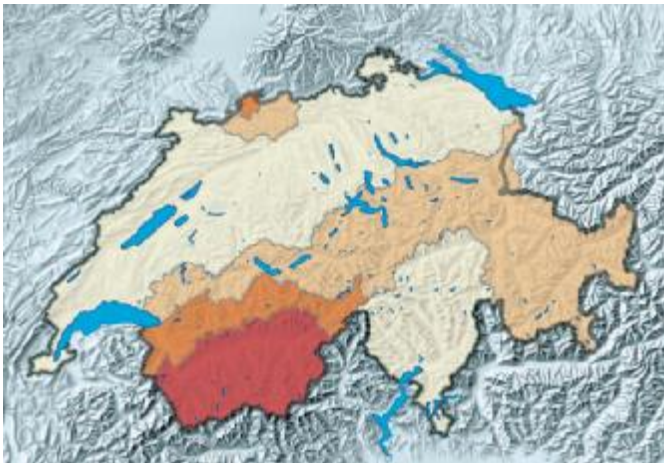
§ 200 séismes en moyenne

§ dont env. 10 % perceptibles par la population

## Exemples en Suisse

§ 1356: tremblement de terre de Bâle;  
magnitude 6,5  
Préjudice pour un tremblement  
équivalent aujourd'hui: CHF 60 milliards

§ 1946: tremblement de terre de Bâle;  
magnitude 6,1  
Préjudice pour un tremblement  
équivalent aujourd'hui: CHF 5 milliards



Zone sismique

SIA 261



An aerial photograph of a river landscape, showing a wide river with a meandering course, surrounded by green fields and some trees. A dark grid is overlaid on the image. The bottom half of the slide is a solid teal color.

# GESTION DES RISQUES

## NOTIONS DE BASE

# GESTION DES RISQUES

Gestion des risques =

Mesures et  
méthodes

Pour atteindre

Objectif de  
sécurité

Que peut-il se passer ?

Phases du cycle:

- § Inventorier les risques et
- § Evaluation de l'acceptabilité des risques  
à pour définir :
  - § les besoins d'intervention et
  - § les priorités.
- § Faire évoluer les risques  
à avec des mesures appropriées:
  - § Eviter des risques futurs,
  - § Risques restants à réduits à un niveau acceptable



# GESTION INTÉGRÉE DES RISQUES

**Intégrée =**

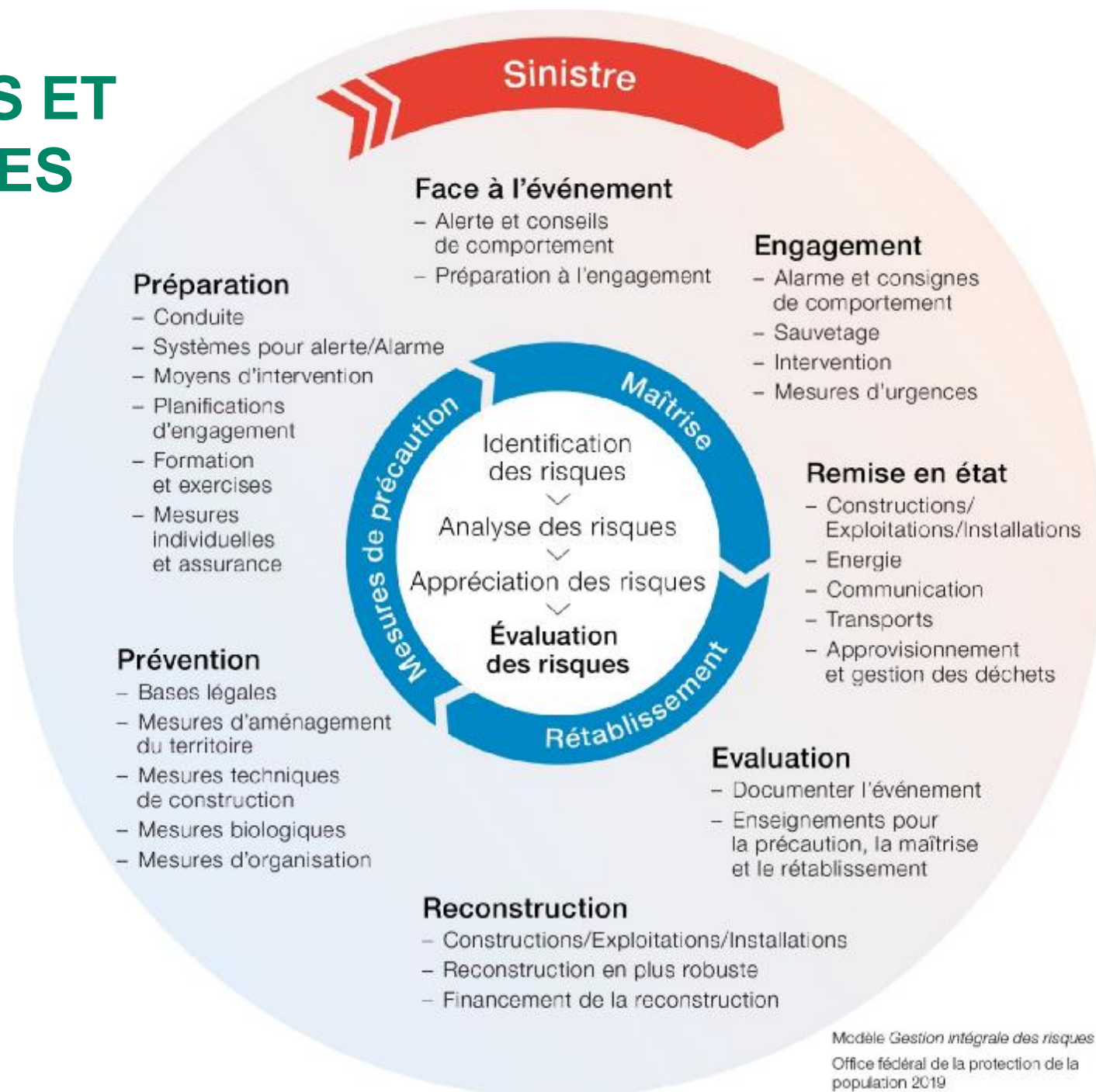
- § **tous les types de dangers naturels** sont pris en compte, ... avec un niveau de sécurité comparable
- § **tous les acteurs responsables** participent à la planification des mesures et à leur mise en œuvre,
- § **toutes les formes de mesures** sont incluses (considérées) dans la planification.

**Elle doit être :**

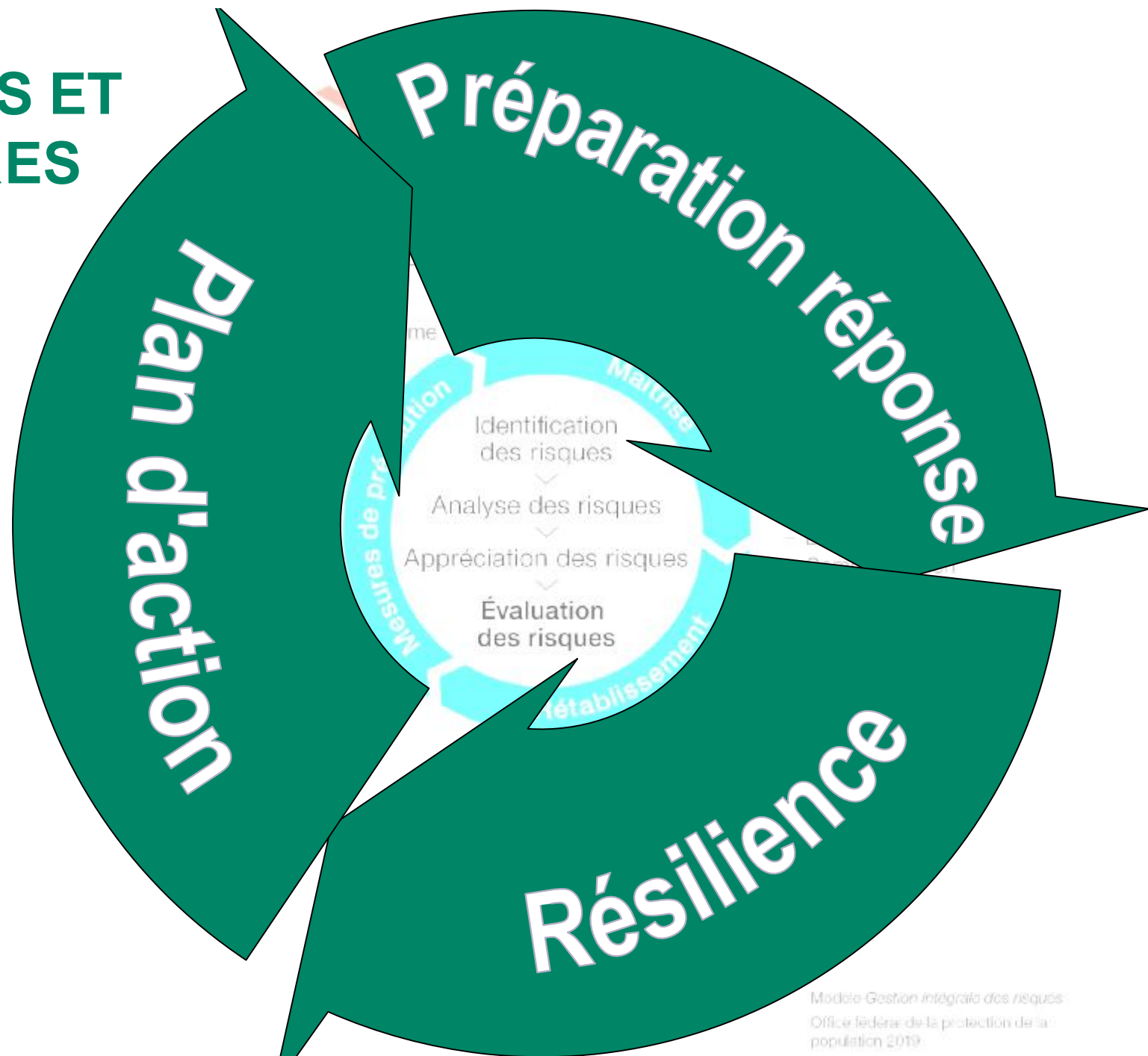
- § **Durable**
- § **écologiquement et socialement acceptable,**
- § **économiquement proportionnée**



# PHASES ET MESURES



# PHASES ET MESURES



Modèle Gestion intégrale des risques  
Office fédéral de la protection de la  
population 2019

**SYNERGIES!!**







# PLAN D'ACTION

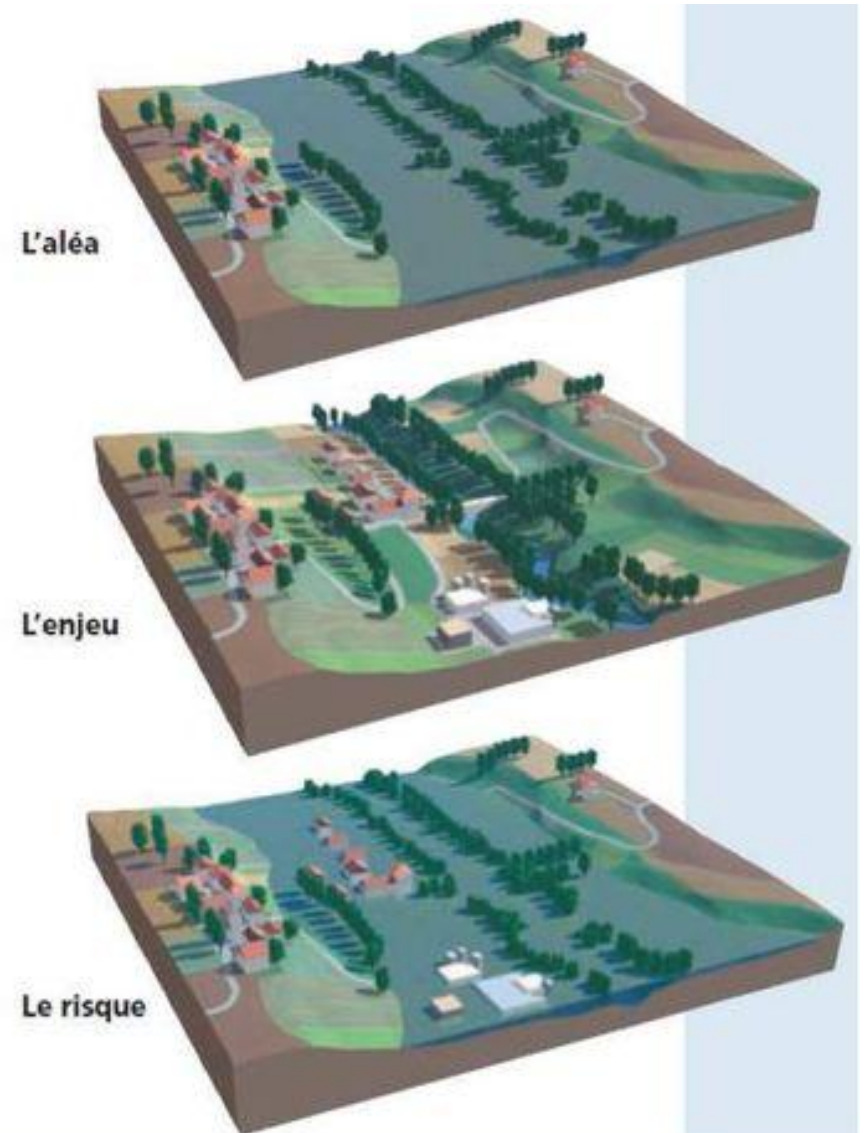
## INTRODUCTION

# ALEA ENJEUX RISQUE

§ **Aléa**: événement susceptible de porter atteinte aux personnes, aux biens et/ou à l'environnement

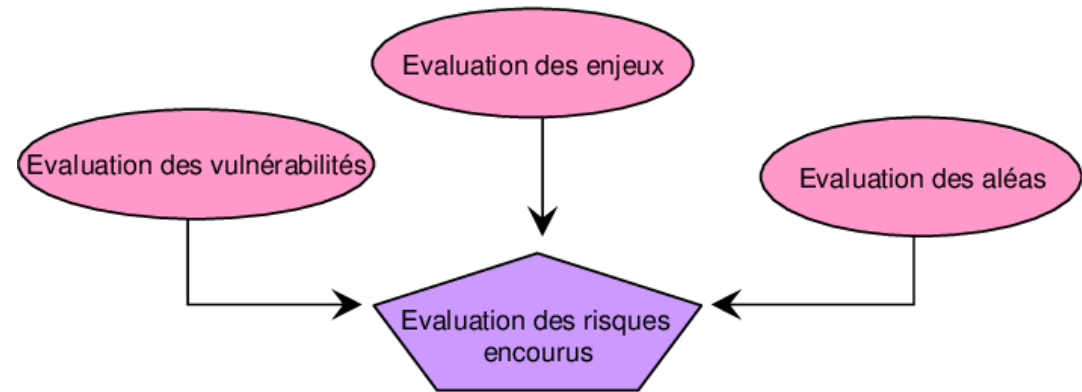
§ **Enjeu**: (personnes, biens ou environnement) susceptible de subir des dommages et des préjudices

