

## Projet C2ROP

# Groupe de travail MOA - Séance n°4

Quels outils, méthodologies d'aide à la décision sont possibles pour la gestion du risque rocheux ?

*Jean-Marc Tacnet, Unité de recherche Erosion Torrentielle Neige et Avalanches, Equipe Aide à la Décision, Risque et Expertise*

[jean-marc.tacnet@irstea.fr](mailto:jean-marc.tacnet@irstea.fr)



# PLAN

2

- Contexte
- L'objet de la décision
- Co-construire un modèle d'aide à la décision
- Quelques méthodes
- Conclusion

# Risques gravitaires rapides en montagne

(avalanches, crue torrentielle, chute de blocs)

3



...ils menacent les personnes et les infrastructures



...et on essaie de s'en protéger :

des **méthodes d'aide à la décision** sont attendues

# Les réseaux sont menacés...avec de graves conséquences indirectes

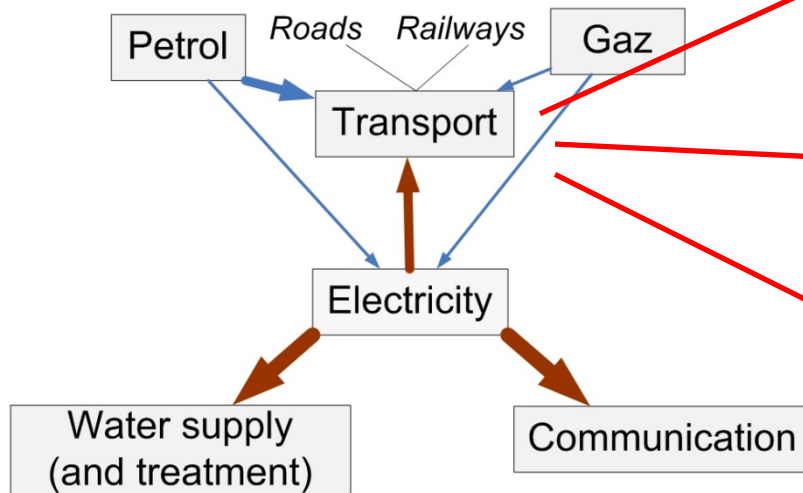
4

Hautes-Pyrénées, 2013 -  
(J.-M. Tacnet /Irstea/ETNA)



Torrent de la Ravoire –  
Bourg Saint –Maurice,  
Savoie,  
1981 (Cemagref/PCE)

## Critical networks



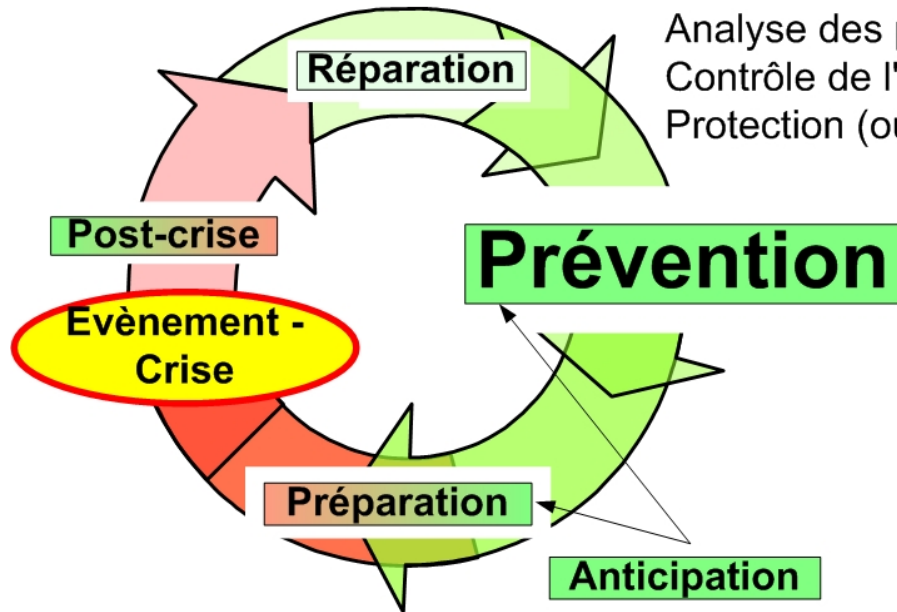
Influence level of a network failure on an other network  
 → moderate    → strong    → very strong



St Etienne de Tinée,  
2009 (L. Bernard/Parc  
du Mercantour)

# L'objet de la décision

## Décisions relatives aux **étapes** de la gestion des risques naturels



### Exemples de décisions

- Choix de routes à protéger
- Priorités de protection des routes (temps, espace...)
- Stratégies de protection des routes

Quoi ? Quand ? Où ?

**Quelles routes**, infrastructures devrions-nous **protéger** ?

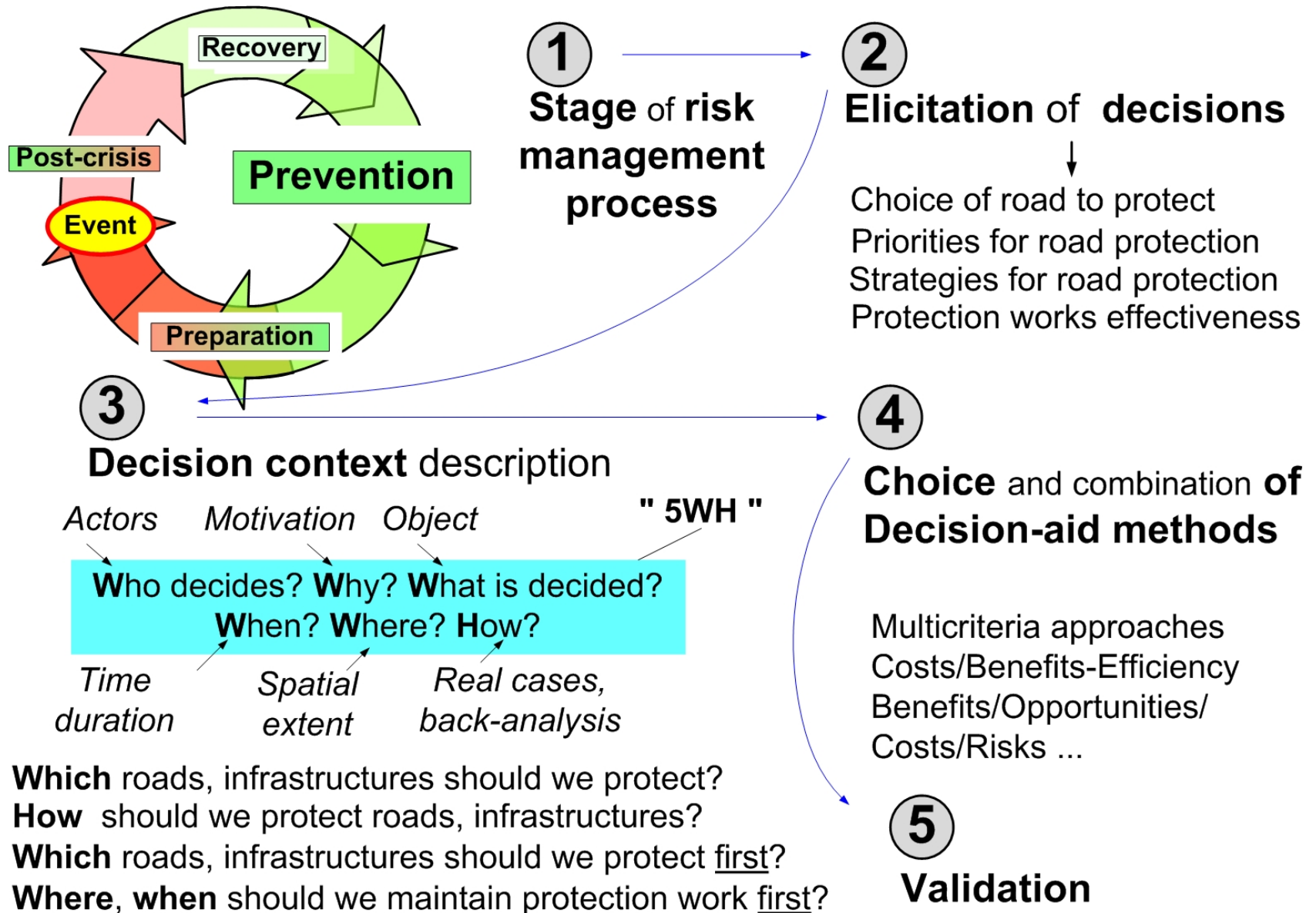
**Quelles routes**, infrastructures devrions-nous **protéger en premier** ?

