Amélioration des processus d'Aide à la **D**écision **A**ssociés à la **GE**stion des risques naturels en montagne

Projet ADAGE (Eccorev 2011 et…suites)

Jean-Marc Tacnet* Corinne Curt**, Dominique Laigle*,, Eric Chojnacki[+], Jean Dezert[++] , Mireille Batton-Hubert[+++] avec la collaboration de Guillaume Dupouy*, Pierre Grizard [+++]

* Université Grenoble Alpes, *Irstea* – Unité Erosion Torrentielle Neige et Avalanches, Grenoble.

** *Irstea*– Unité RECOVER , Aix-en-Provence.

[+] IRSN/Direction de la Prévention des Accidents Majeurs/SEMIC/LIMSI - CE Cadarache, France

[++] ONERA , The French Aerospace Lab , Palaiseau.

[+++] ENSMSE - Ecole Nationale des Mines de Saint-Etienne

- Contexte du projet initial et problématique
- Un exemple de résultats : approche hybride appliquée au contexte des laves torrentielles
- Conclusion et autres développements

Cadre de décision

L’expertise des risques naturels

Contexte de décision: risques gravitaires rapides en montagne

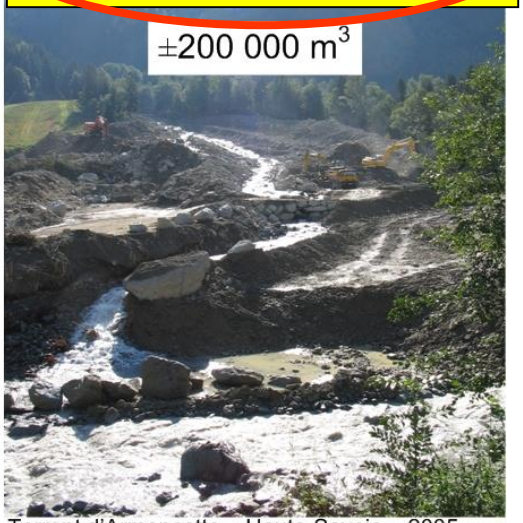
Avalanches de neige

Pelvoux – 2006 (S.Escande – *Cemagref*)

Dégâts d'avalanche damages (*Cemagref*)

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

Crues torrentielles

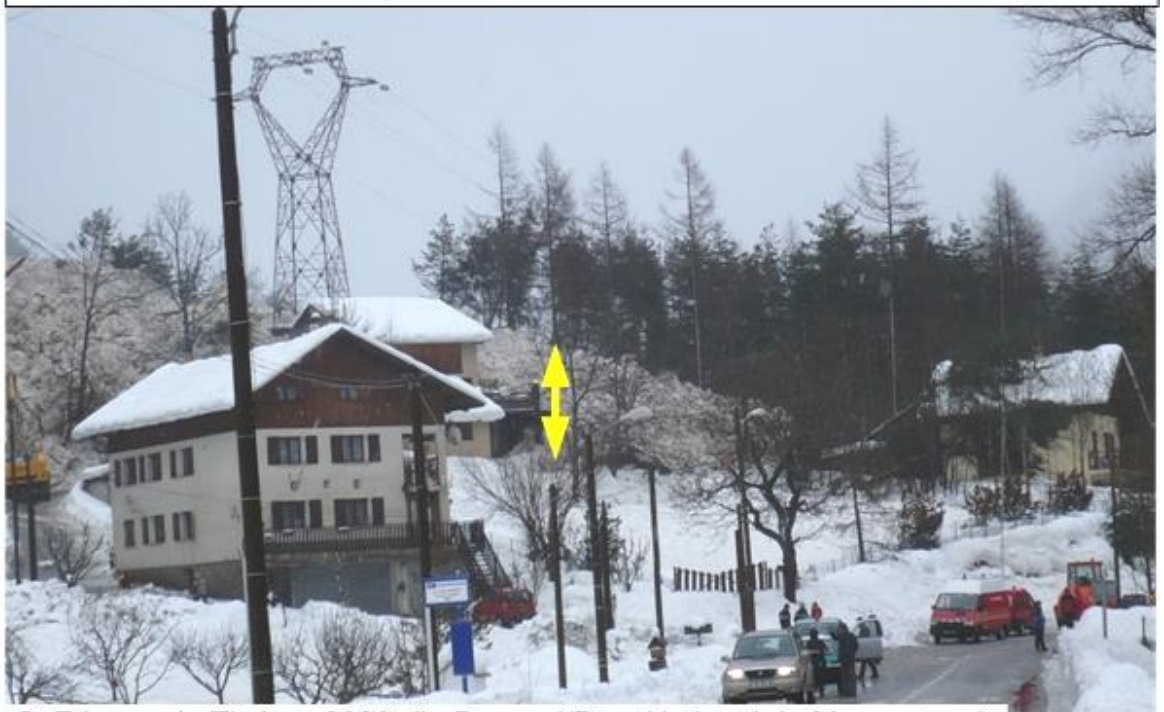


Torrent d'Armancette – Haute-Savoie – 2005
(J.M. Tacnet – *Cemagref)*

Torrent St Antoine – Modane - Savoie – 1987
(M. Meunier – *Cemagref)*

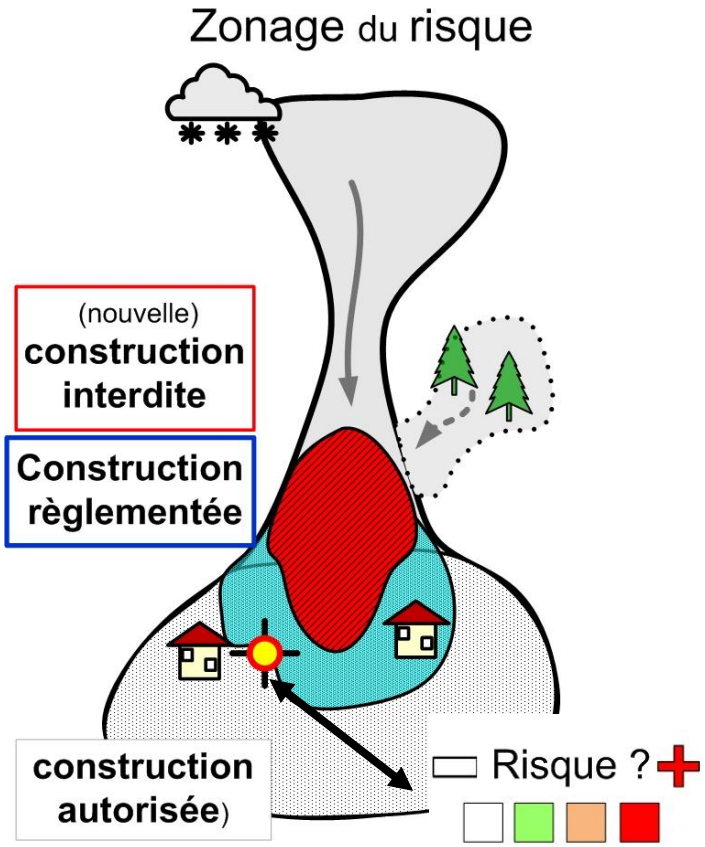
Exemple de problématique de décision associé à la gestion des risques : où (ne pas) construire ?

