

Décider dans un contexte d'information imparfaite

Application au contexte des risques naturels en montagne

Jean-Marc TACNET^{1a}, Corinne Curt ^{1b} contact : jean-marc.tacnet@irstea.fr

en collaboration avec Dominique Laigle^{1a}, Didier Richard^{1a}, Jean Dezert², Mireille Batton-Hubert³, Eric Chojnacki⁴
¹ Irstea*, (a) Unité de Recherche (ER) Erosion Torrentielle, Neige et Avalanches, Grenoble. (b) UR Ouvrages Hydrauliques, Aix-en-Provence.

² ONERA, The French Aerospace Lab, Palaiseau, France.

³ Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne (ENSMSE), Saint-Etienne, France.

⁴ IRSN



À partir d'études et projets réalisés avec le soutien financier de...



*Institut national de Recherche en Science et Technologie pour l'Environnement et l'Agriculture

Introduction - Backgrounds - Developments - Conclusion

Plan

- Contexte des risques naturels : quelles décisions devons-nous prendre ? Pourquoi est-ce difficile ?
- Relation entre imperfection de l'information et décisions dans le contexte de l'expertise et de la gestion des risques
- Développement et intégration de nouvelles méthodes d'aide à la décision
- Conclusion : vers une convergence entre risques naturels et industriels ?



Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

2

Nous prenons tous chaque jour des décisions difficiles :

Vin rouge ou vin blanc ce soir ?

Est-ce que je regarde *Desperate housewives* ou le match *France-Ukraine* ce soir à la télé ?



Mais, parfois, le contexte reste imprécis, incertain... :

Vin rouge ou vin blanc ce soir ?

Je ne sais pas précisément le nombre de bouteilles que j'ai dans ma cave. Je ne suis pas certain du volume que mes amis sont capables de boire...

Est-ce que je regarde Desperate housewives ou le match France-Ukraine ce soir à la télé ?

Je ne suis certain de l'emploi du temps de mon épouse : reste-t-elle à la maison ou sort-elle avec ses amies ?



Contexte de décision : gestion des risques naturels en montagne



Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

5

Risques gravitaires rapides en montagne (avalanches, crue torrentielles, chute de blocs)



Décideur = expert, maire

...ils menacent les personnes et les infrastructures



Alternatives = niveaux de risque, stratégies de protection...



Critères = morphologie, hydrologie, vulnérabilité...

...et on essaie de s'en protéger : **des méthodes d'aide à la décision**
prenant en compte l'**imperfection** de l'**information** sont attendues

(Tacnet et Dezert, 2011) in Fusion 2011

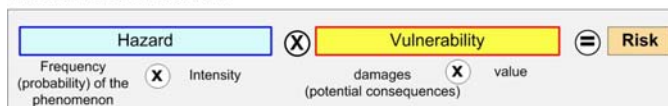


Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

6

Concept de risque : risques naturels vs. contexte industriel

Natural hazards context



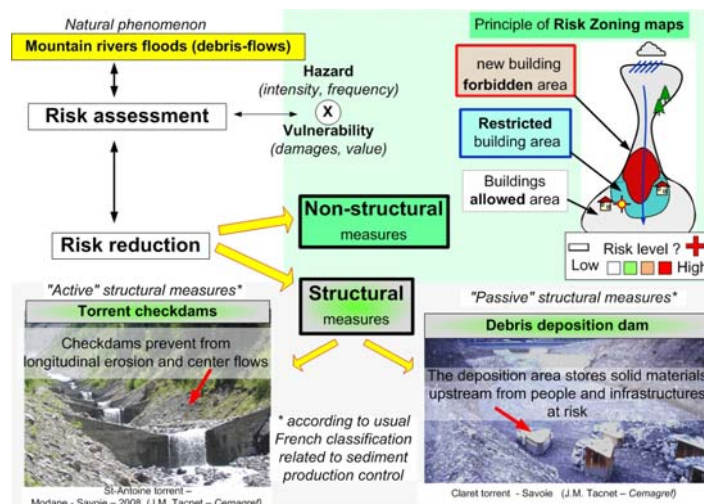
(Tacnet et al., 2010)



Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

7

En pratique, les stratégies de réduction du risque combinent des mesures structurelles et non-structurelles



Comment choisir ? Les évaluer ?

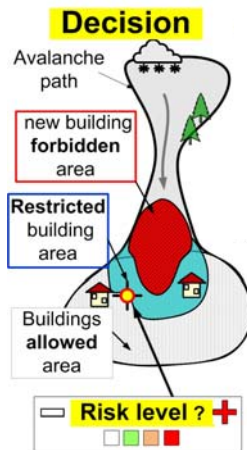


8

Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

8

Les décisions dépendent de la qualité de l'information



Examples of decision
Risk zoning map

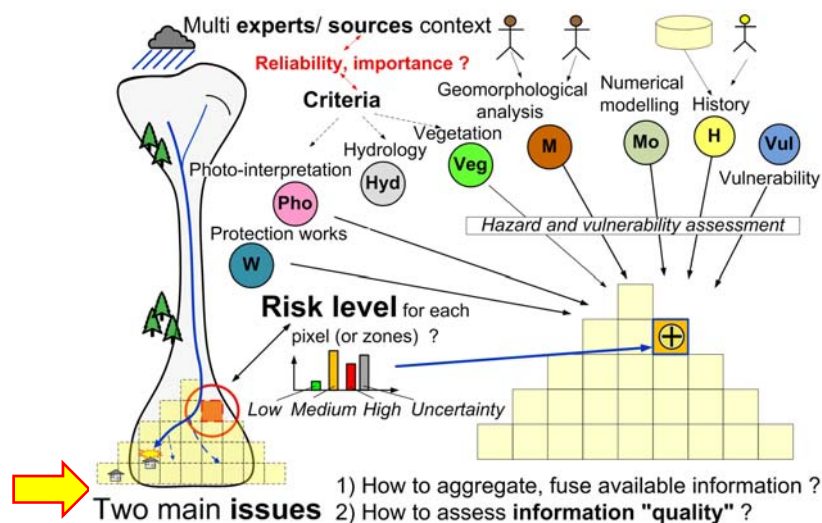
(Tacnet et al., 2010) in International Workshop on Belief functions Brest, France)



Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

9

Finalement, les **décisions** sont souvent basées sur des **informations imparfaites** provenant de **sources multiples, inégalement** et **plus ou moins fiables**



(Tacnet et al., 2010) in SAGEO' 2010



Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

10

L'imperfection de l'information est une réalité bien connue...

« On ne peut pas toujours compter tout ce qui compte et ce qu'on peut compter ne compte pas forcément »*

Albert Einstein

**"Not everything that counts can be counted and not everything that can be counted, counts"*

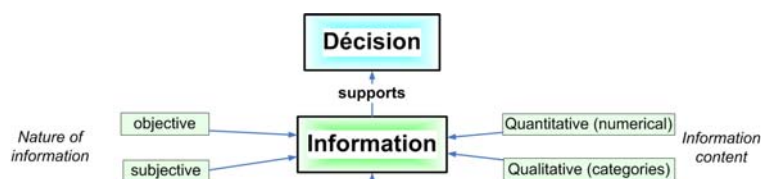
avec des formes multiples...



Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Istee

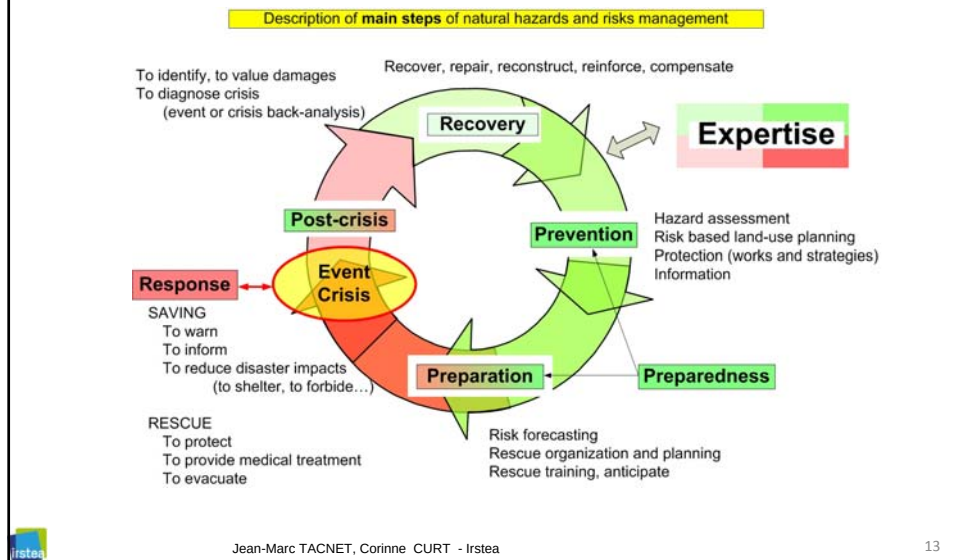
11

Décision, information et...imperfection sont liées entre elles
Des théories spécifiques existent pour les différentes formes d'imperfection

