

■ Thèse présentée pour obtenir le grade
■ de Docteur de l'Université de Strasbourg

■
■
■
■
■
■
■ Discipline : Géographie

■ Carine HEITZ ■

LA PERCEPTION DU RISQUE DE COULEES BOUEUSES : ANALYSE SOCIOGEOGRAPHIQUE ET APPORTS A L'ECONOMIE COMPORTEMENTALE

■ Soutenue publiquement le 27 novembre 2009 ■

■ Membres du jury ■

Directrice de thèse	Sandrine Spaeter-Loehrer, Professeure, Université de Nancy
Codirectrice de thèse	Sandrine Glatron, Chargée de recherches, CNRS, Strasbourg
Rapporteur interne	Joël Humbert, Professeur, Université de Strasbourg
Rapporteurs externes	Philippe Bontems, Directeur de recherches, INRA, Toulouse Freddy Vinet, Professeur, Université de Montpellier
Examineur	Laurent Pfister, Chercheur, Centre de Recherche Public Gabriel Lippmann (Luxembourg)

*« Beau mot que celui de chercheur, et si préférable à celui de savant !
Il exprime la saine attitude de l'esprit devant la vérité : le manque plus que l'avoir, le désir plus
que la possession, l'appétit plus que la satiété. »*

Jean Rostand, *Inquiétudes d'un biologiste* (1967)

Remerciements

Les moments consacrés à la rédaction des remerciements m'offrent l'occasion de me retourner sur ces quatre années de thèse, de me souvenir des nombreuses personnes qui ont cru en mon travail et de repenser aux échanges autour de mes réflexions et autres questionnements.

Je voudrais remercier ma directrice, Sandrine Spaeter-Loehrer pour m'avoir permis de faire cette thèse en m'obtenant une bourse d'allocation de recherches. Je la remercie de m'avoir laissé mener ce travail avec beaucoup de liberté, tout en me guidant par ses nombreux conseils, son aide et son soutien au long de ces années. Je remercie très chaleureusement ma co-directrice Sandrine Glatron, pour son investissement dans mon travail et cela dès mon année de DEA. Tu n'as ménagé ni ton temps, ni ton énergie durant ces années de recherches communes et j'espère que ce travail reflète la qualité de nos échanges. Je salue aussi ton enthousiasme, ta grande qualité d'écoute et ta « positivité ».

Je remercie Philippe Bontems, Joël Humbert et Freddy Vinet d'avoir accepté de faire partie de mon jury en qualité de rapporteurs. Je remercie Laurent Pfister d'avoir consenti à participer à mon jury en tant qu'examinateur. Je vous suis reconnaissante d'avoir consacré du temps à la lecture et critique de ce travail.

Tout a commencé en maîtrise, sous la direction d'Anne-Véronique Auzet. Je voudrais la remercier de m'avoir donnée le goût de la recherche, de m'avoir intégrée à des programmes de recherches nationaux ou européens et de m'avoir suivie durant ces années.

Cette thèse est intégrée au programme de recherches GERHICO (Gestion des Risques et Histoire des coulées boueuses) piloté par Anne Rozan. Je voudrais remercier tous les membres de ce groupe (François Cochard, Anne Rozan, Sandrine Spaeter, Maurice Wintz, Guillaume Christen, Sandrine Glatron, Romain Armand, Anne-Véronique Auzet) pour les échanges autour de questions aussi bien physiques, économiques que sociologiques relatives à la gestion des coulées boueuses, échanges qui ont participé à faire aboutir ma réflexion.

Au travers de ce programme, j'ai eu la chance d'échanger avec de nombreuses personnes travaillant sur l'érosion des sols ou la perception des risques. Je remercie les membres du programme RDT (Risque Décision Territoire) piloté par Philippe Martin (maître de conférences, INA-PG). Je pense notamment à Anne Mathieu (chercheuse INRA), Véronique Souchère (chercheuse INRA), Jean François Ouvry (AREAS Seine Maritime). Je remercie les chercheurs que j'ai pu rencontrer dans le cadre des actions COST 634 : Patricia Fry (Knowledge Management Environment, Zurich), Julie Ingram (Université de Gloucestershire) et Olivier Evrard (chercheur), entre autres.

Je pense également aux institutions locales telles que l'ARAA (Association pour la Relance Agronomique en Alsace) et particulièrement Paul Van Dijk, les Conseils Régionaux et Généraux 67 et 68, la DIREN (David Lombard et Stéphanie Madier). Ce travail n'aurait pu aboutir sans la coopération des administratifs des Préfectures du Haut-Rhin et du Bas-Rhin, qu'ils en soient remerciés ici. Je remercie également les stagiaires qui m'ont aidée à avancer sur la collecte des données d'indemnisation des coulées boueuses en Alsace : je pense notamment à Jean-Sébastien Moquet, Julien Guyonnet et Thomas Henry. Je remercie également les maires des 11 communes enquêtées pour le temps qu'ils m'ont consacré au début de cette étude, ainsi que toutes les personnes anonymes qui ont consciencieusement répondu à mes questionnaires.

Par le caractère pluridisciplinaire de cette thèse, j'ai pu bénéficier du soutien de deux laboratoires de recherches. Je remercie les membres du BETA (Bureau d'Economie Théorique et Appliquée, dirigé par Claude Diebolt) et tous mes collègues chercheurs et doctorants du LIVE (Laboratoire Image, Ville et Environnement, dirigé par Christiane Weber). Merci à Estelle Baehrel pour sa disponibilité et sa bonne humeur.

Je remercie tous les enseignants-chercheurs de l'UFR de Géographie et d'Aménagement de Strasbourg auprès desquels j'ai pu améliorer ma pédagogie et mes techniques d'enseignement, d'abord en tant que monitrice puis en tant qu'ATER. J'en profite pour remercier tout le personnel administratif de cette UFR et plus particulièrement Paulette Delplanque.

Je remercie aussi les membres de l'Ecole Doctorale Augustin Cournot, dirigée par Patrick Llerena, dans laquelle j'ai eu la chance de m'investir durant plusieurs années par ma fonction de représentante des doctorants. Je salue tout particulièrement Danielle Genevé pour sa gentillesse ainsi que tous les doctorants que j'ai eu le plaisir de rencontrer par le biais de cette ED.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui m'ont accompagnée durant ces années. Je pense à Jacky [djakaï], Aurélie et Habiba, mes co-ATER et amies, à qui je souhaite de réussir chacune dans leur voie. Merci à Damien : j'ai été ravie de partager le bureau avec toi. Je te souhaite bien évidemment toutes les réussites possibles et imaginables et je retiendrai à jamais : « *Labour d'un jour, misère de toujours* » (Ertlen, 2009). Merci à Martine pour son café, sa bienveillance quotidienne et nos conversations. Je t'avoue Martine que mes journées de travail auraient eu une toute autre saveur sans nos pauses... Un clin d'œil à mes collègues de la « pause-café » : Dominique, Thierry, Patrick (merci pour ta relecture), entre autres.

Je remercie mes amis et tout spécialement Anne-Céline (Paaaris, me voilà !), Thomas, la famille Noyal-Hlawka (mes voisins préférés !), Marc, Manue et Violette (pour les restos mensuels), Antoine, Yannick, Léna... Je n'oublie pas « mes suuupers copines doctorantes » : Marie, Charlotte et Anne (ça y est, on a enfin toutes fini !).

Une énorme pensée pour mes deux béquilles : Laety pour (entre des milliards d'autres choses) sa bonne humeur, sa spontanéité, son soutien et sa capacité si naturelle à me faire rire de tout... et Romain. Merci pour tout le soutien que tu as su m'apporter durant toutes ces années et pendant ces mois de rédaction. Merci pour tes conseils si précieux, les « réunions de travail » en chemise *please !* et pour avoir répété en boucle et sans jamais te lasser, les mêmes phrases de réconfort.

Je remercie très chaleureusement mes parents, Gilles, Valérie, Maya, Nico pour leur soutien et leurs encouragements, notamment lors des dernières semaines. Une pensée toute particulière pour ma sœur, Sonia. Merci pour tes conseils toujours avisés, tes relectures (mais où est passé le coefficient ?) et les heures de téléphone passées à dédramatiser mes angoisses de fin de thèse.

Mille MERCIS à l'inattendu... Au bout de la patience, il y a le ciel...

*« Ils ne peuvent parler. Ils ont renoncé aux mots,
il leur faudra attendre pour les retrouver [...] »*

André Brink, États d'urgence

Sommaire

Remerciements	1
Sommaire	3
Introduction générale	6
PARTIE 1. Différentes approches du risque et de sa perception appliquées à un objet d'étude unique	13
Chapitre 1. De la géographie à l'économie : des contributions diverses pour alimenter notre problématique	14
1.1. Une approche géographique des risques	14
1.2. La perception des risques : définition et principales approches	32
1.3. Les apports de l'économie dans la compréhension de la perception des risques	39
1.4. La perception des risques de coulées boueuses : comment l'appréhender ?.....	49
Conclusion.....	52
Chapitre 2. Comprendre l'aléa « coulée boueuse » et la gestion du risque associé	54
2.1. Les coulées boueuses : de nombreuses définitions pour des processus complexes	54
2.2. Des conséquences environnementales et des enjeux humains importants	66
2.3. La gestion du risque de coulées boueuses : les mesures « techniques » et la perception des risques dans les politiques de gestion	71
Conclusion.....	81
PARTIE 2. Comment appréhender la perception du risque de coulées boueuses dans une région vulnérable ?	83
Chapitre 3. L'Alsace : une région régulièrement affectée par des coulées boueuses	84
3.1. Des caractéristiques physiques favorables au ruissellement	85
3.2. Le rôle de l'occupation du sol dans le risque de coulées boueuses.....	91
Conclusion.....	97
Chapitre 4. Détermination des acteurs ciblés et acquisition des données de perception du risque	99
4.1. Un risque préoccupant les acteurs de proximité	100
4.2. L'entretien et le questionnaire à la base de l'acquisition des données de perception	103
4.3. Représentation graphique de la perception et cartographie mentale	112
4.4. Un échantillonnage spatial créé et adaptée à chaque commune	116
Conclusion.....	129

PARTIE 3. Analyse des enquêtes : d'un point de vue géographique à une approche économique. Résultats et discussion	130
Chapitre 5. Aspects sociogéographiques de la perception du risque de coulées boueuses	131
5.1. Une première analyse : taux de retours et présentation des répondants	131
5.2. Pour une connaissance des attitudes face au risque de coulées boueuses	136
5.3. Synthèse : un risque bien identifié à gérer à l'échelle locale	159
Conclusion.....	162
Chapitre 6. Des indices de perception et de comportements : construction et utilisation en économie comportementale	164
6.1. Les indices de perception du risque de coulées boueuses	164
6.2. Introduire les perceptions dans la compréhension des comportements.....	187
6.3. Les apports en économie comportementale d'une analyse sociogéographique des enquêtes	197
Conclusion.....	206
Chapitre 7. Discussion - De la validation des résultats : apports et limites..	208
7.1. Une méthodologie d'échantillonnage et d'enquête validée par les résultats	208
7.2. Des attitudes face aux coulées boueuses concordantes avec des études nationales.....	214
7.3. Comment préciser le calcul des indices de perception et de comportements annoncés ? ..	216
7.4. Contributions aux modèles théoriques utilisés en économie	219
Conclusion générale	223
Références bibliographiques	228
Liste des abréviations	246
Liste des figures	247
Liste des tables.....	250
Liste des annexes.....	252
Table des matières	293

Introduction générale

Le **risque** exprime communément une conjonction entre un **aléa** (qui reflète un phénomène et sa probabilité d'occurrence) et des **enjeux** (humains ou matériels – figure 0.1).

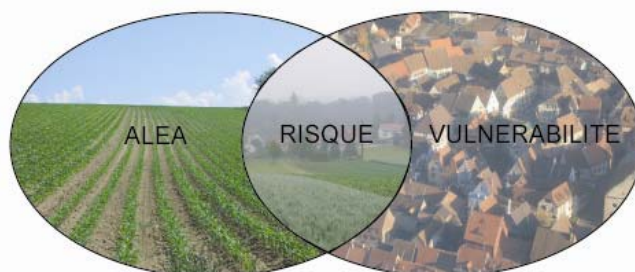


Figure 0.1 : Le risque, conjonction entre l'aléa et la vulnérabilité

Les conséquences induites se traduisent :

- **spatialement** par des gradations dans les niveaux de dégâts, qui sont fonction de la proximité entre les zones d'aléa et celles des enjeux ;
- **temporellement** par une augmentation ou une diminution de la vulnérabilité en fonction des évolutions d'ordre social, structurel ou d'aménagement.

Selon le type de risque pris en compte (risque majeur ou non), ces conséquences varieront aussi en fonction de leur gravité humaine et matérielle. La définition utilisée par le Ministère de l'Environnement, (MEEDDADT, 2007) stipule qu'un événement majeur se caractérise par de nombreuses victimes, un coût important de dégâts matériels (tableau 0.1) et des impacts sur l'environnement. Son origine peut être naturelle, technologique, liée aux transports collectifs, à la vie courante ou aux conflits. Deux critères le définissent : une faible fréquence et une gravité importante.

Tableau 0.1 : Classement des événements naturels en 6 classes selon le Ministère de l'Ecologie, de l'Environnement, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (MEEDDADT, 2007)

Classe	Dommages humains	Dommages matériels
0 Incident	Aucun blessé	Moins de 0,3 M€
1 Accident	1 ou plusieurs blessés	Entre 0,3 M€ et 3 M€
2 Accident grave	1 à 9 morts	Entre 3 M€ et 30 M€
3 Accident très grave	10 à 99 morts	Entre 30 M€ et 300 M€
4 Catastrophe	100 à 999 morts	Entre 300 M€ et 3 000 M€
5 Catastrophe majeure	1 000 morts ou plus	3 000 M€ ou plus

Le type d'aléa que nous avons choisi d'étudier correspond, dans la législation française, à un risque naturel dont les dégâts peuvent être pris en charge par l'État par le biais de l'indemnisation au titre de reconnaissance de catastrophe naturelle.

L'aléa « coulée boueuse » se traduit par des écoulements chargés en sédiments, le plus souvent issus des terres arables. Les coulées boueuses surviennent suites à de fortes précipitations localisées dans des bassins versants où les zones habitées et cultivées sont proches. Les dégâts sont le plus souvent matériels¹ et engendrent des problèmes de gestion post-catastrophe, de tensions et de traumatismes dans les communes touchées. Les populations attendent alors de la part de la collectivité de prendre en charge la résolution de ces problèmes (Duflos et Hatchuel, 2004). Cette réponse passe, en partie, par la définition d'une politique d'indemnisation des victimes au titre de catastrophes naturelles (le vote de la loi d'indemnisation des victimes datant de 1982 illustre cette volonté d'action de l'État), mais aussi par des actions de prévention ou de protection mises en place et décidées par la collectivité.

Les coulées boueuses illustrent parfaitement les problématiques généralement reconnues pour d'autres types de risques (naturels ou technologiques). En effet, quelle que soit l'origine du risque, les sociétés actuelles en acceptent difficilement les dommages (Brilly et Polic, 2005). L'importance des dégâts matériels ou humains survenus à la suite d'une catastrophe est d'ailleurs fréquemment relatée dans la presse entretenant un sentiment d'insécurité (Kasperson et Kasperson, 1996) et une demande d'actions de protection efficaces. Ces faits sont alors souvent mis en parallèle avec l'évolution de nos sociétés : augmentation de la pression démographique et développement d'infrastructures sur des territoires prisés occasionnent des niveaux de vulnérabilité sans cesse modifiés (Hufschmidt *et al.*, 2005). Les discours de sensibilisation environnementale ainsi que les discours politiques préventionnistes vont d'ailleurs souvent dans le sens d'une volonté d'éradication des risques, influençant au passage un quasi-refus d'exposition de la part des individus.

Bien que la société aspire à atteindre le risque zéro, il est admis que cet objectif reste utopique (Gregory *et al.*, 1996a) et qu'il est nécessaire d'adapter au mieux notre environnement et nos modes de vie pour diminuer les aléas et la vulnérabilité au maximum. Les imbrications entre société et gestion de l'environnement se retrouvent désormais dans toutes les recherches menées sur les risques.

En ce qui concerne les coulées boueuses, nous avons pu relever que les études relatives à ce risque étaient nombreuses (IFEN/INRA/MEEDDADT, 1998; Le Bissonnais *et al.*, 2002a; Boardman *et al.*, 2003b; Mathieu et Joannon, 2003; Ingram *et al.*, 2006; Evrard *et al.*, 2007a) et leurs cadres théoriques et scientifiques nous montrent que :

- les connaissances scientifiques concernant les aléas sont précises (Hénin *et al.*, 1958; Ludwig *et al.*, 1995; Auzet, 2000; Boardman et Poesen, 2006) ;
- les interactions importantes entre disciplines justifient pleinement une approche multidisciplinaire de la question ;
- les nouvelles avancées législatives, techniques et scientifiques dans le domaine de la gestion et de la réduction des risques passent dorénavant par une connaissance fine de la vulnérabilité d'une population.

En termes de processus, les coulées boueuses résultent de phénomènes d'érosion hydrique importante sur des sols peu couverts par la végétation, pendant des périodes de fortes précipitations. La topographie et la nature des sols entrent en ligne de compte dans la formation de ruissellement, vecteur de transport des sédiments à l'origine des coulées boueuses : les sols limoneux ayant des prédispositions à la limitation de l'infiltration. De manière générale, ces phénomènes sont plus fréquents lorsque des modifications des pratiques agricoles et de l'aménagement de l'espace agricole tendent à limiter l'infiltration, à augmenter la circulation des eaux de pluie sur les parcelles et à

¹ Trois victimes ont tout de même été recensées lors d'une coulée boueuse survenue en Seine-Maritime en 1997 (Douvinet, 2008).

connecter les parcelles à des routes imperméabilisées. Cette imperméabilisation augmente l'intensité du ruissellement tout comme la vitesse de transport des sédiments. Les flux d'eau chargés de boue arrivent rapidement à l'aval et y induisent des dégâts importants (dans les communes ou sur les parcelles situées à proximité de l'exutoire).

La plupart des recherches se concentre sur la seule diminution des dégâts, principale préoccupation de nombreux acteurs intervenant dans la gestion des risques ou ayant subi une catastrophe. Plusieurs actions sont possibles :

- « physiquement », elles se concentrent autour de la mise en place de solutions curatives agronomiques ou techniques (barrages, digues, *etc.*) ;
- à un échelon économique : taxes et subventions sont déterminées pour inciter à adopter des comportements (en termes d'utilisation des sols) entraînant moins de situations à risques ;
- les mesures menées d'un point de vue sociologique sont centrées autour de campagnes de prévention et de gestion de crise.

L'Alsace est une des régions françaises les plus touchées par les coulées boueuses (Le Bissonnais *et al.*, 2002b). Les caractéristiques physiques et agricoles de la région favorisent leur formation (sols limoneux, relief de collines, secteurs de grandes cultures). Elles sont additionnées à des spécificités en termes d'occupation du sol (pression foncière urbaine et agricole). Entre 1982 et 2005, 225 communes alsaciennes ont ainsi été touchées au moins une fois par ce type d'événements (Heitz, 2004; Auzet *et al.*, 2005). Par le biais de la consultation des dossiers d'indemnisation au titre de catastrophes naturelles recensés dans la région, Heitz (2004) et Auzet *et al.* (2005) ont pu montrer que les dégâts ne diminuent pas malgré la mise en place d'actions curatives listées ci-dessus.

Nous proposons une approche différente de celles classiquement exposées dans les travaux sur les risques. En effet, nous allons mettre en avant la **spatialisation des risques** et des vulnérabilités, en y intégrant la **dimension sociale** par le biais de l'étude de la **perception des risques** des populations directement concernées. La pluridisciplinarité prend ici tout son sens : les études des risques s'accompagnent aujourd'hui d'analyses conjointes de données sur les comportements et les perceptions face à ces situations, notamment pour les populations concernées, les décideurs et autres acteurs intervenant dans la gestion des territoires. Ces derniers exposent d'ailleurs souvent leur manque de connaissance concernant le niveau d'acceptabilité du risque par les populations, traduisant une réelle attente de la prise en compte des facteurs de perception dans la gestion directe des risques (prévention, communication, aménagement). Les processus physiques ne sont désormais plus les seuls niveaux où les actions sont possibles : une limitation des dommages par la modification des comportements des individus face à la catastrophe est essentielle. L'entrée par la perception montre que les représentations et les comportements sont des éléments à considérer dans la gestion des catastrophes. Etudes en psychologie, sociologie, économie et géographie se complètent et ce dans le but d'avoir un point de vue aussi complet que possible sur les problématiques liées à la prévention et à la gestion des risques. Dans ce travail, nous proposons d'utiliser des outils et méthodes provenant de certaines de ces disciplines, appliqués au risque de coulées boueuses.

L'objectif étant d'obtenir une **connaissance** précise des **attitudes**² des populations face aux risques encourus, nous proposons de combiner des données issues d'une analyse géographique, sociale et économique des zones à risques (figure 0.2). Pour cela, onze communes ont été choisies pour faire l'objet d'une étude plus approfondie de leur perception et de leur représentation de ce type de risque.

² Le concept d'attitude a été défini par Eagly et Chaiken (Kahneman *et al.*, 1999) comme une disposition psychologique à évaluer un objet, une situation, *etc.* par des degrés de faveur et de défaveur. Le cœur même d'une attitude est l'attribution d'une valeur à l'objet, à la situation, *etc.* qui peut être positive ou négative.

L'aspect géographique entre en compte dans l'analyse conjointe des processus et des enjeux à des échelles différenciées des milieux à risques. La compréhension des facteurs physiques déterminants dans la genèse des coulées boueuses s'appréhende aussi bien à l'échelle des bassins versants, des communes de la parcelle agricole que du sillon (Le Bissonnais *et al.*, 2002b; Armand, 2003; Boardman *et al.*, 2003a). Ce changement d'échelle intervient également dans la délimitation et la distinction des aires **décisionnelles** (où se prennent les décisions de politiques de gestion des risques, ici représentées par la commune) et des aires **fonctionnelles** (où naissent les processus, ici le bassin versant). Les données collectées via une approche géographique permettent de déterminer les risques et une cartographie comparative entre risques « objectifs », perçus ou même acceptés, permet de mettre en avant les zones où les individus paraissent plus sensibles.

Afin de pouvoir déterminer rigoureusement les facteurs pris en compte par les individus dans leur acceptation du risque, nous avons mobilisé des méthodes issues des sciences sociales. **L'aspect sociologique** importe dans la prévention des risques à l'échelle individuelle et dans la protection contre les risques. L'analyse des comportements des individus directement affectés ou potentiellement exposés détermine une adaptation acceptée des sociétés face aux risques naturels. Elle est aussi fondamentale pour la mise en place de campagnes de prévention adéquates. Dans notre travail, cette analyse est effectuée à partir des réponses issues des questionnaires de perception et offre la possibilité de définir les facteurs perçus comme importants dans la genèse de coulées boueuses. Les points importants soulevés par la population sur les mesures de prévention ou la définition des recommandations en cas de sinistres sont aussi identifiés.

En ce qui concerne **l'aspect économique**, il n'est pas question ici d'estimer les coûts d'une coulée boueuse mais plutôt de comprendre les mécanismes de transformations des probabilités par les individus face aux risques. Face à des choix incertains, les individus réagissent de façon subjective : certains facteurs propres à nos échelles de valeurs pèsent de manière différenciée dans les prises de décision. Ainsi, nous allons utiliser des études menées en économie (Von Neuman et Morgenstern, 1947; Tversky et Kahneman, 1974; Quiggin, 1981) qui ont abouti à une modélisation des comportements individuels face à des situations risquées. Notre objectif principal est de mettre en relation les théories existantes, c'est-à-dire de rendre compte des théories pouvant être appliquées directement (ou celles devant être modifiées) afin de pouvoir utiliser nos données dans la calibration de modèles de comportements individuels. Le travail effectué en amont sur les aspects géographiques est important à deux titres :

- il **apporte des données précises** sur les paramètres à prendre en compte dans la représentation du risque de coulée boueuse pour des applications dans les politiques de gestion ;
- il permet d'obtenir des données axées autour d'un **objet précis**, dans un **cadre environnemental défini**. Les outils utilisés pour modéliser les transformations des probabilités par les individus peuvent être améliorés sur la base de jeux de données obtenus par des enquêtes spatialisées. Se posent alors les questions de la suffisance de ces modèles et de leur adaptation à l'étude d'un objet de type « risque naturel ».

