

Master Sciences de l'Environnement, du Territoire et de l'Économie

MENTION Economie et Gouvernance de
l'Environnement et du Territoire

Première année Master

Spécialité Analyse Economique et Gouvernance des Risques

Titre du mémoire :

*Evaluation quantitative et cartographique des conséquences
potentielles directes de « l'enjeu économie » face aux risques
hydro-géomorphologiques
Application au bassin de Barcelonnette
(Alpes de Haute Provence, France)*

Soutenu par : Nicolas BIGAY

En : Septembre/2009

Sous la direction de : Sébastien GADAL

Ce mémoire a été réalisé :

Au sein de : Laboratoire Image Ville Environnement (ERL 7230 CNRS) – Université de Strasbourg
3, rue de l'Argonne 67083 Strasbourg Cedex

De 04/05/2009 **à** 04/08/2009

Sous la responsabilité de : Anne Puissant, Maître de conférences,
Laboratoire Image Ville Environnement (ERL 7230 CNRS)





La structure d'accueil



image
et ville

Laboratoire Image Ville Environnement (ERL 7230)

Université de Strasbourg

Faculté de Géographie et d'Aménagement

3, rue de l'Argonne 67083 STRASBOURG Cedex



Le stage a été effectué au sein du Laboratoire Image Ville Environnement, qui est une unité de recherche du CNRS (ERL 7230). Il est actuellement dirigé par Mme Christiane WEBER, représentante légale de l'organisme en qualité de directrice de recherche.

Les travaux du laboratoire sont principalement consacrés aux espaces urbanisés plus ou moins denses, à l'analyse de leur organisation, de leur évolution, de leurs interactions avec les systèmes naturels et agricoles avec lesquels ils sont en contact, à l'aide des techniques de télédétection et de géomatique.

Ce laboratoire s'attache, depuis quelques années, à diversifier ses axes de recherches en se focalisant sur les processus des écosystèmes anthropiques et des risques (en s'intéressant plus particulièrement aux dimensions spatiales et temporelles). C'est dans ce cadre de recherche qu'a pu se réaliser cette étude, sous la direction de Madame Anne PUISSANT, maître de conférences à la Faculté de Géographie et d'Aménagement de Strasbourg.



Remerciements

Je suis reconnaissant envers Madame Christiane WEBER pour m'avoir accueilli au sein du Laboratoire Image Ville Environnement.

Merci à Madame Anne PUISSANT, qui m'a offert l'opportunité de faire ce stage et qui, à n'en pas douter, sera une expérience importante pour la réussite de mon parcours professionnel. Je tiens également à la remercier de sa gentillesse et de sa disponibilité dans la réalisation des travaux.

Mes remerciements vont également à mon responsable pédagogique, Monsieur Sébastien GADAL, qui m'a apporté les connaissances et les outils nécessaires à la pratique de la télédétection et de la géomatique, et qui m'a aussi accompagné tout au long de mon parcours à l'Université de Versailles Saint-Quentin.

J'adresse aussi ma gratitude aux différents acteurs du bassin Barcelonnette (Restauration des Terrains de Montagne, Maison Technique, mairie de Faucon...), pour nous avoir accueillis et accordés de leur temps pour nous aider à travers nos recherches.

Merci aux étudiants présents lors de ma mission sur le terrain et avec qui on a passé d'agréables moments (Julien, Monique, François, Sophie, Marine, Alexandre).



Résumé du mémoire et mots-clés

Un constat s'impose d'entrée dans les approches d'évaluation quantitative des risques hydro-géomorphologiques tels que les glissements de terrain et les laves torrentielles : on se retrouve confronté à un manque de données standardisées voir une absence de données sur l'historicité des dommages observés.

Ce mémoire propose une tentative d'évaluation quantitative et cartographique des conséquences économiques directes potentielles (en terme de coût monétaire) face aux risques « glissement de terrain » et « lave torrentielle ». La méthode se veut reproductible afin qu'elle puisse servir d'outil opérationnel notamment pour les collectivités. Cette méthode intègre donc toute une série de données quantitatives afin d'aboutir à une cartographie des coûts directs potentiels liés à l'enjeu économie.

Dans un premier temps, nous avons recensés et catégorisés les différents éléments impactés liés à l'enjeu « économie », puis nous avons recherchés les coûts unitaires correspondants, ceci dans le but de reproduire la méthode sur d'autres zones d'études.

Puis dans un second temps, une application aux communes de Faucon-de-Barcelonnette et Saint-Pons (Alpes de Haute Provence) est réalisée. Nous expliquerons le choix de notre représentation cartographique et nous effectuerons une analyse diachronique sur la zone à risque de Saint-Pons.

Mots-clés : conséquence directe potentielle, données quantitatives, bassin de barcelonnette, cartographie, risques hydro-géomorphologiques.



Sommaire

Avant-propos	5
Introduction	6
Première partie : Généralités sur l'analyse des conséquences potentielles	
directes	7
Etat de l'art.....	7
Présentation du site d'étude.....	13
Deuxième partie : Présentation du cadre général de l'étude	18
Le cadre général.....	19
Analyse de l'enjeu « ECONOMIE ».....	22
La méthodologie d'évaluation cartographique et quantitative.....	28
Troisième partie : Application de la méthode au bassin de Barcelonnette	30
Deux communes différentes, des enjeux communs.....	31
La représentation cartographique.....	33
Analyse de la représentation des coûts.....	37
Analyse diachronique.....	40
Conclusion et perspectives	44
Bibliographie	45
Liste des annexes	46
Table des matières	52
Table des illustrations	54



Avant-propos

Le contexte scientifique : **Projet Mountain Risk**

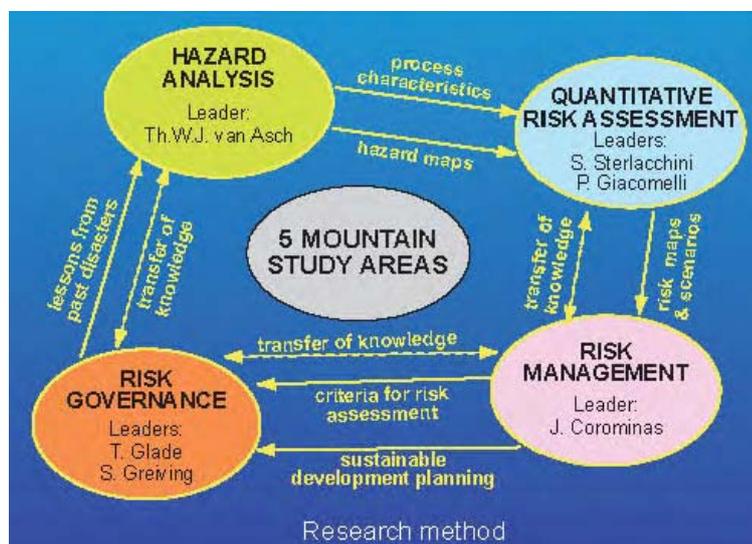
Le stage s'inscrit dans le cadre du projet européen Mountain Risk. Ce projet a l'intention d'améliorer les connaissances sur les processus hydro-géomorphologiques en montagne pour permettre une meilleure cohabitation sur le long terme entre ces aléas et les différents acteurs concernés (populations exposées, scientifiques, politiciens...). Ce réseau de recherche et de formation essaye de surmonter la fragmentation de la recherche sur les processus de montagne en intégrant une expertise complémentaire de 18 équipes européennes dans des domaines variés comme l'environnement, le social, l'économie, les sciences de l'ingénieur et de l'informatique.

→ Cinq sites d'études :

- France : **le bassin de Barcelonnette**
- et le plateau de Trièves
- Allemagne : les Alpes Bavaroises
- Espagne : Andorre et les Pyrénées
- Suisse : canton de Vaud et de Valais
- Italie : les Dolomites

→ 4 axes de recherches :

- Analyse de l'aléa
- **Evaluation quantitative du risque**
- Gestion du risque
- Gouvernance du risque



Ce stage se situe dans l'axe de recherche et le site d'étude encadrés ci-dessus en rouge. Il consiste en une amélioration des méthodes d'évaluation quantitative et cartographique des risques hydro-géomorphologiques « glissement de terrain » et « lave torrentielle ».



Introduction

Des statistiques montrent que les dommages liés aux processus hydro-géomorphologiques (mouvements de terrain, avalanches et laves torrentielles) ont considérablement augmenté ces trente dernières années aussi bien dans les milieux montagneux que dans les plaines (Alexander, 2000). Et l'actualité le démontre une nouvelle fois avec environ 80 personnes disparues dans un glissement de terrain à Chongqing le samedi 6 juin 2009 (sud-ouest de la Chine).

Aujourd'hui, la pression démographique, la mondialisation de l'économie, mais aussi du tourisme de montagne, mènent à une intensification de la concentration et de l'étalement urbain et industriel dans des zones à risque (Puissant et al., 2006).

Seulement, l'évaluation des conséquences potentielles à ce type de risque demeure une opération difficile. Cela tient à la fois de la complexité des phénomènes impliqués et du manque de bilans d'analyses en retour d'évènements passés (Leone F., Aste J.-P., Leroi E., 1996 ; Glade, 2003).

Quelles peuvent-être les apports de la mise en place d'une méthodologie d'évaluation quantitative et cartographique du risque ?

En prenant en considération les études existantes, nous détaillerons le cadre d'étude général de notre analyse et nous proposerons une méthode d'évaluation des conséquences directes potentielles des éléments exposés liés à l'enjeu « économie », en terme de coût monétaire, intégrant des données quantitatives.

Une application sera effectuée à deux communes du bassin de Barcelonnette, Saint-Pons et Faucon-de-Barcelonnette, soumises à l'aléa « glissement de terrain » pour la première et « lave torrentielle » pour la seconde. A travers ces deux cas, nous expliquerons notre représentation cartographique en prenant pour exemple la commune de Faucon-de-Barcelonnette puis nous opérerons une analyse diachronique de l'élément exposé « terrain » à Saint-Pons.



Première partie : Généralités sur l'analyse des conséquences potentielles directes

I.1 Etat de l'art

I.1.1 Définition : risque, dommage et vulnérabilité des enjeux

a) Risque

Le risque est le croisement d'un aléa, d'un élément exposé et d'une vulnérabilité (UNDRO, 1979). Il est généré par un aléa naturel survenant dans un milieu vulnérable. En effet, on ne parle pas de risque si le phénomène naturel ne menace pas d'activités humaines. De plus, le risque est plus ou moins important selon la valeur économique, culturel, humaine ... mise en jeu.

Donc, le risque « glissement de terrain » est lié, d'une part à la présence d'un événement ou aléa qui est la manifestation d'un phénomène naturel géomorphologique, et d'autre part à l'existence d'enjeux qui représentent l'ensemble des conséquences ou des pertes attendues (vies humaines, blessés, dommages aux biens, à l'activité économique, aux moyens de subsistance, à l'environnement ou au patrimoine) sur un territoire.

On peut résumer le risque par l'équation suivante :

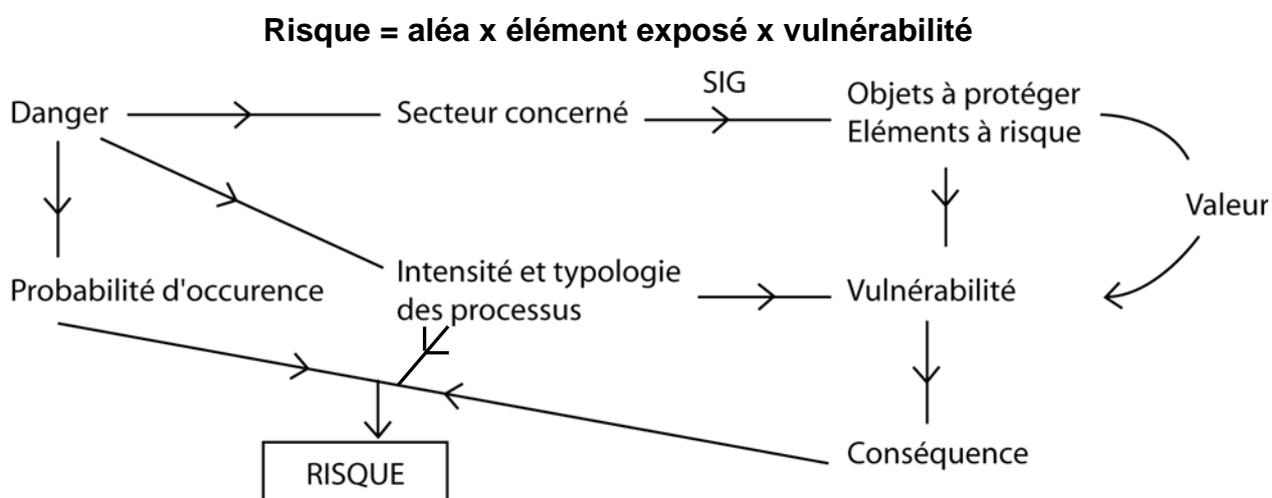


Figure 1: Approche générale sur l'analyse quantitative du risque adaptée du projet
« IMIRILAND », 2001- 2003

Les étapes d'analyse du risque sont selon la figure 1 :

- 1- Identifier les éléments en exposés à travers les enjeux
- 2- Evaluer la valeur des éléments exposés
- 3- Evaluer la vulnérabilité des enjeux
- 4- Calculer les conséquences directes potentielles en terme de coût monétaire (valeur x vulnérabilité)
- 5- Evaluer les risques (conséquences x probabilité d'occurrence x intensité du processus)

Nous mènerons notre étude jusqu'à l'étape -4- d'analyse du risque. Toutefois, le calcul des conséquences directes potentielles en terme de coût monétaire, ne prendra pas en compte l'évaluation de la vulnérabilité (durée du stage trop restreinte), mais les bases permettant cette évaluation sont posées.

b) Les dommages et la vulnérabilité des enjeux

Les phénomènes ou aléas naturels génèrent des dommages : pertes en vies humaines, destructions de biens matériels, destruction ou altération de systèmes de production, atteinte à l'organisation sociale et institutionnelle, effets sur l'environnement (Armines ; CGI, 2002).

Certains de ces dommages sont facilement quantifiables comme les dégâts sur les biens matériels, d'autres difficilement comme l'impact sur le fonctionnement des institutions, de l'économie.

La vulnérabilité sera fonction des coûts des dommages par rapport à la valeur de l'enjeu associé.