§ **Risque** : produit Aléa x Enjeu



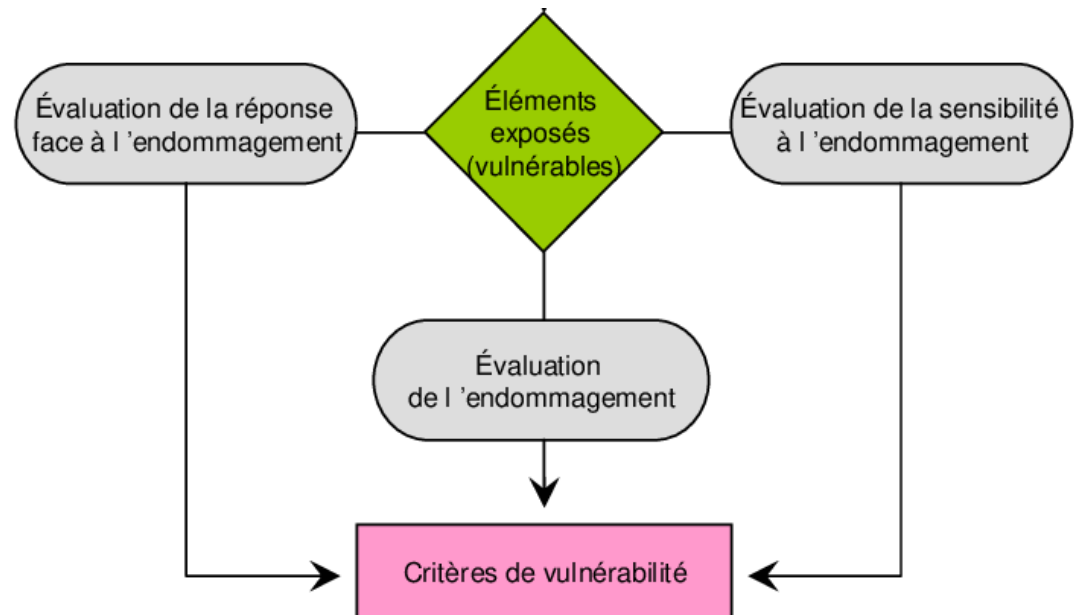
# ALEA – ENJEU – VULNERABILITÉ - RISQUE

## § Prise en compte de la vulnérabilité



## § Composantes de la vulnérabilité:

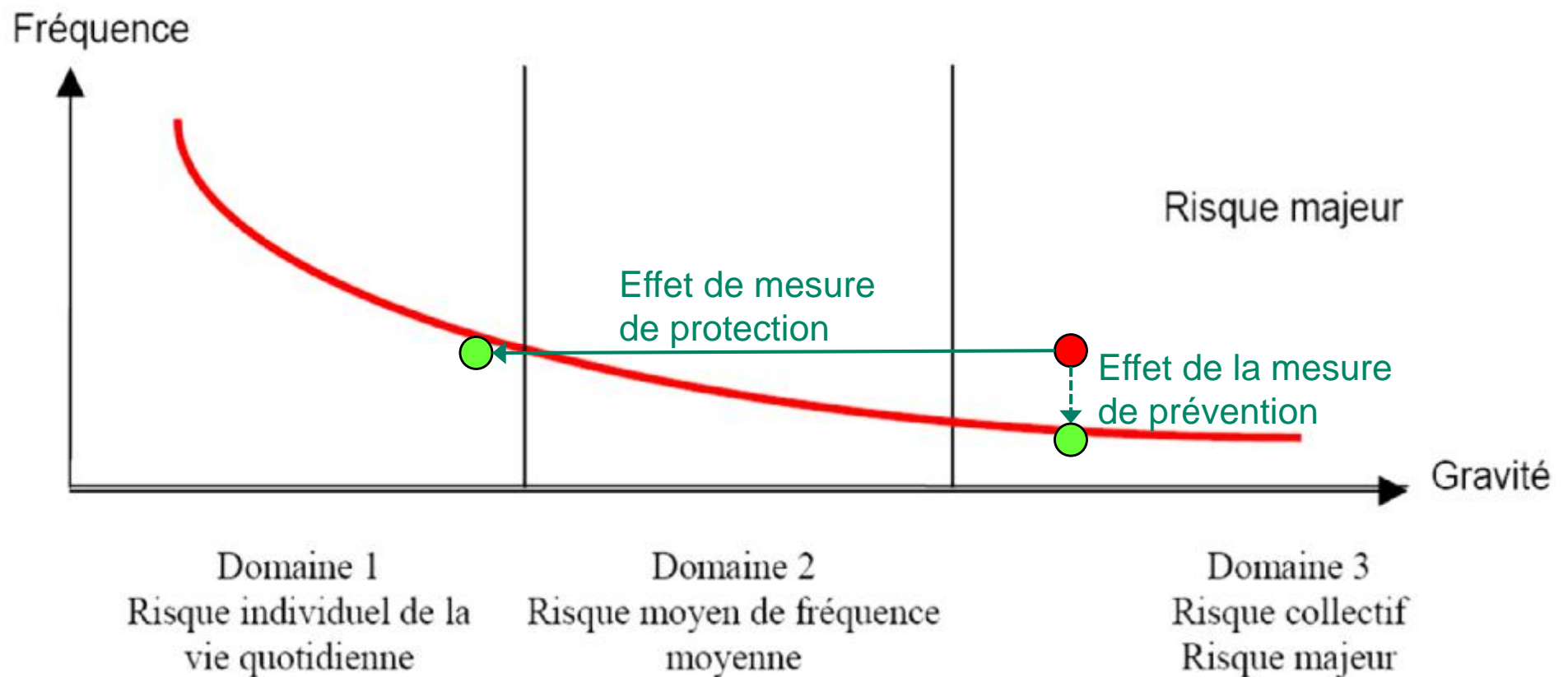
- § Robustesse: gravité dommage =  $f(\text{intensité aléa})$
- § Réponse (capacité de réponse durant l'aléa)
- § Résilience (capacité de rebond après le dommage)





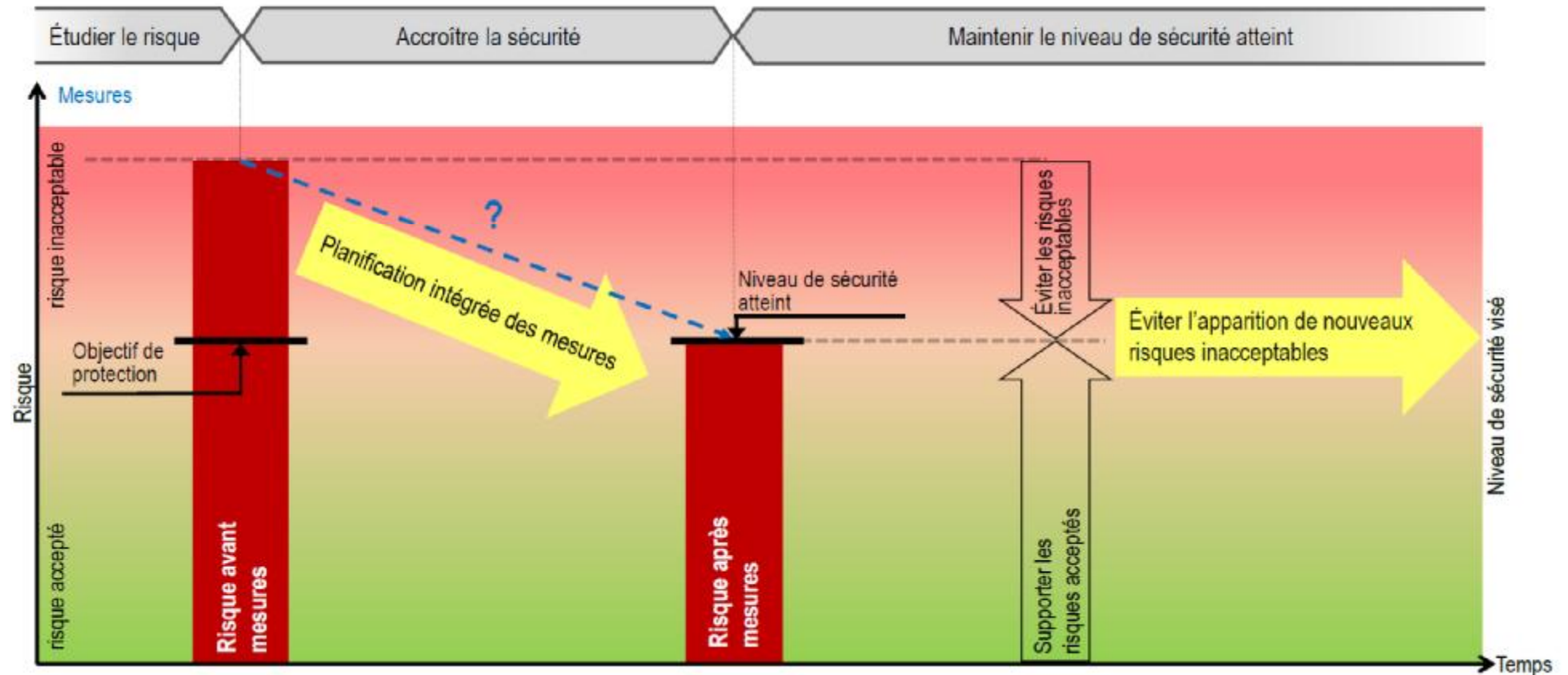
# GESTION DES RISQUES è RISQUES RESTANTS

## § Courbe de Farmer (1960) : limite d'acceptabilité



## § Risque existant + Mesure = risque restant

# COMMENT ATTEINDRE LA SÉCURITÉ OBJECTIF



# GESTION DIFFÉRENCIÉE DU RISQUE

## Principe

- § **Les efforts de protection contre les crues se concentrent sur la réduction et la prévention des dommages**
  - § Aux biens
  - § Aux personnes
  
- § **Le niveau de protection sera plus élevé pour**
  - § les objets de grande valeur (fort potentiel de dommage).
  - § Les infrastructures majeures (effet domino)
  - § Les personnes vulnérables



# OBJECTIFS DE PROTECTION (CH)

## § Croisement :

§ Fréquence de la crue

§ Dommage admissible



## § Par classe d'objet

## § Rationnel...

## § Exigeant en études

## § Efficace à rentabilité des mesures

### Légende

|   |   |   |                                |     |
|---|---|---|--------------------------------|-----|
|   | = protection complète                                 |   | = aucune intensité admissible  | = 0 |
|  | = protection contre les intensités moyennes et fortes |  | = intensité faible admissible  | = 1 |
|  | = protection contre les intensités fortes             |  | = intensité moyenne admissible | = 2 |
|  | = pas de protection                                   |  | = intensité forte admissible   | = 3 |

### Catégorie d'objets

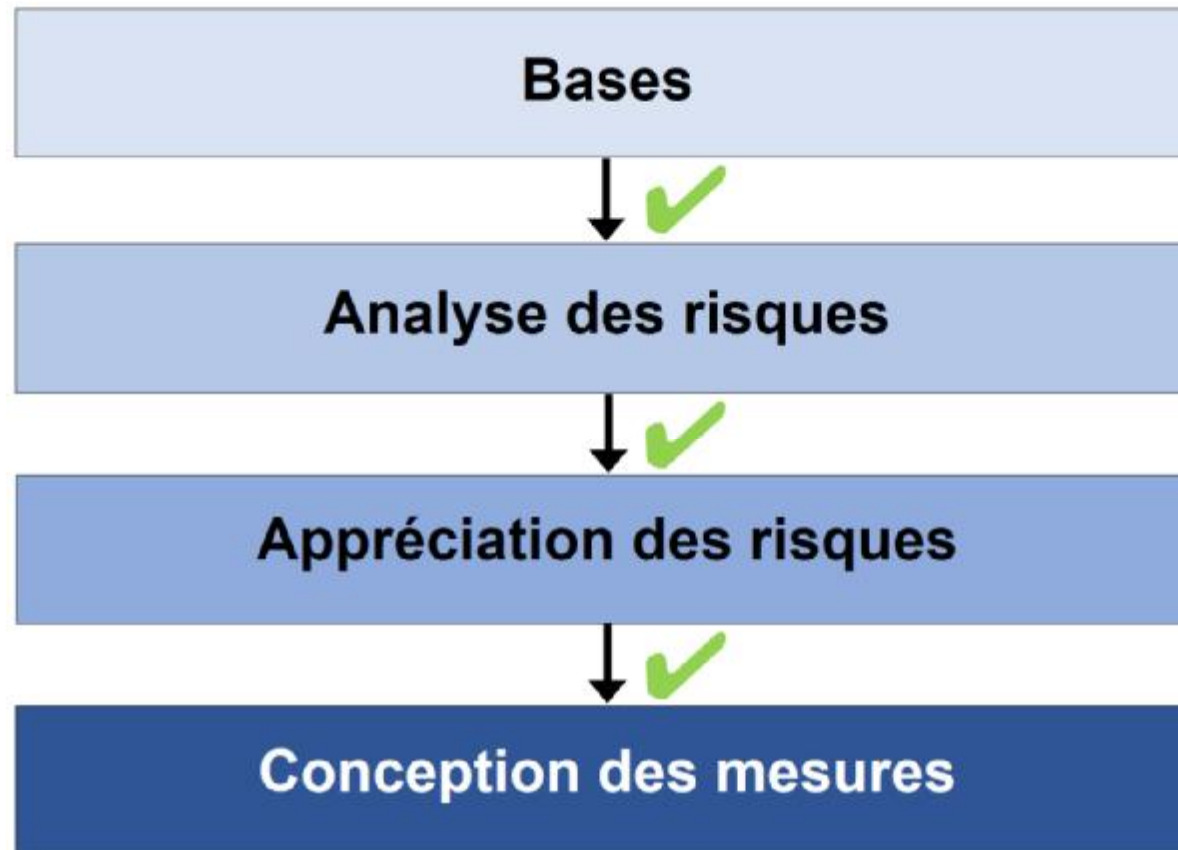
### Objectifs de protection

|     |   |  |  | Période de retour [en années] |        |           |                  |
|-----|---|--|--|-------------------------------|--------|-----------|------------------|
|     |   |  |  | 1-30                          | 30-100 | 100-300   | >300             |
|     |   |  |  | fréquent                      | rare   | très rare | extrêmement rare |
| Nr. | Biens   | Infrastructures  | Valeurs naturelles   |                               |        |           |                  |
| 1   |   | Itinéraires de randonnée en montagne ou à ski (selon cartes du CAS, etc.)  | Paysages naturels  | 3                             | 3      | 3         | 3                |
| 2.1 |   | Chemins pédestres et pistes de ski de fond commerciaux, chemins agricoles, conduites d'importance communale  |  | 2                             | 3      | 3         | 3                |
| 2.2 | Bâtiments inhabités (remises, granges, etc.)  | Voies de communication d'importance communale, conduites d'importance cantonale  | Forêt protectrice, terrain agricole  | 2                             | 2      | 3         | 3                |
| 2.3 | Bâtiments et hameaux habités temporairement ou en permanence, étables, bergeries, etc.  | Voies de communication d'importance cantonale ou de grande importance communale, conduites d'importance nationale, chemins de fer de montagne, domaines skiables et d'exercices pour le ski. | Forêt protectrice dans la mesure où elle protège des regroupements d'habitations | 1                             | 1      | 2         | 3                |
| 3.1 |   | Voies de communication d'importance nationale ou de grande importance cantonale, télésikis et télésièges   |  | 0                             | 1      | 2         | 3                |
| 3.2 | Regroupements d'habitations, terrains affectés à l'industrie et à l'artisanat, zones à bâtir, terrains de camping, installations de sport et de loisirs | Stations des divers moyens de transport  |  | 0                             | 0      | 1         | 2                |
| 3.3 | Risques spéciaux, vulnérabilité particulière ou dommages secondaires.   | Risques spéciaux, vulnérabilité particulière ou dommages secondaires.  |  |                               |        |           |                  |

