



C2ROP

Chutes de Blocs
Risques **R**ocheux
Ouvrages de **P**rotection

23/05/16

Grenoble

Séance 3

«Vulnérabilité - Résilience »

Appui et accompagnement des MOA

Carine Peisser, Benjamin Einhorn



*Pôle Alpin d'Etudes et de Recherche
pour la Prévention des Risques Naturels*

Ordre du jour

10h - Notions de vulnérabilité, générales et appliquées aux réseaux

11h - Témoignages des MOA

12h30-13h30 – Repas buffet

13h30 - Apports méthodologiques – exemples

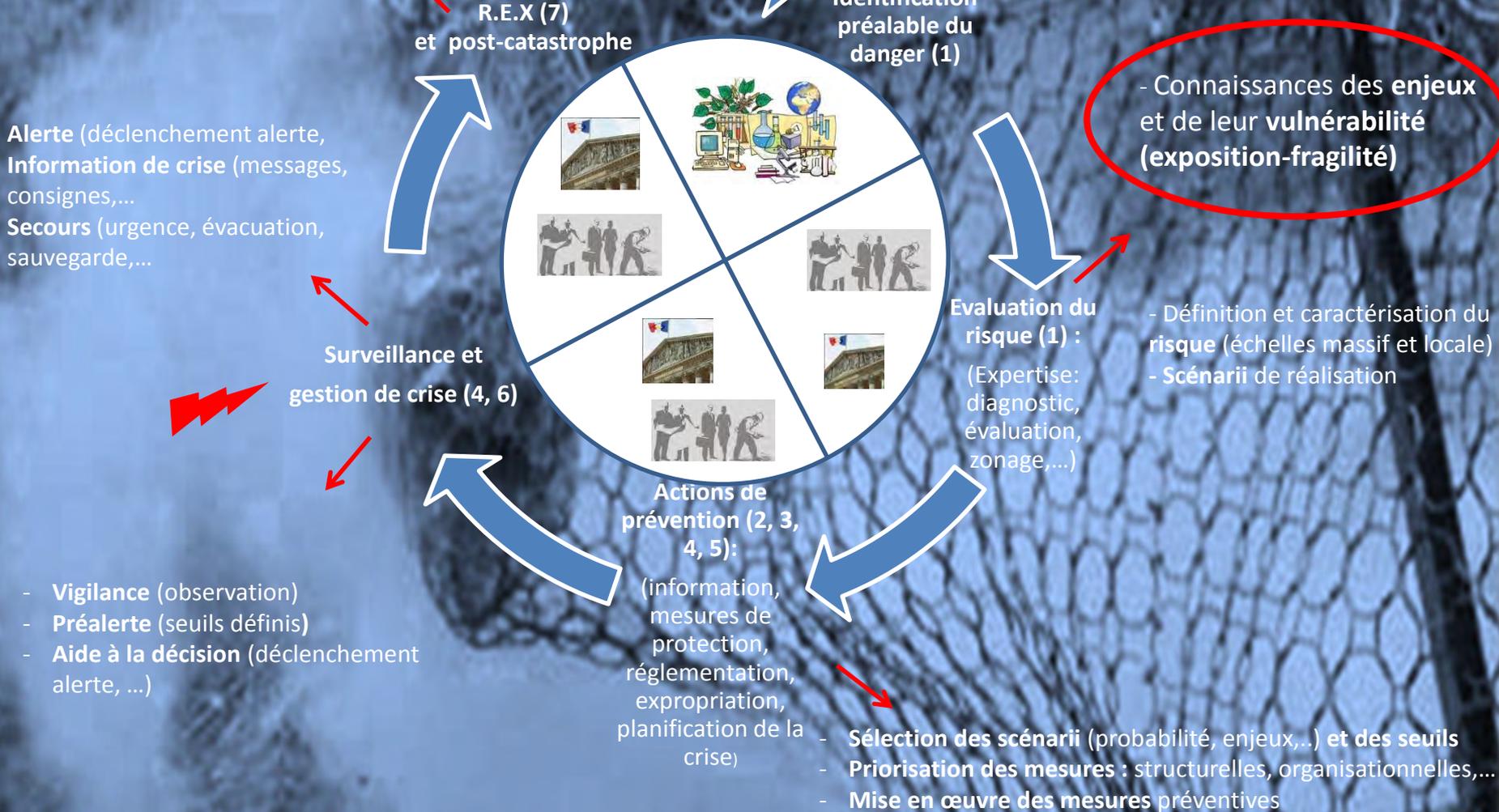
Ouverture vers la notion de résilience

15h - Réflexion collective : quelles données, quels besoins

16h - Fin

- Modalités de capitalisation (à chaud, à froid)
- Réorganisation-reconstruction
- Retour à la normale
- Modalités de suivi

- Connaissances du milieu
- Connaissances des phénomènes
- Connaissances des aléas



Quelques définitions spécifiques

Sources: projet Alcotra RISKYDROGEO (2006)

Les phénomènes et dangers en question

Chute de pierres/blocs

Phénomène instable qui implique le détachement de morceaux de roche de dimensions variables (dm^3 au m^3) et leur propagation dans la pente (chute libre, rebond, roulement, glissement) jusqu'à ce qu'ils atteignent une position d'équilibre.

Eboulement en masse

Phénomène instable qui implique le détachement d'une masse rocheuse qui, lorsqu'elle est suffisamment fractionnée, a tendance à se comporter comme un fluide (avalanche rocheuse) avec d'importantes interactions entre les éléments. Ces phénomènes restent régis par les lois de la mécanique des roches.

Danger

Intensité ou magnitude d'un phénomène d'instabilité existant ou potentiel, qui possède des caractéristiques géométriques et mécaniques spécifiques. Cette définition appliquée aux chutes de blocs implique l'identification et l'analyse des zones productrices de blocs. L'estimation de l'intensité des chutes de blocs est basée sur des paramètres tels que, la hauteur de vol, la vitesse, l'énergie

Les aléas en question

Probabilité de rupture (P_r) ou Aléa de départ

Probabilité de mobilisation pour une période donnée d'une instabilité rocheuse dont la position dans la falaise et le volume ont été reconnus.

Probabilité de propagation (P_p) ou Aléa de propagation

Probabilité qu'un aléa (instabilité rocheuse dont les caractéristiques et la position ont été prédéfinies) transite par un lieu donné. Les caractéristiques telles que les énergies, hauteurs de vol, vitesses, masses, etc. peuvent être définies par des distributions statistiques.

Probabilité d'atteinte (aléa résultant : A)

Probabilité de réalisation en un lieu donné et au cours d'une période donnée d'un phénomène dangereux.

Selon la définition précédente des chutes de blocs :

$$A = A(D) = P_r * P_p$$

Il y a la dimension d'une fréquence.

Les Vulnérabilités en question

1 - Définition sociale

Vulnérabilité = « Lien intrinsèque qui relie une organisation et l'ensemble des déficits qu'elle génère » (Soulet, 2007)

En pratique = « fragilité, faiblesse »

- **Exposition** : au sens spatial du terme
- **Sensibilité** : par opposition à l'endurcissement

Les Vulnérabilités en question

2 - Définition mathématique

Enjeu (E)

Population, propriété, activité économique, infrastructure, service public ou bien environnemental situé dans un lieu exposé à un danger et représentant un potentiel de perte (notamment économique).

Valeur des enjeux (W)

Valeur économique ou nombre d'unités de chaque élément à risque situé en un lieu donné.

$$W = W(E)$$

Vulnérabilité (V)

Degré de perte causé par un phénomène dangereux d'intensité fixée à un ou plusieurs éléments à risque.

$$V = V(D;E)$$

Il varie de 0% (aucune perte) à 100% (perte totale)

Les Vulnérabilités en question (suite)

Damage potentiel WI

Pertes potentielles occasionnées par un événement d'intensité fixée .

$$WI = WI(D;E) = W(E) * V(D;E)$$

Il est exprimé soit en terme de nombre d'unités exposées, soit en terme financier.



Fonctions de dommages

- Couramment utilisées pour les inondations
- Quasi inexistantes pour les autres aléas... en France

Les Risques en question

Risque spécifique R_s

Degré de perte supposé pour une période donnée d'un élément à risque que peut causer un phénomène dangereux d'intensité fixée

$$R_s = R_s(D;E) = H(D) * V(D;E)$$

Il est exprimé en termes de probabilité annuelle

Risque total R_t

Nombre attendu de pertes en vies humaines, blessés, dommages aux biens et à l'activité économique causée par un phénomène naturel particulier.

$$R_t = R_t(D;E) = (I) (D;E) * W(E) = R_s(D;E) * W(E) = H(D) * WI(D;E)$$

Il est exprimé soit en terme de nombre d'unités exposées, soit en terme financier

A - La problématique spécifique de la vulnérabilité des réseaux

La vulnérabilité des réseaux de transports en question

Vulnérabilité des réseaux de transport

≠

Vulnérabilité des infrastructures linéaires

Les enjeux / spécificité « réseau » :

- Plusieurs formes d'endommagement, associées à des formes de vulnérabilités génériques, intrinsèques à l'enjeu et non plus spécifiques à l'aléa.
- Vulnérabilité spatiale (exposition) très étendue ;
- Les conséquences de l'endommagement se répercutent très loin du lieu d'endommagement

La vulnérabilité des réseaux de transports en question (suite)

Distinctions entre 2 modes d'endommagement principaux, pour 2 formes de vulnérabilité :

- **Vulnérabilité matérielle:** celle associée aux infrastructures notion de « **réseau-support** » (valeurs liées à l'infrastructure de transport et matériel roulant)
- **Vulnérabilité fonctionnelle:** celle associée aux usages « **réseau-service** » (valeurs liées à la fonctionnalité, l'exploitation des réseaux : organisation du service, bénéfice retiré par les usagers compte-tenu de leur demande en déplacement)

Distinctions entre 2 cinétiques d'impacts:

- Catastrophes soudaines : les bilans mettent en avant la **vulnérabilité matérielle**: l'endommagement matériel des infrastructures et les pertes en vies humaines. (dimension support): **coût direct (MOA)**
- Aléas inscrits dans la durée: l'évaluation tend à prendre en compte la **vulnérabilité fonctionnelle**: les pertes à long terme et les coûts indirects. (dimension service), **coût indirects (Territoire)**

La vulnérabilité des réseaux de transports en question (suite)

Écueil de l'approche aléa déterministe

Mène trop souvent à privilégier tel ou tel type d'endommagement ou à confondre entre elles des formes d'endommagements distinctes : conséquences du risque peu lisibles pour le gestionnaire.

=> **point crucial, mais délicat dans le cadre de C²ROP - MOA (multiplicité des enjeux)**

Notion de vulnérabilité structurelle:

- Réseau : définit comme un système (mise en relation des lieux sur un territoire compte tenu des potentialités offertes par sa structure, indépendamment de tout contexte d'usage).
- Catastrophe: désorganisation, structure détériorée par l'endommagement matériel initial.

Mesurer la vulnérabilité structurelle revient alors à calculer la perte d'efficacité relationnelle du réseau.

=> **de nouvelles marges de manœuvre gestionnelles, en terme de résilience « service » et non plus « support »**

La vulnérabilité des réseaux de transports en question (suite)

Evaluation des vulnérabilités (1)

Vulnérabilité matérielle (coût direct : MOA)

Evaluation économique des dommages directs associés au « **réseau support** », sur l'infrastructure, sur le matériel roulant : facilité ++ (?) => **enjeu MOA de mutualisation des données « coût travaux »**

- Ex de mode de calcul classique : recensement des dégâts matériels identifiés X liste des valeurs monétaires marchandes ou vénales des enjeux répartis sur le territoire. (Leone e al, 1995).
- Focus méthodo : estimation des dommages matériels aux réseaux : identifier les infrastructures exposées et décrire leurs différents niveaux d'endommagement grâce à des indicateurs qualitatifs et quantitatifs généralement appelés « taux » ou « degrés d'endommagement ». Ces taux mesurent la dégradation potentielle de la valeur matérielle des infrastructures. Ils sont classiquement évalués grâce à des **modèles simulant des impacts physiques sur les réseaux**, et également grâce à des retours d'expériences associant des taux d'endommagement réels aux différents modes d'endommagement observés sur les enjeux lors de phénomènes antérieurs
- Ex de grille des « coûts des dommages par catégories d'occupation du sol et par type de voirie » proposée par S. Glatron (Glatron, 1997, p. 167) (autres fonction de dommages: cf Outils)

Vulnérabilité fonctionnelle (coût indirect : Territoire)

Evaluation délicates: complexités des coûts en cascade (Provitolo, 2006), perturbation d'ampleur variable (rallongement trajet, congestion trafic : retard, report).

- Une règle qualitative : le niveaux d'endommagement fonctionnel est proportionnel à la durée de la perturbation , donc à la gravité des dommages matériels .(Leone e al, 1995) (**une règle à questionner en territoire de montagne: ex Bourne, Arly**)
- Ex de mode de calcul (IIBRBS, 1998): évaluation des dommages fonctionnels aux réseaux par simulation de la réorganisation du trafic sur le réseau partiellement endommagé dans le contexte précis de scenarii de référence. Les différences de parcours et les ralentissements imposés aux usagers sont traditionnellement convertis **en nombre d'heures perdues, monétarisées** (conversion économique compte tenu de coefficients multiplicateurs représentatifs des habitudes de déplacement des usagers, des modalités usuelles du trafic et du coût de l'heure perdue (cf. les coefficients utilisés par IIBRBS (IIBRBS, 1998) ou encore les grilles de correspondance proposées par le ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie (MECV, 1980)). Chaque scénario est évalué par le montant monétaire équivalent à l'ensemble des heures perdues par les usagers.

La vulnérabilité des réseaux de transports en question (suite)

Evaluation des vulnérabilités (2)

Vulnérabilité matérielle (coût direct :MOA) : endommagement infrastructurel

Vulnérabilité fonctionnelle (coût indirect: Territoire) : perturbation fonctionnelle

Vulnérabilité structurelle du réseau (coût intermédiaire) :

Problème : si le nombre total d'heures perdues par les usagers suite à l'indisponibilité d'une route est élevé, doit-on imputer ce coût à l'endommagement de l'infrastructure (facteur matériel) ou à une fréquentation particulièrement élevée de cette route compte tenu des demandes en déplacement formulées par les usagers (facteur fonctionnel) ?

On pointe ici la qualité rationnelle, structurelle du réseau: configuration locale du réseau obligeant des usagers à emprunter des détours coûteux ? Cad un facteur intermédiaire aggravant en cas de d'endommagement

Approche qualitative : basée essentiellement sur des scénarii de rupture, puis calcul des km de contournement et l'augmentation des temps de parcours, mais aussi la qualité des itinéraires de délestage,...

Sources:

GLATRON S., 1997, L'évaluation des risques technologiques majeurs en milieu urbain : approche géographique ; le cas de la distribution des carburants dans la région Île-de-France, Thèse de doctorat de Géographie, Université de Paris I – Panthéon-Sorbonne, 393 p.

LEONE F., ASTE J.-P., VELASQUEZ E., 1995, Contribution des constats d'endommagement au développement d'une méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité appliquée aux phénomènes de mouvements de terrain, Bulletin de l'Association de Géographes Français, vol. 4, p. 350-371.

PROVITOLO, 2006, Vulnérabilité aux inondations méditerranéennes en milieu urbain, Annales de Géographie, n°653, p. 23-41.2007

IIBRBS et al., 1998, Approche qualitative des impacts économiques des inondations sur le bassin de la Seine. Étude test sur le département du Val-de-Marne

Les modes de gestion en question

Perspectives de gestion :

La mise en œuvre de mesures de protection et les actions de réduction de l'exposition doivent se combiner à des plans de continuité d'activité qui passent par la prise en compte de la **structure de l'enjeu**.

Dans une démarche fondée sur l'optimisation du rapport coût/bénéfice, ces perspectives permettent aux gestionnaires de **cibler leurs actions** sur tel ou tel niveau de vulnérabilité, en fonction des types d'enjeux considérés.

B – Exemples de méthodes et d'outils

Analyses monétisées – Fonctions de dommage

Exemple suisse : EconoMe

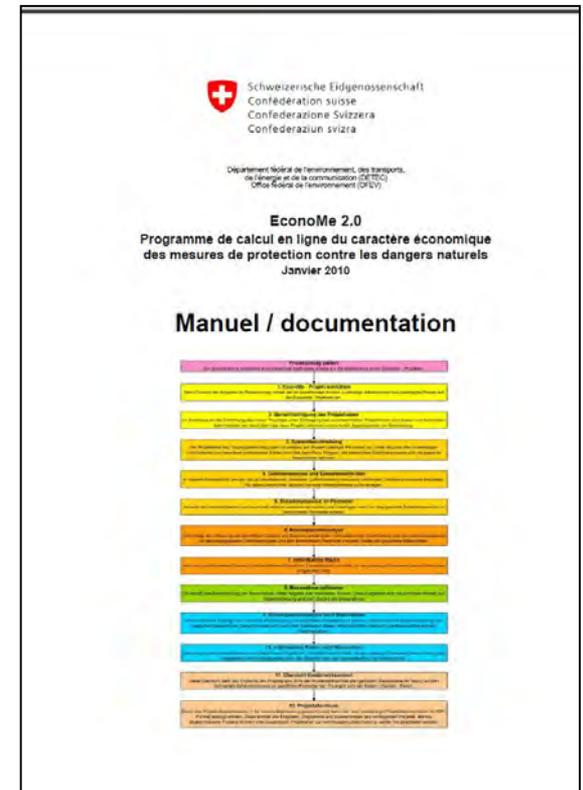
Cet instrument de calcul en ligne assiste l'OFEV pour le choix de projets de protection adaptés contre les processus gravitaires comme les avalanches, les laves torrentielles ou les chutes de pierres.

Il analyse le rapport utilité/coût de différentes mesures et permet ainsi d'estimer leur efficacité (diminution des risques) et leur rentabilité.

Depuis 2008, tous les projets de mesures de protection doivent être évalués avec EconoMe.