Objectif : éviter de construire dans les zones exposées aux avalanches

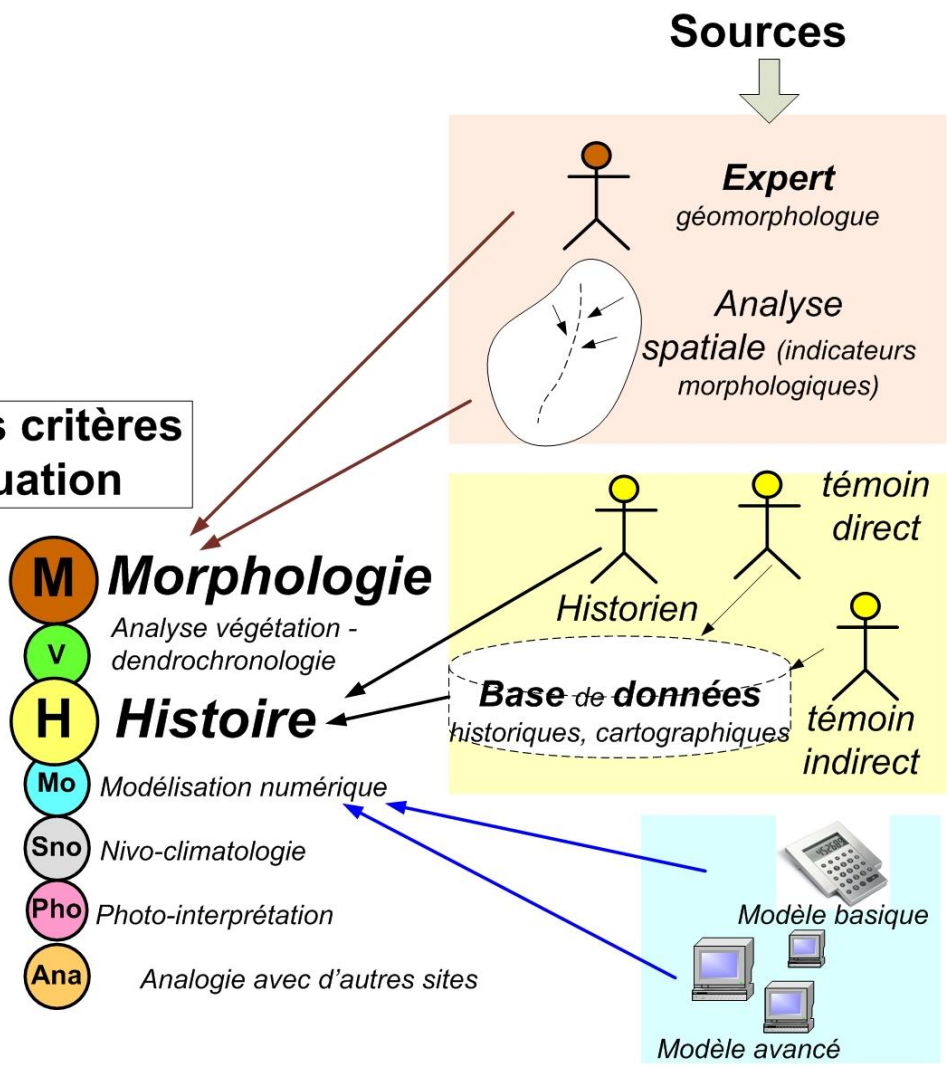


St Etienne de Tinée – 2009 (L. Bernard/Parc National du Mercantour)

L'**expertise** exploite des **informations** et des **sources hétérogènes**



Plusieurs critères d'évaluation



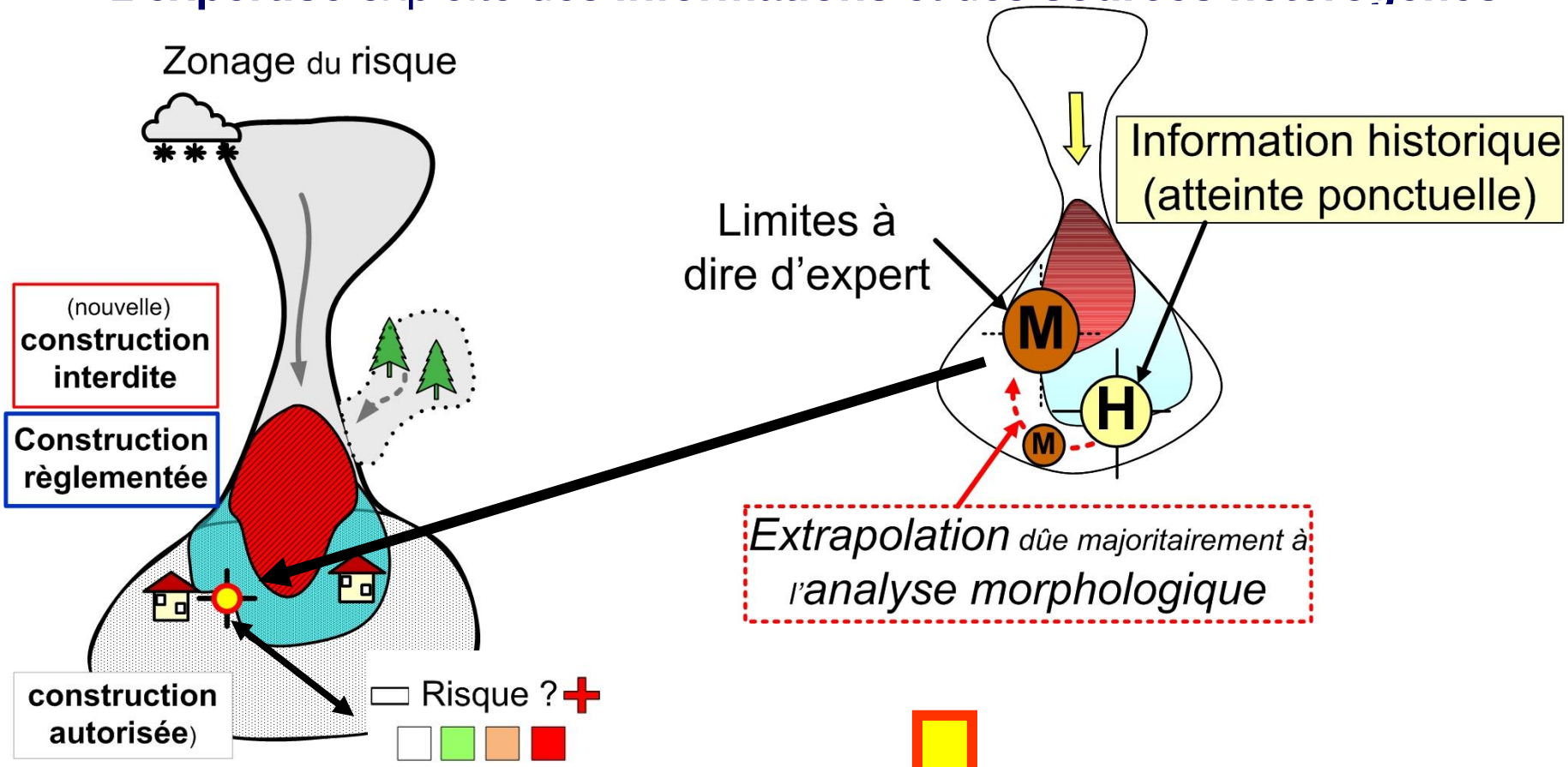
Décision(s) associée(s) au zonage :

Quel est le **niveau** de **risque** en un **point** ?

Comment définir les **limites** ?

(Tacnet,2009)

L'**expertise** exploite des **informations** et des **sources hétérogènes**



Quel est le **raisonnement utilisé** ?

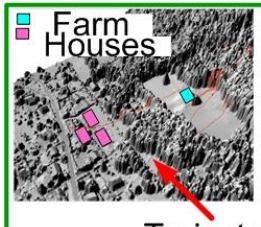
Quelle est la **confiance dans la décision** par rapport aux critères, aux sources?

(Tacnet,2009)

Propagation de l'**imperfection** de l'**information** dans le **processus** (et les outils) d'**expertise**

Exemple de la modélisation numérique des phénomènes naturels (lave torrentielle, chute de blocs)

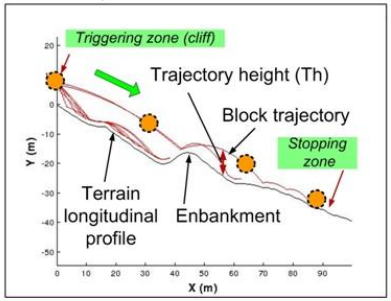
Données d'entrée imparfaites



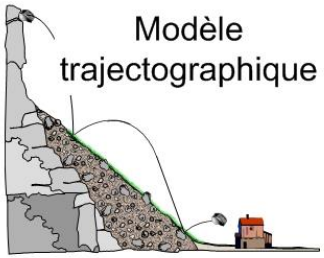
Volume des blocs, Proba. départ, Sol ..