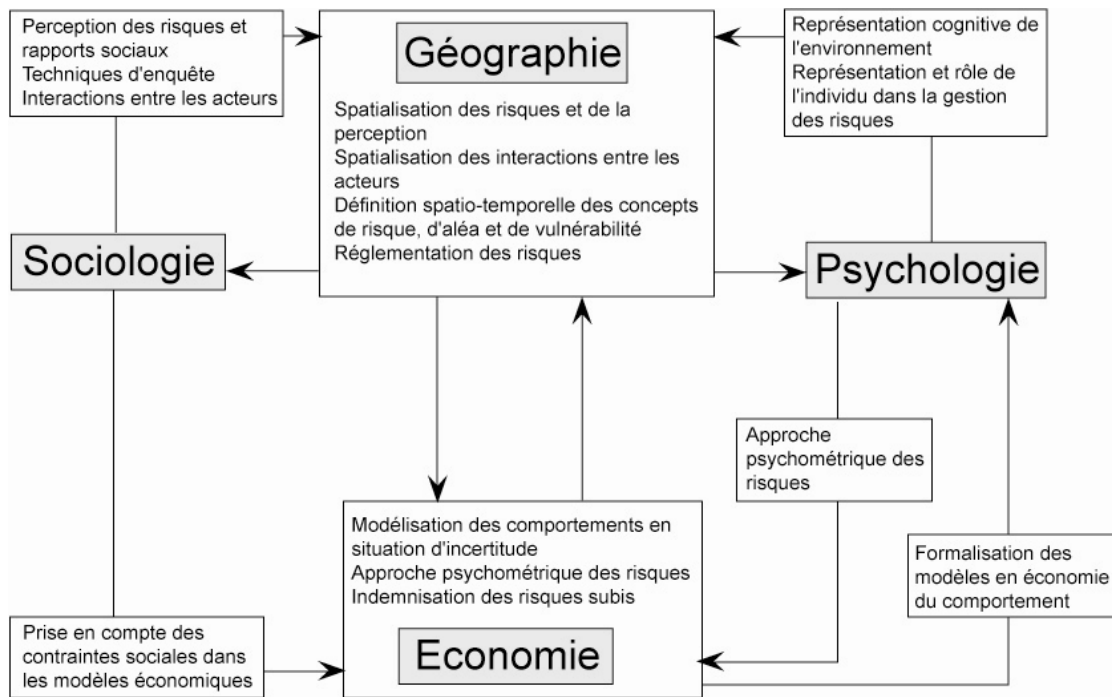


Figure 0.2 : Les relations établies entre les disciplines mobilisées pour une approche globale de la question des risques

Ce travail est divisé en 3 parties (7 chapitres) de la façon suivante.

La **première partie** regroupe une revue de la littérature et la présentation des coulées boueuses dans leur fonctionnement, des processus physiques à la gestion des dégâts.

Après avoir énoncé les apports de l'utilisation de méthodes géographiques et économiques dans l'étude des risques, nous précisons la démarche scientifique qui conduira notre réflexion. Le **Chapitre 1** permettra de nous positionner parmi les autres études relatives au risque. Nous insisterons sur les termes utilisés et nous rappellerons l'utilisation des concepts relatifs au risque, c'est-à-dire les notions d'aléa et de vulnérabilité. Il nous paraît essentiel de définir ces notions phares car elles sont à la base même de nos analyses et de nos interprétations des enjeux soulevés par les risques. Ce chapitre rappellera aussi les dimensions à la fois réglementaire, spatiale et sociale des risques. Elles revêtent une importance particulière en géographie : la contextualisation de nos résultats, dans un **espace délimité** (par le biais de la cartographie) mais aussi dans un **espace social** précis, ouvre une réflexion sur les outils nécessaires à la réduction des situations risquées. Nous identifierons ainsi les principaux points d'achoppement entre environnement physique et social dans les questions de **gestion des risques** et dans la **perception** que peuvent en avoir les individus concernés. Notre recherche ne se limite pas à des questions sociogéographiques, une partie de notre réflexion sera menée autour des problématiques économiques, et plus précisément autour des apports des théories économiques dans l'appréhension des risques et des prises de décisions associées. Nous apporterons quelques éléments de réflexion sur les avantages/inconvénients d'une telle approche dans notre étude sociogéographique des risques.

Le **2^{ème} chapitre** s'attachera à présenter les processus en jeu dans le déclenchement de coulées boueuses, les conséquences répertoriées après de tels événements et l'apport de la prise en compte de la perception des risques dans la diminution de ces mêmes conséquences. Il ne s'agit pas d'entrer dans le détail des processus physiques, mais avant tout de préciser la terminologie utilisée. De nombreux termes cousins sont utilisés pour définir les coulées boueuses et bien souvent les confusions amènent à des erreurs dans la caractérisation des événements en tant que tels. Nous rappellerons les **facteurs « physiques »** à la base de la genèse des coulées boueuses et les **conséquences** induites par ce type d'aléa. Elles concernent les populations qui font état de leur traumatisme suite à ces événements, mais aussi les infrastructures collectives ou directement la qualité des ressources environnementales (par l'émergence de problèmes de pollution des sols ou de départ de terres fertiles, par exemple). La prise en compte des perceptions de ce risque par les populations concernées ou les acteurs en charge de la question de la gestion des risques prend ici tout son sens. En effet, les conséquences matérielles peuvent parfois être diminuées par des solutions techniques, mais les comportements des individus apparaissent centraux dans la réduction des dommages. Il devient alors important de prendre en compte les représentations des risques par ces mêmes individus. L'apport de travaux effectués dans le domaine de la sociologie éclaire d'ailleurs notre démarche dans ce sens.

Dans la **deuxième partie** de cette thèse, nous présenterons les conditions physiques et humaines de notre région d'étude (l'Alsace) ainsi que la méthode de collecte des données de perception des risques.

Le **Chapitre 3** entrera davantage dans le détail de la présentation de l'Alsace, qui fait partie des grandes régions touchées par les phénomènes de coulées boueuses (Le Bissonnais *et al.*, 2002b). Cette région est particulièrement intéressante car elle présente à la fois des caractéristiques physiques spécifiques et aussi une occupation du sol qui montre une imbrication entre des enjeux agricoles et des pressions périurbaines importantes. Les onze communes réparties dans trois zones distinctes (l'Outre-Forêt au Nord, le Kochersberg et le Sundgau au Sud) seront également présentées en détail dans ce chapitre.

Dans chacune de ces communes, nous avons collecté des données de perception du risque. Suivant notre approche spatiale, cette collecte a suivi un plan d'échantillonnage précis (**Chapitre 4**). Ce dernier prend en compte les zones de formation du ruissellement et leur niveau de contribution à la propagation des coulées boueuses. Notre définition des zones « sources », « cibles » de « transition » ou « non concernées » est importante notamment dans les comparaisons inter-zones des comportements face à un risque et dans la cartographie comparative des risques et des perceptions. Dans le but de collecter de nombreuses données rapidement, nous avons choisi d'enquêter les populations via un questionnaire d'enquête, dont les fondements de la méthode seront présentés dans ce chapitre.

Une fois la zone d'étude et les jalons méthodologiques présentés, nous exposerons les résultats dans la **troisième partie**.

Le **Chapitre 5** présentera les résultats d'un point de vue sociogéographique. L'entrée y sera double : une première section détaillera les caractéristiques des populations répondantes, du taux de retour aux profils socioprofessionnels. Une seconde section permettra de comprendre en détail les attitudes des individus face aux risques de manière générale et plus précisément face au risque de coulées boueuses. Des comparaisons entre les « fonctions » des enquêtés (résident, agriculteur, élu local) mettront en avant les différences de point de vue dans la gestion des coulées boueuses. Ces comparaisons seront enrichies par des comparaisons entre cette première population (considérée comme « profane ») et une population d'étudiants (sélectionnée pour sa connaissance théorique). Nous souhaitons ainsi montrer les éventuelles distorsions entre les informations sur les processus en jeu, sur les systèmes de protection pouvant être mis en place ou sur la prévention, *etc.* diffusées et

celles comprises par la population. Ce point est important, notamment dans la détermination de campagnes d'information efficaces pour lesquelles ces distorsions doivent être minimisées. Dans cette seconde section nous identifierons également les différences de représentations selon la localisation des individus à proximité de la zone d'aléa ou de la zone des enjeux. Nous distinguerons les attentes en termes de responsabilité ou de gouvernance des risques selon que les individus aient été affectés ou non par une coulée boueuse. Les résultats seront comparés à d'autres études afin de montrer quels sont les facteurs (socioprofessionnels, culturels ou géographiques) qui importent dans la définition d'actions à mettre en place pour diminuer la vulnérabilité.

Dans ce même objectif, la cartographie des perceptions des risques peut être un outil intéressant d'aide à la décision. Dans le **Chapitre 6**, nous présenterons la méthode de calcul de l'indice de perception, à la base même de notre cartographie. La formalisation de cet indice se fonde sur le paradigme psychométrique, méthode provenant de réflexions conjointes entre économistes et psychologues. Les jeux de données utilisés seront issus des questionnaires d'enquête et l'indice de perception sera cartographié selon les zones de ruissellement pour chaque commune échantillonnée. Pour compléter l'analyse de la perception du risque de coulées boueuses, nous confronterons ce premier indice avec un second indice relatif aux comportements annoncés par les enquêtés en cas de catastrophe. La corrélation entre les deux permettra d'identifier les mesures de prévention à initier dans le but de minimiser les comportements inadaptés au risque de coulée boueuse. Les comparaisons entre les perceptions et les comportements révélés enrichissent nos premiers résultats et ouvrent à des réflexions menées en économie comportementale. En effet, sur la base du travail effectué en amont sur les apports géographiques, les résultats issus de nos indices seront confrontés aux modèles utilisés dans les théories de comportements dans des situations d'incertitude. De plus, des comparaisons entre les indices de perception des populations et ceux des étudiants permettront de voir à quel degré l'affect intervient dans les prises de décision. Sur la base des conclusions avancées dans les Chapitre 5 et 6, nos réflexions s'orienteront autour de propositions d'améliorations éventuelles des modèles économiques de comportement.

Le **Chapitre 7** nous permettra de discuter l'ensemble de nos conclusions et résultats par rapport à notre démarche scientifique globale mais aussi par rapport à d'autres études. Cette **discussion finale** reprendra nos objectifs initiaux et nous essayerons d'y répondre tout en apportant un éclairage « objectif » sur les apports de notre travail dans les études de perception des risques. Nous soulignerons les principaux apports et limites relatifs à notre méthodologie et aux observations tirées de nos résultats.

Nous concluons ce travail par un retour sur notre problématique de départ et les hypothèses associées : nous verrons jusqu'à quel point nos résultats les valident. Nous terminerons par la proposition de pistes de réflexions et de perspectives théoriques et opérationnelles placées dans la continuité de notre démarche.

PARTIE 1. Différentes approches du risque et de sa perception appliquées à un objet d'étude unique

De nombreuses disciplines s'intéressent à l'étude des risques. Les sociologues s'interrogent sur les relations entre les acteurs soumis à un même risque, les psychologues analysent les caractéristiques individuelles ou collectives qui régissent les comportements et attitudes face à une situation de crise, les économistes modélisent les transformations des probabilités des individus face à l'incertain, les géographes spatialisent les aléas et les enjeux associés.

Toutes ces disciplines convergent vers un même objectif : réduire au maximum les dégâts induits par un aléa, quelle qu'en soit sa nature. Notre **1^{er} chapitre** posera les jalons théoriques alimentés par les études des risques : les interactions entre les concepts et notions maniés nous permettront de positionner notre travail au sein des recherches menées jusqu'à présent. Nous utiliserons plus particulièrement des concepts issus de réflexions géographiques ou économiques des risques et essayerons de définir des liens entre les deux approches.

Pour cela nous appliquerons notre démarche à un seul et même objet : les coulées boueuses. Nous en présenterons les processus de formation, les facteurs amplifiant leurs occurrences, mais aussi les solutions connues pour en diminuer les conséquences (**Chapitre 2**). Nous évoquerons aussi les politiques de gestion de ce risque, en insistant sur les relations entre les acteurs intervenants. Par ces questions, nous relèverons, une fois de plus, les ponts existants entre disciplines, essentiels à considérer dans une étude globale des risques.

Chapitre 1. De la géographie à l'économie : des contributions diverses pour alimenter notre problématique

La synthèse bibliographique que nous proposons a pour but d'aboutir à une compréhension précise des enjeux et objectifs développés ici. Cette revue de la littérature éclaire également les apports des deux disciplines maniées, à savoir la géographie et l'économie. Ce dialogue pluridisciplinaire, permet d'enrichir notre réflexion de **nouveaux concepts et de nouvelles méthodes**. Cependant, pour assurer une bonne validité scientifique à notre démarche, il nous paraît essentiel de ne pas amalgamer les approches disciplinaires. C'est pourquoi nous proposons d'en extraire un ou plusieurs outil(s) conceptuel(s) commun(s).

L'approche géographique permet de définir les composants du risque (aléa et vulnérabilité) et leurs traductions spatiales et sociales, importantes pour leur gestion et leur cartographie. Ces considérations se retrouvent par ailleurs dans les problématiques relatives à la perception des risques, quels qu'ils soient. L'utilisation de méthodologies mobilisées en économie (notamment en économie du risque ou en finance comportementale) nous permet de compléter les approches géographiques par l'identification de facteurs subjectifs intégrés dans les prises de décision.

1.1. Une approche géographique des risques

En géographie, des revues exhaustives relatives à la définition des concepts liés au risque sont consultables dans Blaikie *et al.* (1994), Dauphiné (2001), Veyret (2004), Hufschmidt *et al.* (2005), Pigeon (2005), ou Viscusi (2006). Ces études permettent de mesurer l'évolution de ce pan de la discipline et montrent de quelle façon des aspects connexes (le caractère législatif, spatial ou social) des risques y ont été intégrés. Notre réflexion est menée dans un cadre disciplinaire et terminologique précis. Cette mise au point s'appuie sur notre propre positionnement basé sur : (i) des concepts existants et directement applicables à notre objet d'étude (*i.e.* les coulées boueuses) ; (ii) la prise en compte des impératifs spatiaux et temporels, qu'ils soient considérés de façon indépendante ou associée.

1.1.1. Emergence des concepts et notions associés au risque en géographie

a. *Risque, danger, catastrophe*

Qu'elles soient disponibles dans les dictionnaires du langage courant ou les dictionnaires disciplinaires, les définitions du « **risque** » reflètent toute la complexité sous-jacente à ce concept.

Le Petit Larousse (Editions 2008) le détermine tel « qu'un danger, un inconvénient plus ou moins probable auquel on est exposé ». Dans le Petit Robert (Editions 2008), le risque est « un danger éventuel plus ou moins prévisible ». Dans ces définitions d'un terme utilisé couramment, la notion de **probabilité** liée à un événement prédomine. Dans les deux cas, le risque est associé au danger, entraînant une certaine ambiguïté entre ces deux termes. Contrairement au risque qui est fortement lié à une probabilité d'occurrence, le **danger** est toute source **potentielle** de dommage, de préjudice ou d'effet nocif à l'égard d'une chose ou d'une personne.

Dans le domaine des risques, ici technologiques, la directive dite Seveso 2³ définit le danger comme la propriété intrinsèque d'une substance ou d'une situation physique à provoquer des dommages pour la santé humaine et/ou l'environnement et le risque comme la probabilité qu'un effet spécifique se produise dans une période donnée ou dans des circonstances déterminées.

Les origines de la démocratisation de la notion de « risque » remontent à l'émergence des politiques assurancielles, relatives aux augmentations des accidents du travail, lors des grandes périodes d'expansion industrielles du 19^{ème} siècle (Ewald, 1986). Le risque résulte alors d'une activité humaine et génère des situations potentiellement dangereuses. Mais cette interaction entre les Hommes, leurs systèmes sociaux et leur environnement (qu'il soit naturel ou non) faisait déjà débat au 18^{ème} siècle (Peretti-Watel, 2000; Veyret et Reghezza, 2005). La communauté scientifique reconnaissait la prépondérance des actions anthropiques sur l'apparition de risques naturels. Elle en concluait que des actions de prévention devaient être mises en place : la création de zones à risques et l'application de schémas d'aménagement et de construction différents auraient un impact positif sur la diminution des risques (Hufschmidt *et al.*, 2005).

La géographie prend en compte ces deux aspects : à savoir les caractéristiques de la source du risque (l'aléa) et les impacts répertoriés sur le système social dans son ensemble (la vulnérabilité). Le **risque** se définit d'ailleurs comme **une combinaison entre l'aléa et la vulnérabilité**. Nous avons cherché les différentes combinaisons de ces éléments du risque dans la littérature. L'approche classique du risque se traduit par l'équation suivante [Eq. 1.1] :

$$R = f(A, V) \quad \text{[Eq. 1.1]}$$

où : R = le risque ; A = l'aléa et V = la vulnérabilité

Cette équation retranscrit une approche duale du risque, ce dernier étant facteur ici de deux éléments à savoir la vulnérabilité et l'aléa. Nous évoquons ici une relation de type « fonction » entre ces deux éléments : pour certains auteurs, cette équation est un croisement entre l'aléa et la vulnérabilité (Ledoux, 2006) tandis que d'autres voient cette relation comme un produit (Dauphiné, 2001). Malgré quelques avantages à l'utilisation de cette équation (une simplicité dans la détermination d'indicateurs cartographiques), la trop grande segmentation entre les deux éléments rend cette appréhension du risque trop incomplète aux yeux de nombreux géographes (Pigeon, 2005; Veyret et Reghezza, 2005; Ledoux, 2006).

En effet, ces derniers soulignent l'importance d'une analyse spatio-temporelle, qui doit nécessairement accompagner la définition du risque. Dans cette optique, D'Ercole (1996) précise une équation plus complète prenant en considération l'aléa et la vulnérabilité, qui restent les deux éléments principaux, complétés par leurs **évolutions spatiales et temporelles**. Cette équation [Eq. 1.2] illustre la prise en compte globale et intégrée de l'ensemble des éléments constitutifs du risque et oriente notre propre réflexion autour de la caractérisation des risques.

$$R = f[A(t, s), V(t, s)] \quad \text{[Eq. 1.2]}$$

où : R = le risque ; A = l'aléa et V = la vulnérabilité ; s = espace ; t = temps

³ Directive 96/82/CE du Conseil du 9 décembre 1996 concernant la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses. Journal officiel n° L 010 du 14/01/1997.

Avant d'entrer davantage dans le détail de la notion de risque, nous allons rappeler les travaux majeurs sur les caractéristiques et les évolutions de l'aléa et de la vulnérabilité. Les conclusions tirées de ces études nous permettront de positionner notre utilisation de ces termes pour le risque de manière générale et celui des coulées boueuses plus précisément.

b. L'aléa

Le concept d'aléa a emprunté son utilisation au langage des probabilités. Jusqu'à la fin du 19^{ème} siècle, la difficile prévision de l'aléa le rejetait dans la catégorie des sciences occultes répondant aux forces mystérieuses de la Nature (Dewolf et Bourrié, 2008). Aujourd'hui, bien que des techniques de prédiction aient été élaborées (Cerdan *et al.*, 2002; Jetten et Favis-Mortlock, 2006; Malet *et al.*, 2006) il est admis que l'aléa se traduit surtout par une **probabilité d'occurrence** d'un phénomène et **son intensité** (Dauphiné, 2001).

Tout comme la notion de risque, l'aléa trouve de nombreuses définitions en fonction des disciplines. En Sciences de la Terre, par exemple, Alain Marre, dans Dewolf et Bourrié (2008), définit l'aléa comme « une manifestation rapide d'un processus naturel qui participe à l'évolution normale de la surface de la Terre ». Selon cet auteur, les actions de prévention ou de limitation des risques doivent d'ailleurs être prioritairement menées sur l'intensité de l'aléa. Mais, malgré une bonne adaptation des types de protection à l'aléa ciblé, les éventails des travaux pouvant être utilisés demeurent immenses. D'autant plus que, comme nous avons pu le mentionner précédemment, l'aléa reste un phénomène qui se caractérise aussi par son **imprévisibilité**, qui est fonction de :

- **l'intensité du phénomène.** Malgré les efforts techniques mis en place, l'intensité de phénomènes sociaux (sociopolitiques, par exemple) ou de phénomènes naturels (tels que des orages localisés), garde un caractère souvent imprédictible à petite échelle. Toutefois, des calculs statistiques ou des simulations tentent de prévoir les intensités de certains d'entre eux. Dans le cas de précipitations, des modélisations du fonctionnement du système à petite échelle tentent de prévoir les intensités d'événements significatifs (de durée de retour de 10 ans, 50 ans ou 100 ans) en fonction de paramètres environnementaux précis et de lois statistiques basées sur des données issues d'événements précédents. Ces prévisions se placent généralement dans une optique de dimensionnement d'ouvrages de protection. Mais ces opérations seraient difficilement réalisables sans une estimation de l'intensité des aléas concernés ;
- **son occurrence.** Nul ne peut dire avec certitude le moment où le phénomène va se produire. Dans certains cas, des régularités temporelles de survenance peuvent être observées. Parfois, des signes annonciateurs peuvent faire redouter l'arrivée d'un phénomène, sans qu'il soit pour autant possible de déterminer exactement le moment où il va se produire (les avalanches, les éruptions volcaniques). Enfin, certains phénomènes, tels les accidents technologiques ou liés aux transports de matières dangereuses sont totalement imprévisibles (lorsqu'ils ne relèvent pas de négligence). Par retour d'expérience, il est possible de retracer le cheminement de l'aléa après la catastrophe et de conclure, à ce moment là, à la nécessité de mener à bien des aménagements futurs pour protéger les populations ;
- **sa durée.** L'aléa peut avoir des échelles de grandeur différentes selon les phénomènes. La cinétique d'un événement fait référence à cette durée par rapport à l'échelle de vie humaine. Elle est dite « rapide » pour les aléas de type coulée torrentielle et « lente » pour les aléas liés à de long processus, tel que l'érosion, par exemple (Dauphiné, 2001) ;

- **l'espace concerné pris en compte.** Pour certains phénomènes il est possible de prévoir des aires susceptibles d'être touchées permettant d'identifier les zones les plus sensibles. Il est cependant difficile de savoir où se manifesterait exactement l'aléa. S'il est possible de dresser des cartes des régions menacées par les séismes par exemple, personne ne peut prévoir quel sera le prochain site touché. De plus, chaque aléa possède un mode de diffusion spatial qui lui est propre, sur lequel il est parfois impossible d'avoir un impact, ce qui est le cas pour les trajets de cyclones ou de nuages toxiques, par exemple.

Les aléas se combinent parfois entre eux rendant leurs conséquences encore plus redoutables. Les **effets dominos** illustrent cette surimposition : aux aléas d'origine viennent se greffer des aléas dérivés, qui deviennent à leur tour source de nouveaux aléas, etc. (Provitolo, 2005). Ces combinaisons d'aléas prennent deux formes : (i) une surimposition de catastrophes d'origine naturelle dont les conséquences sont enregistrées sur des infrastructures industrielles (« nat-tech ») ou (ii) un emboîtement de catastrophes technologiques entraînant des conséquences naturelles dénommé « tech-nat » (Dauphiné, 2003; Provitolo, 2005).

De même, les sociétés par leurs comportements, peuvent aggraver l'intensité ou la fréquence de certains aléas et l'étendue de leurs effets. Par exemple, la dimension comportementale entre en compte dans la propagation des effets de panique. Provitolo (2005) propose une modélisation des effets de panique dans le cas de risques naturels ou technologiques. Par le biais de cette modélisation, cette auteure a également pu démontrer l'importance d'intégrer l'évolution d'un système « risque » dans le **temps**. Cette évolution dans le temps ne concerne pas que les modifications de nos environnements, mais aussi les évolutions en termes **d'outils d'aide à la décision**. Dans bien des cas, les outils de gestion ne sont pas les mêmes que les outils de prévention de catastrophe. Les mouvements de panique illustrent parfaitement les difficultés d'action : ils entravent bien souvent l'acheminement des secours et provoquent des mouvements centripètes (secours sur les lieux) ou centrifuges (évacuation spontanée). Les interventions n'en sont que plus difficiles, les mouvements de panique étant particulièrement compliqués à estimer et à juguler. Il faut de ce fait établir des mesures préventives à **long terme** (information de la population, meilleure éducation sur les bons comportements à adopter face aux situations à risque) et à **court terme** (gestion de la phase d'alerte) pour éviter l'éclosion de tels comportements.

La difficile prédiction de l'aléa, la prise en compte d'éventuels effets dominos, les conséquences des situations à risques sur la propagation ou la fréquence des risques sont autant d'éléments qui mettent en avant un réel besoin de sa connaissance pour adapter les réactions au risque encouru. En effet, Grothmann et Reusswig (2006) rappellent que les comportements à suivre face à l'aléa à l'origine d'une catastrophe (les inondations, dans leur cas) sont souvent mal connus et trop variables d'un individu à un autre. Nous constatons que les actions sur l'aléa uniquement sont parfois difficiles et bien souvent seuls des systèmes d'observation, de prévention et d'alerte peuvent être mis en place. Et la qualité de ces systèmes dépend des moyens dont disposent les sociétés pour mener des recherches scientifiques et techniques sur les aléas. A l'image de notre orientation scientifique, d'autres auteurs (Chardon, 1994; Gaillard, 2007) exposent que des actions sur la vulnérabilité sont fortement porteuses de résultats en termes de diminution des dommages.

c. La vulnérabilité

La vulnérabilité détermine l'exposition, la sensibilité ou l'adaptation de la société face à un aléa (Berry *et al.*, 2006). De ce fait, il est important de pouvoir la quantifier au plus juste, et cela dans le but de définir les solutions adéquates de protection des populations face à un risque. L'intérêt que nous trouvons à l'utilisation de la vulnérabilité dans l'étude des risques se situe essentiellement dans la possibilité de moduler les échelles d'analyse des phénomènes : échelle individuelle, liée à un groupe d'individus ou échelle de la société dans son ensemble. Cette différenciation attire l'attention sur l'importance de la distinction individuel/collectif pouvant avoir une importance dans la définition de

la vulnérabilité. A chaque échelle correspondent des niveaux de conséquences et des niveaux de prises de décision dans la gestion des espaces soumis aux risques.