<http://www.econome.admin.ch/>

En 2016 : EconoMe 4.0 = manuel plusieurs fois amendé



Analyses monétisées – Fonctions de dommage

Exemple suisse : EconoMe

Objets pris en compte dans l'analyse : bâtiments, objets spéciaux, espaces verts/agricoles/forestier, réseaux

3.1.3 Trafic routier

Nombre	Occupation moyenne par véhicule	Trafic journalier moyen (TJM)	Vitesse moyenne
Indication du nombre de mètres linéaires de route menacés	Par défaut, 1,76 personne par véhicule (donnée OFS)	Données disponibles auprès de l'office cantonal compétent (p. ex. office des ponts et chaussées)	Vitesse maximale autorisée, par tronçon

3.1.4 Trafic ferroviaire

Nombre	Occupation moyenne par train	Fréquence journalière des trains	Vitesse moyenne
Indication du nombre de mètres linéaires de voie menacés	Valeur à demander à l'entreprise ferroviaire concernée	Valeur à demander à l'entreprise ferroviaire concernée	Valeur à demander à l'entreprise ferroviaire concernée

3.1.5 Lignes et conduites

Nombre
Indication du nombre de mètres linéaires de lignes ou de conduites menacés. Exception: les lignes à haute tension (dans ce cas, il faut fournir le nombre de pylônes menacés par le processus).

Analyses monétisées – Fonctions de dommage

Exemple : EconoMe – Exemples de dommages traités

- Dommages aux objets fixes: fonction de
 - La valeur des objets (par m³ pour les bâtiments, ou par mètre linéaire pour réseaux)
 - La probabilité d'occurrence spatiale de l'aléa (probabilité d'atteinte)
 - Sensibilité des objets
- Dommages aux personnes sur une route
 - Valeur (2010 = 5 M CHF = 3,5 M€ = « volonté de payer pour éviter des victimes »)
 - Probabilité de présence dans le temps et l'espace: trafic journalier moyen (véhicules/jour), taux d'occupation des véhicule (ex. CH 2010: 1,6 pers/vehic), vitesse moy. Des véhicules...
 - Létalité pour une personne se trouvant dans un véhicule: fonction du type d'aléa : phénomène – intensité, de la vulnérabilité du véhicule
- Dommages aux personnes dans un train:
 - Cas de l'impact direct d'une pierre sur un train : probabilité d'atteinte, fréquence de train, nb passagers/train, taux d'occupation, long. train, vit. moy., létalité dans un wagon ...
 - Cas d'une collision avec des matériaux sur la voie : probabilité de collision, proba que le conducteur puisse être averti à temps, proba de rupture de caténaire...
- Dommages aux personnes à l'intérieur d'un bâtiment (ex. gare)...

Analyses monétisées – Fonctions de dommage

Exemple : EconoMe

Ex: Dommages aux personnes dans un train:

- Cas d'une collision avec des matériaux sur la voie :

	Avalanche	Processus de chute	Glissement de terrain	Lave torrentielle	Coulée de boue	Inondation
Probabilité pour l'avertissement $p(wa)$	30 %	10 %	20 %	20 %	20 %	30 %
Probabilité pour la coupure de caténaire $p(uF)$	50 %	10 %	20 %	20 %	20 %	50 %

Tableau 1: Valeurs indicatives de probabilité pour l'avertissement du conducteur de la locomotive et pour la coupure de la caténaire (à compléter le cas échéant pour d'autres dangers naturels).

	vitesse en km/h					
	< 30 km/h	30 - 50 km/h	51 - 80 km/h	81 - 100 km/h	101 - 120 km/h	> 120 km/h
λ_{eff}	0	0.001	0.01	0.03	0.05	0.08
SE(BAnp)	0	0.005	0.05	0.15	0.25	0.40

Tableau 2: Valeurs de létalité et de vulnérabilité en cas de collision avec des matériaux déposés, en fonction de la vitesse signalisée.

Analyses monétisées – Fonctions de dommage

Exemple : EconoMe - Valeurs de vulnérabilité et de létalité paramétrées pour différents types d'objets, pour chaque phénomène (intensité faible, moyenne, forte).

-Ex. Phénomène Avalanche

Trafic routier				Vulnérabilité / Intensité			Létalité effective / Intensité								
ID type d'objet - Description de l'objet	Facteur			Vulnérabilité / Intensité			Létalité effective / Intensité								
	Base	Unité	Ø Occupation	faible	moyenne	forte	faible	moyenne	forte						
34 - Pont autoroute (largeur 25 m)	75000	CHF/m	1.78	10	0.005	10	0.7	10	0.9	11	0.00025	11	0.21	11	0.38
31 - Pont pour un seul véhicule (largeur 4 m)	16000	CHF/m	1.78	10	0.005	10	0.7	10	1	11	0.00025	11	0.21	11	0.4
33 - Pont route cantonale (largeur 12 m)	38000	CHF/m	1.78	10	0.005	10	0.7	10	1	11	0.00025	11	0.21	11	0.4
32 - Pont route communale (largeur 8 m)	24000	CHF/m	1.78	10	0.005	10	0.7	10	1	11	0.00025	11	0.21	11	0.4
56 - Chemin rural ou forestier (goudronné)	700	CHF/m	1.78	10	0.005	10	0.1	10	0.2	11	0.00025	11	0.1	11	0.2
55 - Chemin rural ou forestier (gravier)	500	CHF/m	1.78	10	0.005	10	0.1	10	0.2	11	0.00025	11	0.1	11	0.2
67 - Autre objet de trafic routier	1	CHF/m	1.78	11	0.005	11	0.7	11	0.9	11	0.00025	11	0.35	11	0.72
26 - Route communale (largeur 8 m)	2300	CHF/m	1.78	10	0.005	10	0.1	10	0.2	11	0.00025	11	0.1	11	0.2
25 - Route cantonale (largeur 12 m)	4100	CHF/m	1.78	10	0.005	10	0.1	10	0.2	11	0.00025	11	0.1	11	0.2
24 - Route nationale (largeur 25 m)	9500	CHF/m	1.78	10	0.005	10	0.1	10	0.2	11	0.00025	11	0.1	11	0.2
Lignes et conduites				Vulnérabilité / Intensité			Létalité effective / Intensité								
ID type d'objet - Description de l'objet	Facteur			Vulnérabilité / Intensité			Létalité effective / Intensité								
	Base	Unité	Ø Occupation	faible	moyenne	forte	faible	moyenne	forte						
80 - Évacuation souterraine des eaux usées	1200	CHF/m	0	11	0	11	0	11	0	0	0	0	0	0	0
82 - Autre objet (ligne/conduite)	1	CHF/Stück	0	11	0.5	11	0.8	10	1	0	0	0	0	0	0
38 - Ligne aérienne (pylônes compris)	1500	CHF/Mast	0	11	0.005	11	0.5	11	1	0	0	0	0	0	0
61 - Conduite de gaz aérienne	1	CHF/m	0	11	0.5	11	0.8	11	1	0	0	0	0	0	0
80 - Conduite de gaz souterraine	800	CHF/m	0	11	0	11	0	11	0	0	0	0	0	0	0
57 - Ligne à haute tension (pylônes compris) <= 80 kV	400000	CHF/Mast	0	11	0.005	11	0.3	11	1	0	0	0	0	0	0
58 - Ligne à haute tension > 80 kV	1000000	CHF/Mast	0	11	0.005	11	0.3	11	1	0	0	0	0	0	0
37 - Ligne souterraine	1	CHF/m	0	11	0	11	0	11	0	0	0	0	0	0	0
62 - Ligne aérienne de télécommunication	1500	CHF/Mast	0	11	0.005	11	0.5	11	1	0	0	0	0	0	0
81 - Ligne souterraine de télécommunication	1500	CHF/m	0	11	0	11	0	11	0	0	0	0	0	0	0
59 - Conduites d'eau aériennes	800	CHF/m	0	11	0.5	11	0.8	11	1	0	0	0	0	0	0

Analyses monétisées – Fonctions de dommage

Exemple : EconoMe – Des valeurs différentes pour chaque type d'aléa (= fonction de dommage) Ex. Valeurs paramétrées pour trafic routier
- Ex. Chutes de pierres

Trafic routier ID type d'objet - Description de l'objet	Facteur			Vulnérabilité / Intensité						Létalité effective / Intensité					
	Base	Unité	Occupation	faible	moyenne	forte	faible	moyenne	forte						
34 - Pont autoroute (largeur 25 m)	75000	CHF/m	1.78	1	0.1	1	0.5	1	1	10	0.1	10	0.8	10	1
31 - Pont pour un seul véhicule (largeur 4 m)	18000	CHF/m	1.78	1	0.1	1	0.5	1	1	10	0.1	10	0.8	10	1
33 - Pont route cantonale (largeur 12 m)	36000	CHF/m	1.78	1	0.1	1	0.5	1	1	10	0.1	10	0.8	10	1
32 - Pont route communale (largeur 8 m)	24000	CHF/m	1.78	1	0.1	1	0.5	1	1	10	0.1	10	0.8	10	1
56 - Chemin rural ou forestier (goudronné)	700	CHF/m	1.78	1	0.1	1	0.5	1	1	10	0.1	10	0.8	10	1
55 - Chemin rural ou forestier (gravier)	500	CHF/m	1.78	1	0.1	1	0.5	1	1	10	0.1	10	0.8	10	1
67 - Autre objet de trafic routier	1	CHF/m	1.78	11	0.1	11	0.5	11	1	11	0.1	11	0.8	11	1
26 - Route communale (largeur 8 m)	2300	CHF/m	1.78	1	0.1	1	0.5	1	1	10	0.1	10	0.8	10	1
25 - Route cantonale (largeur 12 m)	4100	CHF/m	1.78	1	0.1	1	0.5	1	1	10	0.1	10	0.8	10	1
24 - Route nationale (largeur 25 m)	9500	CHF/m	1.78	1	0.1	1	0.5	1	1	10	0.1	10	0.8	10	1

Ex. Avalanches

Trafic routier ID type d'objet - Description de l'objet	Facteur			Vulnérabilité / Intensité						Létalité effective / Intensité					
	Base	Unité	Occupation	faible	moyenne	forte	faible	moyenne	forte						
34 - Pont autoroute (largeur 25 m)	75000	CHF/m	1.78	10	0.005	10	0.7	10	0.9	11	0.00025	11	0.21	11	0.36
31 - Pont pour un seul véhicule (largeur 4 m)	18000	CHF/m	1.78	10	0.005	10	0.7	10	1	11	0.00025	11	0.21	11	0.4
33 - Pont route cantonale (largeur 12 m)	36000	CHF/m	1.78	10	0.005	10	0.7	10	1	11	0.00025	11	0.21	11	0.4
32 - Pont route communale (largeur 8 m)	24000	CHF/m	1.78	10	0.005	10	0.7	10	1	11	0.00025	11	0.21	11	0.4
56 - Chemin rural ou forestier (goudronné)	700	CHF/m	1.78	10	0.005	10	0.1	10	0.2	11	0.00025	11	0.1	11	0.2
55 - Chemin rural ou forestier (gravier)	500	CHF/m	1.78	10	0.005	10	0.1	10	0.2	11	0.00025	11	0.1	11	0.2
67 - Autre objet de trafic routier	1	CHF/m	1.78	11	0.005	11	0.7	11	0.9	11	0.00025	11	0.35	11	0.72
26 - Route communale (largeur 8 m)	2300	CHF/m	1.78	10	0.005	10	0.1	10	0.2	11	0.00025	11	0.1	11	0.2
25 - Route cantonale (largeur 12 m)	4100	CHF/m	1.78	10	0.005	10	0.1	10	0.2	11	0.00025	11	0.1	11	0.2
24 - Route nationale (largeur 25 m)	9500	CHF/m	1.78	10	0.005	10	0.1	10	0.2	11	0.00025	11	0.1	11	0.2

Analyses monétisées – Fonctions de dommage

Et en France ?

⇒ Travail en cours CEREMA / PreGIPAM

=

Adaptation aux aléas de montagne des AMC utilisées dans les PAPI

(Données non encore diffusables)

AMC = Analyse multi critère

PreGIPAM = Préfiguration pour la Gestion Intégrée de la Prévention des Aléas de Montagne :

Expérimentation en cours sur 2 territoires du 05, préalable au lancement des futurs PAPAM (Programme d'Action de Prévention des Aléas de Montagne)

Inventaire des méthodologies d'évaluation multi-aléas et multirisque pour la gestion intégrée des risques naturels en montagne

Travail en cours

Contexte

- Mise en place expérimentale des **Plans d'Action et de Prévention des Aléas en Montagne (PAPAM)** proposés lors des ANRN 2013.
- Mission du PARN pour le compte de la DREAL PACA : « suivi et appui scientifique et technique à l'expérimentation PAPAM dans le département des Hautes-Alpes ».
- **Inventaire des méthodes et outils d'évaluation multi-aléas et multirisque** pour la gestion intégrée des risques naturels en montagne → Résultats des projets de recherche et de coopération territoriale alpine.

Appui méthodo PARN

- **Inventaire des projets** sur la thématique.
- **Fiches projet méthodologiques** : résultats et livrables des projets & accès aux ressources en ligne (liens hypertextes)
- **Note de synthèse** :
 - Typologie des méthodes d'analyse et d'évaluation multirisque
 - Aperçu des méthodes et outils disponibles

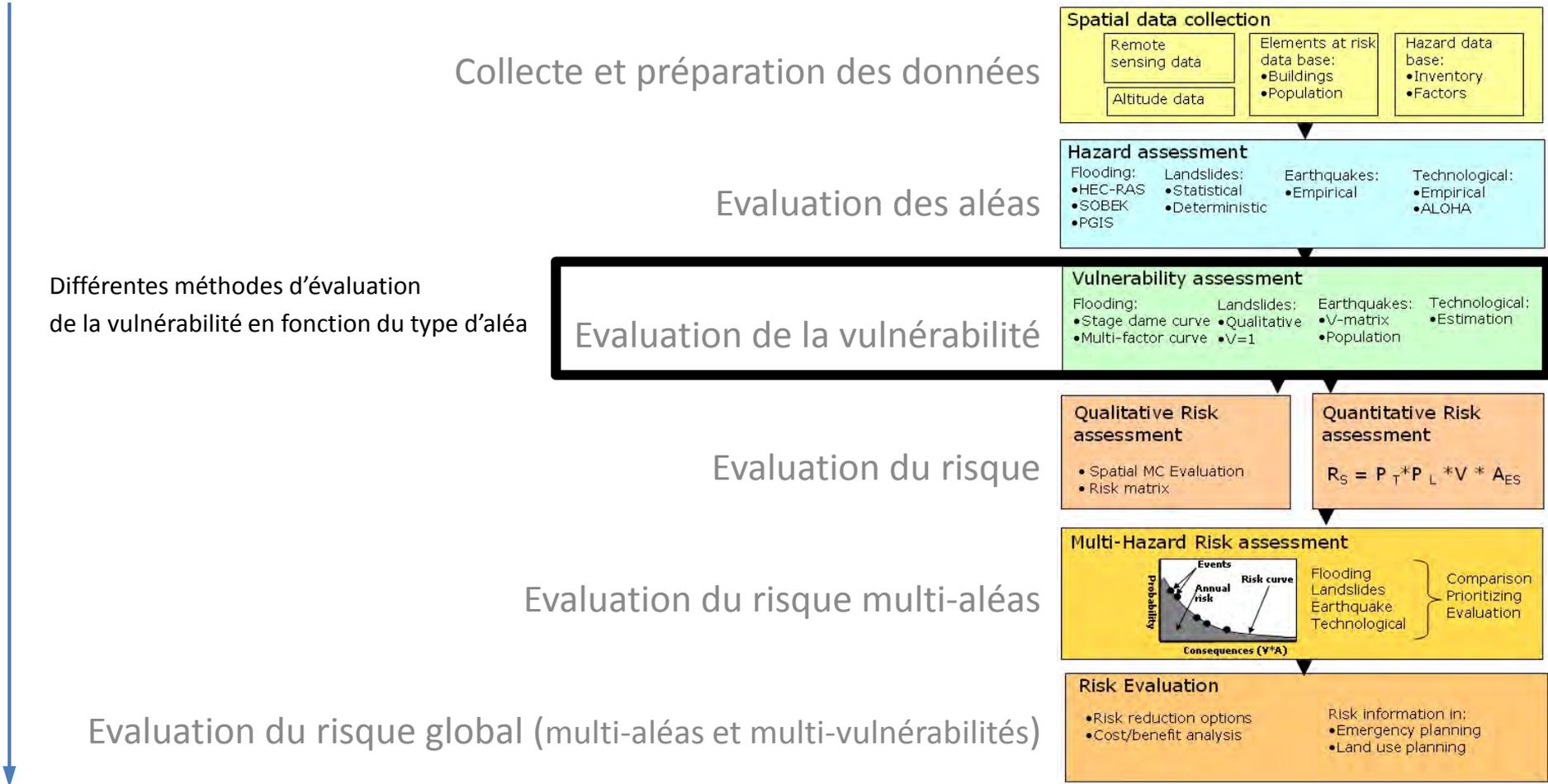
Méthodologies d'évaluation multi-aléas et multirisque pour la gestion intégrée des risques naturels en montagne

Inventaire des projets

Programme	Projet	Dates
FP6	ARMONIA – Applied multi Risk Mapping of Natural Hazards for Impact Assessment	2004-2007
	MOUNTAIN-RISKS – Mountain Risks: from prediction to management and governance	2007-2010
	NARAS – Natural risks Assessment	2005-2009
FP7	CAP-HAZ-NET – Social Capacity Building for Natural Hazards Toward More Resilient Societies	2009-2012
	CATALYST – Capacity Development for Hazard Risk Reduction and Adaptation	2010-2013
	CHANGES – Changing Hydro-meteorological Risks as Analyzed by a New Generation of European Scientists	2011-2014
	CONHAZ – Costs of Natural Hazards	2010-2012
	KULTURISK – Knowledge-based approach to develop a culture of Risk prevention	2011-2013
	MATRIX – New Multi-Hazard and Multi-Risk Assessment methods for Europe	2010-2013
	MOVE – Methods for the Improvement of Vulnerability Assessment in Europe	2008-2011
	SAFELAND – Living with landslide risk in Europe: Assessment, effects of global change, and risk management strategies	2009-2013
FP7 CIRCLE Mountain	ARNICA – Assessment of Risks on transportation Networks resulting from slope Instability and Climate change in the Alps	2010-2013
	Changing RISKS – Changing pattern of landslide risks as response to global changes in mountain areas	2010-2013
Interreg ESPACE ALPIN	AdaptAlp – Adaptation to Climate Change in the Alpine Space	2008-2011
	CLISP – Climate Change Adaptation by Spatial Planning in the Alpine Space	2008-2011
	PARAMount – imProved Accessibility: Reliability and safety of Alpine transport infrastructure related to mountainous hazards in a changing climate	2009-2012
Interreg ALCOTRA	RiskNat – Gestion en sécurité des territoires de montagne transfrontaliers	2009-2012
	RiskNET – Réseau transfrontalier sur les risques naturels	2013-2015
ANR	SAMCO – Adaptation de la société aux risques en montagne dans un contexte de changement global	2013-2017