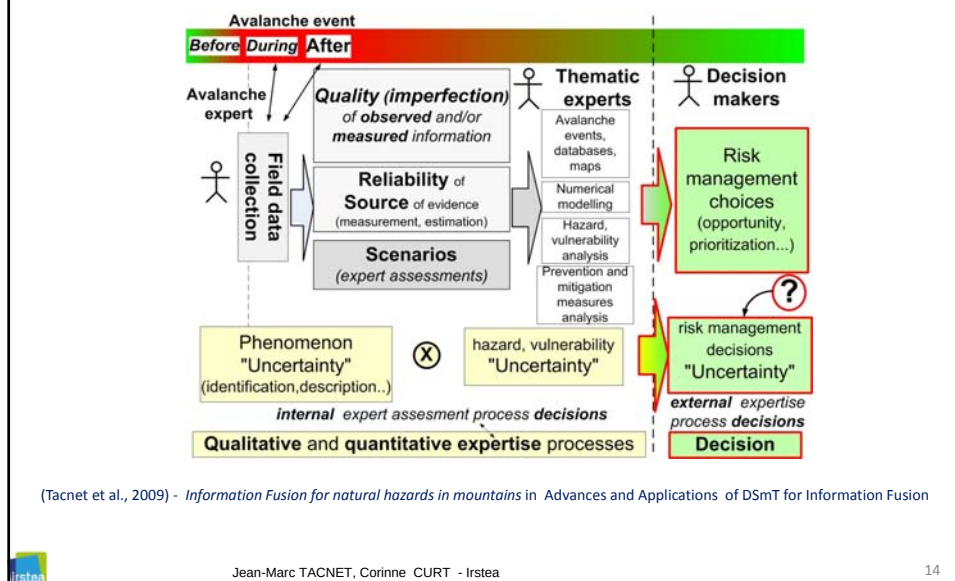


12

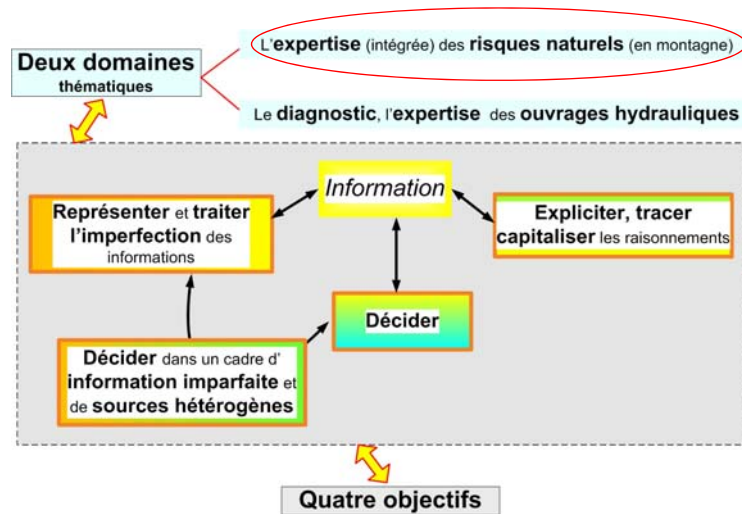
L'expertise est mobilisée au cours des différentes phases de gestion du risque



L'incertitude se propage dans le processus d'expertise et de décision : un besoin de traçabilité



Développements



Dans le cadre de l'équipe ADRET (aide à la décision basée sur une représentation et un traitement d'information hétérogènes et imparfaites) – Thème de recherche RIVAGE associant les unités de recherche ETNA et OHAX.



Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

15

Quelques exemples

L'objectif est de **proposer** et d'**intégrer** des **nouvelles méthodes d'aide à la décision...**

Dans un contexte de **décisions complexes** basées sur des **informations imparfaites** et **hétérogènes** provenant de **sources inégalement fiables**



Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

16

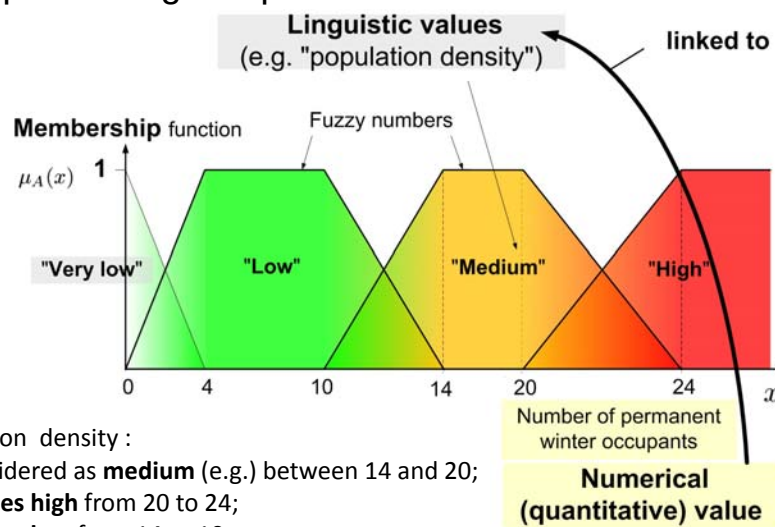
L'information est toujours imparfaite....

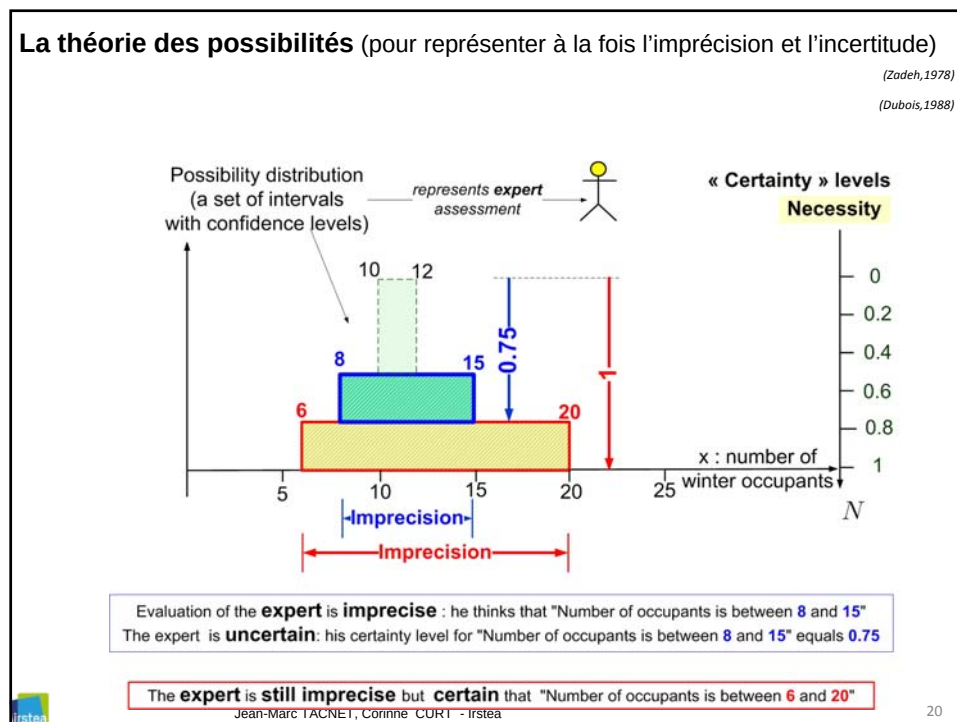
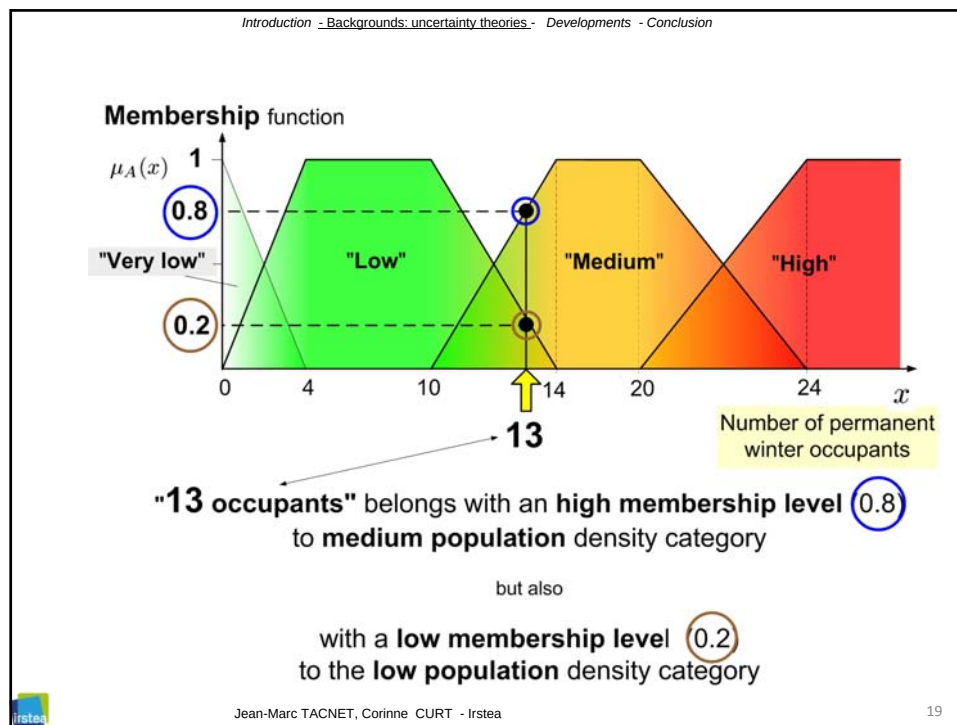
Choisir les (« nouvelles ») théories pour représenter l'imperfection