Par enjeu on entend toutes personnes, biens, activités, moyens, patrimoine, susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel et d'en subir des préjudices ou des dommages. On répertorie trois grandes familles d'enjeux (*c.f. figure 2*) :

- ECONOMIE : regroupe les éléments nécessaires à l'implantation d'une activité (réseaux, terrains, bâtiments...) ainsi que les revenus générés par cette activité.
- FONCTIONNEL : regroupe les éléments permettant à une activité de fonctionner
- HUMAIN : on prend en considération la population

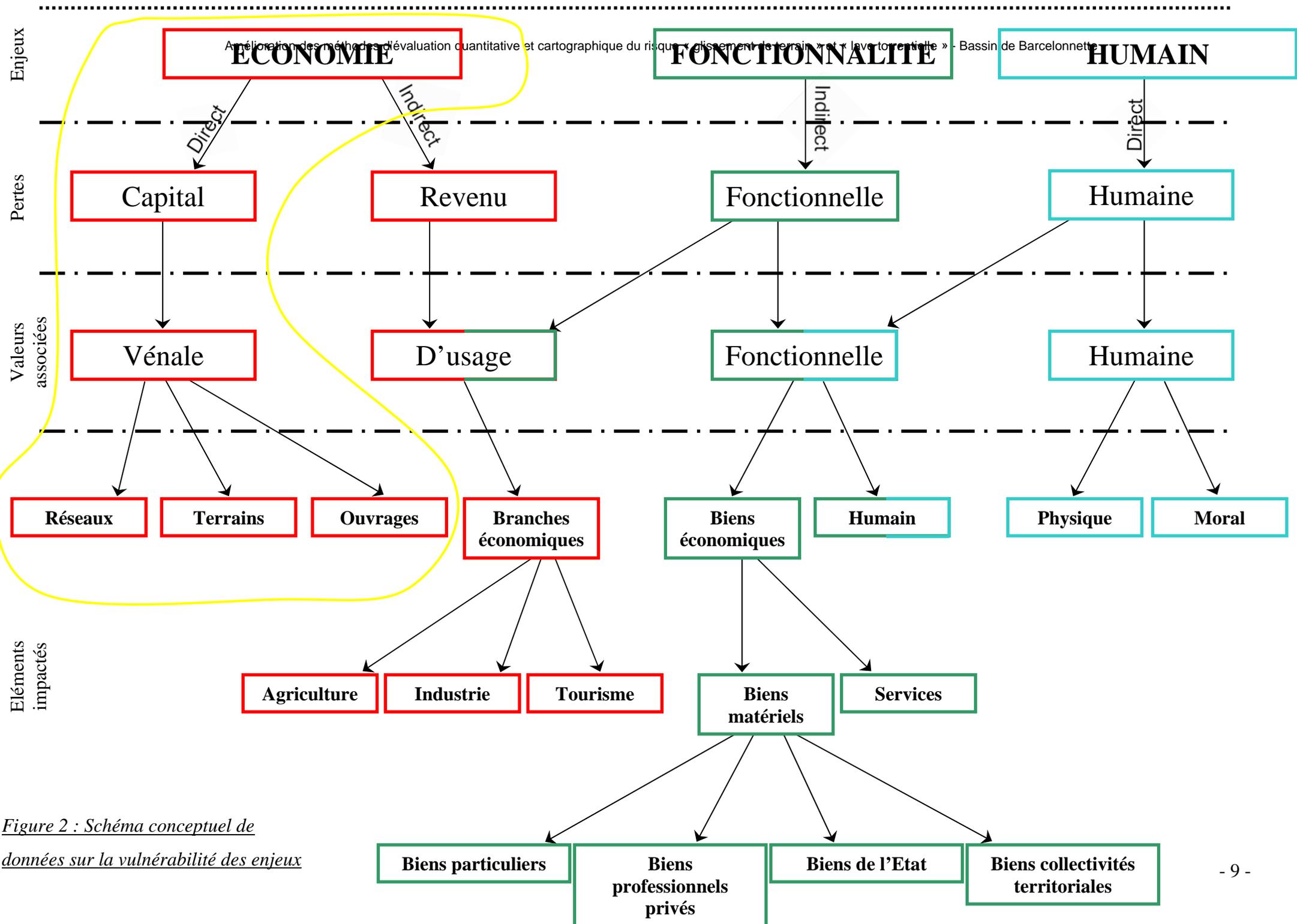


Figure 2 : Schéma conceptuel de données sur la vulnérabilité des enjeux

Les conséquences potentielles seront indirectes pour l'enjeu « FONCTIONNEL » ainsi que pour une partie de l'enjeu « ECONOMIE » (par rapport aux revenus provenant des activités) et directes pour l'enjeu « HUMAIN » et une partie de l'enjeu « ECONOMIE ».

Les enjeux seront détaillés dans la partie II.

Afin d'évaluer la vulnérabilité, plusieurs grilles de lectures sont identifiables pour voir ce qui peut rendre un enjeu plus ou moins vulnérable (R. D'Ercole et P. Metzger, 2009) :

- *La vulnérabilité « intrinsèque »* : ce sont les faiblesses propres qui caractérisent chaque enjeu (par exemple : le faible niveau socioéconomique de la population, l'ancienneté des installations, la mauvaise qualité du bâti) ;
- *L'exposition de l'enjeu aux aléas naturelles et sa susceptibilité d'endommagement*. Il s'agit ici de considérer tous les aléas existants. La susceptibilité d'endommagement permet de prendre en compte le fait que les enjeux sont plus ou moins sensibles à certains aléas (par exemple : une conduite d'eau enterrée n'est pas sensible aux chutes de cendres volcaniques) ;
- *La dépendance* : il s'agit ici de relever tout ce dont dépend un enjeu pour fonctionner car le fait que son fonctionnement soit dépendant d'autres éléments ou systèmes contribue à sa vulnérabilité (par exemple, la dépendance des stations de pompes du réseau d'approvisionnement en eau vis-à-vis du système électrique).
- *La capacité de contrôle* : la vulnérabilité d'un enjeu est moindre s'il existe une capacité à détecter les problèmes et à intervenir pour tenter de les résoudre ; la capacité de contrôle peut s'apprécier de différentes manières, en considérant l'existence de systèmes de communications, d'un télécontrôle, la présence de personnel qualifié, l'accessibilité des installations par voie terrestre, etc.
- *Les alternatives de fonctionnement* : la vulnérabilité d'un enjeu est d'autant plus grande que les alternatives à son fonctionnement sont limitées.
- *Le niveau de préparation à la gestion des crises*. Il est difficilement envisageable d'éliminer tout à fait les formes de vulnérabilité qui précèdent. Le niveau de préparation à la gestion des situations d'urgence (plans de gestion de crises, exercices d'évacuations, simulations, systèmes de communication d'urgence, etc.) doit donc permettre de faire face à ce type de situation.

Les composantes de la vulnérabilité des enjeux sont présentées dans la partie II.

I.1.2 Les approches sur l'étude des conséquences potentielles

Plusieurs auteurs s'intéressent à la question des conséquences potentielles liées aux mouvements de terrain. Si tous s'accordent à dire qu'il faut généraliser les méthodes d'analyses (Léone et al., 1996 ; Glade, 2003 ; Maquaire et al., 2004 ; Bonnard et al., 2004 ou Malet et al., 2006), les approches divergent. Les méthodes recensées peuvent être classées en trois catégories distinctes : une qui évaluent les enjeux et la vulnérabilité, celle qui évaluent les dommages (*c.f. tableau 1 de HUBERT et LEDOUX, 1999*) et une dernière approche des conséquences potentielles par une analyse semi-empirique et semi-quantitative des enjeux définis en termes de valeur relative d'éléments exposés (Malet et al., 2006). Le potentiel de dommage ou de perturbation des enjeux n'est pas exprimé comme une grandeur numérique mais comme des classes de valeurs (Maquaire et al., 2004) dans cette troisième approche.

Evaluation des enjeux et de la vulnérabilité	Evaluation des dommages
Méthodes qualitatives Qualifier la vulnérabilité d'un territoire par des indicateurs d'impacts socio économiques, afin d'orienter une stratégie de réduction de la vulnérabilité et des dommages potentiels.	Méthodes quantitatives, monétaire. Calcul d'un coût de dommage permettant de savoir si le coût de protection n'est pas supérieur au coût de dommage.
Points positifs	
<ul style="list-style-type: none"> - Rapide : permet de définir rapidement les zones de déficit de protection nécessitant une étude plus précise. - Facile à mettre en place sous SIG - Adaptée à une analyse à petite ou moyenne échelle. 	<ul style="list-style-type: none"> - Unité monétaire : Facile à comprendre et à présenter pour obtenir des financements pour la protection. Evaluation coût – bénéfice. - Peu paraître plus technique et plus concrète.
Points négatifs	
<ul style="list-style-type: none"> - Problème de compréhension des indices de risques. 	<ul style="list-style-type: none"> - Difficile de chiffrer monétairement des vies humaines. - Nécessite des estimations de valeur mobilière.

Tableau 1 : comparaison de deux approches (HUBERT et LEDOUX ; 1999)

Le choix d'une méthode d'analyse, plus ou moins complexe, dépend avant tout de l'échelle d'intérêt, des objectifs de l'étude et de la qualité et quantité des données nécessaires. Toutes les méthodes nécessitent l'identification des éléments exposés et la définition de leur valeur, monétaire ou non (Malet et al., 2006).

L'étude menée s'appuie sur une approche quantitative des conséquences potentielles directes sur l'enjeu « ECONOMIE », encore très peu généralisée et rarement réalisée due à la difficulté de collection d'informations (au niveau des évènements passés, des valeurs monétaires...)

I.1.3 Les caractéristiques du risque « glissement de terrain » et « lave torrentielle »

→ « Glissement de terrain »

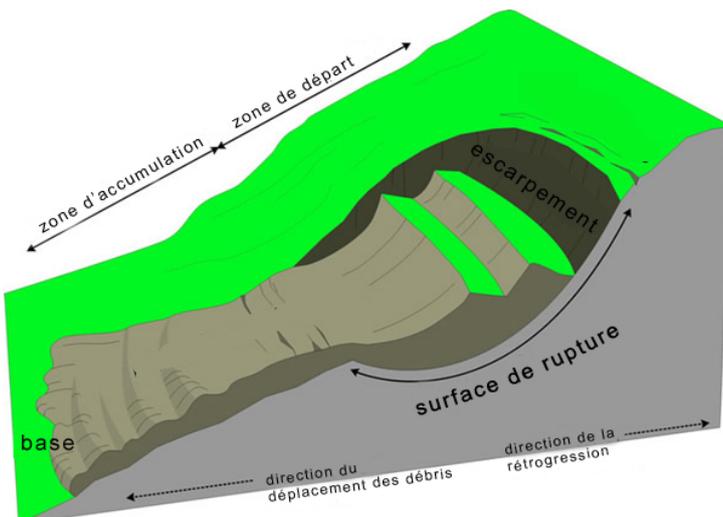


Figure 3 : les différentes parties d'un glissement de terrain (source : atlas du canada)

Le glissement de terrain est défini comme le déplacement d'une masse de terrains meubles ou rocheux au long d'une surface de rupture par cisaillement qui correspond souvent à une discontinuité préexistante. Le mouvement est engendré par l'action de la gravité, de forces extérieures (hydrauliques ou sismiques) ou d'une modification des

conditions aux limites (définition BRGM).

→ « Lave torrentielle »

Dans la majorité des cas, les laves torrentielles se forment après des précipitations soutenues ayant duré plusieurs jours et à l'occasion d'une pluie intense (orage). Cependant, on sait encore relativement peu de choses sur les mécanismes aboutissant à leur génération. Seuls certains bassins versants torrentiels, caractérisés en général par des processus d'érosion très intenses, produisent fréquemment des laves.

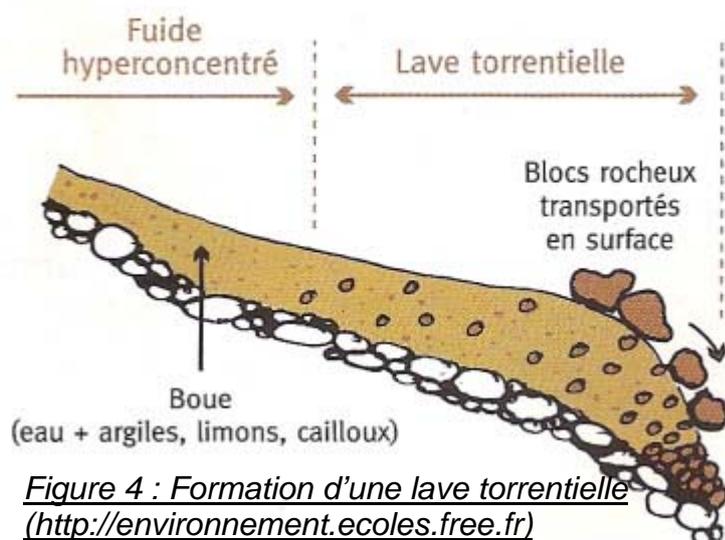


Figure 4 : Formation d'une lave torrentielle
(<http://environnement.ecoles.free.fr>)

Dans certains cas, celles-ci se forment par accélération brutale (fluidification) d'un glissement de terrain préexistant. Dans d'autres cas, elles naissent à la faveur d'un ruissellement important sur tout le bassin de réception et à même d'apporter de très grandes quantités de matériaux

solides dans le lit. Une fois formées, les laves peuvent ensuite « s'engraisser » dans le chenal, par reprise de matériaux dans le lit (affouillement) et rupture de berges (définition UVED).

La complexité des aléas explique les difficultés liées au développement d'étude sur l'analyse des glissements de terrain et des laves torrentielles. Ceci est étroitement lié au fait qu'il y a un manque d'informations historiques sur les dommages. La communauté scientifique européenne tente de répondre à ce problème par la mise en place de programme de recherche européen (ALARM, Mountain Risk...). Ces groupes de recherche ont pour but d'arriver à une analyse « standardisée » comme on peut le retrouver pour des risques comme les inondations ou les séismes. Et c'est dans cette réflexion que la démarche proposée d'évaluation des conséquences économiques potentielles directes s'inscrit.

I.2 Présentation du bassin de Barcelonnette

I.2.1 De fortes instabilités

Le bassin de Barcelonnette est situé dans les Alpes du Sud et limité par les massifs des Ecrins et du Queyras au nord-ouest et au nord-est, et par les massifs de l'Argentera et du Mercantour au Sud. La vallée de Barcelonnette, drainée d'Est en Ouest par la rivière Ubaye, s'étant sur 22 km de long et mesure de 8 à 15 km de large. L'altitude moyenne de l'Ubaye y est de 1130 m en moyenne et les lignes de

crêtes y avoisinent les 3000 m d'altitude. Les deux versants de la vallée y sont drainés par de nombreux torrents.

Le bassin de Barcelonnette est affectée par des mouvements de terrain sur 17 % de la surface (d'après la carte géologique au 1/50 000 du BRGM (1974)).

Le bassin de Barcelonnette est caractérisé par la présence de trois grands glissements-coulées : le glissement de La Valette sur le versant adret et les glissements de Super-Sauze et de Poche sur le versant ubac.

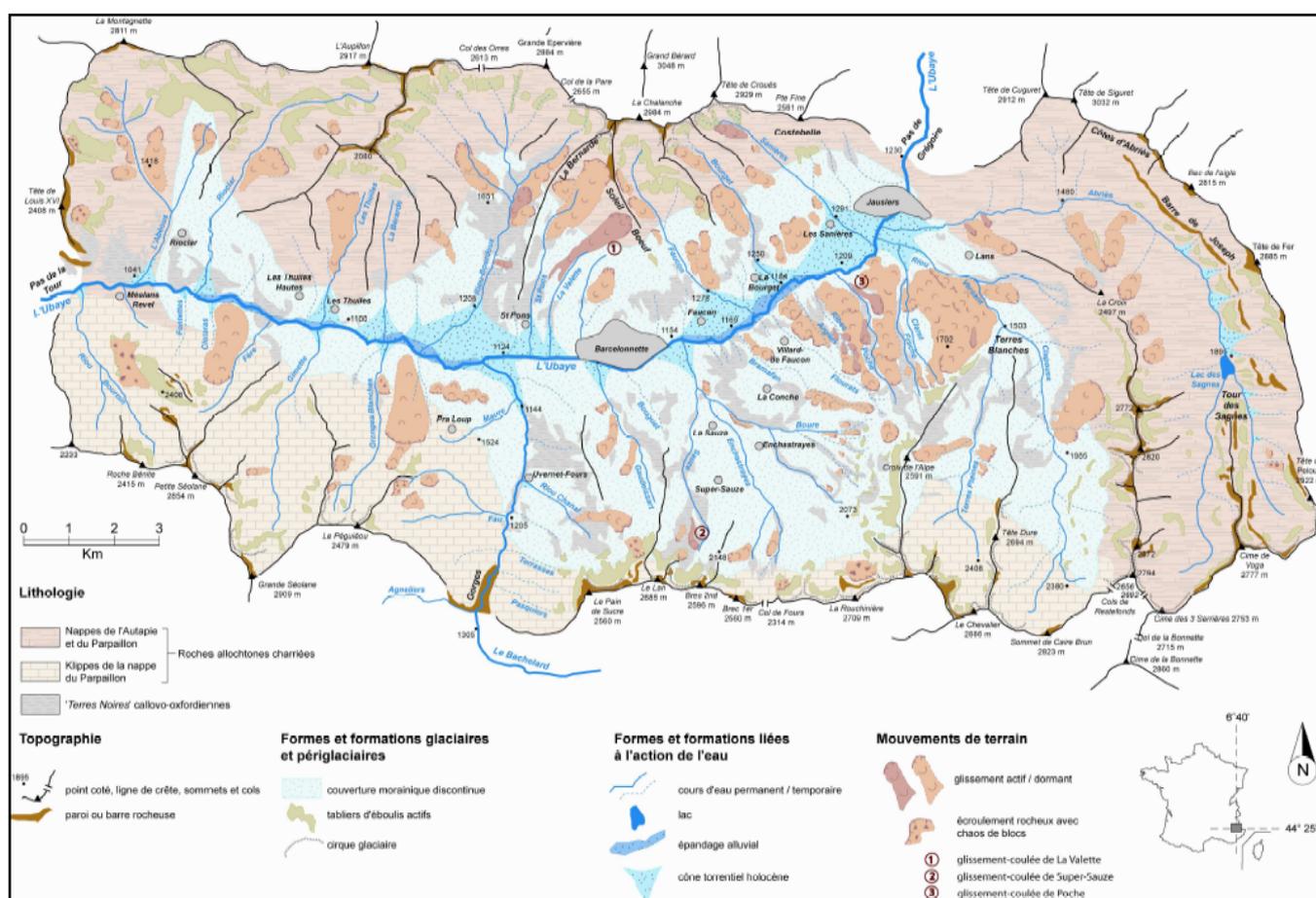


Figure 5 : Carte géomorphologique simplifiée du bassin de Barcelonnette – Localisation des mouvements de versants (complétée de Remaître, 2006)

Sept types géomorphologiques de mouvements de terrain y ont été répertoriés : les écroulements, les glissements banc sur banc, les glissements translationnels rocheux, les glissements complexes et composites, les glissements translationnels (de berge ou d'interfluve), les glissements rotationnels (de berge ou d'interfluve) et la solifluxion. Cette typologie s'est basée sur des critères de forme, d'épaisseur, de type de matériau affecté, et de localisation (c.f. annexe I).