Cadre méthodologique multi-aléas, multi-vulnérabilités, multi-risques

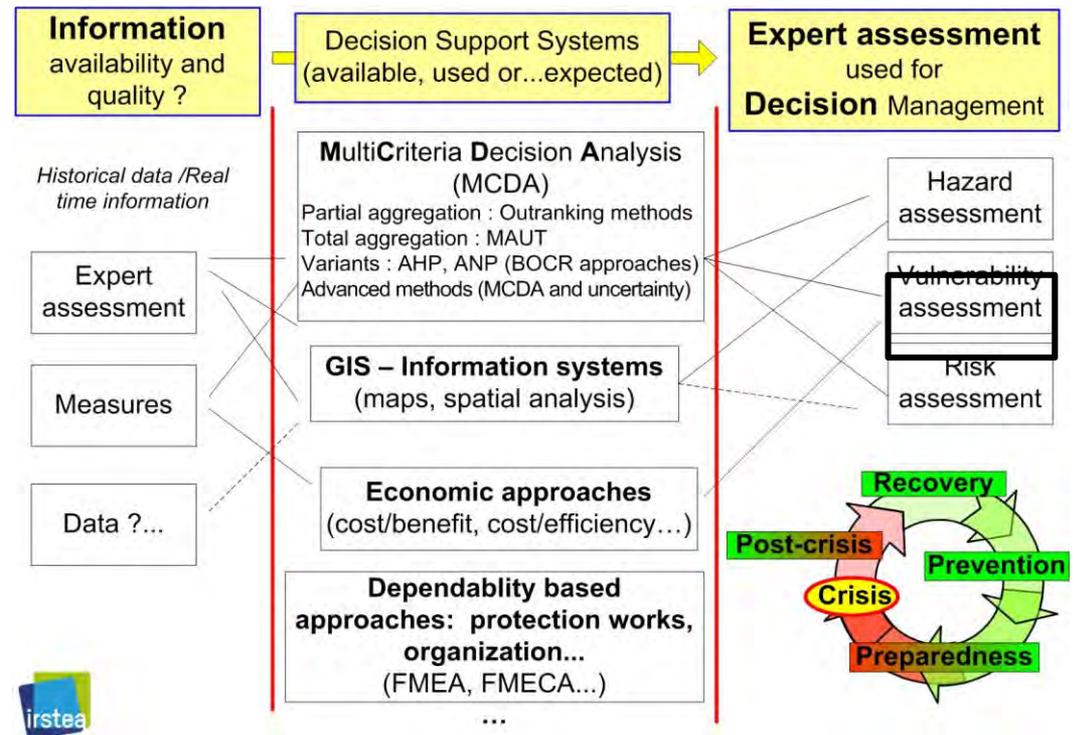
- Définition du cadre d'étude : secteur d'étude, période temporelle, objectifs.
- Etapes de l'évaluation :



Différentes méthodes d'évaluation de la vulnérabilité en fonction du type d'aléa

Inventaire des méthodes et outils

- Cartographie + Bases de données → SIG = outil intégrateur (inventaire et analyse)
→ Importance de l'interopérabilité des formats de données
- Evaluation quantitative du risque
- Analyses Socio-Economiques
- Analyses Multicritères
- Etc.



Exemple de Fiche projet/méthodes

Fiche projet | CHANGES

CHANGES

Changing Hydro-meteorological Risks as Analyzed by a New Generation of European Scientists

FP7 – A Marie Curie Initial Training Network | 2011-2015



Contexte / résumé du projet

The CHANGES network aimed to develop an advanced understanding of how global changes (related to environmental and climate change as well as socio-economical change) will affect the temporal and spatial patterns of hydro-meteorological hazards and associated risks in Europe; how these changes can be assessed, modelled, and incorporated in sustainable risk management strategies, focusing on spatial planning, emergency preparedness and risk communication. The overall strategy of the network is to bring together a group of researchers with diverse backgrounds, and disciplines. These experts together will make distinct and important contributions to solving problems in analyzing the effect of environmental changes on the risk for hydro-meteorological hazards and management.

Contenu du projet

Objectifs généraux

- Provide high-level training, teaching and research in the field of hazard and risk management in a changing environmental context to European young scientists.
- Reduce the fragmentation of research on natural processes.
- To develop a methodological framework combined with modeling tools for probabilistic multi-hazard risk assessment taking into account changes in hazard scenarios (related to climate change) and exposed elements at risk.

Activités du projet

Work-packages:

- WP1 – Modelling changes in hydro-meteorological multi-hazards
- WP2 – Evaluating changes in exposed elements at risk and their vulnerability
- WP3 – Development of a probabilistic risk assessment platform
- WP4 – Adapting risk management strategies to future changes
- WP5 – Establishing the risk governance framework
- WP6 – Network training and dissemination
- WP7 – Network management

International training courses: Professional skills courses; Technical skills courses; Topical workshops

Résultats principaux

The MCITN was inter-disciplinary and inter-sectoral by its nature. Active stakeholders' participation and the dissemination of the project results were important features of the project. High-level training facilities as well as scientific and technological excellence were provided to the next generation of researchers in the field of hazard and risk management.

The results of the CHANGES network contributed to the Toolcat Action numbers 2 and 3 of the Hyogo Framework for Action of the UN-ISDR, as risk assessment and management, combined with innovation and education are considered essential to confront the impacts of future environmental changes.

- Analysis of the changes in the frequency, magnitude and extent of hydro-meteorological hazards, as a result of environmental changes. These are analyzed both as single hazards, but also in a multi-hazard context, looking specifically at the interaction of the hazards. The results of this analysis are stochastic scenarios of possible triggering events, based on a combination of historical information, identification of mechanisms, downscaling of climate change models and use of predicted storm tracks, together with the resulting scenarios of hazard magnitude, extent and frequency.
- Analysis of the changes in exposed elements at risk and their vulnerabilities. This starts with an inventory of exposed elements at risk, and their characterization in terms of aspects that can be used for the assessment of vulnerability. The uncertainty in the expression of vulnerability is an important component. These uncertainties become large when dealing with the evaluation of future changes in exposed elements at risk, based on several land use scenarios.
- Probabilistic hazard scenarios are combined with scenarios of exposure data and their vulnerabilities to assess the risk in a probabilistic manner. Given the large uncertainties involved in predicting changes in risk, a probabilistic scenario is the most realistic one. A flexible modeling platform for multi hazard assessment at different scales will be developed. Dependent on the scale and requirements for risk management the modeling platform will use various statistical or physically-based models. It is able to link hazard processes, which are controlled by certain thresholds to forecast domino effects. Research is focused on the performance of these models in relation to data requirements and their effectiveness for multi risk assessment at different scales. The modeling platform will be user-friendly and is aimed to be used by stakeholders/users dealing with hazard and risk management.
- Hazard, vulnerability and risk assessment models will be combined into a web-based platform based on Open Source software which allows for a harmonization/standardization of methods applicable in priority areas.
- These risk scenarios form the starting point for defining risk management strategies that will concentrate on spatial planning and emergency preparedness. The risk reduction measures are implemented in a Decision Support System (DSS) which is also integrated in the platform.

Principaux résultats concernant les aspects multirisques et la planification territoriale

- **RiskChanges – Spatial Decision Support System (SDSS) for the analysis of changing hydro-meteorological risk:** The aim of this system to analyse the effect of risk reduction planning alternatives on reducing the risk now and in the future, and support decision makers in selecting the best alternatives. The SDSS is composed of a number of integrated modules (Data input: hazard, elements at risk, vulnerability; Loss and risk analysis, Cost-Benefit Analysis, Multicriteria evaluation, Visualization).
- **Extended abstracts of the International Conference on the Analysis and Management of Changing Risk for Natural Hazards (2014).**
- **Training material (cf. Livrables)**

- Ex.: Results for the Fella area**
- [Harmonized land-use/land-cover map](#)
 - [Probabilistic hazard vulnerability map](#)
 - [Probabilistic hazard risk map](#)
 - [Exposure and risk map](#)
 - [Dissemination work sheet](#) with the stakeholders

Exemple de visualisation des résultats d'une analyse multi-aléas multirisques

Exposure, vulnerability and risk for flooding and debrisflows Fella River/ Italy



Legend



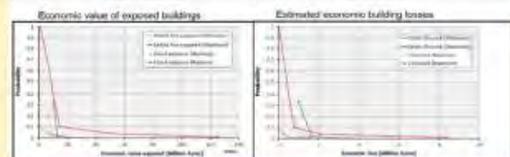
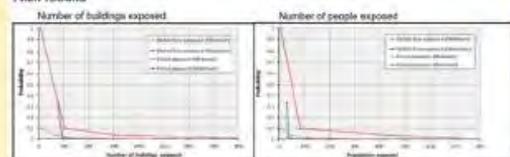
Hydrological results: Debrisflows



Exposure results: Floods



Risk results



<http://www.changes-hn.eu/Portals/0/Maps/2014/Fella/Fella%20Exposure%20and%20Risk%20%20map.pdf>

Exemple d'outil intégré : 'Changing Risks'

Intégration des données dans un
« Système Spatialisé d'Aide à la Décision »

Study area

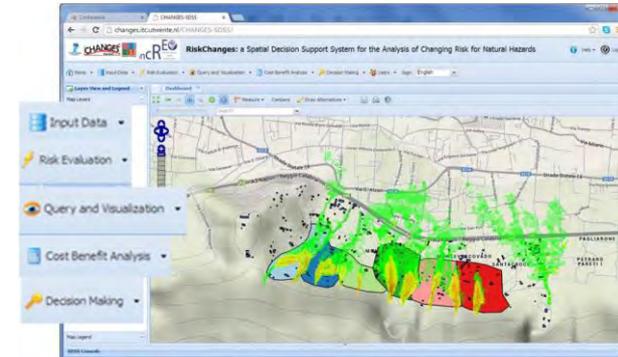
Administrative units

gid	admin_unit	Edit	Delete	Visualize
6	S11			
1	S13			
2	S14			
3	S12			
4	S10			
20	S18			
5	S01			



Hazard data

Elements-at-risk data



Exemple d'outil intégré : 'Changing Risks'

Project

Add Project

Project Name: First Nocera Project
 Goal: Mitigation of...
 Description: Project description...
 Organisation: Organisation Name...
 Contact Person: Contact of the organisation
 Email: Email of the responsible person
 Phone: +43 654 123 456

Link to Alternatives and Scenarios:
 Alternative Definition Scenario Definition

Link to specific Hazard and EaR Maps
 Set Parameters

Back Help Cancel

Possible future scenarios

Scenario Management:

Future Years: 2020 Add

Available Scenarios

Scenario Name	Keyword	Description	Edit	Delete
1 Population ch...	population	description fo...	[edit]	[delete]
2 Climate change	climate	description fo...	[edit]	[delete]
3 Land use cha...	land use	description fo...	[edit]	[delete]

Help Save Back Cancel

Adding Scenario

Name: Population change
 Keyword: population
 Description: description for population

Upload PDF File: Select a file Browse

Relation between Scenario and Alternative

Indicators

Help Save Back Cancel



Combination of alternatives and scenarios

Risk reduction Alternatives

Risk Reduction Alternative Management

Study Area: demo
 Project: current situation and alternative

Name	Description	Edit	Delete	Visualize
1 no alternative	None	[edit]	[delete]	[visualize]
2 engineering solutions	None	[edit]	[delete]	[visualize]
3 ecological solutions	None	[edit]	[delete]	[visualize]
4 relocation	None	[edit]	[delete]	[visualize]

New Cancel



Risk Analysis Dashboard

Alternative	2014	2020	Reference Year	2030	2040
<input checked="" type="checkbox"/> scenario: Business as usual					
relocation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
engineering solutions	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ecological solutions	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
no alternative	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> scenario: Most realistic					
relocation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
no alternative	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ecological solutions	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
engineering solutions	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> scenario: No scenario					
engineering solutions	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
relocation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
no alternative	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ecological solutions	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> scenario: Risk informed planning					
ecological solutions	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
engineering solutions	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
no alternative	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
relocation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> scenario: Worst case					
engineering solutions	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ecological solutions	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
no alternative	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
relocation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Compute Risk Cancel

Select combinations of hazard and EaR

	Element at Risk		Total
	building	land parcel	
Debris flow	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Flood	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Landslide	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Total	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OK

Name: engineering solutions
 Keyword: None
 Description: None

Upload PDF File: Select a file Browse

Upload Shape File: Select a file Browse

Alternative Type: Structural

Start Year: 2014

Lifetime: 200

When benefits start: 0

Allow incremental benefits during investment period:

Cost Information:

Additional benefits:

Recent updates:

Element at Risk Update:

Alternative Update:

Search Alternative:

Exemple d'outil intégré : 'Changing Risks'

The screenshot displays the 'RiskChanges' web application interface. At the top, it identifies the system as 'RiskChanges: a Spatial Decision Support System for the Analysis of Changing Risk for Natural Hazards'. The interface includes a navigation menu, search criteria (Hazard Type: Debris flow, Hazard Intensity Type: Impact pressure, EBF Type: building), and a table of vulnerability data. Below the table, there is a 'Vulnerability data Visualization' section containing a table and a line graph.

Hazard Type	Hazard Intensity Type	Units	EBF Type	EBF Code Type	Vulnerability	Description	Source	Visualize	EBF	Delete
Debris flow	Impact pressure	kPa	building	WO_1	economic	dummy vulners	SDSS			
Debris flow	Impact pressure	kPa	building	EC_4	economic	dummy vulners	SDSS			
Debris flow	Impact pressure	kPa	building	EC_3	economic	dummy vulners	SDSS			
Debris flow	Impact pressure	kPa	building	EC_2	economic	dummy vulners	SDSS			
Debris flow	Impact pressure	kPa	building	EC_1	economic	dummy vulners	SDSS			
Debris flow	Impact pressure	kPa	building	MA_3	economic	dummy vulners	SDSS			
Debris flow	Impact pressure	kPa	building	MA_2	economic	dummy vulners	SDSS			
Debris flow	Impact pressure	kPa	building	MA_1	economic	dummy vulners	SDSS			

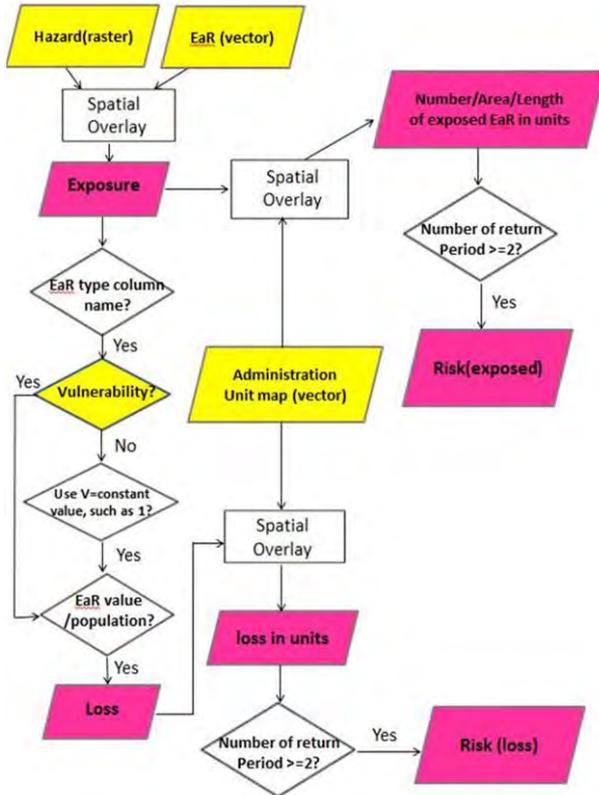
Intensity		Vulnerability		
From	To	Avg	Std	
1	5.0	8.0	0.07	None
2	5.0	10.0	0.25	None
3	10.0	15.0	0.3	None
4	15.0	20.0	0.45	None
5	20.0	25.0	0.65	None
6	25.0	30.0	0.85	None
7	30.0	35.0	0.95	None
8	35.0	40.0	1.0	None

The graph shows Vulnerability (%) on the y-axis (0 to 100) and Intensity (kPa) on the x-axis (0 to 40). The curve starts at (0,0) and rises to approximately 100% at 40 kPa.