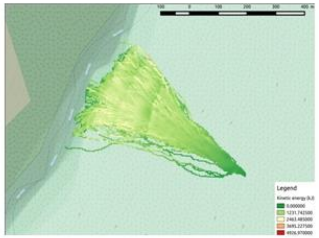
Trajectoires réelles

Données spatiales *Données thématiques*



Modèles

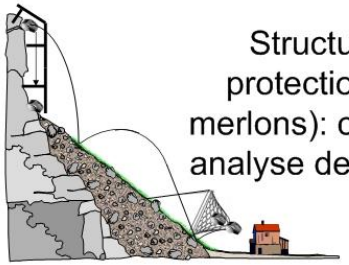




Qualité des décisions de gestion des risques

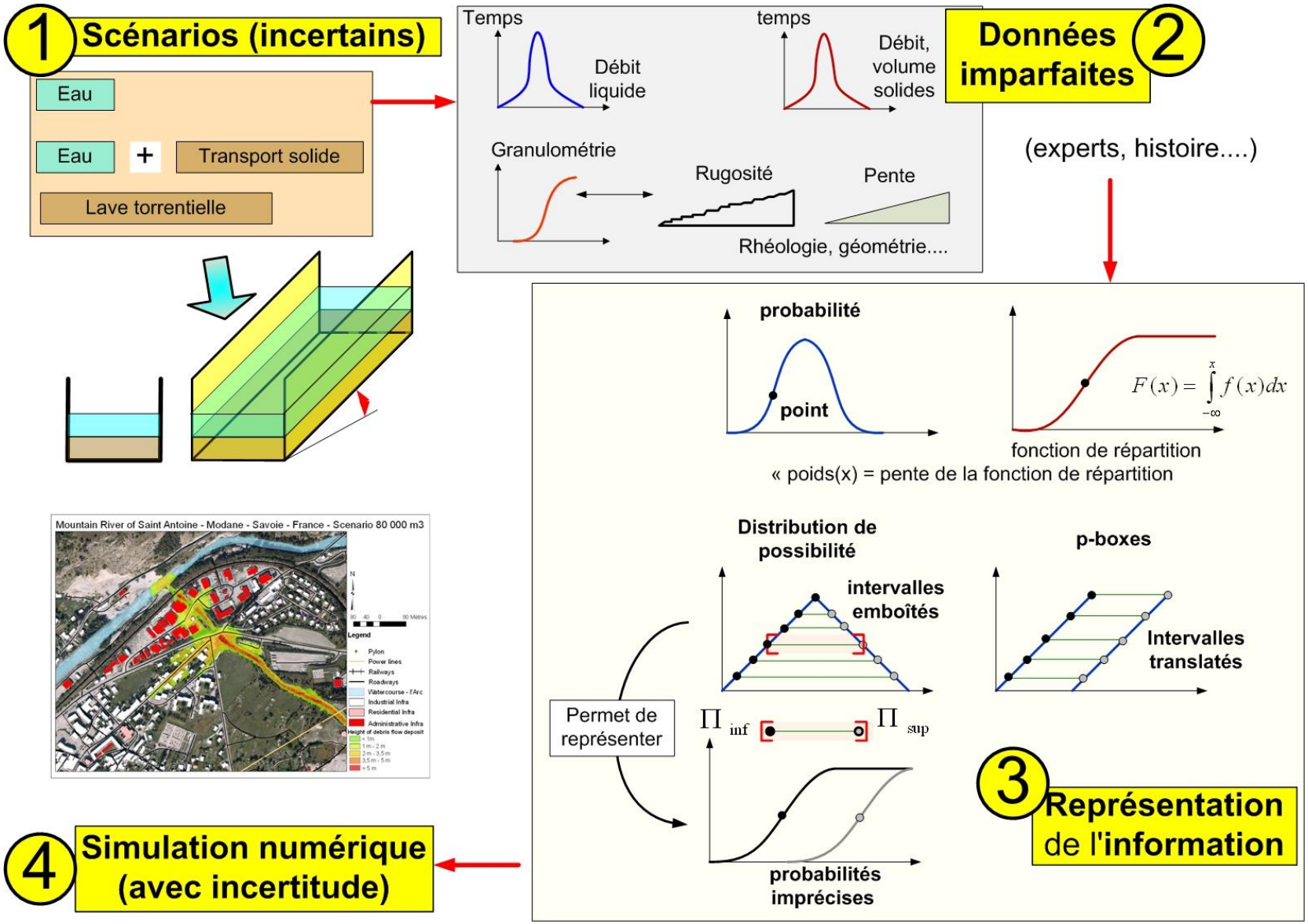
Cartes de zonage

...



Structures de protection (filets, merlons): conception, analyse de l'efficacité

Analyse d'incertitude : principe global



Analyse d'incertitude : principe global

Entrées (Qun, $\frac{\tau_c}{\rho}$,…)

(incertitude connue)

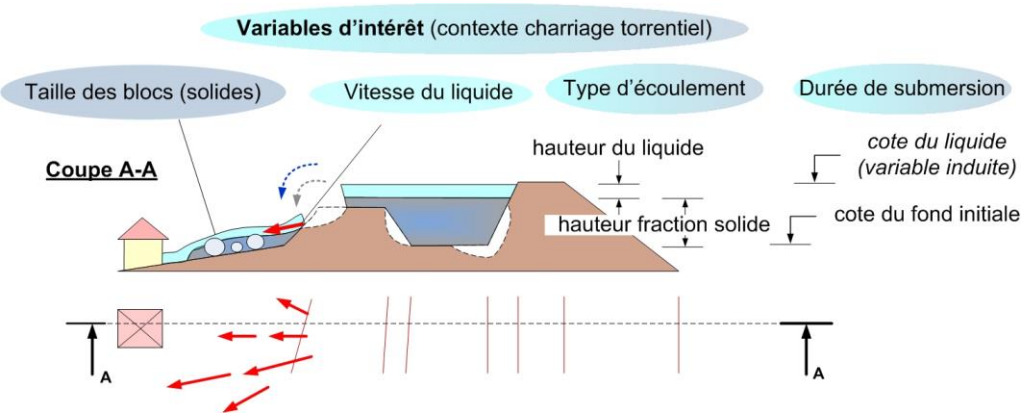
Modèle (Lave2D)

Sortie (H_{max})

(incertitude à évaluer)

Critère d'interêt

quantile, probabilité de dépassement pour une variable donnée (hauteur de débordement, de dépôt...)



Limites des méthodes de propagation Monte Carlo usuelles :

- Valeurs **incertaines** souvent représentées par une distribution de **probabilité** unique Px, idéalement estimée par des échantillons statistiques précis (observations, nombreuses données…).
- **Problème:** les **données** sont **imparfaites , imprécises** (manque de connaissance, mesures imprécises, jugements experts...)

On choisit une distribution parmi celle qui sont compatibles avec l'information disponible : on fait **un pari sur la distribution réelle** influençant le résutat à l'insu du décideur

<u>Exemple:</u>

Information disponible : X appartient à [0,1];

Choix habituel : distribution uniforme

On ajoute une information (forte hypothèse) : équiprobabilité

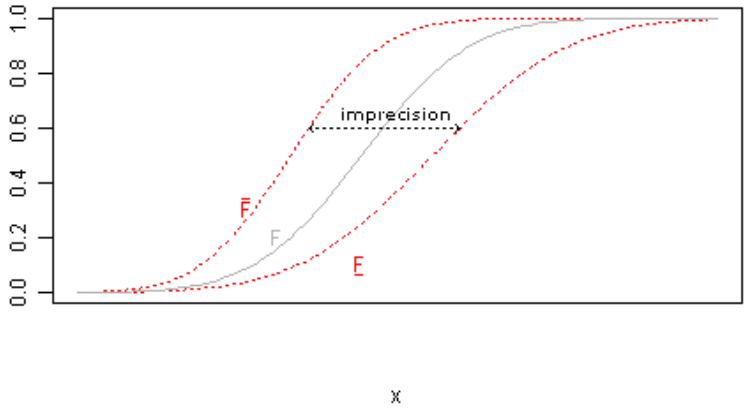
Ceci conduit à **confondre incertitude épistémique** (manque d'information) et **variabilité**.

Cadre théorique

- Les théories des **possibilités** et des **fonctions de croyance** permettent de représenter l'imprécision et la variabilité en codant des **familles de probabilités** ;
- Les **distributions** de **possibilité** sont conçues pour simuler un **jugement d'expert** sous la forme d'**intervalles emboîtés** auxquels on accorde une confiance variable :
- Les deux cadres utilisent des **familles de probabilités** , fonction de répartition haute et basse délimitant les probabilités des évènements de type $(-\infty, x]$ et $[x, \infty)$

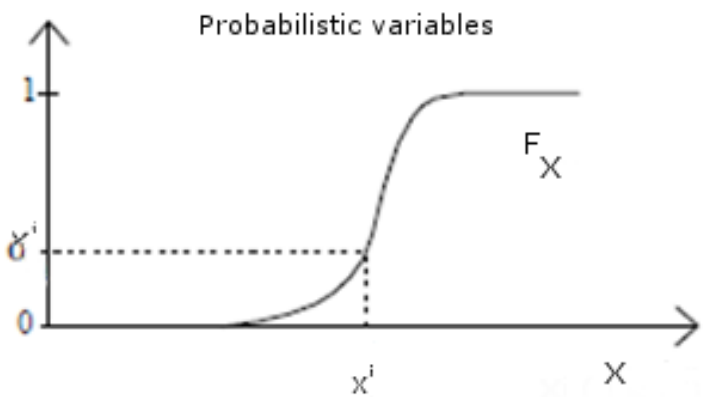
$$\underline{F}(x) = N(]-\infty, x])$$
$$\overline{F}(x) = \Pi(]-\infty, x])$$

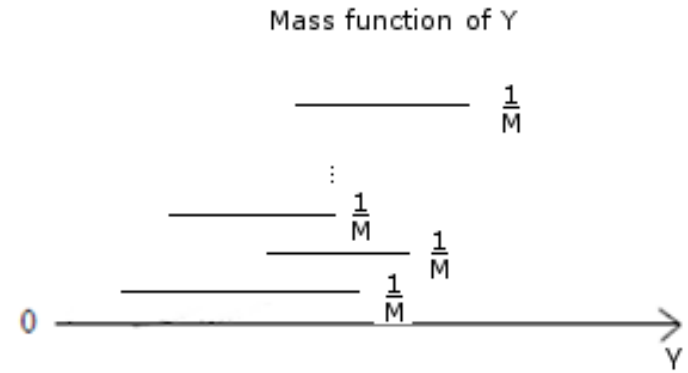
$$\underline{F}(x) = Bel(]-\infty, x])$$
$$\overline{F}(x) = Pl(]-\infty, x])$$