Détermination au cas par cas

# SOLUTIONS BASÉES SUR LES RISQUES

Démarche d'élaboration du plan d'action:





# EXEMPLE DE DÉVELOPPEMENT D'UN CONCEPT DE PROTECTION CONTRE LES CRUES

## LE RUZ CHASSERAN



# CARTE D'INTENSITÉ PÉRIODE DE RETOUR 30 ANS



# CARTE D'INTENSITÉ PÉRIODE DE RETOUR 100 ANS

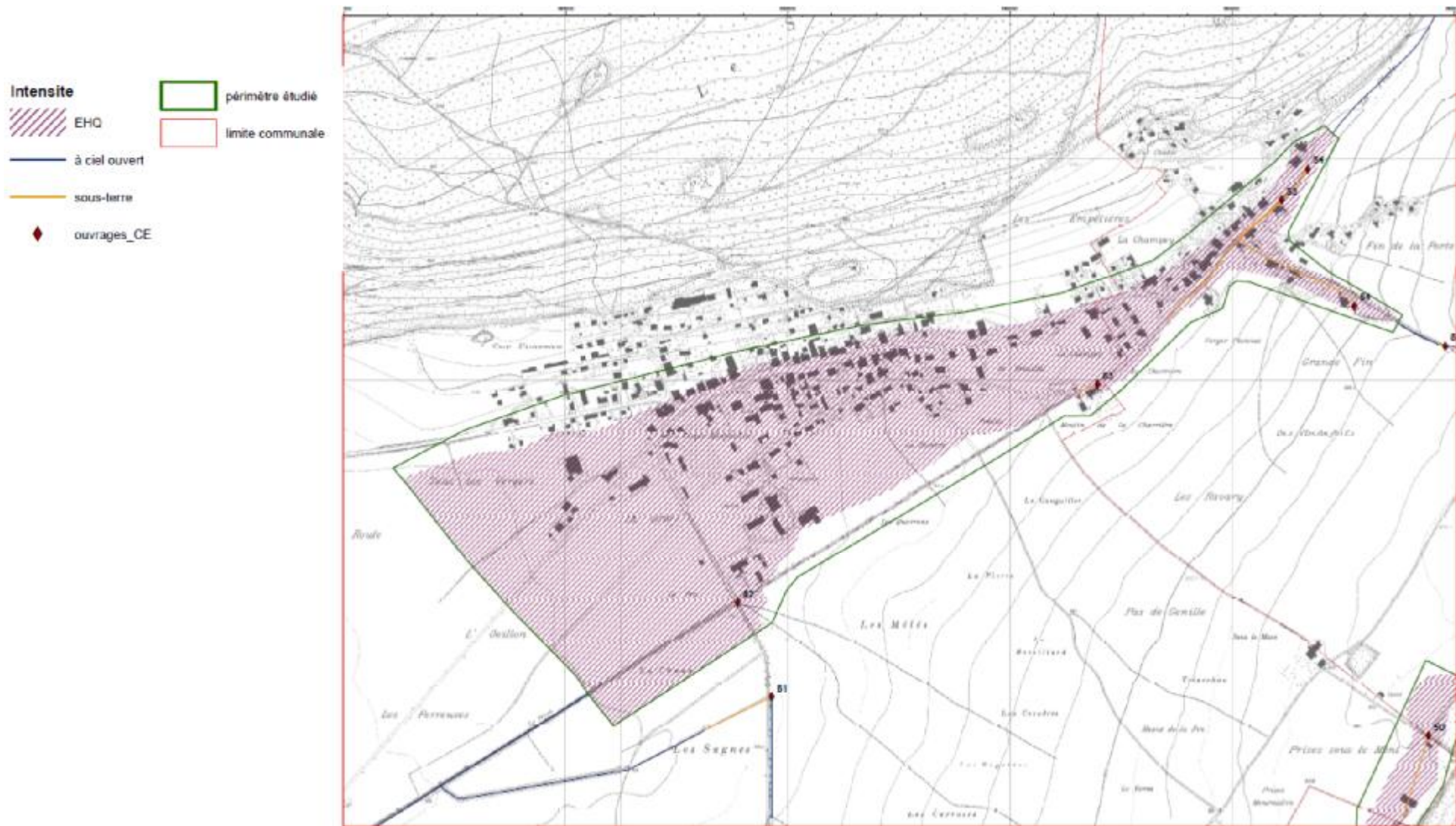


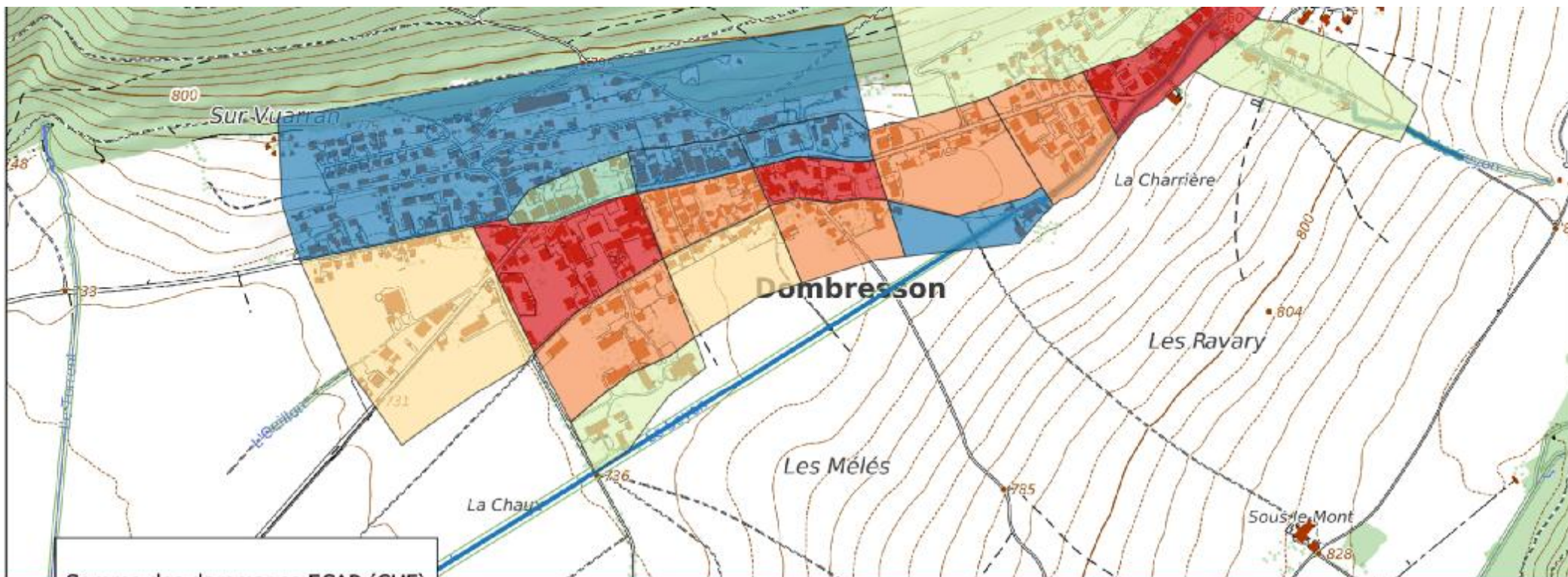
# CARTE D'INTENSITÉ PÉRIODE DE RETOUR 300 ANS





# CARTE D'INTENSITÉ CRUE EXTRÊME





# ESTIMATION DES DOMMAGES



# ESTIMATION DES DOMMAGES, CRUE 2019

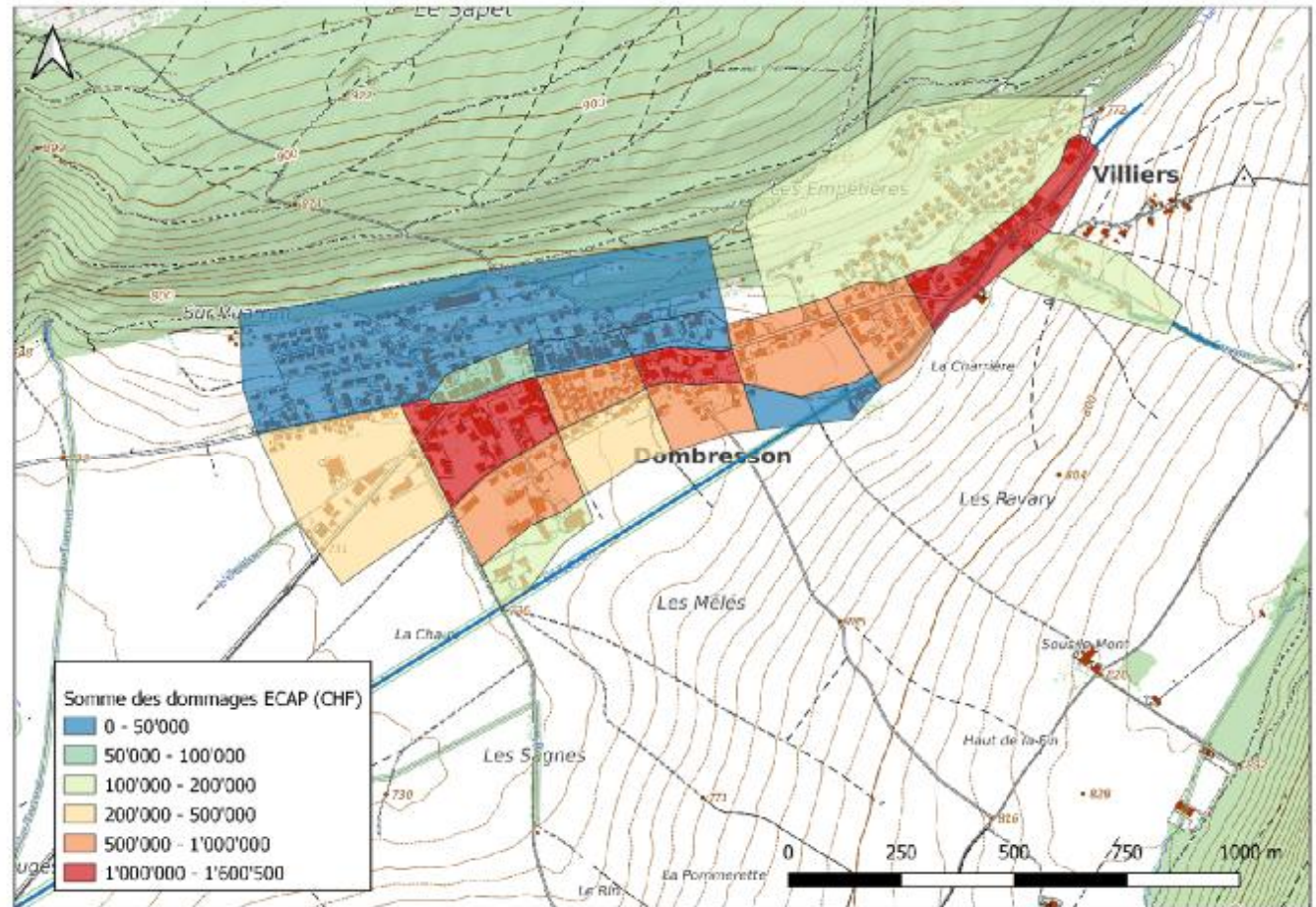
§ En Suisse : assurance obligatoire, cantonale (généralement)

§ Crue 2019 à Données ECAP (établissement cantonal d'assurance)

§ Subdivision du secteur d'étude en polygones (topographie)

§ Données agrégées sur chaque polygone (somme, moyenne, etc.)

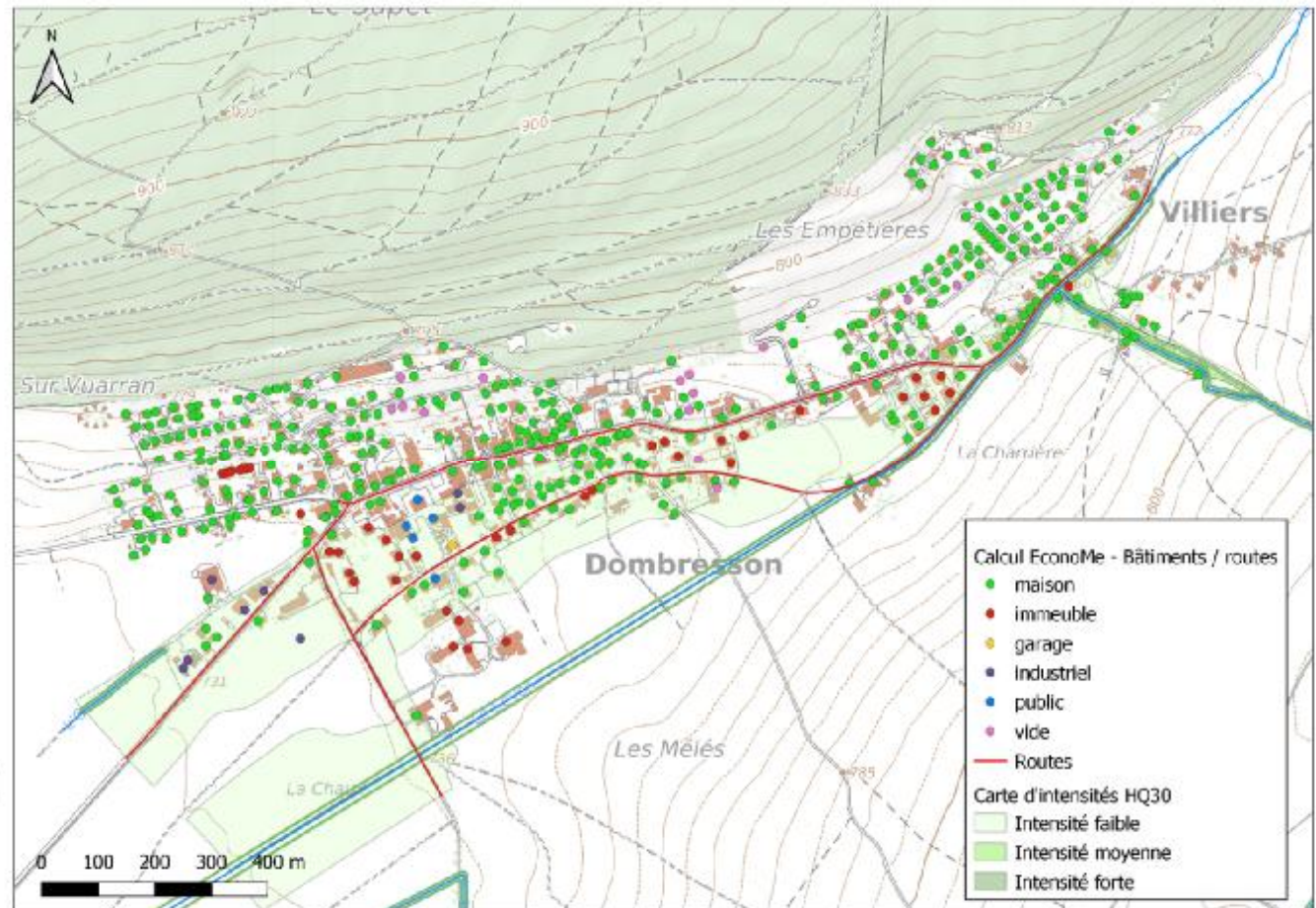
§ Total : 9'700'000 CHF



# ESTIMATION DES DOMMAGES HYDRAULIQUE+CARTO INTENSITÉ+INVENTAIRE

## § Calcul EconoMe

- § Outil standard de la confédération.
- § Se base sur les cartes d'intensités par fréquence.
- § Intègre dommages aux infrastructures, bâtiments publics ...
- § Calcul des dommages pour Q30 / Q100 / Q150 (2019) / Q300