Pour l'ensemble du bassin de Barcelonnette, 562 phénomènes d'instabilités ont été repérés dont 482 mouvements de versant de type 'glissements' (glissements banc sur banc, glissements translationnels rocheux, glissements complexes et composites, glissements translationnels, glissements rotationnels). La surface totale couverte par ces 482 glissements est de 13,14 km². Plusieurs glissements de terrain ont occasionné des dégâts plus ou moins importants dans le bassin, entraînant la fermeture provisoire des voies de communication et de fortes perturbations du trafic routier (Flageollet *et al.*, 1999).

Le bassin est aussi le siège de nombreux appareils torrentiels actifs (le Riou-Bourdoux, le Faucon, l'Abeous, le Riou-Chana, les Sanières, etc.). De nombreuses laves torrentielles se sont déclenchées provoquant, dans la plupart des cas de très importants dégâts (A. Remaître, 2006) comme lors des crues au torrent de Faucon en 2003 (*c.f. image 1, c.f. partie III*). Sous l'impulsion des services de Restauration des Terrains de Montagne, une très vaste campagne de correction torrentielle et de reboisement des torrents les plus dangereux a été entreprise.



Image 1 : Crue du torrent de Faucon en 2003 (A. Remaître , 2006)

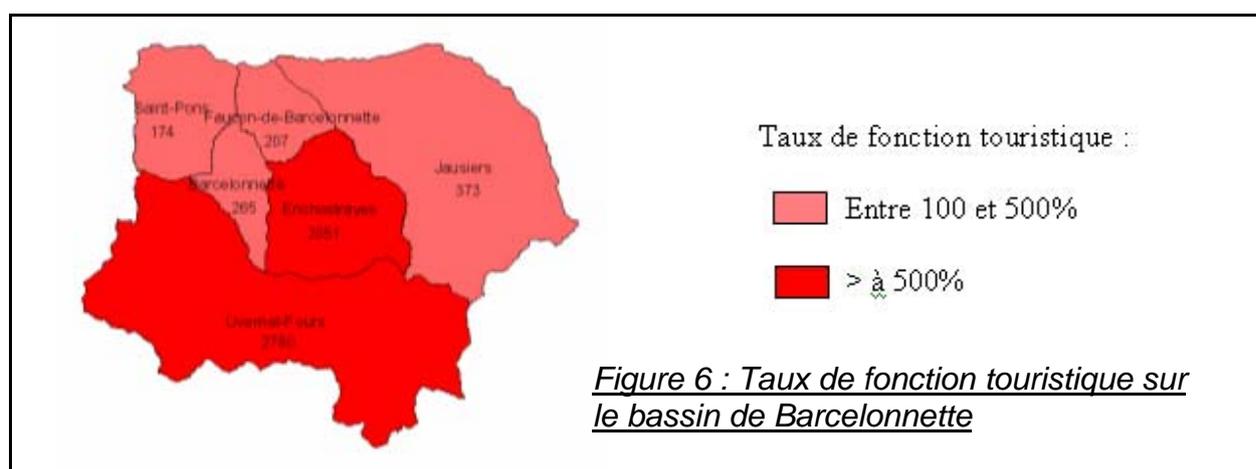
Les principales conséquences directes et indirectes ont un impact sur les infrastructures de réseau et l'interruption de l'activité touristique.

I.2.2 Le bassin de Barcelonnette : une économie dépendante du tourisme

Barcelonnette est frontalière avec l'Italie et se trouve au carrefour entre le Piémont, la Savoie et la Provence, à une distance de 67km de Gap, de 84 km de Briançon, de 101km de Coni (Italie), de 171km de Grenoble, de 146km de Nice et de 226km de Marseille.

Sa position dans l'épicentre de la Vallée d'Ubaye, sur des axes stratégiques (Nice-Grenoble, Marseille - Turin, Nice - Thonon, par la route des Alpes) ainsi que son histoire militaire très riche, lui ont favorisé non seulement l'ouverture des routes (col de la Cayolle), mais aussi l'introduction des nouveaux moyens de communication et l'électrification aidant au développement.

La principale source de revenu provient du tourisme. D'après les données de « Développement Tourisme Ubaye », la vallée de l'Ubaye est dépendante du tourisme à 70%. Sur les 137 millions de chiffre d'affaires provenant de cette activité, 45% est réalisé en hiver et 37 à 39% se passe en été. Il y a environ autant de touristes en hiver (environ 200 000) que sur le reste de l'année (220 000). La capacité d'accueil des touristes sur la vallée reste toutefois largement supérieur au nombre de touristes car, par exemple en hiver, le taux de remplissage reste de 53%.



La figure 6 nous montre le taux de fonction touristique (= (nombre de lits / nombre d'habitants)* 100).

C'est la proportion des touristes potentiels (si tous les lits offerts sont occupés) par rapport à la population locale résidente. Cet indicateur permet de mesurer la « saturation » d'un espace géographique par les touristes accueillis.

Si le taux de fonction touristique est inférieur à 100% cela signifie que la population est majoritaire par rapport au nombre possible de touristes. Ceux-ci ne constituent pas de risques et par conséquent sont tolérés. Les retombées économiques sont plutôt faibles.

Si le taux de fonction touristique est supérieur à 500%, ceci signifie que l'espace géographique accueille au moins 5 touristes pour un individu de la population locale. Dans ce cas, il peut y avoir des réactions hostiles de la part de la population locale. Entre 100% et 500%, la présence des touristes est ressentie. Elle constitue un revenu économique non négligeable.

Les deux zones étudiées, à savoir, Saint-Pons et Faucon-de-Barcelonnette présentent un intérêt certain car ils ont un taux de fonction touristique compris entre 100% et 500%. Les retombées économiques sont faibles mais non négligeables.

Le développement économique passe par un développement du tourisme autant hivernal que le tourisme d'été afin d'augmenter le taux de remplissage. C'est dans cette optique que chaque année un effort est fait pour améliorer et faire évoluer les aménagements touristiques avec par exemple la mise en place de canons à neige pour les stations de ski, la création d'un golf.

Nous allons maintenant présenter le cadre général de l'étude des conséquences économiques potentielles directes en s'intéressant plus particulièrement à l'enjeu « ECONOMIE » à travers ces facteurs d'influences, les éléments impactés liés. Puis nous proposerons une méthodologie en cinq étapes.



Deuxième partie : Présentation du cadre général de l'étude

La vulnérabilité est une notion qui lie les dommages encourus à l'apparition d'un phénomène naturel. Trois enjeux sont ici considérés comme vulnérables :

- 1) Economique
- 2) Fonctionnel
- 3) Humain

Les figures 2 et 7 (*c.f. p.9 et p.20*) permettent de définir le cadre d'analyse global.

En effet, elles nous permettent d'analyser tous les enjeux résultants d'un phénomène naturel. Ici, on ne s'intéressera pas à la partie physique du problème concernant l'aléa.

A travers ces figures, nous allons pouvoir définir tous les facteurs et tous les éléments à prendre en compte dans notre évaluation quantitative.

Il sera fait une présentation du contexte en passant par l'analyse des facteurs, des principaux enjeux et dommages influençant les coûts potentiels.

Puis, nous nous centrerons sur la problématique d'étude, à savoir l'évaluation quantitative des conséquences économiques directes potentielles, afin de proposer une démarche reproductible (*c.f. figure 9 p27.*) préalable à toutes futures évaluations.

II.1 Le cadre général

II.1.1 Les influences sur la vulnérabilité des enjeux : une approche économique

Selon R. D'Ercole et P. Metzger (« La vulnérabilité territoriale : une nouvelle approche des risques en milieu urbain », 2009), la vulnérabilité d'un enjeu prend en considération l'ensemble des faiblesses ou défaillances susceptibles de dégrader ou d'interrompre son fonctionnement, voire de le détruire, quelles qu'en soient les causes. De la même façon que pour la détermination des enjeux majeurs, l'analyse de leur vulnérabilité suppose une réflexion propre à chaque objet.

La figure 7 nous permet de visualiser les différents facteurs influençant la vulnérabilité et donc les coûts. Dans le cadre de notre étude, nous nous intéressons plus particulièrement aux facteurs économiques (de l'enjeu « économique) dans le but de quantifier, en termes de coûts (monétaires, humains...), les dommages et les pertes dus à un phénomène naturel.

Ainsi, le principal facteur à prendre en compte est le facteur socio-économique qui reprend les données du marché. De ce fait, on pourra attribuer une valeur aux éléments exposés, objet de notre étude. On intégrera également le facteur spatial et techniques car c'est deux facteurs vont nous permettre d'effectuer des zonages des enjeux, d'analyser la répartition spatiale pour dégager des zones d'exposition plus ou moins fortes à l'aléa, de classer les éléments exposés.

Concernant l'enjeu « fonctionnel », la vulnérabilité dépendra du niveau d'endommagement des biens économiques (facteur technique), des personnes (facteur humain), des fonctions permettant de garantir une activité (facteur fonctionnel), mais aussi l'aptitude de la société touchée à réparer l'activité (facteur socio-économique, institutionnel, conjoncturel).

Par rapport à l'enjeu humain, deux types de facteurs sont recensés : ceux inhérents à la personne (ou facteurs intrinsèques) comme par exemple le facteur de cognition (perception du danger, réactivité face au danger, souvenir d'un danger passé, prise de décision) et ceux externes (ou facteurs extrinsèques) avec les facteurs techniques, conjoncturels, institutionnels qui permettent d'organiser les secours, de prévoir des moyens d'évacuation...

Il va de soit que pour aboutir à une analyse complète, l'étude doit être poussée sur tous les aspects présentés dans ce schéma.

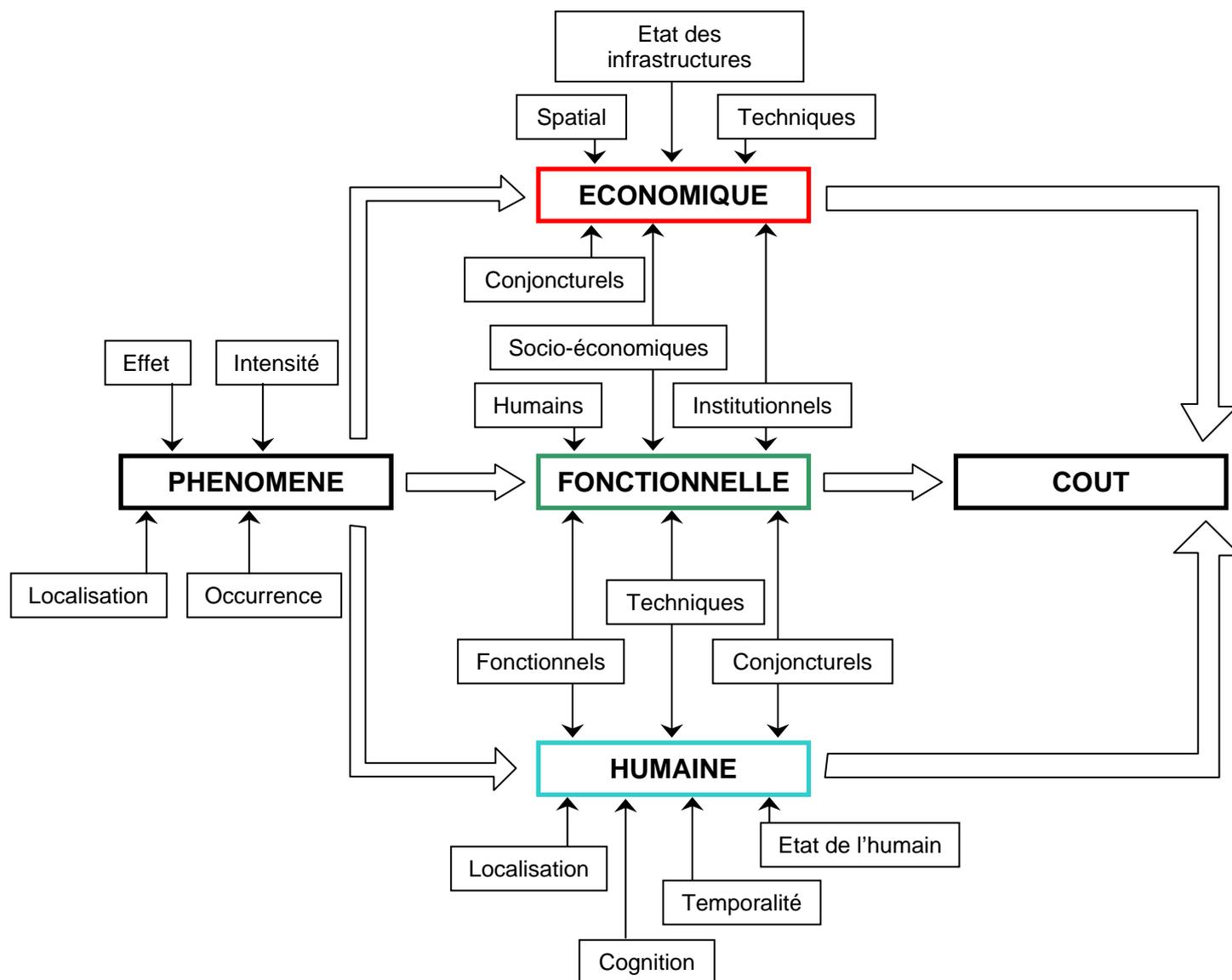


Figure 7 : Les composantes de la vulnérabilité des enjeux

II.1.2 Principaux enjeux et dommages

En analysant ces différents enjeux (c.f. figure 2 p.9), on peut définir les dommages prévisibles correspondants :

Pour l'enjeu économique (1), il sera pris en compte les dégâts causés aux infrastructures et aux bâtiments, les conséquences sur l'activité économique.

L'enjeu fonctionnel (2) concerne la capacité qu'aura la société à répondre face au risque. Plus cet enjeu est touché plus la société aura du mal à surmonter la catastrophe. C'est pour cela que l'on s'intéresse aux dommages impactant les biens

économiques et les humains, plus particulièrement aux personnes qui travaillent (pas l'aspect physique et moral par rapport à cet enjeu).

L'enjeu humain (3) va prendre en considération les dommages aussi bien corporels que psychologiques.