**Où, quand** devrions nous **entretenir, maintenir** les **ouvrages de protection** en premier ?

Comment ?

# Démarche globale d'aide à la décision

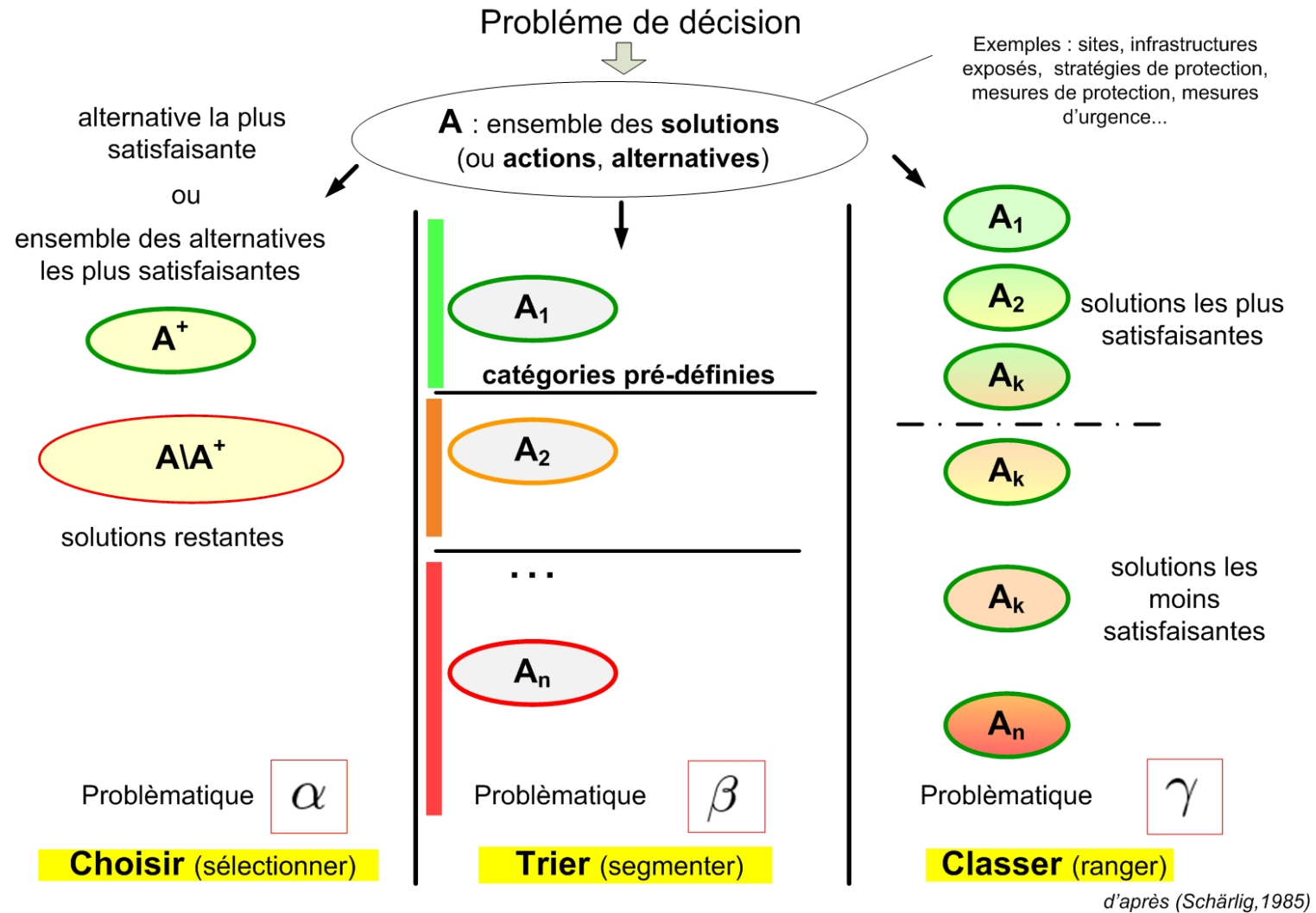
7



**Aider à la décision**  
**=**  
**co-construire...**



# Problématiques d'aide à la décision



## Formuler la question

**Agréger les jugements** pour choisir la solution correspondant aux meilleures évaluations

**Identifier les actions, alternatives ou solutions** potentielles ou candidates

**Juger les solutions** en fonctions des critères et des **objectifs de décision**

**Dresser la liste des critères**  
Estimer des **préférences**

d'après (Schärli, 1985)

Identifier la(les) **décision(s)**, les décideurs

Identifier les **cas tests** (décision et contexte)