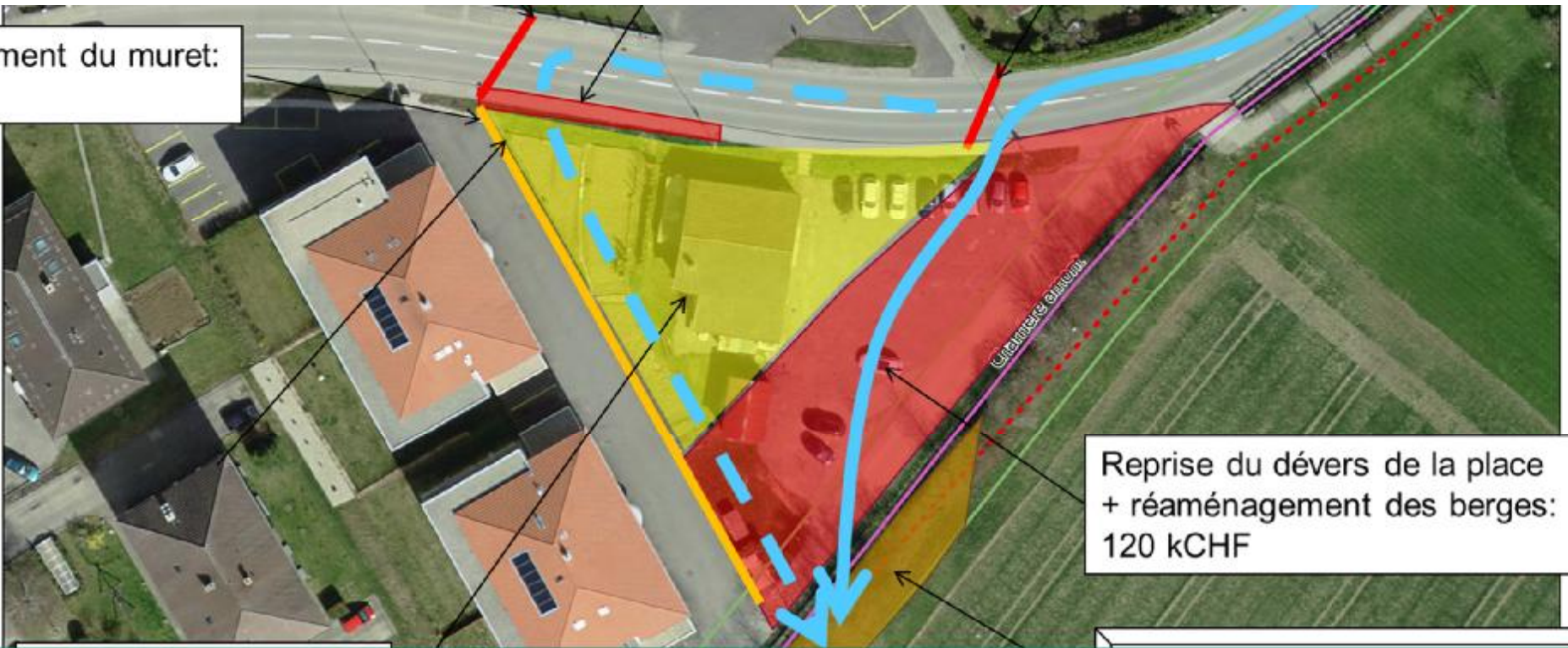




# ESTIMATION DES DOMMAGES

|                | Q30            | Q100           | Q150           | Q300           |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Calcul EconoMe | 12 700 000 CHF | 11 100 000 CHF | 14 350 000 CHF | 14 700 000 CHF |
| Données ECAP   |                |                | 9 500 000 CHF  |                |

Rehaussement du muret:  
20 kCHF



Reprise du dévers de la place  
+ réaménagement des berges:  
120 kCHF

# ETUDE DE VARIANTES

# ETUDE DE VARIANTES

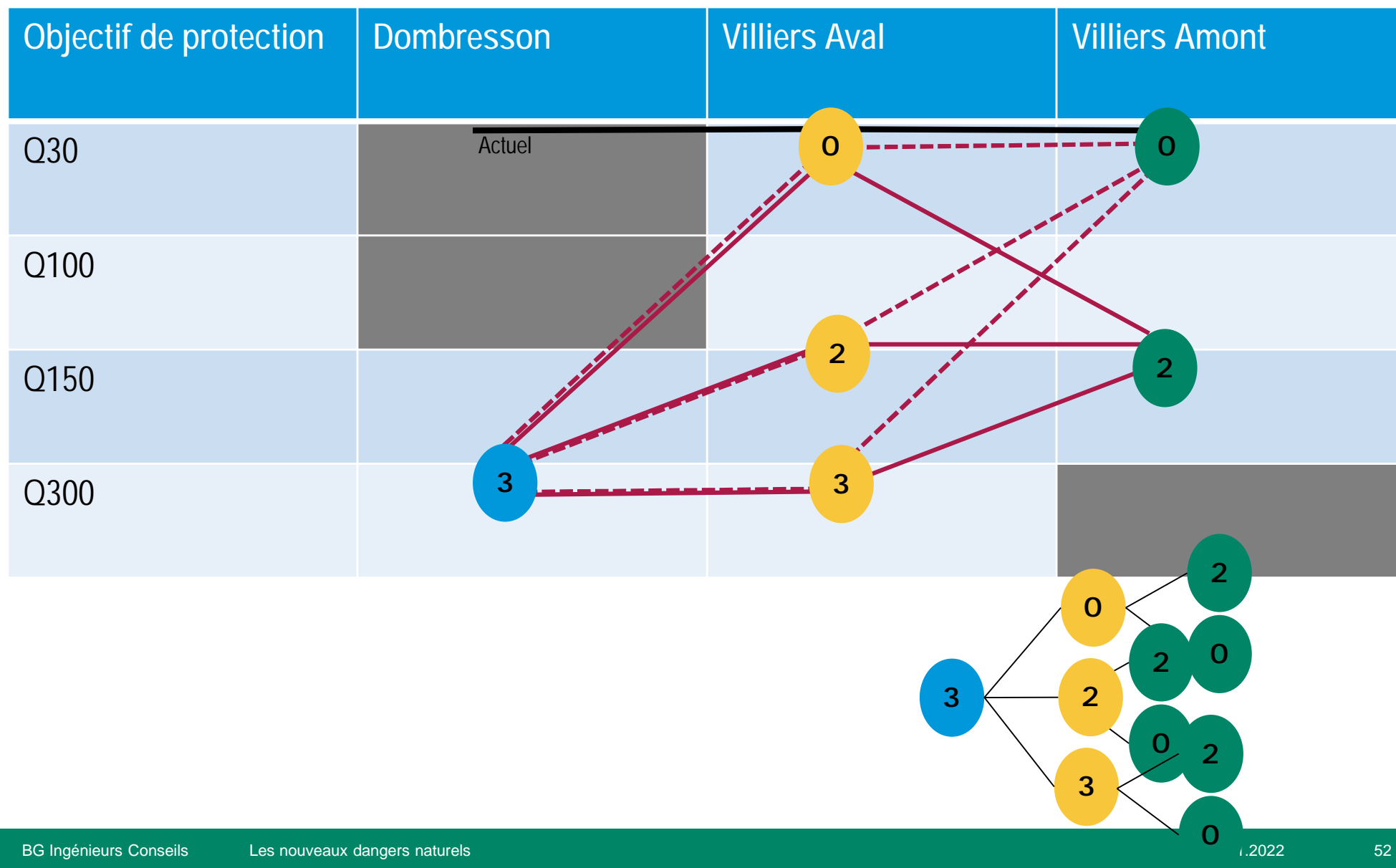
## Rappel problématique :

Le lit actuel n'est pas au point bas du Thalweg à Les débordemenst traversent les villages sans revenir dans le lit

## Démarche:

- § Catalogue de mesures
- § Estimation (pré-faisabilité) des coûts
- § Variantes = combinaisons de mesure
- § Détermination de la performances  
à réduction des dommages
- § Arbre des variantes et comparaison coût-performance

# CONCEPT DE GESTION DES DÉBITS à COMBINAISONS DE MESURES





# SYNTHÈSE DES VARIANTES

## § Elaboration des variantes:



V 3-0-0



V 3-0-2

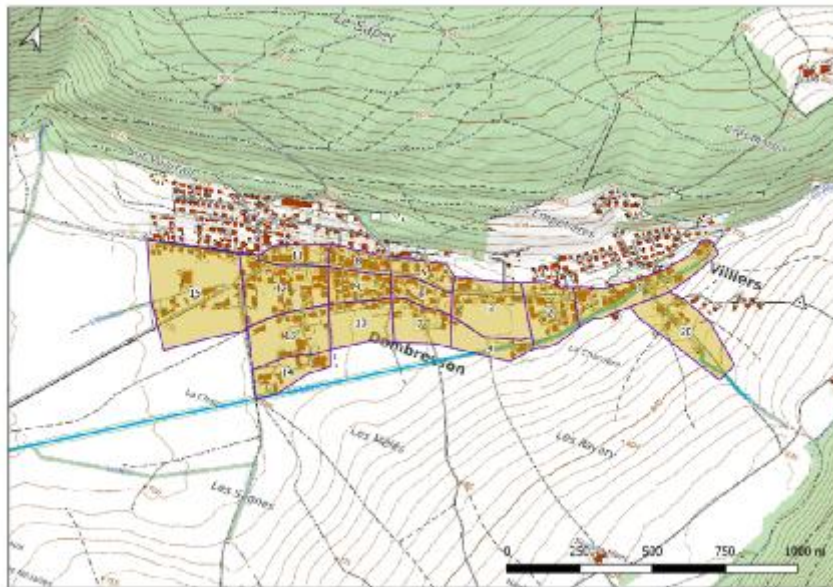


V 3-2-0



V 3-2-2

# ÉTAT DE RÉFÉRENCE, ESTIMATION DES DOMMAGES



### Zones touchées à Q30

|     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|     | 0   | 0   | 0   |     |     |     |
| 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
|     | 0   | 0   | 0   | 0.5 |     | 1   |
|     | 0   |     |     |     |     |     |

### Ampleur des dommages par zone à Q30

|         |           |         |           |         |         |           |
|---------|-----------|---------|-----------|---------|---------|-----------|
|         | 0         | 0       | 0         |         |         |           |
| 214 003 | 1 192 572 | 679 572 | 1 118 581 | 476 953 | 539 939 | 1 214 579 |
|         | 0         | 0       | 0         | 12 142  |         | 204 137   |

**Σ Dommages 5 652 478 CHF**

### Zones touchées à Q150

|   |   |   |   |   |   |   |  |
|---|---|---|---|---|---|---|--|
|   | 1 | 1 | 1 |   |   |   |  |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |  |
|   | 1 | 1 | 1 | 1 |   | 1 |  |
|   | 1 |   |   |   |   |   |  |

### Ampleur des dommages par zone à Q150

|         |           |           |           |         |           |           |
|---------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|
|         | 88 788    | 46 291    | 69 816    |         |           |           |
| 428 005 | 2 385 143 | 1 359 145 | 2 237 163 | 953 905 | 1 079 879 | 2 429 158 |
|         | 1 375 840 | 308 103   | 1 157 284 | 24 284  |           | 204 137   |
|         | 204 896   |           |           |         |           |           |

**ΣDommages 14 351 838 CHF**

### Zones touchées à Q300

|   |     |     |     |   |   |  |
|---|-----|-----|-----|---|---|--|
|   | 1.2 | 1.2 | 1.2 |   |   |  |
| 1 | 1   | 1   | 1   | 1 | 1 |  |
|   | 1   | 1   | 1   | 1 |   |  |
|   | 1.2 |     |     |   |   |  |

### Ampleur des dommages par zone à Q300

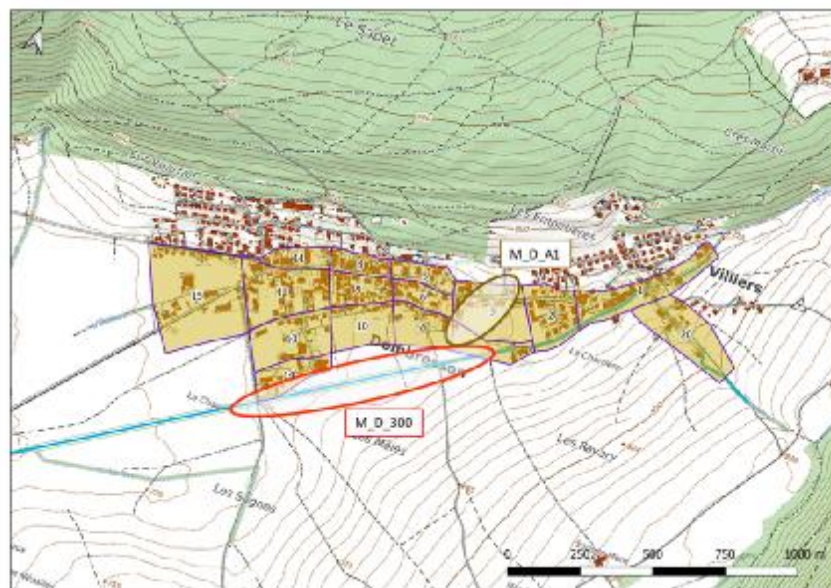
[illegible]

**ΣDommages 14 433 796 CHF**

# VARIANTE 3-0-0

## ESTIMATION DES DOMMAGES

§ Analyse des variantes: zones touchées et ampleur des dommages pour les différents temps de retour



Zones touchées à Q30

|   |   |   |   |   |   |     |     |
|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 1   |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0   | 0   |

Ampleur des dommages par zone à Q30

|   |   |   |   |   |   |         |           |
|---|---|---|---|---|---|---------|-----------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 539 939 | 1 214 579 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 142  | 204 137   |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0       | 0         |

Σ Dommages 1 970 798 CHF

Zones touchées à Q150

|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Ampleur des dommages par zone à Q150

|   |   |   |   |   |   |           |           |
|---|---|---|---|---|---|-----------|-----------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 079 879 | 2 429 158 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 284    | 204 137   |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0         | 0         |

Σ Dommages 3 737 458 CHF

Zones touchées à Q300

|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Ampleur des dommages par zone à Q300

|   |   |   |   |   |   |           |           |
|---|---|---|---|---|---|-----------|-----------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 079 879 | 2 429 158 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 284    | 204 137   |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0         | 0         |