Veyret (2006) note que les études sur le risque passent désormais d'une entrée surtout matérielle (notamment par l'aléa) à une entrée beaucoup plus complexe prenant en compte la vulnérabilité dans sa globalité. André (2004) pose tout de même le problème d'une définition globale de ce concept. Les notions associées ont évoluées et une réelle difficulté à estimer la vulnérabilité (en termes de quantification physique, causes ou conséquences sociales) existe. Le concept même de vulnérabilité se doit alors d'être décliné en fonction des **enjeux** étudiés (le bâti et les infrastructures ; la société avec les enjeux de cohésion sociale ; le paysage et l'environnement) et des types de systèmes qui y sont associés (biodiversité, écologie, société).

Cutter *et al.* (2003) listent 17 déclinaisons différentes de la vulnérabilité qu'ils synthétisent en deux principales visions : (i) celle des **sciences de l'ingénieur**, correspondant à la vulnérabilité des structures et à la susceptibilité des hommes et des infrastructures corrélées au risque ; (ii) celle des **sciences sociales**, correspondant à la vulnérabilité des hommes par le biais de leur capacité d'anticipation, de résilience et de résistance.

Pour préciser davantage la vulnérabilité, certaines définitions y associent des adjectifs. La vulnérabilité physique, par exemple, ne se rapporte qu'à des faits « matériels » quantifiables, à une quantité de biens potentiellement détruits, à la valeur des ressources considérées, éventuellement traduite en un coût monétaire. Autre exemple, la vulnérabilité sociale dans laquelle Chambers (1989) n'inclut que des facteurs internes, c'est-à-dire une capacité de la part de la société à répondre à un risque et à ces externalités. Cette vulnérabilité sociale peut également correspondre à l'exposition de groupes de personnes à un stress résultant d'impacts de changements environnementaux (Adger, 2000). Les stress subis sont, le plus souvent, reliés aux aspects sociaux et économiques d'un territoire et se manifestent par une baisse du sentiment de sécurité ou des pertes d'habitat. Cette définition permet alors d'établir un parallèle avec une autre notion : celle de la **capacité d'adaptation**. Cela correspond au niveau à atteindre par la société pour tirer les enseignements des catastrophes subies et les utiliser dans les préventions futures (Klein *et al.*, 2003). La capacité d'adaptation englobe des dimensions sociale, spatiale et économique.

Les Anglo-saxons définissent cette notion par deux termes distincts, avec d'une part la vulnérabilité d'un territoire (*susceptibility*), correspondant à la caractérisation de la fragilité d'un système ou d'éléments matériels exposés (Hufschmidt *et al.*, 2005) et d'autre part à la notion de capacité d'une société à se relever des dégâts ou effets négatifs induits par une catastrophe (que nous retrouverons sous le terme de **résilience** ou *coping capacities*).

Cette **capacité de réponse** revêt un caractère de plus en plus important dans l'analyse de la vulnérabilité, car elle permet d'appréhender les aptitudes inhérentes aux sociétés à surmonter une catastrophe (Wisner *et al.*, 1994; Adger, 2000; Folke *et al.*, 2002; Klein *et al.*, 2003; Pelling, 2003; Provitolo et Dauphiné, 2007). Les notions de transitoire, de passager et l'aspect temporel (par la prévention, la préparation au risque) y prennent toute leur importance. Cela autorise une comparaison entre échelles, qu'elles soient spatiales ou relatives aux modifications entraînées par la société dans le temps : systèmes d'éducation, densification du réseau social, etc.

Selon D'Ercole (1994), le « système » de vulnérabilité induit un grand nombre de variations naturelles et humaines dont la dynamique dans le temps et dans l'espace peut engendrer des situations plus ou moins dangereuses pour une société exposée. Anderson-Berry (2003) note à ce sujet que dans certains cas, la mise en place de mesures de protection entraîne une augmentation de la population, qui se sent protégée face à un éventuel risque. Son implantation ne fera alors qu'augmenter la vulnérabilité, qui devait pourtant être initialement diminuée. Emerge ainsi l'idée d'une **approche spatiale ou territoriale** à des échelles d'analyse différentes. De nombreux facteurs pour la qualifier sont alors déterminés. Ils incluent l'économie, la technologie, les relations sociales, la

démographie et la santé, la biophysique, les perceptions individuelles, les prises de décisions institutionnelles, les facteurs culturels et historiques (Wilhelmi et Wilhite, 2002). Cette approche globale implique l'acquisition d'un grand nombre **d'indicateurs** et de ce fait, les comparaisons entre les territoires, en termes de quantification des causes ou conséquences sociales, ne sont pas toujours aisées. A titre d'exemple, trop souvent la résilience sociale n'est déterminée qu'à l'échelle de la commune et non pas à celle de l'individu, impliquant un manque de précision dans son analyse.

Se pose la question de **l'évaluation** de la vulnérabilité, omniprésente dans la caractérisation des facteurs générateurs de catastrophes. Les facteurs qui aggravent la vulnérabilité d'un espace sont de deux ordres : (i) l'anthropisation des milieux urbains (par une extension des surfaces construites et imperméabilisées dans des zones dangereuses, comme cela peut être le cas pour les coulées boueuses) et (ii) la morphologie des villes qui exacerbe la vulnérabilité des sites. Thouret et D'Ercole (1996) entrent davantage dans le détail de la quantification de la vulnérabilité en définissant précisément les quatre classes de facteurs en jeu :

1. la croissance périurbaine ;
2. les facteurs de développement socio-économiques et les choix des politiques dans l'aménagement du territoire ;
3. la morphologie urbaine ;
4. la segmentation accentuée de la société urbaine et les conflits socio-économiques dans un espace limité.

Ils ont défini trois démarches pour analyser la vulnérabilité.

- La démarche **qualitative** permet de cerner la vulnérabilité à travers les différents facteurs qui tendent à la faire varier. Ces facteurs sont liés à la croissance démographique, au mode d'occupation du sol et à son utilisation et à des facteurs socio-économiques, socio-culturels, psychologiques, culturels et historiques, techniques, fonctionnels et politico-administratifs.
- La démarche **semi-quantitative** a pour objectif de cartographier les zones les plus vulnérables par le croisement d'une quinzaine de facteurs tels que les facteurs naturels, techniques ou sociaux. La résultante est la caractérisation de la propension à subir des dommages catégorisés, socialement et spatialement, par rapport aux éléments exposés (Chardon, 1994; Lavigne et Thouret, 1994).
- La démarche **quantitative** se fonde sur des éléments vulnérables à partir desquels les conséquences sont mesurées par la détermination des pourcentages de pertes et de leurs répercussions économiques, par des analyses de coûts pour des actions de prévention ou d'information, par des analyses coûts-bénéfices, *etc.*

Nous nous plaçons à la croisée d'une démarche **quantitative** (nombres de dégâts, fréquence de survenue) et **qualitative** (facteurs socio-psychologiques, culturels, historiques). Cette superposition de deux démarches, pourtant distinctes, est nécessaire car elle oriente directement les choix effectués dans la détermination des modalités des enquêtes utilisées. Elle permet, en outre, de sélectionner clairement les facteurs qui nous semblent essentiels à une gestion réfléchie de la vulnérabilité (Chapitre 4). Par l'expression « gestion de la vulnérabilité », nous entendons la détermination de réponses publiques ou privées / individuelles ou collectives (généralement coordonnées par des institutions publiques), dont le but est de contribuer à l'amélioration des politiques de réduction des risques.

Un des objectifs de ce travail étant de mettre à jour **le rôle des représentations** des risques par les acteurs impliqués, quel que soit leur niveau d'action, un rapprochement entre l'estimation de la vulnérabilité et la dimension sociale du risque prend tout son sens. Ce lien permettra, à terme, de développer et de proposer à certains acteurs clé, des outils spécifiques pour améliorer leurs

interventions. Il est clair que le risque s'illustre par une **complexité des facteurs** à prendre en considération dans son estimation.

d. *Synthèse : le risque nécessite une approche pluridisciplinaire*

La nature des études de risques en géographie montre surtout le caractère pluridisciplinaire de son analyse. Une vision cohérente et intégrée du risque revêt un caractère primordial : le risque doit prendre en compte les aspects **physiques** mais aussi **sociaux, culturels, historiques, etc.** du milieu qui y est soumis. De ce fait, comme le souligne Pigeon (2005), il n'y a pas une géographie des risques mais des géographies des risques. Chacune des démarches induites par ces approches utilise une entrée dans les champs disciplinaires différents (sociogéographique, historico-spatiale par exemple).

A ce sujet, Pigeon (2005) soulève les principaux enjeux intrinsèques aux sociétés humaines (morts, victimes, traumatismes), et note leur importance grandissante dans les débats autour de la gestion des risques. L'évolution des sociétés marque des connexions de plus en plus importantes entre l'environnement (naturel ou non) et les systèmes sociaux : les conséquences résident en des combinaisons amplifiées entre les aléas et la vulnérabilité des milieux. Beck (2006) a étudié cette imbrication dans le cadre d'une étude multirisques (sismique et technologique) en milieu urbain. Elle y démontre les interactions entre les représentations des risques des individus (par le biais de leur perception des risques de tremblement de terre et de catastrophe technologique) et les aléas. Elle conclut à la nécessité de l'information et de la prévention additionnée à la cartographie précise des zones à risques.

Notre positionnement théorique reprend également une approche globale du risque : il n'y a pas de séparation entre la prise en compte des **aspects physiques** (*i.e.* les caractéristiques météorologiques, topographiques et pédologiques des secteurs sensibles, propres à la définition de l'aléa) et des **caractéristiques socioculturelles** (essentiels à l'estimation de la vulnérabilité).

De manière plus détaillée, nous insistons sur l'importance d'une vision **sociologique** : le risque est associé à des relations et à des systèmes sociaux ; **économique** : le risque ou les dommages doivent pouvoir être chiffrés par les politiques. D'ailleurs leur gestion est appréhendée dans des contextes économiques généraux ; et **spatiale**. L'apport de la géographie est primordial : comme le souligne Vinet (2007) cette discipline a permis de préciser les concepts qui sont associés au risque (aléa, enjeu, vulnérabilité, *etc.*) tout en les intégrant à des notions plus globales telles que celles de territoire, d'espace, d'aménagement.

Se pose ici une des difficultés majeures dans l'étude des risques, celle de sa retranscription spatiale la plus juste possible par rapport à la réalité, alors même que les contours géographiques sont flous et que les perceptions sont différentes d'un individu à un autre (ces questionnements seront repris dans le § 1.2). Cette difficulté de détermination entraîne des problèmes de spatialisation et de ce fait de cartographie : les principaux questionnements posés étant relatifs aux indicateurs ou variables à prendre en compte. Propeck-Zimmermann *et al.* (2007) précisent d'ailleurs que les difficultés d'une traduction des limites des risques se répercutent dans la **législation** et les procédures **réglementaires** associées, qu'elles soient appliquées aux risques naturels ou technologiques.

1.1.2. La législation et la réduction des risques

La réduction des risques s'accompagne de **politiques législatives et réglementaires**. D'ailleurs, les objectifs de la gestion des risques se résument souvent en une idée principale : le risque doit être réduit au maximum ou tout du moins conserver son caractère potentiel.

Quand cela est possible, cette réduction passe par une action sur **l'aléa**, c'est-à-dire sur la limitation ou la réduction de sa probabilité d'occurrence ou de son ampleur pour que la catastrophe n'existe pas. Les actions menées avant la catastrophe se traduisent par la définition de systèmes de prévision (cartographie des zones à risques *a priori*), de surveillance ou d'alerte. A ce sujet, Mileti et Peek (2000) rapportent que les campagnes d'informations sur les comportements à adopter après la diffusion de message d'alerte (émis par les médias ou les autorités publiques) permettent à la population de réagir efficacement. Malgré le besoin d'une confirmation souvent sollicitée auprès de leurs proches, les individus arrivent à mobiliser leur représentation du risque, afin de le gérer.

Afin que les impacts soient moins importants, des actions sur la **vulnérabilité** sont également possibles. La mise en place de normes de sécurité ou de plans d'évacuations préventives sont les dispositions les plus courantes.

Il est aussi courant de réduire **conjointement l'aléa et la vulnérabilité**. Il s'agit alors d'engager des modifications sur les processus physiques en action mais aussi sur les enjeux menacés par la catastrophe. Elles se traduisent par des mises en place d'ouvrages techniques, de réglementation législative des zones constructibles, etc.

Mais toute la difficulté de la réduction des dommages réside dans le fait que la majorité des populations voit encore le risque comme quelque chose d'extérieur. Les individus attendent des autorités qu'elles réduisent son occurrence à zéro, ou qu'à défaut les assurances prennent en charge, par des compensations, la négligence collective. Néanmoins, la certitude du danger les mobilise, même s'ils sont loin de l'épicentre. Ils travaillent alors à leur sécurité avec le souvenir du risque déjà vécu ou raconté par des proches. Cela alimente leurs critiques à l'égard des mesures de prévention proposées, surtout quand elles paraissent inefficaces. Face aux exigences de la population, la réponse politique a consisté à définir des mesures réglementaires strictes appliquées dans le but d'une réduction efficace de la vulnérabilité.

Au niveau **européen**, les mesures contre les risques se traduisent par le vote de lois et directives appliquées dans l'ensemble des pays membres. Par exemple, pour les risques technologiques, la directive européenne du 24 juin 1982 (Seveso) porte sur la prévention des accidents majeurs dans les installations industrielles. Pour les risques naturels, la directive européenne n°2000/60/CE définit un cadre réglementaire appliqué à une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Elle a pour objectif de gérer les ressources en eau, de prévenir et réduire les dégradations dues aux pollutions et d'assurer un approvisionnement nécessaire en eau potable. Plus précisément encore, la directive n°2007/60/CE est relative à l'évaluation et la gestion des risques d'inondation. Cette directive impose des gestions des cours d'eau et des espaces aménagés afin de réduire la vulnérabilité associée aux inondations. Certaines actions sont aussi prises au niveau de la réduction de l'aléa : par exemple, le 14 novembre 2007, le parlement européen a approuvé la première directive européenne concernant la protection des sols. En ce qui concerne les coulées boueuses, les applications décidées à l'échelle européenne se traduisent de façon très différentes sur les territoires nationaux (Evrard *et al.*, à paraître), posant la question d'une cohérence entre les niveaux de décision et d'application .

En France (au niveau **national**) en une vingtaine d'années, quatre lois essentielles ont été votées pour organiser une politique de prévention des risques.

La loi n°82-600 du 13 Juillet 1982 est relative à **l'indemnisation des victimes** de catastrophes naturelles. L'État revêt le rôle de garant des modalités d'assurance solidaire, évitant toute prise en charge individuelle des dommages. Elle est complétée par la loi n° 87-565 du 22 Juillet 1987, relative à la protection de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs. Dans la cadre de cette loi, l'État endosse la responsabilité de la sécurité des populations, en se chargeant de l'organisation des secours et de la protection des individus.

La loi n° 95-101 du 2 Février 1995 est relative au renforcement de la protection de l'environnement. Elle met en place les dispositions relatives à la participation des populations et des associations dans les débats liés à l'environnement et exige une connaissance, une protection et une gestion des espaces naturels par le biais d'un inventaire départemental du patrimoine naturel. Elle complète également la loi du 22 Juillet 1987 par la définition des **plans de prévention des risques** (PPR). Ils sont élaborés pour des risques naturels prévisibles tels que les inondations, les mouvements de terrain, les avalanches, les incendies de forêt, les séismes, les éruptions volcaniques, les tempêtes ou les cyclones. Ils ont pour objectifs de :

- délimiter les **zones exposées** au risque (**carte d'aléa** – figure 1.1) en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru et d'y interdire tout type de construction ;
- délimiter les **zones de vulnérabilité** où les enjeux (humains essentiellement) sont importants (figure 1.2) ;
- délimiter les zones à risques en fonction des impacts estimés par le croisement des deux cartes précédentes (figure 1.3) ;
- définir les **mesures de prévention**, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par les collectivités publiques ou par les particuliers.

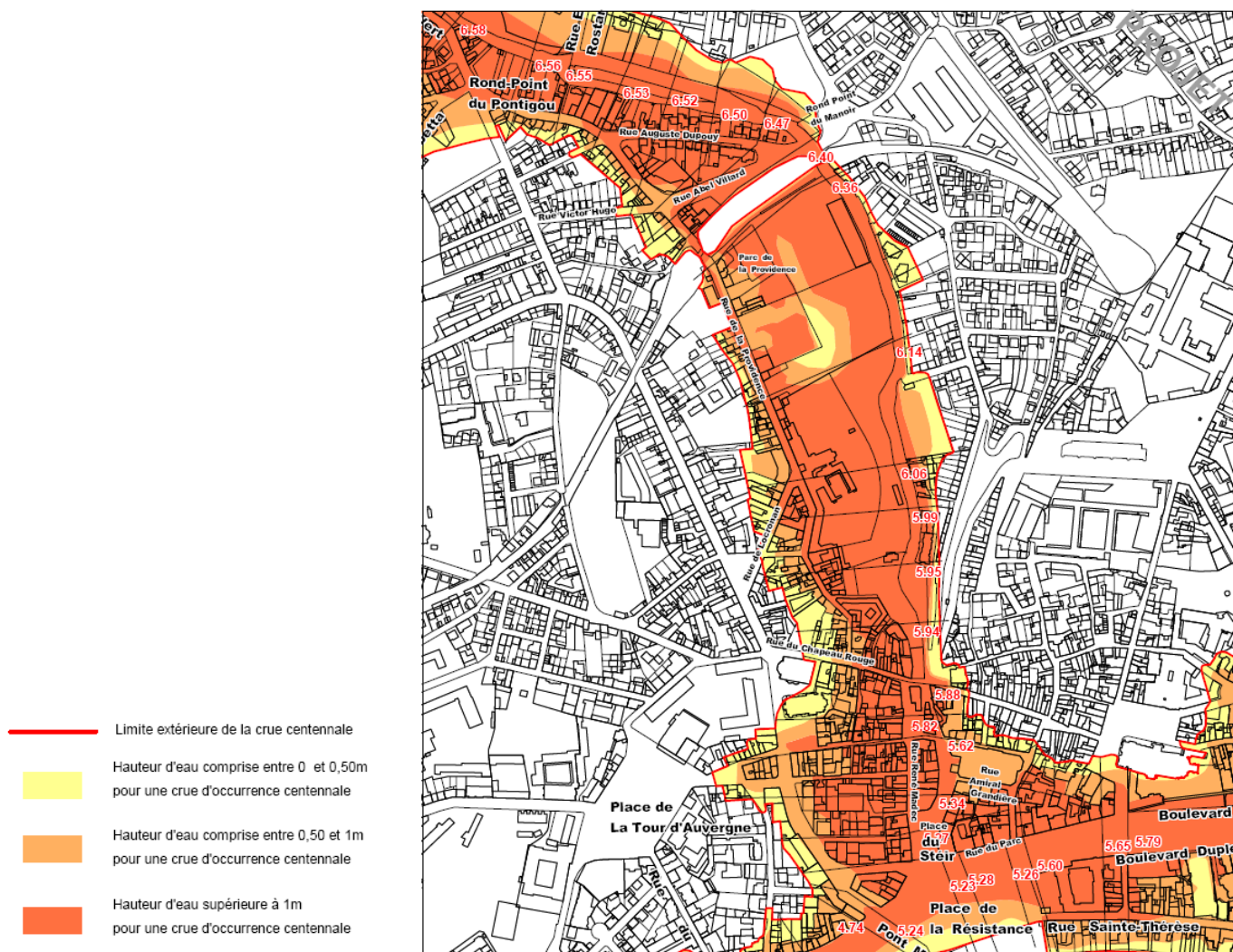


Figure 1.1 : Carte d'aléa issue du PPR Inondation de Quimper (approuvé en 2008)
Direction Départementale de l'Équipement et de l'Agriculture (DDEA) du Finistère

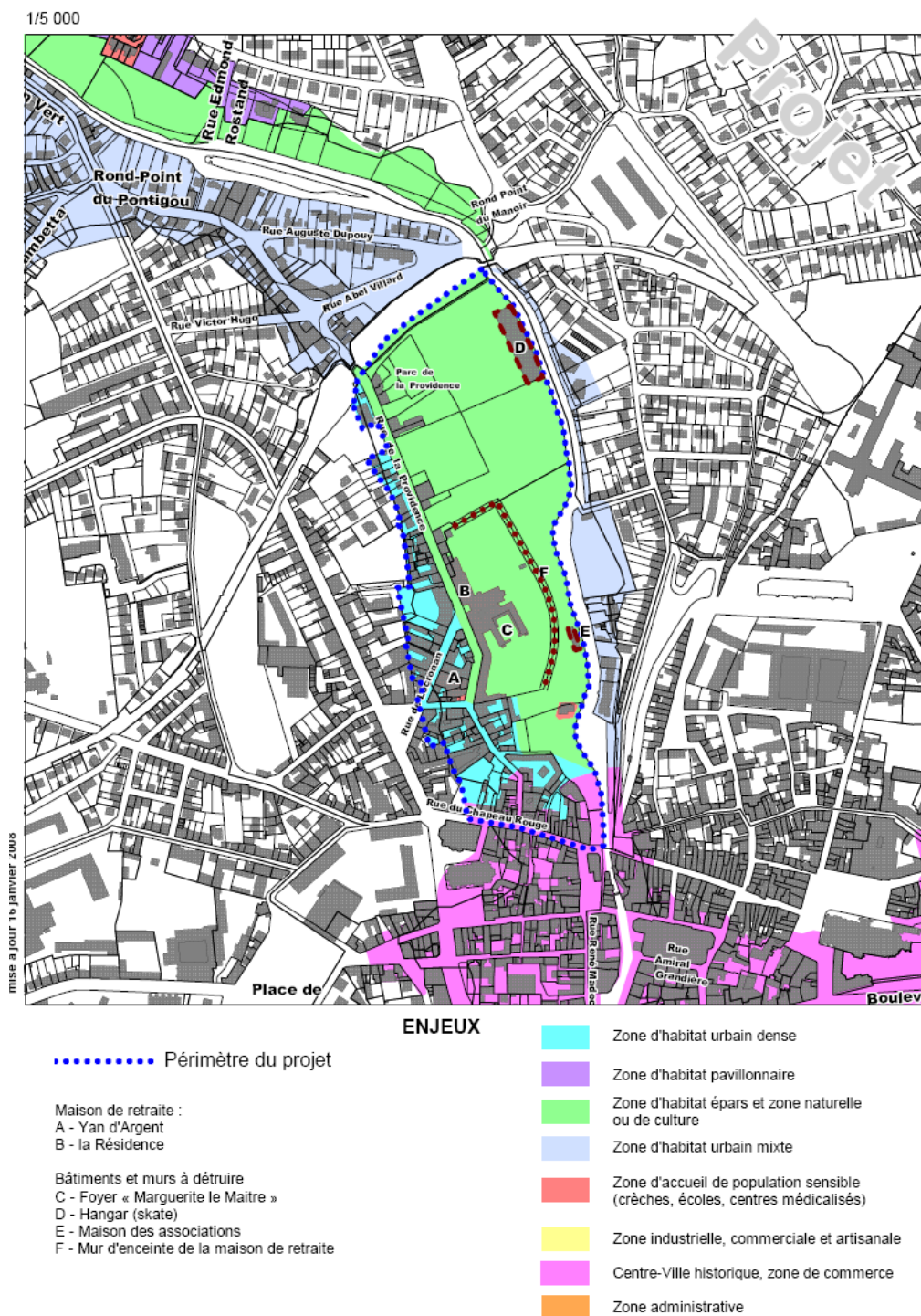


Figure 1.2 : Carte des enjeux issue du PPR Inondation de Quimper (approuvé en 2008)
Direction Départementale de l'Équipement et de l'Agriculture (DDEA) du Finistère