**Expliciter les critères**

Exprimer et quantifier des **préférences**

**Evaluer des critères**

**Agréger les évaluations**

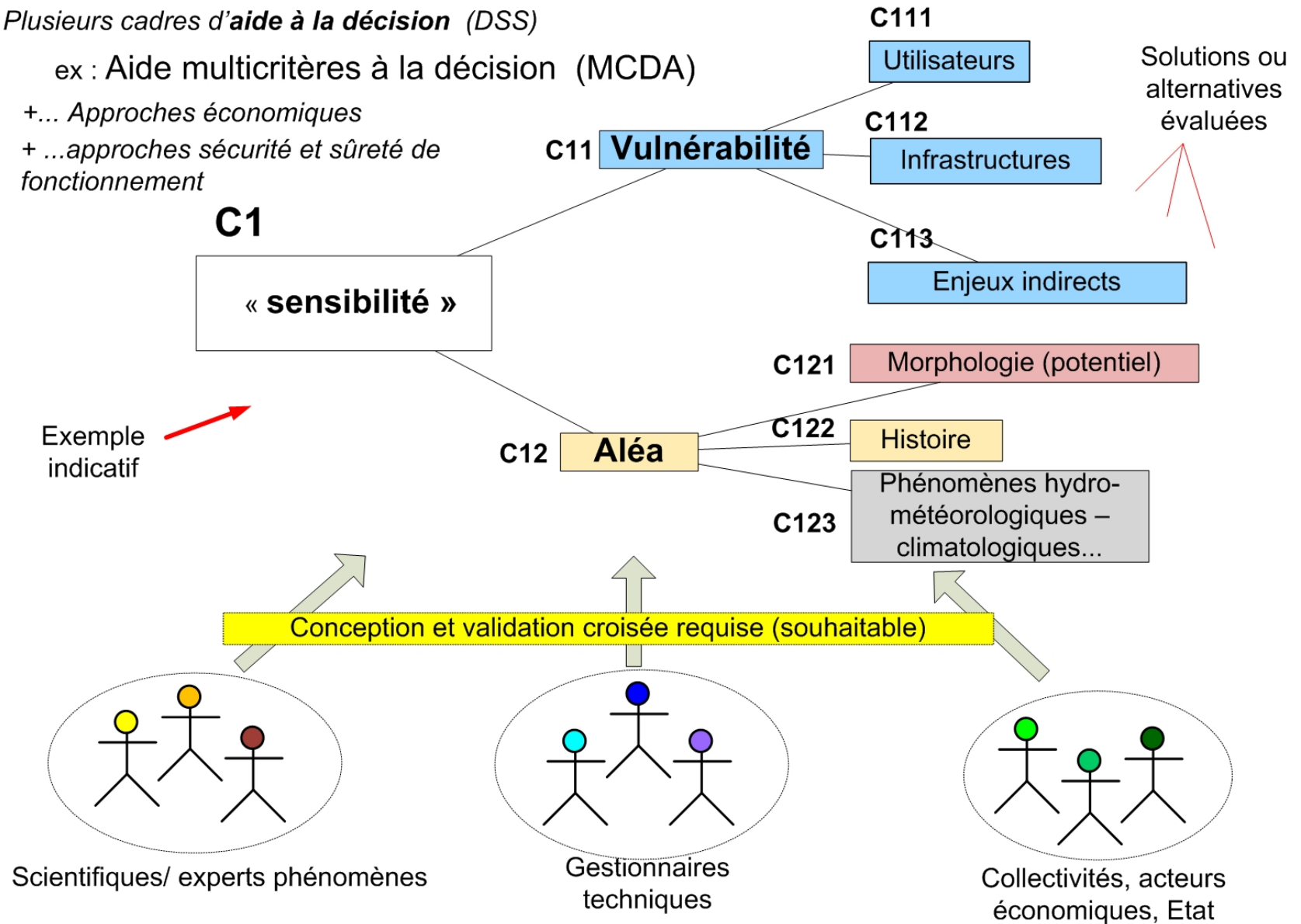
Etudier la **sensibilité** des résultats (modèles, préférences, méthodes)

Plusieurs cadres d'aide à la décision (DSS)

ex : Aide multicritères à la décision (MCDA)