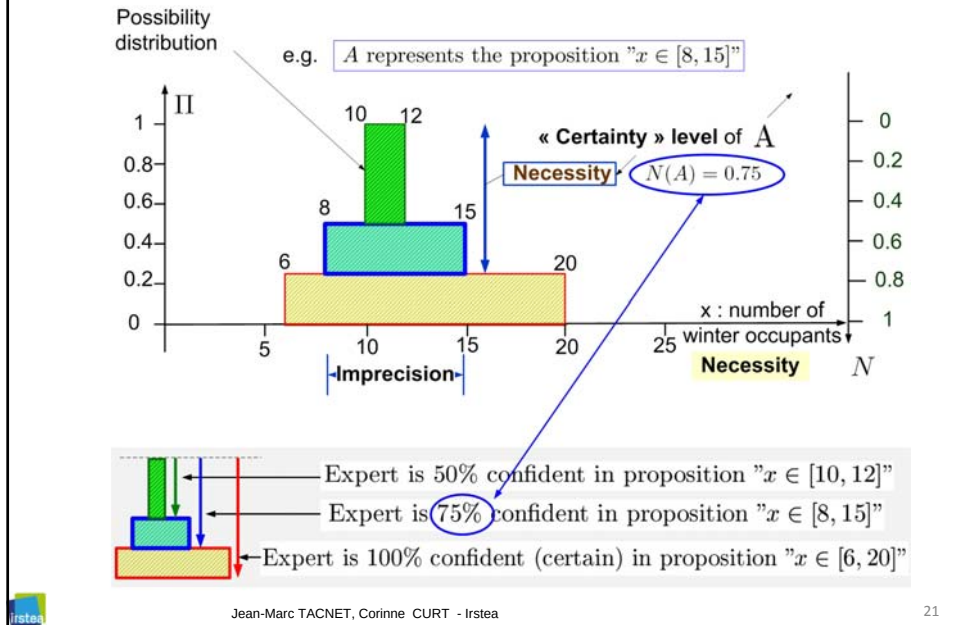
La théorie des ensembles flous relie des variables numériques et linguistiques

(Zadeh, 1965)





La théorie des possibilités (pour représenter à la fois l'imprécision et l'incertitude)



La théorie des fonctions de croyance (Belief function theory) (Shafer, 1976)

The frame of discernment is a set of possible decisions, alternatives...

Frame of discernment

$$\Theta = \{\theta_1, \theta_2\}$$



Decision hypothesis (e.g. "flooded", "not flooded")

e.g. "flooded" OR "not flooded" : uncertainty...

e.g. "expert x ", "model y ", "database z "

Powerset $\rightarrow 2^\Theta = \{\emptyset, \theta_1, \theta_2, \theta_1 \cup \theta_2\}$

Basic Belief Assignment (BBA)

$$\begin{cases} m(\cdot) : 2^\Theta \rightarrow [0, 1] \\ m(\emptyset) = 0 \\ \sum_{\theta_i \in 2^\Theta} m(\theta_i) = 1 \end{cases}$$

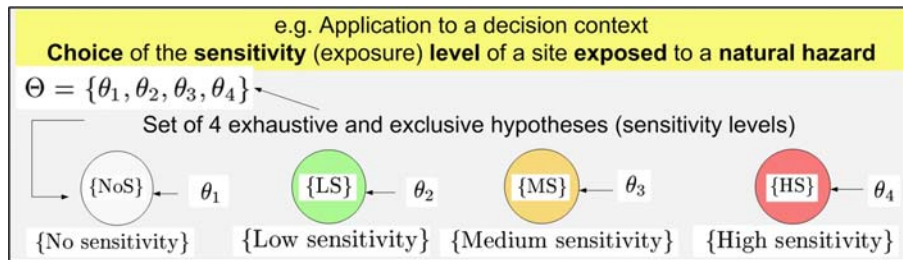
$$m(\theta_1) + m(\theta_2) + \underbrace{m(\theta_1 \cup \theta_2)}_{\text{uncertainty}} = 1$$

Fusion of 2 sources



(Shafer, 1976)

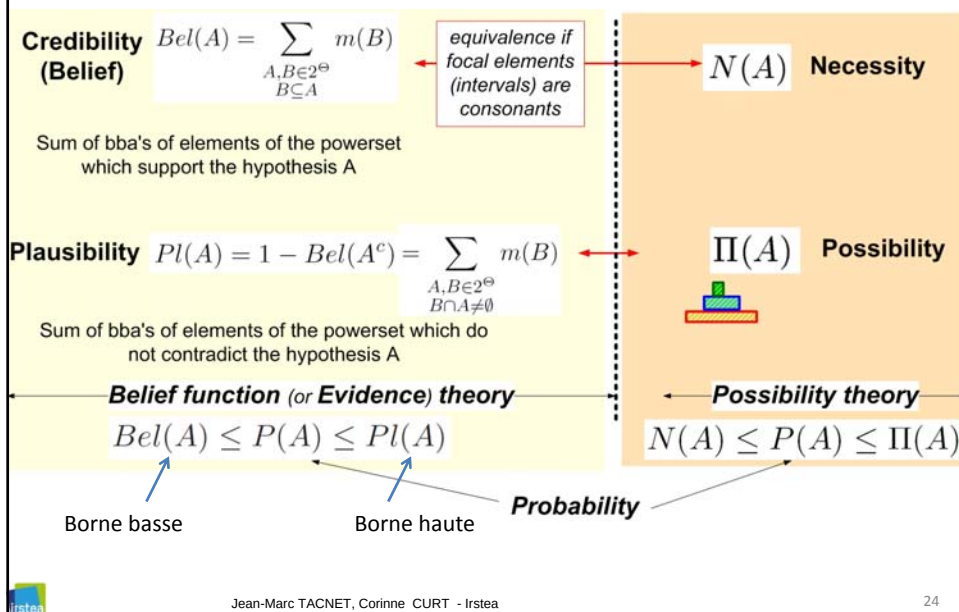
Théorie des fonctions de croyance : application à l'évaluation de la sensibilité (pseudo-niveau de risque) d'une zone donnée



Les catégories de décision sont les hypothèses



Il y a des liens entre théories des possibilités, fonction de croyance et probabilités



Un exemple d'intégration : la méthodologie ER-MCDA*

*Evidential Reasoning – MultiCriteria Decision Analysis

(Tacnet , 2009) (Tacnet et al., 2009 ; 2010)

Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

25

Nous cherchons des méthodes d'aide à la décision qui considèrent des sources multiples , plus ou moins fiables qui fournissent des évaluations imparfaites de critères pour prendre une décision complexe



Méthodes avancées d'aide multicritères à la décision

*Methodologie **ER-MCDA*** : association de l'aide multicritères à la décision (AHP), des théories des ensembles flous, possibilités et fonctions de croyance.*

*Evidential Reasoning – MultiCriteria Decision Analysis

Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

26

Aide multicritères à la décision : rappels



Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Istea

27

*Les décisions peuvent être complexes, dépendre de nombreux facteurs
parfois contradictoires, plus ou moins importants pour (ou préférés par)
les décideurs*