Principe de propagation de la méthode hybride

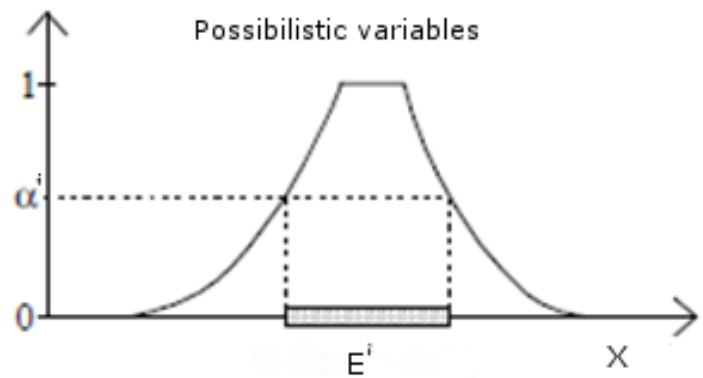
(Baudrit et al., 2006; Chojnacki et al., 2009)

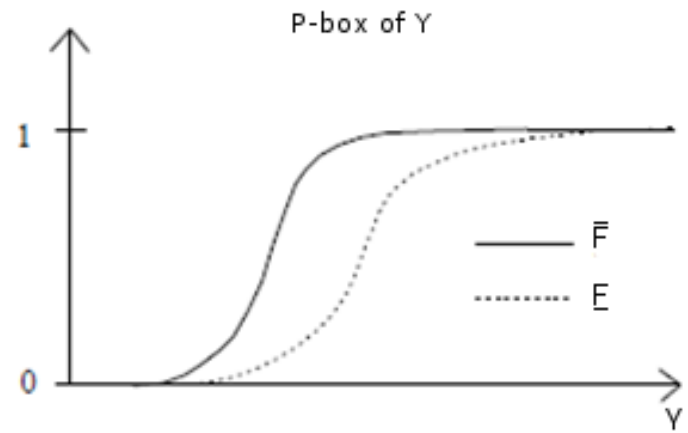




PROPAGATION

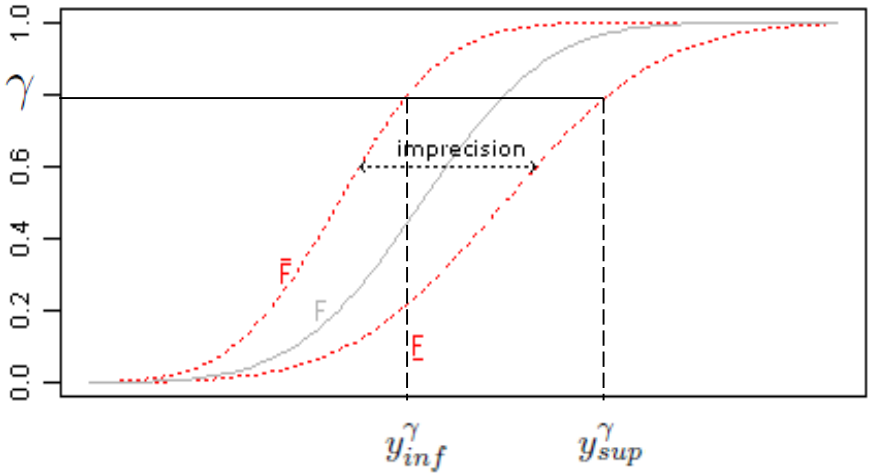
M simulations



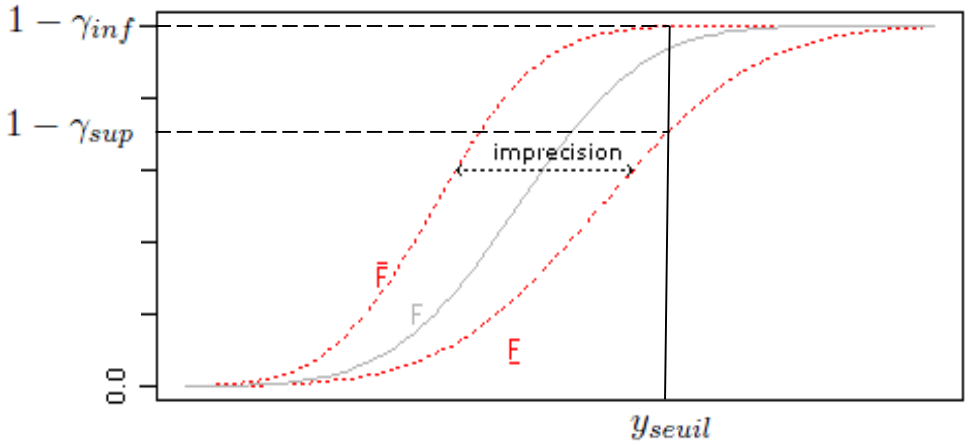


Résultats

- γ-quantile : valeur ***y*** associée à une probabilité γ : P(***x***< $\boldsymbol{y}_{\gamma}$)=γ

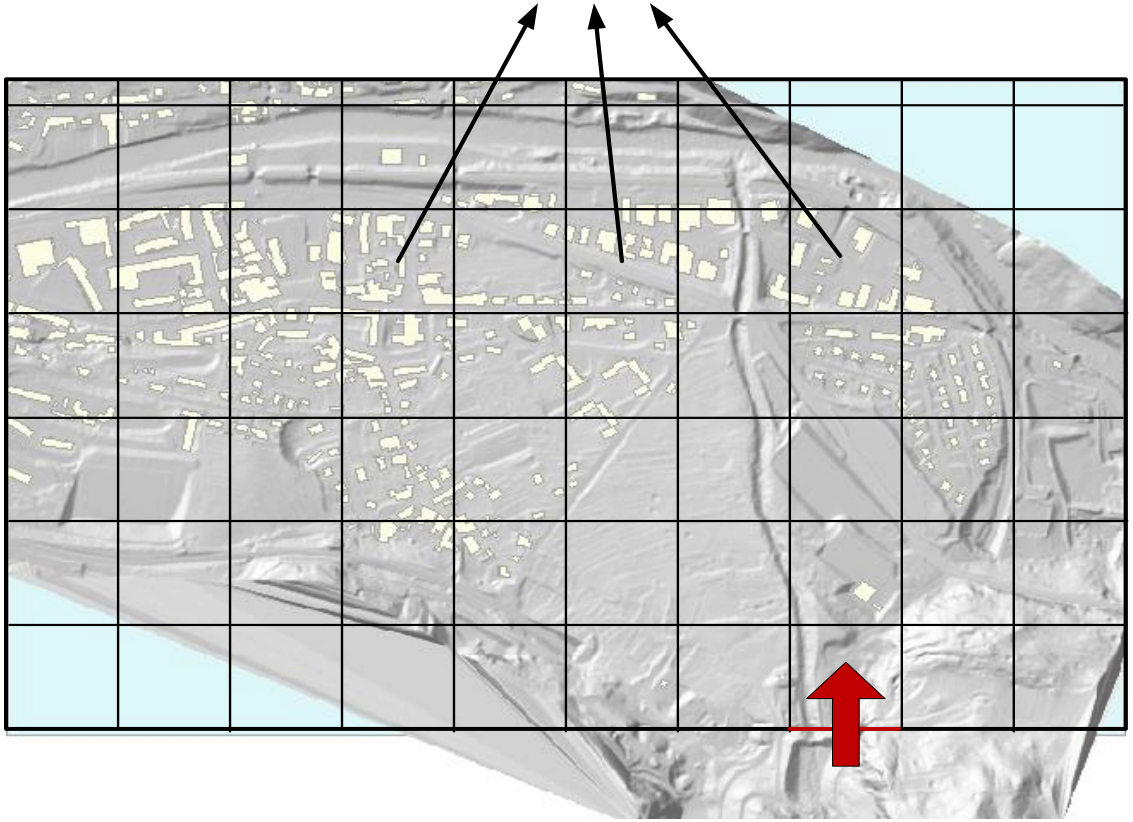


- Probabilité de dépassement d'un seuil (exemple hauteur de dépôt) :



Lave2D
Code de simulation d'écoulement de laves torrentielles

SORTIES
(Hmax)



ENTREES :
Hydrogramme (Qun, V, paramètres rhéologiques...)

Spécifications des paramètres: types d'imperfection

Modèle : modèle numérique Lave2D basé sur un MNT raster 2m x 2m (Saint-Antoine, Savoie).

Données possibilistes : Débit Q_{un}, durée T (croissant) ;

Données probabilistes : paramètres rhéologiques $\frac{\tau_c}{\rho}$, $\frac{K}{\rho_c}$ (imprècise mais non monotone)

Dépendances : indépendance stochastique.