Afin de procéder à une évaluation quantitative, il convient d'associer, à ces enjeux, des pertes pouvant être mesurées. On associe donc une ou plusieurs valeurs à chaque perte. On pourra évaluer la perte en capital par la valeur vénale (*a*), la perte en revenu par la valeur d'usage (*b*), la perte en fonctionnalité par la valeur fonctionnelle (*c*) et la perte en humain par la valeur humaine (*d*).

(*a*) La valeur vénale correspond au prix auquel un bien peut être vendu selon les prix de marché coïncidant. Elle est la référence utilisée lors de la destruction du bien pour établir le prix de remplacement ou le montant de l'indemnité due.

(*b*) La valeur d'usage est égale aux gains que tire la personne de l'exploitation de son terrain. Ainsi, par exemple pour l'agriculture, on va regarder le prix de vente à la production à l'hectare/an.

(*c*) La valeur fonctionnelle chiffrera les dégâts causés aux différents acteurs de la société par rapport à leur patrimoine.

(*d*) La valeur humaine permettra de comptabiliser les préjudices physiques et moraux concernant l'enjeu humain, tandis que pour l'enjeu fonctionnel, on s'intéresse plus particulièrement aux catégories sociales professionnelles et aux salaires correspondants.

Dans le cadre de mon stage, j'ai développé une évaluation quantitative et cartographique de la composante enjeu économique direct. On va donc étudier la valeur vénale des éléments exposés. Nous avons décidé d'analyser que cette composante dans ce mémoire pour plusieurs raisons :

- les données concernant l'enjeu fonctionnel sont longues et nombreuses à collecter
- l'enjeu humain n'a jamais été quantifié
- nous avons collecté des données quantitatives en nombre suffisant pour étudier la valeur vénale de l'enjeu économie

II.2 Analyse de l'enjeu « ECONOMIE »

II.2.1 Inventaire des éléments exposés liés à l'enjeu

A partir de la figure 2 page 9, nous voyons quels sont les éléments exposés à analyser : réseaux, terrains, ouvrages. Ces derniers sont de nouveaux scindés par catégories afin de remonter jusqu'à un élément précis quantifiable en longueur, superficie, nombre ou encore volume (*c.f. figure 8 p.23*).

Pour effectuer le scindement de l'élément terrain, nous nous sommes appuyés sur la base de données géographiques « Corine Land Cover », mais aussi la base de données de l'IGN. Pour les éléments réseaux et ouvrages, nous nous sommes inspirés des bases de données du service de Restauration des Terrains de Montagne et de la Direction Départementale des Equipements.

Cet inventaire est général. Il s'adapte aux différentes évaluations.

Dans le cadre de notre étude, nous étudierons l'impact économique sur les terrains pour l'analyse diachronique et nous prendrons les éléments terrains et réseaux pour présenter la représentation cartographique. Ce sont les éléments pour lesquels nous possédons le plus de données.

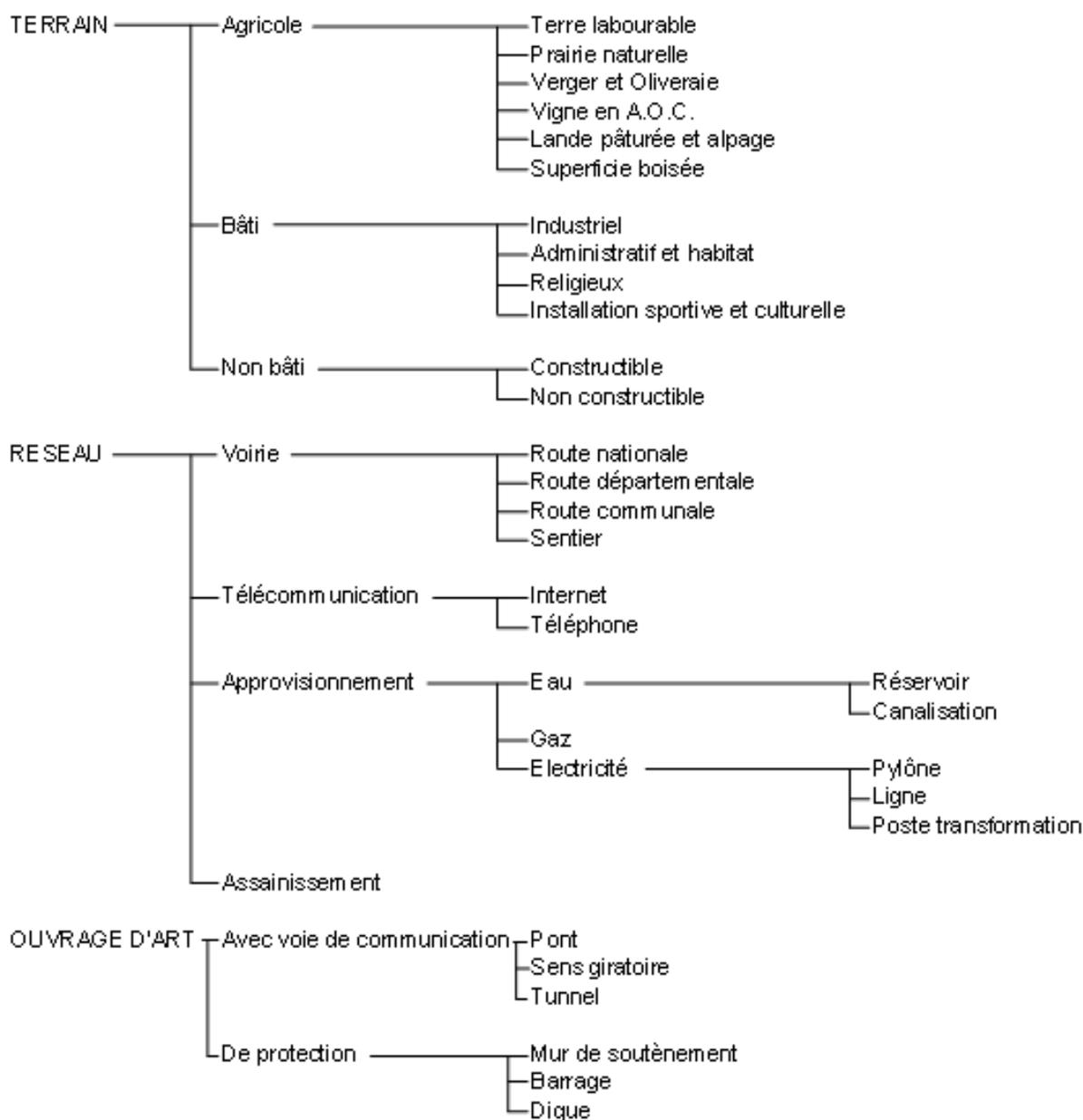


Figure 8 : Classification des éléments exposés dans la partie coût direct

a) Les terrains

Sont pris en compte tous les types de terrain pouvant être quantifiés en terme monétaire (il ne sera pas pris en compte entre autre les dépôts d'alluvion, les « marnes noires » ou encore les sols rocheux).

		
Alpage et lande	Prairie naturelle	Oliveraie et verger
		
Superficie boisée	Terre labourable	Vigne A.O.C.

Tableau 2 :
Exemple des
terrains de type
agricole

b) Les réseaux

→ La voirie :

Tableau 3 : Présentation du réseau de voirie

			
Route nationale : - voies importantes ou qui traversent de larges portions du territoire (« Wikipédia ») - ouverture possible qu'après une enquête administrative et la promulgation d'une loi - entretien à la charge de l'État	Route départementale : - plus particulièrement utiles aux localités qu'elles traversent - construction nécessite, après enquête administrative, une délibération du conseil général et un décret - entretien à la charge des départements et des collectivités territoriales	Route communale : - affectée à la circulation générale - ayant fait l'objet d'un classement dans le domaine public par délibération du conseil municipal.	Chemin/piste : - appartenant à la commune, - affecté à l'usage du public - n'ayant pas fait l'objet d'un classement dans le domaine public.

→ La télécommunication

Il faut prendre en compte les acheminements des différents réseaux de télécommunication. Cela comprend tous les câblages réalisés pour effectuer les connections. Le matériel le plus développé actuellement est la fibre optique.

→ L'approvisionnement

Nous retenons ici tous les transports d'énergie avec leurs réseaux et leurs moyens de stockage. Pour l'électricité il s'agit des câbles, des pylônes électriques, des postes de transformation. Pour l'eau on regarde les canalisations, les stations de pompage / réservoirs. Enfin pour le gaz on retient les conduits.



Images 2 : exemples de type de transformateurs retenus

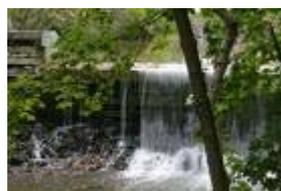
→ L'assainissement

Un réseau d'assainissement de l'eau regroupe l'ensemble des étapes de collecte, de transport (égouts) et de traitement des eaux usées et des eaux de pluie d'une ville, d'un site industriel ou d'une parcelle privée avant leur rejet dans le milieu naturel.

Comme pour le réseau d'approvisionnement en eau, il sera ici recensé les canalisations nécessaires au réseau d'assainissement.

c) Les ouvrages d'art

Un ouvrage d'art désigne soit une construction de grande importance entraînée par l'établissement d'une voie de communication (pont, tunnel, canal, etc.), soit un dispositif de protection contre l'action de la terre ou de l'eau (digue, barrage, mur de soutènement). On prend en considération toutes les œuvres présentes sur la zone d'intérêt.



Images 3 : Exemples d'ouvrages d'art (à gauche : tunnel, à droite : barrage)

II.2.2 Valeurs vénales des éléments exposés

Nous avons attribué une valeur monétaire aux différents éléments en fonction des prix du marché entre 2005 et 2009 (*c.f. tableau 4 p.27*). On a pris en compte la valeur vénale. Celle-ci diffère selon les éléments exposés :

- Pour le terrain, elle correspond au prix de vente du terrain par rapport à sa superficie.
- Pour les réseaux, nous prenons en considération le coût de construction en fonction de sa longueur
- Et pour les ouvrages, on retient son prix en fonction du volume de matériaux utilisés (principalement le béton).

Pour la collecte des données, un travail sur le terrain est nécessaire. Il faut rencontrer les différents acteurs sur le terrain pour avoir les coûts correspondant à la zone étudiée et ainsi être le plus pertinent possible. Pour nos zones étudiées, nous avons rencontrés le service de Restauration des Terrains de Montagne, la Direction Départementale des Equipements, des agences immobilières... Nous avons aussi consulté des sites internet (pap.fr, immoprix.com, agreste.fr...). La qualité de la collecte est déterminante pour la qualité finale de l'étude. Plus on dispose de données locales et précises, plus l'analyse sera pertinente. Sachant qu'il est difficile de dégager un coût unitaire pour certains éléments en raison de leurs particularités

(installation sportive et culturelle, ouvrages d'arts), nous avons décidé qu'il faudra prendre en compte la valeur totale à la réalisation. Toutes les données n'ont pu être collectées à ce jour.

Elément exposé	Valeur	Source	Remarques
Terrains	€/ha		c.f. annexe IV pour voir le détail des valeurs des terrains agricoles
<u>Agricole :</u>			
Terre labourable	2 500	SAFER Agreste	Moyenne appliquée dans las Alpes de Haute Provence (valeur pour l'année 2005-2007 selon le terrain agricole)
Prairie naturelle	2 300		
Verger et oliveraie	10 090		
Vigne A.O.C.	16 000		
Lande pâturée et alpage	600		
Superficie boisée	800		
<u>Bâti :</u>			Moyenne nationale provenant d'une étude (valeur pour l'année 2006)
Industrie	23M	MEEDDAT	Moyenne appliquée à la commune de Barcelonnette (valeur pour 2009)
Urbain	25,13M	Immoprix Pap.fr	
Religieux	n.r.*		
Sport et culturel	n.r.		
<u>Non bâti :</u>			Moyenne appliquée à la commune de Barcelonnette (valeur pour 2009)
Constructible	1,38M	Immoprix Pap.fr	
Non constructible	n.r.		
Réseaux			
<u>Voirie :</u>	€/km	DDE	Moyenne évaluée par le service technique pour l'année 2009
Route nationale	1M		
Route départementale	500 000		
Route communale	350 000		
Chemin/piste	10 000		
<u>Télécommunication :</u>			
Internet, téléphone	n.r.	Entreprise privée	
<u>Approvisionnement :</u>			
Eau, gaz électricité	n.r.	(Veolia, EDF...)	
<u>Assainissement</u>			
Ouvrages d'arts			
<u>Avec voie de communication</u>	€/oeuvre	DDE	Pas assez de données pour un coût moyen en €/m ³ donc prise en compte du coût unitaire
<u>De protection</u>	€/oeuvre	RTM	

*n.r. = non renseigné

II.3 La méthodologie d'évaluation cartographique et quantitative

Afin de rendre cette évaluation reproductible, une méthodologie en cinq étapes a été élaborée (*c.f. figure 9 p.29*). Elle servira de support d'application pour toute évaluation. Cette méthodologie se veut, d'un côté, synthétique pour faciliter la compréhension, et de l'autre, explicative pour simplifier la mise en application.

C'est un outil opérationnel permettant à son utilisateur de visualiser les démarches à entreprendre afin de mener à bien l'évaluation quantitative et cartographique des conséquences économiques directes potentielles.

Dans un premier temps, il faut localiser la zone que l'on souhaite étudier. Cela dépendra essentiellement des éléments impactés, soumis à un risque hydro-géomorphologique, que l'on souhaite quantifier (étape 1).

L'étape 2 est longue car elle consiste à se constituer une base de données. Cela demandera d'aller sur le terrain pour repérer les différents éléments à prendre en compte et pour rencontrer les différents acteurs présents.

On peut ensuite, grâce à la base de données, commencer le travail de cartographie et établir des cartes d'enjeux (étape 3).

Après, on croise la base de données de nos cartes d'enjeux avec la feuille reprenant les coûts unitaires afin d'aboutir à une évaluation monétaire (étape 4).

Pour finir, on agrège cette évaluation monétaire à la base de données pour produire une nouvelle carte faisant apparaître les coûts monétaires directs potentiels (étape 5).

Figure 9 : méthodologie d'évaluation cartographique et quantitative

SUPPORTS	ÉTAPES CLÉES	CONSIGNES GÉNÉRALES
Logiciels de télédétection et/ou cartographie	1. Définition de la zone d'étude	Définir la zone d'étude selon la problématique recherchée
Schéma conceptuel de données, inventaire et feuilles de recensement des éléments impactés	2. Recensement et classification des éléments impactés	Recenser les différents éléments impactés à l'aide du schéma conceptuel de données et élaborer une base de donnée
Base de données, logiciel de cartographie	3. Elaboration de cartes d'enjeux	Cartographier les éléments impactés
Feuilles coûts unitaires des éléments impactés, base de données	4. Evaluation des coûts directs potentiels	Importer les données quantitatives dans les feuilles de coûts unitaires correspondant à l'évaluation de l'enjeu désiré (terrain, voirie...)
Base de données traitées, logiciel de cartographie	5. Elaboration de cartes des coûts directs potentiels	Ajouter la nouvelle information coût à la base de donnée pour élaborer la carte des coûts directs potentiels de l'élément souhaité.

C'est cette méthode que nous allons développer et mettre en application dans la troisième partie.



Troisième partie : Application de la méthode au bassin de Barcelonnette

Deux communes soumises à des risques hydro-géomorphologiques, Faucon-de-Barcelonnette et Saint-Pons, vont servir de support pour l'application de la méthodologie.

En préambule, pour chaque commune, nous expliquerons son intérêt par rapport à la problématique.

Nous allons ensuite nous intéresser à la représentation cartographique. Nous expliquerons les cartes des coûts potentiels directs que nous obtenons après application de la méthodologie (*c.f. II.3 La méthodologie d'évaluation cartographique et quantitative*) ainsi que les outils d'analyses que nous utilisons.