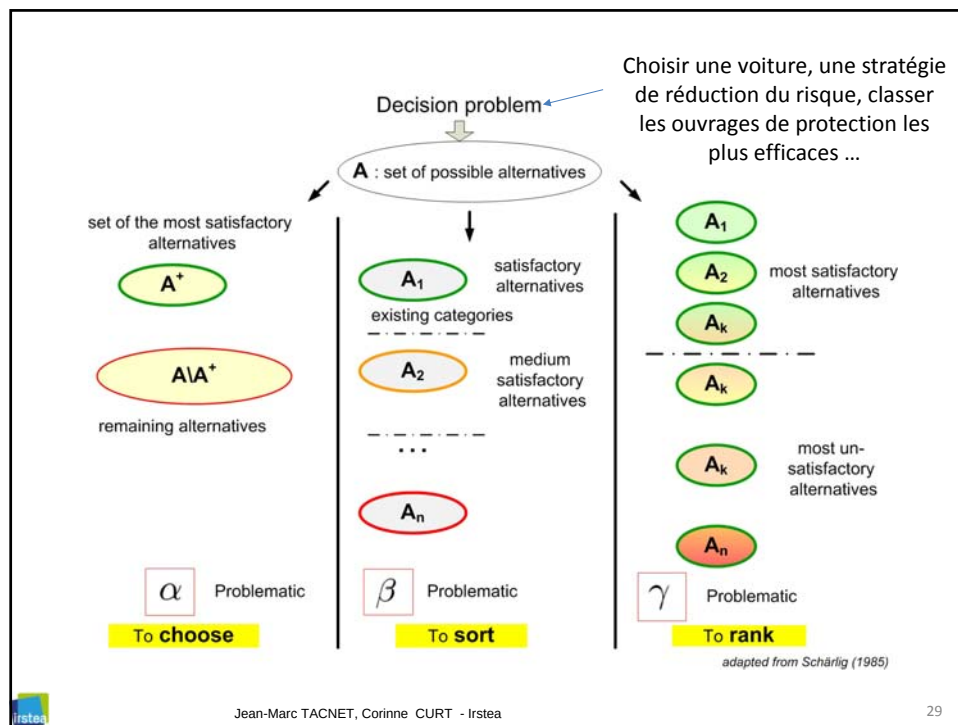


Principes de base des méthodes d'aide multicritères à la décision

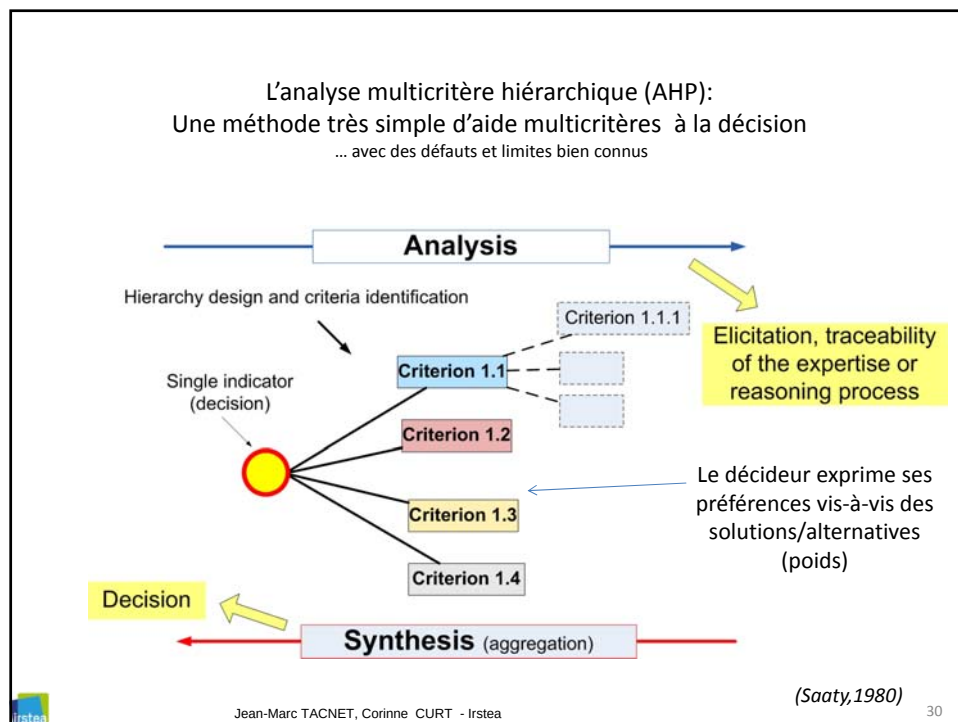


Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Istea

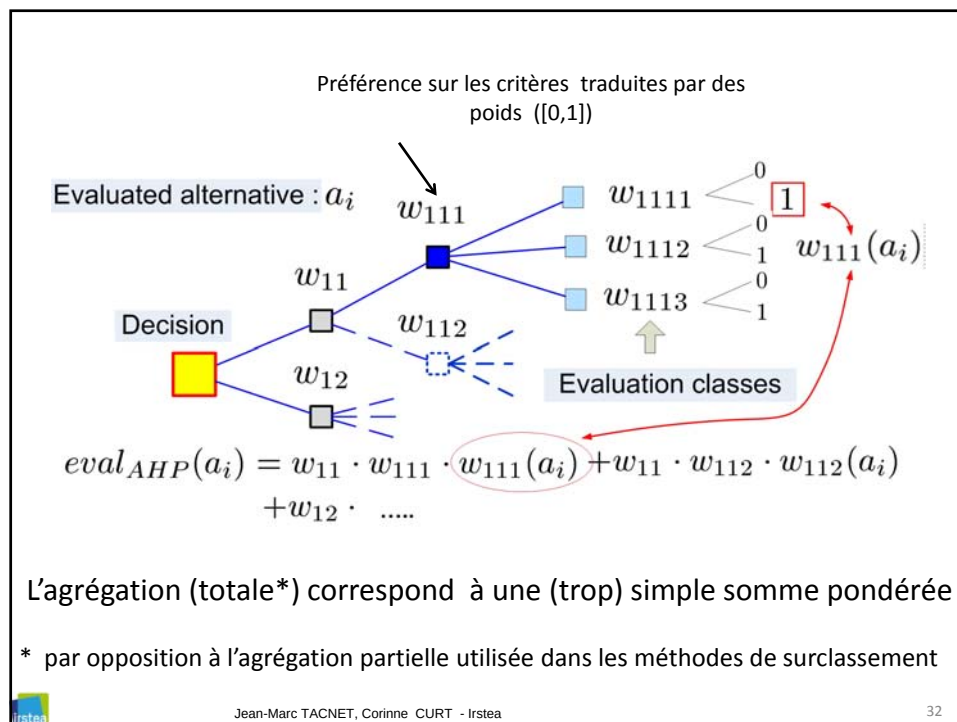
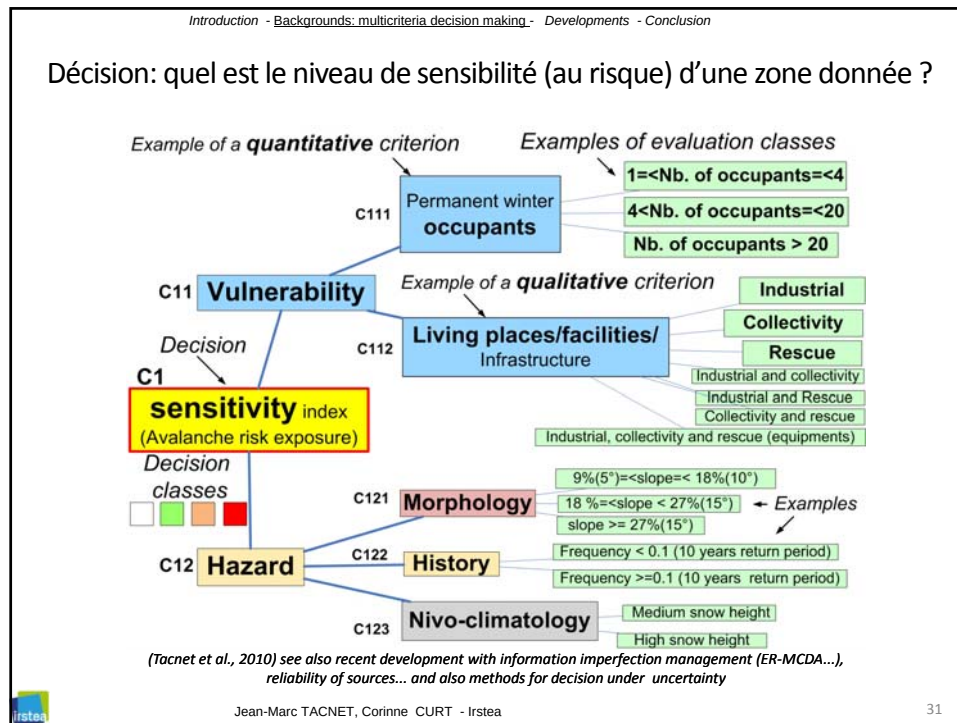
28