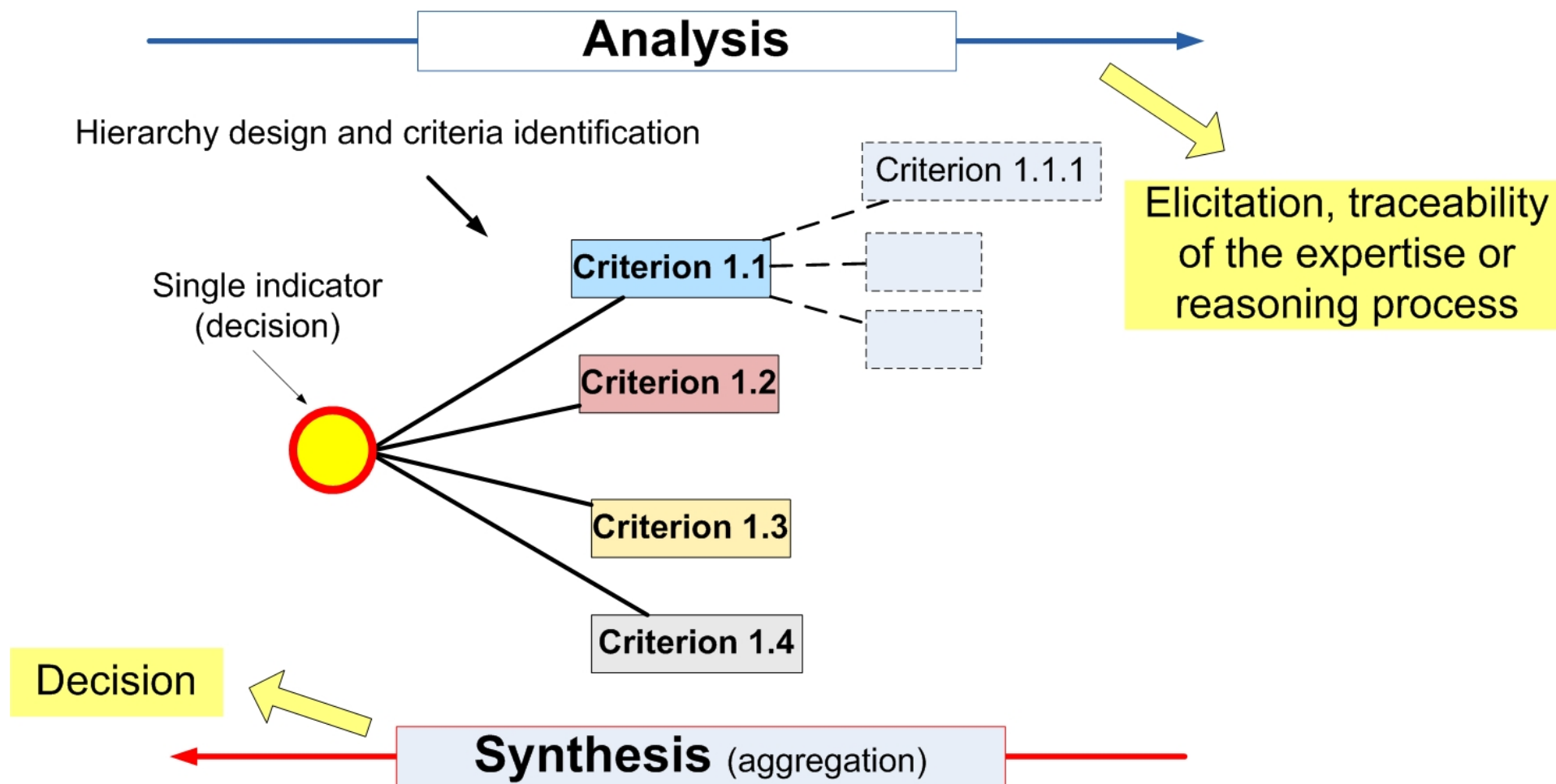
+... Approches économiques

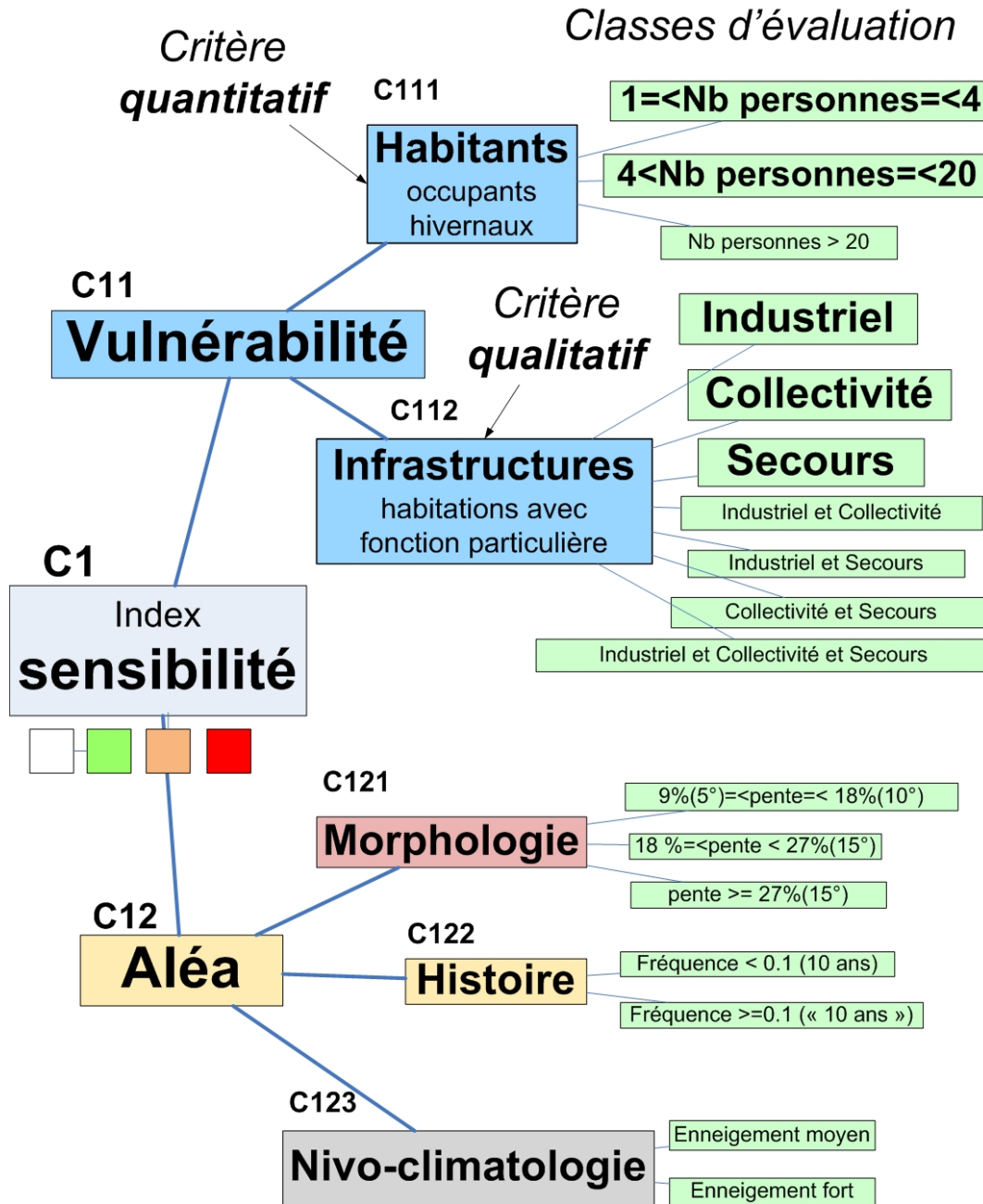
+ ...approches sécurité et sûreté de fonctionnement



# Méthodes

- Méthodes d'aide multicritères d'aide à la décision (agrégation totale)
- Méthodes d'aide multicritères d'aide à la décision (agrégation partielle)
- Approches économiques...





**Matrice de préférences**

Sens de préférences - importance

	Critère A	Critère B	.....
Critère A	1	0.2	
Critère B	5	1	
.....			