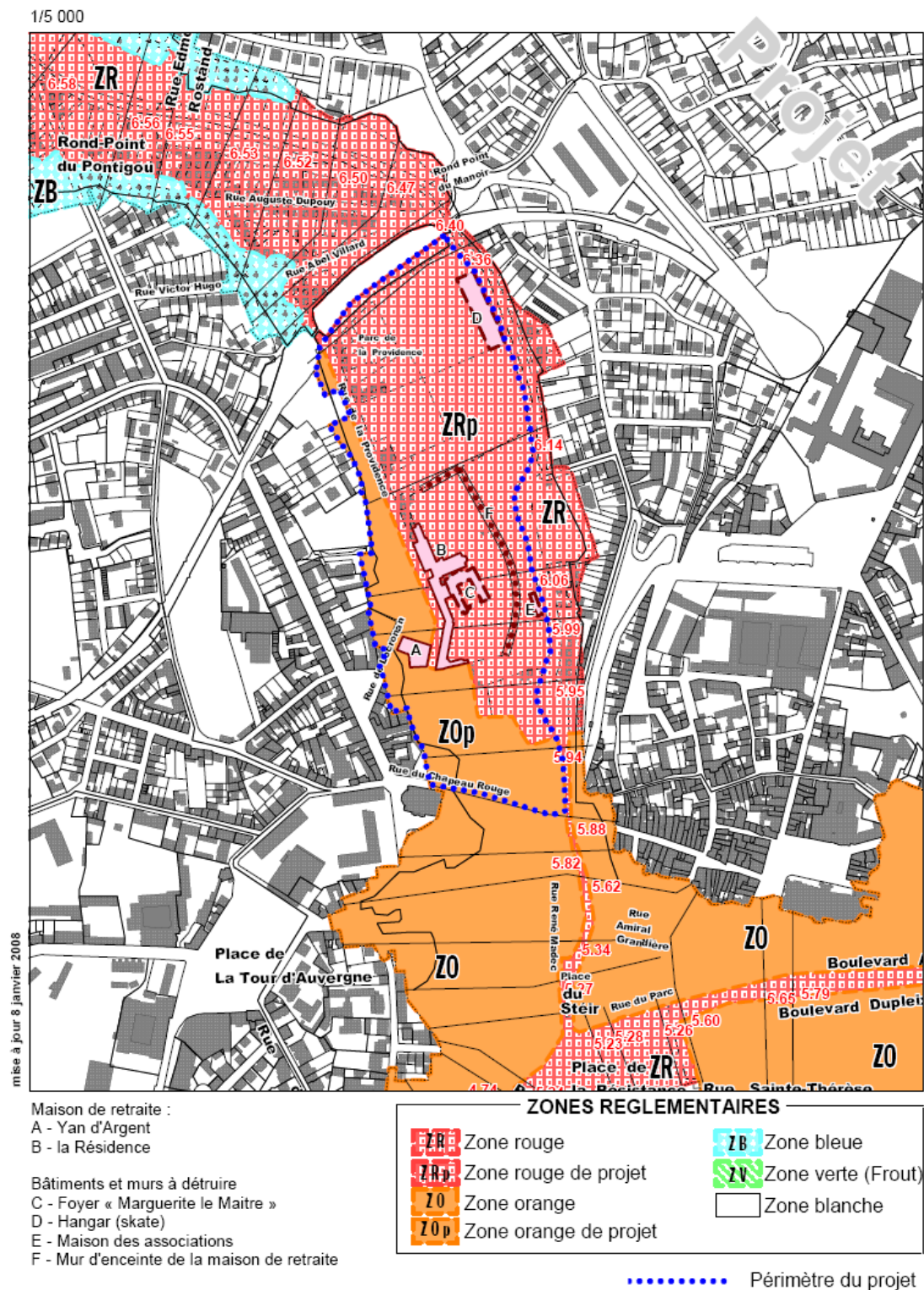


Figure 1.3 : Carte réglementaire des risques issue du PPR Inondation de Quimper (approuvé en 2008)
 Direction Départementale de l'Équipement et de l'Agriculture (DDEA) du Finistère

Le PPR approuvé est annexé au plan local d'urbanisme (PLU) et fait l'objet d'un affichage en mairie et d'une publicité par voie de presse locale en vue d'informer les populations concernées. Pour l'heure, aucun PPR n'est uniquement dévolu au risque de coulées boueuses : il existe un PPR Inondations (PPRI) dont l'objectif est de cartographier les zones soumises au risque d'inondation (par débordement de cours d'eau, par remontée de nappe, etc.). Un des volets de la définition des PPRI prend en compte le **ruissellement périurbain** (MEEDDADT, 2003). De ce fait, il s'agit de l'outil réglementaire qui se rapproche le plus des problématiques soulevées par les coulées boueuses.

La loi n° 2003-699 du **30 Juillet 2003** est relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages. Elle promulgue un devoir d'information des populations vivant dans les zones à risques. Le nombre croissant de recherches relatives à la prise en compte de l'information des populations dans des zones soumises au risque témoigne du rôle positif de cette dernière sur les comportements des individus en cas de catastrophe (Wakefield et Elliott, 2003; Slovic *et al.*, 2004; Brilly et Polic, 2005; Lepesteur *et al.*, 2007; Lowrey *et al.*, 2007).

Mais cette information aussi juste soit elle, n'aura qu'un effet limité si la **confiance** entre les populations et les gestionnaires des zones vulnérables n'existe pas. Selon Eymard-Duvernay (2000), la question de la confiance est centrale dans la gestion du risque. Pour cet auteur, elle est « une forme de jugement qui s'appuie sur des dispositifs : des ensembles d'outils techniques articulés à des rôles sociaux qui constituent des programmes d'action ». Ces dispositifs jouent un rôle cognitif et possèdent une fonction morale puisqu'ils établissent un sentiment de sécurité plus ou moins réel. Mileti et Peek (2000) démontrent encore que les individus ne désirent avoir qu'un interlocuteur en qui ils ont confiance.

Cette confiance et la légitimité qu'elle entraîne sont primordiales dans la gestion des risques et catastrophes (Bradbury *et al.*, 1999; Cvetkovich, 1999; Earle et Cvetkovich, 1999). Elles orientent la façon dont les campagnes de prévention devraient être mises en place et seront accueillies par les populations. En effet, les acteurs institutionnels intervenant dans les législations et les vecteurs d'information doivent être les plus légitimes possibles si le message principal doit être suivi et compris par les populations. D'ailleurs, Viklund (2003) remarque que la prise en compte de la confiance et de la légitimité dans les études des risques a fortement augmenté et cela depuis que les sondages de populations ont montré que la confiance qu'elles accordent aux institutions, qu'elles soient locales, nationales ou internationales, baisse.

De plus, de nouvelles attitudes émergent, notamment avec une prévention et une gestion des risques rapportées au **niveau local**. Jusqu'alors l'État s'occupait de la prévention et des secours, responsabilités désormais déléguées de plus en plus souvent aux instances locales (départements ou communes). La contradiction des attentes entre les administratifs et les populations ou entre les populations elles-mêmes peut amener à des situations tendues, qu'il faut gérer au mieux (la plupart du temps à l'échelle communale). Ces impératifs dans la prise en compte des risques, accompagnés de la nécessité de les cartographier, impliquent le besoin d'une **connaissance approfondie de leur dimension spatiale**. Cette spatialisation des risques permet de retranscrire dans un environnement précis les impacts qu'auront les catastrophes avérées et se situe au cœur même de la détermination de cartographies réglementaires.

1.1.3. La spatialisation des risques

Par les termes de « **spatialisation des risques** », nous entendons la représentation spatiale ou territoriale du risque. Ceci équivaut ici à sa retranscription dans un milieu humainement et socialement investi, disposant de ce fait de limites qui relèvent moins de découpages administratifs que de pratiques et de représentations sociales (Cauvin, 1999; Mathieu, 2004).

La démarche adoptée dans une analyse spatiale des risques peut être (Dauphiné, 2003) :

- **opérationnelle**. Cette démarche est notamment utilisée dans une optique d'aménagement du territoire. Il s'agit de croiser les héritages géomorphologiques, leurs influences sur les facteurs physiques et les multiples paramètres de la vulnérabilité ;
- **phénoménologique**. Cette démarche est adoptée dans le cadre de notre étude des coulées boueuses. Cette réflexion débute par la matérialisation spatiale, effective et actuelle du risque à partir des traces laissées par d'anciens événements par exemple. C'est bien le dommage qui représente en un lieu donné les interactions vulnérabilité/processus d'endommagement constitutifs du risque. La retranscription des conséquences spatiales des dommages a un impact, particulièrement sur la mise en place de politiques de gestion des catastrophes. Cette analyse contribue alors à expliquer l'évolution spatiale des risques par une comparaison entre les différentes zones touchées et déjà répertoriées dans le passé.

Les concepts maniés précédemment (§ 1.1.1) montrent que la spatialisation des risques constitue un objectif majeur dans notre analyse. Cette dimension amène non seulement à une réflexion sur les représentations cognitives des zones exposées mais aussi à la **cartographie** du risque et de tous les indicateurs qui y sont liés, qu'ils soient relatifs à l'aléa ou à la vulnérabilité (Chardon, 1994; Le Bissonnais *et al.*, 2002a). Dans cet objectif, des paramètres et indicateurs doivent être déterminés (Chardon et Thouret, 1994; Cerdan *et al.*, 2002; Jetten et Favis-Mortlock, 2006; Malet *et al.*, 2006; Thiery, 2007) puis adaptés à la définition des facteurs nécessaires à la cartographie de l'aléa ou de la vulnérabilité (figures 1.4 et 1.5).

Les risques prennent plusieurs formes : **libres** lorsque les catastrophes ne peuvent être limitées dans l'espace (les épidémies, la sécheresse) ou **contraintes**, souvent par les éléments « physiques », la topographie (Dauphiné, 2003). Les risques contraints font d'ailleurs l'objet de mesures préventives souvent adaptées : leur développement étant modélisable par le paramétrage de l'environnement physique dans lequel ils prennent place (Grossi et Kunreuther, 2005; Souchère *et al.*, 2005). Dans notre cas, l'étude des coulées boueuses adopte ce type de raisonnement spatial : leur trajectoire ainsi que les aires de dépôts sont cartographiables, permettant de connaître précisément la localisation des catastrophes. Cette cartographie s'initie à partir des traces laissées par les événements antérieurs et ne s'applique qu'à des risques permettant une délimitation nette et précise des impacts et à la localisation d'aménagements spécifiques pour les réduire au maximum.

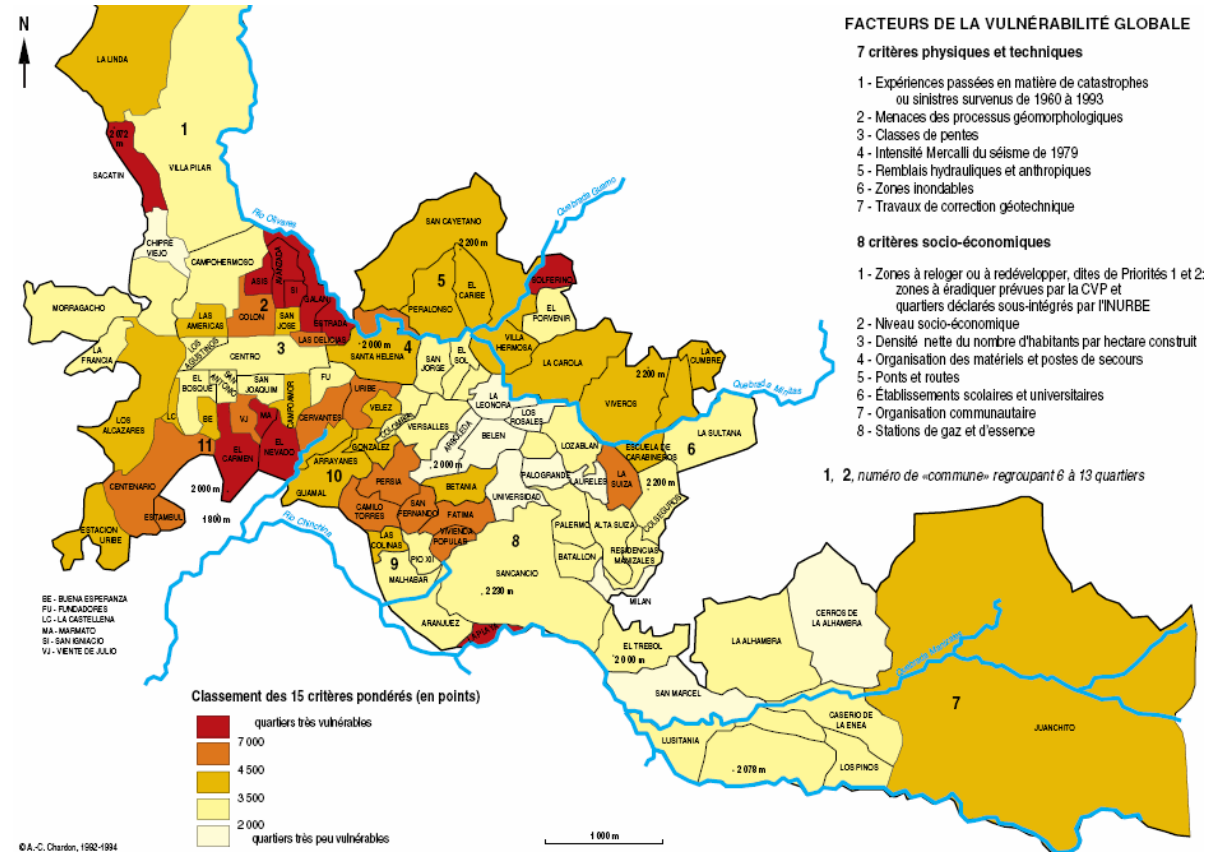
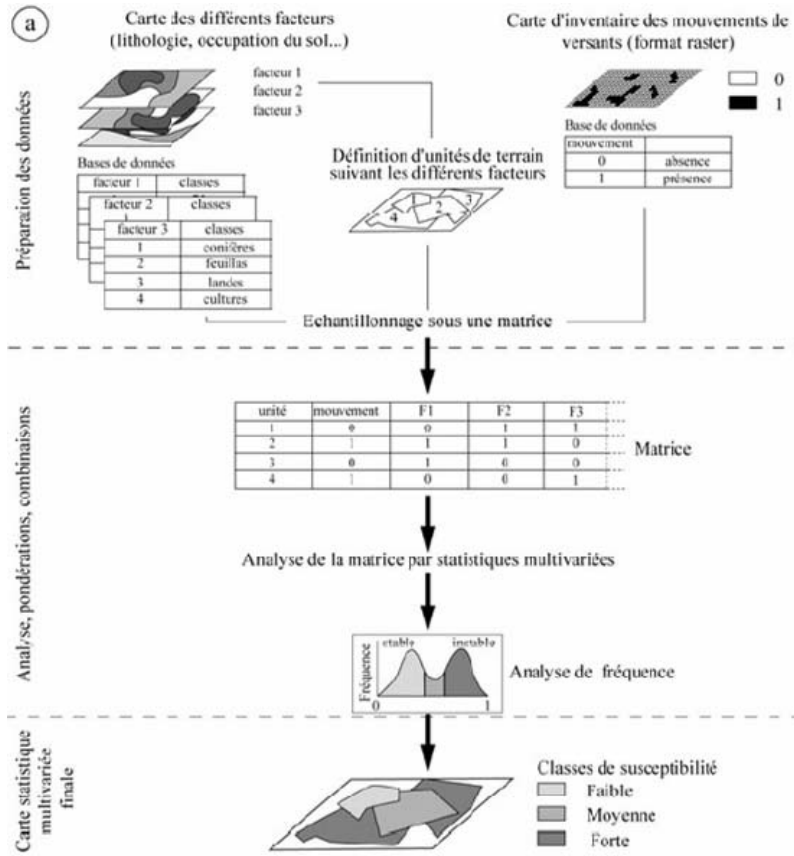


Figure 1.4 (gauche) : Cartographie de l'aléa « mouvements de versant » par approche multivariée, avec : (a) les étapes de la stratégie de cartographie par SIG ; (b1) la carte d'aléa obtenue par analyse discriminante et par « unités de pentes » et (b2) la carte des enjeux (Thiery, 2007)

Figure 1.5 (haut) : Cartographie de la vulnérabilité de la population de Manizales (séismes et glissements de terrain) par le regroupement de critères physiques et socio-économiques (Chardon et Thouret, 1994)

La spatialisation des risques passe aussi par une connaissance des **sources historiques**, essentielle dans la retranscription d'événements antérieurs (Schoeneich et Busset-Henchoz, 2000). Une attention particulière est accordée aux actes et paroles des acteurs qu'ils soient institutionnels ou non, car leurs témoignages permettent de localiser les espaces à risques, de dresser des bilans cartographiques, de mener un travail de terrain. Les récits permettent aussi de **classifier l'intensité** des événements passés tout en prenant garde aux biais induits par les perceptions des phénomènes relatés. Deux événements, pourtant identiques, n'auront pas nécessairement des échelles d'intensité identiques car ils seront perçus différemment par les individus. Ces perceptions sont fortement liées à la vulnérabilité des individus qui sera, par ailleurs, à la base de la retranscription spatiale des espaces vécus. De ce fait, les récits des événements passés recèlent des informations importantes sur les interactions entre les risques, l'évolution des sociétés et celles de l'environnement.

La **catastrophe avérée** aura des conséquences sur les perceptions de risques de même nature pour les individus touchés. Ces conséquences se traduisent par des impacts humains, économiques, sociaux, écologiques et une désorganisation des infrastructures et services en place sur les territoires. Elles seront plus ou moins importantes en fonction du niveau de **connexité** (ou cohérence) entre les éléments d'un ensemble spatial. S'ils sont fortement connectés, les conséquences seront une perte d'autonomie, de facilités d'accès des secours, d'approvisionnement des populations, etc. Ces désorganisations se traduisent par des perturbations des réseaux de transfert d'énergie, de transports, et d'informations et ont des conséquences sur la mise en place des plans d'urgence pouvant aboutir à la paralysie d'une région (Lindell et Barnes, 1989; Young, 1998; Buckle, 1999).

Finalement, la connaissance précise du territoire et des enjeux qui y sont présents permet non seulement de spatialiser et de mieux gérer le risque, mais aussi d'initier des actions adéquates pour le réduire. L'appréhension du caractère spatial des risques nécessite la connaissance de **l'organisation territoriale** dans son ensemble, des infrastructures potentiellement exposées aux éléments sociaux dans leur complexité. Notre approche des risques s'oriente particulièrement autour de ces derniers aspects. La connaissance de la dimension sociale du risque nous paraît essentielle notamment dans l'explication de la relation existante entre les représentations cognitives du risque et la vulnérabilité des individus.

1.1.4. La représentation cognitive du risque et sa relation avec la vulnérabilité

Dans leur ouvrage collectif Krinsky et Golding (1992) ou plus récemment Loewenstein *et al.* (2001) insistent sur l'importance d'une réflexion conjointe sur l'aléa et la vulnérabilité d'un risque dans le but d'en saisir son niveau d'acceptation par les populations. Ainsi, la compréhension de la dimension sociale du risque permet de cerner les facteurs psychosociologiques intervenant dans la représentation d'un risque par les individus concernés. Plus précisément, la « dimension sociale » telle que nous l'entendons ici consiste en notre propre traduction des perceptions et des représentations des environnements soumis à un risque. Une telle approche apporte une plus-value aux approches classiques des représentations des milieux de vie des individus et nous l'employons dans le but d'obtenir des données utilisables dans les **calculs d'indice de perception**.

Une manière d'illustrer la prise en compte de la dimension sociale du risque est d'utiliser une approche par la **cognition**, c'est-à-dire la représentation individuelle des lieux et des espaces. Il s'agit de comprendre de quelle façon les individus se représentent leur environnement proche, chacun d'eux ayant un système perceptif propre. Les données obtenues offrent non seulement des éclairages sur la connaissance de l'espace mais aussi sur son utilisation par les individus qui l'habitent. Comme le souligne Cauvin (1999), l'étude de la cognition soulève des problématiques récurrentes en psychologie de l'environnement. Gärling *et al.* (1984) mentionnaient déjà que « les représentations cognitives permettent de trouver comment **comprendre les relations entre le comportement des gens et leur environnement physique, social, etc.** ». Nous comprendrons rapidement que la cognition spatiale est un concept pluridisciplinaire par essence. D'ailleurs, depuis les années 60, urbanistes, géographes et psychologues tentent d'en déterminer les facteurs constitutifs.

Pour Cauvin (1999), la représentation cognitive met en action nos cinq sens. Contrairement à l'espace « **objectif** » qui est un espace de référence, l'espace physique qui contient l'Homme et qui l'entoure, qui est déterminé par les arrangements entre les lieux, avec des attributs spécifiques, mesurables universellement, les **espaces cognitifs** sont aussi multiples que le nombre d'individus interrogés. Ces espaces « cognitifs » se définissent tels que des espaces reconnus par un sujet (même s'il ne les a pas vécus) à l'aide des informations perçues, des croyances et d'éléments non directement en relation avec ces espaces. L'espace « cognitif » se constitue en nous, il est « subjectif ».

Plus précisément, Cauvin (1999) souligne que selon les activités et le but poursuivi, l'espace objectif sera transformé par les caractéristiques intrinsèques de l'individu pour aboutir aux **espaces « fonctionnels »**. Ils sont des dérivés du premier et se définissent comme les espaces où peuvent s'effectuer les mouvements, les déplacements en fonction d'un but déterminé. Ce sont les espaces qu'enregistrent et utilisent les habitants d'une ville bien plus que les espaces de référence. Les caractéristiques intrinsèques des espaces « fonctionnels » sont déformées par les motivations, les expériences personnelles et activités des individus.

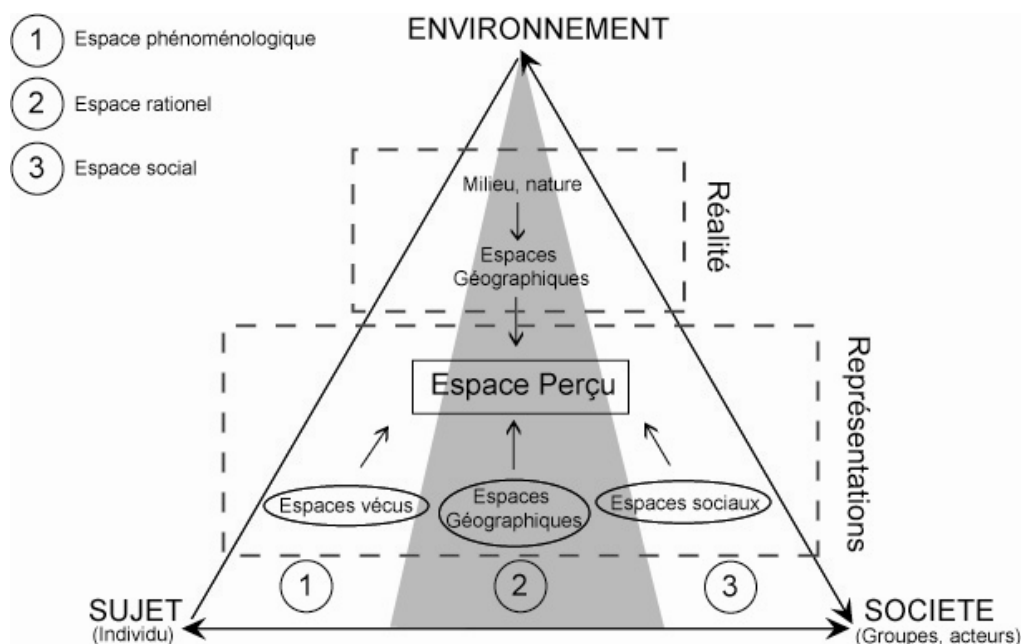


Figure 1.6 : Interactions des espaces dans les perceptions de l'environnement (d'après Di Méo et Buléon, 2005)

Pour Di Méo et Buléon (2005), l'espace « **subjectif** » est le produit de la conscience et est représenté par rapport à nos expériences et à notre vécu (l'espace phénoménologique), qui replace l'individu au centre de l'espace. L'espace « rationnel » reprend les mêmes termes que l'espace « **objectif** » défini par Cauvin (1999). Il peut être déterminé par des distances métriques et des échelles différenciées. Enfin, l'espace « **social** » est structuré par les sociétés : il est le terrain des enjeux sociaux où les articulations avec les systèmes culturels, politiques, économiques, religieux, etc. sont prédominantes (figure 1.6).

La dimension sociale du risque passe par une prise en compte des interactions entre de multiples paramètres tels que le niveau d'information, la légitimité de certains acteurs dans la diffusion de messages de prévention ou l'expérience. Ces différents aspects vont avoir un rôle important dans la détermination de nos perceptions face au risque. D'ailleurs, les études sur l'aspect social du risque englobent ces facteurs afin de déterminer des **niveaux acceptables** des risques pour les populations (Slovic, 1986; Brilly et Polic, 2005; Slovic *et al.*, 2005; Barroca *et al.*, 2006; Visschers *et al.*, 2007). Nos méthodes de détermination des facteurs modulant nos attitudes face à un risque et la cartographie des indices de perception prennent en compte ces variables.

La **relation avec la vulnérabilité** se pose dans le sens où nous prenons en compte tous ces aspects de représentations dans la baisse de la vulnérabilité, mais aussi la formalisation des indices de perception des risques. Cette approche utilisant la représentation cognitive des espaces permet de :

- traduire les facteurs psychosociologiques importants dans les transformations des espaces « objectifs » en espaces « fonctionnels », dans la mesure directe de la vulnérabilité. Nous avons pu noter (§ 1.1.1) que les caractérisations de la vulnérabilité sont nombreuses : elle n'est pas seulement physique, elle peut être sociale, culturelle, individuelle. Il faut donc pouvoir identifier quels facteurs nous paraissent les plus importants dans la définition de la perception individuelle du risque. Nous utilisons les représentations cognitives de l'espace pour y parvenir ;

- connaître les délimitations des espaces vulnérables identifiés par les individus par rapport aux zones réelles d'un même risque dans le but de proposer des campagnes d'informations efficaces, parce que ciblées sur les populations qui s'estiment vulnérables.

