

8^{èmes} Journées
Fiabilité des
MATÉRIAUX & DES STRUCTURES
Aix-en-Provence,
9 et 10 avril 2014



ECOSYSTEMES CONTINENTAUX
ECCOREV
ET RISQUES ENVIRONNEMENTAUX



Vers une analyse intégrée de l'efficacité des ouvrages de protection contre les risques naturels en montagne

S. Carladous, J.-M. Tacnet, N. Eckert, C. Curt, M. Batton-Hubert





I/ Protection en montagne et efficacité

II/ Risque et évaluation économique

III/ Application de la méthode d'analyse économique la plus pratiquée (ACB)

IV/ Vers une approche intégrée



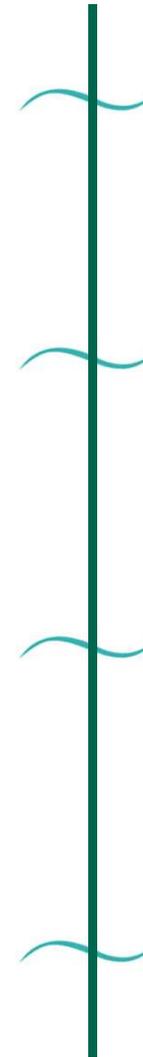


I/ Protection en montagne et efficacité

II/ Risque et évaluation économique

III/ Application de la méthode d'analyse économique la plus pratiquée (ACB)

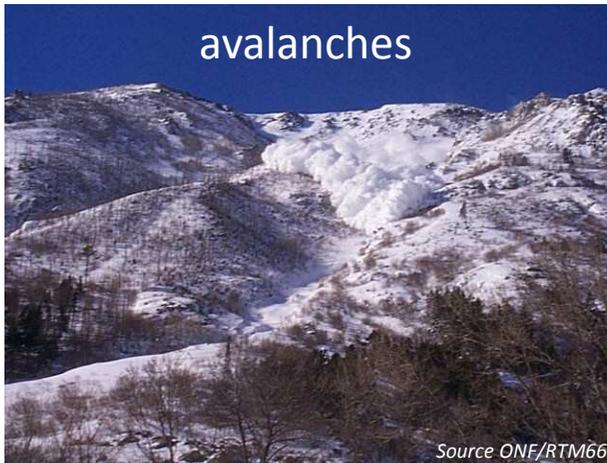
IV/ Vers une approche intégrée



Risques naturels en montagne

Phénomènes gravitaires rapides, de forte intensité, soudains (alerte impossible)

avalanches



crues torrentielles



Chutes de blocs



➔ conséquences multiples

Dommages humains et matériels **directs**

Coupures de réseaux et dommages **indirects**



Risques naturels en montagne

Phénomènes gravitaires rapides, de forte intensité, soudains (alerte impossible)