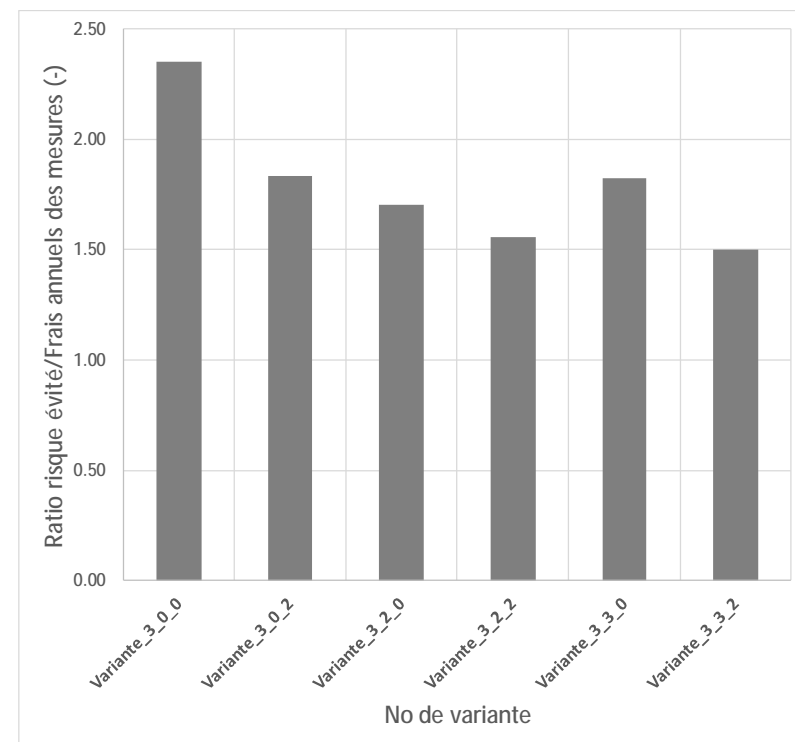
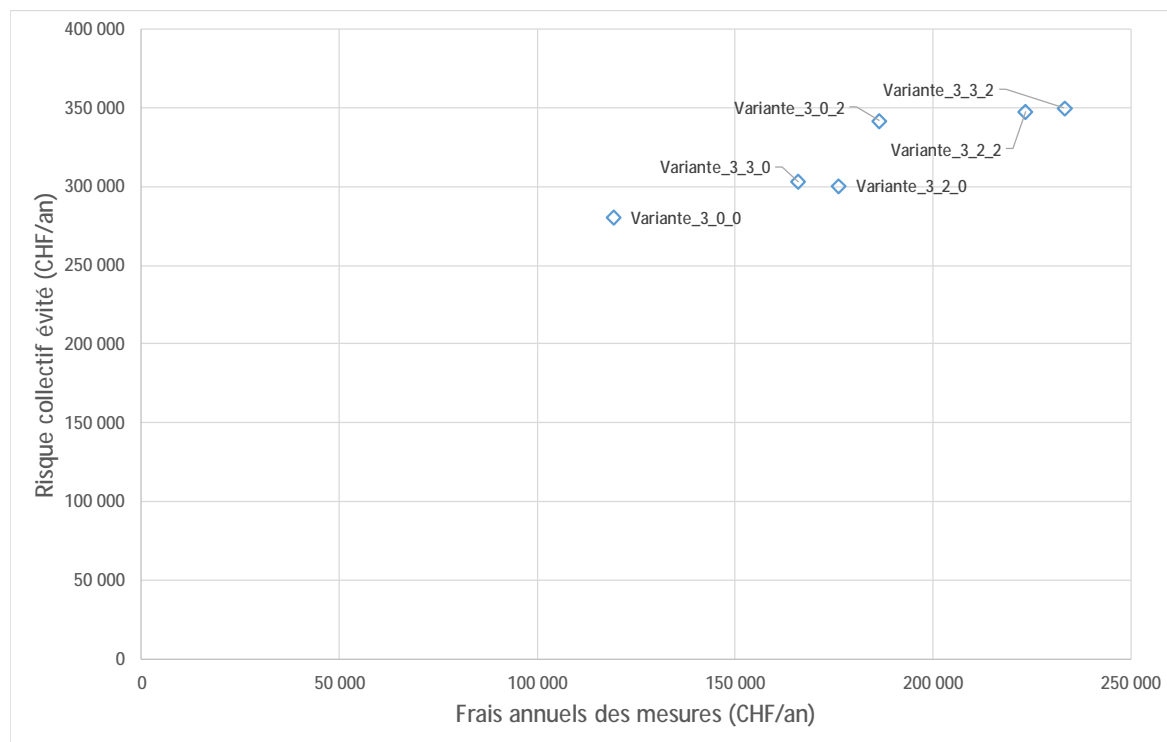
Σ Dommages 3 737 458 CHF

# ANALYSE DES VARIANTES - RÉSUMÉ

Dommages évités annualisés

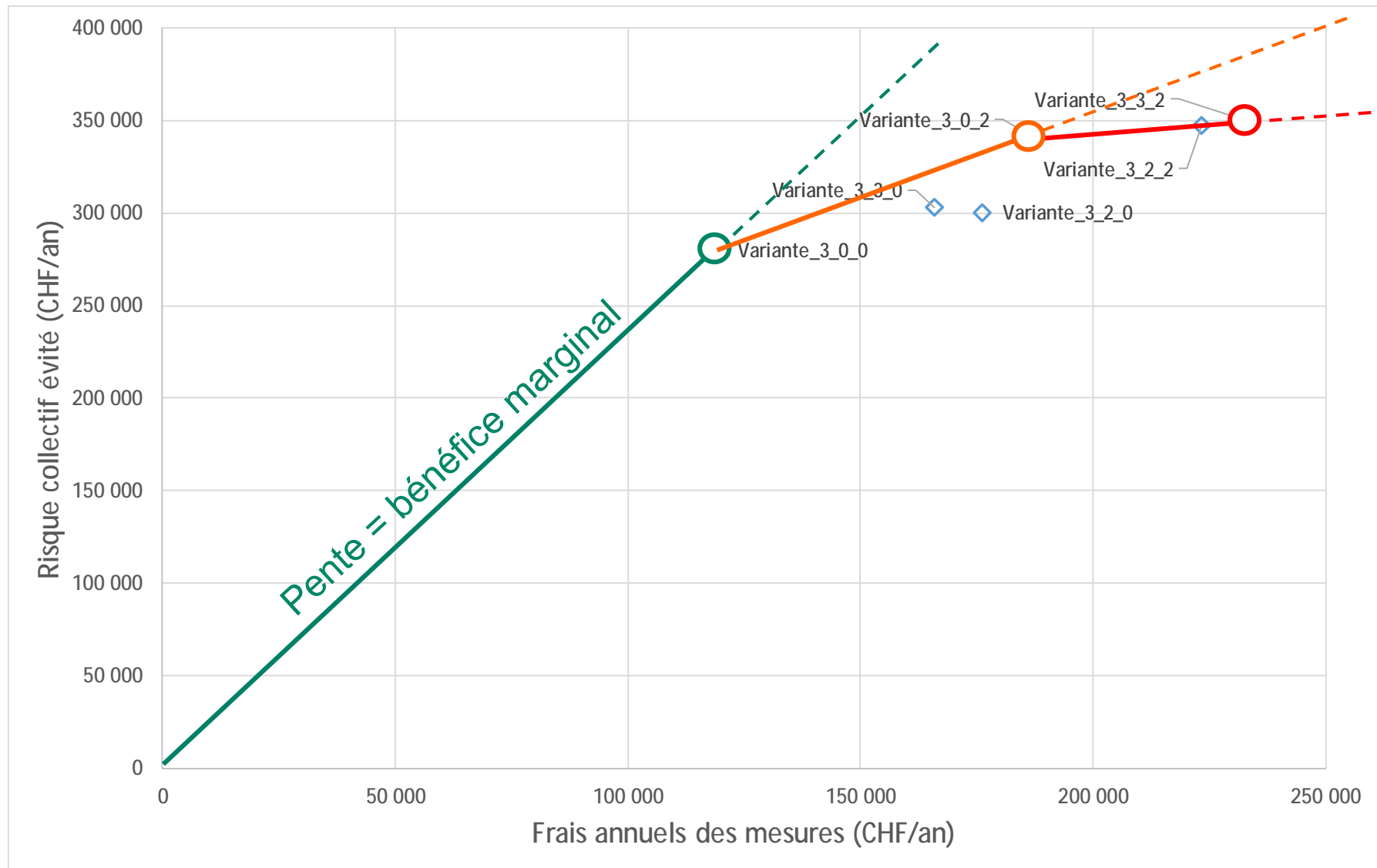
Vs

Couts des mesures annualisés





# ANALYSE DES VARIANTES – FRONT DE PARETO





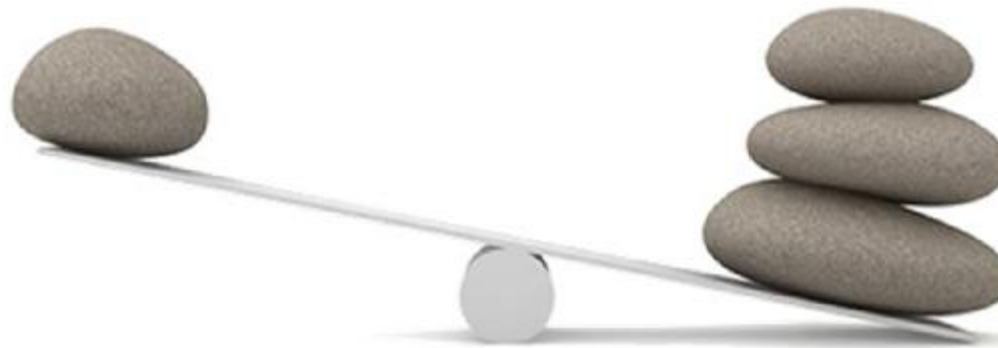
# PRISE DE DÉCISION

... en contexte instationnaire



# LA BONNE MESURE ?

## ANALYSE COÛT - BÉNÉFICE



### Coûts:

- § Réalisation
- § Entretien et exploitation

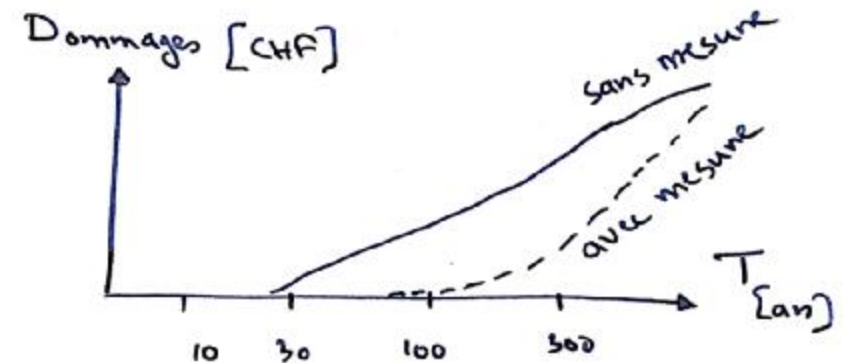
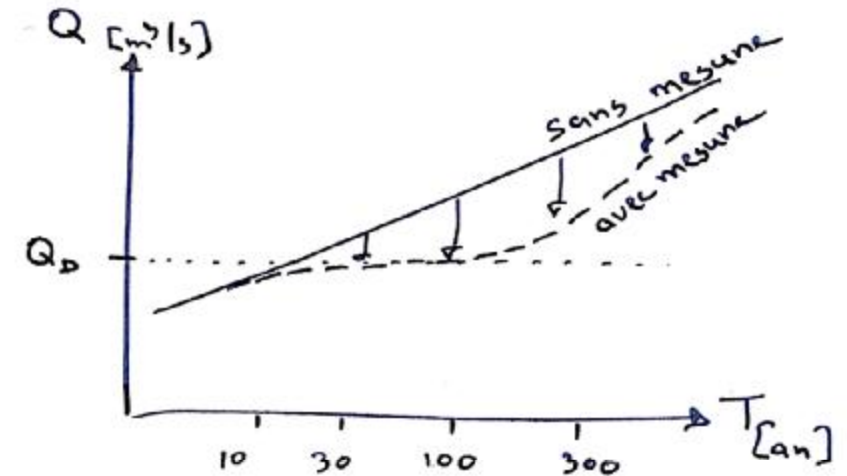
### Bénéfices:

- § **Espérance mathématique des dommages évités**
- § *Autres services rendus par la mesure (usages, biodiversité, ressource ...)*



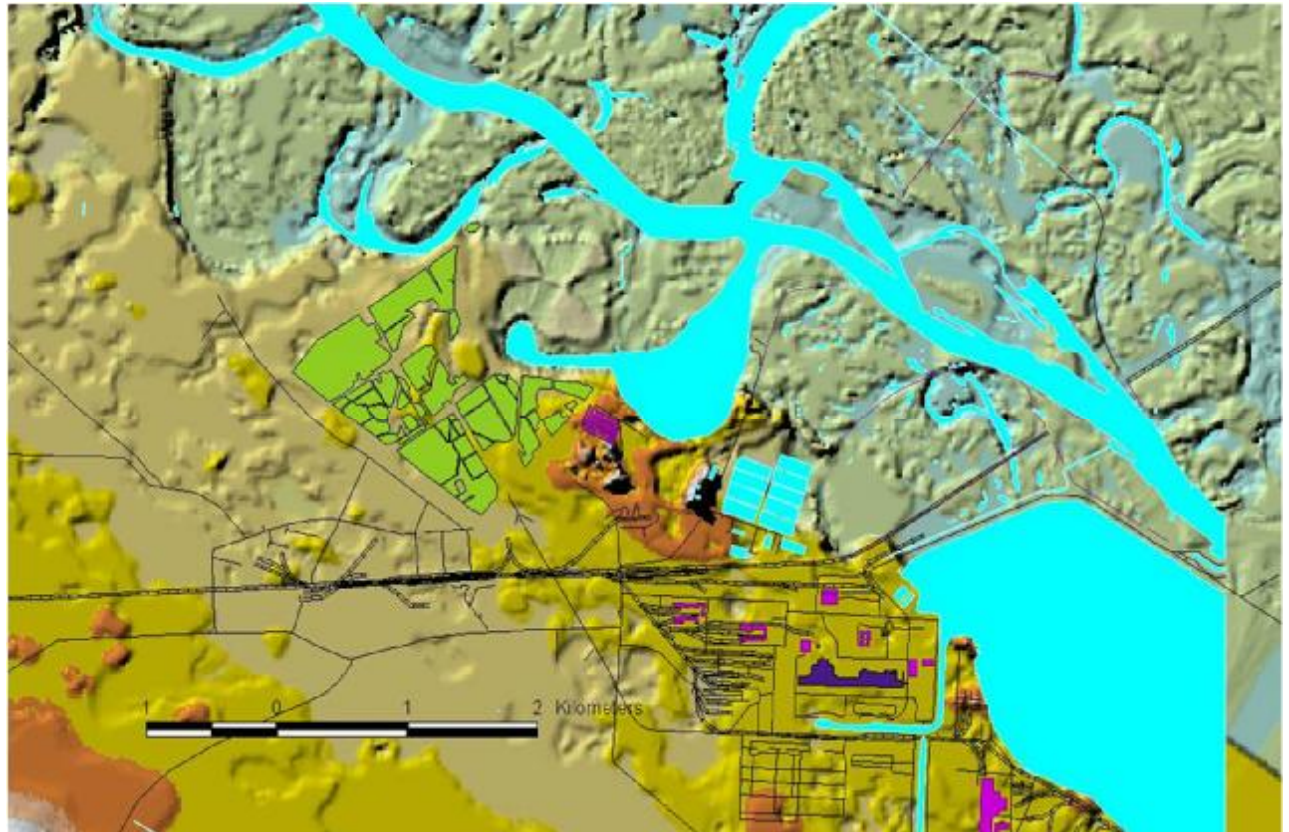
# BÉNÉFICE D'UNE MESURE DE PROTECTION

- § La mesure réduit le débit/niveau.  
Si bien dimensionnée, elle est:
  - § efficace au seuil de dommage
  - § Et jusqu'à l'objectif de protection
  - § Au delà, son efficacité s'atténue
- § Les dommages sont réduits en conséquence
- § Le bénéfice (D espérance mathématique) est l'intégrale entre les courbes (D/T) avec et sans mesure