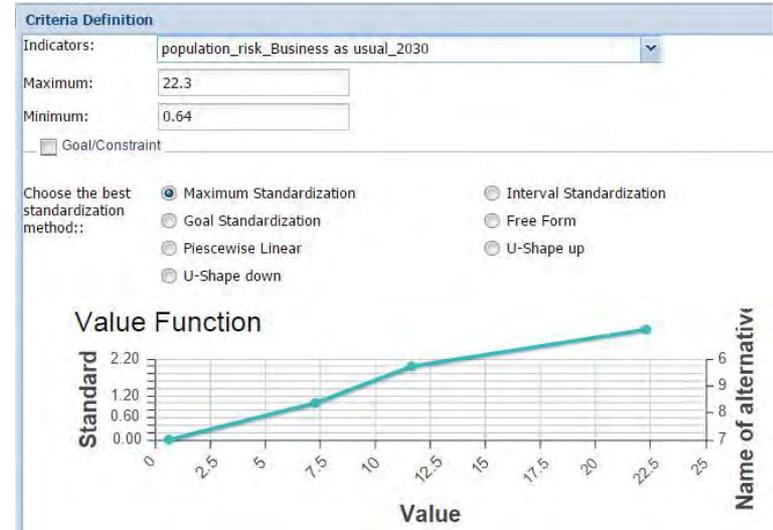
Gestion et génération de courbes de vulnérabilité

Exemple d'outil intégré : 'Changing Risks'

Module d'Evaluation des pertes et d'évaluation du risque



Module d'Evaluation Multi-Critère

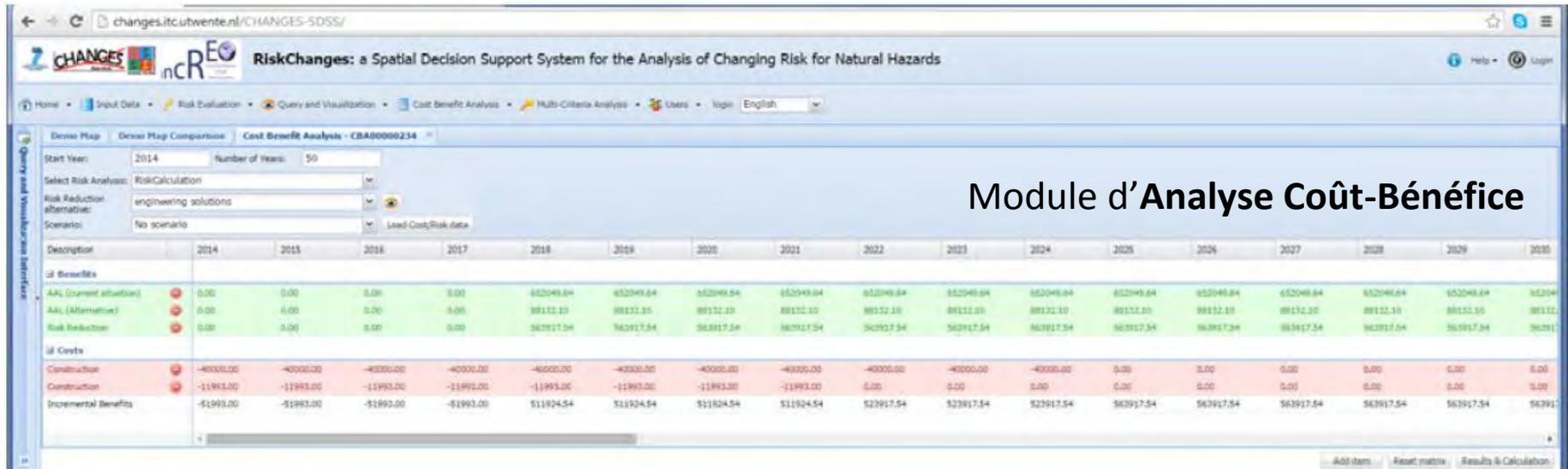


Prioritize Criteria

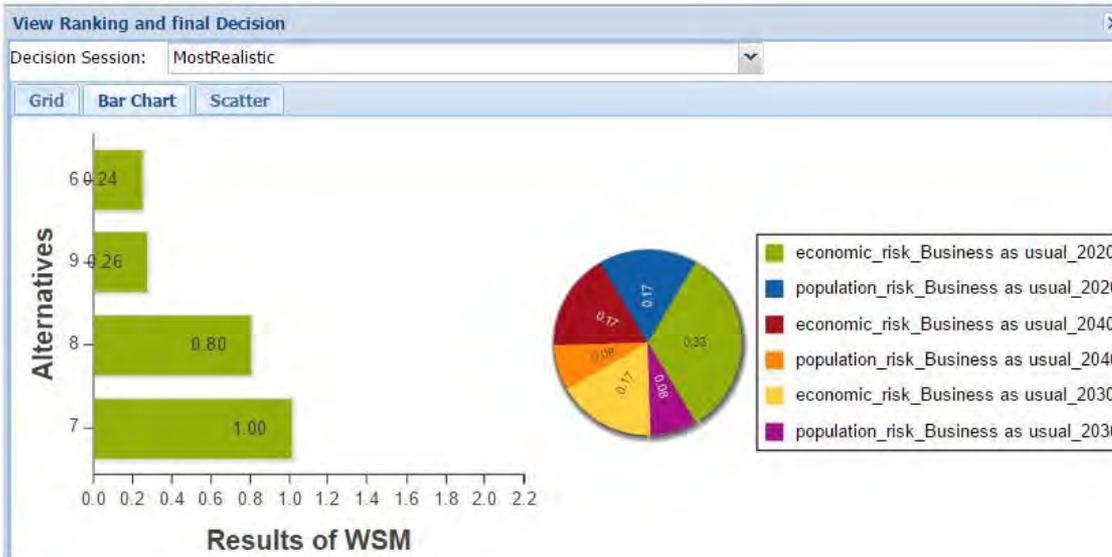
Select the method: Direct Weight

Name	Weight	Normalized Weight
groupindicator: system		
economic_risk_Most realistic_2020	4	0.33
population_risk_Most realistic_2020	2	0.17
economic_risk_Most realistic_2030	2	0.17
population_risk_Most realistic_2030	1	0.08
economic_risk_Most realistic_2040	2	0.17
population_risk_Most realistic_2040	1	0.08

Exemple d'outil intégré : 'Changing Risks'

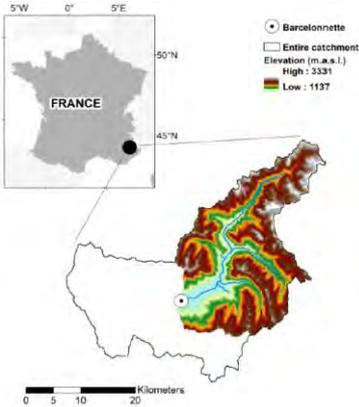


Module d'Analyse Coût-Bénéfice

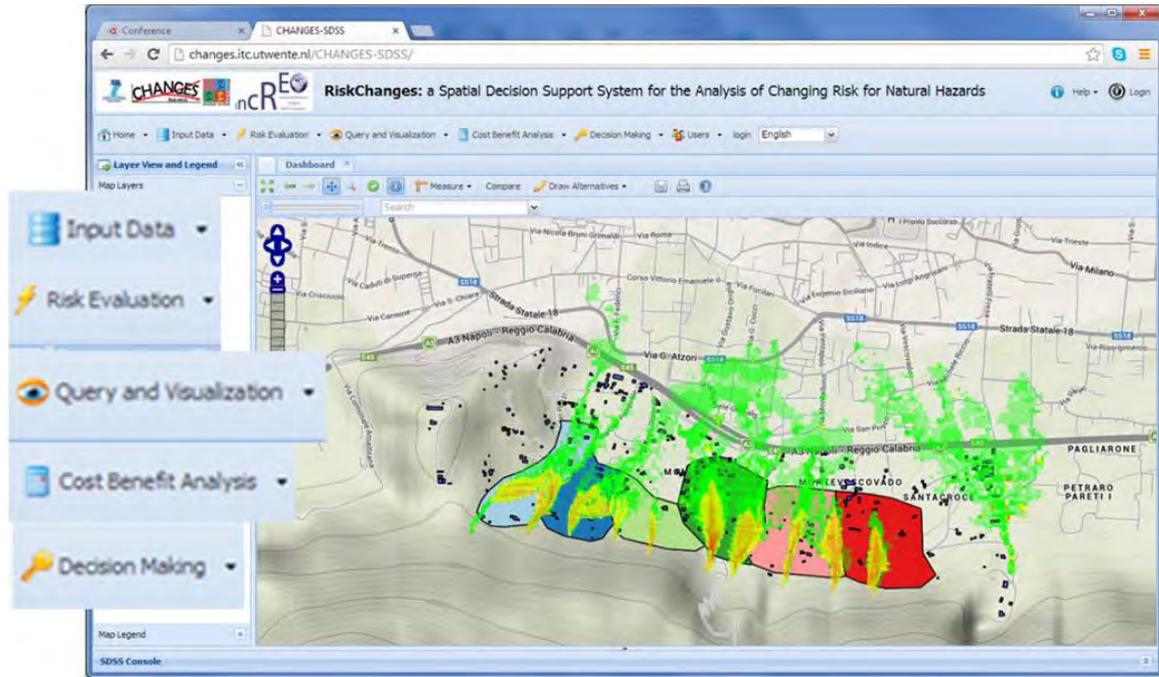


Visualisation / Aide à la décision

Exemple d'outil intégré : 'Changing Risks'



Analyse multirisque aux échelles régionales et locales



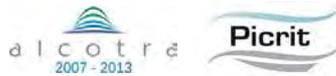
Outil intégré de modélisation/évaluation/visualisation

Data filtering

Input Data Filtering	Loss Data Filtering	Risk Data Filtering
<p>Input Data Query and Visualization</p> <p>Study Area: demo</p> <p>Project: current situation</p> <p>Select Parameters</p> <ul style="list-style-type: none"> select scenario select future year select alternative <p>Compare with:</p> <ul style="list-style-type: none"> No scenario 2014 no alternative <p>Select Maps</p> <ul style="list-style-type: none"> Select Hazard Map Elements at Risk Map <p>Compare with:</p> <ul style="list-style-type: none"> fl_de_020_a0, fl_de_050 land_parcel, building_foo land_parcel building_footprints 	<p>Loss Data Query and Visualization</p> <p>Study Area: demo</p> <p>Project: alternative and scenario</p> <p>Select Parameters</p> <ul style="list-style-type: none"> Business as usual 2030 engineering solutions <p>Compare with:</p> <ul style="list-style-type: none"> select scenario select future year select alternative <p>Select Maps</p> <ul style="list-style-type: none"> Debris flow 100 land_parcel_2030_a1_s1 population Available Maps lossview_584 <p>Compare with:</p> <ul style="list-style-type: none"> Select Hazard Map Select Return Period Elements at Risk Map Select Loss Type Available Maps 	<p>Risk Data Query and Visualization</p> <p>Study Area: demo</p> <p>Project: current situation and al</p> <p>Risk Analysis Name: RiskCalculation</p> <p>Select Parameters</p> <ul style="list-style-type: none"> No scenario 2014 no alternative <p>Compare with:</p> <ul style="list-style-type: none"> scenario future year alternative <p>Select Maps</p> <ul style="list-style-type: none"> Debris flow TotalColumn loss economic Available Risk Maps <p>Compare with:</p> <ul style="list-style-type: none"> Select Hazard type Elements at Risk Map Select Exposure/Loss Loss Type Available Risk Maps

Adaptation des outils aux besoin des gestionnaires opérationnels ?

- Elaborer et intégrer aux outils **des indicateurs de vulnérabilité adaptés** aux différentes formes de vulnérabilité des réseaux de transport (structurelle et fonctionnelle)
- **Co-construction** acteurs-chercheurs ?
- Exemples des **projets PICRIT** et **PARAMOUNT**



Exemple du projet transfrontalier Alcotra PICRIT (Protection des Infrastructures Critiques Transfrontalières pour la sécurité civile)

Le projet PICRIT (2012-2013)

Parmi les objectifs du projet :

- Renforcer la coopération en matière de sécurité civile, prévention des risques, gestion des urgences et des services de secours, en prenant en compte notamment les **problèmes liés aux accidents, défaillances ou sabotages des infrastructures critiques** (systèmes et réseaux électriques, tunnels, cols, lignes ferroviaires, installations industrielles, systèmes de télécommunication).
- Coordonner et améliorer l'efficacité des dispositifs de prévention des risques naturels et technologiques et des interventions d'urgence, à travers la **création d'une base de données des Infrastructure Critique Européenne** (ICE) et l'élaboration de **protocoles de coopération entre les organismes concernés** sur les versants italien et français, qui permettent l'échange des informations et know-how et une harmonisation des modalités d'intervention.

→ Fiche projet : <http://www.risknet-alcotra.org/fr/index.cfm/base-donnees-projets/picrit.html>

→ Ouvrage PICRIT (IT-FR) : http://www.risknet-alcotra.org/rna/allegati/libropicritperweb_1153.pdf

Base de données PICRIT

Construction d'une base de données des infrastructures implantées sur le territoire transfrontalier, basée sur le critère géographique selon les principes de la Directive Européenne INSPIRE (*IN*frastructure for *SP*atial *Info*Rmation in Europe) qui décrit les normes Européennes pour la gestion et un classement des données territoriales, en particulier dans le cadre de contextes transfrontaliers.

Exemple du projet transfrontalier Alcotra PICRIT (Protection des Infrastructures Critiques Transfrontalières pour la sécurité civile)

Base de données PICRIT

Base de données géo-référencée des infrastructures stratégiques et des catastrophes naturelles qui affectent les provinces de Turin et Cuneo (IT) et le département des Alpes de Haute-Provence (FR).

→ 3 sections principales :

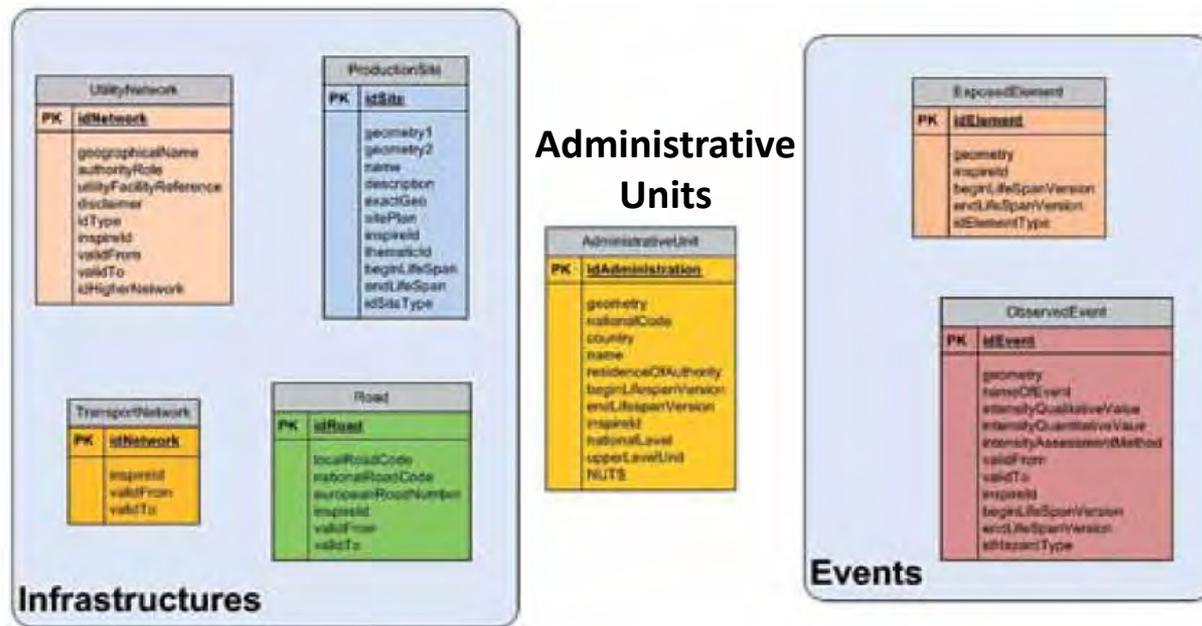


Figure 3. Schéma général de la base de donnée PICRIT.

La base de données PICRIT est basée sur les principes fondamentaux de la **Directive INSPIRE** et peut être considérée comme l'un des premiers cas d'application pratique de la Directive en Europe.

Réseaux routiers

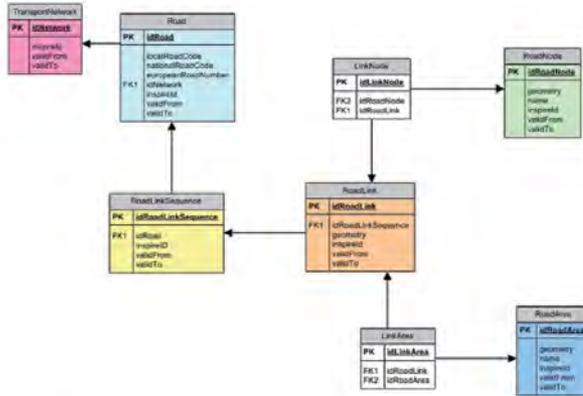


Figure 5. Base de données PICRIT: section réseaux routiers.

Centrales énergies renouvelables

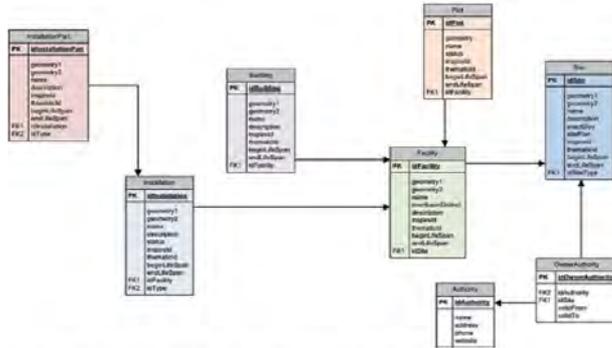


Figure 6. Base de données PICRIT: section centrales de production d'énergies renouvelables.

Réseaux de transmission et distribution

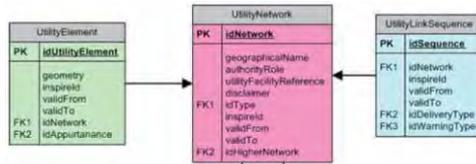


Figure 7. Base de données PICRIT: section réseau de transmission et de distribution.

Unités administratives

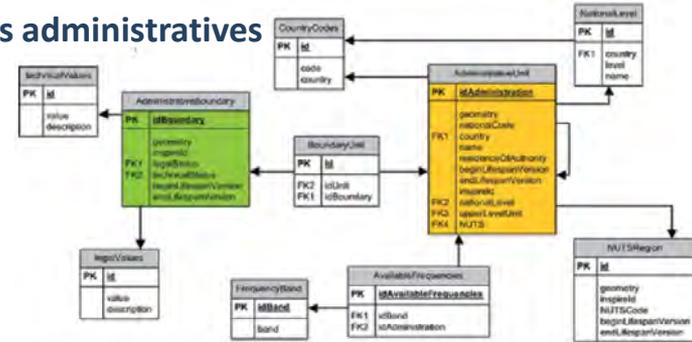


Figure 4. Base de données PICRIT: section unités administratives.

BDD PICRIT

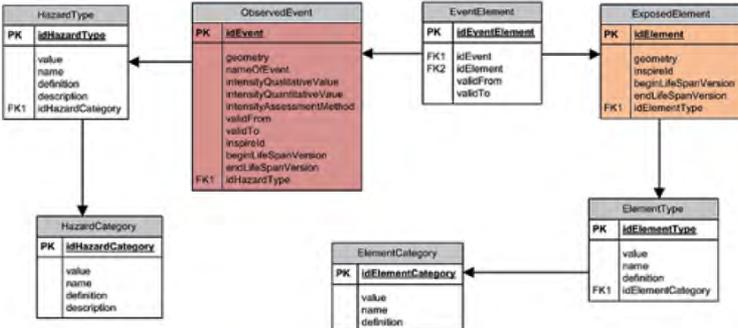


Figure 8. Base de données PICRIT: section événements.