L'aspect social revêt également une certaine importance pour déterminer la gestion adéquate des risques. Les politiques ne doivent pas uniquement se baser sur des actions sur l'aléa, d'autant que les limites d'une telle approche se laissent entrevoir dans les politiques de réduction des risques. La prise en charge de la gestion des risques doit pouvoir se traduire par une visibilité ou une publicité. Cette mobilisation « médiatique » nécessite la compréhension de la construction du risque. L'approche développée en termes de **perception des risques** (Douglas et Wildavsky, 1982; Slovic, 2000; Cutter *et al.*, 2003) **mesure donc l'exposition à un risque par les individus et leur réaction au verdict d'épreuves de réalité**, de quelque chose d'extérieur à elles et avec quoi elles doivent compter.

1.2. La perception des risques : définition et principales approches

La perception des risques complète la connaissance des degrés de vulnérabilité d'une population. Comment se définit la « perception des risques » et quelles en sont les spécificités ? À travers ces questions, nous verrons dans quelle mesure sa connaissance peut être importante dans la compréhension des **attitudes** des individus ou groupes d'individus (en termes de prises de décision, par exemple) et de quelle manière la perception d'un risque peut être intégrée à des politiques de diminution de la vulnérabilité. Dans ce but, nous exposerons les **facteurs** à prendre en compte dans sa **mesure**, facteurs que nous utiliserons dans notre propre méthode de calcul d'indice de perception des risques de coulées boueuses.

1.2.1. Qu'est ce que la perception des risques ?

La **notion de perception des risques** naît à la fin des années 60 lors des mouvements de contestations anti-nucléaires aux États-Unis. À cette époque, les « experts » (ingénieurs ou chercheurs dans le nucléaire) notent que, malgré les discours sécuritaires, la population a une perception de ce risque bien différente de la leur. Dès lors, les notions de risques « objectifs » et de risques « perçus » ont émergé (Slovic *et al.*, 1979; Slovic, 1992, 2000).

Les premières études sur la perception se sont intéressées à la seule différence entre les perceptions des experts et celles de la population (ou les « profanes »). Les experts étaient définis comme ayant une vision quantitative du risque : ils abordaient le risque par les conséquences éventuelles et sa probabilité d'occurrence. Leur vision était dite « objective » (Marris *et al.*, 1998). Les profanes avaient un profil différent : des dimensions qualitatives faisaient varier leur perception. Leur vision (dite « subjective ») était composée de croyances, d'échelles de valeurs, *etc.* (Rowe et Wright, 2001).

En 1969, Starr pose la question centrale dans les recherches sur la perception des risques : « *How safe is safe enough ?* ». Il met en avant que les degrés d'acceptation d'un risque ne passent pas uniquement par une estimation de ses composantes « techniques » mais aussi par des facteurs subjectifs, tels que le fait de prendre un risque de façon volontaire, par exemple. De même, la dichotomie entre les perceptions des risques des experts et des profanes ne faisait plus légion (Starr, 1969).

Au fil des recherches et par une intégration de méthodes et concepts issus des sciences sociales, les **questionnaires** des risques (maillon important dans la communication et l'information entre les « experts » et les « profanes ») et tous les **acteurs** (individus, collectivités) en lien direct avec un quelconque risque ont été intégrés dans les investigations de recherches. À partir de ce

moment, les perceptions n'ont plus été vues comme des distorsions, mais comme des représentations d'une réalité influencées par de nombreux facteurs inhérents aux individus (Marris *et al.*, 1998; Kouabenan *et al.*, 2007), quel que soit leur champ d'action. Nous retrouvons alors les notions de croyance (Douglas, 1967; Douglas et Wildavsky, 1982) et de responsabilité utilisées dans les théories culturelle ou psychométrique de classification des perceptions.

O'Riordan (1986) définit la perception d'un risque comme un processus qui relie les jugements individuels du degré de risque encouru à l'action potentielle. En associant jugement et action, il intègre le corollaire de facteurs qui vont influencer une prise de décision. Giddens (1994) rapproche également la perception des risques aux actions éventuelles. Il définit la notion de « contrôle réflexif », qui est la capacité de tout être humain d'explicitier ce qu'il fait et pourquoi il le fait. Son étude du « contrôle réflexif » a permis de mettre en avant le fait que les individus préfèrent occulter certains risques encourus afin de pouvoir avancer dans la vie.

Weinstein (cité dans Sjöberg *et al.*, 2004) estime que la perception des risques est une notion qui dépasse l'individu : il s'agit d'une construction sociale et culturelle qui intègre les valeurs, les symboles, l'histoire et l'idéologie. Sjöberg *et al.* (2004), au contraire, replacent l'individu au centre et définissent la perception des risques comme une estimation subjective des probabilités d'occurrence d'un risque spécifique, associée au niveau d'intérêt que portent les individus concernés à ce risque.

Pour Cutter (1993), la perception des risques est avant tout de la façon dont les individus pensent les risques et les dangers. Elle différencie la **perception**, qu'elle traduit comme étant la réception par un de nos sens d'un stimulus et la **cognition** qui est la codification d'un stimulus par les filtres liés aux expériences et aux échelles de valeurs propres à chaque individu. Cutter rappelle également que l'étude de la perception d'un risque fait partie intégrante d'une réflexion scientifique interdisciplinaire associant approches économiques, sociologiques, ethnologiques, géographiques et psychologiques.

Les deux principaux courants dans l'étude de la perception des risques que nous évoquerons ici sont l'approche **psychométrique** des risques développée par les travaux conjoints entre psychologues et économistes, suivie quelques années plus tard par **la Théorie Culturelle** (*Cultural Theory*) développée par les sociologues et les ethnologues. Nous préciserons pour chacune de ces approches les éléments qui nous paraissent importants dans notre démarche qui, rappelons-le, associe la composante spatiale à la perception.

a. L'approche psychométrique : heuristiques et biais

L'approche psychométrique a pris forme suite aux travaux collectifs des psychologues et économistes, sous l'égide de Slovic, Kahneman et Tversky entre autres (Tversky et Kahneman, 1974; Kahneman *et al.*, 1982; Slovic *et al.*, 1982; Slovic, 1986). Cette approche trouve son origine dans les travaux de Starr (1969) qui stipulent que les sociétés arrivent à équilibrer les risques et les bénéfices attendus associés à chacune des activités. En d'autres termes, chaque individu va utiliser des facteurs différents pour évaluer ce qui est acceptable pour lui. Starr conclut, sur la base de l'analyse de huit activités industrielles différentes, que :

- l'acceptabilité à un risque est proportionnel à 10^3 des bénéfices attendus ;
- le risque pris de façon volontaire est accepté 1000 fois plus que le risque involontaire (au même niveau de bénéfices attendus) ;
- le niveau d'acceptabilité est inversement proportionnel au nombre de personnes exposées au risque.

Ces trois observations montrent certaines carences explicatives sur : (i) l'entité qui identifie ce qui est bénéfique ou non et (ii) le fait que les individus font des choix rationnels. De plus, les préférences entre risques sont définies pour un instant précis (au moment de l'enquête) et intègrent des aspects (autres que financiers ou potentiellement dangereux pour l'homme) qui régissent la perception des risques et des bénéfices attendus. De plus, l'estimation des préférences ne concerne plus uniquement les risques technologiques, mais toutes les activités quotidiennes (Slovic, 1992).

L'idée principale est que le jugement pris en situation d'incertitude est basé sur des **heuristiques** déterminées à partir de méthodes empiriques utilisées pour expliquer les transformations des probabilités d'occurrence d'une situation par les individus (Gilovich et Griffin, 2002). Ces heuristiques sont :

- la **représentativité** qui se définit comme l'estimation du degré de correspondance entre un échantillon et une population, un acte et un acteur, *etc.* La représentativité va de paire avec la fréquence (qu'elle ne détermine en aucun cas) : les événements communs ou fréquents étant en général plus représentatifs que les événements exceptionnels. À terme, la représentativité peut être réductible à la similarité et la finalité de l'estimation des représentativités est d'obtenir un modèle (Tversky et Kahneman, 2002) ;
- la **disponibilité** est l'estimation de la fréquence ou de l'occurrence d'un événement ou d'une situation (Schwarz et Vaughn, 2002). La première expérimentation concernant l'heuristique de disponibilité a été menée par Tversky et Kahneman (1973). Elle consistait à demander aux enquêtés d'estimer le nombre de mots commençant par *r* et le nombre de mots ayant *r* en troisième position. Il ressort de cette expérience que la disponibilité a tendance à faire appel à notre mémoire immédiate, sur laquelle se base alors notre jugement ;
- **l'ancrage et l'ajustement** sont deux heuristiques qui sont associées. Elles représentent les processus par lesquels les individus estiment une situation de départ, un bien, un choix, *etc.* Cette première estimation (ancrage) sera ensuite ajustée par l'ajout d'éléments nouveaux permettant de réviser les jugements (Chapman et Johnson, 2002).

Cette approche par heuristiques s'oppose à l'approche classique de choix rationnel : dans cette dernière l'individu choisit son option en estimant les probabilités et l'utilité qu'il va retirer de son choix. Le but est alors d'avoir un optimum entre la probabilité et l'utilité. L'individu est considéré comme n'omettant aucune erreur dans le calcul de probabilités à la base de son jugement. Or, l'individu a une vision « subjective » des occurrences d'un événement qui déforme la réalité et induit différents degrés de perception entre individus. Dans l'approche par les heuristiques et biais, **la perception des risques** se définit comme une conséquence de la transformation des probabilités.

La perception du risque est une valeur quantifiable et prédictible : un certain nombre de facteurs permet de qualifier ces deux dimensions. L'utilisation d'un classement entre 30 risques a permis de définir les quatre grandes classes de facteurs utilisées pour définir les degrés de perception d'un risque (Slovic *et al.*, 1979; Fischhoff *et al.*, 2000). Les techniques psychométriques ainsi utilisées permettent d'identifier des similarités entre les groupes en fonction des perceptions et des attitudes : le paradigme psychométrique faisant appel à la cognition et non pas aux comportements (Slovic, 1992).

Les principales critiques de cette approche sont de trois ordres :

- les individus seraient incapables d'estimer des probabilités mais seraient capables de répondre à des questions difficiles sur leur préférences (Slovic, 1992) ;
- les données à la base de la théorie des heuristiques et biais sont toutes obtenues en laboratoire : elles sont décontextualisées. Les conditions de prise de décision sont posées au départ et induisent implicitement les règles à suivre dans le calcul de probabilité (Cutter, 1993) ;
- l'estimation de la fréquence est à la base des jugements : l'évolution des sociétés se fonde sur la manière dont l'individu la prend en compte dans ses choix. La probabilité n'est jamais prise en considération.

b. La Théorie Culturelle

Cette théorie est développée dans les années 70 par les ethnologues avec les premiers travaux de Mary Douglas et ses collègues (Douglas, 1967; Douglas et Wildavsky, 1982). Selon eux, les stimuli sociaux et les expériences sont des éléments interférant dans la perception des risques. L'approche par la Théorie Culturelle montre que les différences de perception entre les individus sont contrôlées par leurs différentes réactions face à un risque. Les objectifs principaux de la Théorie Culturelle sont de décrire les groupes sociaux, d'explorer la culture inter-sociale et de comparer des unités sociales présentes dans la société. La Théorie Culturelle se compose de deux notions intimement liées :

- le **biais culturel** qui postule que le risque se définit par son aspect « culturel ». Les perceptions que les individus ont des risques sont déterminées par des valeurs propres à leurs croyances et systèmes de valeurs. L'information n'est pas disponible tout le temps et elle est reçue de manière différente selon notre propre perception de la situation (nous n'utilisons pas tous les mêmes sources, nous n'avons pas les mêmes idées politiques, les mêmes conceptions, etc.). De ce fait, la perception est influencée par nos héritages culturels et le risque est alors culturellement déterminé ;
- la **différentiation** des perceptions selon la position sociale et les systèmes de valeurs des individus. Ces deux dimensions se retrouvent sous les termes de « **Grid and Group** ». Le « *Group* » renvoie à la façon dont un groupe se définit par rapport aux autres unités sociales et la dimension « *Grid* » est liée à la structure interne à chaque « *Group* ». En recoupant ses deux dimensions, Douglas obtient une détermination de quatre pôles culturels qui regroupent l'ensemble des comportements répertoriés dans une société. Ces unités sont stables et distinguent des valeurs sociales, des idéologies, des concepts relatifs à la nature et ses relations avec les mondes sociaux (Caulkins, 1999). Il s'agit de la hiérarchie, l'égalitarisme, l'individualisme et le fatalisme (figure 1.7). Les idéologies de chacun de ces pôles diffèrent quand les configurations *Grid/Group* sont modifiées. Par exemple, dans un pôle où la notion de *Group* est forte, les individus ont des interactions importantes mais dans des espaces sociaux aux limites clairement établies. *A contrario*, dans un contexte de *Group* faible, les individus interagissent dans un réseau social lâche.

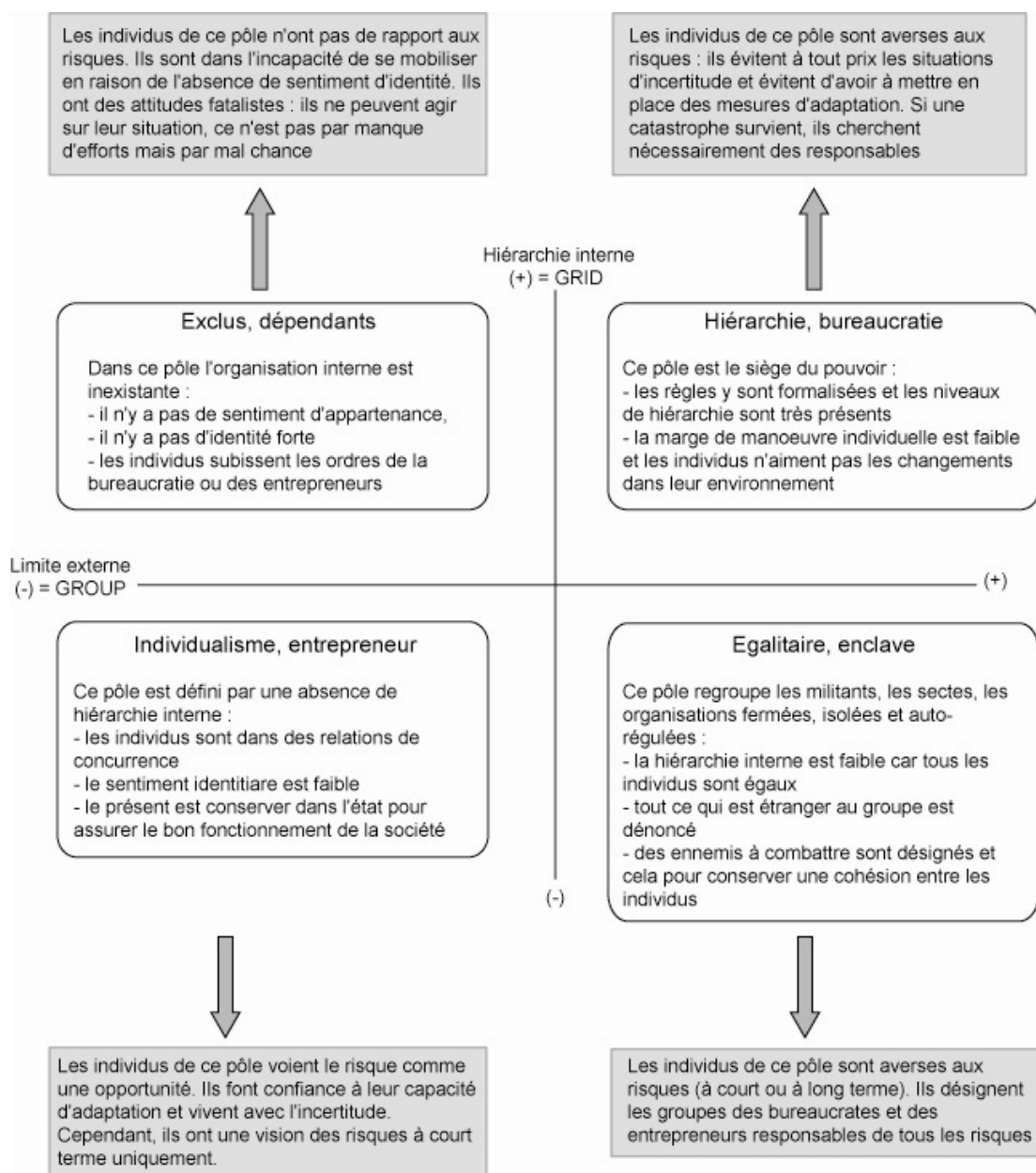


Figure 1.7 : Relations et définitions des quatre pôles culturels et les rapports au risque des individus de ces pôles (d'après Peretti-Watel, 2000)

Au début de la Théorie Culturelle, la notion de *Grid* résultait de contraintes extérieures aux individus. Dans une étude plus récente Caulkins (1999) ouvre cette théorie vers une possibilité plus « constructionniste » : les individus créeraient eux-mêmes les institutions qui vont contraindre leurs propres comportements et ceux des autres.

Bien que la dimension culturelle dans la perception des risques ne soit pas reconsidérée, Marris *et al.* (1998) rappellent que les critiques de la Théorie Culturelles sont nombreuses. Ils citent l'exemple de Boholm (1996) qui remet en cause la validité scientifique de l'existence du lien entre les quatre pôles culturels et le biais culturel. Selon cette auteure, il est difficile de mesurer rigoureusement les liens entre l'appartenance à un groupe social et la vision subjective d'un risque.

Le terme même de « culturel » est également remis en question, notamment pour son caractère trop vague et imprécis et de ce fait difficile à qualifier dans le cadre d'une étude (Rayner, 1992).

Sjöberg (2004) critique les pôles culturels en tant que tels. Selon lui, les variations au sein d'un même pôle sont trop nombreuses pour être modélisées en quatre groupes fixes. Il illustre son propos par l'ambiguïté relative au statut de l'individu interrogé et son positionnement dans les pôles culturels : est-ce l'individu ou le pôle auquel il appartient qui est interrogé ? La Théorie Culturelle implique que les biais culturels de ces individus soient modifiés alors que, concrètement, les systèmes de valeurs varient peu. D'ailleurs des comparaisons d'analyses statistiques entre des résultats d'enquête de perception montrent que seules 5% de la variance des données de perception des risques s'expliquent par le biais culturel (Drottz-Sjöberg, 1993).

Malgré ces critiques, la Théorie Culturelle met en avant le fait qu'il doit y avoir une solution forcément liée à l'environnement social permettant de répondre à un risque. Douglas et Wildavsky (1982) insistent sur le fait que chaque risque est unique et de ce fait, en fonction de la zone vulnérable, une approche globale (spatiale, économique, etc.) est nécessaire.

1.2.2. Les facteurs qui influencent la perception des risques

Dans la suite de ce travail, nous nous baserons principalement sur les facteurs psychométriques grâce auxquels une évaluation de la perception des risques des individus enquêtés est possible. Dans l'approche psychométrique, quatre catégories jugées sur des échelles de 0 à 10 sont évaluées (Tversky et Kahneman, 1974; Slovic, 1992; Sjöberg *et al.*, 2004) :

- le bénéfice apporté par l'activité ou la technologie pour la société ;
- la perception du risque induit par cette activité ou technologie ;
- l'acceptabilité du niveau de risque au moment de l'enquête ;
- neuf dimensions, notées séparément sur une échelle de 0 à 7, qui sont :
 1. le risque pris de façon volontaire ou subi. Selon leur caractère volontaire ou non, les risques sont perçus de façon plus ou moins forte (Slovic *et al.*, 2005; Slovic et Peters, 2006) ;
 2. les effets immédiats d'un risque ;
 3. la connaissance du risque par les populations. De nombreuses études ont montré que la connaissance du risque influait sur la perception que les individus pouvaient en avoir (Lazo *et al.*, 2000; Savadori *et al.*, 2004). Cette notion regroupe des concepts tels que (i) la « familiarité » du risque ou les expériences déjà vécues ; (ii) sa dangerosité ; (iii) la connaissance personnelle sur le risque ;
 4. la connaissance du risque par les scientifiques ;
 5. le caractère contrôlable ou réductible du risque. Trois facteurs sont intégrés à ce concept : (i) le caractère proprement réductible du risque ; (ii) le caractère prédictible du risque ; (iii) son caractère évitable ;
 6. le caractère récent ou nouveau du risque ;
 7. le caractère chronique ou permanent, c'est-à-dire la fréquence du risque ;
 8. le caractère menaçant. En détail : (i) les conséquences directes d'un événement en termes de victimes, de dommages ; (ii) la distribution spatiale des victimes ; (iii) l'étendue de la surface affectée ; (iv) le caractère immédiat des dommages ;
 9. le caractère catastrophique voire mortel.

Pour Cutter (1993) cinq autres facteurs expliquent les variations de perception des risques. Ils ne font pas partie du paradigme psychométrique mais nous les exposons ici car ils présideront à certaines analyses de nos résultats d'enquête (Chapitre 5). Ces facteurs sont :

- **l'expérience.** Une réelle « culture du risque » se développe là où le risque et la sensibilisation face à ce dernier s'intègrent pleinement dans la vie quotidienne. L'expérience intervient alors à plusieurs niveaux : la première expérience permet de **familiariser** les individus à un risque. Ces derniers, une fois informés, sont plus enclins à adopter des mesures parfois radicales, pour diminuer les impacts de ce risque. L'expérience permet une **meilleure préparation** dans l'anticipation des risques. Par exemple, Lindell et Perry (1990) montrent que la perception du risque nucléaire a fortement augmenté après la catastrophe de Tchernobyl (1986) et cela même pour des individus éloignés de la source du risque. *A contrario*, le manque d'expérience tend à **amplifier** la perception du risque, même si ce dernier est connu ou maîtrisé ;
- **les aspects culturels.** Afin d'identifier les facteurs de la perception des risques qui ressortent quel que soit le contexte culturel, des enquêtes entre sociétés différentes (*cross-cultural*) sont menées. Dans ce cas, les enquêtes sont basées sur les mêmes questionnaires et leurs analyses montrent que quatre facteurs se dégagent : l'expérience face au risque, la santé financière et matérielle des individus, la personnalité et le rôle de l'individu dans la société (Cutter, 1993; Slovic *et al.*, 2000) ;
- **les idéologies environnementales.** Cutter répartit les individus en 3 groupes : les écocentriques, (*ecocentrism*), les technocentristes (*technocentrism*) ou les écoféministes (*ecofeminism*). Pour chacun d'entre eux la sensibilité à l'environnement est différente et de ce fait, les perceptions des individus qui appartiennent à un de ces groupes sont également différentes. Les **écocentriques** ont une vision du monde en accord avec les lois de la Nature : l'Homme n'est qu'une petite partie de la planète et il doit respecter l'équilibre entre les éléments présents. Leur rejet du scientifique et du rationnel est la principale caractéristique qui influe sur leur perception des risques. Les **technocentriques** sont dans le domaine de la rationalité, de la science et de la gestion. La Nature est utilisée pour augmenter le bien-être de la société et la technologie sert à conquérir cette nature. Leurs perceptions sont influencées par leur vision très anthropocentrique du monde et une forte dualité entre la société et la nature. Et enfin, les **écoféministes**. Cutter (1993) observe qu'à des postes décisionnaires similaires les femmes n'ont pas la même vision des risques que les hommes : alors que les hommes vont essayer de gommer au maximum leur sensibilité écocentrique, les femmes vont davantage composer avec leurs connaissances scientifiques et leurs émotions ;
- **les caractéristiques socioprofessionnelles.** Il s'agit de la nationalité, du genre ou du statut socio-économique qui expliqueraient les variations des niveaux de perception. Néanmoins, peu de recherches montrent clairement le lien entre le genre, la race, la religion, *etc.* et la perception des risques. Cette relation existe mais il est très difficile de jauger les variations dues aux spécificités intrinsèques de l'individu et celle issues du contexte environnemental dans lequel il vit ;
- la **distance** métrique au risque. Ce facteur peut être utilisé comme base à l'heuristique d'ancrage utilisé dans l'approche psychométrique. La distance au risque permet de juger l'aléa et la vulnérabilité, de personnaliser le risque et de trouver des stimuli qui augmenteraient la capacité de résilience des individus (*coping strategies*).

Par le biais de la détermination des facteurs pris en compte dans la **perception des risques**, nous constatons que cette notion n'est pas étrangère en **économie**. En effet, les travaux relatifs à l'approche psychométrique ont été utilisés en psychologie et en économie afin de déterminer des modélisations des comportements des individus dans des situations d'incertitude. De ce fait, la quantification de la perception des risques devient nécessaire dans les formalisations de modèles liés à des prises de décision dans des conditions de choix risqué.