**Poids**  
(pondération)  
des critères

**Echelle qualitative de préférence relative**  
entre critères évaluée par paire

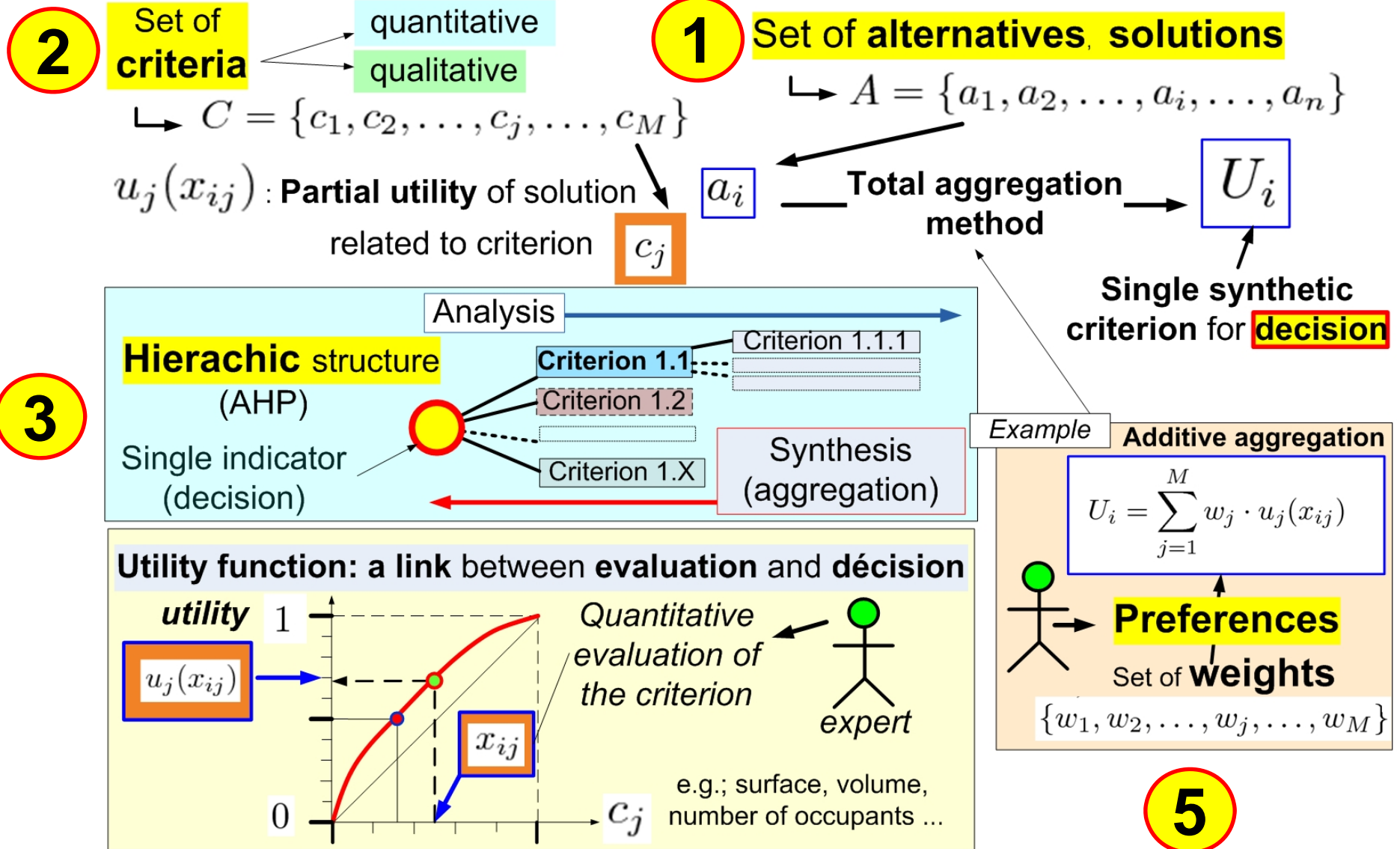


J.-M. Tacnet / Irstea

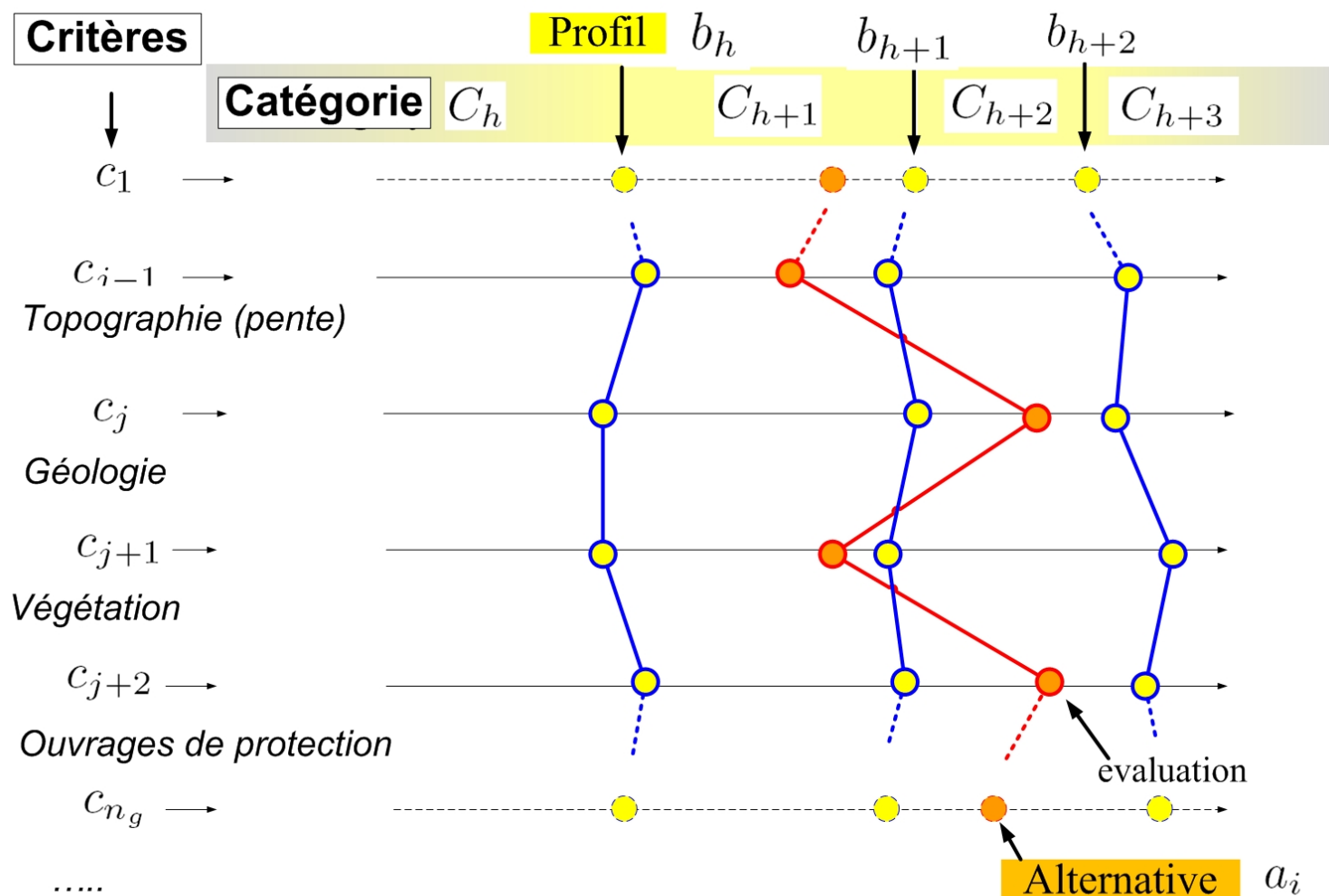




Multicriteria decisions typology: choose, sort, rank alternatives

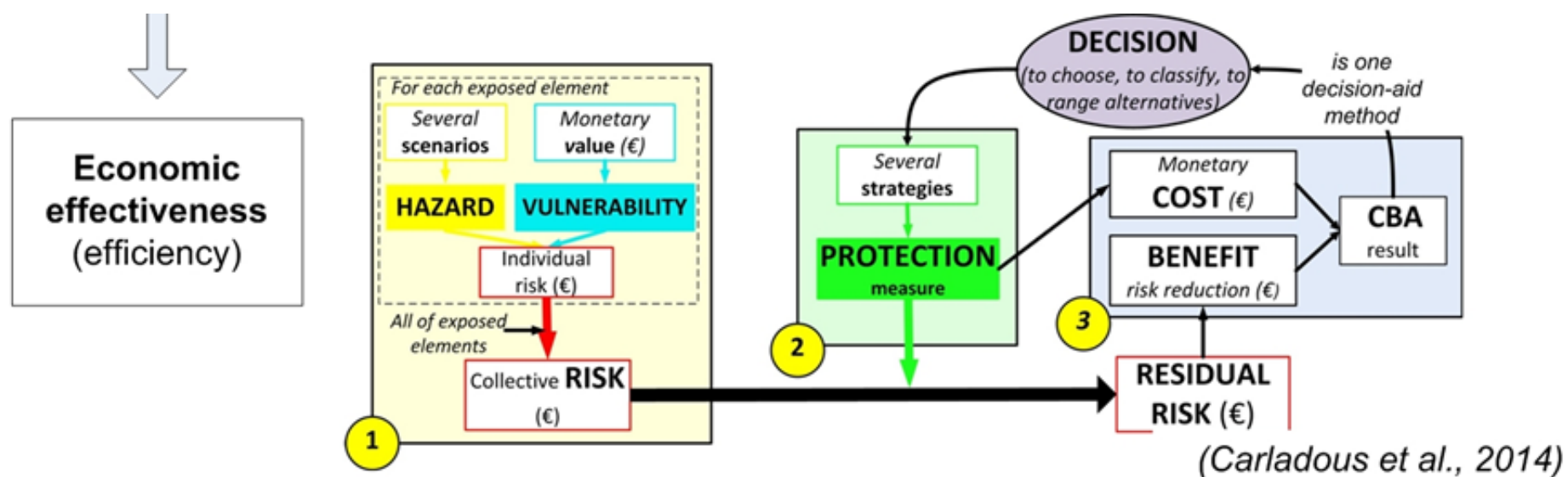


# Méthodes d'agrégation partielle : ELECTRE TRI



Problème de **tri** : à quelle **catégorie**  $C_h$  l'**alternative**  $a_i$  appartient-elle ?