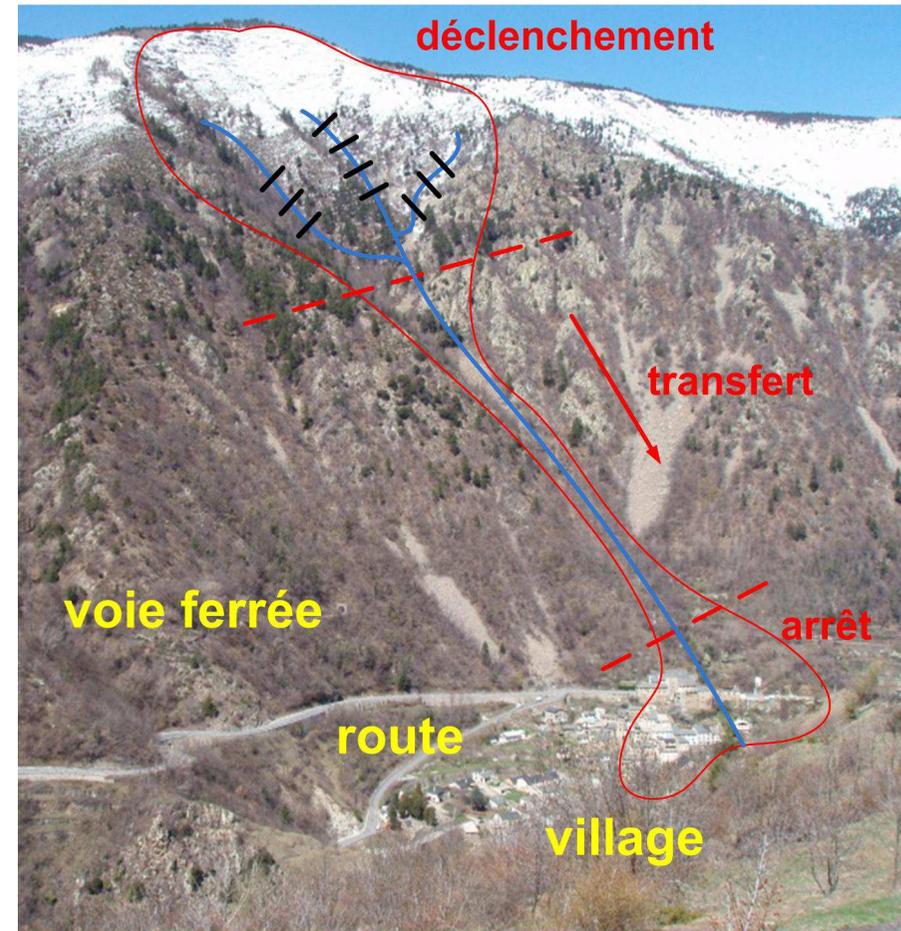
phénomène torrentiel

Écoulement mixte : eau et matériaux

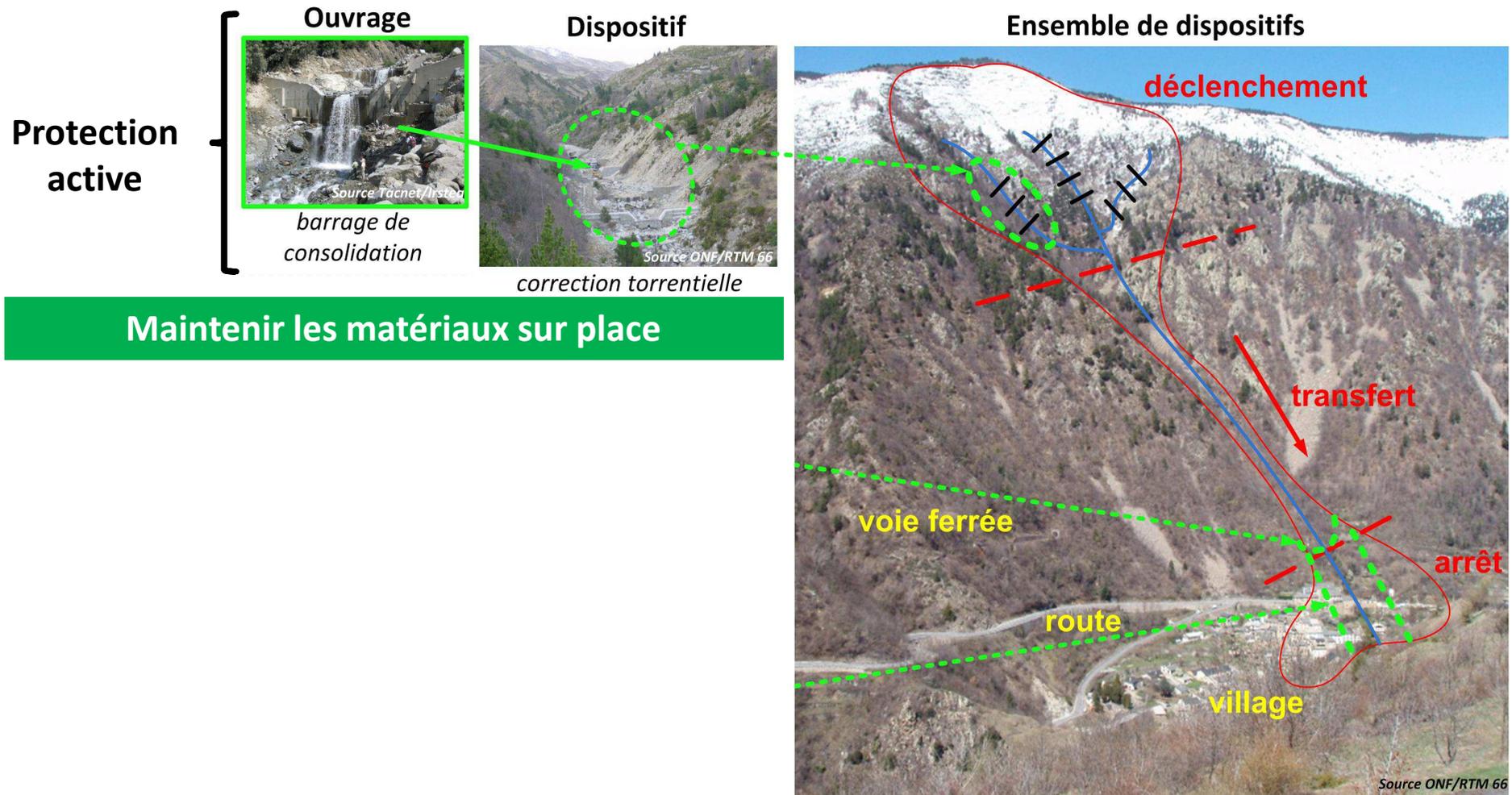


Objectif de la protection dans un bassin versant torrentiel

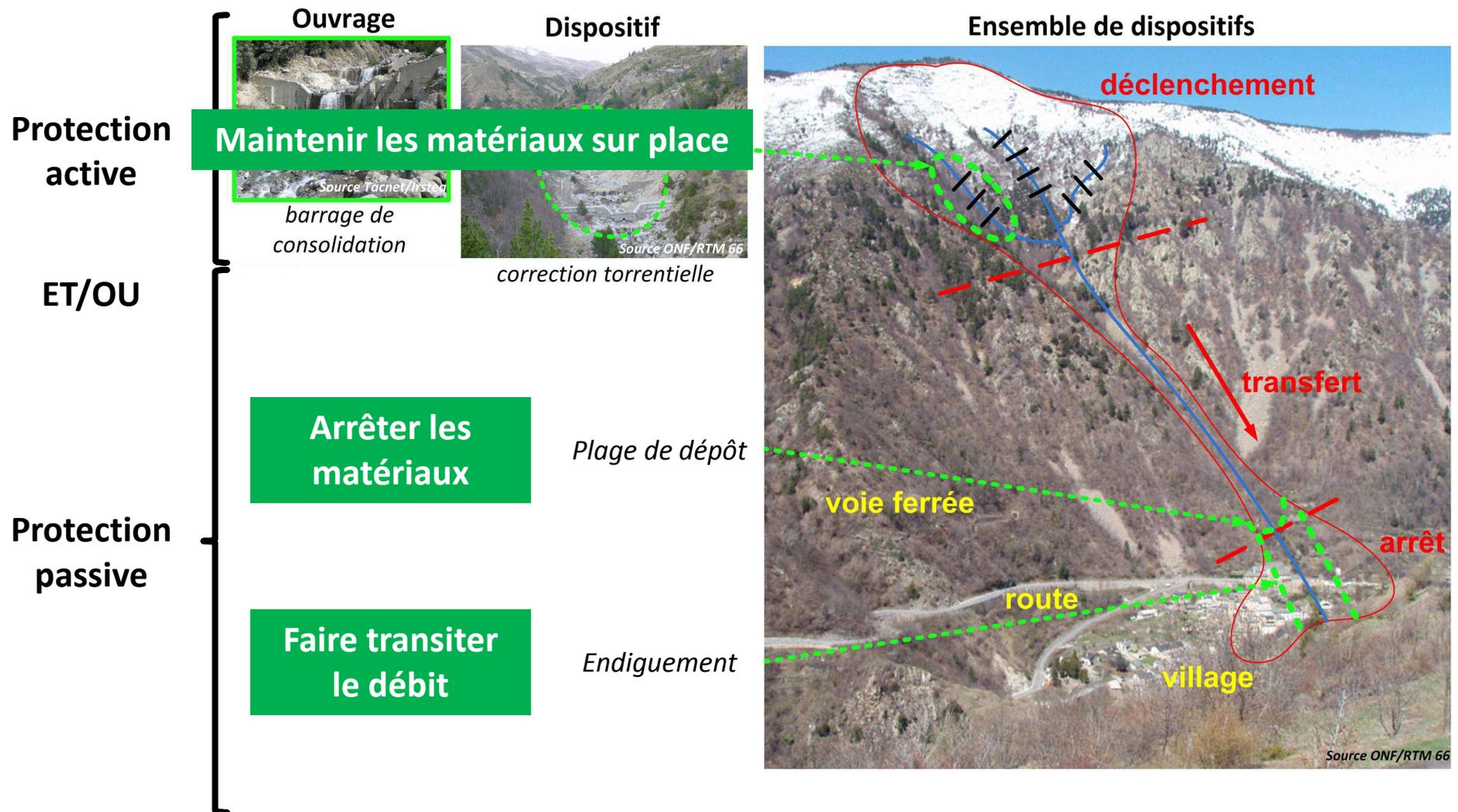
Protéger les éléments exposés



Plusieurs échelles de systèmes de protection torrentiel



Plusieurs échelles de systèmes de protection torrentiel



Connaître l'efficacité est nécessaire pour plusieurs types de décisions

- **Programmation de travaux sur les dispositifs**

Quelle stratégie de protection ? Quelle est la plus efficace ?

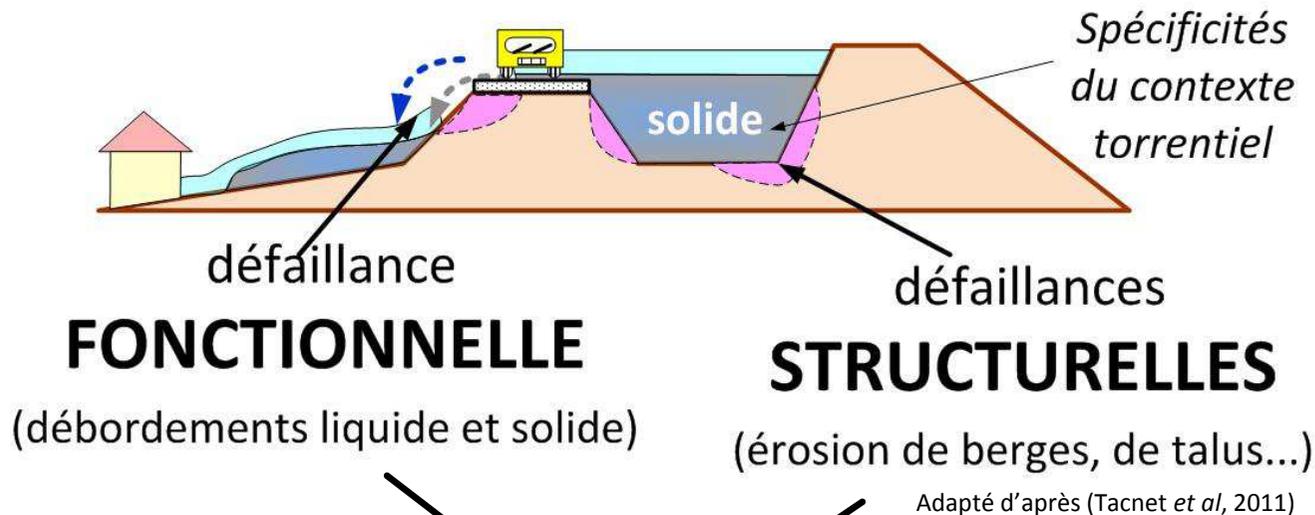
- **Constructibilité à l'aval des ouvrages**

Sont-ils suffisamment efficaces ?

⇒ **Evaluer l'efficacité des dispositifs de protection**
= problème d'aide à la décision

De l'efficacité technique des systèmes de protection torrentielle...

digue



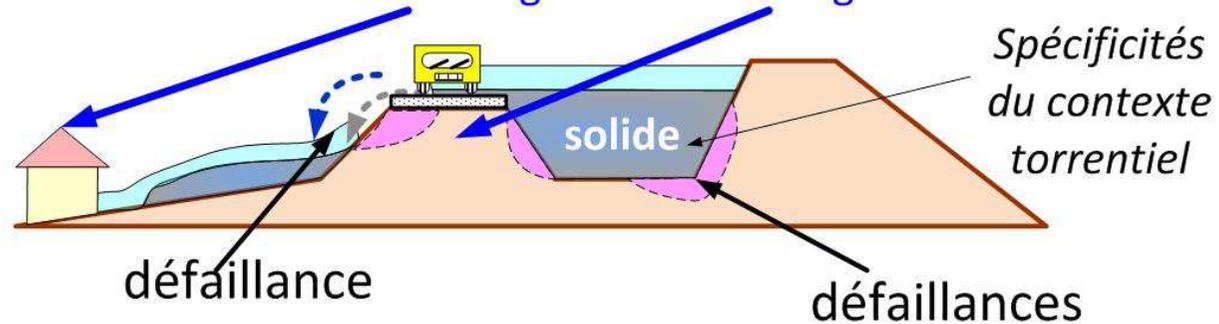
⇒ Evaluation de la **performance technique** des dispositifs
adaptation des méthodes de sûreté de fonctionnement (Tacnet et al., 2011)

... à la prise en compte des aspects économiques

digue

ECONOMIE

Coûts des dommages et des ouvrages



FONCTIONNELLE

(débordements liquide et solide)

STRUCTURELLES

(érosion de berges, de talus...)

Adapté d'après (Tacnet *et al.*, 2011)

⇒ Evaluation de la **performance technique** des dispositifs
adaptation des méthodes de sûreté de fonctionnement (Tacnet *et al.*, 2011)

Question

Comment évaluer l'efficacité
en tenant compte des aspects économiques,
en complément des volets structurels et fonctionnels
?

Question

Comment évaluer l'efficacité
en tenant compte des aspects économiques,
en complément des volets structurels et fonctionnels
?

- Quelles méthodes d'aide à la décision basées sur l'évaluation économique ?
- Applicabilité aux risques naturels en montagne ?



I/ Protection en montagne et efficacité

II/ Risque et évaluation économique

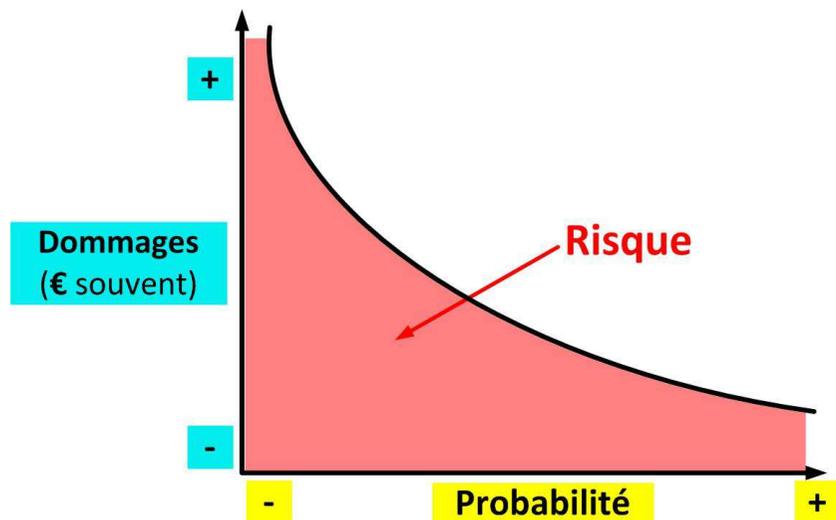
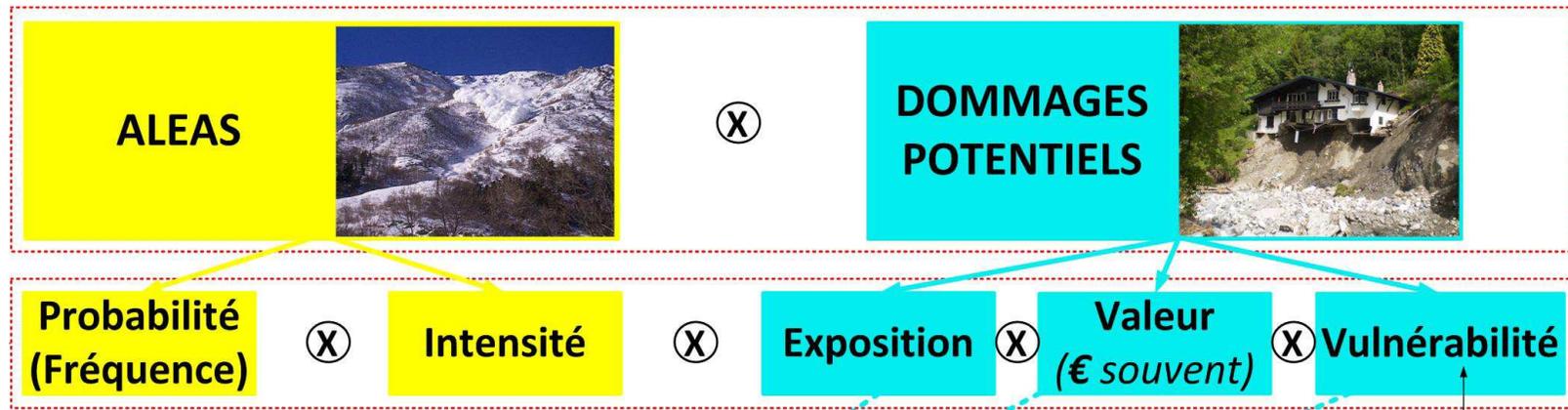
III/ Application de la méthode d'analyse économique la plus pratiquée (ACB)