1.3. Les apports de l'économie dans la compréhension de la perception des risques

En économie, le risque concerne une situation dans laquelle tous les événements potentiels sont connus et chacun a une probabilité objective d'occurrence. Lorsque des informations concernant les probabilités d'occurrence manquent, l'individu (ou « agent ») se place en situation de prise de décision en condition d'incertitude.

Dans cette situation d'incertitude, les informations sont plus ou moins complètes et disponibles au même moment pour l'agent. Les choix et prises de décision se révèlent alors complexes et se pose la question suivante : **comment un agent rationnel intègre-t-il les nouvelles informations dans son processus d'évaluation ?** En économie, un agent est considéré comme rationnel lorsqu'il agit de façon cohérente par rapport à l'information détenue et lorsque ses décisions sont prises dans le but d'optimiser sa satisfaction ou son profit. De ce fait, un agent rationnel doit être capable de réviser ses choix en fonction de l'information reçue.

Le problème des risques a été largement développé par les économistes, notamment dans le domaine de l'économie de l'assurance (Ewald, 1986). Le risque est introduit sous la forme d'une loterie pour laquelle l'agent calcule une valeur espérée dépendante de ses préférences qui lui permettra de faire un choix. Les risques subis et choisis sont différenciés et la construction de modèles de comportements permet de comprendre pourquoi et comment l'agent **transforme les probabilités réelles** dans ces prises de décisions, le gain moyen obtenu n'étant pas un critère primordial de choix.

L'influence de la perception des risques sur les comportements des agents fait alors appel à des connaissances théoriques basées sur des recherches menées en premier lieu par des économistes (Bernoulli, Von Neuman et Morgenstern, Savage, entre autres) puis complétées par des travaux de psychologues (Kahneman, 2003; Kahneman et Sugden, 2005) certains concepts se situant à la croisée de ces deux disciplines. Nous proposons dans un premier temps de présenter l'apparition de la prise en compte des probabilités dans les prises de décision en économie. Cela nous amènera, tout naturellement, à une présentation des principaux modèles utilisés en économie comportementale⁴, avant de conclure sur les apports d'une approche économique dans un questionnement sociogéographique relatif à l'analyse des perceptions d'un risque naturel.

1.3.1. Risque et rationalité : les premières avancées

L'apparition des calculs de probabilités date de 1654 et est due au philosophe Blaise Pascal sur la demande du Chevalier Méré, joueur invétéré qui ne cessait de le questionner sur les jeux de dé. Avec l'aide du mathématicien Fermat, Pascal a réussi à formuler des calculs probabilistes qui évitèrent la ruine au Chevalier Méré. Par l'apparition des premiers calculs probabilistes, nous sommes déjà dans un contexte de jeu et de loterie.

⁴ L'économie comportementale est un champ des Sciences économiques. L'un des principaux objectifs est de décrire et d'expliquer pourquoi, dans certaines situations, les êtres humains adoptent un comportement qui peut sembler non rationnel. Ce courant de recherche s'appuie beaucoup sur l'expérimentation en laboratoire (économie expérimentale).

a. Le paradoxe de St Pétersbourg

Le Paradoxe de St Pétersbourg est déterminé dans un tel contexte (jeu de « pile ou face »). Il est formalisé par Nicolas Bernoulli au 17^{ème} siècle. Les règles de ce jeu sont les suivantes : on lance une pièce de façon répétée jusqu'à obtenir le côté face. Si face apparaît au n^{ième} lancer, le joueur gagne 2ⁿ sous. Les constructions de modèles basés sur la compréhension théorique des comportements des agents débutent d'ailleurs avec la formulation de cette théorie, qui démontre que les individus ne considèrent pas la moyenne des gains lorsqu'ils doivent participer à un jeu, mais une transformation des gains. Cette théorie essaye de ce fait de répondre à la question : « Combien êtes-vous prêt à payer pour prendre le risque de gagner ? ».

Mathématiquement, le gain moyen espéré à ce jeu se calcule à partir de l'**espérance de gains** (notée $E(G)$), qui correspond à la somme des gains possibles pondérés par la probabilité de son occurrence. Il est important de noter que les lancers sont indépendants les uns des autres, donc la probabilité d'obtenir face au i^{ème} lancer est de $(1/2)^i$. Concrètement, le tableau 1.1 résume une partie de jeu à trois tours et le gain espéré total. Comme le jeu peut durer aussi longtemps que face ne sort pas (et tendre vers l'infini), l'espérance de gain vaut une somme infinie [Eq. 1.3].

$$E(G) = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{2^i} \times 2^i = + \infty \quad \text{Eq [1.3]}$$

Tableau 1.1 : Parties de « pile ou face » en trois tours et gains espérés

	Pile	Face	Gains
1er tour	1/2	1/2	2 €
2ème tour	1/4	1/4	4 €
3ème tour	1/8	1/8	8 €

L'espérance de gain est infinie : un individu rationnel devrait donc être prêt à payer n'importe quelle somme pour pouvoir jouer, puisque le gain espéré est toujours supérieur à celui investi. Le paradoxe se situe à ce point précis : en effet, alors que mathématiquement, l'agent obtiendra des gains supérieurs à ceux misés, il n'est pas prêt à parier de grosses sommes, la moyenne des gains n'étant pas un bon critère de choix (Peretti-Watel, 2000).

En 1738, Daniel Bernoulli montre que la transformation des gains monétaires en satisfaction (et bien-être) opérée par les individus se fait à l'aide d'une fonction concave qui reflète les comportements des agents dans des situations de risques et leur traduction mathématique. En effet, la courbe de satisfaction attendue croît moins vite que celle de l'espérance de gain monétaire. Bernoulli propose de ce fait de prendre une **fonction logarithmique** pour formaliser ces transformations : il postule que l'agent ne se contente pas de calculer son espérance mathématique de gains mais il la **transforme** en fonction de son **aversion** plus ou moins forte pour le **risque**. Dans ce cas précis, c'est-à-dire avec une fonction logarithmique, l'agent sera toujours riscophobe (averse au risque) mais à des degrés plus ou moins forts. La valeur (V) qu'il donnera au jeu s'écrit alors [Eq. 1.4] :

$$V(J) = \sum_{i=1}^{\infty} \left(\frac{1}{2^i} \right) \times \ln(2^i) \quad \text{[Eq. 1.4]}$$

$$= \sum_{i=1}^{\infty} \left(\frac{1}{2^i} \right) \times i \times \ln(2) = \ln(4)$$

Le paradoxe de St Pétersbourg sera la pierre d'achoppement de la **théorie de la décision en situation risquée** : un agent actif et conscient des enjeux doit prendre une décision (continuer à parier ou s'arrêter) dans le cadre d'un modèle probabiliste en univers risqué (dans le cas du jeu de « pile ou face », l'agent connaît les probabilités d'occurrence). Von Neuman et Morgenstern (1947) vont plus tard axiomatiser l'approche de Bernoulli et généraliser l'utilisation de la fonction logarithmique à l'utilisation de fonctions d'utilité ayant certaines propriétés spécifiques.

b. *Introduction à l'axiomatique de Von Neuman-Morgenstern (VNM)*

Pour Knight (1921) le terme de risque doit être préféré à celui d'incertitude lorsque les agents sont capables **d'affecter des probabilités** à l'occurrence d'événements futurs. D'ailleurs pour cet auteur, le risque se traduit par une connaissance parfaite ou par une capacité d'évaluation des probabilités à assigner à chaque conséquence (Treich, 1997).

A partir de cette théorie et des travaux de Bernoulli, Von Neuman et Morgenstern (1947) définissent le modèle principal de la maximisation de l'**Utilité Espérée**, qui prend en compte les probabilités **objectives**. La formalisation de l'Utilité Espérée suit une démarche normative, reposant sur la description d'un comportement d'un **agent parfaitement rationnel** en matière de prise de décision. L'axiomatique de VNM donne des propriétés à une fonction générale d'utilité qui représente la valeur (l'utilité espérée ou attendue) qu'un agent donne à une certaine situation ou à un certain gain. Les axiomes portant sur les préférences sont :

- axiome 1 : de **complétude**, qui postule que l'agent est toujours capable de se décider, l'indifférence face à un choix étant également considéré comme un choix ou une certitude ;
- axiome 2 : **d'indépendance**, qui stipule que si un agent préfère a à b (noté \succ dans un choix de loterie L simple entre ces deux seuls éléments), en condition de « mixage probabiliste » avec une nouvelle loterie c , il préférera toujours le mixage de a avec c à celui de b avec c . Il y a donc une continuité dans les préférences observées, malgré l'ajout d'une troisième loterie à un jeu déjà défini ;

$$L^a \succ L^b \Leftrightarrow \alpha L^a + (1-\alpha)L^c \succ \alpha L^b + (1-\alpha)L^c, \quad \forall \alpha \in [0,1] \\ \forall a, b \text{ et } c$$

- axiome 3 : de **transitivité**, qui montre que si l'agent préfère a à b et b à c , alors il préférera toujours a à c ;
- axiome 4 : de **continuité**. Pour tout triplet de loteries L , si les préférences sont les suivantes : $L^a \succ L^b \succ L^c$ il existe un scalaire $\alpha \in [0, 1]$ tel que $L^b \approx \alpha L^a + (1-\alpha)L^c$ (où \approx traduit une indifférence).

Le théorème déduit de cette axiomatisation postule que si la relation de préférence satisfait les axiomes de transitivité et d'indépendance alors la relation de préférence peut être représentée par une fonction linéaire dans les probabilités telle que : $V(L) = \sum p_i : u(x_i)$. Cette fonction traduit la transformation des gains en satisfaction (ou bien-être). L'agent peut être :

- riscophobe (*risk averse*). L'agent retire une satisfaction au gain égale ou supérieure à celle d'avoir participé à une loterie. De manière générale, cet agent va chercher à éviter les risques ;
- neutre au risque (*risk neutral*). L'agent ne tient pas compte des risques encourus lors de sa prise de décision. Il est indifférent entre participer à une loterie ou recevoir la moyenne des gains ;

- riscophile (*risk lover*). Contrairement au riscophobe, ici l'agent aime le risque : il retire une satisfaction supérieure ou égale à la participation à la loterie par rapport à la moyenne des gains obtenus.

Cependant, Cohen (2008) rappelle que le modèle d'Utilité Espérée est largement critiqué du point de vue expérimental, essentiellement pour son manque de pouvoir explicatif. La même fonction caractérise à la fois deux fonctions différentes : celle de l'attitude de l'agent face au risque et celle de son système de valorisation des risques (ces derniers étant pris en pleine connaissance de cause). En effet, lorsque l'utilité baisse, l'individu est considéré comme riscophobe (son attitude est définie). Pourtant, selon la fonction établie, sa courbe de bien-être augmente jusqu'à atteindre un point de saturation. D'un côté son attitude baisse mais d'un autre sa richesse augmente : les deux éléments ne peuvent être pris en compte par la même fonction.

Par ailleurs, les comportements face au même risque peuvent être différents en fonction de l'agent : la probabilité d'un même événement peut être perçue différemment, en fonction de paramètres subjectifs tels que la psychologie de l'agent au moment de la prise de décision, les informations dont il dispose, etc. Ces pondérations ne peuvent pas être prises en compte dans le modèle de l'Utilité Espérée, où les distributions des probabilités sont toujours les mêmes pour un même risque, puisqu'il s'agit des probabilités objectives. Ce modèle pêche par son manque de prise en compte des perceptions des agents qui peuvent avoir un rôle important dans la transformation des probabilités (Tversky et Kahneman, 2002; Cohen *et al.*, 2008).

En effet, de nombreuses décisions dans la vie courante sont prises dans des conditions d'incertitude, sans avoir toutes les informations à disposition et sans en connaître toutes leurs conséquences. Dans ces cas de figure, les agents utilisent des **probabilités transformées** pour évaluer les risques et prendre leurs décisions.

Dans d'autres cas, l'agent est dans un monde indéterminé : il ne dispose d'aucunes probabilités objectives. Il doit lui-même mettre en place ces propres probabilités. Savage (1972) démontre que ces probabilités « subjectives » atteignent parfois des niveaux de cohérence proche des probabilités objectives. Il est alors nécessaire de comprendre les **croiances** inhérentes à chaque agent pour pouvoir comprendre de quelle façon il détermine ses probabilités.

1.3.2. Les études expérimentales de la perception du risque et ses « paradoxes »

a. Les paradoxes d'Allais et Ellsberg

Le paradoxe d'Allais (1953) s'oppose aux néo-bernoulliens notamment sur l'attrait normatif des axiomes de la théorie de l'Utilité Espérée (Abdellaoui, 1995). Ce paradoxe a permis de poser le modèle de référence dans la modélisation des comportements individuels face au risque ou incertitude. Il est issu d'une expérimentation relative à l'axiome **d'indépendance**. Rappelons que cet axiome implique que si nous mélangeons deux loteries à une troisième, les préférences de l'agent ne seront pas perturbées par la nature de la troisième loterie (Tallon et Vergnaud, 2002; Broihane *et al.*, 2004). Soit, dans un jeu de loterie L , si a est préféré à b et si c est introduit, alors l'agent préférera une combinaison des loteries a et c , plutôt qu'à une combinaison des loteries b et c . Les préférences ne seront pas modifiées et l'axiome relève que la loterie C ne deviendra en aucun cas la préférence de l'individu.

Pourtant, l'expérience tend à montrer que les préférences des agents ne suivent pas cet axiome. Prenons l'exemple suivant, inspiré de Broihane *et al.* (2004). Il est demandé aux individus interrogés, dans un premier temps, de choisir entre les deux loteries A et B (entre [...] sont détaillées les sommes en jeu et (...) les probabilités). Soit, par exemple, pour la loterie A : avoir 100% de chances de gagner 10 000 €.

A : [10 000 € (100%)]

B : [15 000 € (89%) ; 10 000 € (10%) ; 0 € (1%)]

En règle générale, une majorité d'individus préfère la loterie A, qui procure un gain certain. Dans un second temps, il leur est demandé de choisir entre les loteries C et D suivantes :

C : [10 000 € (11%) ; 0 € (89%)]

D : [15 000 € (10%) ; 0 € (90%)]

En règle générale, une majorité des individus préfère la loterie D, où la probabilité de perdre est légèrement plus forte, mais qui procure, en cas de gain, une somme bien plus importante. Broihanne *et al.* (2004) rappellent que malgré la différence de 1% sur l'état favorable, l'agent préférera le choix pour le gain le plus élevé. Selon l'**axiome d'indépendance**, si A est préféré à B, alors C devrait être préféré à D, ce qui n'est pas le cas en pratique.

Le paradoxe d'Ellsberg décrit en 1961 remet également en cause la violation de l'axiome d'indépendance défini dans le cadre de l'Utilité Espérée. La différence ici est qu'Ellsberg utilise un autre type d'expérience, mais les conclusions restent similaires. Cette expérience est la suivante :

Dans une urne, on place 90 boules, dont 30 sont rouges. Les boules restantes sont jaunes ou noires, leur distribution est inconnue. Les jeux sont les suivants :

- Pari A : Une boule rouge gagne 10 €, les boules jaunes et noires étant perdantes.
- Pari B : Une boule jaune gagne, les boules rouges et noires étant perdantes.

La majorité des agents fait le choix de A. Dans un second tour les paris sont modifiés de sorte que **dans les deux cas**, les boules noires sont gagnantes :

- Pari C : Une boule rouge **ou** noire gagne, les boules jaunes étant perdantes.
- Pari D : Une boule jaune **ou** noire gagne, les boules rouges étant perdantes.

Dans ce cas, la plupart des agents fait le choix du pari D. Cela semble en contradiction avec la décision précédente de prendre le pari A : la boule noire est gagnante aussi bien dans les paris C que D, ce qui ne devrait faire aucune différence en soi d'après l'axiome d'indépendance. Ellsberg explique ce résultat par le choix entre le risque et l'incertitude : les agents soumis au test supposent d'une manière prudente, que les distributions de boules jaunes et noires pourraient se révéler à leur désavantage et choisissent les deux fois le risque connu (1/3 dans le premier passage, 2/3 dans le deuxième). Outre une invalidation de l'axiome d'indépendance, cette expérience met en avant l'aversion des agents pour l'ambiguïté : les agents préféreront toujours les choix pour lesquels les probabilités sont connues. En d'autres termes, les agents sous l'influence de l'ambiguïté auront toujours une préférence pour les situations où les probabilités sont connues d'avance ce qui s'explique par un besoin de connaissances et de compétences utiles aux choix.

Les cadres théoriques exposés nous permettent désormais de présenter comment des modèles économiques ont pu mettre en application cette prise en compte des transformations de probabilités dans le **risque**. Nous détaillerons les modèles principalement utilisés dans les contextes de risques : RDEU (*Rank Dependent Expected Utility* - Utilité Espérée Dépendante du Rang) et le modèle plus récent de la Théorie des Perspectives (*Prospect Theory*).

b. Le modèle RDEU (*Rank Dependent Expected Utility*)

Ce modèle est dû à Quiggin (1982) et est connu à son origine sous le nom de théorie de l'utilité anticipée. Il se base sur la théorie de l'Utilité Espérée dans laquelle sont introduites une fonction de transformation des probabilités et des pondérations dépendantes du rang. Le modèle RDEU sera par la suite à la base d'autres modèles, encore plus précis dans la prise en considération

de facteurs propres aux agents intervenant dans les prises de décision (*Cumulative Prospect Theory* de Kahneman et Tversky - § 1.3.2.c).

Entrons dans le détail de la formulation de ce modèle : il permet de représenter une fonction d'utilité croissante (la somme des poids étant égale à 1). Dans l'Utilité Espérée le poids w de chaque probabilité est égale à la probabilité i , soit : $w(p_i) = p_i$. Or, cette égalité introduit une impossibilité de transformation des probabilités. De ce fait, Quiggin propose un modèle offrant la possibilité d'utiliser des poids dans le processus de prise de décision. RDEU permet d'introduire la non-linéarité par rapport aux probabilités en remplaçant les probabilités par des poids relatifs au rang. De ce fait pour une fonction d'utilité (u) pour chaque loterie $(x_1; p_1; \dots; x_n; p_n)$, le poids w attribué à chaque événement i se reporte sur la probabilité ($w(p_i)$) [Eq. 1.5].

$$\sum_{i=1}^n u(x_i) w(p_i) \quad [\text{Eq. 1.5}]$$

L'agent est caractérisé par deux fonctions : u et φ , où u correspond à la fonction d'utilité en cas de certitude et φ est la fonction du poids accordé à une probabilité. Concrètement, un agent préférera X à Y si et seulement si : $V(X) \geq V(Y)$ ici la fonction de V est donnée par [Eq. 1.6] :

$$V(X) = u(x_1) + \dots + \varphi \left(\sum_{j=i+1}^{j=n} P_j \right) [u(x_{i+1}) - u(x_i)] + \dots + \varphi(p_n) [u(x_n) - u(x_{n-1})] \quad [\text{Eq. 1.6}]$$

La dépendance au rang se manifeste par une attention portée aux résultats d'une loterie. Pour illustrer nos propos, nous utilisons l'exemple développé par Diecidue et Wakker (2001) repris dans Broihanne *et al.* (2004). L'attention accordée au résultat dépend de la **probabilité** de ce résultat et de son **attrait** par rapport aux autres résultats de la loterie. En nous basant sur le tableau 1.2, si un agent **pessimiste** évalue la loterie A, il accordera plus d'un tiers (colonne « Poids ») de son attention au résultat 10, car il s'agit du résultat le plus faible. Le même agent peut évaluer la loterie B, en accordant cette fois moins d'attention au résultat 10, qui n'est plus le plus faible. Le rang capte toute l'attention de l'agent et détermine la fonction de transformation puisque deux résultats de montants identiques peuvent avoir des poids différents.

Tableau 1.2 : Exemple de loteries et poids associés

Loterie A			Loterie B		
Gains	Probabilités	POIDS	Gains	Probabilités	POIDS
10	1/3	1/2	30	1/3	1/6
20	1/3	1/3	0	1/3	1/2
30	1/3	1/6	10	1/3	1/3

Cohen (2008) rappelle que le modèle RDEU est construit de façon à pouvoir prendre en compte le lien entre probabilités perçues et conséquences. L'intensité de la variation entre les probabilités données et les probabilités subjectives est prise en compte par le poids (fonction φ). L'environnement général de l'agent est également pris en compte par l'introduction d'un paramètre représentatif du contexte social, culturel, *etc.* De ce fait, l'introduction d'une variable représentative des préférences de l'agent (nouveau par rapport à l'Utilité Espérée) entraînera une modification des fonctions à la faveur ou non de conséquences attendues. Ici, l'agent peut être : (i) **pessimiste** en condition de risque. Il va toujours sous-évaluer la probabilité d'une issue favorable et surestimer la

probabilité d'une issue défavorable ; ou (ii) **optimiste** en condition de risque, c'est-à-dire qu'il va toujours surévaluer la probabilité d'une issue favorable et sous-estimer la probabilité d'une issue défavorable.

Les facteurs uniquement liés à l'agent vont être étudiés plus en détail, notamment par le fait que les pondérations ne seront plus seulement associées au domaine des conséquences positives (les gains, ce qui est le cas pour le modèle RDEU) mais aussi dans le négatif (les pertes). La **Prospect Theory** puis la **Cumulative Prospect Theory** de Kahneman et Tversky améliorent les modèles préexistants en y intégrant des situations de pertes ou de gains dans les choix de décision en incertitude.

c. *La Théorie des Perspectives : attitude face aux risques et révision des croyances*

Tversky et Kahneman (1979) ont proposé une théorie permettant de prendre en compte les comportements et les biais psychologiques qui affectent les agents quand ils doivent prendre des décisions en situation de choix risqué. Abdellaoui (1995) rappelle que ce modèle a été créé sur trois observations expérimentales. La première consiste en la violation de **l'axiome d'indépendance** (comme dans le paradoxe d'Allais – dénommé ici effet de certitude) ; la seconde observation montre que les agents ont tendance à renverser leurs préférences lorsque les gains sont transformés en pertes et inversement (effet de symétrie) et la troisième observation montre que les agents divisent les modalités de choix qui leur sont présentées (**l'effet d'isolement**).

Plusieurs expériences sont à la base des conclusions tirées par Tversky et Kahneman. Nous exposerons celles qui nous paraissent les plus explicites dans la compréhension de leur théorie. Ces exemples sont issus de leur papier fondateur : « *Prospect Theory: An analysis of decision under risk: A conceptual framework* » datant de 1979.

L'effet de certitude est basé sur les conclusions relatives à la violation de l'axiome d'indépendance du paradoxe d'Allais. Dans les expériences de Tversky et Kahneman, les choix ont été faits entre les loteries A et B dans un premier temps, selon les modalités suivantes (entre [] les gains proposés et () les pourcentages de chances d'obtenir ces gains) :

Loterie A : [2 500 € (33%); 2 400 € (66%) ; 0 € (1%)]	choisie par 18% de l'échantillon
Loterie B : [2 400 € (100%)]	choisie par 82% de l'échantillon

Le second choix s'est porté entre C et D :

Loterie C : [2 500 € (33%) ; 0 € (67%)]	choisie par 83% de l'échantillon
Loterie D : [2 400 € (34%) ; 0 € (66%)]	choisie par 17% de l'échantillon

Préférer C à D implique :

$$0,33u(2500) > 0,34u(2400)$$

Or, dans le premier choix, nous notons :

$$u(2400) > 0,33u(2500) + 0,66u(2400) \Leftrightarrow 0,33u(2500) < 0,34u(2400)$$

Ces deux inégalités sont contradictoires. Dans le premier choix de loterie, la probabilité de ne rien gagner (faible) existe : les agents choisissent la loterie B qui représente une certitude. En revanche, dans le second choix de loterie, la différence de 0,01 n'est pas perçue comme suffisamment importante pour ne pas prendre la loterie C. Nous remarquons par cet exemple que les agents ne traitent pas les probabilités de manière linéaire.

En introduisant des pertes dans les choix possibles, Tversky et Kahneman ont montré que les attitudes sont différentes face au risque selon le type de conséquences considérées : l'aversion au risque prévaut dans les gains alors que le fait de prendre des risques se traduit plutôt dans les pertes (**effet de symétrie** – tableau 1.3).