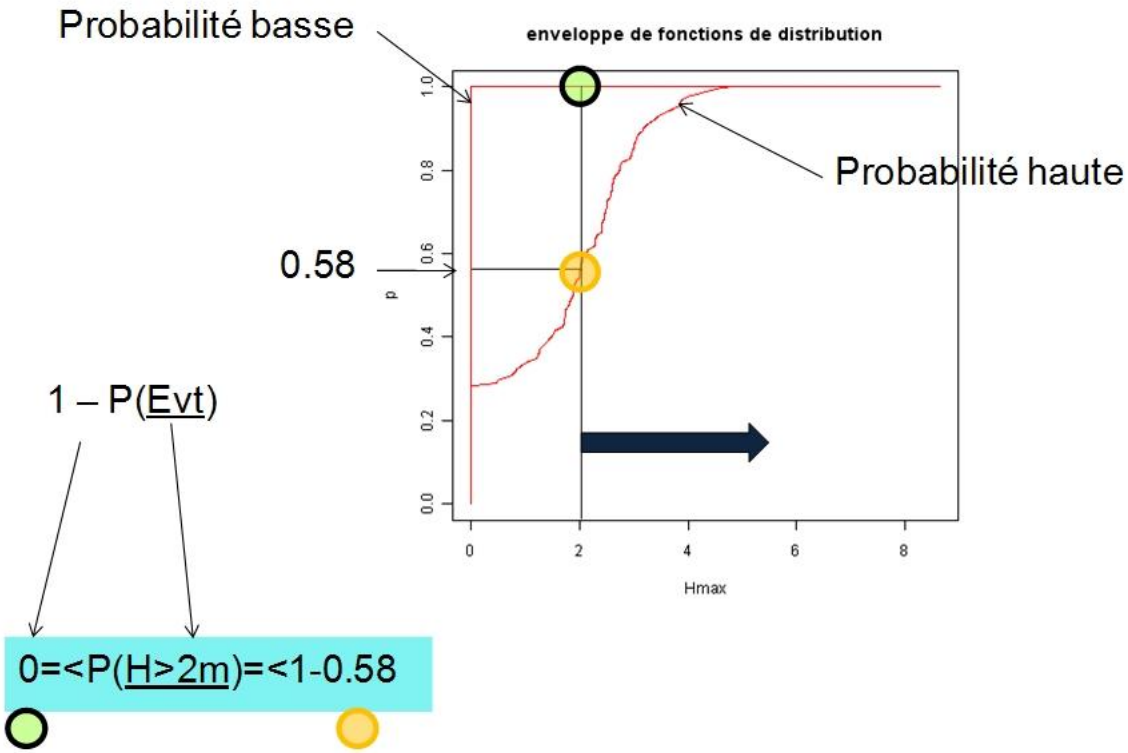
Sortie : Hauteur maximum Hmax **<u>en chaque pixel</u>**.

Critères d'intérêt : <u>en chaque pixel</u> :

- Fonction de croyance (pour fusion d'information),
- Fonction de répartition (CDF),
- Quantile 0.95 (avec intervalle de confiance),
- Probabilité de dépassement (exemple seuil = 2m).

Méthode de propagation : Hybride

Probabilité de dépassement de seuil

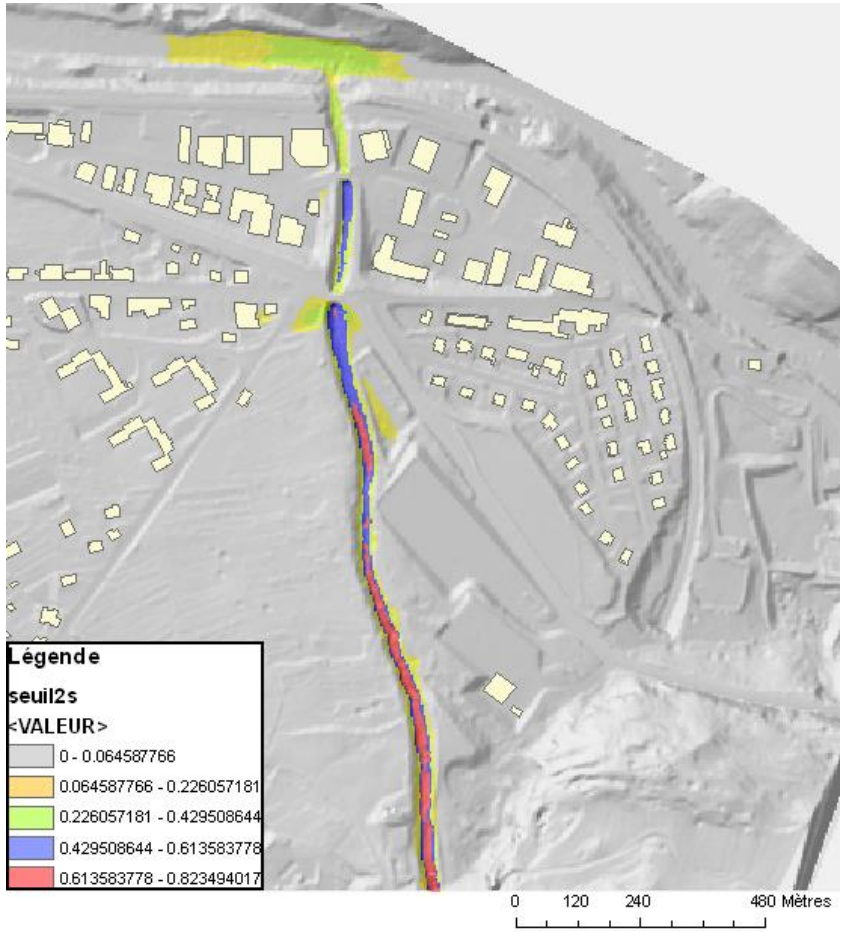


Pour chaque calcul en chaque pixel, probabilité de dépassement d'une hauteur d'écoulement de 2m

Probabilité de dépassement (seuil = 2m)