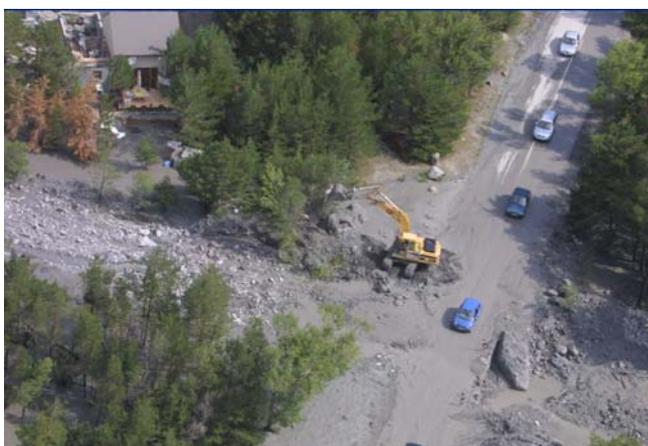
Puis nous mettrons en œuvre un cas pratique en réalisant une analyse diachronique sur la commune de Saint-Pons. Trois dates différentes sont utilisées : 1974, 1982 et 2004. A travers cet exemple, plusieurs interrogations sont posées : assiste-t-on à un phénomène d'urbanisation ? Les prix de l'immobilier ont-ils augmenté de manière significative ? Les forêts ont-elles reculées ?

Pour l'analyse diachronique, nous centrerons l'application sur l'analyse des conséquences directes potentielles liées aux éléments exposés « Terrain ». Nous avons choisi cet élément car nous possédons suffisamment de données pour mener à bien une étude qui soit pertinente à ces trois dates.

III.1 Deux communes différentes, des enjeux communs

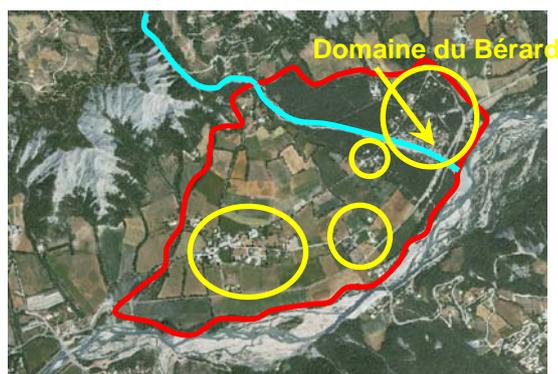
III.1.1 Faucon-de-Barcelonnette exposée au risque lave torrentielle

Les 'laves torrentielles' constituent un risque naturel majeur dans la plupart des zones de montagne. Ce terme désigne des volumes importants d'un mélange d'eau, de sédiments de toute taille et de matières organiques, fortement concentré s'écoulant dans les torrents de montagne. L'énergie considérable mise en jeu et la taille parfois considérable des bassins versants torrentiels rendent souvent peu efficaces les solutions techniques de protection contre ces écoulements (A. Remaître, 2006).



C'est ce qu'a pu constater la commune de Faucon-de-Barcelonnette au soir du 5 août 2003. Selon le rapport circonstancié établi par le maire, un violent orage de grêle aurait éclaté en altitude ainsi que des fortes pluies sur le bas de la commune, entraînant l'apparition de lave torrentielle dans

le torrent de Faucon (et du Bourget). La vitesse de la lave a été estimée par les témoins à 10 m.s-1. Les débordements au droit du domaine de Bérard (*c.f. photo ci-contre*) ont recouvert une surface comprise entre 2 500 et 3 500 m², sur une épaisseur comprise entre 0,50 et 1,50 m, soit un volume estimé compris entre 1 500 et 5 000 m³. Le pont de la R.D. 900 (pont du « Chastellaret ») a été submergé par une masse de un à deux mètres coupant la route. Plus de 400 000€ de travaux ont été entrepris et aujourd'hui encore, la commune continue de payer pour cette catastrophe naturelle.



Zone urbaine	
Cône de déjection du torrent	
Torrent de Faucon	

Image 4 : Cône de déjection du torrent Faucon (orthophoto 2004)

III.1.2 Saint-Pons face au glissement de terrain « La Valette »

Cette commune fait front aujourd'hui à un des plus importants mouvements de versant des Alpes du Sud. Le glissement de terrain « La Valette » est situé sur la rive droite de l'Ubaye, dans le bassin du torrent « La Valette » qui fait limite entre les communes de Saint-Pons et de Barcelonnette.

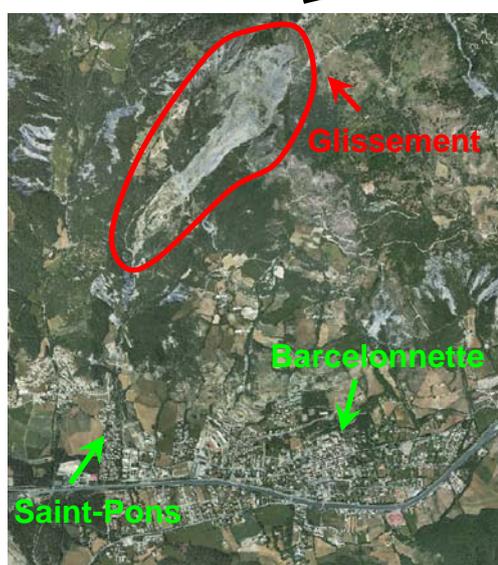


Image 5 : Glissement de terrain « La Valette » - orthophoto 2004

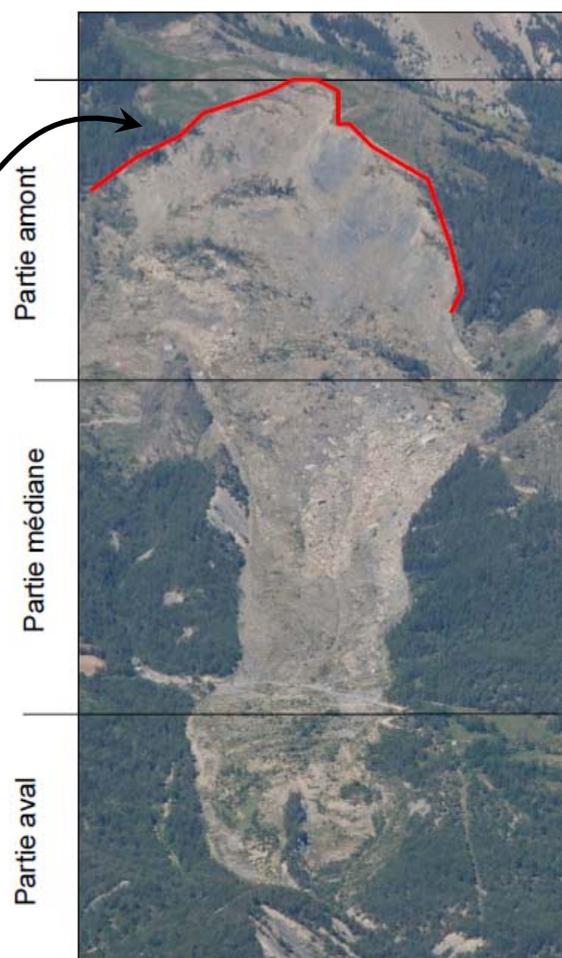


Image 6 : « La Valette » (Julien Travelletti)

Caractéristiques :

- Longueur : 1380 m
- Largeur max : 450 m
- Pente moyenne : 18°
- Superficie : 41 ha
- Volume estimé : $3,5 \times 10^6$

Tableau 5 : caractéristiques du glissement (J. Travelletti – Construction d'un modèle morpho-structural en 3D)

La rupture initiale eu lieu en mars 1982 à cause d'importante chute de pluie et fonte des neiges. Depuis cet évènement, des travaux de remédiations (barrages, pièges à matériaux, drainage...) ont été entrepris afin de minimiser le risque sur la commune de Saint-Pons. Mais le développement du glissement pose le problème de la sécurité des lotissements installés en aval.

III.2 La représentation cartographique des coûts par types d'éléments impactés

Cette partie est une application de la méthodologie (c.f. II.3 p.28-29). Nous expliquerons les cartes de représentation des coûts obtenues pour les éléments impactés « réseau de voirie » et « terrain ». Nous prendrons comme exemple, à travers toute cette partie, la commune de Faucon-de-Barcelonnette.

Nous créons d'abord une carte d'enjeu des éléments impactés désirés. Nous avons repris les classes mises en place par l'IGN (c.f. figures 10 et 12 p.35-6). C'est à partir de ces classes que nous avons recherché auprès des acteurs (ici la Direction Départementale des Equipements et la Chambre de l'agriculture) les coûts unitaires.

Puis, nous avons transféré la base de données sur une feuille de coût unitaire correspondante (c.f. tableaux 6) afin de calculer le coût en fonction, ici, de la longueur pour le réseau de voirie et de la superficie pour les terrains.

F	G	H
Nature voirie	Coût unitaire	
Sentier	7 000,00 €/km	
Chemin empierré	10 000,00 €/km	
Chemin		
Locale	350 000,00 €/km	
Principale	500 000,00 €/km	

D	E	F	G
Value	Désignation	Coût unitaire	
5	Terres labourables	2 500 €/ha	
4	Prairies naturelles	2 300 €/ha	
16	Vergers et oliveraies	10 000 €/ha	
17	Vignes en AOC	16 000 €/ha	
6	Landes pâturées et alpages	600 €/ha	
1	Superficies boisées	800 €/ha	
2			
3			
10	Industrie	23 430 000 €/ha	
9	Habitation	25 130 000 €/ha	

Tableaux 6 : Tableaux des coûts unitaires pour le réseau de voirie et les terrains – Faucon-de-Barcelonnette – 2004

L'information coût obtenue (c.f. images 7) est agrégée à la base de données pour en constituer une nouvelle.

9			
10	NATURE	Length_km	Cout en €
11	Chemin	24,529	245290,00
12	Chemin empierré	18,579	185794,00
13	Locale	10,381	3633249,00
14	Principale	4,345	2172383,00
15	Sentier	25,919	181432,00
16			0
17			0
18			0
19			0

15				
16	VALUE	AVE_AREA	Area_ha	Valeur_venale
17	1	2318641,513	232	185 600,00 €
18	2	5618192,581	562	449 600,00 €
19	3	210344,553	21	16 800,00 €
20	4	1531946,693	153	351 900,00 €
21	5	2085285,339	209	522 500,00 €
22	6	1227462,963	123	73 800,00 €
23	9	218727,514	22	552 860 000,00 €
24			0	0,00 €
25			0	0,00 €
26			n	n n n €

Images 7 : Exemples de feuilles de calculs des éléments impactés

Nous pouvons ainsi créer une nouvelle carte de représentation des coûts sur le réseau de voirie et les terrains (c.f. figures 11 et 13 p.35-36). Deux critères ont été prépondérants pour l'établissement des classes : l'importance du coût pour la commune (établie de manière subjective) et le nombre de polygones par classe pour assurer une bonne lisibilité.

C'est à partir de ces cartes que nous pouvons effectuer des interprétations en cas d'aléas. On pourra appliquer des outils d'analyses que nous allons voir dans la partie suivante.

Cette démarche est reprise pour élaborer toutes les cartes des éléments impactés.

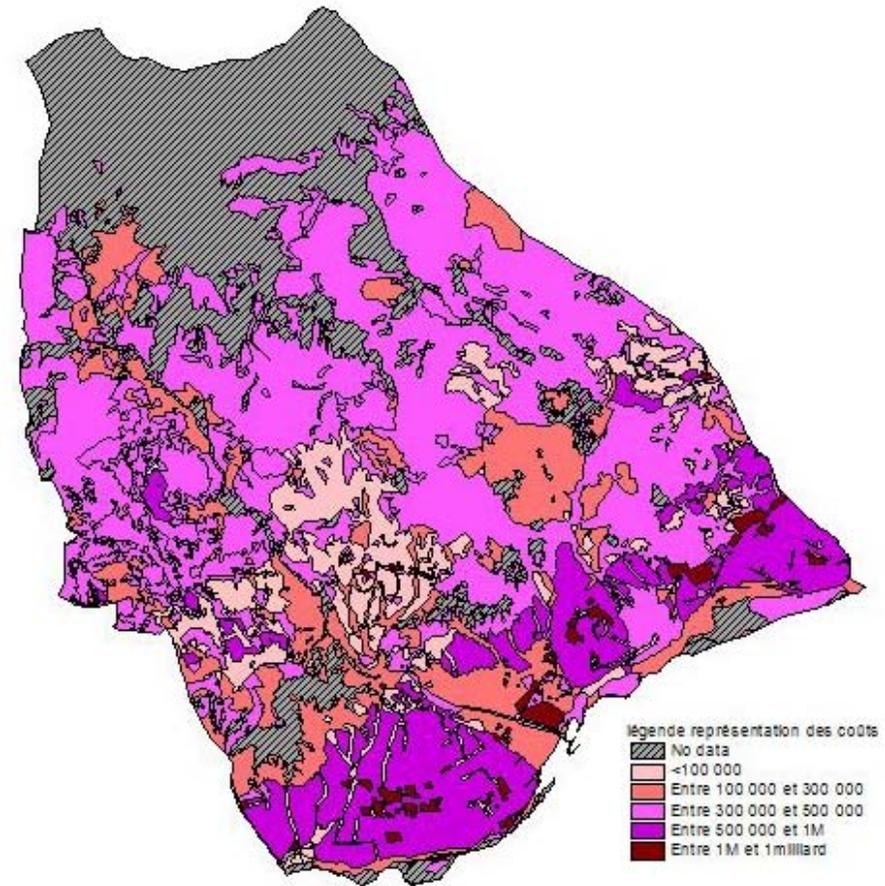
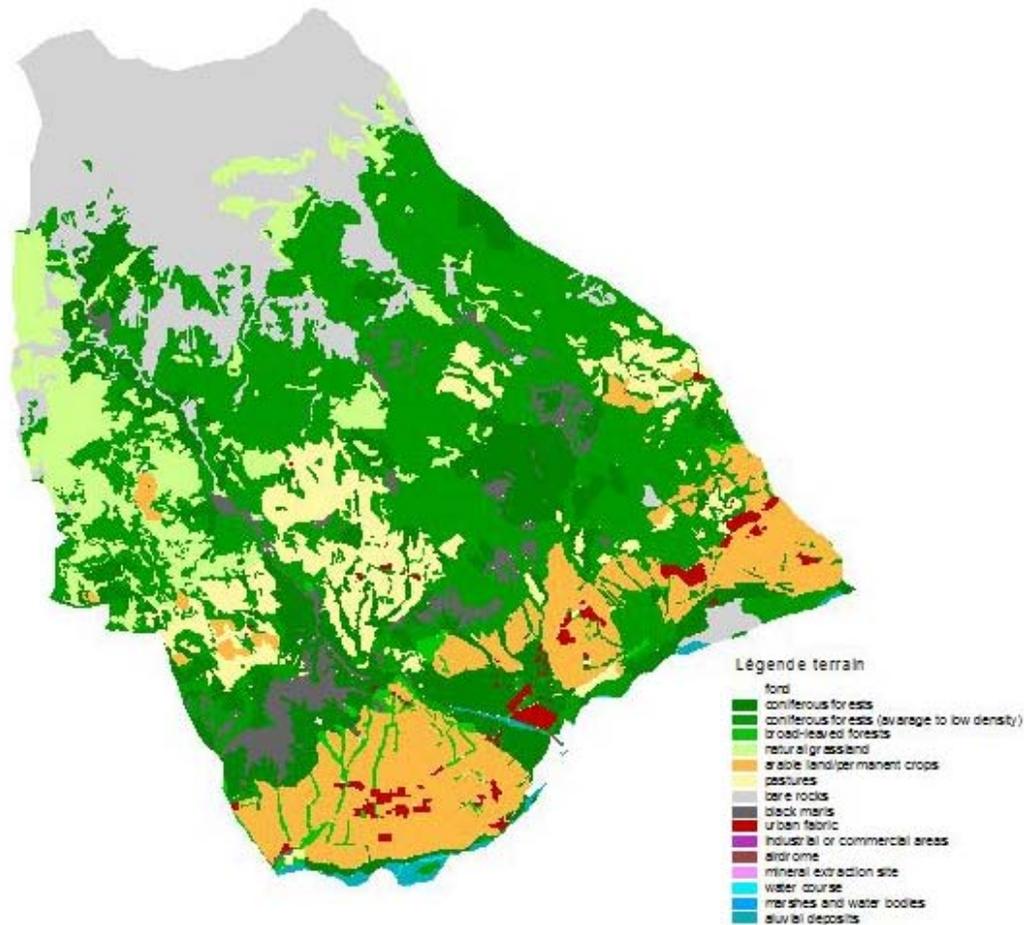