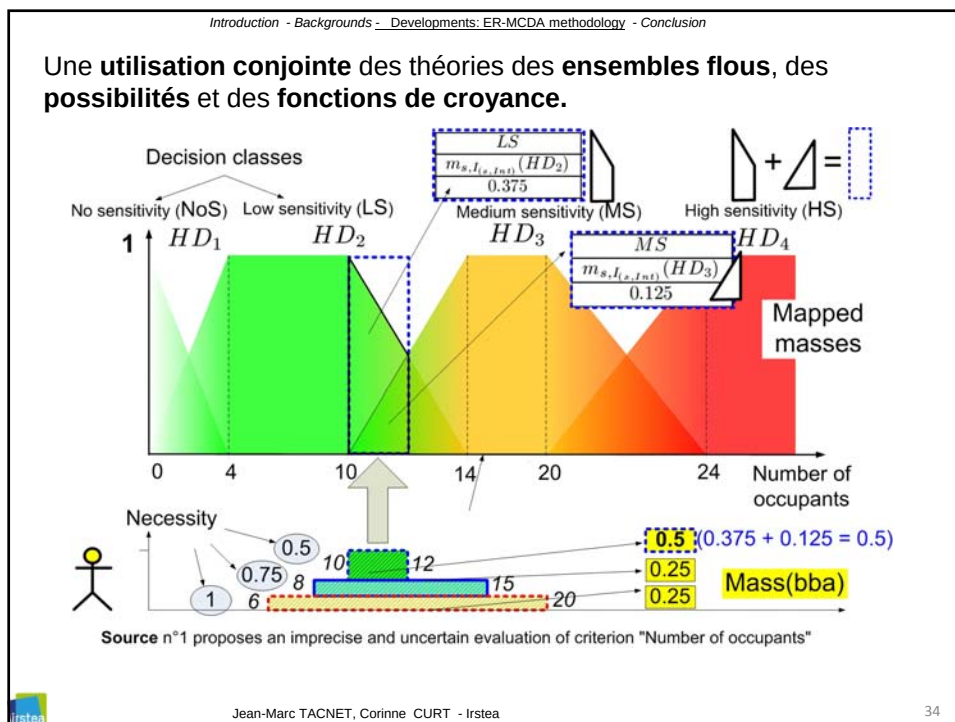
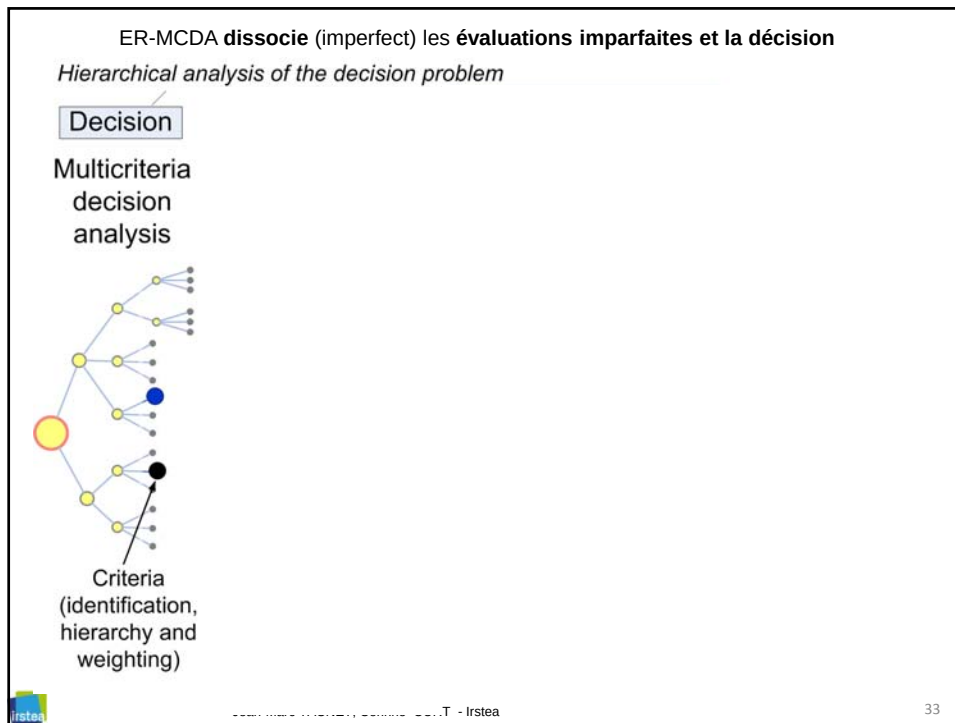


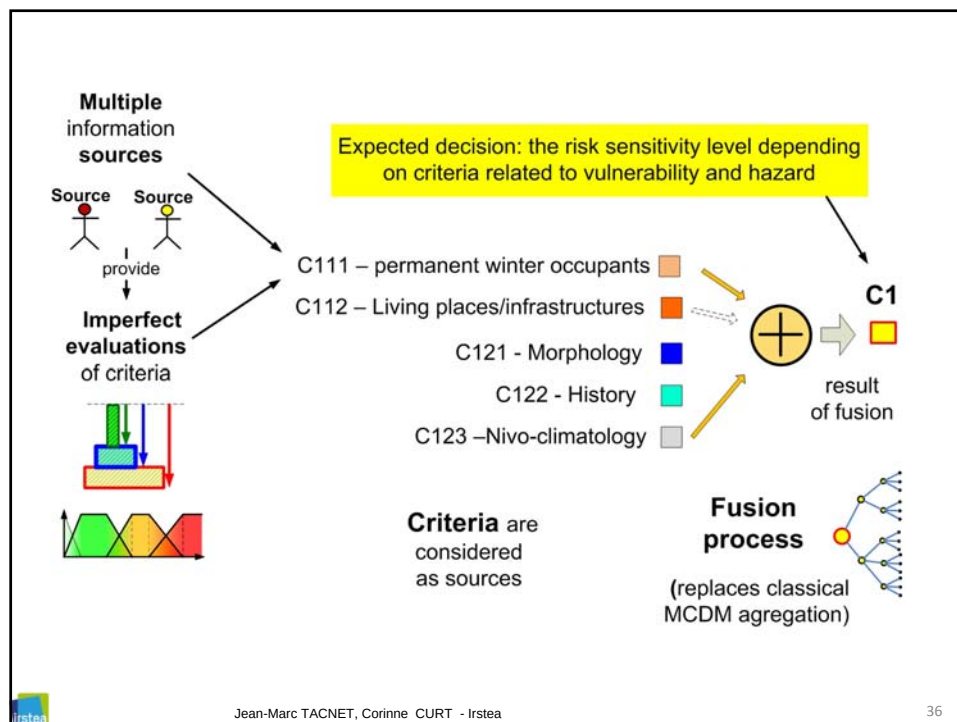
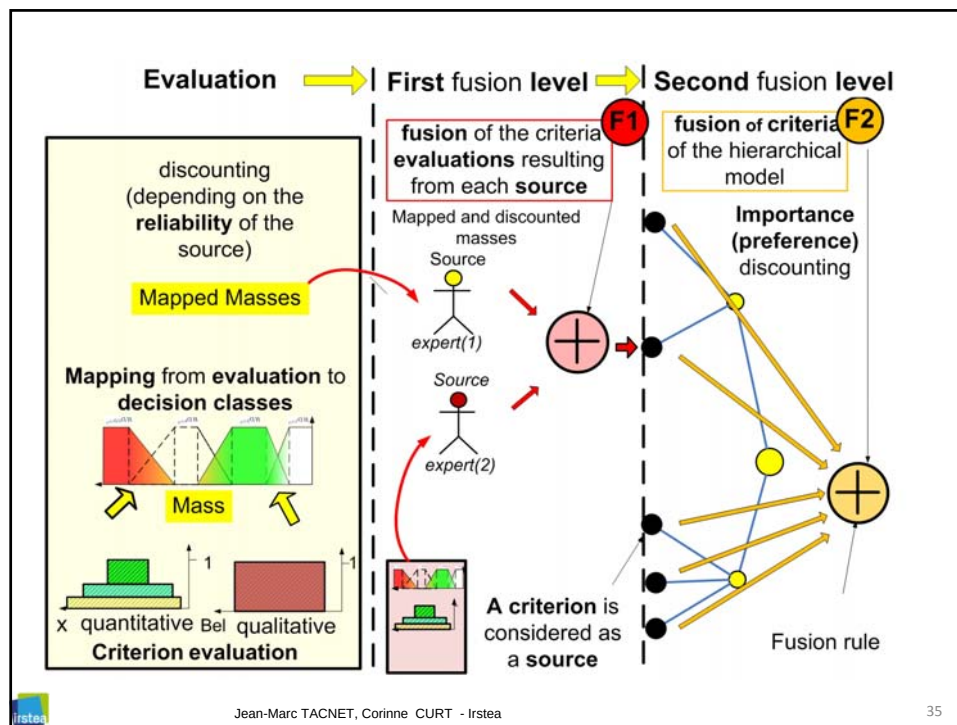
29