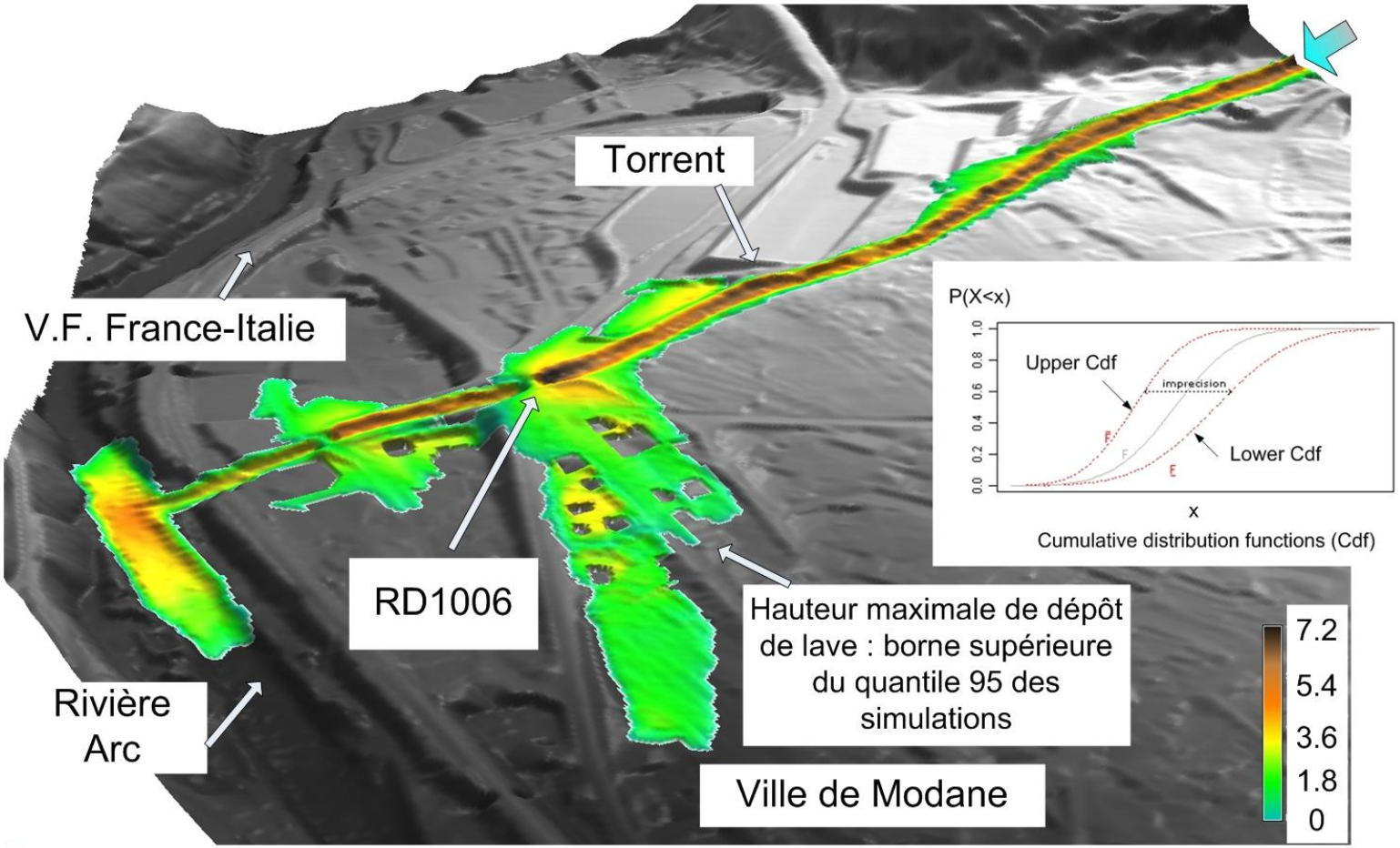
Probabilités basses

Probabilités hautes



Evaluation de l'aléa lave torrentielle

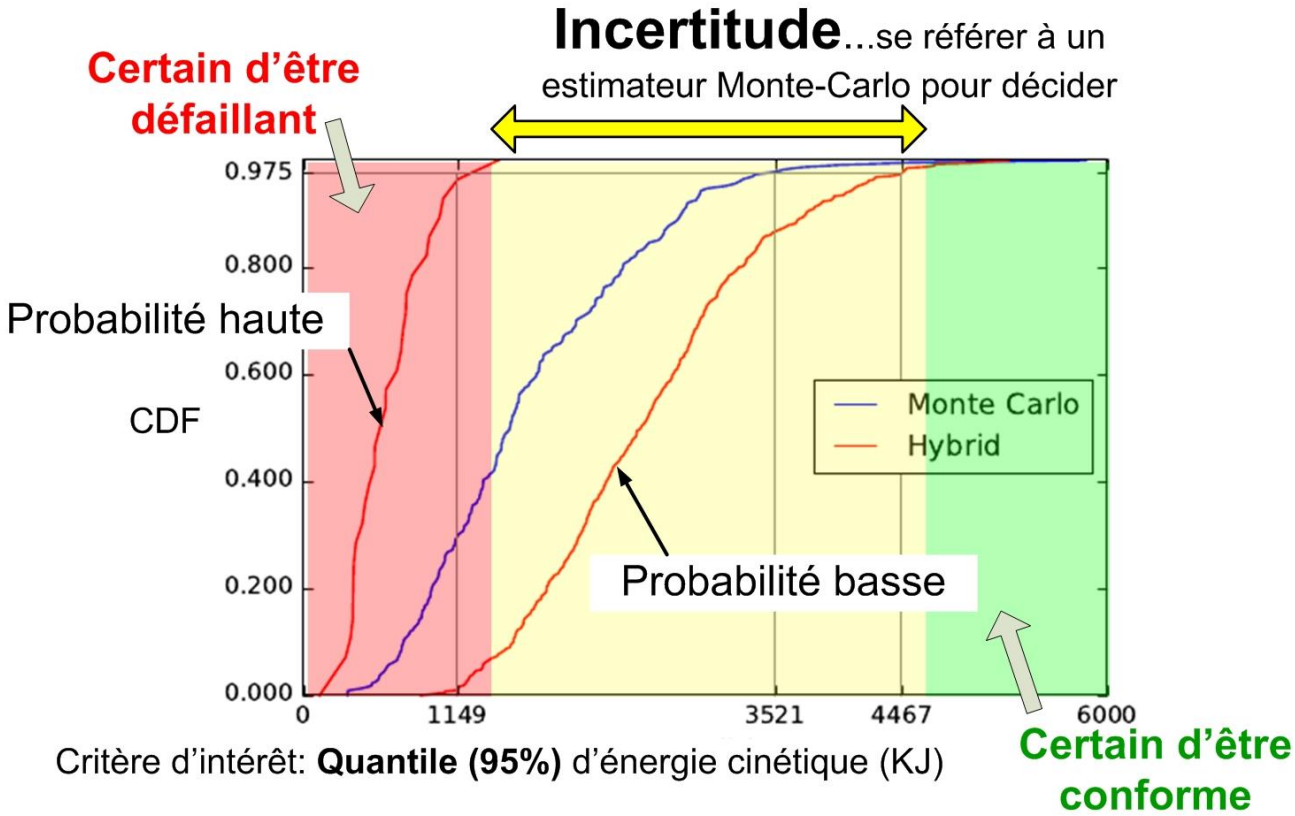
Torrent Saint-Antoine (Modane, Savoie, France)



Post ADAGE…

Propager et expliciter l'influence de l'imperfection induit des problématiques de décision délicates…

Considérant l'**imperfection** de l'**information** ,
Quelle valeur d'énergie devrions-nous choisir?

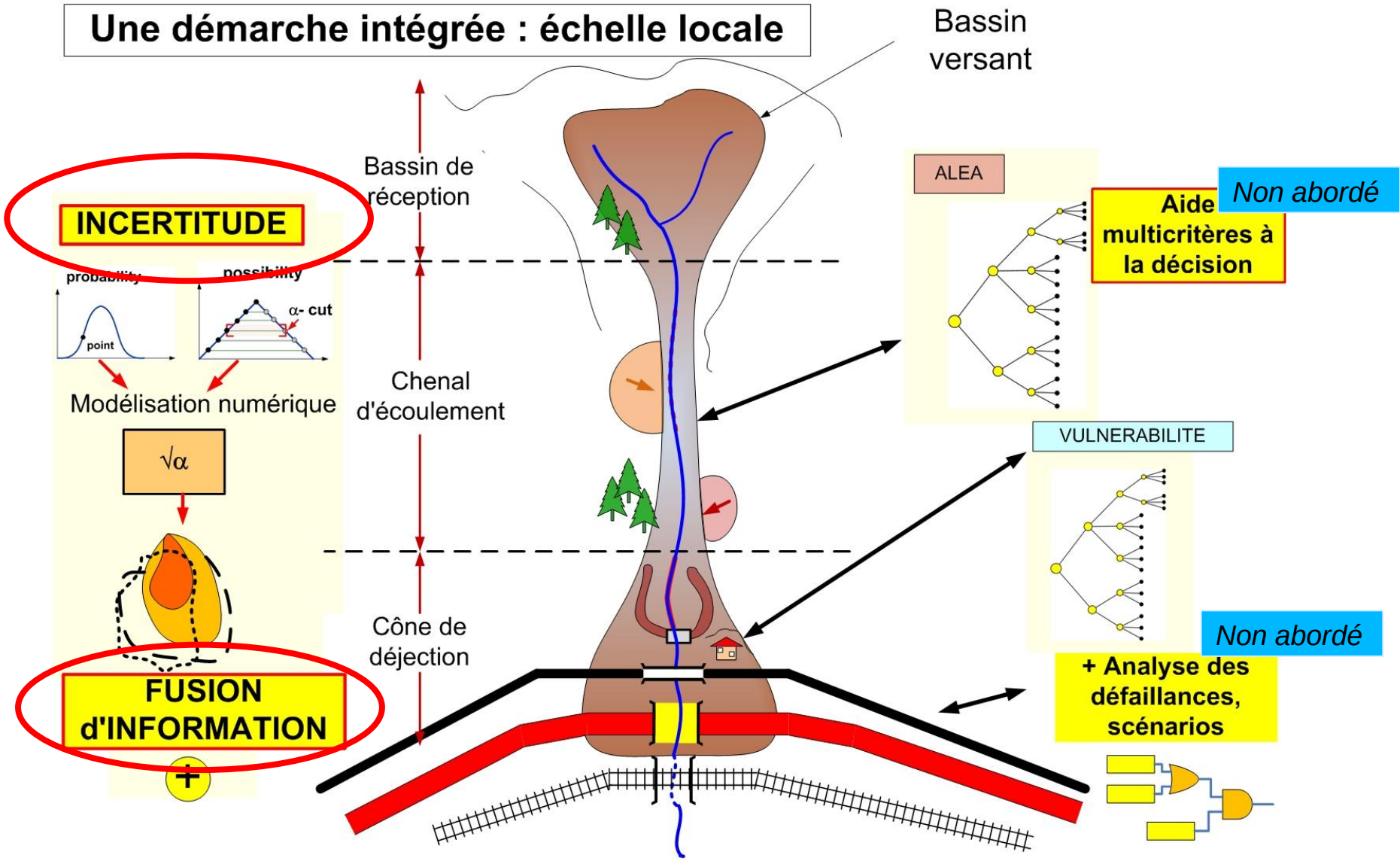


(Colloque Rock slope stability, 2016)