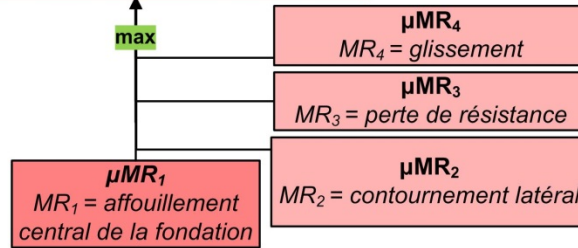
## Approches économiques : analyse coût/bénéfice (ACB)



# Approches à base de règles

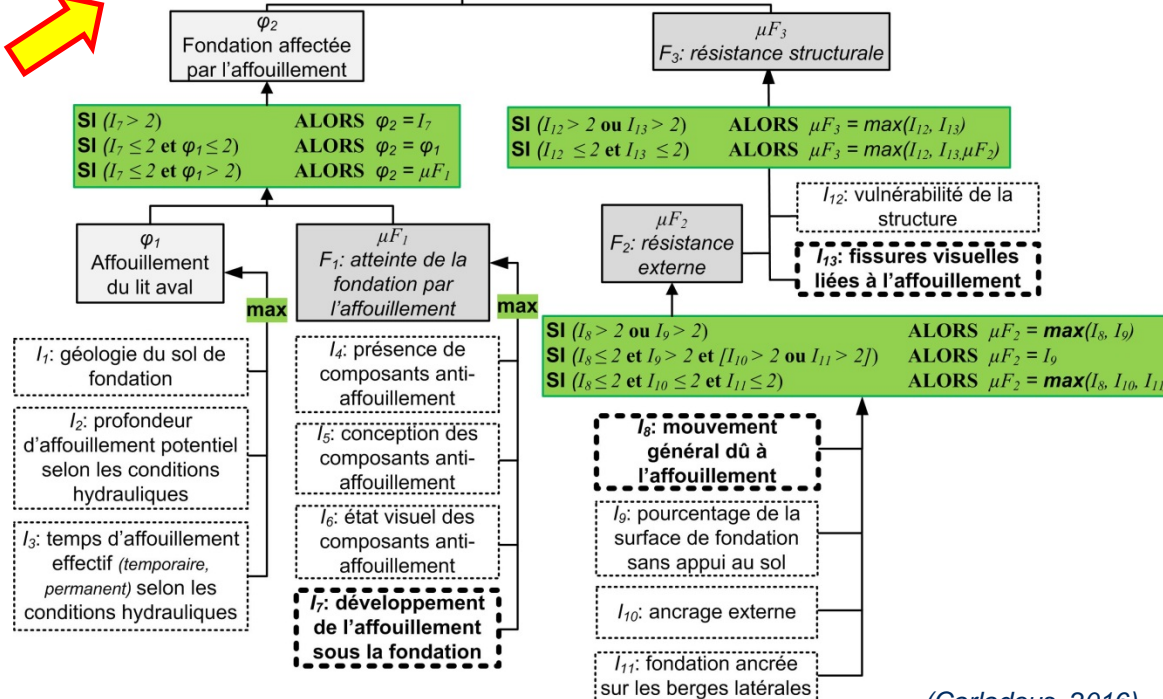


Niveau de performance structurale d'un ouvrage de correction torrentielle



SI ( $I_8 > 2$  ou  $I_{13} > 2$ ) ALORS  $\mu MR_1 = \max(I_8, I_{13})$   
 SI ( $I_8 \leq 2$  et  $I_{13} \leq 2$  et  $\varphi_2 \leq 2$ ) ALORS  $\mu MR_1 = \varphi_2$   
 SI ( $I_8 \leq 2$  et  $I_{13} \leq 2$  et  $\varphi_2 > 2$ ) ALORS  $\mu MR_1 = \mu F_3$

Connaissance experte formalisée



**LEGENDE**

- $\mu MR_j$   
MR<sub>j</sub> = mode de défaillance
- $\varphi_k$   
Phénomène
- $\mu F_k$   
F<sub>k</sub>: fonction technique
- Règle d'agrégation**
- $I_m$ : indicateur direct  
échelle d'évaluation
- $I_m$ : indicateur indirect  
échelle d'évaluation

(Carladous, 2016)

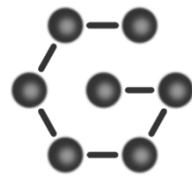


# Comment aider à décider pour gérer les réseaux ?

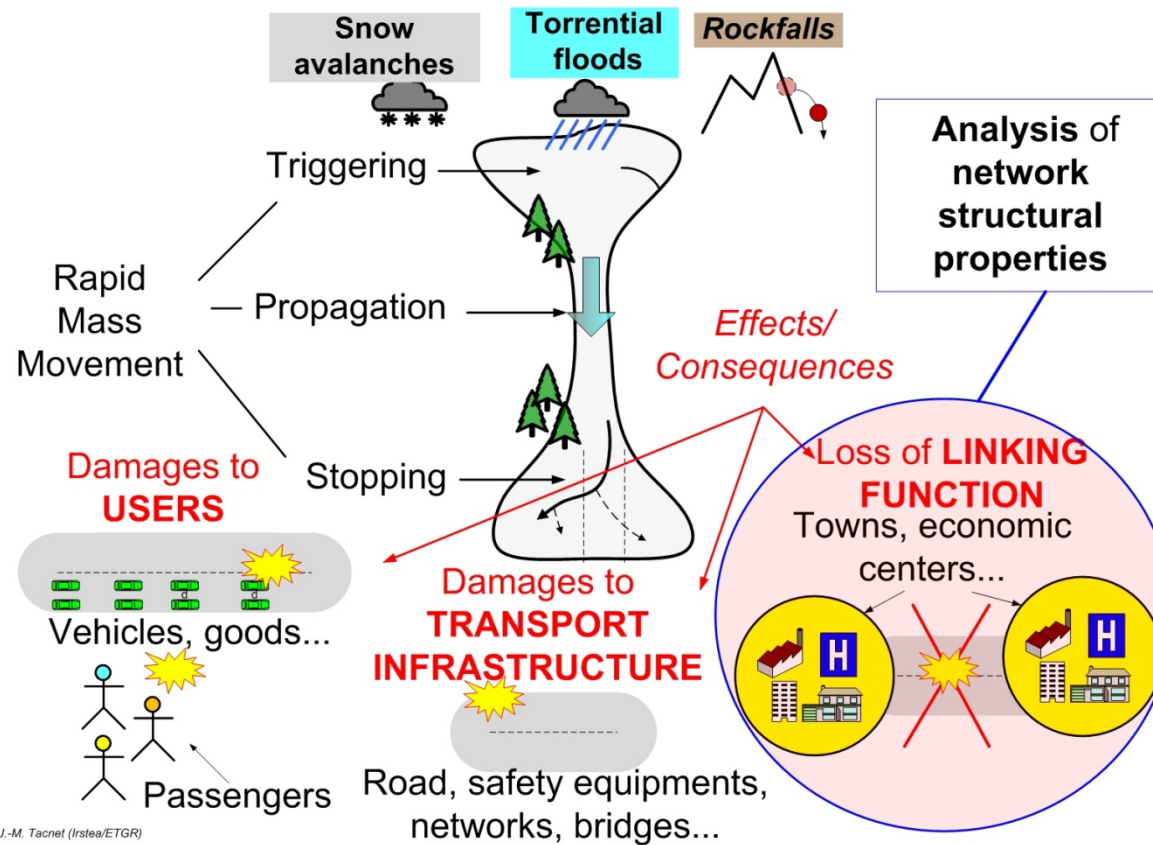
*Quels sont les tronçons les plus importants et les plus critiques ?*

*Quel sera l'impact d'une coupure ?*

# Résilience des infrastructures critiques : le cas des réseaux de transport



Les **dommages** aux routes concernent les **usagers**, les **infrastructures** ou la **fonction de liaison**. Les **coupures** ont des **conséquences économiques** indirectes et distantes. 23



J.-M. Tacnet (Istee/ETGR)