IV/ Vers une approche intégrée



L'évaluation du risque naturel

Risque naturel = valeur espérée des dommages (Von Neumann *et al*, 1953 ; Eckert *et al*, 2012)

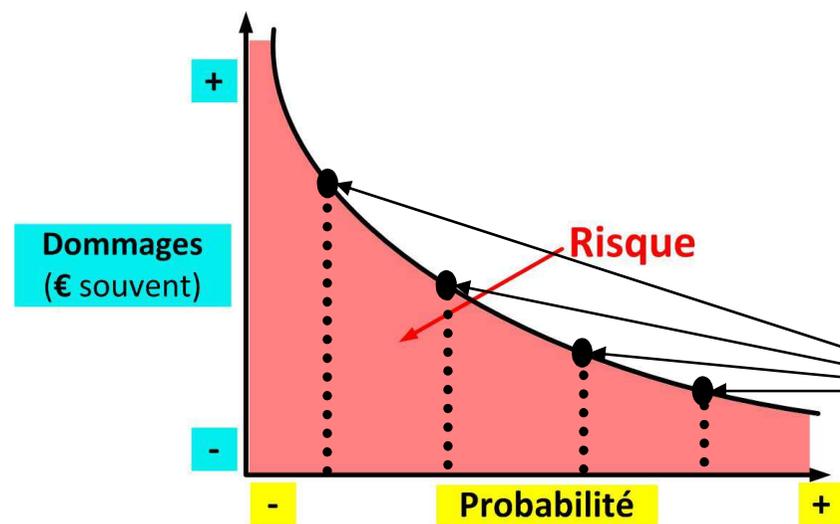
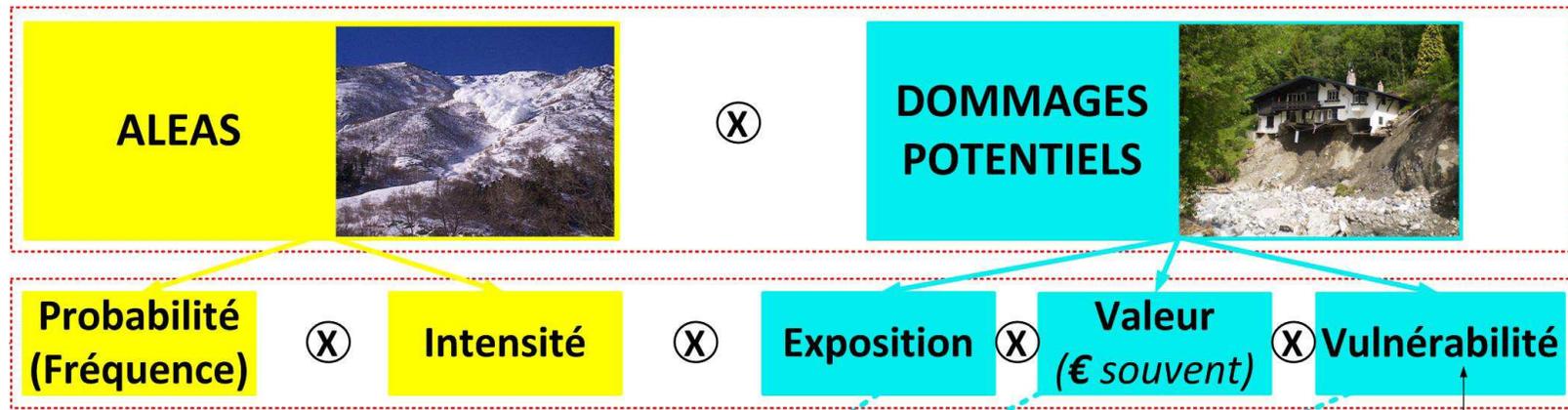


1. Evalué pour chaque élément exposé
2. Risque total = $R_w = \text{Somme}$

Taux
d'endommagement
potentiel

L'évaluation du risque naturel

Risque naturel = valeur espérée des dommages (Von Neumann *et al*, 1953 ; Eckert *et al*, 2012)

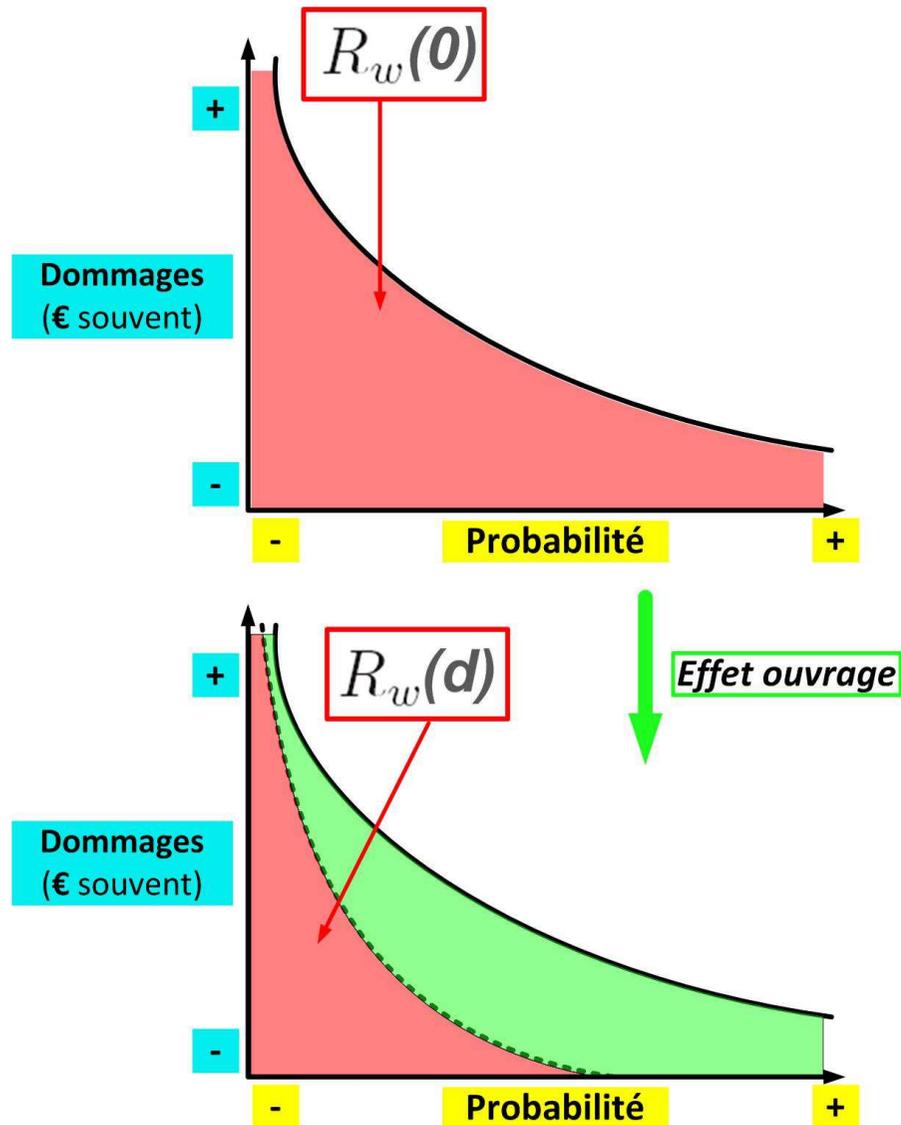


1. Evalué pour chaque élément exposé
2. Risque total = $R_w = \text{Somme}$

Calcul pratique
scénarios de probabilité
(périodes de retour T)

Taux
d'endommagement
potentiel

Le système de protection réduit le risque



Bénéfice de l'action
= **B**

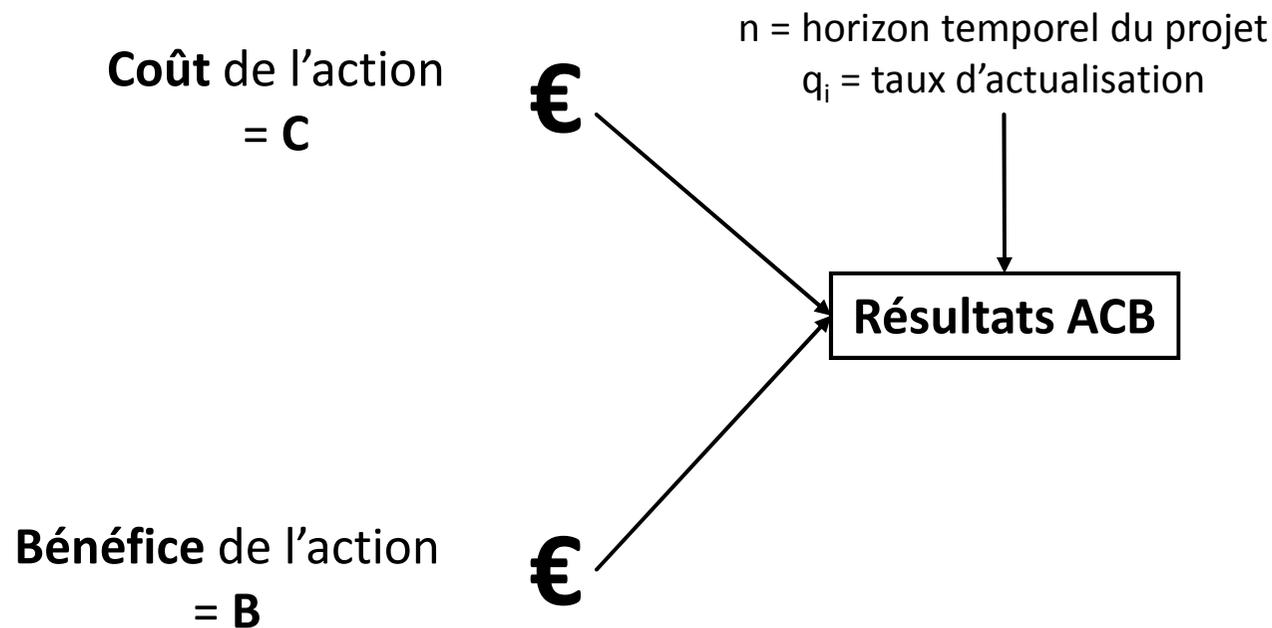
Réduction
du risque initial $R_w(0)$
au risque résiduel $R_w(d)$

L'Analyse Coût Bénéfice (ACB) : méthode la plus pratiquée...