Tableau 1.3 : Choix pour des gains ou des pertes (probabilités égales)

	Positif			Négatif	
Loterie A	4000 (.80) < (3000)		Loterie A'	(-4000, .80) > (-3000).	
% de choix (N=95)	20%	80%	% de choix (N=95)	92%	8%
Loterie B	(4000, .20) > (3000, .25).		Loterie B'	(-4000, .20) < (-3000, .25)	
% de choix (N=95)	65%	35%	% de choix (N=95)	42%	58%
Loterie C	(3000, .90) > (6000, .45).		Loterie C'	(-3000, .90) < (-6000, .45)	
% de choix (N=66)	86%	14%	% de choix (N=66)	8%	92%
Loterie D	(3000, .002) < (6000, .001)		Loterie D'	(-3000, .002) > (-6000, .001)	
% de choix (N=66)	27%	83%	% de choix (N=66)	70%	30%

L'effet d'isolement se traduit par le fait que l'agent prend des décisions en simplifiant les alternatives. Cette simplification amène à des incohérences dans les choix par rapport à l'axiomatique de VNM, puisque l'agent ne se concentre que sur les probabilités qu'il décompose. Par exemple, une loterie de type : loterie A : [4 000 € (75%) ; 3 000 € (25%)] sera décomposée en des choix du type : loterie A' : [4 000 € (80%) ; 3 000 € (20%)]

Ils postulent qu'un désavantage a au moins autant d'impact que l'avantage qui lui correspond et que ce même désavantage croît proportionnellement plus rapidement. Contrairement à l'Utilité Espérée ou au modèle RDEU, les pondérations appliquées aux probabilités sont différentes en conditions de pertes et en conditions de gains. Ainsi, les perceptions des risques des individus ne sont pas linéaires dans les probabilités objectives : les pertes ou gains pour un événement donné ne sont pas proportionnelles à l'intensité de cet événement (Kahneman *et al.*, 1982). Les probabilités subjectives viennent alors pondérer les perceptions influençant directement les prises de décision. Il est alors essentiel de prendre en compte toutes les réactions que peuvent avoir les agents. Par exemple, une réaction à de nouvelles informations (d'ordre économiques, financières, liées à l'expérience - Cohen *et al.*, 2008), peut avoir pour conséquence la modification des probabilités d'occurrence affectées à des événements futurs. En effet, si tous les investisseurs sont parfaitement rationnels, seules les informations non-anticipées peuvent modifier leurs probabilités et finalement conduire à une modification des comportements. Ainsi, il n'y a pas de symétrie dans la fonction obtenue, comme le montre la courbe théorique de la figure 1.8. La fonction v (de la valeur associée à un résultat) sera concave dans les gains et convexe dans les pertes. La fonction w est appelée « fonction de probabilité » et exprime le poids conféré par les individus aux faibles probabilités (elle sous représente souvent les moyennes et fortes probabilités). La fonction V (de la courbe) est donnée par l'équation suivante [Eq. 1.8] :

$$V(x_1, p_1; \dots; x_n, p_n) = \sum_{i=1}^n w(p_i) v(x_i) \quad [\text{Eq. 1.8}]$$

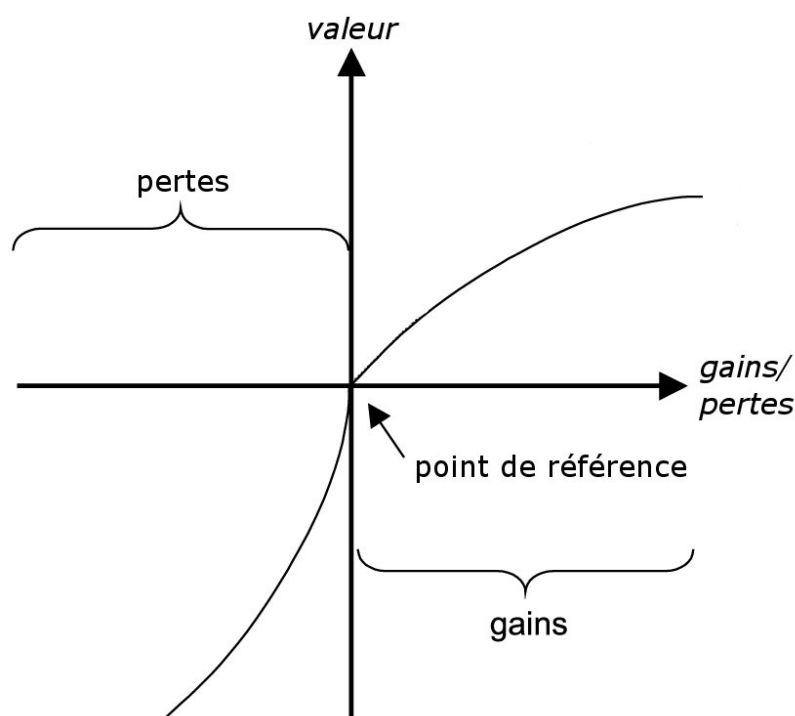


Figure 1.8 : Courbe de la Cumulative Prospect Theory (Tversky et Kahneman, 1992)

Dans ce modèle, Tversky et Kahneman (1992) définissent les cinq axiomes qui sont à la base de la fonction obtenue. Ces axiomes sont : (i) la préférence ou comparabilité, (ii) la transitivité, (iii) la non saturation, (iv) la continuité et (v) l'indépendance intervenant dans les processus de prise de décision. Nous ne détaillerons pas les spécificités de chacun de ces axiomes (certains reprennent les définitions de l'Utilité Espérée et les autres seront précisés dans le Chapitre 6, § 6.3.).

Quelles sont les applications de ce modèle pour les risques naturels ? Plattner (2005) puis Plattner *et al.* (2006) proposent une intégration d'indices de perception dans la *Prospect Theory*. Les auteurs rappellent que l'estimation des probabilités diffère selon les pertes ou les gains (forme de la courbe sur la figure 1.8). Ils ajoutent qu'avec l'extension et la fréquence des dommages « réels » des risques, les individus perçoivent de plus en plus négativement les dégâts (concavité dans la fonction). Pour réduire cette aversion aux pertes, la mise en place de mesures de protection ou de prévention devient primordiale. En intégrant des données de perception de l'ensemble d'une population dans le modèle, une tendance collective des comportements face à un risque peut être dégagée. Ce résultat est important dans le sens où la connaissance de l'aversion à un risque permet d'améliorer les politiques de gestion des risques en les adaptant aux besoins ou attitudes des populations (Chapitre 6, § 6.3.).

Si nous essayons d'appliquer cela à notre objet : pour la population, les facteurs qui réduisent le risque de coulées boueuses (les modifications des pratiques culturelles, la mise en place d'ouvrages techniques, *etc.*) induisent un **jugement négatif** occasionné par la perte d'une certaine « qualité » de vie (esthétique perçue pour ces pratiques culturelles, pour les installations techniques dans les parcelles agricoles). Ce jugement sera plus fort que le **jugement positif** généré par le gain de ces mêmes actions. Cela signifie que les individus effectuent leur choix de manière à minimiser leurs pertes plutôt que de maximiser leurs gains. Cette fonction prend donc en compte « l'aversion aux pertes » ou *loss aversion*.

1.3.3. En quoi cette approche économique est-elle intéressante pour une application en géographie ?

Tout comme en géographie, deux approches existent en économie : l'approche positive ou normative. L'approche positive repose sur l'idée que l'économie est une science empirique, les hypothèses énoncées ont avant tout un caractère prédictif et elles doivent pouvoir être confirmées ou non par les résultats et par des tests statistiques. L'approche normative fournit des prescriptions ou recommandations fondées sur des jugements de valeur personnels. Cette approche, dont le point de départ est une observation et une description des pratiques, permet de s'interroger sur les valeurs que les individus associent à une décision économique. De ce fait, elle permet d'allier les données issues d'enquêtes de terrain à des modèles théoriques utilisés en économie.

Quelques géographes ont étudié les **valeurs et jugements personnels** accordés à un paysage : Dissart (2007) par exemple, parle des aménités, qui correspondent à tous les éléments susceptibles d'améliorer ou non la perception que les individus peuvent avoir de leur environnement. Il met ainsi en avant les préférences paysagères et arrive à travailler sur le passage du paysage visible à son utilisation, tout en mettant en avant les distances sociales, psychologiques, *etc.* qui vont transformer les représentations réelles (forcément « subjectives ») en représentations cognitives.

En calquant ce type d'approche à un environnement soumis au risque, nous avons pu constater, au fil des sous-sections précédentes, qu'à l'image des paysages, les risques sont perçus et évalués différemment par les individus. Cette perception est sans cesse modifiée car elle se place dans une dynamique à la fois spatiale et temporelle : les éléments constitutifs du risque (l'aléa, la vulnérabilité) étant dans des dynamiques constantes. Le risque est multidimensionnel et la volonté d'actions collectives pour l'enrayer au maximum (ou tout du moins le rendre le plus marginal possible) se reflète dans les attitudes quotidiennes des individus, leurs comportements de protection, des niveaux d'information le concernant, la mémoire qu'ils peuvent en garder, *etc.* (Glatron et Beck, 2008). Ces perceptions ne s'arrêtent pas à des considérations individuelles : des travaux en économie ont pu montrer l'importance de la prise en compte des approches collectives dans les politiques environnementales (Etner *et al.*, 2007) : les décideurs devant composer avec la perception des risques de la population afin de mettre en place les mesures acceptées par l'ensemble de la collectivité.

En économie, la prise en compte des perceptions face à des situations d'incertitude passe par les modélisations de prise de décision dans de telles conditions. À l'origine, souvent associées aux jeux de loterie, les études relatives aux transformations des probabilités ont été appliquées à des contextes différents, notamment financiers ou assuranciers. Psychologues et économistes ont ensuite travaillé de concert pour théoriser ces transformations en les appliquant à des risques courants. Il s'agissait alors d'identifier les facteurs psychosociologiques à prendre en compte dans la compréhension des transformations de probabilités (Slovic, 1986; Kahneman, 2003; Kahneman et Sugden, 2005). Ces travaux ont été appliqués à des risques majeurs et notamment au risque nucléaire (Kunreuther *et al.*, 1988; Lindell et Perry, 1990; Mileti et Peek, 2000; Slovic *et al.*, 2000; Purvis-Roberts *et al.*, 2007) afin de mettre en perspective les attentes des populations vis-à-vis de politiques environnementales.

Nous sommes ici dans la pleine complémentarité entre approche géographique et économique. Les apports des théories économiques sur les comportements face aux risques permettent aux géographes d'identifier les principaux éléments à prendre en compte dans la mise en place de politiques de réduction de la vulnérabilité. Nous avons directement utilisé des interprétations de résultats issus d'études en économie comportementale pour étayer des conclusions obtenues dans le cadre de nos enquêtes. En effet, des analyses sur les questions de légitimité et de confiance auprès des acteurs institutionnels ont fait l'objet d'études approfondies en économie. En témoignent

les travaux de Jeleva et Rossignol (2009) qui montrent que la perception de l'efficacité de politiques de réduction des risques est basse, si le niveau de croyance en ces mêmes politiques par les populations est bas. Ce point nous paraît doublement important par une application dans les décisions relatives aux actions à prendre (actions réglementaires et préventives) et dans la désignation de diffuseurs d'informations relatives à ces mesures (acteurs locaux ? acteurs nationaux ?).

L'intégration des avancées conceptuelles et modélisées issues de théories économiques fait partie de nos **objectifs** de travail et a par ailleurs présidé à la définition de notre **problématique** de recherche.

1.4. La perception des risques de coulées boueuses : comment l'appréhender ?

1.4.1. Définition de la problématique et des hypothèses de travail

Les méthodes utilisées en géographie et en économie peuvent être complémentaires. Sur la base des travaux antérieurs, nous pouvons justifier d'une approche pluridisciplinaire qui intègre, dans notre cas, des considérations à la fois spatiales et sociales tout en tenant compte de l'omniprésence des obligations réglementaires.

Dans le cas spécifique de l'étude des coulées boueuses, les travaux antérieurs ont mis en avant le fait que les dégâts relatifs à ce risque ne diminuent pas (Heitz, 2004; Guyonnet, 2005; Moquet, 2005) et cela malgré les actions sur les processus et les préconisations données par les scientifiques et ingénieurs. Celles-ci concernent bien souvent des actions sur **l'aléa** et se traduisent par des **mesures préventives** (modification de l'organisation des parcelles agricoles et techniques de travail du sol, aménagement des zones urbanisées) ou **curatives** (mise en place de systèmes de protection de type barrages ou bassins de rétention - Chapitre 2). Des points de blocage existent et ils semblent ne plus être bornés à des considérations « physiques » mais plutôt à des questionnements relatifs à nos comportements et à notre perception face à ce type de risque. La question qui oriente notre réflexion se formule de la façon suivante : comment intégrer ces différentes données de perception dans une démarche globale de gestion des zones risquées ?

Notre **problématique** est la suivante : la prise en compte des niveaux de perception du risque par les acteurs concernés apporte des éléments essentiels pour déterminer/modifier leurs comportements mais aussi pour améliorer les politiques de réduction des risques en insistant sur les attentes des populations.

Notre **postulat** est que les degrés de perception des risques sont le fruit d'interactions entre les facteurs suivants : la proximité de la zone de source du risque, le niveau d'information relatif à ce risque, le niveau de protection, le sentiment de sécurité face à ce risque et la mémoire du risque. Ce postulat permet de justifier l'importance d'une étude pluridisciplinaire de la question des risques : les aspects sociaux mais aussi la prise en compte de la dimension spatiale d'un risque expliquant les perceptions que nous pouvons en avoir.

Quatre hypothèses seront explorées tout au long de ce travail. Elles s'énoncent de la façon suivante :

1. **la perception du risque varie en fonction de la population considérée**, de son implication dans la gestion des coulées boueuses et des dégâts supportés. Nous pensons que les représentations « subjectives » des espaces vulnérables mais aussi les utilisations de ces espaces influencent les attitudes et conduites (en termes de protection ou de prévention face à un risque) des individus, quel que soit leur niveau d'intervention dans la gestion des risques ;

2. le **degré de perception** du risque **induit une modulation de la vulnérabilité**. Les deux éléments sont ici liés puisque nous essayons de vérifier le fait que les perceptions influent sur la vulnérabilité des individus (ou leur représentation de leur niveau de vulnérabilité). Il s'agit alors de voir dans quelle mesure des comportements du type : « Je me sens très vulnérable au risque de coulée boueuse mais en fait, objectivement, je ne risque absolument rien » interviennent dans la perception du risque encouru ;

3. la **perception des risques** est modulée en fonction de la **variabilité spatiale de l'aléa**. L'hypothèse est que la proximité de l'aléa, par la détermination de zones « sources », « cibles », de « transition » et « non concernées » de coulées boueuses, influe sur les degrés de perception du risque ;

4. l'utilisation d'une enquête de risque contextualisée et menée sur le terrain (*field experiment*) permet d'obtenir des **données** pouvant améliorer les **modèles théoriques utilisés en économie comportementale**. Il s'agit de vérifier à quel niveau les jeux de données obtenus par le biais d'un questionnaire d'enquête ciblé (ici sur les coulées boueuses) fournissent des résultats pour parfaire les modèles de prise de décision en situation d'incertitude.

1.4.2. Nos objectifs « théoriques » et « opérationnels » à atteindre

Dans le cadre de ce travail de recherche, nous avons rencontré des acteurs intervenant dans la prévention et la gestion des coulées boueuses afin de saisir la complexité des enjeux, mais aussi la difficulté d'une gestion collective de ce type de phénomène. Les acteurs participant à la gestion des coulées boueuses sont nombreux : ils agissent à des échelles territoriales différentes et ont des marges de manœuvre plus ou moins limitées. Interviennent principalement dans ce cas⁵ : les populations, les agriculteurs, les conseillers agricoles, les associations foncières, les municipalités, les services de l'État (Préfecture, Direction Départementale de l'Agriculture et des Forêts, Direction Régionale de l'Environnement, etc.), le Conseil Général, le Conseil Régional et des organismes consulaires (tels que la Chambre d'Agriculture).

À partir des entretiens réalisés auprès de certains de ces acteurs, des travaux menés dans le cadre du programme GERIHCO⁶ (dans lequel s'intègre cette thèse) et sur la base d'autres études de risque, nous avons défini les objectifs théoriques et opérationnels de ce travail de thèse. L'interdisciplinarité au cœur de notre démarche va permettre d'intégrer différentes approches d'une même question, celle des risques de catastrophes naturelles et des coulées boueuses particulièrement, jusque-là menées de front mais sans interaction. Or, il est aujourd'hui bien admis qu'un champ disciplinaire n'est pas en mesure d'apporter seul des solutions à un problème qui allie à la fois des considérations **physiques, spatiales, socio-économiques, voire psychologiques**.

Les objectifs **théoriques** sont de deux ordres : le **premier objectif** est lié à une analyse fine des comportements des populations soumises au risque de coulées boueuses. Dans ce but, la mise en place d'une méthodologie d'enquête a constitué une part importante du travail. Nous avons élaboré le questionnaire mais aussi les modalités de passation et le plan d'échantillonnage. Notre but étant aussi de pouvoir utiliser ces méthodes en d'autres lieux et pour d'autres risques, nous avons fait en sorte que notre méthodologie soit la plus abordable et transposable possible.

Le **deuxième objectif théorique** est de pouvoir apporter des pistes de réflexion sur l'amélioration des modèles économiques du comportement par l'intégration de données obtenues grâce à des méthodes géographiques. L'apport de connaissances théoriques en économie permet de

⁵ Le détail des interactions entre tous ces acteurs sera présenté Chapitre 2, § 2.3.2.

⁶ GERIHCO (Gestion des Risques et Histoire des Coulées boueuses). Programme interdisciplinaire associant des économistes, des géographes, des sociologues, des agronomes et des juristes. Financement : Agence de l'Eau Rhin-Meuse. Coordination : Rozan A. (ENGEES, Strasbourg).

pointer les facteurs à prendre en compte dans la compréhension des comportements en situation risquée. Il n'est pas question ici de déterminer un modèle économique de comportements mais plutôt d'identifier les principaux apports d'une approche géographique à de telles méthodes. L'objectif est de **mettre en parallèle des méthodes géographiques et une adaptation à des modèles économiques** et de proposer d'éventuelles améliorations à apporter dans cette démarche. Dans cette optique, nous avons construit nos questionnaires en suivant des méthodes et démarches de travail issues de postulats économiques.

D'un point de vue **appliqué**, les résultats permettent d'appréhender et de gérer différemment les situations à risques. La **prise en compte de nos degrés de perception des risques améliore** la mise en place de **campagnes de prévention** des risques efficaces. La compréhension des processus à la base des coulées boueuses à un impact sur les choix de mesures de protection, ces dernières n'étant pas uniquement liées à la construction d'ouvrages de protection techniques. La prévention peut aussi permettre une diminution de la vulnérabilité des populations, mais il est primordial que les messages diffusés soient compris. La prise en compte de la perception que les individus peuvent avoir d'une situation risquée bénéficie à la bonne compréhension des informations. Cette connaissance permet aussi de soulever de nouvelles interrogations quant à la **légitimité** des instances en charge de diffuser des messages **d'alerte** et de **prévention**. Les populations ne pensent pas pouvoir avoir des actions bénéfiques face au risque, alors que de simples modifications de leurs comportements et de leurs perceptions des risques pourraient être positives pour la diminution des dommages.

Le deuxième **objectif « opérationnel »** se situe dans la détermination d'une cartographie comparative des variations de perception des risques et des situations de risque « réel ». Nous nous sommes appliquée à déterminer le plus précisément possible les facteurs à prendre en compte dans la caractérisation des niveaux de perception, à partir des questionnaires d'enquête et du paradigme psychométrique. La détermination des indices de perception et de comportements annoncés en cas de catastrophe se fonde sur des approches géographiques et est issue de théories utilisées en économie comportementale. La méthode déterminée est appliquée à toutes les communes échantillonnées et offre la possibilité d'avoir une illustration des différences entre les zones où les populations se sentent vulnérables, les comportements adoptés et les zones où les risques sont avérés. Cette cartographie a pour but premier de servir d'aide à la localisation des zones où les distorsions entre risque avéré et perception sont les plus importantes. Pour que les actions individuelles ou collectives de réduction des dégâts dus aux coulées boueuses soient efficaces, les messages de prévention et d'information doivent être prioritairement diffusés dans ces zones. Notre cartographie doit pouvoir répondre à l'attente des décideurs locaux et des populations concernées quant aux mesures de protection à prendre.

Conclusion

Le **risque** est une combinaison entre **l'aléa et la vulnérabilité**. Nous avons pu noter que la géographie des risques ne s'arrête pas à la considération de ces deux éléments. Les **variations spatiales et temporelles** qui régissent les milieux dans lesquels les risques sont avérés sont pleinement intégrées à leurs études. Ainsi, pour une connaissance approfondie du risque, une analyse des aspects qui y sont associés s'avère nécessaire. Cette analyse permet non seulement de comprendre la cohérence de gestion des espaces soumis au risque mais aussi d'identifier les manques en termes de prévention. Pour cela, les éléments associés au risque doivent être pris en compte, soit :

- les aspects **législatifs** et réglementaires qui associent des mesures sur l'aléa et la vulnérabilité dans les politiques de diminution des dommages ;
- les aspects **spatiaux** qui permettent de contextualiser les enjeux par rapport à un environnement aussi bien « physique » (topographique) que socio-économique ;
- les aspects **sociaux** qui considèrent les réseaux entre acteurs mais aussi les représentations des risques par les individus concernés.

Les études sur les risques analysent en parallèle ces différents éléments dans le but de diminuer efficacement les dommages supportés et préconiser les mesures conjointes sur l'aléa et la vulnérabilité.

Notre analyse des risques s'oriente d'ailleurs autour de la prise en compte de la vulnérabilité dans les mesures de diminution des risques. Nous avons pu constater que la vulnérabilité intègre de nombreux facteurs (sociaux, économiques, etc.) mais que bien souvent l'entrée par la perception des risques n'apparaît qu'en filigrane dans les études sur les risques. Pourtant, les applications de la perception des risques dans le domaine des risques naturels se reflètent dans le besoin d'une connaissance de l'importance attribuée aux questions environnementales par les populations. Les grandes enquêtes publiques vont d'ailleurs dans ce sens : par exemple, les Agences de l'Eau ont initié une enquête sur les perceptions des Français de la qualité de l'eau (2009). Il s'agissait d'obtenir des données de perception pour pouvoir ajuster les politiques de gestion des eaux superficielles et souterraines (en termes de coûts supportés par les individus pour préserver la qualité de l'eau).

Nous avons choisi d'utiliser la perception du risque pour appréhender les attitudes et représentations du risque de coulées boueuses et pour comprendre comment les individus soumis à ce risque se comportent en cas de catastrophe. L'approche par le biais de la perception permet, en outre, d'associer des approches géographiques et économiques. Il est nécessaire de rappeler ici **quelques avantages à l'utilisation de méthodes économiques pour un objet purement géographique** :

- elles permettent d'identifier les facteurs pris en compte dans la transformation des probabilités. Dans un contexte soumis au risque, la probabilité d'une catastrophe n'est pas toujours connue ou dans le cas contraire, les individus peuvent transformer cette probabilité en fonction de leur propre perception de ce risque ;
- elles permettent de compléter les analyses des enquêtes de terrain en géographie par des conclusions émises en économie que ce soit pour les questions de gouvernance, de confiance et de légitimité dans la gestion des risques ;
- elles permettent de fournir des données contextualisées et de terrain utilisables dans les modèles de comportements. À terme ces données peuvent être utilisées dans des analyses de coûts-bénéfices des mesures de prévention ou de consentements à payer.

Les objectifs de notre travail sont doubles, à la fois **théoriques** : parvenir à une connaissance des comportements et l'identification des facteurs influençant la perception des risques ; et **opérationnels** : utiliser certains résultats issus de ce travail pour une spatialisation des perceptions dans le but d'améliorer les campagnes de prévention.

Afin d'illustrer notre propos, les coulées boueuses ont été choisies comme objet d'étude. Elles offrent l'avantage de pouvoir être étudiées à petite échelle (la commune) sans pour autant souffrir d'une simplicité de gestion pré et post-catastrophe (les mesures de protection et de prévention sont nombreuses) ni d'une uniformité d'acteurs interagissant dans les problématiques de gouvernance des milieux soumis à ce risque. De plus, la complexité des processus à la base de leur formation induit une appréhension et une compréhension spatiale de l'aléa.

Chapitre 2. Comprendre l'aléa « coulée boueuse » et la gestion du risque associé

L'érosion hydrique des sols et le ruissellement provoquent, sous certaines conditions, la formation de coulées boueuses. Elles résultent de : (i) caractéristiques naturelles favorisant les départs de terre issue des zones agricoles, (ii) conditions météorologiques défavorables et (iii) modifications anthropiques constituant de nouveaux vecteurs de propagation. Nous préciserons dans un premier temps la **terminologie** utilisée (§ 2.1) et les **facteurs impliqués** dans la genèse des coulées boueuses. Puis nous exposerons les **conséquences** tant humaines qu'économiques de ces phénomènes dans les communes affectées, avant d'insister sur les enjeux politiques soulevés par les coulées boueuses (§ 2.2). Enfin, le dernier point (§ 2.3) s'attachera à exposer les apports de la connaissance des degrés de **la perception de ce risque** par les individus et les instances concernées, dans la problématique de gestion des coulées boueuses.

2.1. Les coulées boueuses : de nombreuses définitions pour des processus complexes

Les processus de dégradation des sols, entraînent plusieurs types de risques tels que les coulées, glissements ou mouvements de terrain, déstabilisations, cavités, *etc.* (Dewolf et Bourrié, 2008). En effet, les sols subissent des dynamiques gravitaires et les coulées boueuses illustrent une des traductions possibles de ce type de dynamiques. Afin d'utiliser un langage clair et homogène au long de ce travail, il nous paraît nécessaire de nous positionner dans la terminologie utilisée puis de rappeler les processus en jeu dans la genèse des coulées boueuses.