Post ADAGE…

Autres développements…

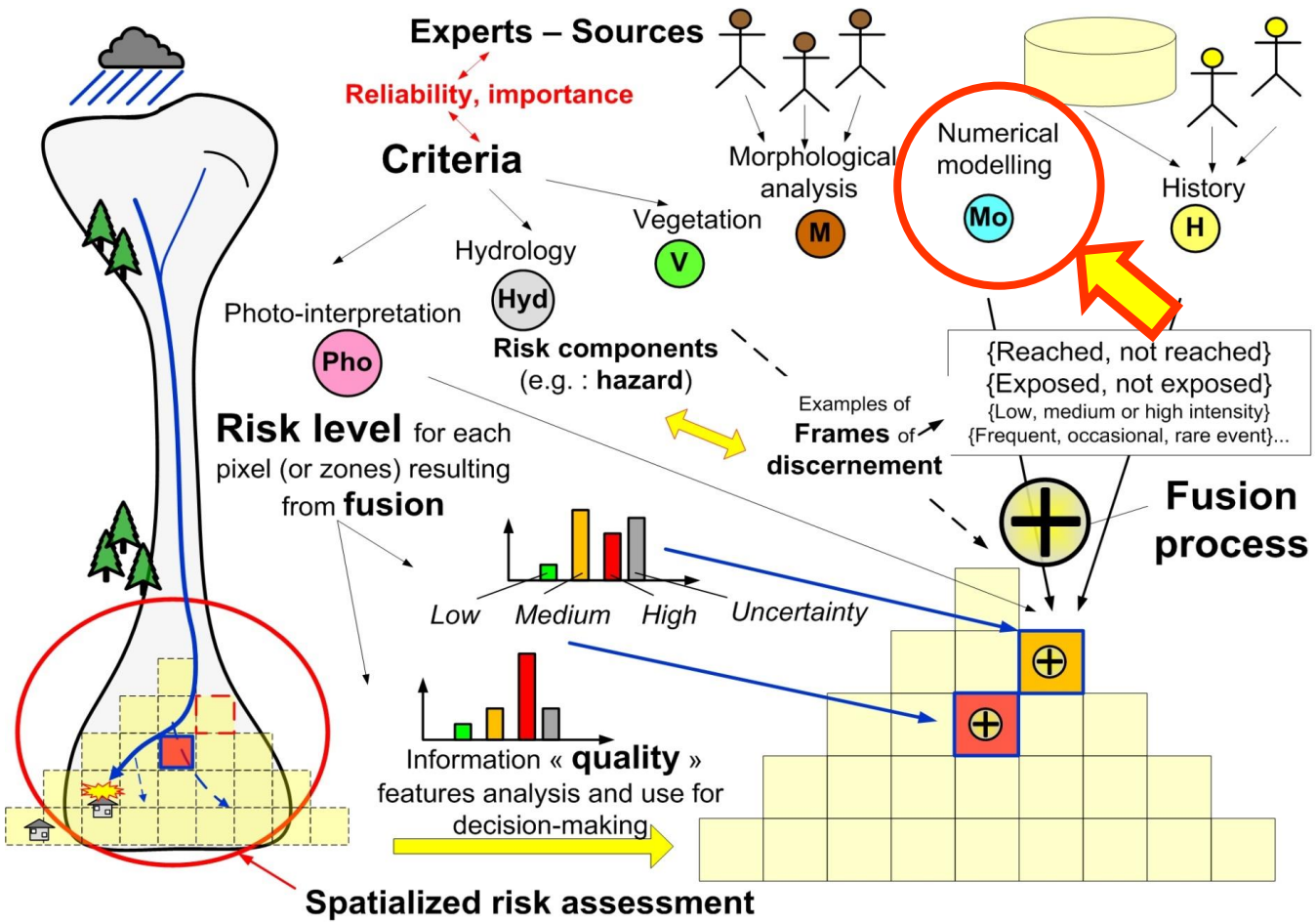
Information et décision dans le contexte torrentiel



Approches multirisques

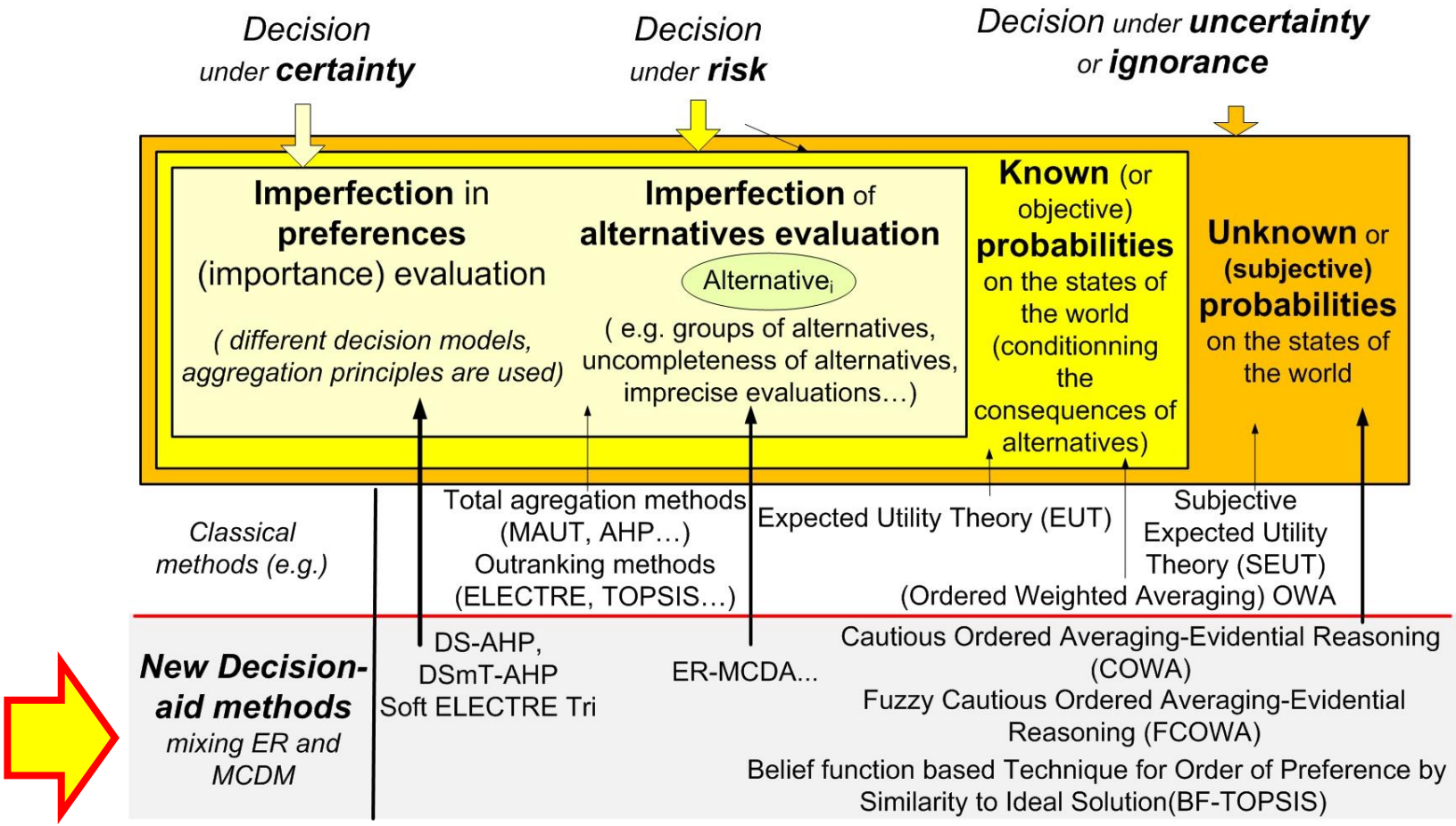
J.-M Tacnet et al., Bilan Eccorev 2011-2018, Aix-en-Provence, 6 février 2018

L'évaluation des risques dépend de l'information disponible : **fusion d'information**



in (Tacnet et al., 2010) – SAGEO'10 Int. Conference proceedings, Toulouse, 17-19 th november, France

Depuis 2011, développement de méthodes **d'aide multicritères à la décision en contexte d'information imparfa**ite...



(Colloque CIVEMSA 2017)

Conclusion, retour sur le futur (« passé et actuel »

- A l ’époque
  - Un test (réussi) de **méthodes innovantes** pour prendre en compte l'hétérogénéité et l'**imperfection** de l'**information**
  - Un **consortium** de **recherche** pluridisciplinaire associant des disciplines et domaines thématiques différents (Co-encadrement de stagiaires, communications à des congrès, montage d’un sujet de thèse incertitude…)

- Depuis…-> 2018
  - Développement de la thématique, exploration des concepts d’efficacité des ouvrages et de l’information, approches territoriales/intégrées
  - Montage de projets d’envergure (projets H2020 IntCrease, Maracana…)
  - …

Bonus : références bibliographiques et exemple d’approche territoriale….

Références en lien avec la thématique

Carladous, S. et al., 2017. Managing protection in torrential mountain watersheds: A new conceptual integrated decision-aiding framework. *Land Use Policy*, in press.

Carladous, S., 2017. Approche intégrée d'aide à la décision basée sur la propagation de l'imperfection de l'information - application à l'efficacité des mesures de protection torrentielle. PhD Thesis. Université de Lyon, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, France.

Tacnet, J.-M. et al., 2017. New MCDM Methods Under Uncertainty applied to Integrated Natural Risks Management. In *IEEE International Conference on CIVEMSA*. Annecy, France, 6 p.

Carladous, S., Tacnet, J-M.and Dezert, Batton-Hubert, M., 2017. Multi-Criteria Decision-Aid Methods based on Belief-Function Theory applied to Torrent Protection Efficiency in Information Quality in Information Fusion and Decision-Making, Bossé, É., Rogova, G. (Eds.), Springer.

S. Carladous, J.-M. Tacnet, J. Dezert, D. Han, M. Batton-Hubert, Evaluation of Efficiency of Torrential Protective Structures with new BF-TOPSIS Methods, in Proc. of 19th Int. Conf. on Information Fusion, Heidelberg, Germany, July 5-8 2016.

Piton, G., Carladous, S., Recking, A., Tacnet, J.-M., Liébault, F. and Kuss, D. and Queffelean, Y. and Marco,O.,Why do we build check-dams? An historical perspective from the French Experience, doi :10.1002/esp.3967, Earth Surface Processes and Landforms, X-X, 2016.

Carladous, S., Tacnet, J.-M. and Batton-Hubert, M., Protection structures against natural hazards: from failure analysis to effectiveness assessment, 13th Congress INTERPRAEVENT, Luzern, Switzerland, May 30 – June 1, 2016.