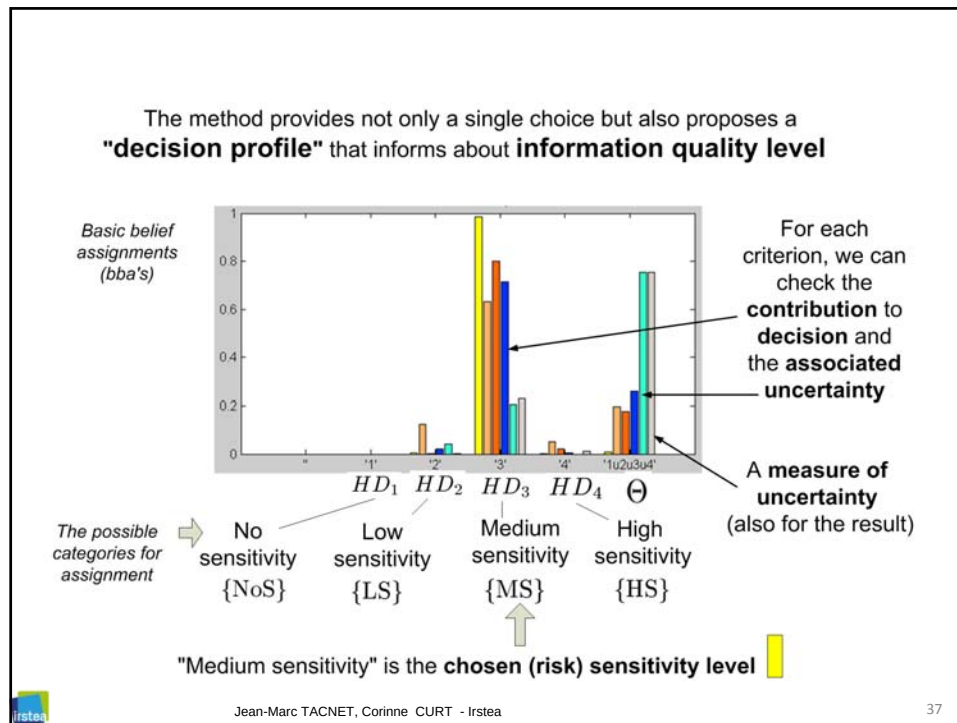


30









Les atouts de la méthodologie ER-MCDA

- Un cadre polyvalent pour prendre des décisions basées sur des informations imparfaites fournies par des sources plus ou moins importantes et fiables
- Une approche intégrée associant deux domaines (aide multicritère à la décision et nouvelles théories de l'incertain).
- Une dissociation entre l'évaluation de l'information (données brutes) et son utilisation dans des systèmes d'aide à la décision : les données sont décrites indépendamment du traitement dans le modèle d'aide à la décision
- Des méthodes avancées de fusion ont été utilisées et/ou développées (PCR rule, DSMT framework, importance discounting...) *see also DSMT-AHP, Soft-Electre TRI, COWA...*

La méthode Soft Electre Tri : adaptation d'une méthode de sur-classement

(Dezert et Tacnet, 2012)) – Fusion 2012 Conference



Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

39

Méthodes avancées d'aide multicritères à la décision

méthodologie **Soft-Electre TRI** : association/adaptation
d'une méthode d'aide multicritères par
surclassement (agrégation partielle) et de la théorie
des fonctions de croyance.



Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

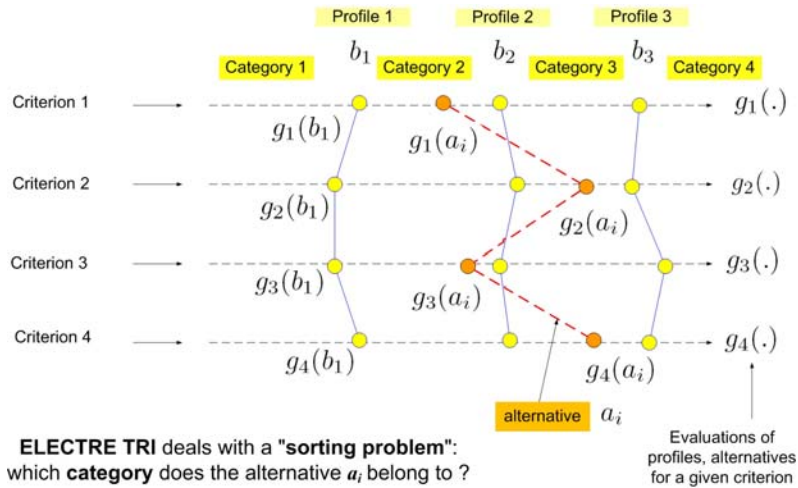
40

Introduction – Backgrounds: MCDM, outranking methods, Electre TRI – Development: sigmoidal model - Conclusion

Les principes de la méthode Electre TRI

A set A of n alternatives $\{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n\}$ evaluated according to a set C of m criteria $\{c_1, c_2, \dots, c_j, \dots, c_m\}$. Each alternative a_i is evaluated according to each criterion c_j (with $j = 1, 2, \dots, m$): $\{g_1(a_i), \dots, g_j(a_i), \dots, g_m(a_i)\}$.

A set of p profiles $\{b_1, b_2, \dots, b_h, \dots, b_p\}$ is defined according to their evaluations for each criterion c_j . Each profile b_h is evaluated according to each criterion c_j (with $j = 1, 2, \dots, m$): $\{g_1(b_h), \dots, g_j(b_h), \dots, g_m(b_h)\}$.



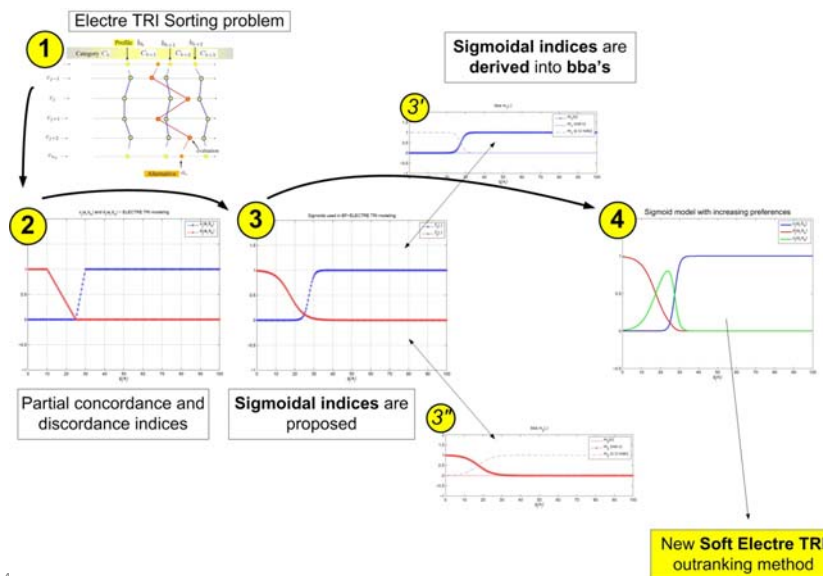
41

Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Istee

41

Introduction – Backgrounds: MCDM, outranking methods, Electre TRI – Development: sigmoidal model - Conclusion

Les indices initiaux de la méthode ELECTRI sont remplacées par des sigmoïdes (avec prise progressive du conflit)

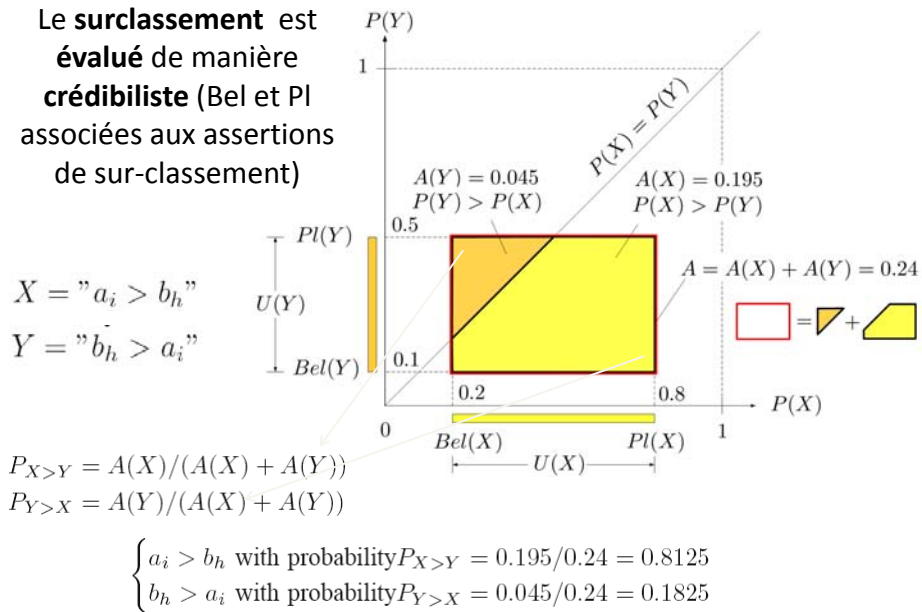


42

Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Istee

42

Le **surclassement** est évalué de manière **crédibiliste** (Bel et Pl associées aux assertions de sur-classement)



43

Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

43

Méthodes avancées d'aide multicritères à la décision

Cautious Ordered Weighted Averaging (COWA)

association of OWA and belief function theory

(Tacnet et Dezert, 2011) – Fusion 2011 Conference

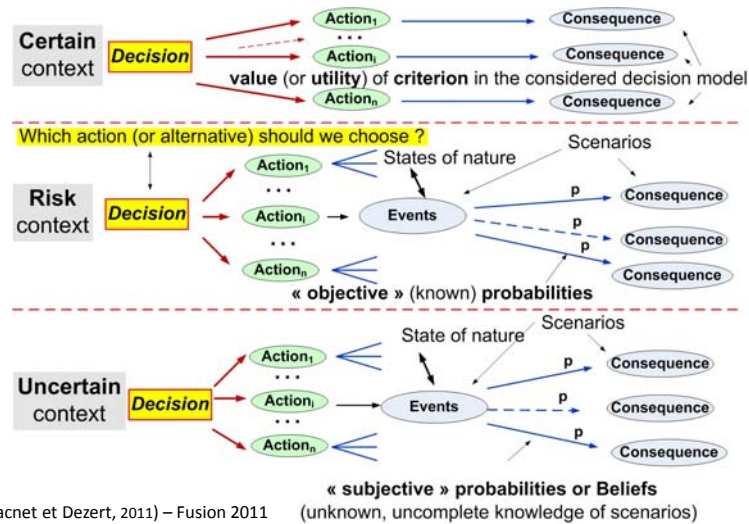


Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

44

Les décisions peuvent être prises dans des contextes certains, risqué ou incertains ...