PLUSIEURS ACTIONS SONT COMPAREES

définir la solution optimale :

minimiser le coût du projet et maximiser le bénéfice (Treich, 2005)

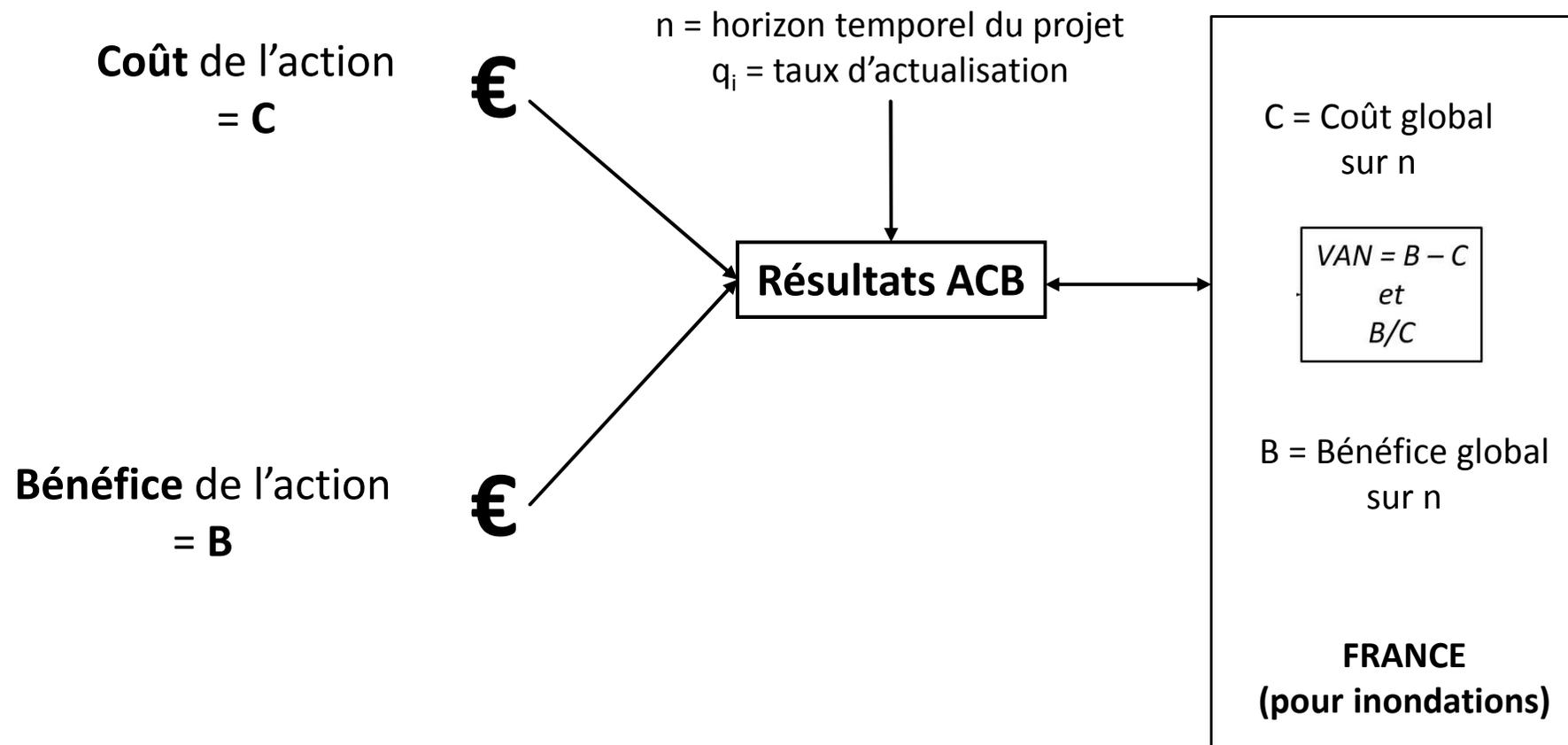


L'Analyse Coût Bénéfice (ACB) : méthode la plus pratiquée...

PLUSIEURS ACTIONS SONT COMPAREES

définir la solution optimale :

minimiser le coût du projet et maximiser le bénéfice (Treich, 2005)

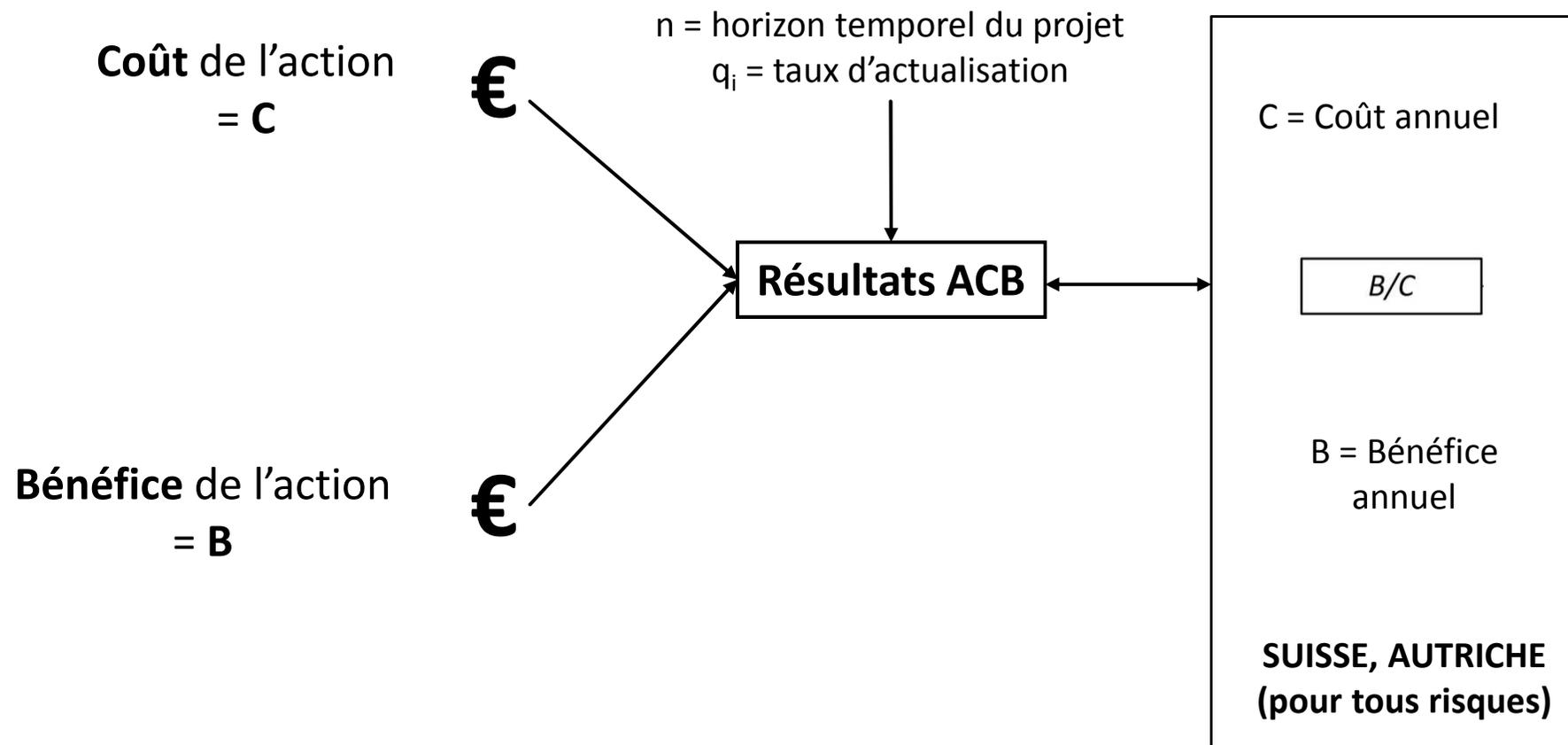


L'Analyse Coût Bénéfice (ACB) : méthode la plus pratiquée...

PLUSIEURS ACTIONS SONT COMPAREES

définir la solution optimale :

minimiser le coût du projet et maximiser le bénéfice (Treich, 2005)



... mais des limites d'ordre général : d'autres méthodes envisagées

LIMITES	METHODES	
Seuls coûts et bénéfices évalués en € pris en compte	Aide Multi Critères à la Décision (AMC)	<i>Inondations</i>
Seul un nombre limité de solutions et de scénarios	Optimisation (Optimal Design)	<i>Digues paravalanches</i>