Section Unité administratives

Cette première section est **transversale** par rapport aux deux autres (*infrastructures* et *événements*), dans le sens où elle contient des données relatives aux unités administratives présentes sur le territoire,

- La structure de la section relative aux unités administratives est basée sur le document D2.8.1.4 – INSPIRE. Parmi les spécifications techniques, les unités administratives sont représentées sur la base d'une **structure hiérarchique** où les unités de niveau inférieur (ex. les Communes), sont regroupées sous des unités de niveau supérieur (ex. Provinces et Régions) dans un processus qui mène aux unités de plus haut niveau, regroupées sous l'État. Chaque unité administrative de n'importe quel niveau est donc caractérisée par sa propre collocation, qui regroupe les éléments des étages inférieurs. En outre, un deuxième critère géo-référencé relatif à la définition des unités administratives est représenté par les frontières entre les différentes unités, par la classification horizontale.

- La structure est composée des champs principaux suivants :
 - *AdministrativeUnit* qui contient les principaux paramètres de chaque unité administrative.
 - *AdministrativeBoundary*, qui contient des informations sur les frontières qui séparent deux unités administratives.
 - *NUTSRegion*, qui permet la connexion avec la nomenclature des unités territoriales à des fins statistiques (NUTS: Nomenclature of Territorial Units for Statistics), définies par le règlement (EC) n°1059/2003 du Parlement Européen et du Conseil du 26 mai 2003.

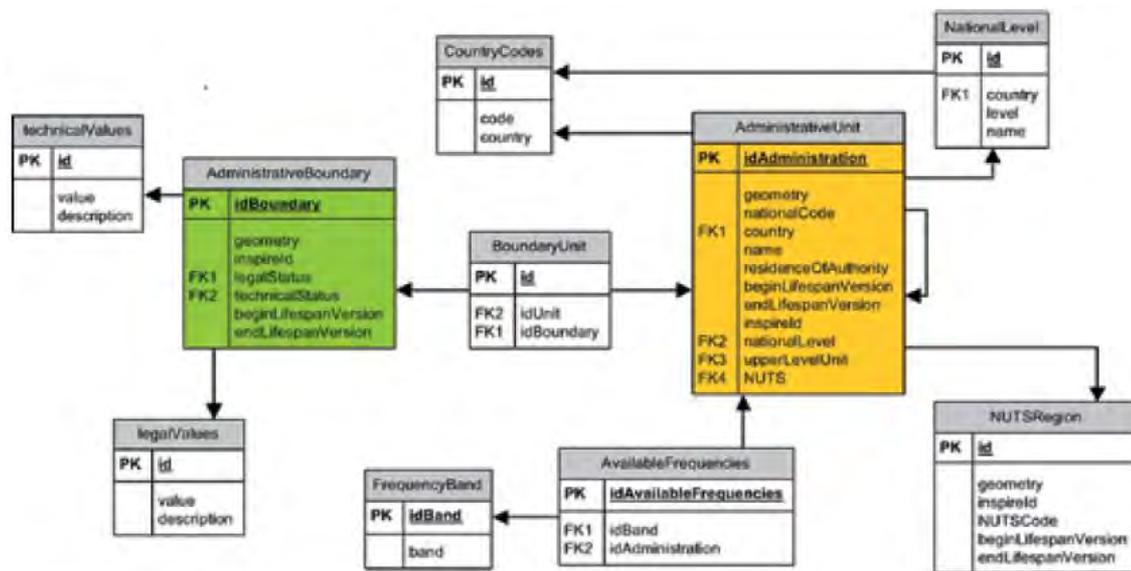


Figure 4. Base de données PICRIT: section unités administratives.

Section Réseaux routiers

Schéma de la base de données PICRIT sur les réseaux routiers, basée sur la Directive INSPIRE, qui fournit des **lignes directrices pour toutes les typologies de réseaux de transport** (routes, voies ferrées, lignes maritimes, etc.) :

- La structure prévue par la Directive INSPIRE pour ce type d'infrastructures est particulièrement détaillée : elle définit le réseau routier comme une séquence de tronçons, dont chacun est caractérisé par des paramètres spécifiques tels que les limites de vitesse, les catégories de véhicules autorisés, le nombre de voies, etc. (tableau *RoadLink* et tableaux liés). Deux objets de base sont connectés à cette séquence: "les nœuds" et "les zones".
- Les "nœuds", qui sont décrits dans le tableau *RoadNode*, font principalement référence à de possibles installations de services qui peuvent être présentes le long des routes, comme par exemple aires de restauration et les stations d'essence. Les "zones", qui sont décrites dans le tableau *RoadArea* font principalement référence à la route, et notamment aux paramètres liés à la chaussée et au revêtement.

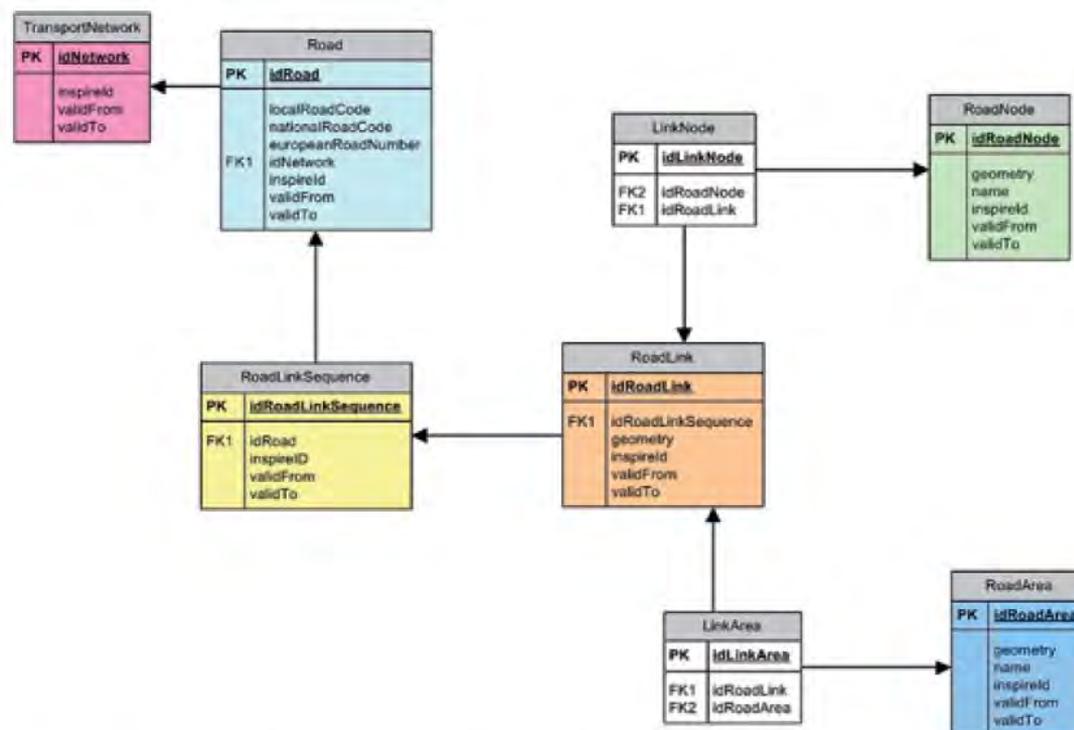


Figure 5. Base de données PICRIT: section réseaux routiers.

Section Infrastructures énergétiques

Schéma de la base de données PICRIT consacrée aux centrales de production d'énergie, avec une référence particulière aux sources d'énergie renouvelables, et des réseaux de transmission et de distribution de l'énergie :

- Les centrales sont définies selon une approche hiérarchique, à partir de la description du site de production global (tableau *Site*) et un détail progressif avec la description du complexe industriel (tableaux *Facility* et *Building*) et des différentes installations (tableaux *Installation* et *InstallationPart*).
- Les réseaux de transmission et de distribution d'énergie sont décrits dans le document D2.8.III.6 – INSPIRE, qui décrit les différents réseaux d'utilité publique qui fournissent un service aux citoyens. Outre les réseaux électriques, les spécifications décrivent également les aqueducs, les oléoducs, les égouts, etc.

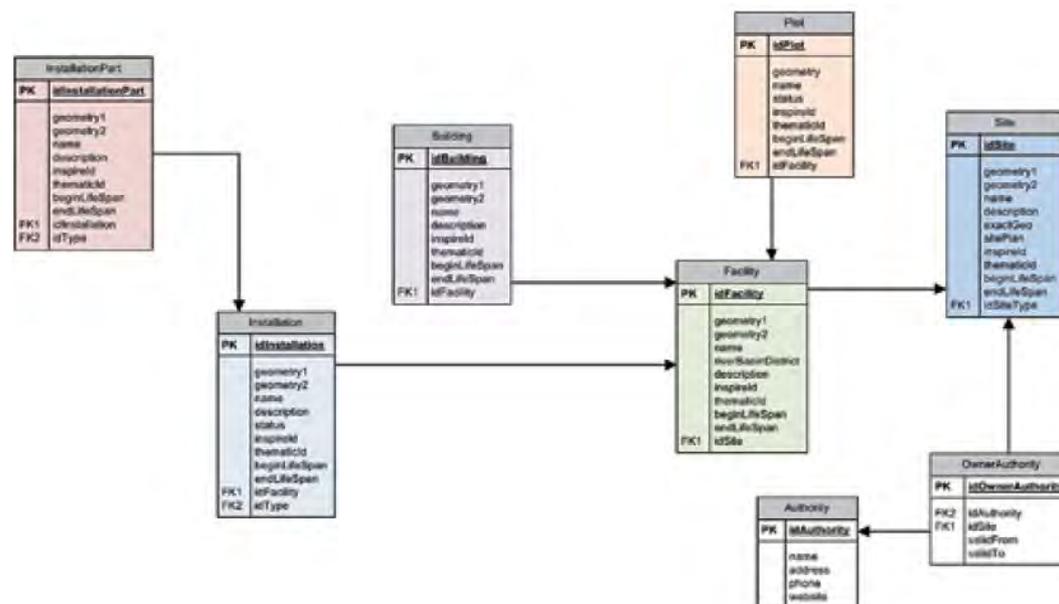


Figure 6. Base de données PICRIT: section centrales de production d'énergies renouvelables.

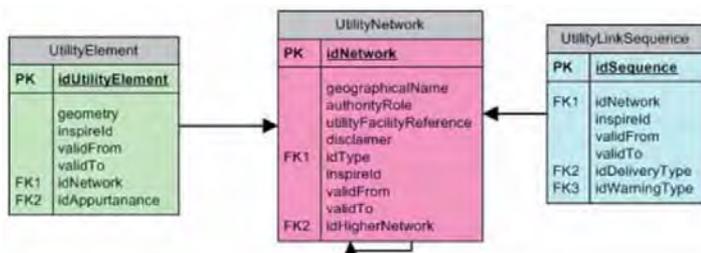


Figure 7. Base de données PICRIT: section réseau de transmission et de distribution.

- Comme dans le cas des routes, la description des réseaux est basée sur le concept d'une séquence de tronçons (tableau *UtilityLinkSequence*), dont chacun est caractérisé par des paramètres de caractère électrique (tension, intensité de courant, résistance etc.) et des paramètres de caractère physique (type de câble, longueur, matériaux, etc.). Le tableau *UtilityElement* décrit toutes les composantes qui peuvent être présentes sur le réseau, tels que les stations ou tout simplement les poteaux de support des câbles.

Section Événements

Description des **événements/catastrophes naturelles** qui ont frappé la zone analysée dans le projet PICRIT au cours des 30 dernières années, incluant les zones touchées :

Le schéma de données basé sur la Directive INSPIRE, très simple, se compose de deux tableaux principaux :

- Le tableau *ObservedEvent*: contient toutes les informations sur les événements classés par catégorie
- La table *ExposedElement*: contient les zones touchées par les événements

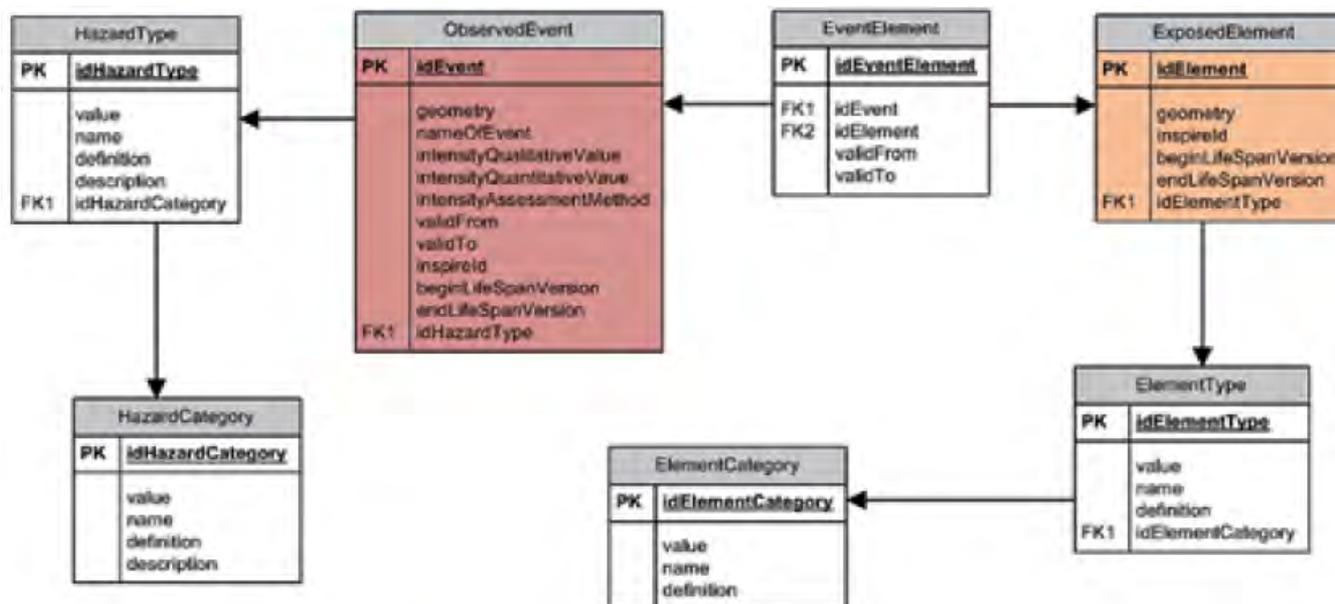


Figure 8. Base de données PICRIT: section événements.

Analyse de l'état des **systèmes de protection civile** existants sur le territoire étudié et des **modèles territoriaux, de prévention, de secours et de remise en état** adoptés

Il est essentiel de se préparer à faire face aux catastrophes naturelles en activant des ressources humaines et matérielles, avec **une gestion et une organisation globale et unifiée** englobant **toutes les phases et tous les aspects de la situation de crise**.

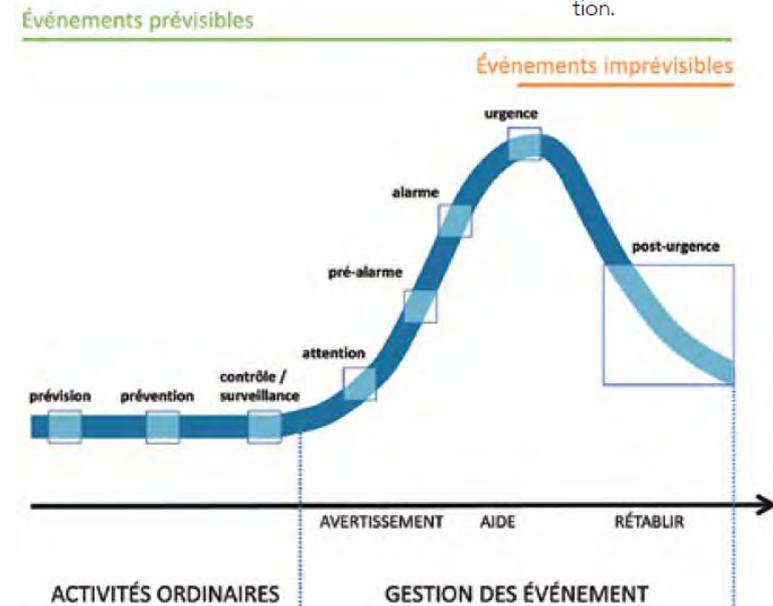
Dans le cas de sinistres mettant en cause le territoire transfrontalier, il est notamment nécessaire de connaître les systèmes adoptés par les pays voisins pour assurer une réponse efficace aux situations de crise et pour **identifier la stratégie et le modèle d'intervention, les responsabilités et le système d'échange d'informations entre les systèmes centraux et périphériques**.

À cette fin, le projet PICRIT, en particulier dans l'activité 2 (Analyse et évaluation de l'état de la sécurité des infrastructures), a inclus une **étude des systèmes de sécurité civile présents sur les territoires français et italiens** et des accords existants au niveau international.

Dans le cas de la Protection Civile italienne, pour comprendre « **qui doit intervenir et comment** », 14 fonctions de soutien ont été identifiées. Elles correspondent à tous les acteurs institutionnels compétents et spécialisés pour chaque secteur. Ces fonctions sont directement impliquées pendant la gestion de la crise, mais surtout dans les premières étapes de planification et de prévention.

La Méthode Augustus a été élaborée afin d'**unifier les stratégies de planification de la gestion des crises**. Elle fournit des **lignes directrices flexibles en fonction des risques que présente le territoire** et définit clairement un **mode opératoire simplifié pour l'identification et l'activation des procédures** destinées à coordonner de manière efficace la réponse de la Protection Civile. Ceci permet par exemple de ne pas activer certaines fonctions dans le cas où elles ne devaient pas s'avérer nécessaires pour le bon déroulement des opérations envisagées.

Figure 9. Représentation linéaire des phases d'intervention.



Analyse des scénarios de risque : développement d'une méthodologie intégrée d'évaluation des risques

La complexité de la mise en service de modèles mathématiques capables de **représenter de manière adéquate et réaliste des phénomènes** est l'un des principaux aspects à prendre en compte dans les premières phases d'analyse, en vue de définir des scénarios de risque et d'identifier les problèmes qui en résultent.