Figure 10 : Carte d'enjeu de l'élément terrain – Faucon-de-Barcelonnette - 2004

0 700 Meters

Figure 11 : Carte de représentation des coûts de l'élément terrain – Faucon-de-Barcelonnette – 2004

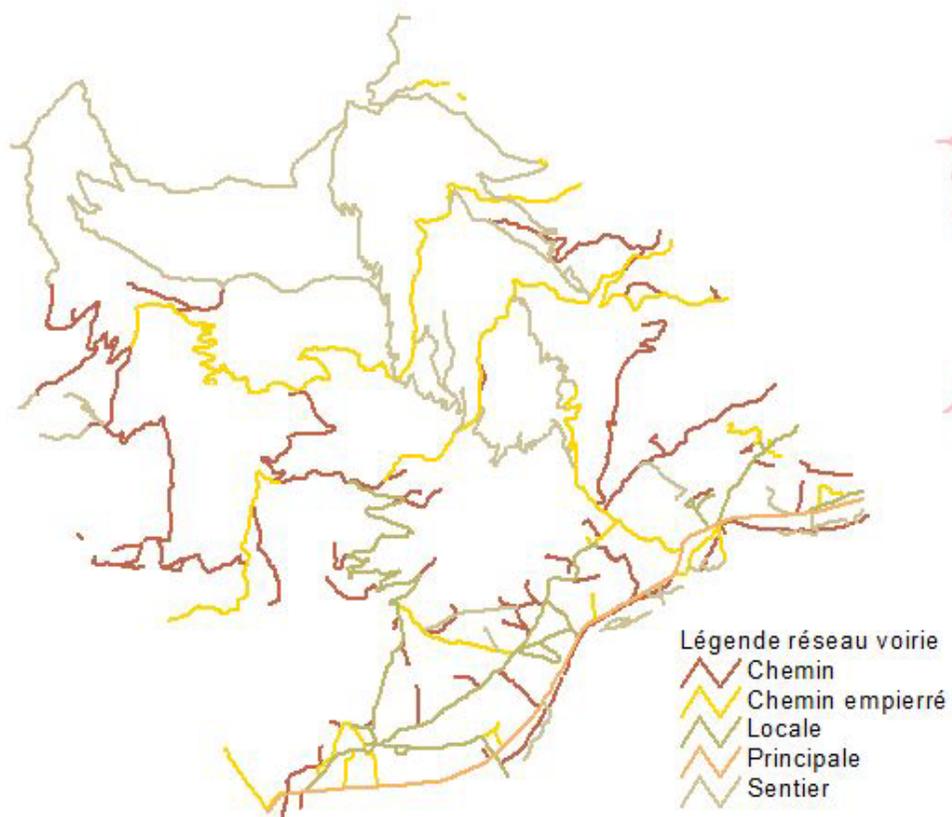


Figure 12 : Carte d'enjeu de l'élément réseau de voirie – Faucon-de-Barcelonnette - 2004

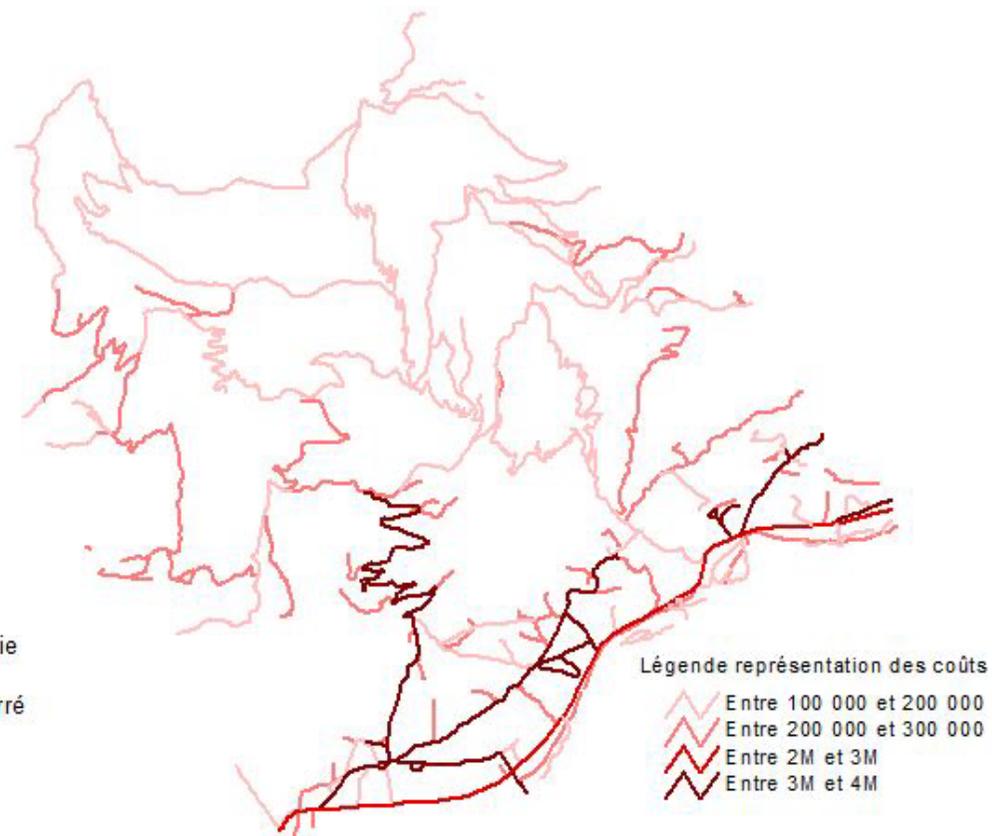


Figure 13 : Carte de représentation des coûts de l'élément réseau de voirie – Faucon-de-Barcelonnette – 2004

0 500 Meters

III.3 Analyse de la représentation des coûts

Nous allons voir deux types d'outil d'analyse. Dans un premier temps, nous nous intéresserons à l'outil d'analyse par digitalisation de la zone à risque puis à l'analyse par maille. Pour ces outils, nous verrons comment les mettre en pratique ainsi que leurs avantages et inconvénients.

III.3.1 Analyse par digitalisation de la zone à risque

A partir des cartes sur papier du Plan de Prévention des Risques, il faut effectuer une digitalisation de la zone à risque. On peut donc digitaliser toutes les zones que l'on souhaite. Cette étape peut s'avérer longue en fonction de la zone à digitaliser. Il faut ensuite effectuer les calculs pour cette zone (surfacique, coût...). Avec cette méthode nous gagnons en précision. Une meilleure précision de la zone que l'on souhaite étudier et aussi une meilleure précision des coûts grâce à la digitalisation manuelle.

Nous avons opté pour un découpage de la zone à risque sur la commune de Saint-Pons (*c.f. figure 16 p.41*) pour l'analyse diachronique.

III.3.2 L'analyse par maille

a) La mise en application de l'outil d'analyse

Nous avons testé l'outil de création de maille pour analyser la problématique et plus particulièrement nous avons opté pour un maillage carré avec transfert de valeurs.

Cet outil permet de créer un maillage régulier de polygones, ici carrés, à partir des entités d'une couche. L'application de cette grille sur la carte agrègera ses données à celles des mailles. Autrement dit, les informations relatives à la carte sont alors attribuées à toutes les mailles carrées qui se projettent sur l'étendue de cette carte (*c.f. figure 14 p.38*).

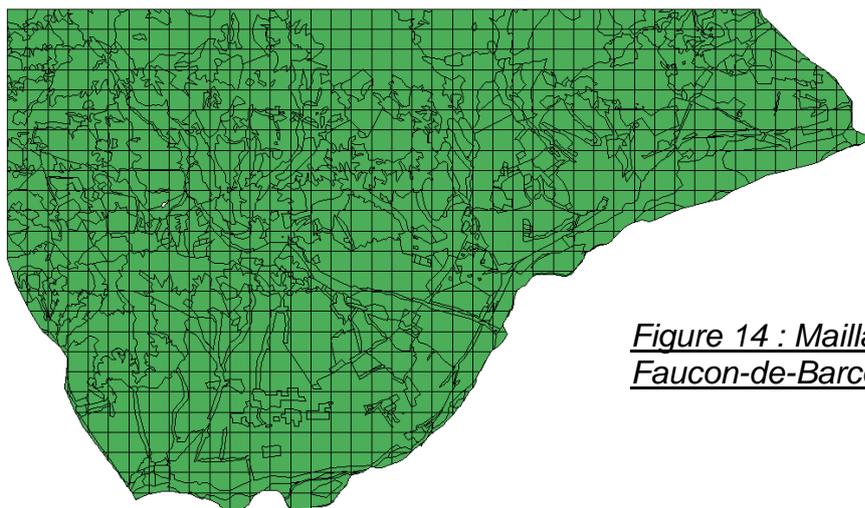


Figure 14 : Maillage réalisé sur la commune de Faucon-de-Barcelonnette - 2004

Ainsi pour chaque maille carrée, en plus des attributs par défaut qui sont les coordonnées en x, y, z, il y aura un transfert des valeurs statistiques calculées à partir du champ de la couche d'origine. En l'occurrence, si on applique un maillage carré à notre carte sur les conséquences économiques potentielles de l'élément exposé « terrain » pour la commune de Faucon-de-Barcelonnette, chaque valeur de la base de données sera calculée en fonction de la taille de la maille. On possèdera dès lors un coût par type de terrain par maille (c.f. image 8).

1	ID	VALUE	COUNT	AVE_ID	AREA	AVE_AREA	AREA_HA	VALEUR_VEN
7	46	2	276	770,6377	5618192,581	5618192,581	562	449455,41
8	46	3	62	1271,5323	210344,553	210344,553	21	16827,56
9	46	15	22	2099,5909	93478,501			0,00

Image 8 : Exemple de coût pour une maille

b) Les intérêts de l'outil

Il y a plusieurs intérêts à opter pour une telle méthode d'analyse.

Tout d'abord, l'outil de création de maille permet de choisir la taille de la maille que l'on souhaite. Dès lors, choisir la taille de la maille permet à l'utilisateur de choisir le type d'information qu'il souhaite avoir. En effet, s'il souhaite avoir des informations précises pour un endroit particulier (par exemple pour un bâtiment), on appliquera un maillage plus petit de l'ordre de 25m x 25m. Mais, s'il veut une information détaillée pour une rue ou un quartier, on pourra effectuer un maillage plus grand avec un carré de 100m x 100m ou 300m x 300m. Ainsi, les possibilités sont infinies et cela permet de s'adapter à toutes les zones. La taille de la maille dépendra de l'information que souhaite en retirer l'utilisateur (maison, rue, quartier, commune...).

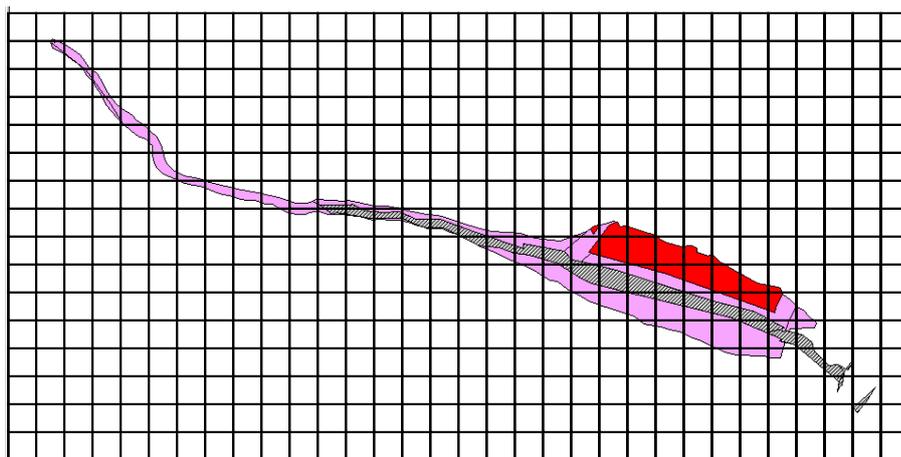


Figure 15 : Maillage de 50m x 50m réalisé sur la zone à risque de la commune de Faucon-de-Barcelonnette - 2004

L'utilisateur n'a plus qu'à sélectionner les différentes mailles qu'il veut pour sa zone d'étude au lieu de devoir faire une opération de découpage de la zone qui s'avérera plus long.

Effectuer un maillage apporte un autre avantage d'ordre temporel. En effet, il suffira d'actualiser les valeurs unitaires de la base de données pour que les valeurs actualisées soient immédiatement répercutées lors de la création du maillage. Ainsi, il n'est pas nécessaire, comme lors d'un découpage aléatoire d'une zone d'étude, d'aller recalculer également les valeurs pour la zone.

Nous allons maintenant mener une analyse diachronique mettant en pratique les éléments que nous avons pu voir (méthodologie, représentation, analyse).

III.4 Analyse diachronique : l'exemple pour l'élément impacté « terrain » de la commune de Saint-Pons

A travers trois dates, 1974, 1982 et 2004, nous allons voir l'évolution des superficies des terrains et de leur valeur vénale pour la commune de Saint-Pons. L'analyse diachronique va nous permettre d'identifier les conséquences pour la société de ces évolutions.

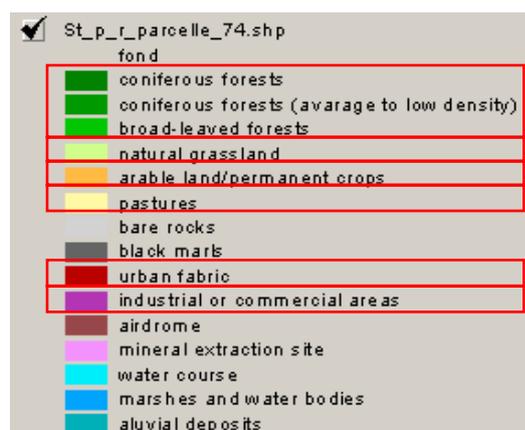
a) Les données

Deux hypothèses sont émises pour connaître la valeur de l'immobilier et la valeur des terrains pour les années 1974 et 1982 (la valeur des surfaces industrielles n'a pu être calculée car nous n'avons pas de données disponibles pour calculer une tendance).

Pour calculer la valeur des surfaces urbaines pour les années 1974 et 1982, nous émettons la première l'hypothèse selon laquelle l'évolution des prix suit une tendance de +1,4 % l'an depuis 1965 (Jacques Friggit Conseil Général des Pont et Chaussées, calculs OFCE).

Pour la valeur vénale des terres agricoles nous nous basons sur une étude, réalisée en 2007 par l'AGRESTE (ministère de l'agriculture et de la pêche), sur l'évolution des prix des terres agricoles entre 1991 et 2007. A travers cette étude, nous avons dégagé une tendance linéaire sur l'évolution générale des prix de +1,9 % par an. Nous émettons donc la deuxième hypothèse simplifiée que l'évolution des prix suit cette tendance depuis 1974.

Pour analyser la superficie des terrains, nous possédons des orthophotos pour les trois années étudiées ainsi que les bases de données correspondantes sur la couverture du sol. (c.f. figure 16 p.41).



La base de données reprend différents types de terrains pas tous retenus dans notre étude (c.f II.2.1 Inventaire des éléments exposés liés à l'enjeu) car il est difficile d'identifier un coût unitaire pour chacun.