Stade de recherche/développement



I/ Protection en montagne et efficacité

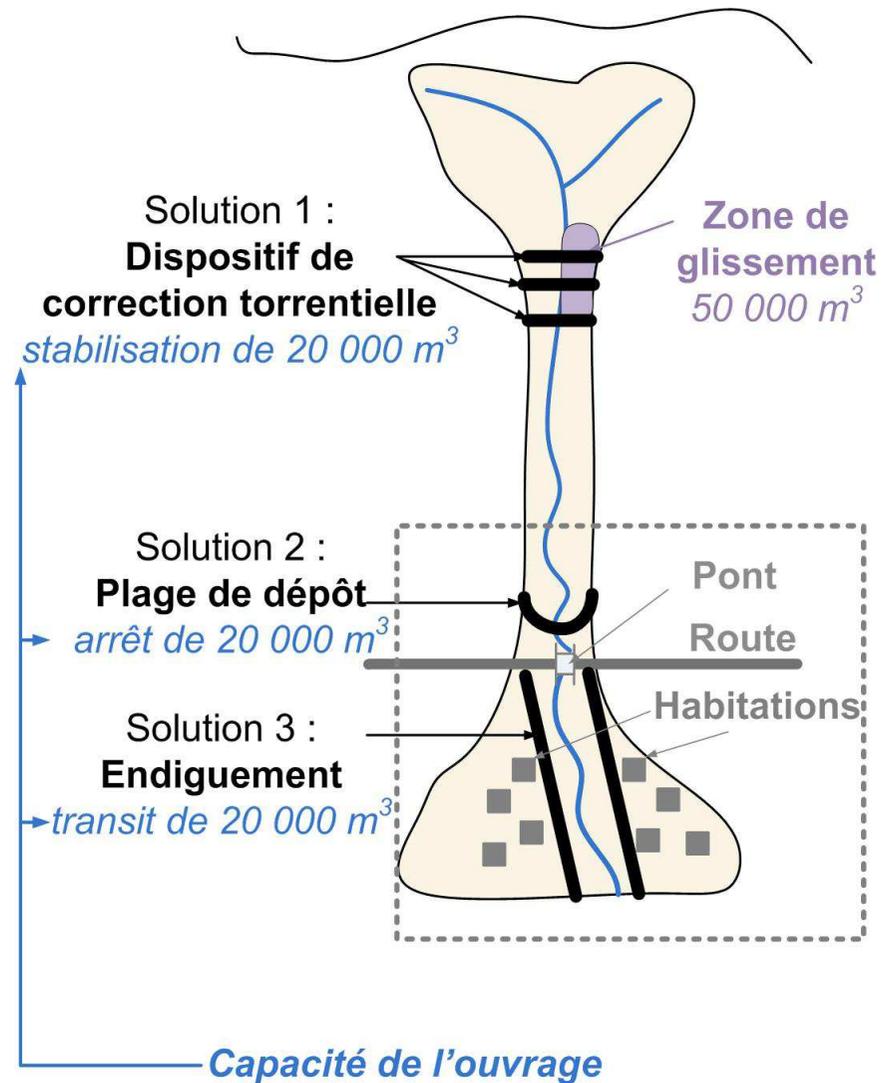
II/ Risque et évaluation économique

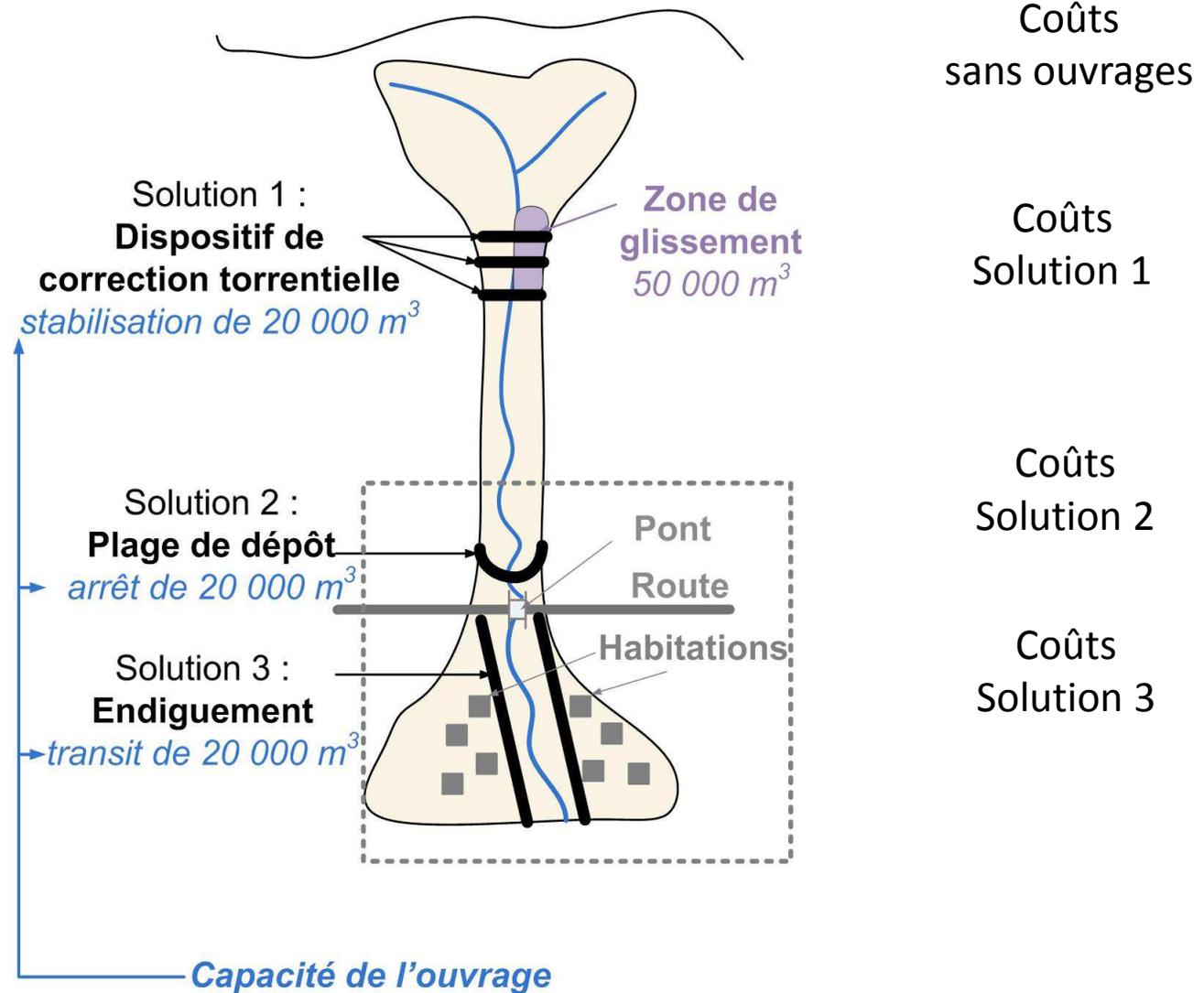
III/ Application de la méthode d'analyse économique la plus pratiquée (ACB)

IV/ Vers une approche intégrée



Un cas théorique simplifié

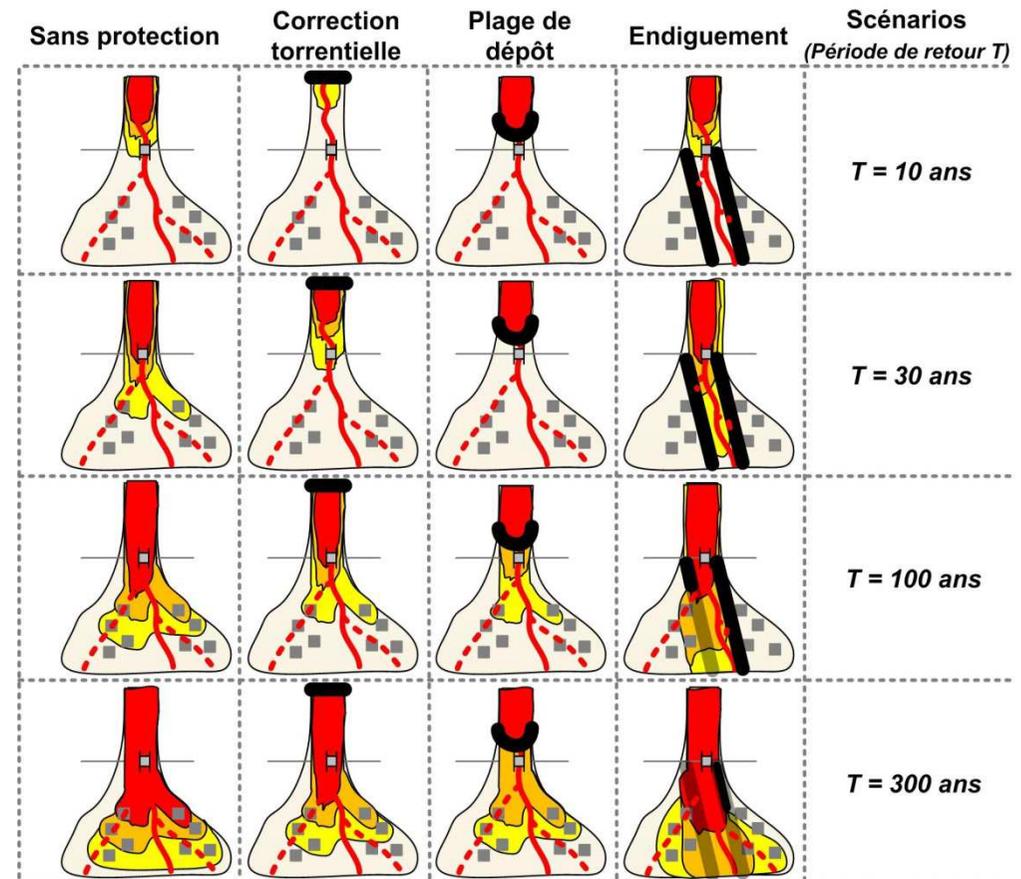


ETAPE 1 : Evaluation des coûts de chaque solution

ETAPE 2 : Cartographie des aléas

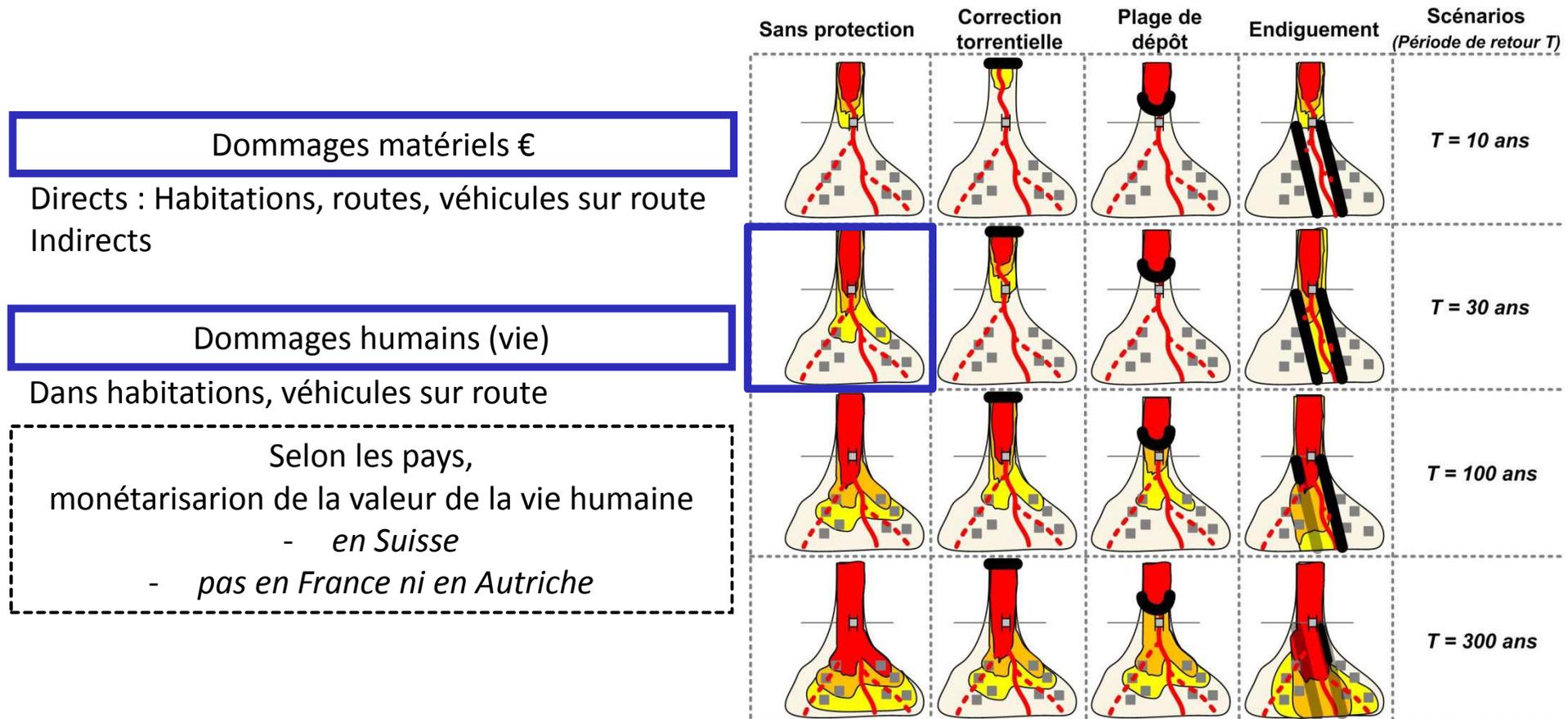
pour chaque solution et pour 4 scénarios de périodes de retour