À partir de ces considérations, le projet PICRIT a développé et appliqué au contexte transfrontalier franco-italien une **méthodologie intégrée d'évaluation des risques** ayant les caractéristiques suivantes :

- utilisation des processus d'analyse itérative, dans le but de générer une évolution progressive des résultats et de réduire les différences éventuelles entre les scénarios envisagés et la réalité des phénomènes;
- adoption d'une structure modulaire et dynamique, qui puisse être facilement mise à jour en cas de nécessité de considérer de nouveaux éléments dans l'évaluation;
- étude et amélioration constante des procédures de collecte, élaboration et mise à jour des données utilisées dans le modèle, dans le but de favoriser la réutilisation de la méthode dans d'autres contextes.

L'objectif de la méthode PICRIT est double :

- fournir aux organismes préposés à la protection du territoire (Protection Civile, organismes gestionnaires d'infrastructures, autorités locales) une **évaluation des impacts sur les systèmes infrastructurels et sur le territoire de certains scénarios de risque possibles liés au barrages et au réseau routier**, en analysant en détail les procédures d'intervention et les protocoles de gestion des situation de crise afin d'identifier les synergies potentielles entre les approches françaises et italiennes;
- analyser les limites de l'applicabilité des lignes directrices européennes pour des types de cas d'études différents et jeter les bases de la définition **de procédures standards pour la collecte de données**.

→ Etude de cas : *Les infrastructures de mobilité routière: analyse des scénarios de risque et des vulnérabilités*

Les infrastructures de mobilité routière : analyse des scénarios de risque et des vulnérabilités

Les **réseaux routiers** sont un élément fondamental pour le développement économique et social, et par rapport aux autres infrastructures, ils jouent un **rôle plus important et délicat dans la gestion des situations de crise**, car ils représentent l'un des parcours primaires utilisables par les véhicules de secours dans les situations de crise.

Cela rend les réseaux routiers un asset important à protéger des effets potentiels déclenchés par des événements catastrophiques (comme glissements de terrain, avalanches, etc.). Cela accroît encore plus l'importance d'une **évaluation préalable des risques des infrastructures routières existantes, afin de planifier les mesures appropriées de mise en conformité du réseau et de préparation des programmes de mise en œuvre.**

L'étude a été divisée en 6 étapes :

- **modélisation des infrastructures** : partage de la route étudiée en segments afin de mieux caractériser et définir l'infrastructure et ses niveaux de risque;
- **analyse de l'exposition** : analyse de l'exposition directe et indirecte qui caractérise chaque segment de route;
- **analyse de la dangerosité** : classification des catastrophes naturelles recensées dans la région;
- **analyse des impacts** : analyse des impacts et des protocoles de protection civile basés sur des scénarios spécifiques;
- **analyse des vulnérabilités** : analyse qui permet de définir la propension des éléments à s'endommager, par conséquent, la capacité intrinsèque du territoire de protéger les cibles des conséquences;
- **analyse des risques** : analyse multi-risques pour chaque segment de route.

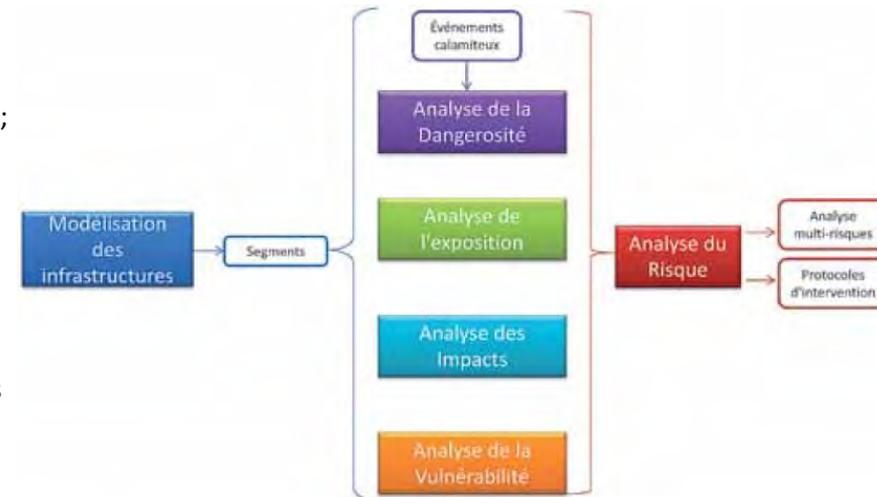


Figure 19. Schéma logique de l'approche PICRIT pour l'analyse des routes.

L'étude a été basée sur la méthodologie développée par le **projet RiskNat**, réélabore avec l'ajout de nouveaux paramètres pour augmenter le niveau de précision des résultats. L'approche PICRIT comprend également des contributions importantes découlant de la méthodologie "Bureau for Analysis of Industrial Risks and Pollution" (BARPI) pour l'analyse des impacts sur le territoire et de la Directive Européenne INSPIRE pour la classification des éléments territoriaux liés aux systèmes routiers. La méthodologie PICRIT a été ultérieurement affinée par l'application au contexte local, italien et français, en particulier dans les cas d'études de la Strada Statale 21 et de la Route Départementale 900.

Les infrastructures de mobilité routière : analyse des scénarios de risque et des vulnérabilités

Analyse de la dangerosité

- Consultation de plusieurs sources de données et interaction avec les autorités de Protection Civile italiennes et françaises chargées de la protection de la zone transfrontalière.
- Identification d'un **sous-ensemble d'événements calamiteux considérés à risque majeur** pour le cas d'étude analysé, extrait à partir de la base de la probabilité de présentation de l'événement (déterminée sur la base des archives historiques) et de la gravité des impacts macroscopiques qui pourraient en résulter.
- Pour chaque source de risque naturel les paramètres nécessaires à l'évaluation de deux éléments clés pour la quantification du risque ont été identifiés, en totale cohérence avec la méthodologie RiskNat : **la fréquence** (ou son inverse: le temps de retour) et **l'intensité**.
- Ces informations sont associées au périmètre d'une zone dans laquelle elles sont homogènes et caractéristiques.
- **Attribution de l'une des quatre classes de dangerosité** - très élevée, élevée, moyenne et faible – (chacune avec un score) à partir de cartes-matrices intégrant les paramètres significatifs mentionnés ci-dessus.

Analyse des impacts

L'analyse des impacts résultants des dommages aux infrastructures routières a été réalisée sur la base de la méthodologie appliquée par le "Bureau for Analysis of Industrial Risks and Pollution" (BARPI) et en utilisant les lignes directrices de la Directive INSPIRE.

CLASS	DANGEROSITÉ	POINTS
4	Très élevée	10
3	Élevée	8
2	Moyenne	6
1	Bas	3

Tableau 1. Carte-matrice d'évaluation de la dangerosité d'événements.

Les infrastructures de mobilité routière : analyse des scénarios de risque et des vulnérabilités

L'analyse de la vulnérabilité

La **vulnérabilité d'un segment de route est définie comme le "degré de perte" de fonctionnalité**. Elle est liée d'une part à l'efficacité des travaux sécurisation/défense (V1), de l'autre à la fragilité de l'infrastructure et des œuvres reliées (V2) et exprimée par l'attribution de l'une des catégories définies.

La vulnérabilité est considérablement réduite par des barrières ou des mesures de protection. Le terme barrières désigne les éléments qui ne font pas directement partie du système analysé, mais qui jouent un rôle de protection contre certaines catastrophes. Les réseaux de protection contre les chutes de pierres sont un exemple de barrières du système routier.

L'attribution de la valeur de vulnérabilité est faite à travers une évaluation qualitative et globale de V1 et V2 à l'égard de tout phénomène unique qui interagit clairement ou potentiellement avec l'infrastructure.

Analyse des risques (1/2)

Les outils de programmation et de planification de la Protection Civile représentent un outil utile non seulement pour gérer les situations de crise, mais également pour obtenir une première délimitation des zones à risque des infrastructures de transport.

Le **modèle d'analyse** utilisé pour l'évaluation des risques (voir la Méthodologie RiskNat) est associé à chaque catégorie source de danger prise en compte et au multi-risque (ou risque total). L'analyse est basée sur les valeurs attribuées à :

- **classes de danger (P) ;**
- **classes de vulnérabilité** (efficacité des travaux de sécurisation/défense (V1); vulnérabilité de l'infrastructure et des œuvres reliées (V2) ;
- **valeur d'exposition du segment de route (ET).**

Le risque associé à la catégorie de source de danger j-ème est calculé selon l'équation :
$$R_{(T,j)} = \left[\sum_i (P_{j,i} \cdot V_{1(j,i)} \cdot V_{2(j,i)}) \right] \cdot E_T$$

- où :
- $R_{T,j}$: le risque associé à la catégorie de source de danger j-ème calculé pour le segment de route T ;
 - $P_{j,i}$: dangerosité du phénomène i-ème de la catégorie j-ème auquel des dommages/effets réels ou potentiels pour le segment de route T sont associés ;
 - $V_{1(j,i)}$: la vulnérabilité référée à l'efficacité des travaux d'installation/défense associés au phénomène i-ème de la catégorie j-ème ;
 - $V_{2(j,i)}$: la vulnérabilité de l'infrastructure et des œuvres reliées au phénomène i-ème de la catégorie j-ème ;
 - $(E_T = E_1 + E_2 + E_3 + E_4)$: valeur d'exposition du segment de route T.

Les infrastructures de mobilité routière : analyse des scénarios de risque et des vulnérabilités

Analyse des risques (2/2)

En ce qui concerne le **multi-risque** (ou risque total) le calcul est effectué en utilisant l'équation : $R_{TOTALE(T)} = \sum_J R_{Tj}$

où :

- $R_{TOTALE(T)}$: risque total calculé pour le segment de route T;
- $R_{T,j}$: risque associé à la catégorie de source de danger j-ème calculé pour le segment de route T.

Sur la base des valeurs de risque obtenus ($R_{T,j}$ et $R_{TOTALE(T)}$) il est possible d'assigner à chaque segment de route à l'une des quatre classes de risque qui sont: très élevé, élevé, moyen et faible

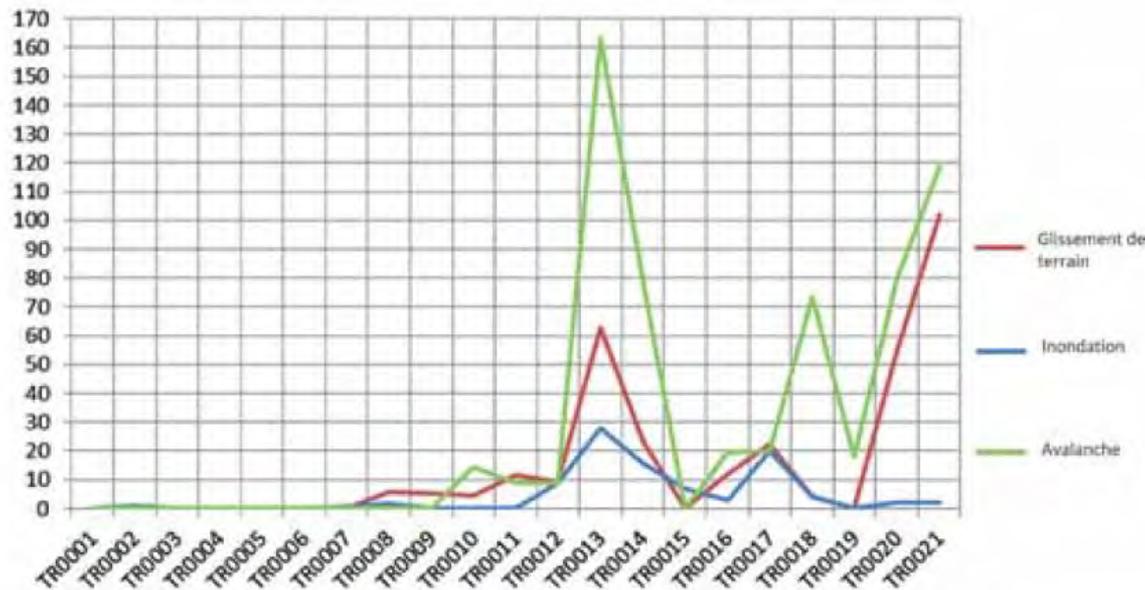


Figure 21. Exemple de traçage des valeurs de risque pour une route.

imProved Accessibility: Reliability and security of Alpine transport infrastructure related to mountainous hazards in a changing climate

Projet PARAMount (2009-2012)

L'objectif principal du projet PARAMount était d'améliorer l'accessibilité en terme de **fiabilité de desserte**, de **sécurité** et de **coûts économiques des infrastructures de transport soumises à des risques naturels de montagne**.

Parmi les activités du projet spécifiques aux infrastructures de transport :

WP4 – Analyse des avantages et inconvénients (SWOT Analysis) des systèmes existant et état de l'art en matière de gestion des risques :

- Activité 4.2: Etude de l'influence des aléas naturels de montagne sur l'accessibilité régionale et ses conséquences en termes de développement économique régional
 - Activité 4.4 : Analyse des outils, systèmes et méthodes de gestion régionale des risques et application à la protection des infrastructures de transport
 - Activité 4.5: Analyse des systèmes d'aide à la décision existant dans le domaine des transports
- Permettre aux partenaires d'adapter et d'implémenter les **mesures cibles adéquates** au niveau de leurs sites d'étude.

WP5 – Situation régionale des risques – évaluation des dommages potentiels aux infrastructures sur les sites pilotes, traduite en cartes d'aléas :

- Activité 5.1 : évaluation des dommages potentiels dans les régions pilotes
 - Activité 5.3 : évaluation de l'impact des chutes de blocs sur les infrastructures de transport (Activités 5.2 : phénomènes torrentiels & 5.4 : avalanches)
 - Activité 5.5 : calcul de l'accessibilité liée aux dommages pour les scénarios d'aléas locaux et régionaux dans les régions pilotes
- **Panorama régional des dommages potentiels aux infrastructures** avec prise en compte des spécificités liées à chacun des phénomènes considérés.

WP6 – Systèmes de prévision adaptés à la gestion des risques sur les voies de communication :

→ **Adaptation des outils de gestion des risques naturels aux spécificités du secteur des transports** et élaboration d'outils plus fiables pouvant être intégrés au processus de prise de décision en matière de gestion des risques sur les infrastructures de transport.

WP7 – Aide à la décision pour la protection des infrastructures de communication :

→ Préparations de données et d'informations fiables et compréhensibles qui puissent aisément être intégrées par les décideurs, et développement de **systèmes d'aide à la décision** qui puissent aider les gestionnaires d'infrastructures de transport dans toutes les phases de prise de décision relatives à la gestion des risques naturels.

WP8 – Evaluation et recommandations :

→ Production de **supports de transfert des outils et méthodologies mis au point** afin de permettre leur application dans d'autres régions aux caractéristiques similaires, sous la forme de guides de bonnes pratiques, de recommandations et de sessions de formation destinées aux techniciens, gestionnaires et décideurs.

Evaluation de la vulnérabilité du réseau routier

WP7 – Outils d'aide à la décision

Méthodologie

1. Analyse structurale du réseau routier

- représentation sous forme de graphe
- modélisation des flux dans des conditions normales de service (performance du système)
- détermination d'un indice de référence : le 'coût total de trajet' sur le réseau

2. Calcul d'un indice de vulnérabilité pour chaque tronçon du réseau, combinant :

- une fonction d'importance globale (fonction de l'augmentation du temps total de trajet sur le réseau produite par la fermeture d'une liaison)
- une fonction d'importance locale (fonction du trafic quotidien moyen)

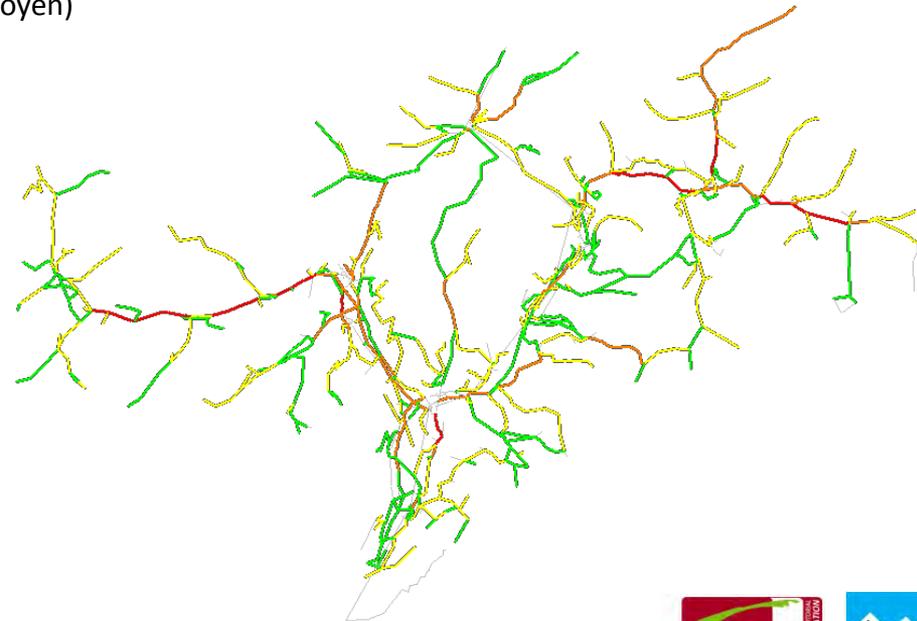
3. Calcul d'un indice d'exposition pour chaque tronçon du réseau

4. Hiérarchisation des tronçons en fonction du niveau de risque

Application au réseau routier de la Province Autonome de Bolzano

- Rouge** : vulnérabilité > 0,75
- Orange** : vulnérabilité > 0,50
- Jaune** : vulnérabilité > 0,25
- Vert** : vulnérabilité < 0,25