e.g. choosing an action when consequences are more or less known



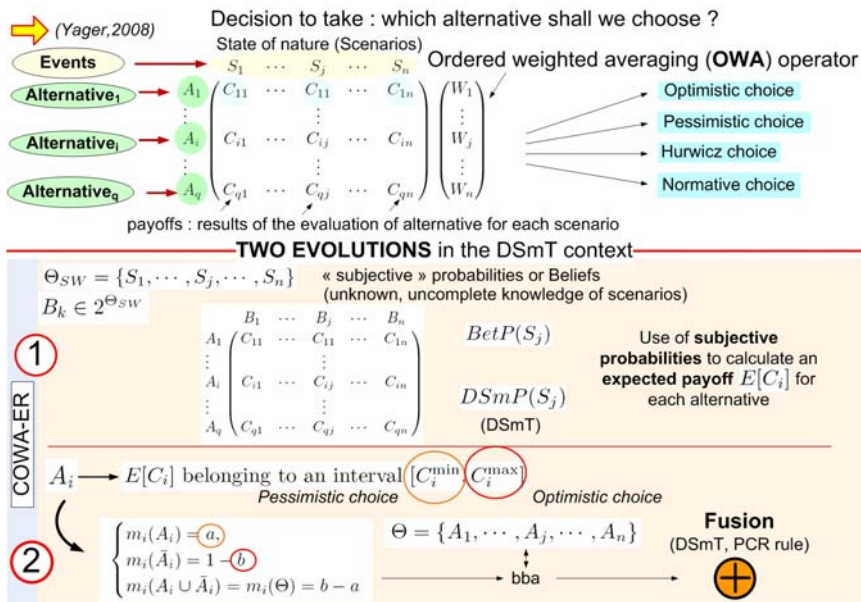
(Tacnet et Dezert, 2011) – Fusion 2011

« subjective » probabilities or Beliefs (unknown, uncomplete knowledge of scenarios)

45

Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

45



(Tacnet et Dezert, 2011) – Fusion 2011

Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

46

Propagation d'imperfection dans les simulations numériques



Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

47

Simulation de l'écoulement de laves torrentielles



Location of Torrent Saint-Antoine, Modane (Savoie, France)



Debris-flows deposition in Modane (left bank)



Aerial view of debris-flows Modane (left bank)

Extension du phénomène



Debris-flows deposition on the international railway France-Italy (1987)



Saint-Antoine watershed and alluvial fan



Fine sediments
 Large blocks deposit area
 Limits of 1987 debris-flows

Efficacité des ouvrages de protection ?

Zone de production de sédiment

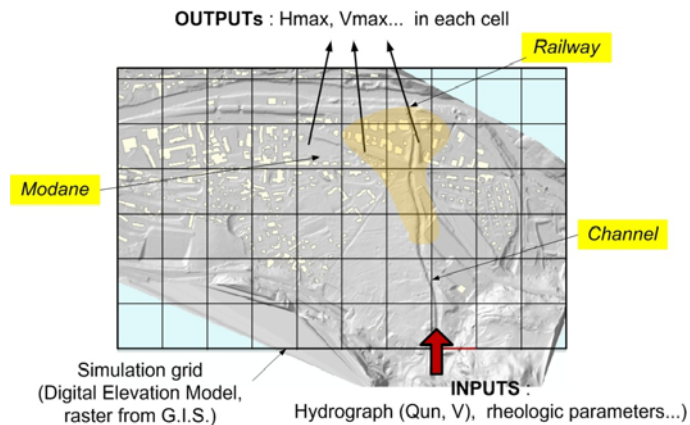


48

Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

48

Lave2D : code de simulation numérique des laves boueuses



(Dupouy et al., 2012) – Interpraevent 2012

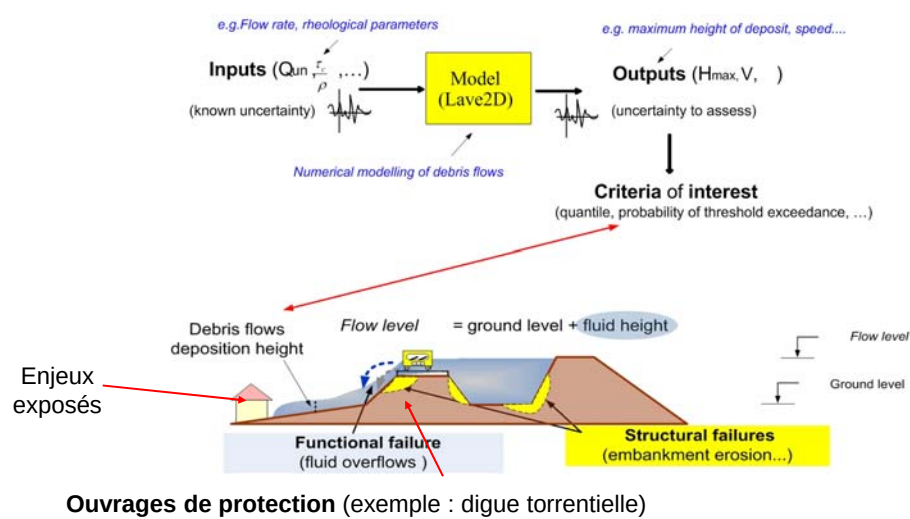


49

Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

49

Analyse d'incertitude : méthodologie globale (1/2)

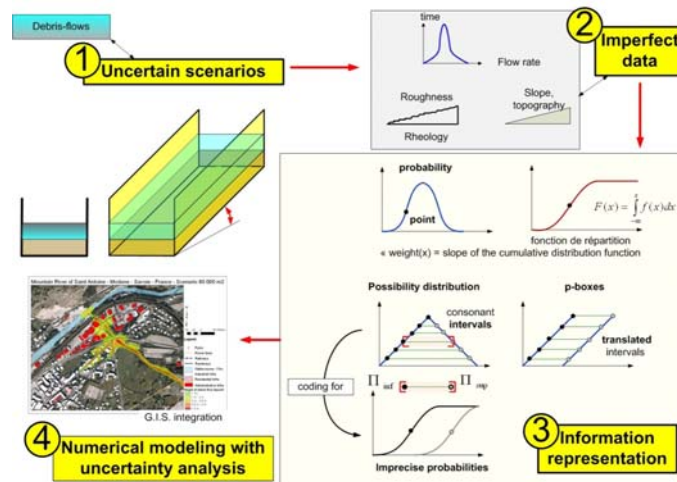


50

Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

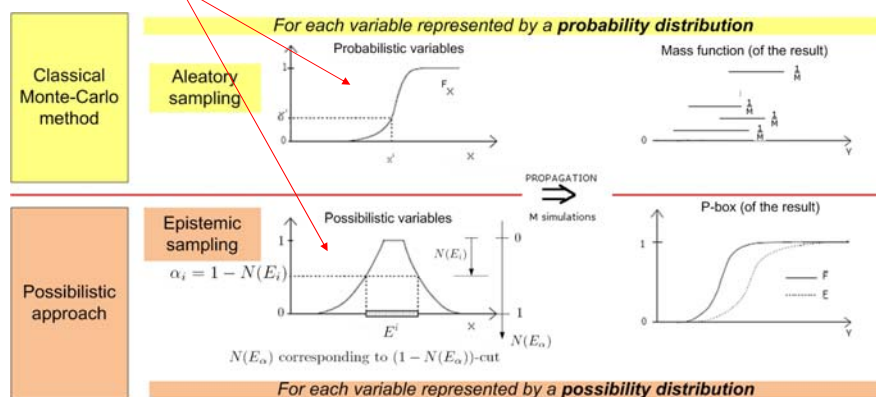
50

Analyse d'incertitude : une méthodologie globale basée sur quatre étapes (2/2)



Principe de la propagation hybride

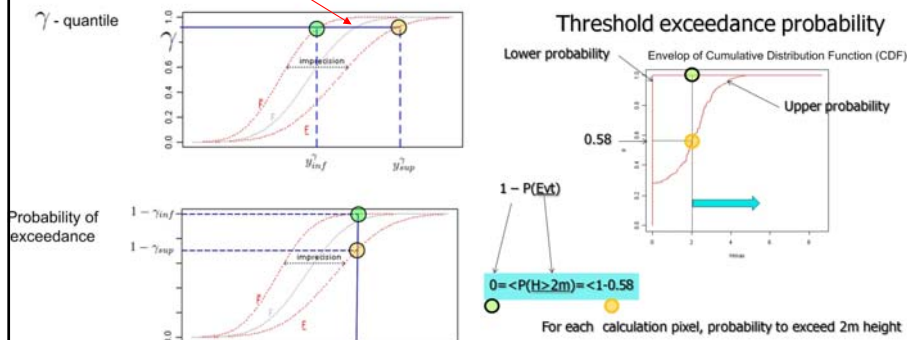
Représentation d'avis d'expert



(Baudrit, Chojnacki et al., 2005, 2006)