LIMITE
Non prise en compte
de la défaillance structurelle potentielle

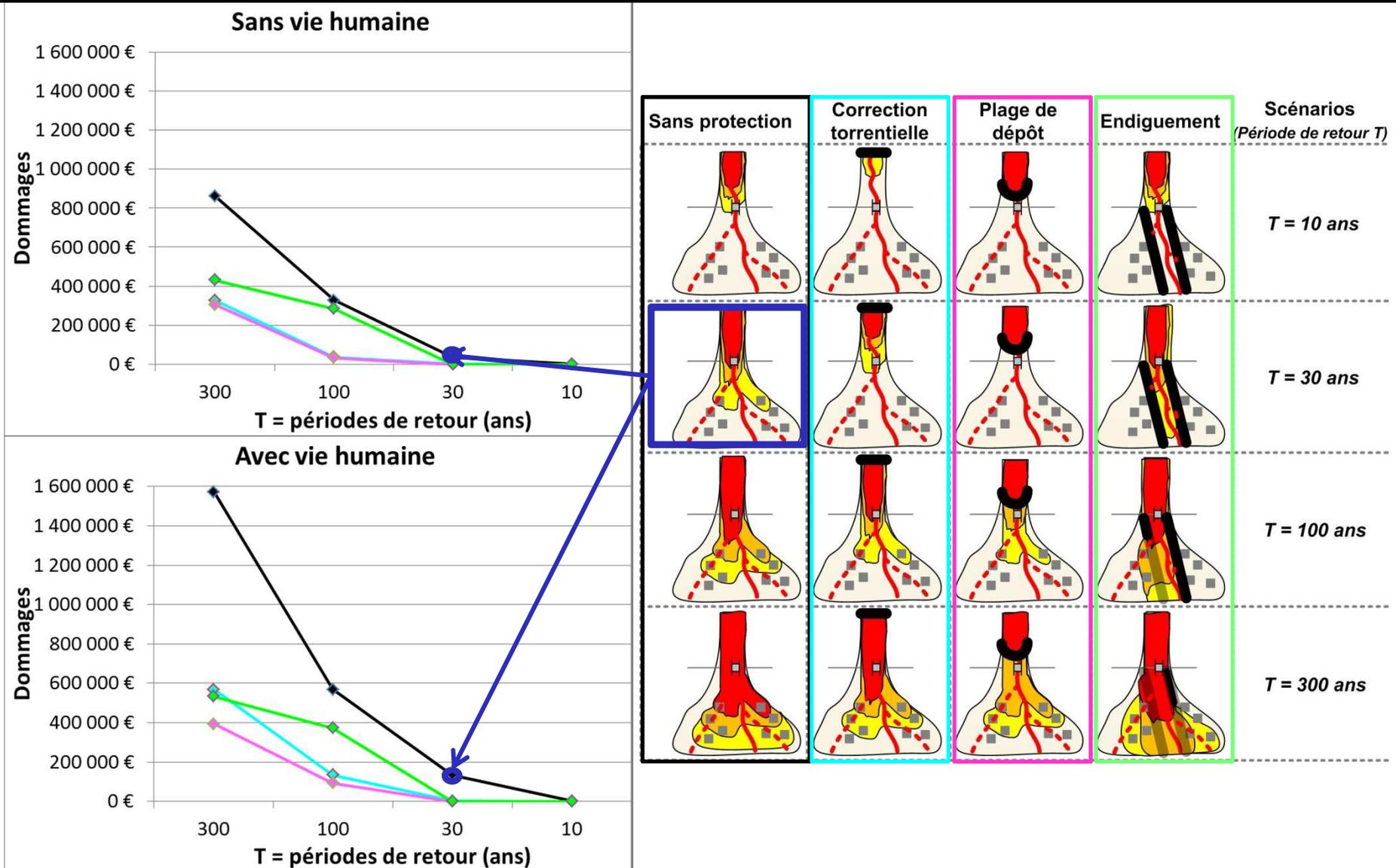


ETAPE 3 : Evaluation des dommages potentiels

pour chaque solution et chaque scénario



ETAPE 4 : Evaluation du risque pour chaque solution



ETAPE 5 : Evaluation des indicateurs de résultats par solutions

FRANCE : VAN et B/C

SUISSE : B/C

- Solution 2 : solution optimale parmi les trois proposées
- **Pertinence économique** ($VAN > 0 \text{ €}$ et $B/C > 1$) **dépend** de :
 - La **méthode de calcul** : différences entre France et Suisse
 - L'**horizon temporel n** : plus il est considéré grand, plus il favorise la pertinence
 - L'**évaluation économique des dommages** : prendre en compte la vie humaine favorise la pertinence
- Les **résultats varient selon la qualité des informations** :
 - Evaluation du coût de chaque solution
 - Evaluation des dommages potentiels
 - Evaluation de l'effet fonctionnel des ouvrages sur l'aléa

ETAPE 5 : Evaluation des indicateurs de résultats par solutions

FRANCE : VAN et B/C

SUISSE : B/C

- Solution 2 : solution optimale parmi les trois proposées
 - une **estimation difficile et incertaine des coûts**
 - **manque de connaissances de l'effet quantifié des aléas sur les enjeux** (vulnérabilité)
ET importance des dommages indirects
 - **manque de connaissances sur l'effet quantifié des ouvrages sur l'aléa**

- **Les résultats varient selon la qualité des informations :**
 - Evaluation du coût de chaque solution
 - Evaluation des dommages potentiels
 - Evaluation de l'effet des ouvrages sur l'aléa

**Contexte
montagne**



I/ Protection en montagne et efficacité

II/ Risque et évaluation économique

III/ Application de la méthode d'analyse économique la plus pratiquée (ACB)

IV/ Vers une approche intégrée



Des limites de l'ACB à une évaluation intégrée de l'efficacité

Les limites principales de l'évaluation économique pratiquée (ACB) :

- **qualité des informations et incertitudes en contexte de montagne**
 - non prise en compte des défaillances potentielles des ouvrages
- ⇒ Prendre en compte l'évaluation de la performance technique

D'autres méthodes d'aide à la décision peuvent s'adapter à certains contextes.

⇒ **Evaluer l'efficacité en intégrant l'ensemble de ces aspects**

Conclusion et suites à donner

- **Evaluation** de la **performance technique** des systèmes de protection en montagne
 - formalisation des avis d'expert
 - prise en compte des différentes échelles de systèmes
- Evaluation de l'**efficience économique**
 - adaptation des méthodes aux échelles et aux contextes de décision
- **Propagation** de l'**imperfection** de l'**information** adaptées aux différentes méthodes d'aide à la décision

 **Thèse en cours**

8^{èmes} Journées
Fiabilité des
MATÉRIAUX & DES STRUCTURES
Aix-en-Provence,
9 et 10 avril 2014



ECOSYSTEMES CONTINENTAUX
ECCOREV
ET RISQUES ENVIRONNEMENTAUX



Merci de votre attention

S. Carladous, J.-M. Tacnet, N. Eckert, C. Curt, M. Batton-Hubert



8^{èmes} Journées
 Fiabilité des
 MATÉRIAUX & DES STRUCTURES
 Aix-en-Provence,
 9 et 10 avril 2014



ECOSYSTEMES CONTINENTAUX
 ECCOREV
 ET RISQUES ENVIRONNEMENTAUX



BONUS

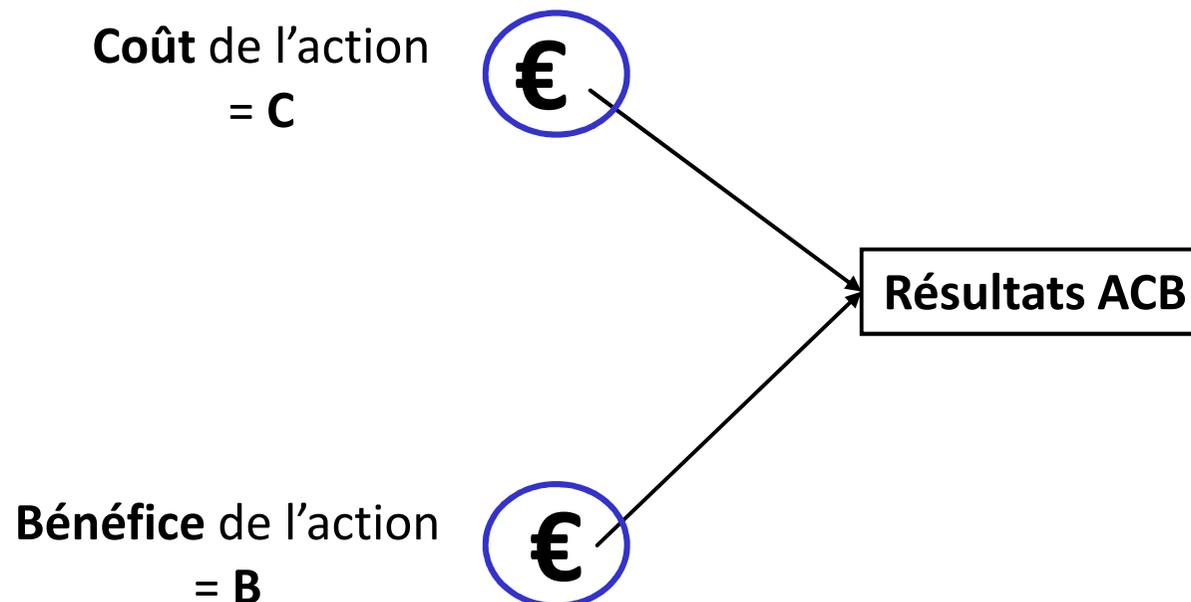
S. Carladous, J.-M. Tacnet, N. Eckert, C. Curt, M. Batton-Hubert