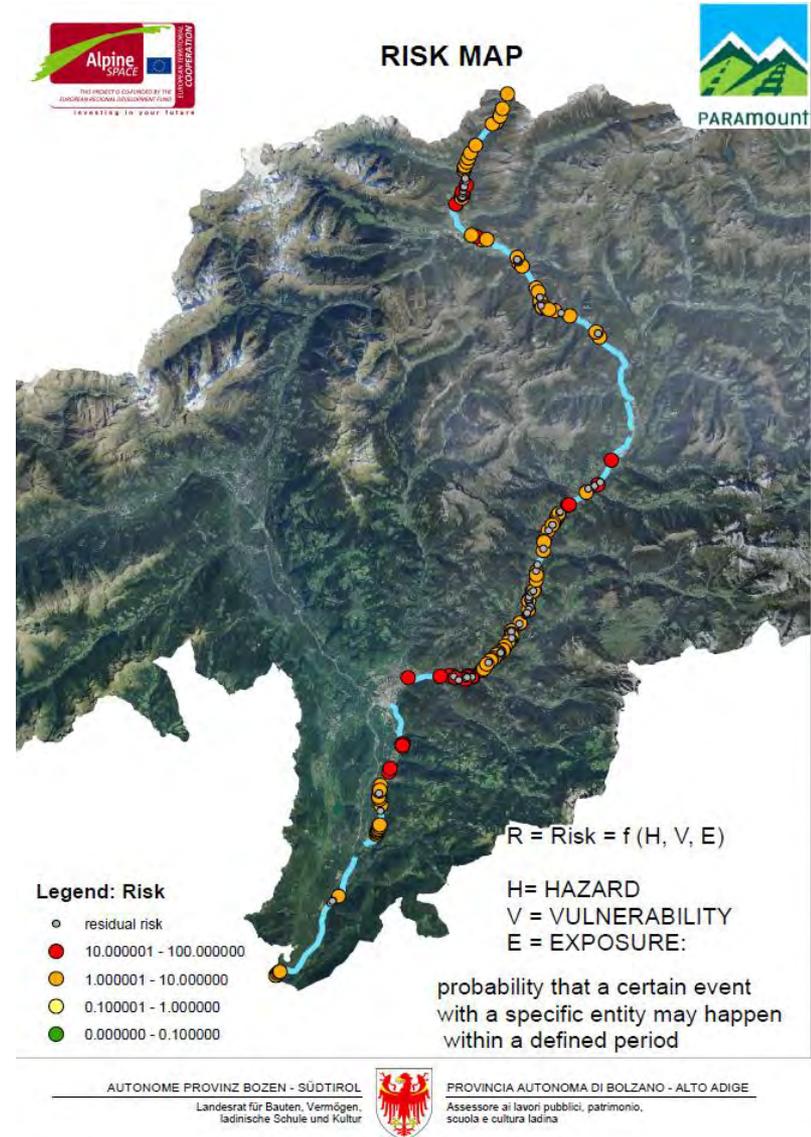
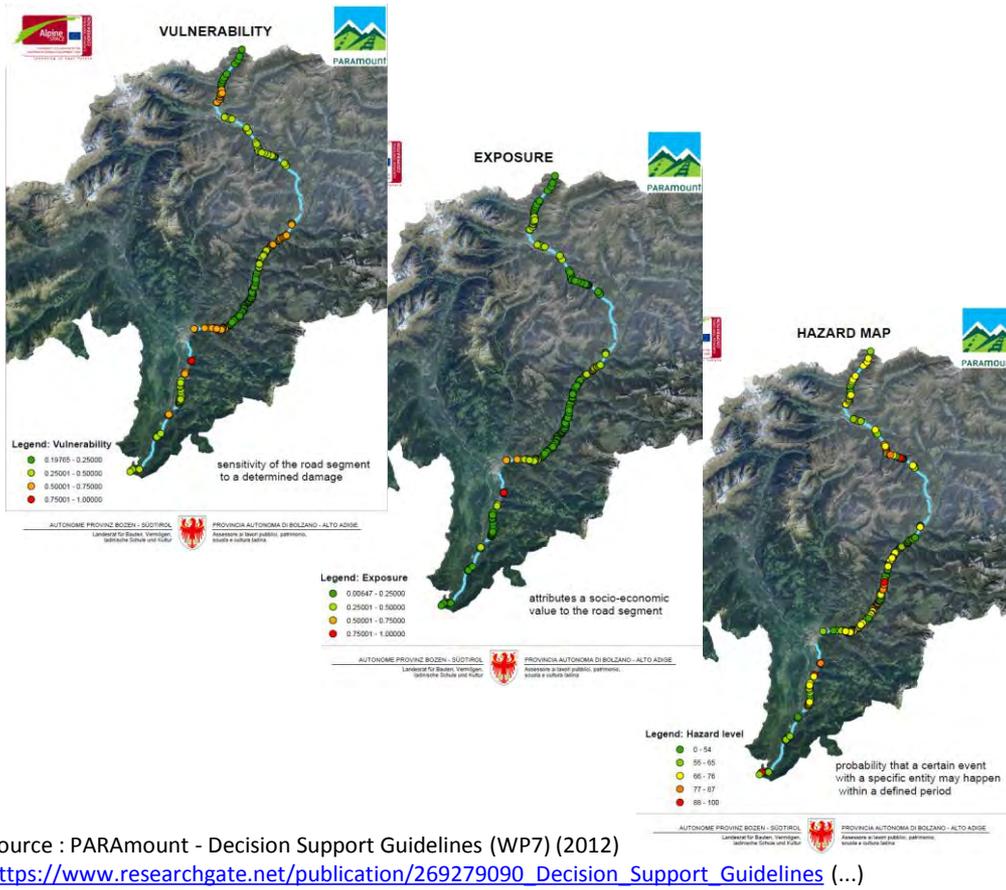
(cas 'simple' : niveau d'aléa identique sur l'ensemble du réseau)



Evaluation de la vulnérabilité du réseau routier

Résultat sur la Province de Bolzano

Risque = mesure des pertes (augmentation du temps de parcours, perte d'accessibilité) pour les usagers en cas de fermeture d'une ou plusieurs liaisons.



C – De la vulnérabilité à la résilience

- **Résilience**: capacité à résister, puis à rebondir
 - **Résistance** : par opposition à la sensibilité
 - **Retour à la normale** : au sens fonctionnel du terme

Le Cadre d'Action de Hyogo pour 2005-2015 (UN)

Pour des nations et des collectivités résilientes face aux catastrophes

- Eriger la réduction des risques de catastrophe en priorité ;
- Mettre en évidence, évaluer et surveiller les risques de catastrophe (*dans leur dimension globale et pas seulement en lien avec les aléas*) et renforcer les *systèmes d'alerte* précoce ;
- Utiliser les connaissances, les innovations et l'éducation pour instaurer une culture de sécurité et de résilience à tous les niveaux ;
- Réduire les facteurs de risque sous-jacents (*indépendants des aléas*) ;
- Renforcer la préparation aux catastrophes afin de pouvoir intervenir plus efficacement à tous les niveaux lorsqu'elles se produisent.

La résilience étant le plus souvent dite a posteriori, il conviendra d'être attentif aux difficultés pouvant se poser pour en faire un outil prospectif.

Mise en oeuvre de la démarche

Pour mener à bien cette démarche, le CGDD s'est entouré des compétences de l'Association française pour la prévention des catastrophes naturelles (AFPCN), du CERTU et des CETE. La mise en oeuvre de la démarche comporte deux grandes étapes :

- une étape de diagnostic et d'analyse fondée sur des retours d'expérience, qui permettra de retourner sur plusieurs sites touchés par des catastrophes d'origines naturelles (ex. Xynthia) ou technologiques (ex. AZF) ou encore de se rendre sur des sites susceptibles de l'être (risque avéré, ex. Séchillienne). L'objectif de ces visites est de rencontrer les acteurs locaux, services déconcentrés, collectivités territoriales, services de sécurité civile, opérateurs de réseaux, qui ont eu à intervenir à titre d'acteurs ou de témoins pour préparer le territoire, gérer la situation de crise ou reconstruire le territoire après la crise. A l'issue de cette phase de retour d'expérience, seront mises en exergue les bonnes pratiques, mais également les difficultés rencontrées et les raisons de ces difficultés. Il s'agira de porter une attention particulière aux mesures post-crise qui concernent la résilience territoriale : mesures structurelles ou non-structurelles, gouvernance... Les enquêtes terrain comporteront au total une cinquantaine d'interviews d'organismes divers sur 14 sites différents ;
- une étape de prospective et de généralisation qui va consister à bâtir une démarche de conception et de publication d'un guide méthodologique. Cette démarche associera donc largement les acteurs locaux. Il s'agira de mettre en place un certain nombre de groupes de travail, dont l'objectif est de réfléchir, à partir des enquêtes de terrain, à des préconisations qui constitueront le futur guide méthodologique à destination des acteurs locaux du territoire.

Quelques éléments de planning

Les entretiens terrain par les CETE ont démarré et devront s'achever en fin d'année 2012. La compilation des interviews terrain va permettre de mettre en évidence des facteurs de succès dans certaines situations et des difficultés dans d'autres. Ces éléments vont permettre d'ouvrir en association entre acteurs locaux et nationaux des chantiers de réflexion, afin d'identifier et d'approfondir des pratiques résilientes et de bâtir le guide méthodologique sur la base de ces travaux. Le guide sur la résilience territoriale devrait être disponible en fin d'année 2013.

Pour en savoir plus

- Jean-Michel Tanguy
jean-michel.tanguy@developpement-durable.gouv.fr

Commissariat
général
au développement
durable

Commissariat
général
au développement
durable

Novembre 2012

D1COM/CE01 - 29 - Octobre 2012 - Arrêté en date du 29/10/2012 - Arrêté en date du 29/10/2012 - Arrêté en date du 29/10/2012

La résilience des territoires soumis aux risques naturels et technologiques

Qu'est-ce que la résilience?

La résilience territoriale est une notion récente, dont le concept reste à expliciter. S'il existe une bibliographie foisonnante dans de nombreuses disciplines sur les sujets de la résilience, d'une part, et de territoire(s), d'autre part, leur utilisation peut sembler très conceptuelle, assez éloignée des préoccupations de terrain et difficilement mobilisables de façon opérationnelle.

Cependant, ce concept qui fait appel à la notion de prise en main, par elles-mêmes, des populations soumises à des risques de natures diverses constitue un outil de première importance pour diminuer l'impact des catastrophes.

Le mot résilience vient du mot latin *resilire*, qui signifie sauter en arrière, rebondir, rejaillir. En physique des matériaux, la résilience renvoie effectivement à la notion de retour à l'état initial, puisqu'elle s'apparente à la capacité du matériau à résister à des chocs ou à des pressions. Cette notion est reprise dans plusieurs disciplines, comme l'étude des écosystèmes et la psychologie, et renvoie désormais à une capacité d'adaptation et d'organisation d'un système pour affronter au mieux des perturbations.

Appliqué aux sociétés humaines, un système est résilient s'il sait et peut trouver les capacités nécessaires pour son adaptation face à des aléas qui le menacent. L'enjeu est de maintenir un niveau de fonctionnement grâce aux capacités et à la souplesse du système permettant sa persistance.

Au niveau institutionnel, la notion de résilience a été inscrite au niveau national dans le *Livre blanc sur la défense et la sécurité nationale*¹ en 2008. Dans le *Livre blanc*, la résilience se définit comme la volonté et la capacité d'un pays, de la société et des pouvoirs publics à résister aux conséquences d'une agression ou d'une catastrophe majeure, puis à rétablir rapidement leur capacité de fonctionnement normal, ou à tout le moins dans un mode socialement acceptable. Elle concerne non seulement les pouvoirs publics, mais encore les acteurs économiques et la société civile tout entière.

¹ Commission nationale défense et sécurité nationale. *Le Livre Blanc*. La Documentation Française. 2008



Il existe principalement deux définitions, deux écoles chez les chercheurs² :

- capacité à retrouver un nouvel état d'équilibre après une perturbation, parfois le même état qu'avant la rupture (état stationnaire étant plus approprié qu'état d'équilibre, c'est-à-dire un état à la fois assez stable pour persister et assez souple et adaptatif pour encaisser les agressions extérieures sans arrêt de fonctionnalité) ;
- capacité d'un système à se renouveler, à se réorganiser, à trouver de nouvelles trajectoires pour mieux prévenir une éventuelle catastrophe.

Ces deux définitions ne sont pas opposées, et peuvent se compléter, puisque dans les deux cas il est question d'introduire de la nouveauté.

Il y aurait pour certains une résilience de temps court (capacité de réaction face à une perturbation) et une résilience de temps long (capacité de maintien des fonctions principales dans une trajectoire idéale de durabilité, en précisant par rapport à quel indicateur cette durabilité est définie). Ce qui pose la question de définir si la résilience est acquise ou bien s'il s'agit d'une phase, un temps de résilience à diminuer.

C'est une notion trop peu souvent définie avec précision : résilience de qui, de quoi, pour quoi faire, retour à la normale (sans définir ce qu'est un état normal, et qui le définit), réduction de la vulnérabilité (elle devient alors de façon réductrice l'opposé de la vulnérabilité), capacité d'adaptation, robustesse, adaptation...

Elle est la plupart du temps réduite soit à un mythe d'avenir désiré et désirable par tous, soit à un référentiel normatif d'actions permettant de devenir résilient, en omettant son aspect éminemment politique. Elle renvoie ainsi à différentes conceptions suivant la culture et le dessein politique des acteurs qui s'en emparent. En effet, se projeter vers un état normal, idéal ou durable suppose de définir ces états et de s'appuyer sur un projet politique de société.

Sa nature est également sujette à débat : est-elle une propriété intrinsèque d'un système, acquise une fois pour toutes et a priori (état de résilience), ou bien un processus a posteriori, après une rupture et qui se met en œuvre pour un temps donné (on parlerait alors de temps de résilience).

Vulnérabilité et résilience

Historiquement, ces concepts se sont succédé dans les politiques internationales. Après la notion d'aléa, la vulnérabilité est mise en avant par l'ONU en 1994 dans le cadre de la conférence de Yokohama. La résilience prend sa place lors de la conférence de Hyogo en 2005.

L'approche par la vulnérabilité se situe a priori. Elle vise à réduire le plus possible les dommages et à rendre les communautés et individus vulnérables plus robustes, plus résistants. Il est souvent considéré que la résilience représente le positif et le souhaitable alors que la vulnérabilité représenterait le négatif. Ou bien que la résilience est l'opposé de la vulnérabilité. Ce n'est pas aussi simple, un système vulnérable peut être résilient. Par ailleurs, une capacité de résilience individuelle peut être défavorable à une capacité

de résilience plus collective (par exemple une maison en zone inondable, avec des dispositions techniques mettant ses occupants à l'abri, peut aggraver les problématiques de gestion de crise et de retour à la normale à une échelle collective).

La poursuite systématique de la résilience n'est pas toujours la plus pertinente car elle est relative à celui qui la décrète et nécessite de préciser de quoi il est vraiment question : résilience de qui, par rapport à quoi, avec quelle vision sociale et quel projet politique.

Pourquoi un projet sur la résilience territoriale ?

De nombreuses catastrophes d'origines naturelles ou humaines jalonnent l'histoire récente de notre pays et il ne se passe pas de semaine sans qu'un nouvel événement dans le monde ne provoque la disparition de personnes et la destruction de biens matériels, entraînant souvent des conséquences économiques tragiques accompagnées de mouvements sociaux (déplacements de populations...). Les acteurs de la prévention, de la sécurité civile et les élus locaux s'emploient à diminuer l'aléa, par des mesures structurelles ou non, ou encore à diminuer les vulnérabilités des zones urbaines, rurales ainsi que les écosystèmes.

La résilience vient compléter ce dispositif en engageant les populations situées dans les territoires à risques, à réagir et à éviter ainsi les dommages, ceci en prenant des mesures de prévention, en profitant éventuellement d'informations de prévision (pour certains risques uniquement), ou en modifiant leur comportement individuel ou collectif. Il a donc semblé essentiel de travailler sur ce nouveau concept avec les acteurs locaux sur leurs territoires à risque pour identifier les leviers d'action collective et individuelle susceptibles de rendre leurs territoires plus robustes. Le CGDD a donc décidé de lancer en collaboration avec les autres directions générales du ministère, un projet d'analyse intégrée de la résilience territoriale (AIRT).

Avec quelles finalités ?

La finalité de la démarche projet est de produire un guide méthodologique territorial coconstruit et à destination des acteurs du territoire (services déconcentrés de l'État, collectivités, entreprises publiques et privées, ONG et autres associations, etc.) en vue d'analyser les sources de vulnérabilités et les mécanismes de résilience, afin de leur apporter une aide méthodologique dans la prise en main de leurs problématiques et de trouver des solutions partagées.

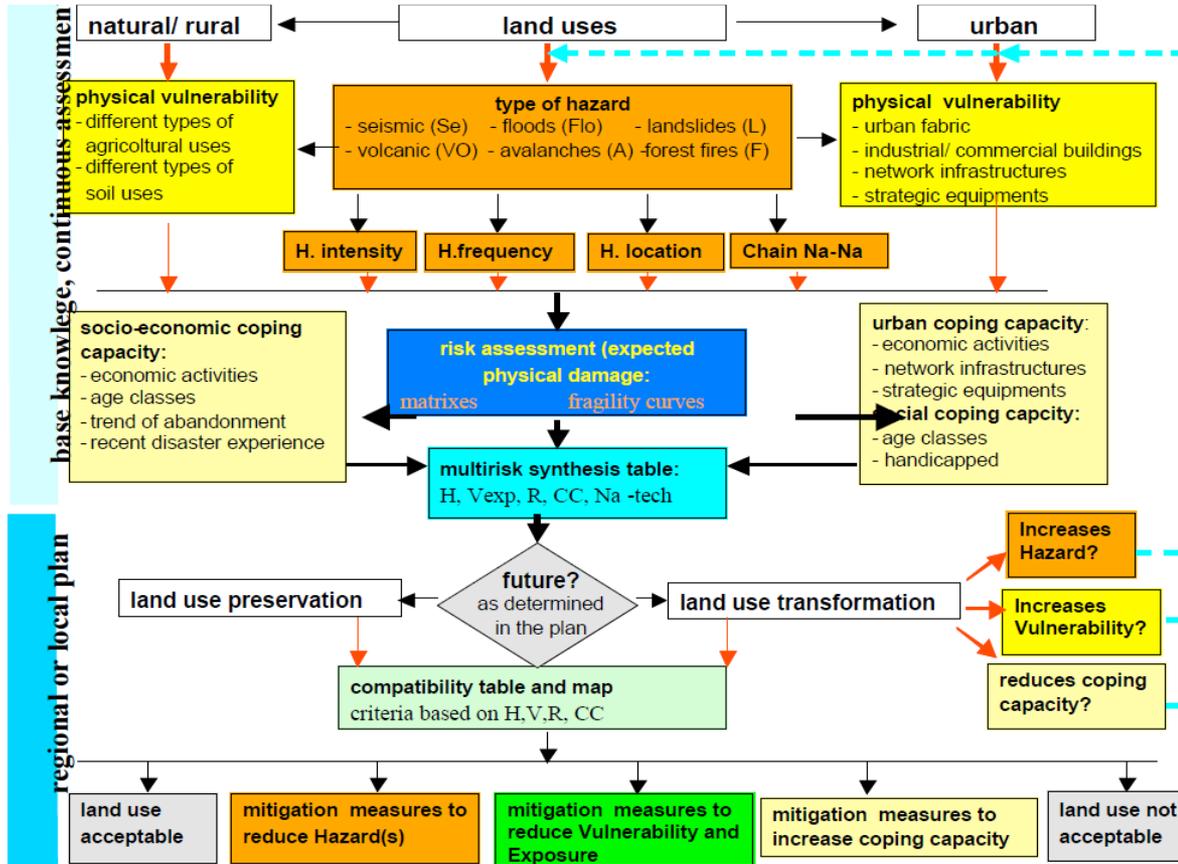
Il est souhaité que ce guide soit :

- co-produit avec les partenaires territoriaux ;
- évolutif : à côté des concepts et de la méthodologie de base, des exemples, avec méthodologie détaillée, seront présentés.