Résultats de la simulation : affichage de la qualité de l'information

L'effet de la qualité de l'information est clairement (?) affiché



...L'approche est utilisée pour **évaluer l'efficacité fonctionnelle des ouvrages de protection** (hauteur de débordement)

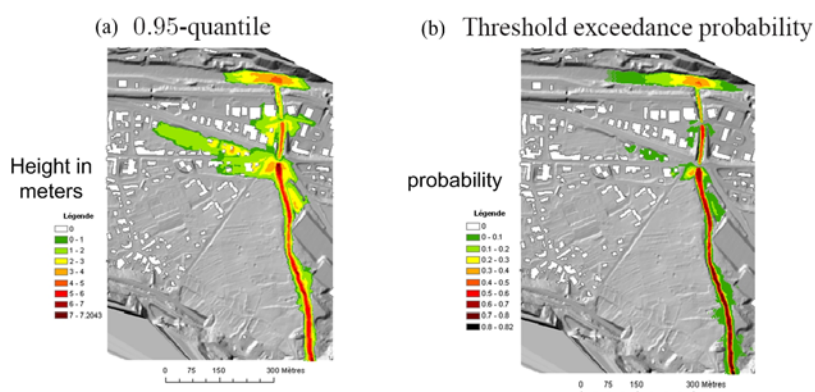


53

Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

53

Résultats de simulation affichés dans des S.I.G.



But implementation of this methodology is not direct
(non-linear finite volume modelling...)



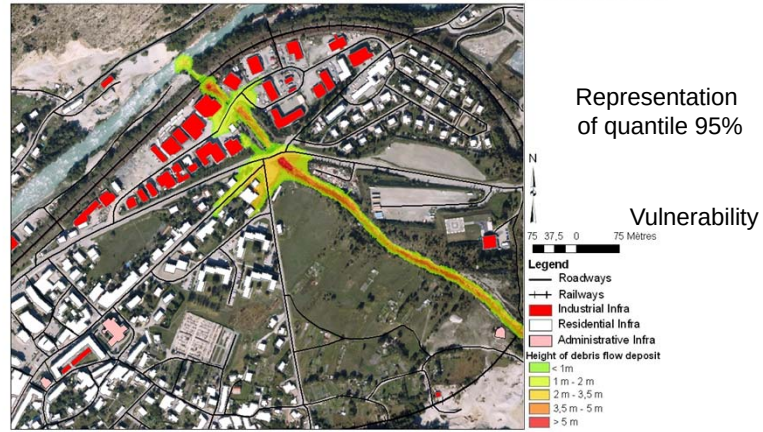
54

Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

54

Résultats de simulation affichés dans des S.I.G.

Mountain River of Saint Antoine - Modane - Savoie - France - Scenario 55 000 m³



mais un problème de communication autour de l'incertitude....



55

Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Istea

55

Sûreté de fonctionnement

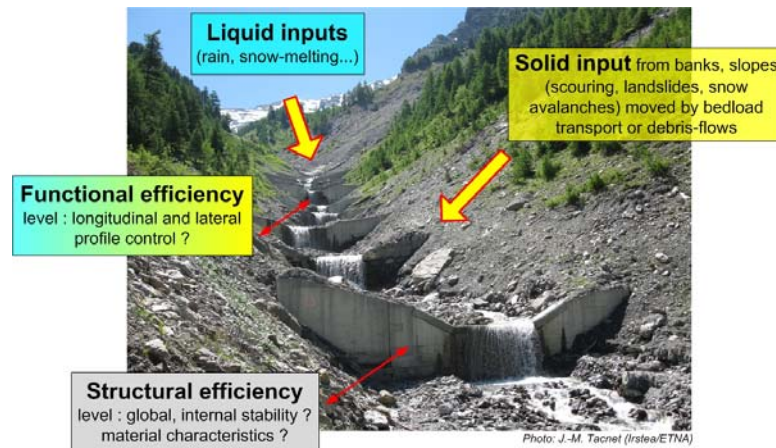


Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Istea

56

Application à l'analyse de l'efficacité des ouvrages de protection

Adaptation/développement des méthodes de la sûreté de fonctionnement



(Tacnet, Curt et al., 2011, 2012)

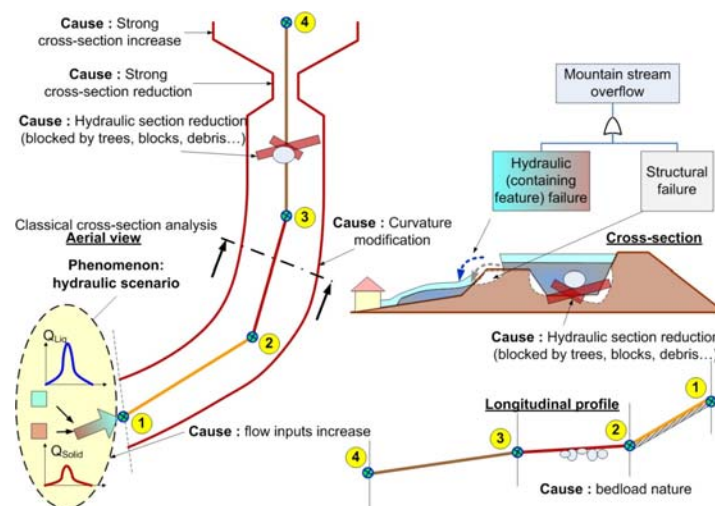


57

Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

57

Identification des indicateurs : analyse thématique des causes de défaillance



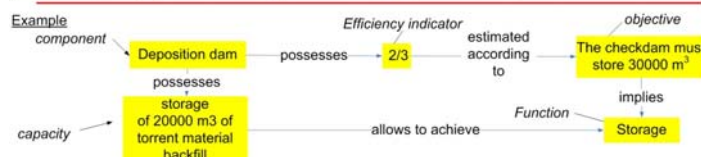
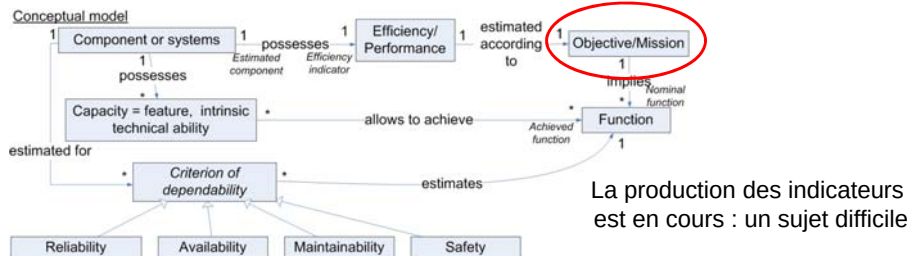
58

Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

58

Evaluation de l'efficacité des ouvrages de protection : une approche globale pour identifier et évaluer les indicateurs

Performance/Efficiency : ability of a component, a system to carry out its mission, ability to reach its objectives



(Tacnet, Curt et al., 2011) - Annales ITBTP, (Tacnet, Curt et al., 2012) Interpraevent 2012

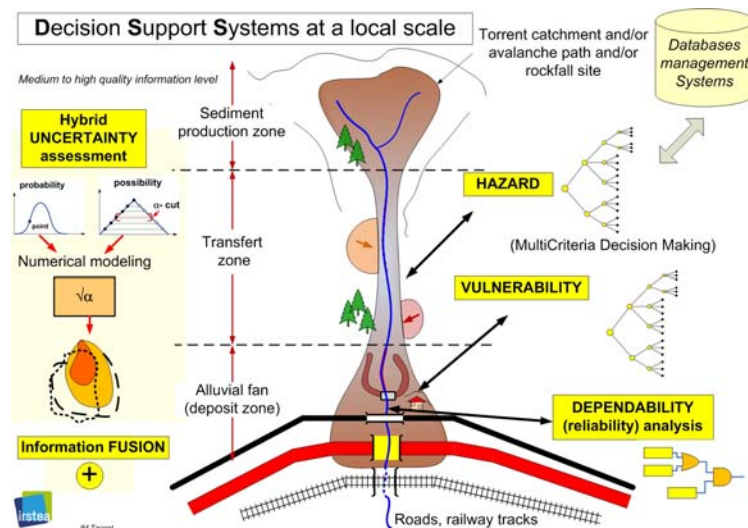


59

Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

59

Conclusion : vers un environnement intégré d'aide à la décision combinant les différentes méthodes



Jean-Marc TACNET, Corinne CURT - Irstea

60

A retenir

- La qualité de l'**information** conditionne les **décisions**
- Elle doit être prise en compte dans la conception de **systèmes d'aide à la décision**
- Cette **prise en compte** est possible grâce à des **méthodes innovantes et originales**
- La **convergence** de **méthodes** provenant des **domaines des risques naturels et industriels** est **possible** et **porteuse** d'avancées méthodologiques prometteuses.
- L'étude de la « **perception** » de l'**incertitude** et de son **impact** sur les processus de **décision** reste un besoin (thématique **SHS**)