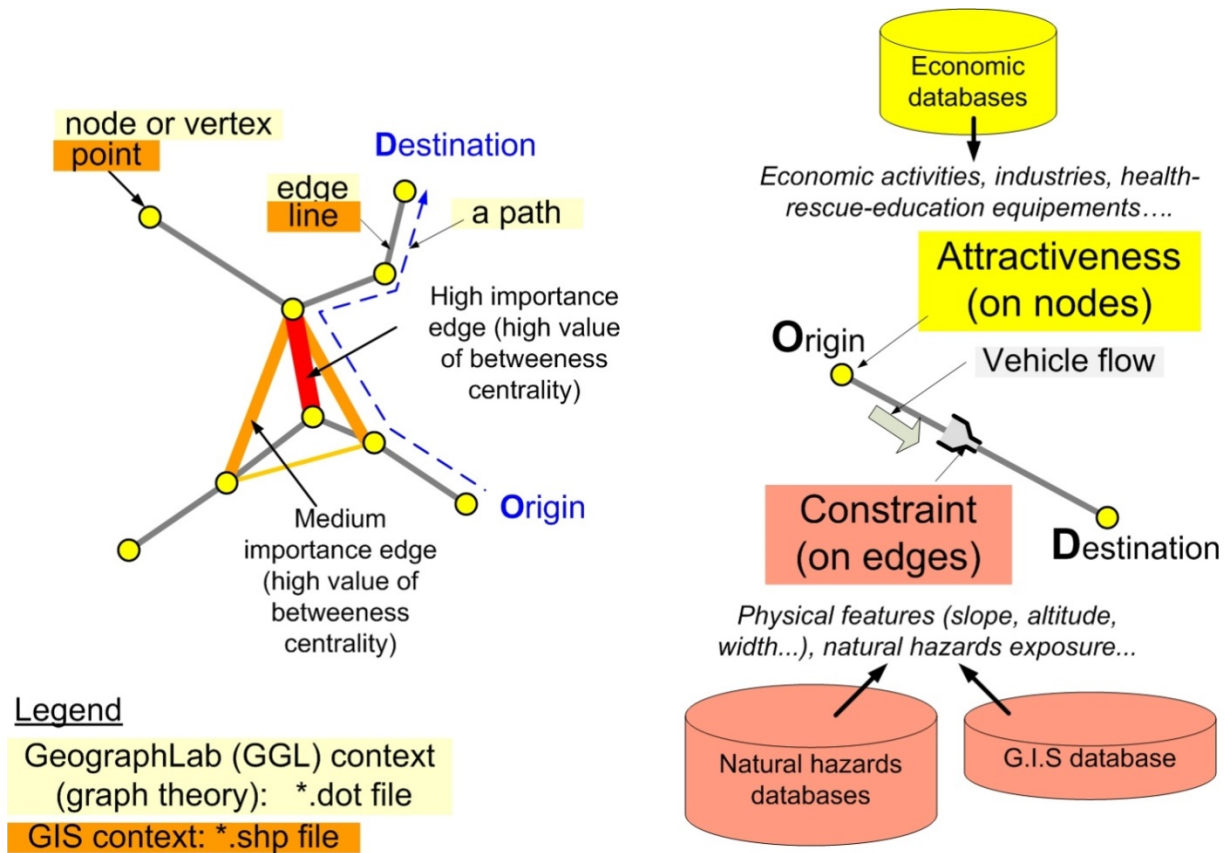
(J.-M. Tacnet, E. Mermet, et al., ISSW 2013 conference)

**La criticité** des **sections de route** dépend de la gravité et de la fréquence des **dommages directs** et **indirects** et de la capacité à anticiper/détecter les défaillances.

**Les données économiques et les contraintes physiques sont combinées au travers de l'analyse des propriétés structurelles (connectivité) du réseau**

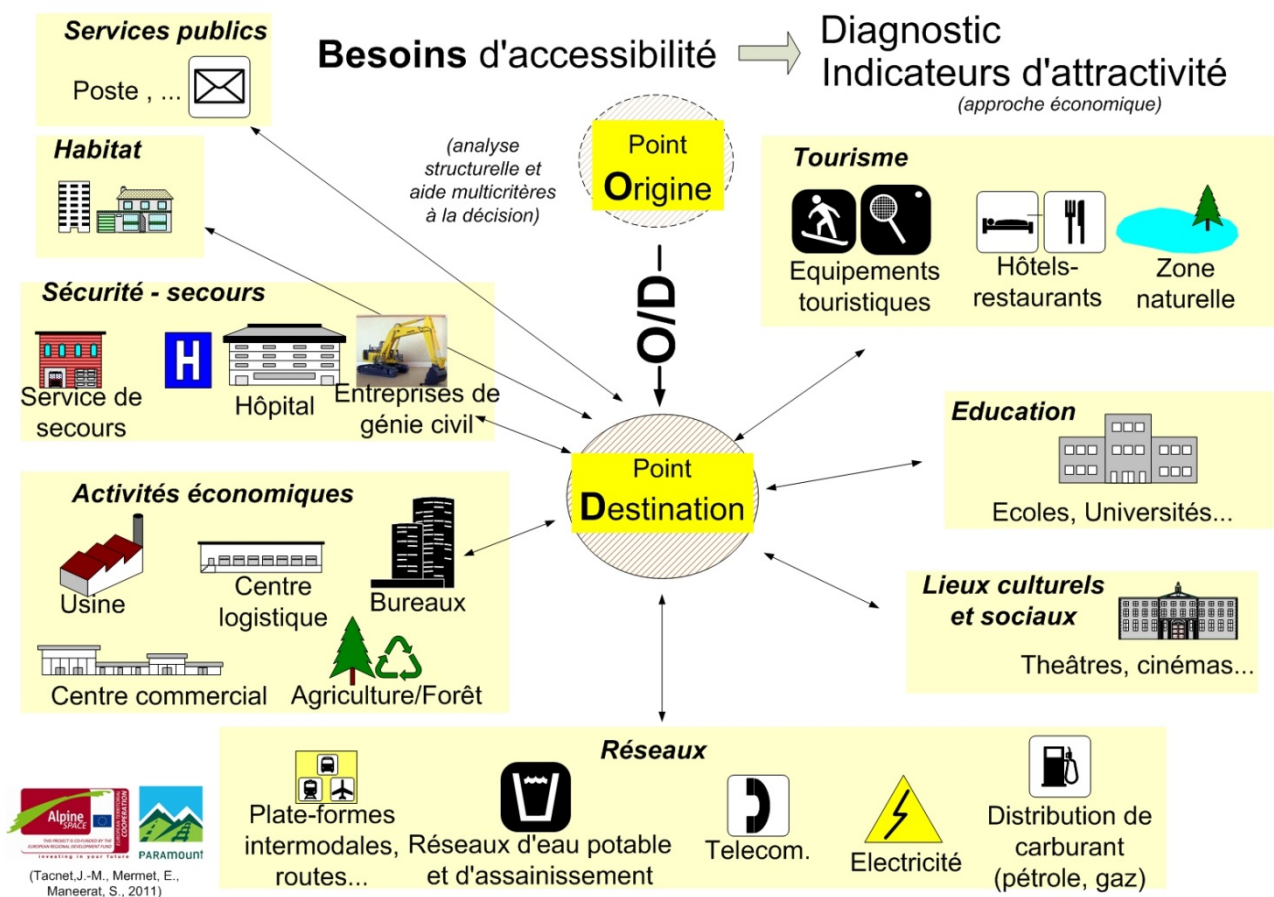


Pour analyser ses propriétés structurelles, le réseau<sup>25</sup> est représenté par des **arcs** (portant l'**attractivité**) et des **nœuds** (portant les **contraintes**)