... mais des limites d'ordre général : d'autres méthodes envisagées

Méthodes d'Aide Multi-Critères à la décision (AMC)

- Prendre en compte l'ensemble des critères même non valorisables monétairement
- Développement en cours en France pour les inondations (Carladous, 2013)
- MAIS difficultés pour l'agrégation des évaluations des critères



... mais des limites d'ordre général : d'autres méthodes envisagées

Méthodes d'Optimisation (ou Optimal Design)

- Approche continue intégrant l'infinité des scénarios et des solutions
- Développement de recherche en cours en France pour définir la hauteur optimale des digues d'arrêt paravalanches

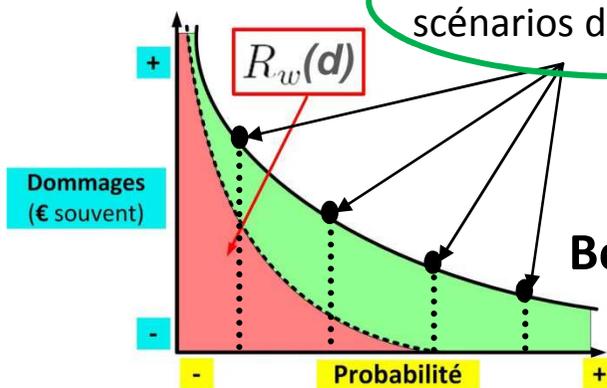
Pour un nombre de solutions limités

Coût de l'action
= C

€

Calcul pratique
scénarios de probabilité

Résultats ACB



Bénéfice de l'action
= B

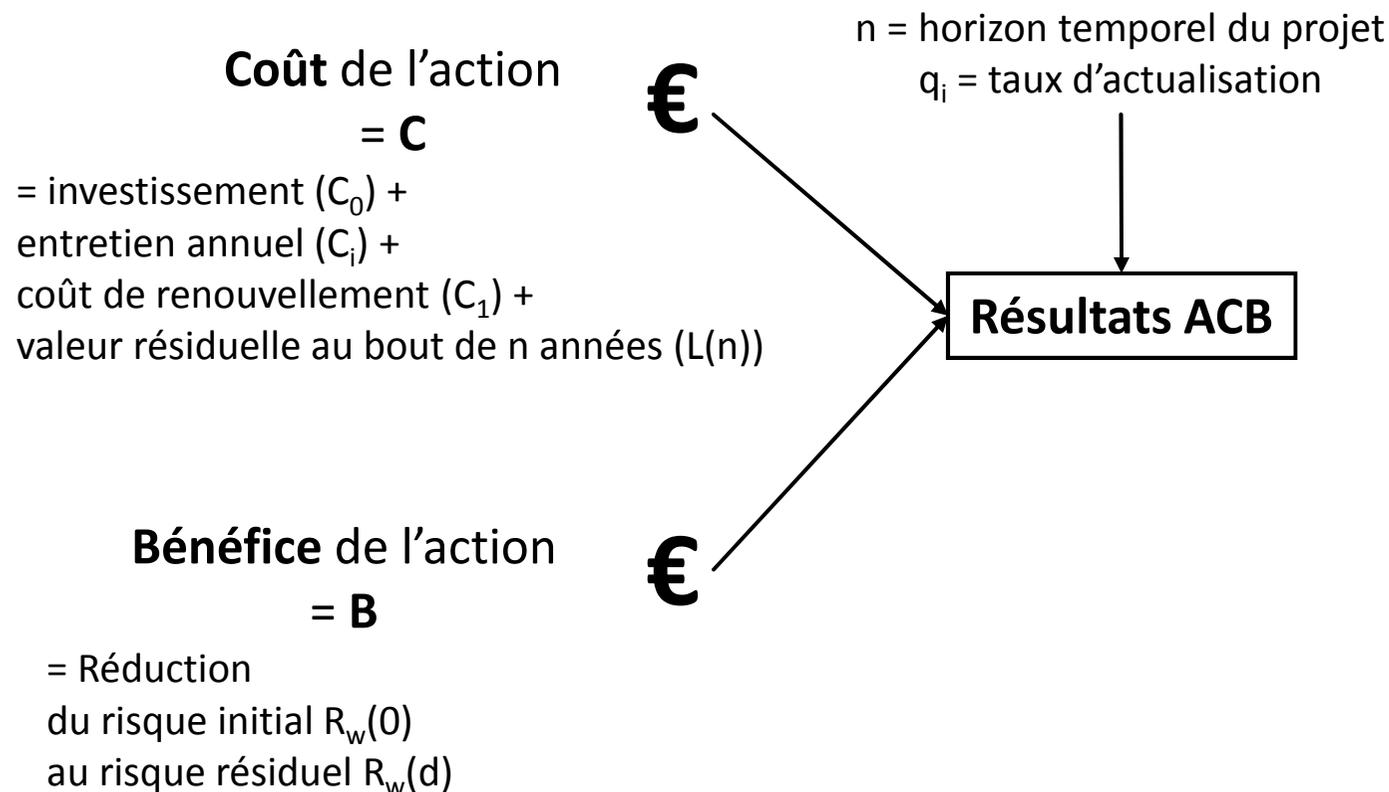
€

L'Analyse Coût Bénéfice (ACB) : méthode la plus pratiquée...

PLUSIEURS ACTIONS SONT COMPAREES

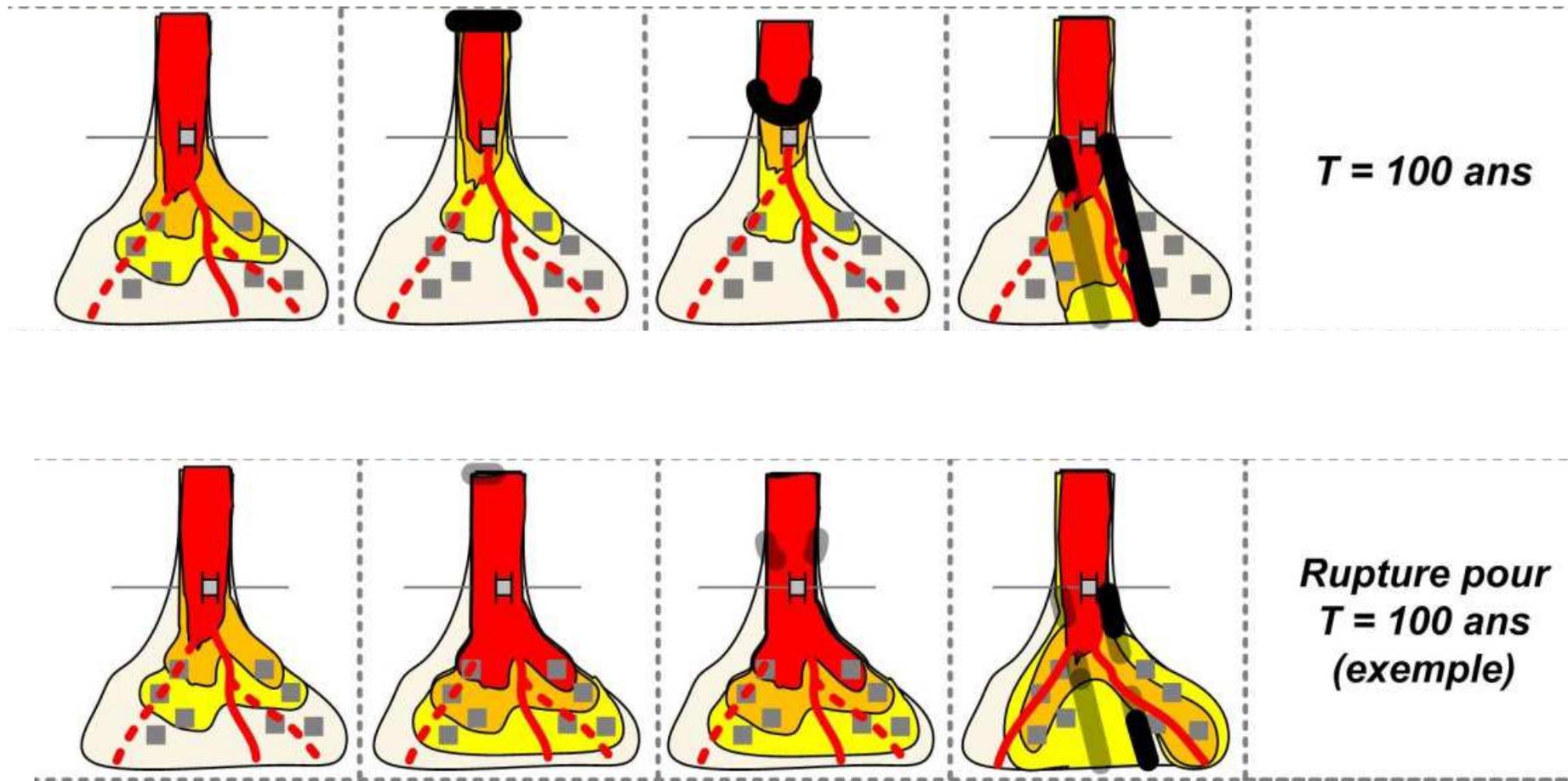
Définir la solution optimale :

minimiser le coût du projet et maximiser le bénéfice (Treich, 2005)