## 4.2 EXEMPLE INSTATIONNAIRE – CHERNOBYL (1/4)

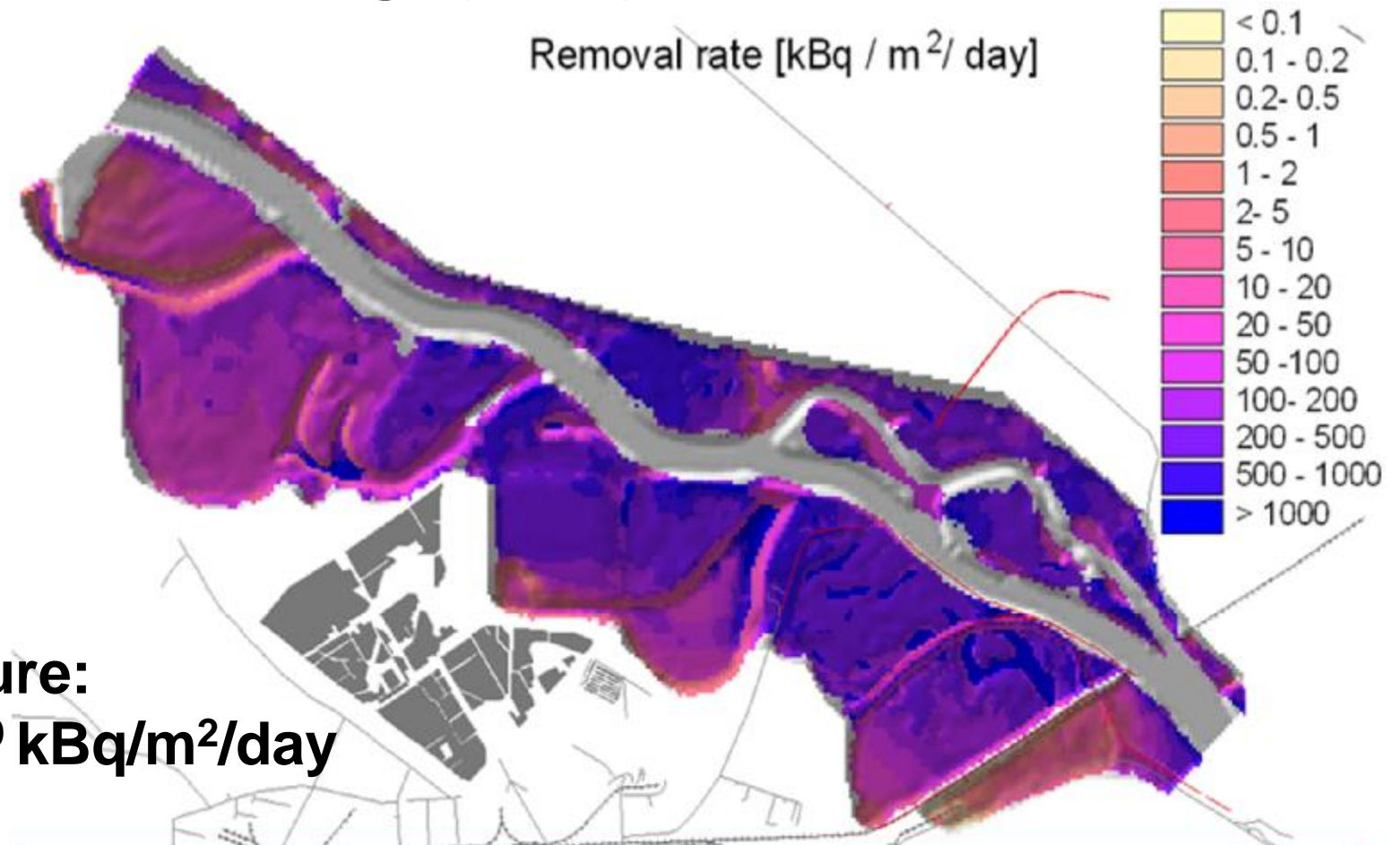
- § Dépôts massif de radionucléides dans la plaine alluviale de la rivière Prypiat
- § Crues (débâcles) à remobilisation des radionucléides
- § Solution : digue de confinement
- § Question (UN):  
Coûts – bénéfice ?



## 4.2 EXEMPLE INSTATIONNAIRE – CHERNOBYL (2/4)

§ Cartographie et caractérisation contamination

§ Modélisation du lessivage (1998 )



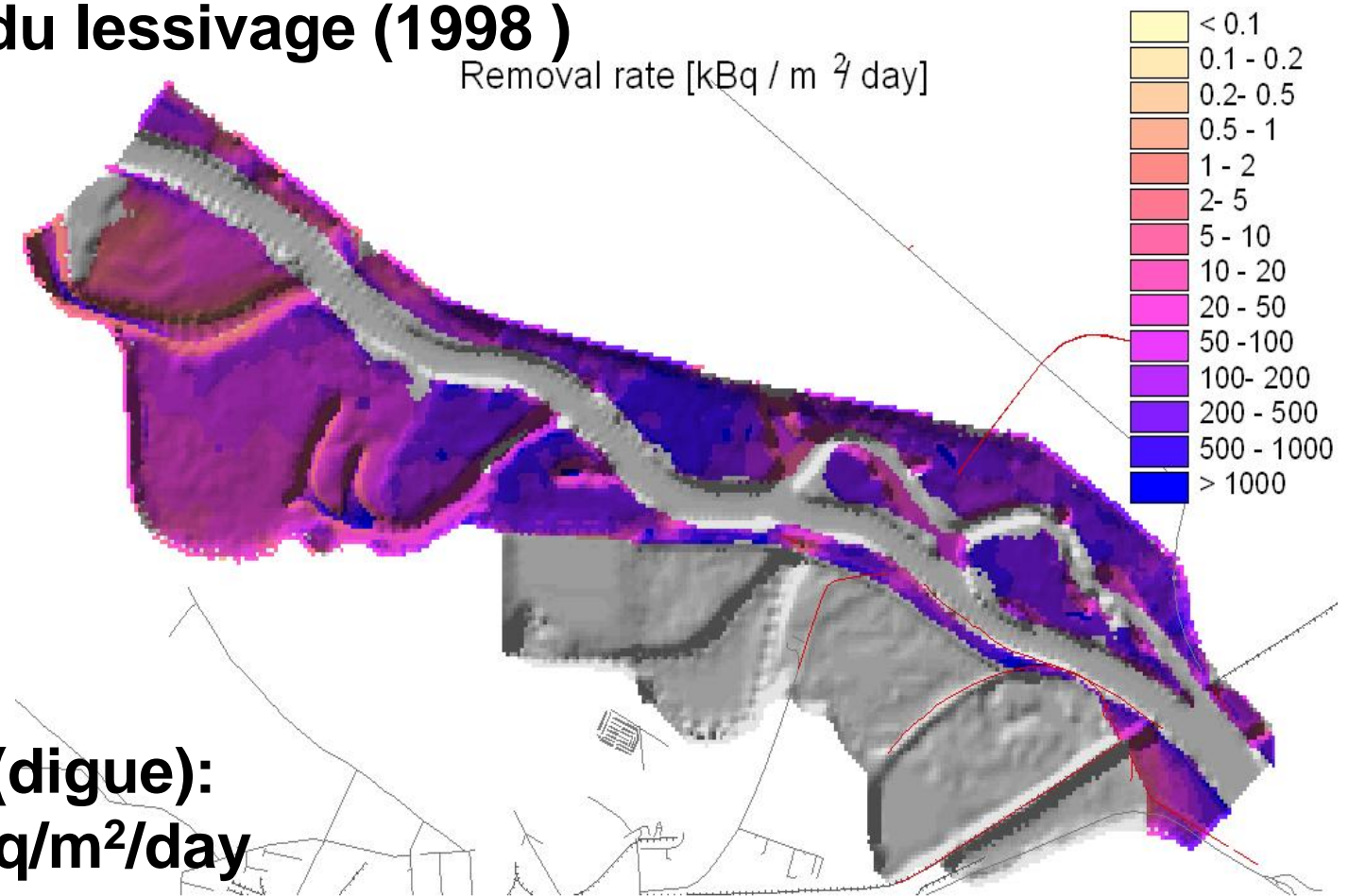
§ Sans mesure:  
4180.7 10<sup>9</sup> kBq/m<sup>2</sup>/day



## 4.2 EXEMPLE INSTATIONNAIRE – CHERNOBYL (3/4)

§ Cartographie et caractérisation contamination

§ Modélisation du lessivage (1998 )



§ Avec mesure (digue):  
 $1783.9 \cdot 10^9 \text{ kBq/m}^2/\text{day}$

## 4.2 EXEMPLE INSTATIONNAIRE – CHERNOBYL (4/4)

§ Bénéfice = morts évités à l'aval

μ cumul de radiocontaminants relargués à l'aval

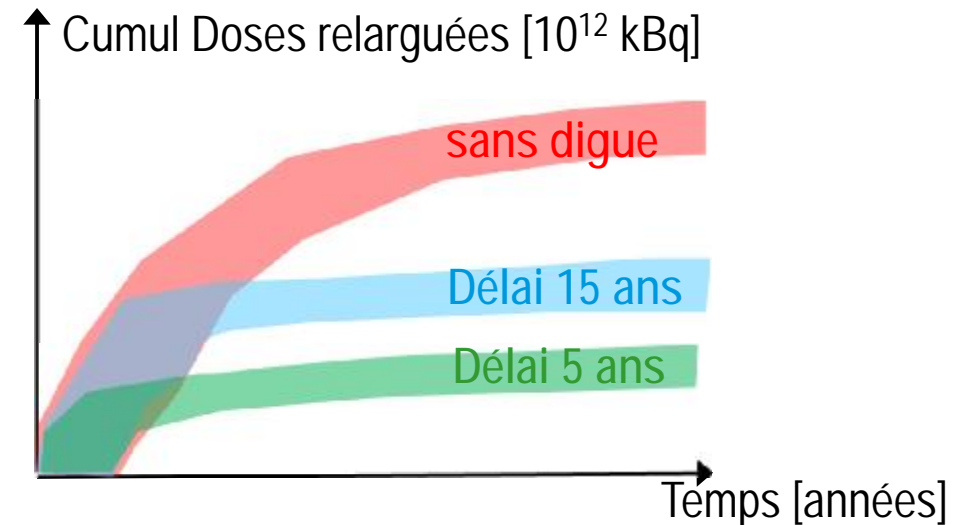
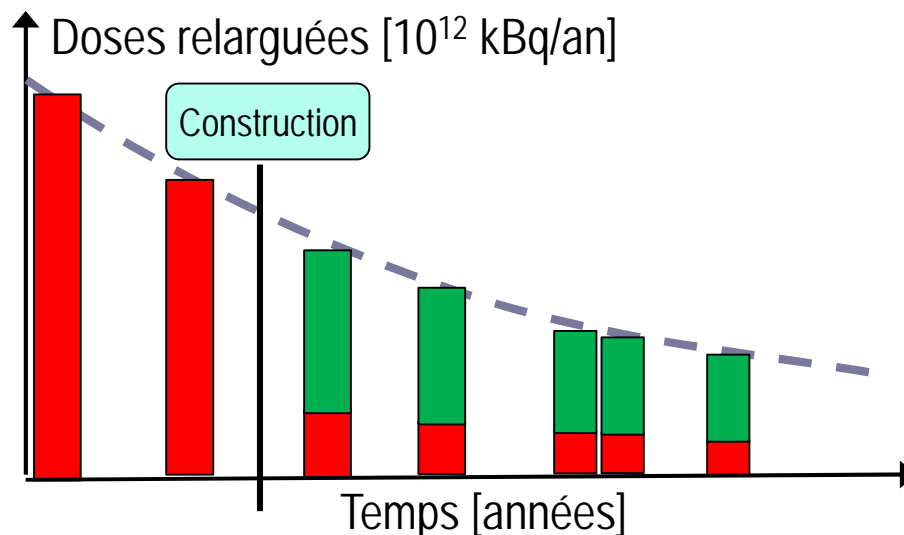
§ Problème non stationnaire

§  $\frac{1}{2}$  vie du  $\text{Se}^{90}$  : 28.9 ans

§  $\frac{1}{2}$  vie du  $\text{Cs}^{137}$  : 30 ans

**La gravité diminue  
vers le futur !**

§ Influence de l'histoire future (délai de réalisation, crues)



## 4.3 CONTEXTE

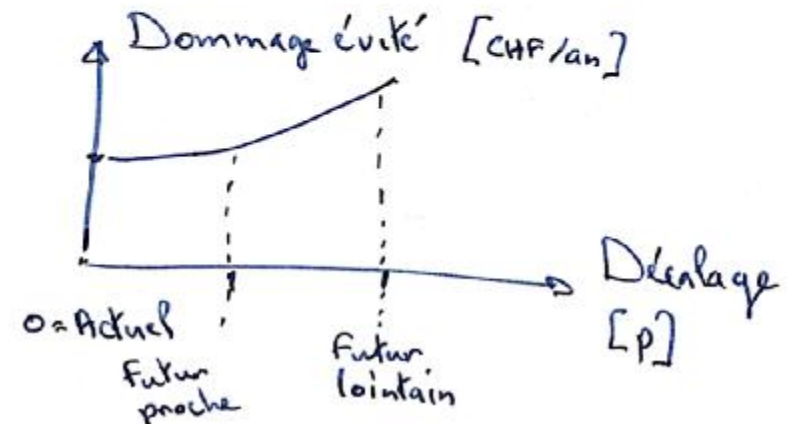
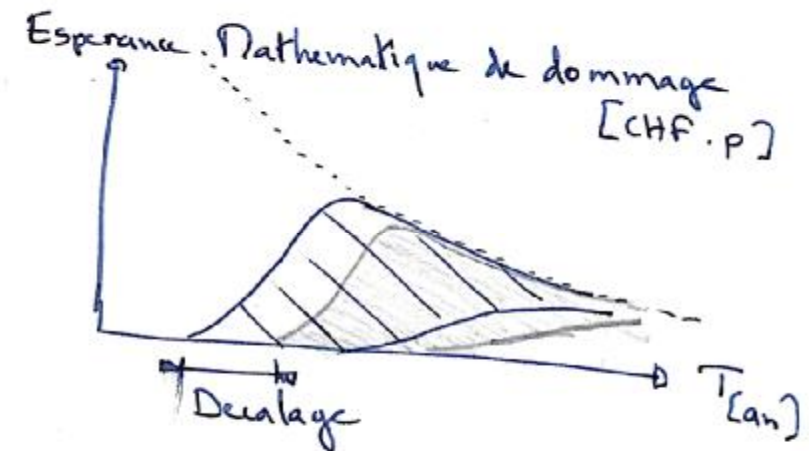
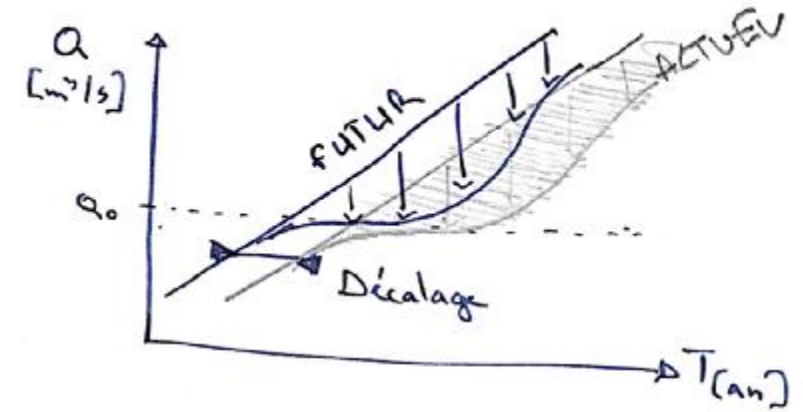
### ALEA CROISSANT