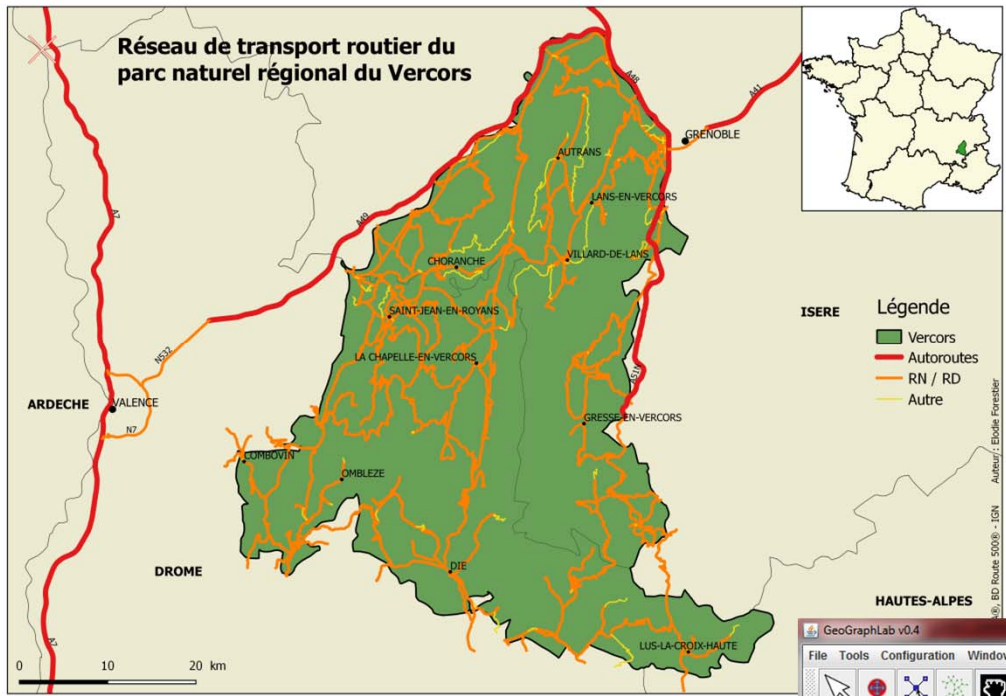


(J.-M. Tacnet, E. Mermet, et al., ISSW 2013 conference)

# Identification et calcul des indicateurs d'attractivité à l'aide de bases de données socio-économiques <sup>26</sup>



(J.-M. Tacnet, E. Mermet, et al., ISSW 2013 conference)



Carte du réseau de transport routier du Vercors 27

Exemple de calcul de l'éloignement moyen sur GeoGraphLab

**Legend**

- Vercors
- Autoroutes
- RN / RD
- Autre

**Topological indicators**

Indicators	Values
Nb of nodes	85.0
Nb of edges	116.0
Nb of connected components	1.0
Diameter	30
Beta	1,3647
Edges density (%)	3,2493
Alpha	0,0049
Nb of OD	3570

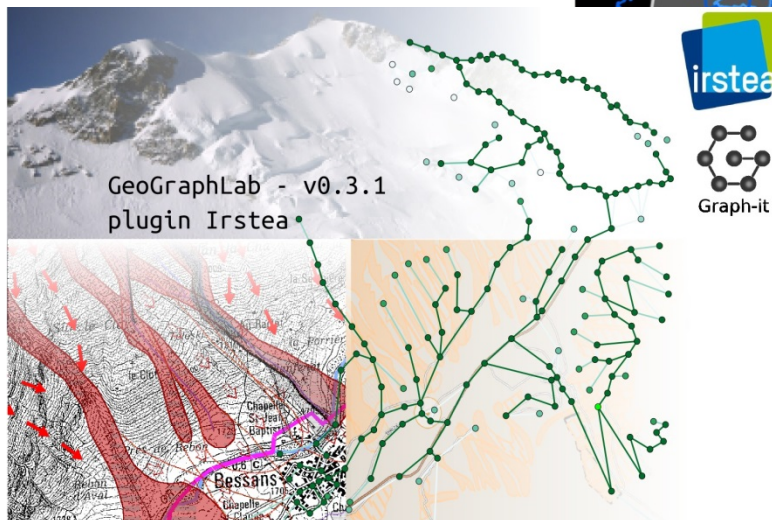
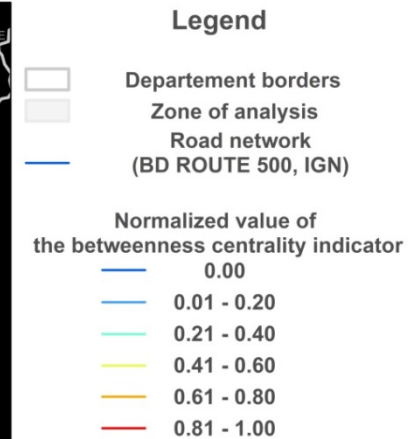
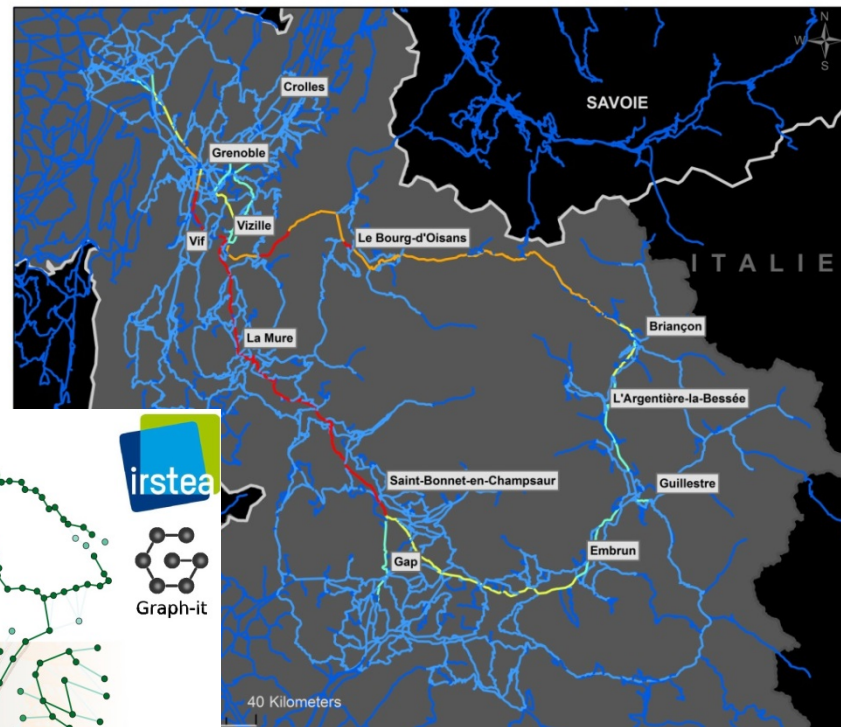
**Console**

- Reseau\_Vercors
- Eloignement\_Moyen



La méthodologie et l'application **GeographLab** sont utilisés pour <sup>28</sup> évaluer la **vulnérabilité** et la **résilience** des **réseaux** : jusqu'où un réseau peut-il résister aux défaillances ? Quels sont les tronçons les plus sensibles ?

### Betweenness centrality of road sections based on the seasonal attractiveness indicator (test zone)



# Conclusion

29

- La co-construction est essentielle : les solutions, alternatives, situations de décision doivent être la base (MOA...)
- Co-construction de l'analyse = l'étape qui apporte le plus de valeur ajoutée
- Les méthodes d'aide à la décision ne sont que des outils : les comprendre est nécessaire pour connaître leurs atouts et limites

A votre disposition pour vos applications !



# De nombreux outils pour « aider à la décision »