Ce travail s'appuie sur l'élaboration commune d'une méthode de travail et sur l'analyse de démarches territoriales (catastrophes naturelles ou technologiques subies, ateliers nationaux de la DGALN, travaux de la DGPR, inondation de la région parisienne et sites à risques avérés tels que le risque de rupture de barrage ou de pans de montagne). Le projet fait le choix, dans un premier temps, de ne prendre en compte que les ruptures brutales liées à la survenue d'événements naturels ou technologiques. Son objet est d'anticiper la rupture, d'établir un diagnostic préventif partagé des vulnérabilités et de proposer des pistes d'actions afin d'améliorer les capacités de résistance des territoires.

² D.Provitolo. Entretiens du Certu, janvier 2012

Squelette d'un Système d'Aide à la Décision pour l'évaluation et la réduction des risques naturels



Principales étapes de la méthodologie :

1. Procédure d'introduction/connexion
2. Sélection de Cartes et de Scénarios
3. Analyse des aléas
4. Analyse des éléments exposés
5. Analyse des vulnérabilités
6. Evaluation Multicritère du risque
7. Analyse de la Capacité à réagir
8. Résultats
9. Comparaison des résultats des différents scénarios



Vulnérabilité des réseaux d'infrastructures aux risques naturels

Parmi les **constats** :

- Si l'impact des risques naturels (inondations, submersions, tempêtes, etc.) est assez bien pris en compte au niveau des collectivités locales, avec l'existence des plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR) et des plans de gestion des risques d'inondations (PGRI), **les réseaux d'infrastructure en revanche « ne font pas l'objet de dispositions spécifiques » dans ces plans.**
- **Certains aléas**, comme les chutes de neige importantes ou les périodes de gel ou de fortes chaleurs prolongées, qui peuvent affecter durablement les réseaux – par exemple en abîmant les composants électroniques, **ne sont pourtant pas identifiés comme « risques ».**

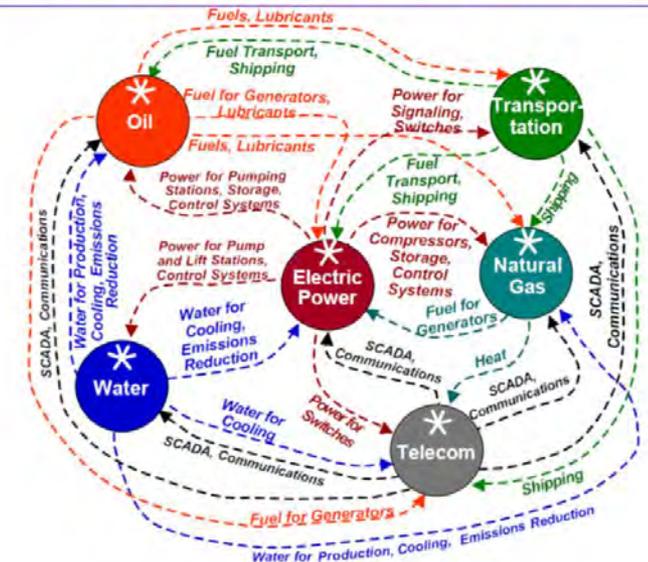
Parmi les 12 **recommandations** :

Recommandation 9 Recommander aux opérateurs de réaliser les études de résilience en cas de crise sur une base « zéro service extérieur », c'est à dire en fonctionnement autonome par rapport aux autres réseaux. (DGPR et DG sectorielles du MEDDE en liaison avec les organismes du RST et les opérateurs de réseaux). Inscrire le thème des interdépendances entre réseaux dans les programmes d'études et de recherche ministériels, en partenariat avec les opérateurs. (CGDD/DRI, RST).

Recommandation 10 Au niveau des pouvoirs publics, rendre systématique une analyse coûts bénéfiques probabilisés dans l'étude d'impact des lois et règlements nouveaux (y compris textes de transposition de directives européennes) ; au niveau de chaque opérateur, prendre en considération le coût de l'inaction non seulement dans son périmètre propre mais pour la collectivité dans son ensemble, dans les études d'opportunité qu'il conduit pour les investissements engagés à son initiative ; procéder à l'évaluation ex post de l'efficacité des dispositions prises (pouvoirs publics, opérateurs).

Recommandation 11 Pour chaque nouvelle disposition ou norme technique concernant des infrastructures nouvelles, se poser la question de l'opportunité de rendre obligatoire son extension aux équipements existants (pouvoirs publics).

Interdépendances des réseaux d'infrastructures



Schématisme des interdépendances
(SCADA : Supervisory Control and Data Acquisition)

Aujourd'hui, les réseaux de transport, de distribution d'énergie, les communications électroniques, d'eau et d'assainissement sont interconnectés. **La panne d'un des réseaux qu'elle soit due à un aléa naturel ou technique voire à une malveillance, interagit immédiatement sur les autres** comme l'illustre la Schématisation des interdépendances par la SCADA.

Logiciel GeoGraphLab (GGL)

Systeme d'aide à la décision basé sur des méthodes d'analyse multicritère et sur l'analyse des propriétés structurales des réseaux dans le contexte des risques naturels en montagne.

→ fournit des indicateurs structurels qui renseignent les décideurs sur la criticité et la résilience de leurs réseaux.

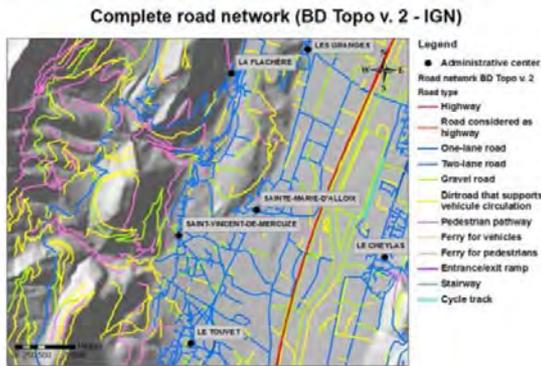


Figure 8: Complete road network based on detailed geographic database.

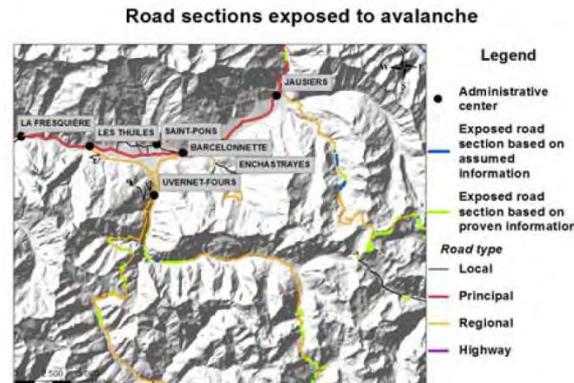


Figure 14: Road exposure to snow avalanches including information quality.

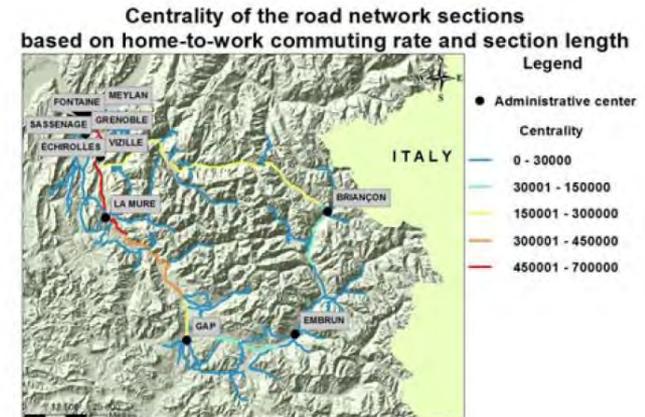


Figure 16: Centrality indicators for Grenoble-Briançon paths (including Lautaret path)

D – Analyse de la vulnérabilité du territoire dans le cadre de l'adaptation au changement climatique

Un nouveau référentiel pour l'analyse des vulnérabilités territoriales ?

Exemple :

Impact'Climat (ADEME) : outil pour la planification territoriale

Impact' Climat

Prédiagnostic de l'IMPACT du changement CLIMATique sur un Territoire

L'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) a développé un outil pédagogique et simple afin que les collectivités puissent entamer leur démarche d'adaptation, à travers la réalisation d'un pré-diagnostic de vulnérabilité. Cet outil est constitué :

- D'un **fichier Excel** où l'utilisateur renseigne des données et visualise des résultats relatifs aux impacts du changement climatique et à la vulnérabilité du territoire ;
- D'un **guide d'accompagnement Word** pour guider l'utilisation du fichier Excel.

Philosophie et objectifs de l'outil

Cet outil de pré-diagnostic est un dispositif d'aide au chargé de projet dans la structuration d'une approche et d'une première réflexion sur l'adaptation au changement climatique : il permet de se poser les bonnes questions, en proposant une méthode pour identifier les priorités à traiter.

L'ensemble des analyses et des illustrations issues de l'outil permettra d'alimenter des supports d'échanges avec les responsables de chaque domaine ou au niveau de la collectivité.

L'outil s'adresse aux personnes en charge de l'animation interne de la démarche d'adaptation, le plus souvent les chargés de mission PCET de la collectivité. Il encourage à impliquer les responsables de chaque secteur ainsi que des

personnes ayant des connaissances en lien avec les sujets abordés, afin d'initier une réflexion au sein de la collectivité grâce au cadre fourni.

L'outil est destiné à réaliser un pré-diagnostic en effectuant un panorama exhaustif de l'ensemble des vulnérabilités pouvant toucher le territoire ou les compétences d'une collectivité, sans pour autant réaliser une étude approfondie de chaque secteur.

L'outil permet de s'adapter aux différents contextes des collectivités, quelles que soient leur situation géographique ou les activités économiques majeures présentes sur le territoire et se fait sur la base des thèmes que la collectivité souhaite étudier.

Concepts de base

Les terminologies des risques naturels et celle du changement climatique ont tendance à cohabiter sur la notion de vulnérabilité au changement climatique.



Exposition : nature et degré auxquels un système est exposé à des variations climatiques significatives sur une certaine durée

Sensibilité : propension d'un élément (organisation, milieu...) à être affecté, favorablement ou défavorablement, par la manifestation d'un aléa

Vulnérabilité : niveau de vulnérabilité (aussi appelé niveau de risque) s'évalue en combinant l'exposition et la sensibilité du territoire

La démarche de prédiagnostic

L'outil s'appuie sur la terminologie du changement climatique et les notions d'exposition, de sensibilité et de vulnérabilité. La méthode suivie s'inspire d'une séquence de travail « logique » mise en pratique par de

nombreuses collectivités ayant déjà réalisées un diagnostic de vulnérabilité (et observé par l'ADEME en France et à l'international). Elle accompagne le chargé de projet à dérouler un raisonnement en quatre étapes.



Outil de Prédiagnostic de l'Impact du Changement Climatique sur un Territoire

Objectif

Identification des priorités territoriales d'adaptation (PCT, SCOT, PLU)

Cible

Collectivités démarrant ou optimisant leur réflexion sur l'adaptation au changement climatique

Approche

Cadre pour structurer un diagnostic des aléas climatiques et activités du territoire
Inspirée de l'expérience internationale

Supports

Guide d'accompagnement (Oriente la démarche d'animation territoriale et l'utilisation du tableur, identifie les principales ressources)

Tableur Excel (l'utilisateur renseigne des données et visualise des résultats)

Un cheminement en 4 étapes



Exploitation des connaissances existantes / animation territoriale

- Exposition au changement climatique : tendances et extrêmes, passés et futures
 - Ressources : Météo France, Base de données GASPARD, scénario JOUZEL
- Sensibilité du territoire : services publics, secteurs d'activité économiques, environnement naturel
 - Ressources : connaissances collectives (dialogue et recueil auprès des services de la collectivité), rapports scientifiques, entretiens experts, archives et presse locales

Identification des principales vulnérabilités

- Notation : exposition & sensibilité
- Matrice classant les vulnérabilités

Étape 1. Analyse de l'exposition passée

- Recherche sur les sources de données techniques et scientifiques
 - gel, sécheresse, ...
 - nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle depuis trente ans (base Gaspard)
- Recherche documentaire
 - archives municipales, presse locale...



Onglet d'analyse documentaire du climat passé.



Analyse des arrêtés de catastrophes naturelles

Étape 2. Qualification de l'exposition future

- L'outil intègre, de manière pédagogique, les scénarios climatiques du rapport Jouzel (2011)
 - modèle Météo-France (ARPEGE-Climat)
 - 5 macro-régions françaises
 - 19 indices climatiques
 - trois périodes (référence : 1980-1999)
 - 2020-2039, 2040-2059 et 2080-2099
- L'utilisateur attribue une note qualitative sur les évolutions possibles



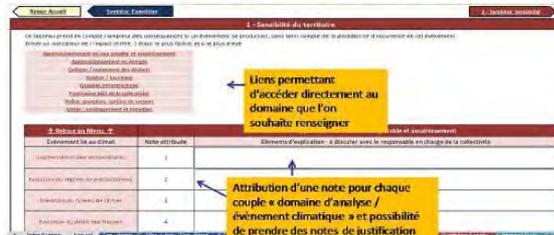
Onglet structurant l'analyse documentaire.



Présentation graphique automatique des évolutions à horizon 2100

Étape 3. Qualification de la sensibilité du territoire

- Possibilité d'analyser plusieurs domaines
 - ex. habitat, assainissement, collecte et traitement des déchets
- La consultation de la connaissance collective abouti à l'attribution de notes entre 1 et 4, correspondant à l'importance de l'impact des différents aléas sur chaque domaine
 - exemples de notes de sensibilité fournis dans le guide



Étape 4. Hiérarchisation des Vulnérabilités

- Calcul du niveau de vulnérabilité de chaque couple « domaine d'analyse – tendance climatique »
 - note de sensibilité x note d'exposition
- Présentation sous forme de matrice de vulnérabilité
 - Permet d'hiérarchiser
- Mise en avant des principales vulnérabilités



Etape 4 : Classification des niveaux de vulnérabilité

Identification des niveaux de risque (ou vulnérabilité)

Le niveau de risque équivaut à la combinaison de la probabilité d'occurrence et de l'ampleur des conséquences

1

Exposition	Description	Sensibilité	Description
Presque certaine	Peut se produire plusieurs fois par an Probabilité supérieure à 50%	Mineure	Réversible + de courte durée + non dramatique
Moyenne	Peut se produire entre une fois par an jusqu'à une fois tous les 10 ans Probabilité inférieure à 50%	Moyenne	Non réversible + durée moyenne + non dramatique
Faible	Peu probable sur les 25 prochaines années Probabilité proche de zéro	Catastrophique	Irréversible + longue durée + dramatique

2

Exposition	Sensibilité sur un système donné		
	Mineure	Moyenne	Catastrophique
Forte	Moyenne	Elevée	Extrême
Moyenne	Moyenne	Elevée	Elevée
Faible	Faible	Moyenne	Moyenne

Source : Australian Greenhouse Office – 2006

L'onglet « Niveaux de vulnérabilité » synthétise et hiérarchise tous les risques liés au territoire

Un numéro est attribué à chaque domaine d'analyse et chaque évènement climatique
Chaque couple est classé selon la multiplication de la note de sensibilité par la note d'exposition

	Sensibilité faible (E1)	Sensibilité moyenne (E2)	Sensibilité forte (E3)	Sensibilité très forte (E4)
Exposition forte (E3)	3 0E1-0E3-0E3-0E1-0E1-0E1	6 0E3-0E4-0E4-0E3-0E1	9 0E3-0E3-0E3-0E4-0E1	12 0E4-0E3-0E4-0E4-0E4
Exposition moyenne (E2)	2 0E1	4 0E1-0E2	6 0E2	8 0E2-0E1
Exposition faible (E1)	1 0E1-0E1-0E1	2 0E1-0E1-0E1-0E1-0E1	3 0E1-0E1	4 0E1-0E1-0E1-0E1-0E1

L'onglet « Synthèse Vulnérabilité » met en avant les principales vulnérabilités

	Vulnérabilité de 12	Vulnérabilité de 9	Vulnérabilité de 8
Approvisionnement en eau potable et assainissement - Evolution du débit des fleuves	Approvisionnement en eau potable et assainissement - Perturbation dans les conditions de vent	Approvisionnement en eau potable et assainissement - Evolution du régime de précipitations	
Collecte / traitement des déchets - Augmentation des températures	Approvisionnement en eau potable et assainissement - Îlots de chaleur	Approvisionnement en eau potable et assainissement - Surcote marine	
Collecte / traitement des déchets - Evolution du débit des fleuves	Collecte / traitement des déchets - Îlots de chaleur		
Collecte / traitement des déchets - Feux de forêt	Police, pompiers, service de secours - Evolution du débit des fleuves		
Police, pompiers, service de secours - Feux de forêt	Police, pompiers, service de secours - Perturbation dans les conditions de vent		