- § L'augmentation de l'aléa décale la fréquence des phénomènes
- § L'efficacité de la mesure n'est pas modifiée
- § Les espérances mathématiques de dommage se décalent d'autant.
- § Le dommage évité croît avec le décalage

#### Paradoxe de l'horizon

**le bénéfice  
augmente  
avec l'horizon  
du projet**

**Le niveau  
(l'objectif) de  
protection se  
dégrade**

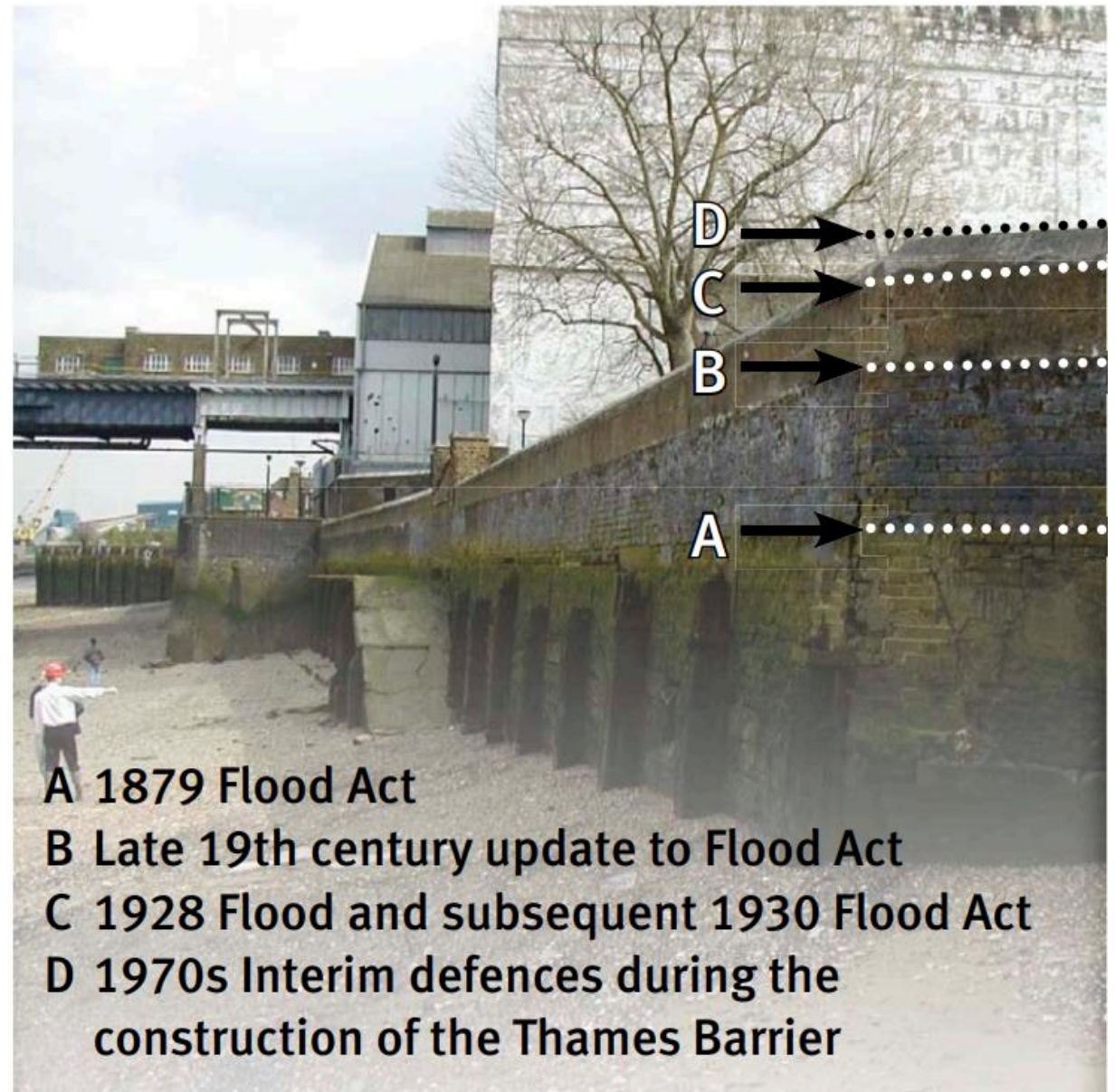






# FACE A L'INCERTITUDE ... LA RÉPONSE TECHNIQUE

# MONTER LES DIGUES





# MONTER LES DIGUES



*The Lobster Smack in 1902:  
The defences were described at the  
time as being “practically invulnerable”*

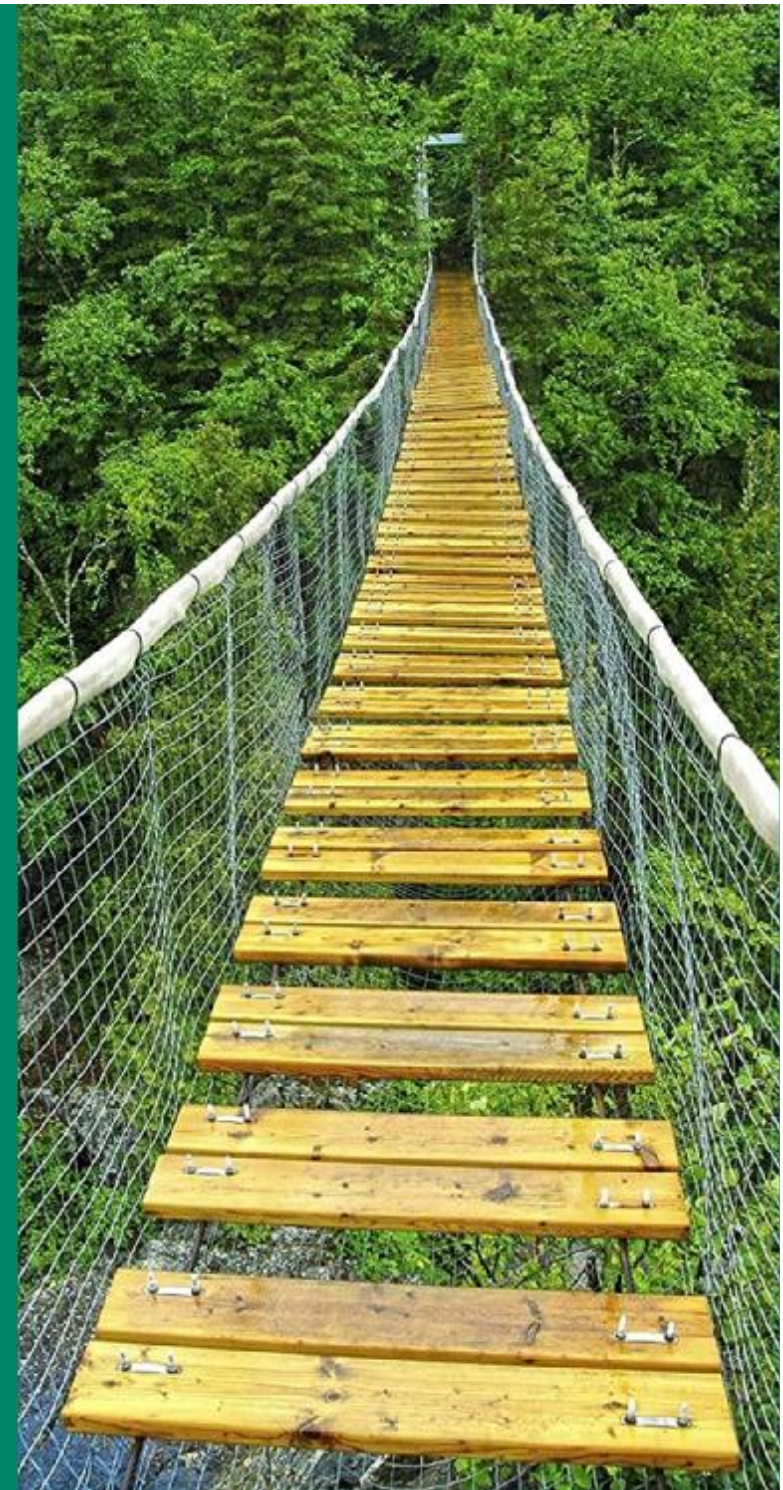


*The same building in 2000:  
The defences, raised following  
the 1953 flood and raised further  
in the 1980s are now level  
with the roof eaves*

Source : TE2100 Plan



# FACE À L'INCERTITUDE, LA RÉPONSE ADAPTATIVE





# THAMES ESTUARY

## Protège

§ 1.4 million hab.

§ 320 milliards £

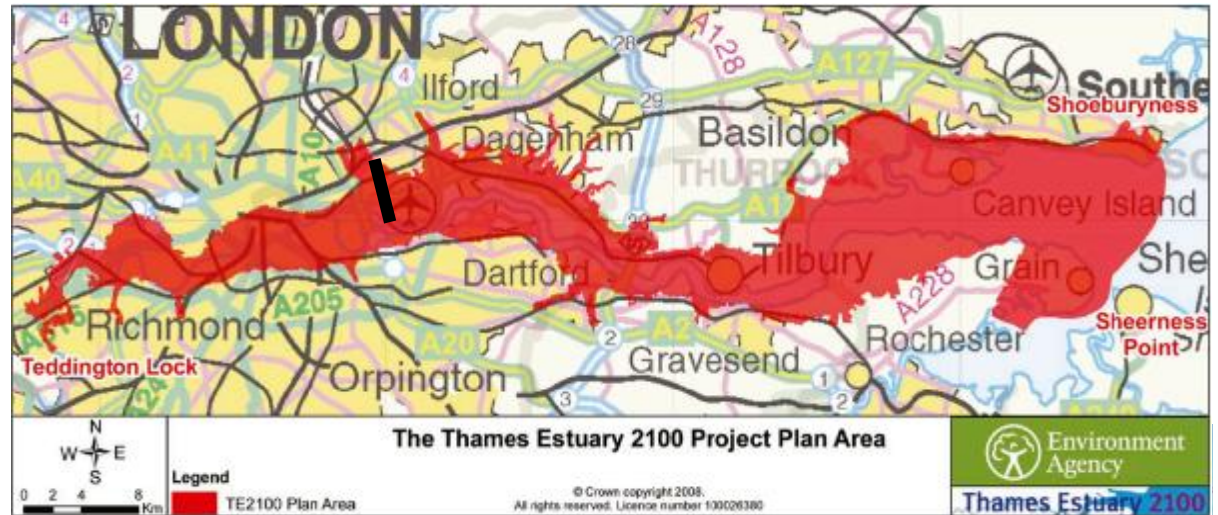
§ Thames Barrier  
(1984)

Mais aussi :