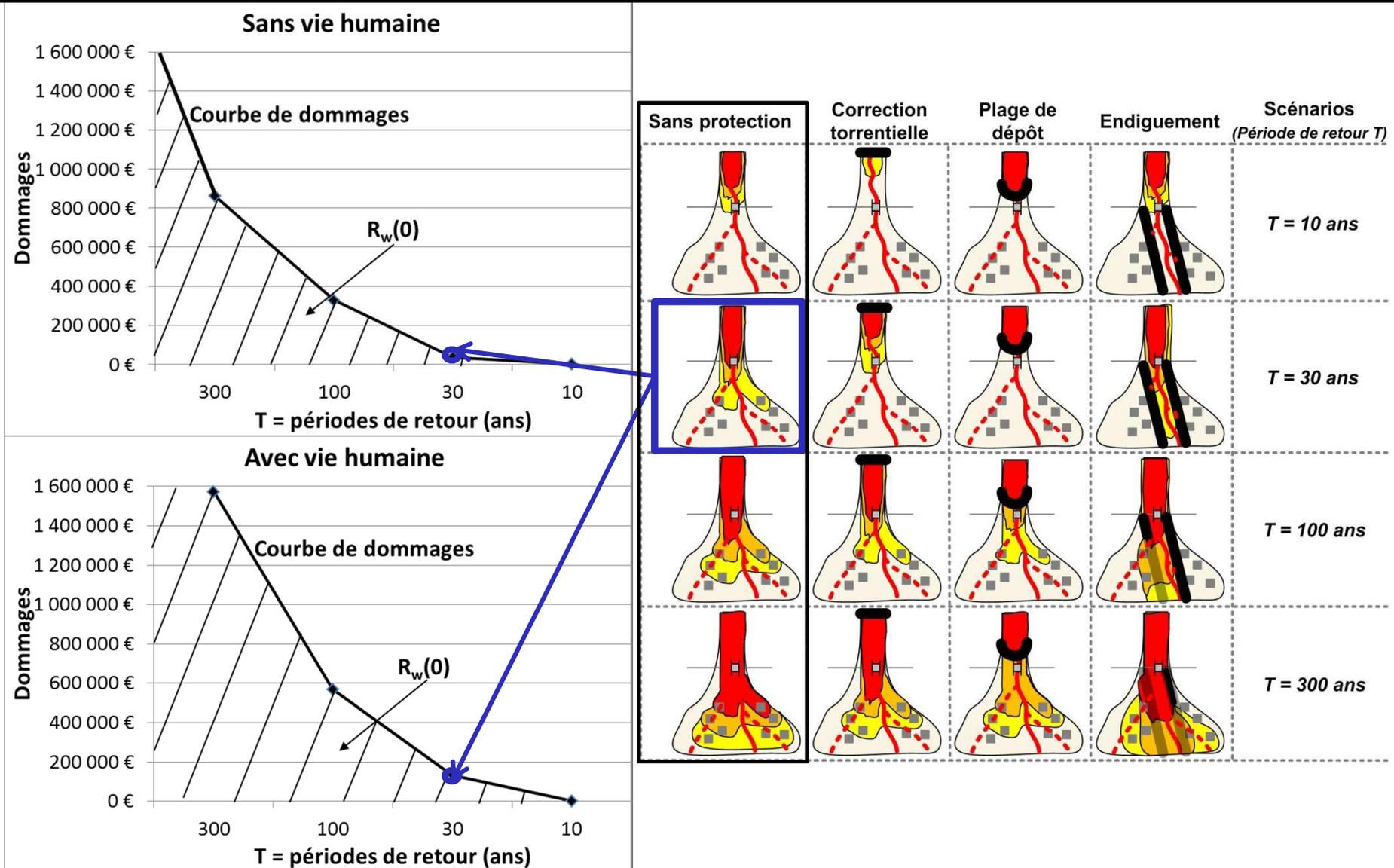


ETAPE 2 : Cartographie des aléas

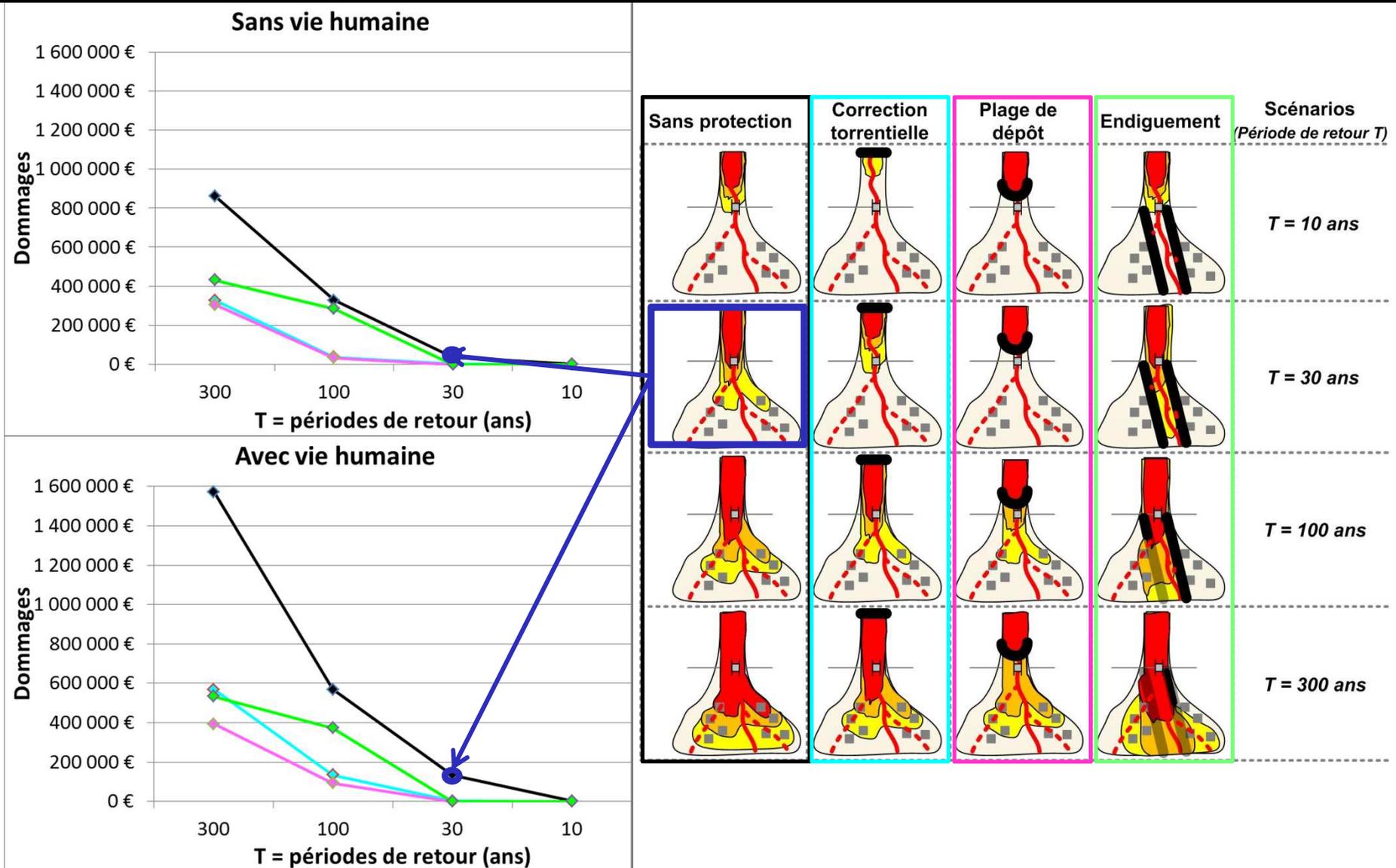
Effet potentiel d'une rupture pour un même scénario de période de retour



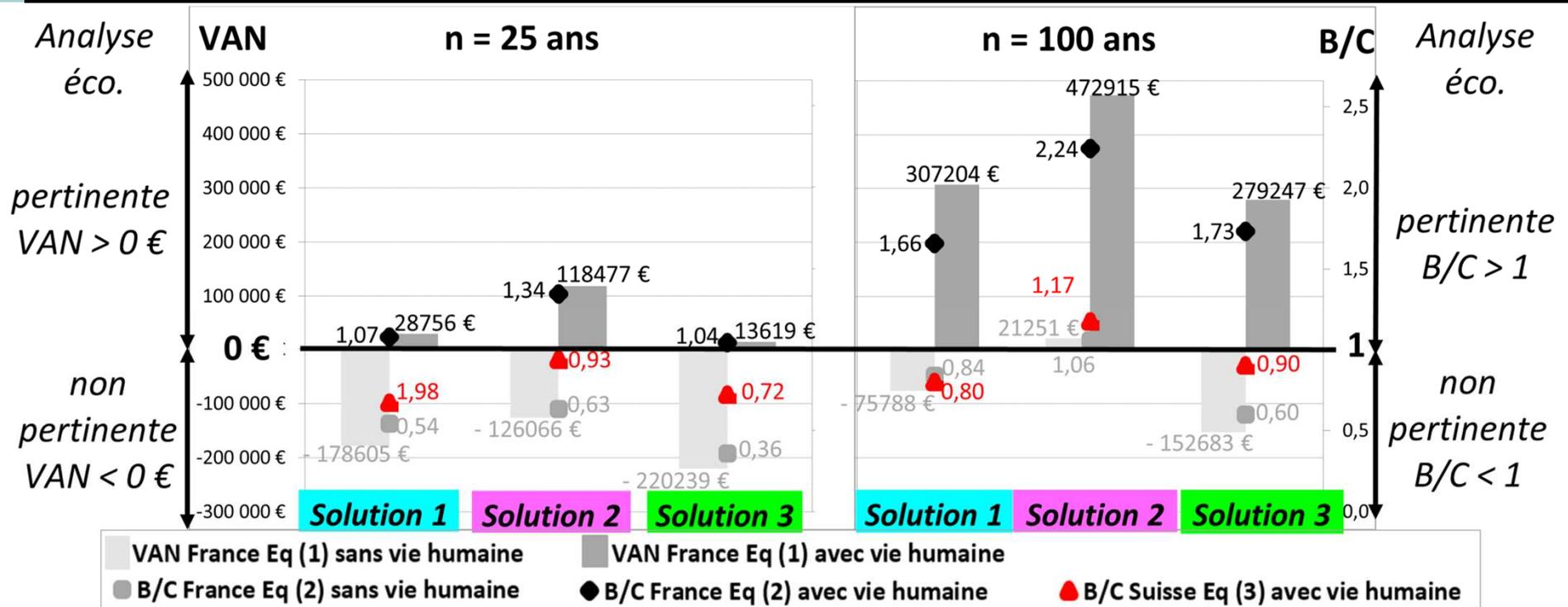
ETAPE 4 : Evaluation du risque pour la situation initiale



ETAPE 4 : Evaluation du risque pour chaque solution



ETAPE 5 : Evaluation des indicateurs de résultats par solutions



➤ Solution 2 : solution optimale parmi les trois proposées

➤ **Pertinence économique** ($VAN > 0 \text{ €}$ et $B/C > 1$) **dépend** de :

- La **méthode de calcul** : différences entre France et Suisse
- L'**horizon temporel n** : plus il est considéré grand, plus il favorise la pertinence
- L'**évaluation économique des dommages** : prendre en compte la vie humaine favorise la pertinence

Nécessité d'une approche intégrée pour évaluer l'efficacité