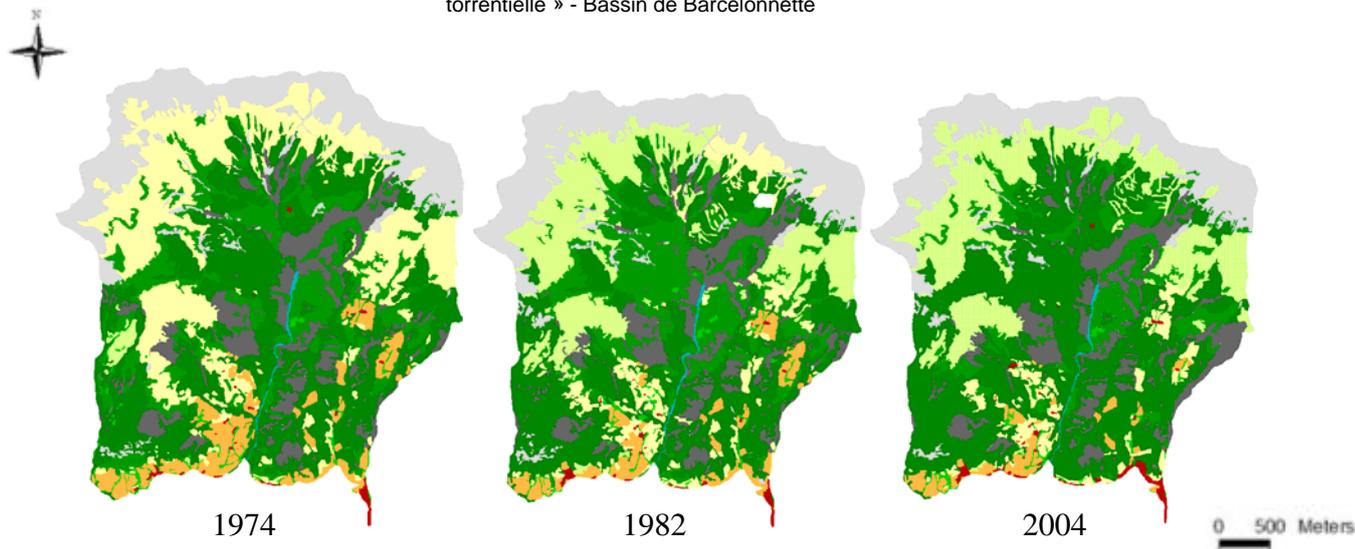


Figure 16 : Cartes sur la couverture du sol pour la surface exposée au risque « glissement de terrain » - Commune de Saint-Pons

c) Les résultats

L'analyse de l'évolution de la couverture du sol de 1974 à 2004 pour la commune de Saint-Pons (*c.f. figure 16*) montre des évolutions qui ont un impact direct sur les conséquences économiques potentielles directes. Etant dans une zone à risque, voir la superficie des terres labourables diminuer est cohérent. En effet, développer une activité agricole sur ces terres augmenterait les dommages.

Par contre, l'augmentation des prairies naturelles au profit des pâtures est préjudiciable car un hectare de prairie naturelle a une valeur vénale égale à environ quatre fois celle des pâtures. Toutefois, cela peut s'expliquer par le fait que l'on a restreint les pâtures car on considère que ce type de terrain augmente l'érosion du sol et entraîne ainsi une augmentation du risque « inondation » liée à la présence de nombreux torrents.

La légère évolution positive de la superficie des terrains boisés est en concordance avec la politique nationale de prévention des risques. En effet, à partir de la fin du XIXe siècle, l'État a entrepris le reboisement de secteurs instables. Le reboisement a pour effet d'ancrer le sol dans les quelques premiers mètres à l'aide des racines des végétaux. Ainsi, la présence d'une forêt, entretenue et renouvelée régulièrement peut donc concourir à la stabilisation du glissement de terrain.

Pour une zone à risque, il est logique de voir que les surfaces urbaines sont les moins importantes. Cependant, pour que les conséquences économiques potentielles directes soient les plus faibles, il ne devrait y avoir aucune présence urbaine. De plus, on remarque que la superficie des surfaces urbaines a doublé en

trente ans (11,133 ha en 1974 et 22,805 ha en 2004), accroissant de manière considérable les coûts potentiels (c.f. Annexe V).

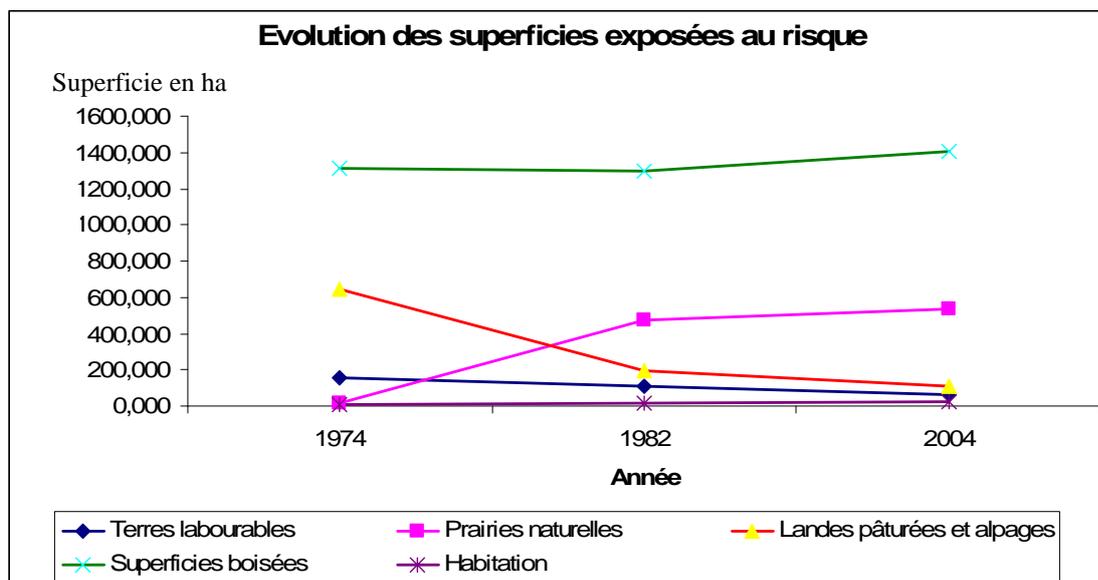


Figure 17 : Graphique sur l'évolution des superficies des terrains exposées au risque « glissement de terrain » - Commune de Saint-Pons

Les cartes des conséquences économiques potentielles directes sur les terrains mettent en évidence les zones où les dommages sont les plus forts. Ces zones sont celles où la valeur vénale des terrains est la plus importante en fonction du type de terrain et de sa superficie (c.f. figures 18 p.43). Les figures 18 classe les terrains en fonction du coût de leurs superficies totales exposées. Cela permet de cibler les terrains qui peuvent avoir l'impact le plus important. Pour ces figures, les classes de valeurs ont été définies de manière subjective par rapport à l'importance que pourrait avoir cette valeur pour la commune.

En résumé, l'inflation des prix de l'immobilier, la présence de surface urbaine sur la zone à risque et l'évolution de sa superficie font que cet élément impacté est la principale source de dégât pour la commune de Saint-Pons. A partir de ce constat, on sait quelle direction donnée à la prévention des risques, d'où l'intérêt de cette méthode. En effet, on a pu effectuer une simulation des coûts potentiels (c.f. annexe V), cibler et localiser les éléments les plus influençant dans la composition de ce coût direct potentiel.

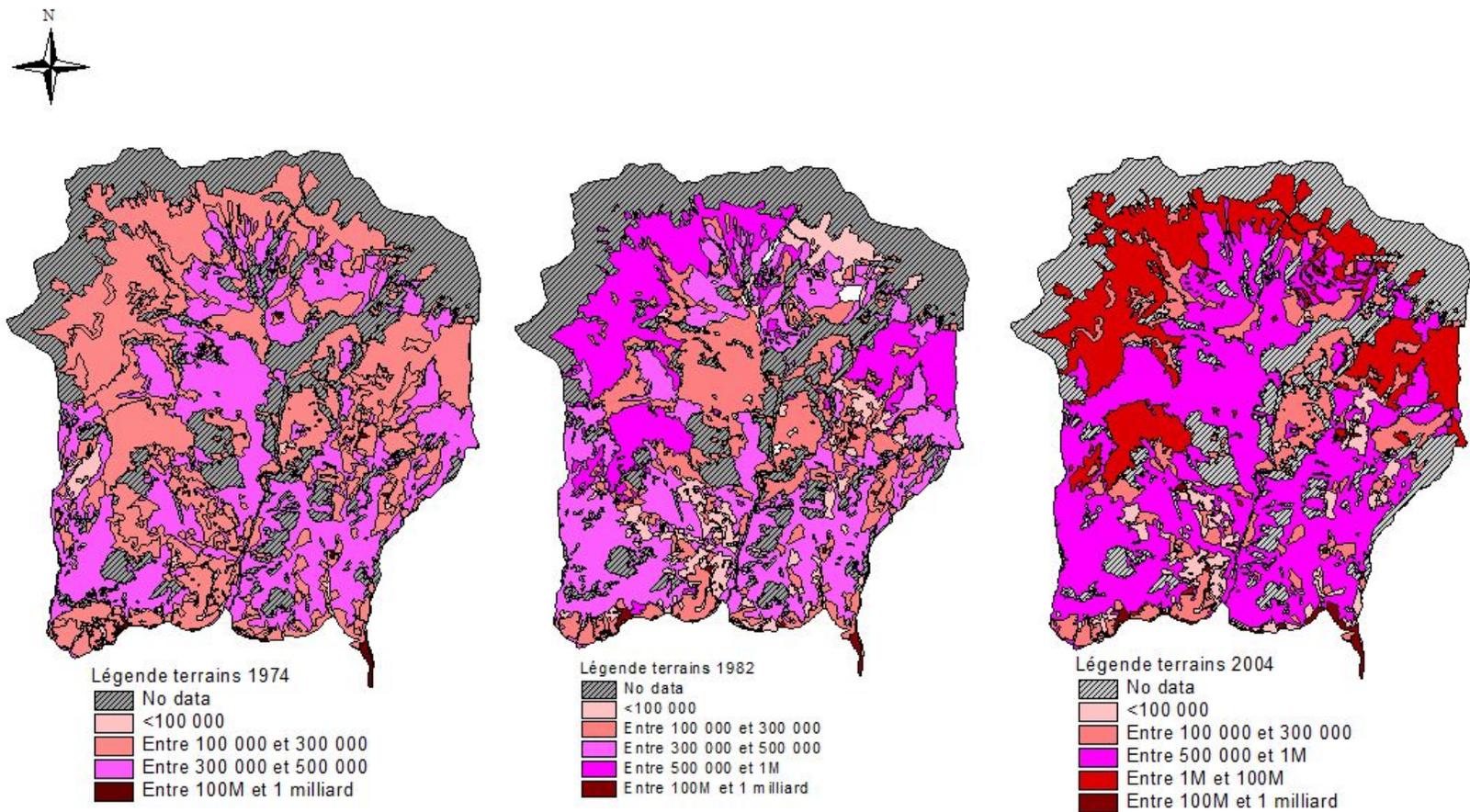


Figure 18 : Cartes sur la représentation des coûts pour la surface exposée au risque « glissement de terrain » - Commune de Saint-Pons



Conclusion

Des cartes des pertes potentielles sont nombreuses à ce jour. Toutefois, elles agrègent les données sur les enjeux à cause des découpages administratifs, ou prennent en compte des groupes d'enjeux identiques, ce qui tend à réduire les possibilités de modulation des échelles de restitution.

La méthode proposée permet de se défaire de ces limites car elle prend en compte le risque unitaire pour chaque élément exposé. Ainsi, les cartes produites seront modulables en fonction de l'application recherchée (choix de l'aléa, choix de l'échelle, choix de la zone d'étude...)

Afin d'effectuer une analyse complète des coûts directs potentiels, il est nécessaire d'intégrer la notion de vulnérabilité pour affiner les cartes des coûts. Cette notion doit être appliquée aux éléments impactés à travers divers critères. Si par exemple on aurait voulu estimer plus précisément l'impact sur les terrains, nous aurions dû mettre en place des indices de vulnérabilité en fonction de l'état des cultures, du type de bâti composant la surface urbaine ...etc. Appliquée aux différents scénarios de risque, on aurait alors une démarche des plus pertinente possible. Après, quelque soit la problématique, la démarche reste la même :

analyse des enjeux + quantification + vulnérabilité + scénario

Cette méthode doit servir de base à une standardisation de l'analyse d'un phénomène. A l'heure actuelle, l'historicité sur le risque glissement de terrain est quasi-nulle. La normalisation d'une base de données et de feuilles d'analyses des enjeux permettrait d'anticiper les futurs dommages et de gagner en rapidité et pertinence dans les prises de décisions.



Bibliographie

- Akbas S.O., Blahut J., Sterlacchini S. (2008)** *Critical assessment of existing physical vulnerability estimation approaches for debris flow*. Marie Curie Contract, 5p.
- Cojean R. (2002)** *Risques naturels et prévention*. ARMINES-CGI, 298p.
- D'Ercole .R., Metzger P. (2009)** « *La vulnérabilité territoriale : une nouvelle approche des risques en milieu urbain*. Cybergeog : European Journal of Geography, 16p.
- Etienne D. (2007)** *Evaluation quantitative et cartographique du risque « glissement de terrain » - Application au bassin de Barcelonnette*. Thèse de doctorat, Université de Strasbourg, 58p.
- Glade T. (2003)** *Vulnerability assessment in landslide risk analysis*. Die Erde, vol. 134, p. 121-138.
- Glade T., Crozier MJ. (2005)** *The nature of landslide hazard impact*. *Landslide Hazard and Risk*. Wiley, Chichester, p 43-74.
- Leone F. (1996)** *Concept de vulnérabilité appliqué à l'évaluation des risques générés par les phénomènes de mouvements de terrains*. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble 1, ANRT, 274p.
- Leone F., Asté J-P., Leroi E. (1996)** *L'évaluation de la vulnérabilité aux mouvements de terrain : pour une meilleure quantification du risque*. *Revue de géographie alpine*, volume 84, n°1, p35-46
- Leone F., Velasquez E. (1996)** *Analyse en retour de la catastrophe de la Josefina (Equateur, 1993) : contribution à la connaissance du concept de vulnérabilité appliqué aux mouvements de terrain*. *Bulletin de l'Institut Français d'études andines*, p461-478
- Malet JP. (2003)** *Les glissements de type écoulement dans les marnes noires des Alpes du Sud. Morphologie, fonctionnement et modélisation hydro-mécanique*. Thèses de doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 364p.
- Maquaire O. et al. (2006)** *Analyse spatiale, évaluation et cartographie du risque "glissement de terrain"*. *Revue Internationale de Géomatique*, Vol spécial, n°4/2006.
- Maquaire O. (2002)** *Aléas géomorphologiques : processus, fonctionnement, cartographie*. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches. Université Louis Pasteur, Strasbourg, 219p.
- Merz B. (2004)** *Estimation uncertainty of direct monetary flood damage to building*. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, p153-163
- Moine M. (2008)** *Inventaire et caractérisation de glissement de terrain à partir de données images aériennes et satellites par une méthode semi-automatique*. Mémoire de master, Université de Strasbourg, 83p.
- Puissant A., Malet JP., Maquaire O. (2006)** *Mapping landslide consequences in mountain areas: a tentative approach with a semi-quantitative procedure*. SAGEO, p1-16.
- Remaître A. (2006)** *Morphologie et dynamique des laves torrentielles : application aux torrents des Terres noires du bassin de Barcelonnette*. Thèse de doctorat, Université de Caen/Basse Normandie, 374p.
- Sterlacchini S. (2007)** *Landslide risk*



Liste des annexes

Annexe I : Typologie et caractéristiques des mouvements de terrain dans le bassin de Barcelonnette (Thierry 2007)

Annexe II : Capacité d'accueil touristique pour le bassin de Barcelonnette en 2008 (« Observatoire Départemental du Tourisme des Alpes de Haute Provence »)

Annexe III : Evolution démographique des communes pour le bassin de Barcelonnette (source INSEE)

Annex IV : Valeurs vénales des terres agricoles dans les Alpes de Haute Provence (source SAFER – AGRESTE)

Annexe V : Tableaux sur le calcul des coûts directs potentiels pour l'élément impacté « terrain » pour la commune de Saint-Pons

Annexe VI : Cartes de l'élément impacté « voirie » pour la zone à risque de la commune de Faucon-de-Barcelonnette

Annexe I : Typologie et caractéristiques des mouvements de terrain dans le bassin de Barcelonnette (Thierry 2007)

Ab. = Abréviation ; α = pentes généralement observées sur le terrain ; Ep. = Classes d'épaisseur ; n.d = non déterminé ; TS= Très superficiel (< 2m) ; S = Superficiel (2-6 m) ; P = Profond (6-10 m) ; Très profond (> 10m) ; Ac = Activité estimée : F = Fossile ; L= Latent ; AI = Actif intermittent ; AC = Actif continu ; *** = Observé sur la totalité du bassin de Barcelonnette ; ** = Observé essentiellement sur le versant Ubac ; * = observé essentiellement sur le versant Adret ; ^d = observé à Draix.