§ 36 barrages anti-crue

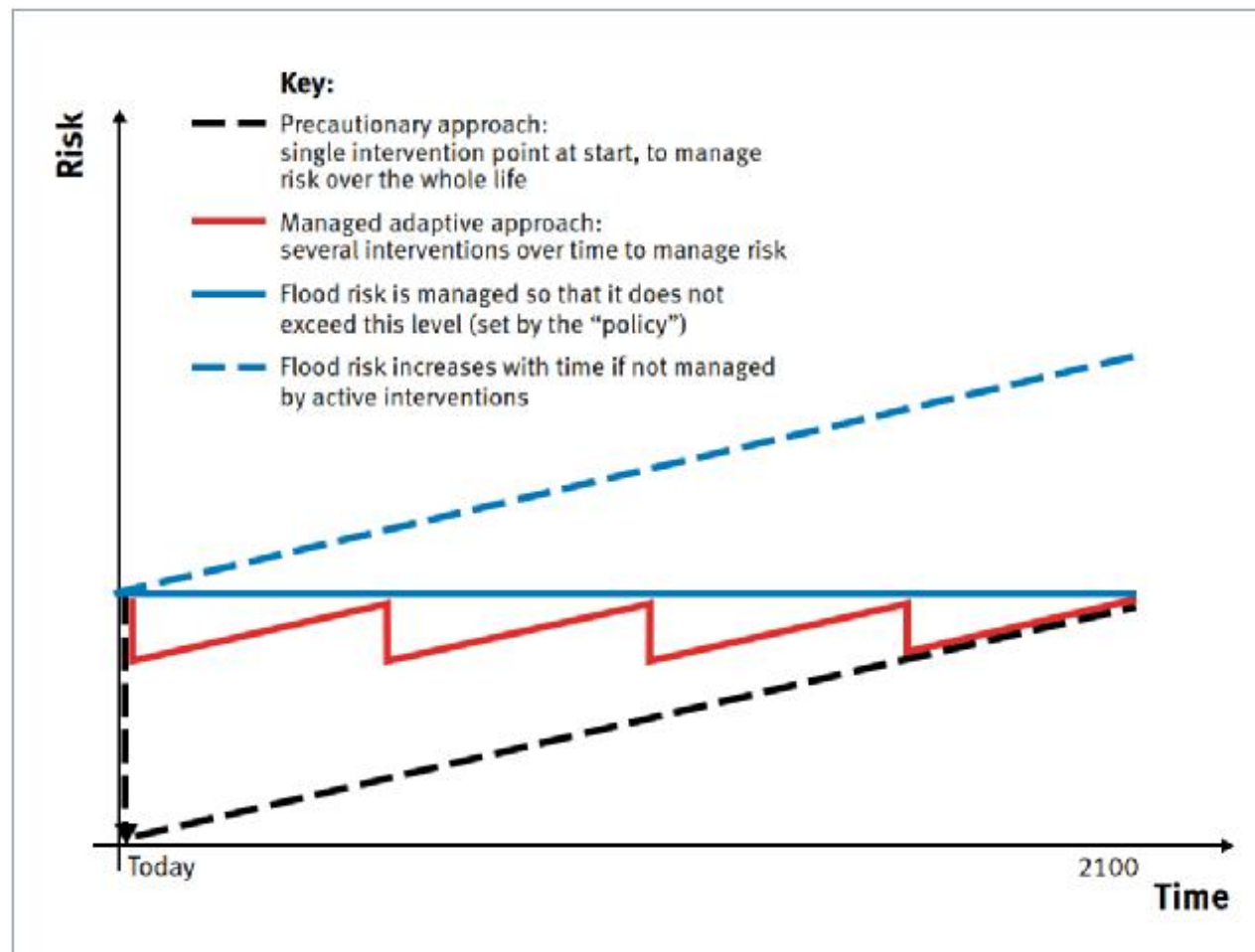
§ 400 ouvrages mobiles

§ 330 km de murs  
et digues



# THAMES ESTUARY GESTION ADAPTATIVE DU RISQUE

" An adaptive plan for a changing climate+



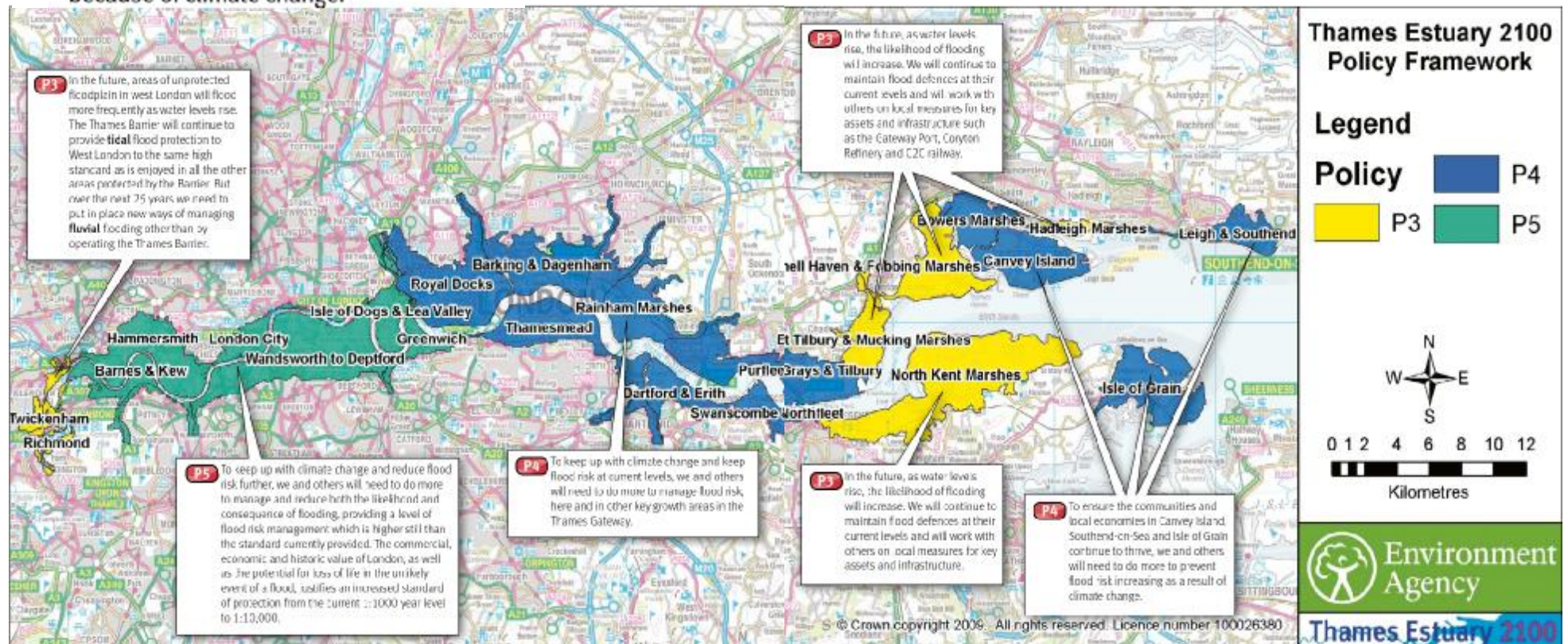


# THAMES ESTUARY GESTION ECHELONNÉE DU RISQUE

**P3** Continue with existing or alternative actions to manage flood risk. We will continue to maintain flood defences at their current level **accepting that the likelihood and/or consequences of a flood will increase because of climate change.**

**P4** Take **further action** to keep up with climate and land use change so that flood risk does **not increase.**

**P5** Take **further action to reduce the risk of flooding (now or in the future).**





# THAMES ESTUARY

## PRINCIPES D'ADAPTABILITÉ

### § **Calendrier adaptable :**

Si le changement est rapide, les interventions seront avancées. S'il est lent, elles seront retardées.

### § **Planification souple**

Possibilité de passer une autre option qui se révèle plus efficace vis-à-vis de nouvelles conditions.

### § **Structures d'ingénierie adaptables:**

Les structures doivent être conçues de manière à pouvoir s'adapter aux circonstances changeantes. Surcout initial possible mais économie sur la durée de vie

### § **Réservation des espaces pour les options futures**

L'aménagement du territoire doit être guidée et informée par les options de la TE2100 pour s'assurer qu'elles restent possibles.

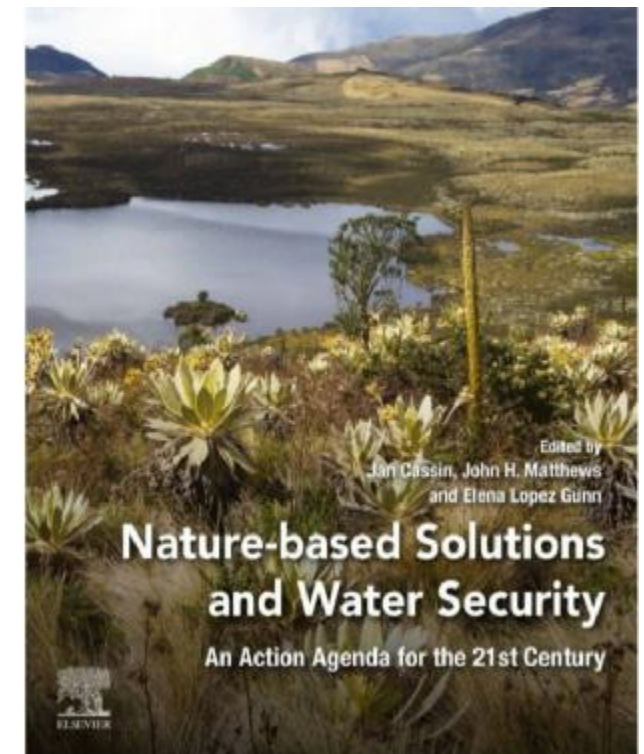
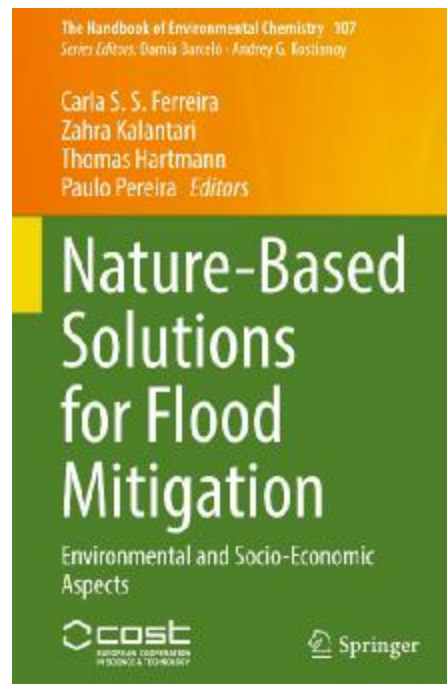
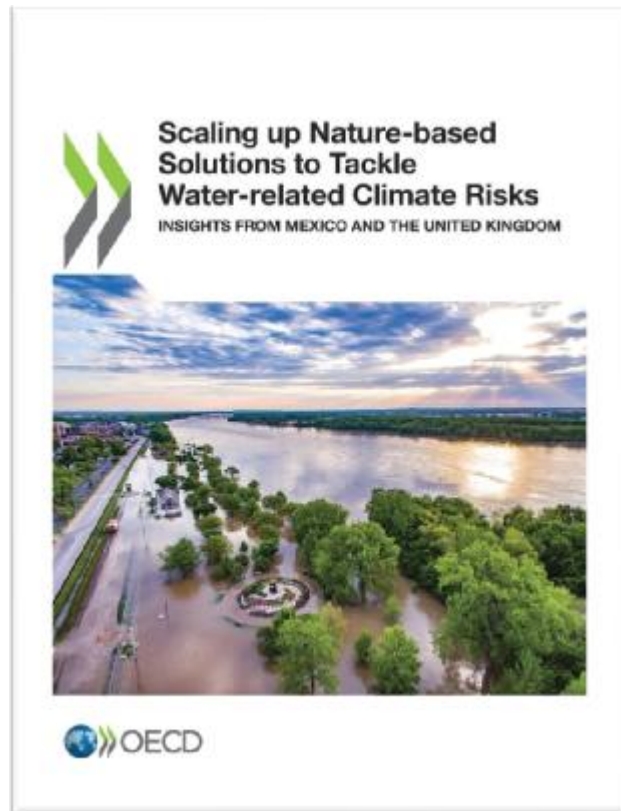
### § **Adaptation aux nouvelles infrastructures :**

Des nouvelles infrastructures peuvent avoir un impact majeur ou constituer des opportunités. La planification doit pouvoir s'adapter et saisir les possibilités de synergie.



# SOLUTIONS BASÉES SUR LA NATURE

# SOLUTIONS BASÉES SUR LA NATURE



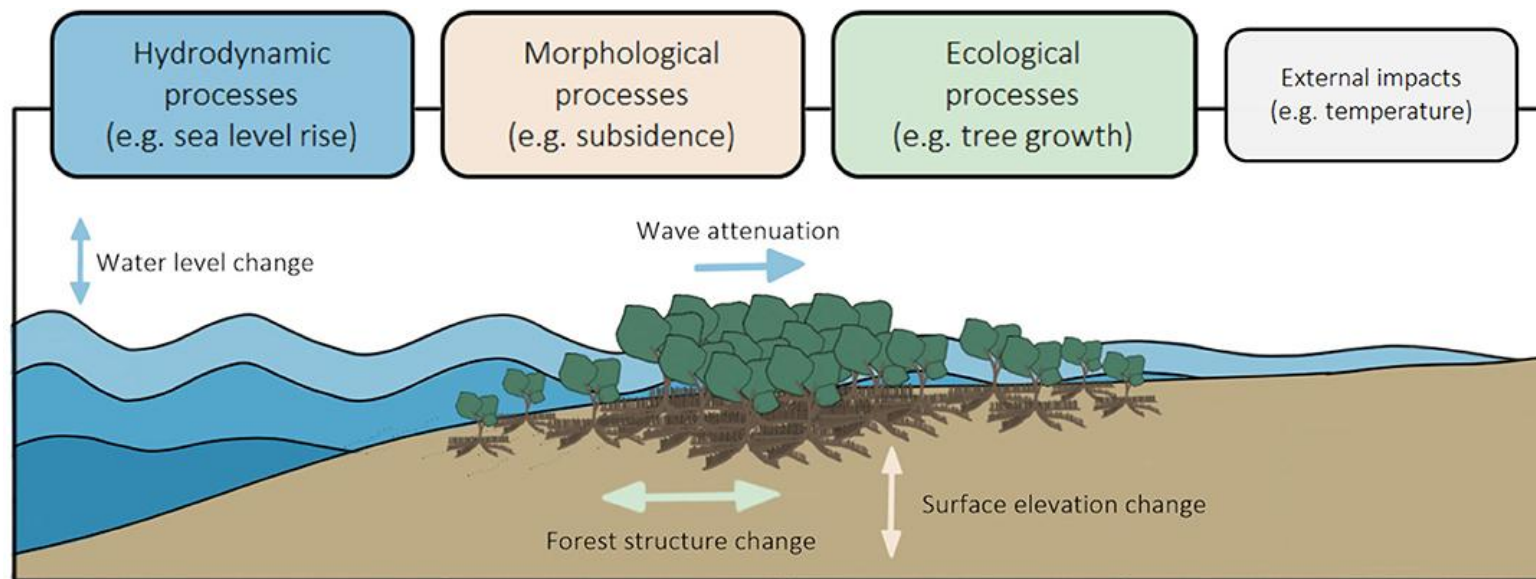


# NATURE BASED SOLUTIONS

## L'EXEMPLE DES MANGROVES

Effet des mangroves:

### § Atténuation des vagues



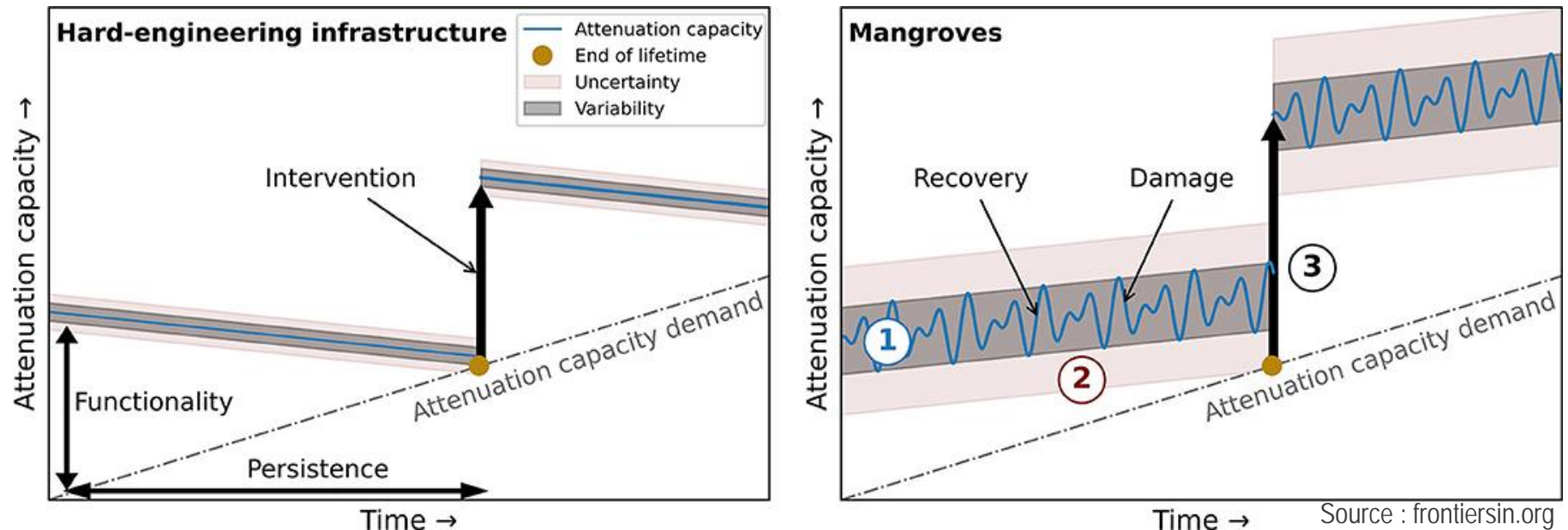
Source : [frontiersin.org](https://frontiersin.org)

### § Evolue, Piège les sédiments à peut suivre l'évolution des niveaux (eau, fond)

# NATURE BASED SOLUTIONS

## L'EXEMPLE DES MANGROVES

Utiliser l'effet des mangroves en protection demande :



1. De comprendre son fonctionnement et sa persistance;
2. Des outils pour les évaluer/pronostiquer précisément;
3. l'identification d'alternatives de conception pour les améliorer





**MERCI DE VOTRE ATTENTION !**