Carladous, S., Tacnet, J.-M. and Dezert, J. and Batton-Hubert, M., Belief function theory based decision support methods: Application to torrent protection work effectiveness and reliability assessment in Podofillini, L. and Sudret, B. and Stojadinovic, B. and Zio, E. and Kröger, W. (Eds.), Safety and Reliability of Complex Engineered Systems, 2805-2812, Taylor and Francis Group, London, UK, 2015.

Dupouy, G. and Bourrier, F. and Tacnet, J-M., Uncertainty propagation for rockfall hazard modelling: comparison of Monte-Carlo propagation method and Hybrid approaches in Podofillini, L. and Sudret, B. and Stojadinovic, B. and Zio, E. and Kröger, W. (Eds.), Safety and Reliability of Complex Engineered Systems, 2805-2812, Taylor and Francis Group, London, UK, 2015.

Tacnet J.-M., Dezert J., Curt C., Batton-Hubert, M., Chojnacki, E. How to manage natural risks in mountain areas in a context of imperfect information? new frameworks and paradigms for expert assessments and decision-making. Environment Systems and Decisions, 34(2):288–311, DOI 10.1007/s10669-014-9501-x, January,2014.

Tacnet, J.-M., Mermet, E., Zadonina, K., Deschatres, M., Humbert, P.,Dissart, J.-C. and Labbe,S., 2013. Road network management in the context of natural hazards: a decision-aiding process based on multi-criteria decision making methods and network structural properties analysis, Proceedings of the International Snow Science Workshop (ISSW 2013), 7-11 october 2013, 95-106, Grenoble, France.

Tacnet, J.-M. and Dezert, J. (2012). Decision Support Systems - Collaborative Models and Approaches in Real Environments, volume 121 of Lecture Notes in Business Information Processing, chapter New Belief Function Based Methods for Multi-Criteria Decision-Making, pages 103–120. Springer, Heidelberg, New-York, Dordrecht, London.

Tacnet, J.-M. (coord.), 2012. “Decision Support Guidelines: methods, procedures and tools developed in PARAmount project (WP 7) - imProved Accessibility: Reliability and safety of Alpine transport infrastructure related to mountainous hazards in a changing climate”, Irstea, Grenoble, France.

Dezert, J. and Tacnet, J.-M. (2012). “Soft electre tri outranking method based on belief functions”. In 15 th International Conference on Information Fusion Proceedings, 9-12 July 2012, pages 607–614, Singapore.

Tacnet, J.-M., Mermet, E., and Maneerat, S. (2012c). “Analysis of road networks exposed to natural hazards”. In Proceedings of AGILE’2012, 15 th international conference on geographic information science proceeedings, April 24-27, 2012, Avignon, France,, pages 370–375.

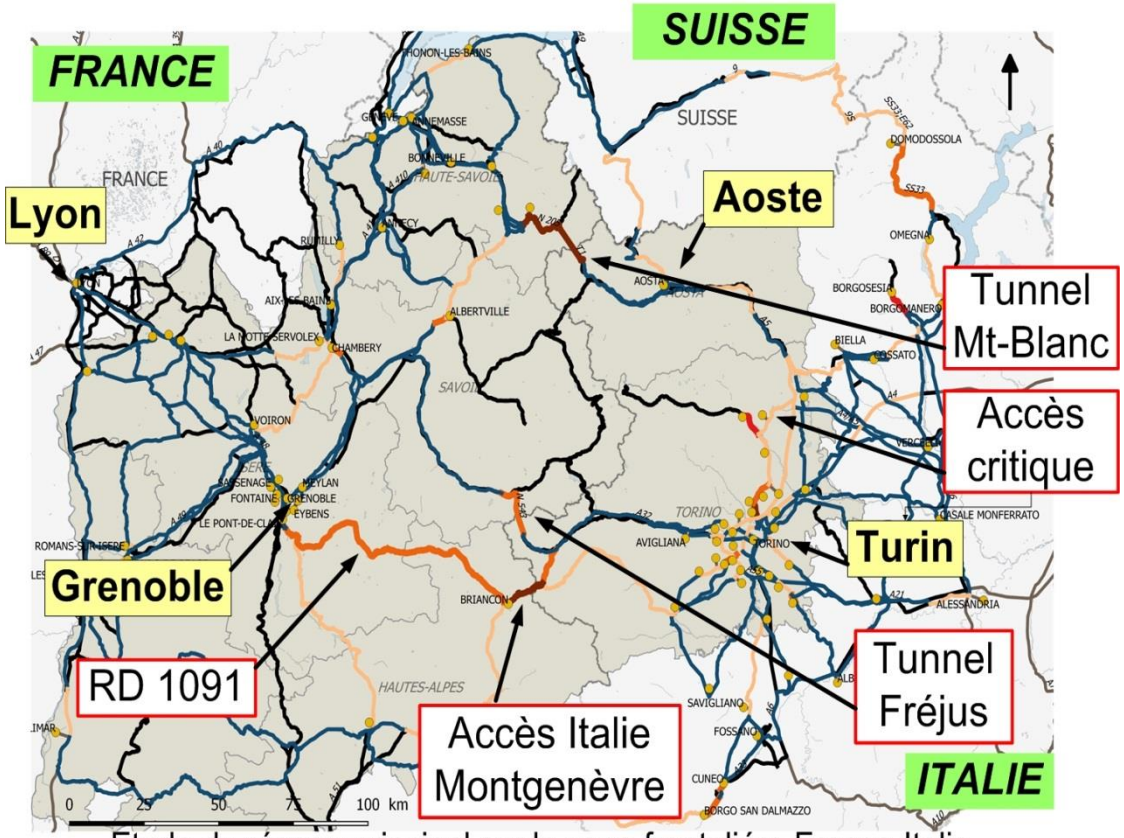
Tacnet, J.-M., Kaiber da Silva, J., Dupouy, G., Laigle, D., and Chojnacki, E. (2012b). Uncertainty assessment and integrated approach for risk management in mountains: application to debris-flows. In Proceedings of 18th Lambda Mu conference, 15-18 october 2012, Tours, France.

Tacnet, J.-M., Curt, C., Rey, B., and Richard, D. (2012a). Efficiency assessment for torrent protection works: an approach based on safety and reliability analysis. In Proceedings of the 12th international conference Interpraevent, 23-27 april 2011, Grenoble, France, pages 821–831, Grenoble, France.

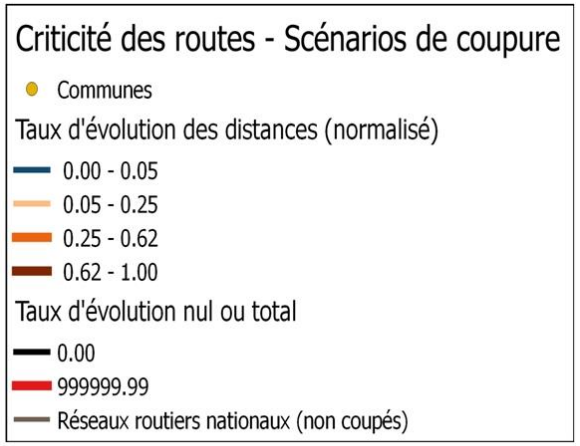
Tacnet, J.-M., Batton-Hubert, M., Dezert, J., Richard, D., 2012. “Decision Support Tools for Natural Hazards management under uncertainty. New approaches based on multicriteria decision analysis and evidential reasoning”. 12th international conference Interpraevent, 23-26 april, Grenoble, France, 2012, vol. 1, pp. 597-608.

Tacnet, J.-M. and Dezert, J. (2011). “Cautious OWA and evidential reasoning for decision under uncertainty”. In 14th International Conference on Information Fusion Proceedings, 5-8 July 2011, pages 2074–2081, Chicago, Illinois, USA.

Autres dev. : approche intégrée territoriale, criticité de la zone transfrontalière…



Etude du réseau principal sur la zone frontaliére France-Italie
(Hypothèse d'exposition avalanches et chutes de blocs)

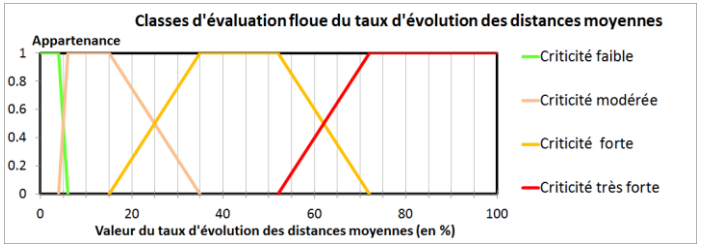


Démarche:

- **Coupure** d'un tronçon ;
- Calcul du nouvel **indicateur d'éloignement moyen** du **réseau endommagé** ;
- Calcul du **taux d'évolution** entre l'indicateur de référence et l'indicateur du scénario d'endommagement pour chaque tronçon (**criticité**).

Aide à l'interprétation experte

(nombres flous, aide multicritères, indicateurs)



(Tacnet et al., 2017)

Colloque SHF Résilience 2017, Paris, 10-11 octobre.)