Type de 'mouvement de versant'	Ab.	Caractéristiques principales	α (°)	Ep.	Ac.	
(i) Eroulement (Rock-fall)**	EC	Déclenchement dans les flyschs, proche des failles, la zone de déclenchement est verticale de forme linéaire ou en dièdre, la zone d'accumulation comporte des blocs hétérométriques. Localisé principalement dans la vallée de l'Abrès.	> 30	n.d	AI-AC	
(ii) Glissement banc sur banc (rock block slide)*** ^d	GBB	Déclenchement dans les marnes noires dénudées, la zone de déclenchement est verticale de forme linéaire ou en dièdre, la zone d'accumulation est composée de blocs et de débris de marnes. Localisé dans les secteurs dénudés ou dans les 'badlands'.	30-40	TS-S	AI-AC	
(iii) Glissement translationnel rocheux (rock slide)**	GTR	Déclenchement dans les flyschs, la zone de déclenchement est de forme semi-circulaire, la zone d'accumulation est légèrement bosselée. Localisé principalement dans la vallée de l'Abrès.	15-20	TP	F	
(iv) Glissement complexe et composite (complex slide)***	GC	Déclenchement dans les marnes noires, l'escarpement est composé d'un GBB, la zone d'accumulation est composée d'une coulée Localisé dans les secteurs dénudés de marnes noires.	20-30	P-TP	F-L-AI-AC	
(v) Glissement translationnel (translational slide)	Superficiel de berge (debris slide)***	TSB	Déclenchement dans les moraines parfois à l'interface avec la roche sous-jacente, escarpement semi-circulaire ou rectangulaire. Localisé le long des berges de torrents.	15-50	TS-S	AI-AC
	Superficiel d'interfluve (debris slide)**	TSI	Déclenchement dans les moraines parfois à l'interface avec la roche sous jacente : escarpement semi-circulaire ou rectangulaire, localisé sur les interfluves.	15-40	TS-S	L-AI-AC
	Complexe (complex translational slide)***	TC	Déclenchement dans les moraines, à l'interface avec la roche sous jacente et/ou dans les marnes noires, se compose d'un glissement à composante verticale en amont (généralement un RI) et d'un mouvement à composante horizontale en aval (un glissement translationnel), la zone de déclenchement est semi-circulaire ou rectangulaire. Localisé sur les interfluves.	15-30	S-P	F-L-AI-AC
(vi) Glissement rotationnel (rotational slide)	De berge (rotational slide)**	RB	Déclenchement dans les moraines parfois dans les colluvions, escarpement semi-circulaire, une contre-pente caractéristique se situe sous l'escarpement principal, corps du glissement parfois composé d'une coulée. Localisé le long des berges de torrents.	10-40	TS-S	L-AI-AC
	D'interfluve (rotational slide)***	RI	Déclenchement dans les moraines, escarpement semi-circulaire, une contre-pente caractéristique se situe sous l'escarpement principal, corps du glissement parfois composé d'une coulée, peut être plus profond que les RI. Localisé sur les interfluves.	10-40	S-P	F-L-AI-AC
(vii) Solifluxion (solifluxion)**	S	Déclenchement dans les moraines, généralement au dessus de 1800 m d'altitude, pas de forme spécifique, très superficiel.	10-20	S	AI-AC	

Annexe II : Capacité d'accueil touristique (« Observatoire Départemental du Tourisme des Alpes de Haute Provence »)

Capacité d'accueil touristique des Alpes de Haute-Provence par communes en 2008								
		Barcelonnette	Enchastrayes	Faucon	St Pons	Jausiers	Uvernet	TOTAL
Hôtels	Nbre	7	9	0	1	3	6	26
	Lits	206	272	0	30	76	314	898
Résidences de tourisme et hôtelière	Nbre	0	0	0	0	1	1	2
	Lits	0	0	0	0	354	786	1140
Hôtellerie de plein air	Nbre	3	1	0	0	1	0	5
	Lits	510	198	0	0	108	0	816
Hébergements collectifs	Nbre	2	4	2	2	3	2	15
	Lits	129	276	109	215	212	190	1131
Meubles labellisés	Nbre	4	10	0	2	4	8	28
	Lits	15	49	0	11	21	42	138
Autres meublés touristiques	Nbre	65	2501	5	20	150	900	3641
	Lits	325	7500	25	80	600	4500	13030
Chambres d'hôtes labellisées	Nbre	3	2	0	0	1	1	7
	Chbre	14	5	0	0	4	5	28
	Lits	37	15	0	0	9	14	75
Total hébergement marchand	Nbre	84	2527	7	25	163	918	3724
	Lits	1222	8310	134	336	1380	5846	17228
Résidences secondaires	Nbre	1410	1686	102	196	632	3342	7368
	Lits	7050	8430	510	980	3160	16710	36840
Total hébergement marchand + non march.	Nbre	1425	1702	104	199	641	3352	7423
	Lits	7932	9191	619	1225	3919	18014	40900

Annexe III : Evolution démographique des communes pour le bassin de Barcelonnette (source INSEE)

Evolution démographique des communes étudiées*

Commune \ Année de recensement	Barcelonnette	Enchastrayes	Faucon	Jausiers	St Pons	Uvernet
1962	2432	301	144	696	193	164
1968	2476	322	153	628	178	253
1975	2626	365	128	681	350	506
1982	2735	437	113	742	401	526
1990	2976	474	199	860	507	543
1999	2819	504	208	896	641	614
2006	2993	448	299	1050	705	648

*Source INSEE

Taux d'évolution	23,07% +	48,84% +	107,64% ++	50,86% +	265,28% +++	295,12% +++
-------------------------	-------------	-------------	---------------	-------------	----------------	----------------

Légende :
 + augmentation <100%
 ++ 100%>augmentation <200%
 +++ augmentation >200%

Annexe IV : Valeurs vénales des terres agricoles dans les Alpes de Haute Provence (source SAFER – AGRESTE)

	1995	2004	2005			Evolution	2007			Evolution
	Dominante (€ha)	Dominante (€ha)	Dominante*	Minimum	Maximum**	2005/2004 (%)	Dominante*	Minimum	Maximum**	2007/2005 (%)
Terres labourables										
Montagne de Haute-Provence	2100	2500	2500	1000	5000	0,00%	2 500	1000	5500	0,00%
Prairies naturelles										
Valeur départementale	1870	2430	2290	1000	3800	-6,11%	2300	1000	3000	0,43%
Vergers et oliveraies										
Moyenne départementale pondérée	10000	10010	10090	n.c.	n.c.	0,79%	n.c.	n.c.	n.c.	-
Vignes en AOC										
Valeur départementale	n.c.	16000	16000	7600	20000	0,00%	n.c.	n.c.	n.c.	-
Landes pâturées et alpages										
Montagne de Haute-Provence	380	600	600	350	1200	0,00%	600	300	1200	0,00%
Superficies boisées										
Montagne de Haute-Provence	500	750	800	300	1800	6,25%	n.c.	n.c.	n.c.	-
Alpes-de-Haute-Provence										
Prix 2005-2007 des terres agricoles, libres à la vente										
Petites régions agricoles En euro par hectare										
* La dominante est le prix le plus fréquemment pratiqué dans les conditions normales d'offre et de demande										
** Valeur maximale atteinte pour les terres irriguées de façon durable										
n.c : non communiqué										
Source : Safer - Agreste, Enquête sur la valeur vénale des terres agricoles en 2005-2007										

Annexe V : Tableaux sur le calcul des coûts directs potentiels pour l'élément impacté « terrain » pour la commune de Saint-Pons

Value	Désignation	Valeur vénale en €/ha		
		1974	1982	2004*
5	Terres labourables	1 327	1 548	2 500
4	Prairies naturelles	1 221	1 424	2 300
16	Vergers et oliveraies	5 567	6 491	10 090
17	Vignes en AOC	8 828	10 292	16 000
6	Landes pâturées et alpages	319	371	600
1, 2, 3	Superficies boisées	441	515	800
10	Industrie	23 430 000	23 430 000	23 430 000
9	Habitation	15 342 090	17 173 910	25 130 000

*2004 correspond à la date de l'orthophoto et de sa base de donnée et non des valeurs.

Pour voir le détail des valeurs dans cette colonne, se référer au II.2.2 Valeurs des éléments exposés

Value	Désignation	Superficie de la commune en ha			Superficie exposée en ha		
		1974	1982	2004	1974	1982	2004
5	Terres labourables	222,343	176,252	123,1886	152,459	109,989	64,509
4	Prairies naturelles	21,403	473,057	539,7163	17,507	473,057	539,220
16	Vergers et oliveraies	0	0	0	0	0	0
17	Vignes en AOC	0	0	0	0	0	0
6	Landes pâturées et alpages	649,034	203,957	115,6252	646,368	196,331	109,612
1, 2, 3	Superficies boisées	1492,683	1469,845	1 585,0516	1315,163	1298,382	1404,300
10	Industrie	9,834	14,026	0	0	0	0
9	Habitation	23,231	27,304	78,8671	11,133	13,780	22,8050

Value	Désignation	Coût en €/ha		
		1974	1982	2004
5	Terres labourables	202 313,09	170 262,97	161 272,50
4	Prairies naturelles	21 376,05	673 707,22	1 240 206,00
16	Vergers et oliveraies	0	0	0
17	Vignes en AOC	0	0	0
6	Landes pâturées et alpages	206 191,39	72 838,80	65 767,20
1, 2, 3	Superficies boisées	579 986,88	668 666,74	1 123 440,00
10	Industrie	0	0	0
9	Habitation	15 342 090,00	236 656 479,80	573 089 650,00

TOTAL	16 351 957,41	238 241 955,53	575 680 335,70
--------------	---------------	----------------	----------------



Table des matières

Première partie : Généralités sur l'analyse des conséquences potentielles directes	7
I.1 Etat de l'art	7
I.1.1 Définition : risque, dommage et vulnérabilité des enjeux	7
a) Risque	7
b) Les dommages et la vulnérabilité	8
I.1.2 Les approches sur l'étude des conséquences potentielles	11
I.1.3 Les caractéristiques du risque « glissement de terrain » et « lave torrentielle »	12
I.2 Présentation du bassin de Barcelonnette	13
I.2.1 De fortes instabilités	13
I.2.2 Le bassin de Barcelonnette : une économie dépendante du tourisme	16
Deuxième partie : Présentation du cadre général de l'étude	18
II.1 Le cadre générale	18
II.1.1 Les influences sur la vulnérabilité des enjeux : une approche économique	18
II.1.2 Principaux enjeux et dommages	20
II.2 Analyse de l'enjeu « ECONOMIE »	22
II.2.1 Inventaire des éléments exposés liés à l'enjeu	22
a) Les terrains	24
b) Les réseaux	24
c) Les ouvrages d'art	26
II.2.2 Valeurs des éléments exposés	26
II.3 La méthodologie d'évaluation cartographique et quantitative	28

Troisième partie : Application de la méthode au bassin de Barcelonnette	30
III.1 Deux communes différentes, des enjeux communs	31
III.1.1 Faucon-de-Barcelonnette exposée au risque lave torrentielle	31
III.1.2 Saint-Pons face au glissement de terrain « La Valette »	32
III.2 La représentation cartographique des coûts par types d'éléments impactés	33
III.3 Analyse de la représentation des coûts	37
III.3.1 Analyse par digitalisation de la zone à risque	37
III.3.2 L'analyse par maille	
a) La mise en application de l'outil d'analyse	37
b) Les intérêts de l'outil	38
III.4 Analyse diachronique : l'exemple pour l'élément exposé « terrain » de la commune de Saint-Pons	40
a) Les données	40
c) Les résultats	41
Conclusion	44



Table des illustrations

Figure 1 : Approche générale sur l'analyse quantitative du risque adaptée du projet « IMIRILAND », 2001- 2003.....	7
Figure 2 : Schéma conceptuel de données sur la vulnérabilité des enjeux.....	9
Figure 3 : les différentes partie d'un glissement de terrain (source : atlas du canada).....	12
Figure 4 : Formation d'une lave torrentielle (http://environnement.ecoles.free.fr).....	13
Figure 5 : Carte géomorphologique simplifié du bassin de Barcelonnette – Localisation des mouvements de versants (complétée de Remaître, 2006).....	14
Figure 6 : Taux de fonction touristique sur le bassin de Barcelonnette.....	16
Figure 7 : Les composantes de la vulnérabilité des enjeux.....	20
Figure 8 : Classification des éléments exposés dans la partie coût direct.....	23
Figure 9 : méthodologie d'évaluation cartographique et quantitative.....	29
Figure 10 : Carte d'enjeu de l'élément terrain – Faucon-de-Barcelonnette – 2004.....	35
Figure 11 : Carte de représentation des coûts de l'élément terrain – Faucon-de-Barcelonnette – 2004.....	35
Figure 12 : Carte d'enjeu de l'élément réseau de voirie – Faucon-de-Barcelonnette – 2004.....	36
Figure 13 : Carte de représentation des coûts de l'élément réseau de voirie – Faucon-de-Barcelonnette – 2004.....	36
Figure 14 : Maillage réalisé sur la commune de Faucon-de-Barcelonnette – 2004.....	38
Figure 15 : Maillage de 50m x 50m réalisé sur la zone à risque de la commune de Faucon-de-Barcelonnette – 2004.....	39
Figure 16 : Cartes sur la couverture du sol pour la surface exposée au risque « glissement de terrain » - Commune de Saint-Pons.....	41
Figure 17 : Graphique sur l'évolution des superficies des terrains exposées au risque « glissement de terrain » - Commune de Saint-Pons.....	42
Figure 18 : Cartes sur la représentation des coûts pour la surface exposée au risque « glissement de terrain » - Commune de Saint-Pons.....	43

Tableau 1 : comparaison de deux approches (HUBERT et LEDOUX ; 1999).....	11
Tableau 2 : Exemple des terrains de type agricole.....	24
Tableau 3 : Présentation du réseau de voirie.....	24
Tableau 4 : Valeurs vénales des éléments exposés de l'enjeu « économie direct ».....	27
Tableau 5 : caractéristiques du glissement (J. Travelletti – Construction d'un modèle morpho-structural en 3D).....	31
Tableaux 6 : Tableaux des coûts unitaires pour le réseau de voirie et les terrains – Faucon-de-Barcelonnette – 2004.....	33
Image 1 : Crue du torrent de Faucon en 2003 (A. Remaître , 2006).....	15
Images 2 : exemples de type de transformateurs retenus	25
Images 3 : Exemples d'ouvrages d'art (à gauche : tunnel, à droite : barrage)	26
Image 4 : Cône de déjection du torrent Faucon (orthophoto 2004).....	31
Image 5 : Glissement de terrain « La Valette » - orthophoto 2004.....	32
Image 6 : « La Valette » (Julien Travelletti)	33
Image 7 : Exemples de feuilles de calculs des éléments impactés.....	34
Image 8 : Exemple de coût pour une maille.....	38