2.1.1. Qu'est-ce qu'une coulée boueuse ? Précisions terminologiques

Le terme de « coulée boueuse » est un terme général recouvrant divers processus mais traduisant toujours de façon « visible » l'érosion hydrique des sols. En règle générale, les coulées boueuses sont caractérisées par des transferts liquides fortement chargés en sédiments, dont le facteur déclenchant est le passage de l'état solide à l'état liquide par dépassement des seuils de viscosité (Coussot et Meunier, 1996 - figure 2.1).

Les coulées boueuses qui surviennent dans les secteurs de collines limoneuses ne sont pas des mouvements de masse et sont assimilées à des **inondations boueuses**. Elles prennent forme dans les bassins versants cultivés, lors d'épisodes pluvieux particuliers ($>40 \text{ mm.h}^{-1}$). Sous l'action des précipitations et selon la nature des sols, la capacité d'infiltration du sol diminue et l'eau en excès stagne en surface. Elle dévale ensuite les pentes à la faveur de la topographie, puis se concentre dans le réseau hydrographique. En gagnant de la vitesse, elle acquiert une énergie lui permettant d'arracher puis de transporter des particules solides. Chargées en sédiments, les eaux de ruissellement prennent alors en aval la forme d'un torrent boueux.

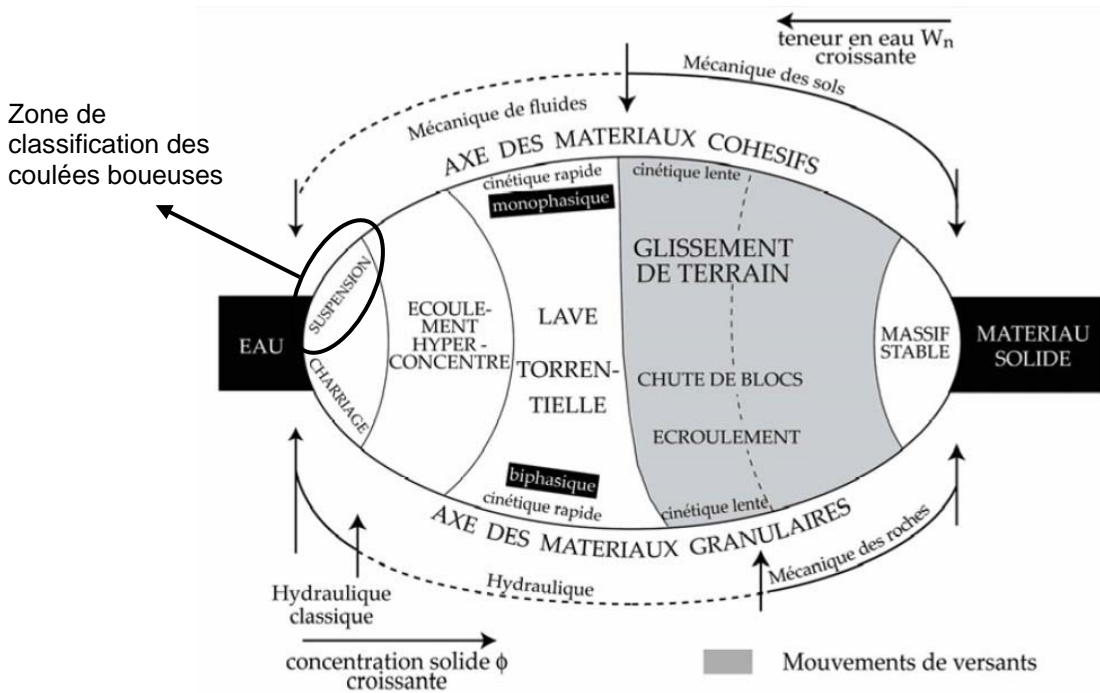


Figure 2.1 : Classification des mouvements de terrain d'après les domaines de comportement des matériaux (Meunier, 1991)

Les coulées boueuses se traduisent spatialement par des épandages d'alluvions fines, c'est-à-dire de sables ou de limons charriés durant le transport. Ces alluvions colmatent les dépressions ou chenaux d'écoulement et se déposent le plus souvent dans des zones basses (les exutoires de bassin versant où se trouvent les habitations) sur des épaisseurs et des étendues variables.

Pour Evrard *et al.* (2007a), l'écoulement lié au ruissellement agricole est différent des inondations des fonds de vallées, résultant de débordements de rivières. Auzet et Malet (2005) mais aussi Boardman *et al.* (2006) et Evrard *et al.* (2007a) et Douvinet (2008) ont largement précisé la littérature afin de différencier et caractériser les processus inhérents aux coulées boueuses, aux crues turbides et aux mouvements de masse de type écoulements hyper-concentrés (tableau 2.1).

La confusion récurrente entre les termes de coulées boueuses, d'inondations ou d'écoulements hyper-concentrés provient aussi d'une utilisation de la terminologie basée sur celle **des textes réglementaires**. Les dossiers de demande d'indemnisation au titre de catastrophe naturelle (*Cat Nat*) associent systématiquement le processus décrit sous le terme de « coulées boueuses » ou « coulées de boue » aux inondations ou aux débordements de cours d'eau (Le Bissonnais *et al.*, 2002b). D'ailleurs, dans le formulaire des demandes d'indemnisation, les coulées boueuses apparaissent dans une sous-rubrique des inondations (Annexe 1). Toutes deux présentent des écoulements fluides, mais les origines ne sont pas identiques : relatives à l'érosion hydrique des sols dans le cas des coulées boueuses et relatives à des débordements de cours d'eau dans le cas des inondations.

Tableau 2.1 : Terminologie et définitions utilisées dans les documents officiels ou retrouvées dans la littérature

Terminologie	Références	Définitions
Coulée boueuse	IFEN (2004)	Mouvement en masse impliquant un écoulement rapide de débris (rochers, terre, végétaux, eau). L'énergie mécanique des gouttes peut détruire la structure du sol jusqu'à la quasi-liquéfaction. Dès lors qu'il existe une pente, la boue se met en mouvement et l'énergie des flots érode tout sur son passage
Coulée boueuse	BRGM	Les coulées boueuses consistent en la propagation de matériaux sans cohésion ou ayant perdu leur cohésion dès la mise en mouvement , matériaux intimement mélangés à une quantité d'eau telle que la masse en mouvement a franchi sa limite de liquidité. Les matériaux susceptibles de perdre ainsi leur cohésion sont des argiles, des limons, des sols, des roches décomposées ou des éboulis fins. L'eau peut pénétrer au sein des matériaux par infiltration avant le déclenchement de la coulée ou au moment de la rupture par concentration des eaux de ruissellement
Coulées de boue	Guide PPR Inondations	Il s'agit d'un écoulement fortement chargé en sédiments entraînant des particules de sol. En général, cet écoulement n'est ni visqueux ni épais. Ce terme peut prêter à confusion, notamment en région de montagne où il peut être assimilé, de façon impropre, à une certaine forme de mouvement de terrain
Coulée d'eaux boueuses	DIREN Alsace	L'aléa « coulée d'eaux boueuses » désigne les écoulements chargés de terres en suspension qui ont été détachées par les pluies ou le ruissellement. Le cumul de ces écoulements progresse vers l'aval et provoque des inondations
Crue torrentielle (ou coulée boueuse)	Agence Régionale Environnement Haute Normandie	Lorsque de fortes précipitations touchent violemment un bassin versant favorable au ruissellement, l'eau forme une véritable vague de boue. Cette dernière, chargée de cailloux et de terre, peut être particulièrement dévastatrice s'il elle s'engouffre dans un vallon étroit
Inondation boueuse	Evrard <i>et al.</i> (2007)	Une inondation boueuse résulte d'une accumulation de ruissellement, généré au niveau de terres agricoles, qui emporte au passage des particules de terre qu'il transporte comme matière en suspension ou charge de fond. Ce ruissellement boueux est détecté lorsqu'il aboutit dans des zones habitées
Coulée de boue	Auzet et Malet (2005)	Les coulées de boue correspondent à des écoulements fluides ou crues turbides à forte charge en matières en suspension. Les matériaux sources sont les sols pédologiques et les particules sont détachées sous l'action des pluies et/ou du ruissellement. Elles sont entraînées par l'écoulement de l'eau en surface, diffus ou concentré dans des rigoles et ravines (Auzet, 1987, 1989 ; Le Bissonnais <i>et al.</i> 2002 ; Delahaye, 2002)
Écoulement hyper-concentré	Guide PPR Débordement de rivières torrentielles (2006)	Les écoulements hyper-concentrés sont en continuité avec le charriage fluvial classique quant à leur concentration volumique mais leur hydraulique est particulière notamment par le fait que, en chenal endigué, le fort transport solide rend la hauteur d'écoulement supérieure à celle qu'on calcule pour l'eau non chargée
Lave torrentielle	Auzet et Malet (2005)	Les laves torrentielles (ou coulées de boue <i>stricto sensu</i>) correspondent à des écoulements visqueux pour lesquels les matériaux sources correspondent à des sols géotechniques ou à des formations superficielles meubles. Le matériau (mélange hétérogène de matrice fine et de blocs parfois décimétriques) est entraîné par déplacement en masse. La rhéologie de ces écoulements évolue d'un comportement solide à un comportement plastique et une part importante des matériaux est transporté par charriage (Dikau <i>et al.</i> , 1996 ; Hungr <i>et al.</i> , 2001 ; Malet, 2003)

Les définitions disponibles sont pourtant claires et précises : selon le MEEDDADT (2007), les coulées boueuses sont des glissements de terrain liquides, provoqués par des pluies torrentielles, par la fonte d'un glacier ou d'une zone gelée. L'une des caractéristiques précisées est la vitesse de déplacement potentiellement atteinte : elle peut avoisiner les 90 km.h⁻¹ (MEEDDADT, 2007).

Toujours en référence aux dossiers de *Cat Nat*, Citeau *et al.* (2008) précisent deux définitions supplémentaires utilisées d'ailleurs dans les documents officiels. Le terme « coulée boueuse » peut déterminer :

- d'une part, des **écoulements fluides** à forte charge en matières en suspension. Les matériaux sources sont les sols et les particules sont détachées sous l'action de la pluie puis entraînées par le ruissellement ;
- d'autre part, des **écoulements visqueux**, dont les matériaux sources sont les formations superficielles meubles qui se déplacent en masse. Dans ce cas, il y a des passages rhéologiques⁷ d'un comportement solide à un comportement plastique (ces passages entre comportements sont identifiés dans la classification de Meunier – figure 2.1).

Face au nombre important de définitions, la classification d'un événement en tant que « coulée boueuse » n'est pas toujours aisée. Cela peut pourtant revêtir une importance majeure, car ce sont les maires des communes affectées par de tels événements qui doivent définir, dans le cadre des procédures d'indemnisation au titre de catastrophe naturelle, quel type d'événement ils ont subi.

Dans la suite de ce travail, nous dénommerons les événements issus de l'érosion des sols agricoles sous les termes de coulées boueuses. En ce qui nous concerne, elles consistent en des écoulements chargés de sédiments provenant des terres agricoles. Elles sont tributaires de facteurs déclenchant relatifs aux conditions **pédologiques, climatiques et topographiques**, accentués par une occupation aussi bien **agricole** qu'**urbaine**. Mais le premier facteur déclenchant est le ruissellement. Afin d'éviter des biais relatifs à la définition des événements (présidant par la suite l'échantillonnage de nos communes d'enquête), nous avons basé la détermination des événements considérés sur la méthodologie proposée par Moquet *et al.* (2007 - Annexe 2). Les facteurs pris en compte dans la différenciation sont la topographie, l'occupation des sols, la date d'occurrence des coulées boueuses et dans certains cas l'intensité des précipitations. Ces facteurs sont multipliés entre eux selon la formule suivante [Eq. 2.1] :

$$I = Ods \times (T) \times (D) \times (P) \quad [\text{Eq. 2.1}]$$

Où : *I* = indice de discrétisation ; *Ods* = occupation du sol ; *T* = topographie ; *D* = date d'occurrence ;
P = précipitations

Les résultats obtenus permettent de classer (tableau 2.2) tous les événements répertoriés dans une région et d'être certain de ne prendre en compte que les coulées boueuses avérées.

⁷ La rhéologie est l'étude de la déformation et de l'écoulement de matériaux sous l'effet d'une contrainte physique. Ici, il s'agit du comportement des matériaux solides sous l'effet de la contrainte hydrique essentiellement.

Tableau 2.2 : Classement des événements d'érosion hydrique en tant que coulées boueuses selon le facteur I

Indice I = Ods (*T) * D (* P)	Coulée boueuse associée à l'érosion des sols	Explication du résultat
2	Probable	Où Occupation du sol, dates ou précipitations et topographie répondent aux critères
1	Possible	En général : événement hivernal dans une commune connectée à un versant cultivé et présentant une absence de description dans la base de données.
0	Improbable	L'attribution d'un « 0 » à un des critères.

2.1.2. La formation du ruissellement à l'échelle locale

Le ruissellement est à la base des processus d'érosion hydrique des sols. Il se définit comme un transfert d'eau à la surface du sol. L'eau non infiltrée est stockée dans les dépressions créées par le microrelief de la surface du sol et, lorsque la capacité de rétention superficielle est atteinte, le transfert d'eau par ruissellement apparaît (Augeard, 2006).

Pour que le ruissellement prenne forme, plusieurs facteurs doivent être réunis. Le ruissellement est fonction des propriétés du sol et de leur état de saturation⁸ par le « haut » (par les précipitations directes) ou par le « bas » (par la présence de zones saturées en profondeur). Il se forme en suivant deux processus distincts qu'Ambroise (1999) détaille de la façon suivante :

- le ruissellement par **dépassement de l'infiltrabilité** (ou ruissellement Hortonien), qui correspond à l'évacuation de l'eau en excès qui ne peut plus être infiltrée, ni même stockée dans la microtopographie (dans les flaques, par exemple) car les surfaces sont déjà saturées en eau. Ce type de ruissellement implique que la capacité d'infiltration du sol est inférieure à l'intensité pluviométrique ;
- le ruissellement par **saturation du sol**, qui correspond au ruissellement issu de zones hydromorphes, c'est-à-dire totalement saturées par le « bas » en raison de la présence d'une nappe. Ce type de ruissellement peut prendre forme en cas de précipitations mais aussi en l'absence de pluies. Les eaux ruisselées proviennent alors de l'exfiltration des eaux souterraines, responsables de la saturation du profil de sol. Les exemples les plus parlants de ce type de ruissellement sont les cas des sources présentes sur certains versants ou des zones d'affleurement de nappes souterraines.

Une fois formé le ruissellement se dirige vers l'aval sous deux formes :

- le ruissellement **diffus** qui se traduit par la présence de nappes d'eau de faible épaisseur sensibles aux obstacles présents ;
- le ruissellement **concentré** qui s'organise en rigoles et ravines et suit la pente la plus forte. Il est générateur d'érosion.

⁸ Un sol est dit « saturé » lorsque l'espace poral est rempli d'eau. Au contraire, lorsque cet espace contient de l'eau et de l'air, le sol est dit « non- saturé » (Ambroise, 1999).

L'intensité du ruissellement est amplifiée par le caractère imperméable du sol, mais aussi par la couverture végétale présente, la valeur de la pente et l'intensité des précipitations. Dans notre contexte de sols cultivés, la conséquence principale du ruissellement est l'apparition de processus d'érosion hydrique qui se traduisent à terme par la formation de coulées boueuses. Cette érosion fait intervenir trois processus fondamentaux : **le détachement, le transport et la sédimentation**. Huljström (1935) en fait une première interprétation et Boiffin *et al.* (1988), Dunne *et al.* (1991), Auzet (2000) ou Kinnel (2005) ont adapté ces processus aux coulées boueuses (figure 2.2).

Dans ce cas, le détachement des particules est tributaire : (i) de la qualité du contact entre les agrégats du sol, (ii) de l'importance des précipitations, (iii) du type de ruissellement en présence. Le ruissellement est le vecteur de transport des particules détachées. En cas de ruissellement diffus, l'érosion est également dite diffuse : ce type de processus n'entraîne pas de déplacement des particules sur de longues distances, ni d'incisions profondes. Celles-ci naissent dans le cas d'une érosion linéaire ou concentrée : le détachement et le transport par le ruissellement atteignant des forces tractrices plus importantes qui incisent profondément. Les valeurs de pentes sont plus fortes (> 5%) et la cohésion des sols plus faible ce qui entraîne d'importantes pertes en terre. Notons toutefois que, selon la topographie présente, ces deux formes d'érosion peuvent se retrouver dans un même bassin versant. Enfin, la sédimentation est l'accumulation des particules détachées, transportées puis déposées en aval.

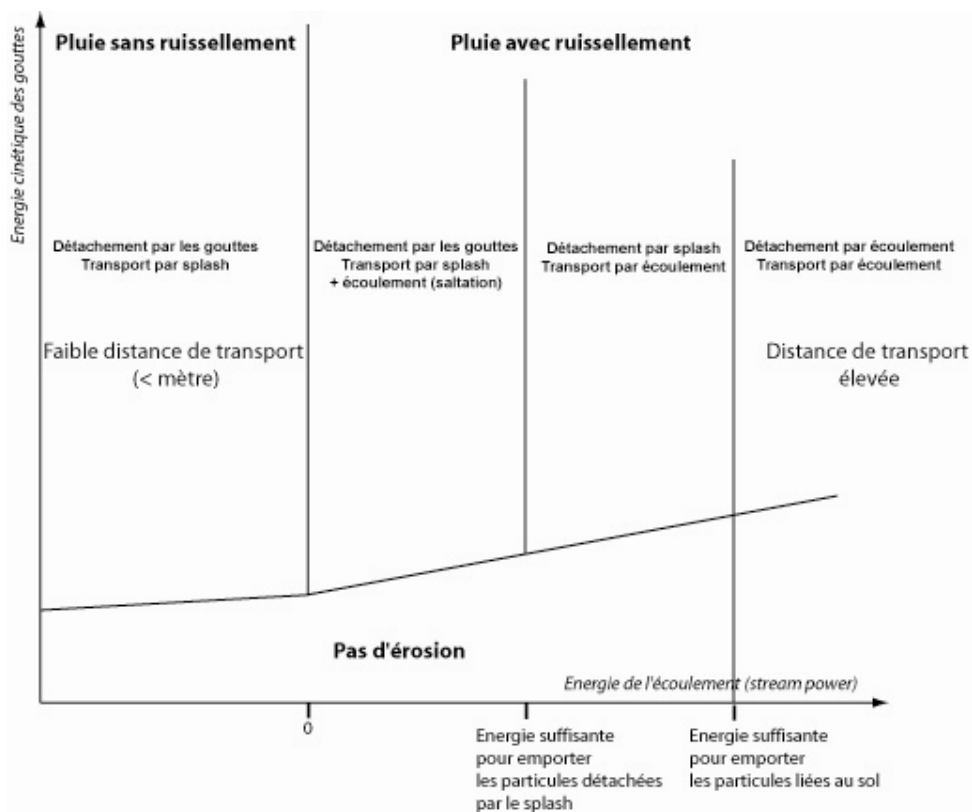


Figure 2.2 : Les formes de ruissellement associées au type de précipitations
D'après Kinnel (2005)

Seuls les éléments qui entrent en compte dans la formation des coulées boueuses seront repris ici. En effet, afin de comprendre les processus en jeu dans la genèse des coulées boueuses, il n'est pas nécessaire d'entrer dans le détail des interactions entre les processus physiques et physico-chimiques des sols (pour plus de détails, le lecteur pourra se référer à Duchaufour et Souchier (1979) Gobat *et al.* (1998), par exemple). Cependant, il est essentiel de comprendre le rôle de la **structure**, de la **texture** et du taux de **matières organiques** présents dans les sols. Les relations entre ces éléments et leur utilisation ou détérioration influent sur la formation du ruissellement et de l'érosion des sols.

a. *Dynamique de la structure du sol et capacité d'infiltration*

La structure désigne l'agencement géométrique entre les particules du sol. La **structure** est un **état** du sol dont la dynamique temporelle complexe fait intervenir principalement les facteurs suivants :

- la texture du sol ;
- les agents climatiques ;
- l'action biologique des micro-organismes présents ;
- les opérations culturales.

En **contexte cultivé**, la dynamique de la structure de la surface est soumise à l'action de deux processus antagonistes :

- les opérations culturales qui tendent à la fragmenter grossièrement les agrégats ;
- la dégradation structurale (ou battance) qui sépare les agrégats du sol. Cette désagrégation a un rôle crucial sur la baisse de la capacité d'infiltration. Ceci explique la formation des coulées boueuses dans des secteurs où le climat est tempéré et les pentes modérées (<15% - Monnier *et al.*, 1986)

Certains sols sont particulièrement sensibles à la battance sous l'effet des précipitations et leur dégradation se décompose en 5 phases distinctes (figures 2.3 et 2.4). L'une des étapes majeures est la fermeture progressive du sol par effet de « splash ». Il s'agit d'un détachement de terre par rejaillissement. En cas de faible ruissellement, les particules détachées vont se déposer, former les **croûtes de battance**, entraîner une fermeture des pores et une diminution du microrelief (Party, 2001). La surface du sol devient compacte et sa capacité d'infiltration diminue. Le ruissellement se forme plus facilement. Les particules qu'il transporte sédimentent et donnent naissance à un type de croûte particulièrement peu infiltrantes : les croûtes sédimentaires. Celles-ci se forment essentiellement au sein des microdépressions.

Bien souvent, la caractérisation de l'état structural et son évolution (figure 2.4) sont issus d'une détermination empirique par le biais d'une appréciation visuelle (Armand, 2009). Cependant, la solidité de la structure, sa résistance aux agents de dégradation est évaluée par des tests de stabilité structurale (Hénin *et al.*, 1958).

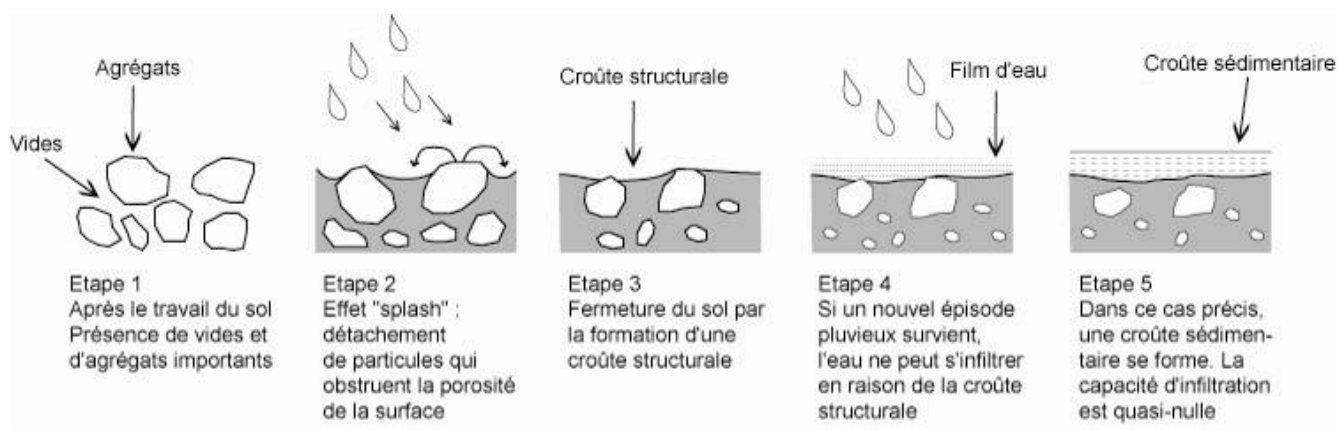


Figure 2.3 : Evolution du sol sous l'action des pluies (d'après une plaquette de l'INA-PG)



Figure 2.4 : Dégradation des états de surface du sol. In Armand (2003)

Photo 1 – Pluies cumulées depuis le semis <math>< 5\text{ mm}</math> : la surface présente des agrégats et des mottes

Photo 2 – Pluies cumulées depuis le semis : 38 mm : extension des croûtes structurales

Photo 3 – Pluies cumulées depuis le semis : 65 mm : développement des croûtes sédimentaires

Photo 4 – Pluies cumulées depuis le semis : 118 mm : extension complète des croûtes sédimentaires

b. La texture du sol

Influençant directement la structure d'un sol par ses interactions avec la porosité⁹, la **texture** représente la part respective des constituants présents (sables, limons ou argiles), triés selon leur taille (Gobat *et al.*, 1998; Tebrügge et Düring, 1999). Elle est assez stable dans le temps et son évolution s'effectue en parallèle à celle du sol en tant que tel. La dénomination de la texture du sol se fait à l'aide du triangle des textures (figure 2.5) qui détermine les types en fonction des pourcentages de chaque constituant. Il s'agit dans ce cas de la texture minérale, déterminée grâce aux analyses granulométriques. La texture organique, qui représente la proportion de fibres et de matériel fin peut aussi être déterminée.

⁹ La porosité est, selon Ducaufour et Souchier (1979), le volume de vides exprimé en % du volume total du sol. Il y a des distinctions en fonction de l'importance de ces vides : la microporosité, ne permet pas de drainage et d'aération suffisante à l'inverse de la macroporosité qui présente un taux d'occupation de l'air plus élevé.

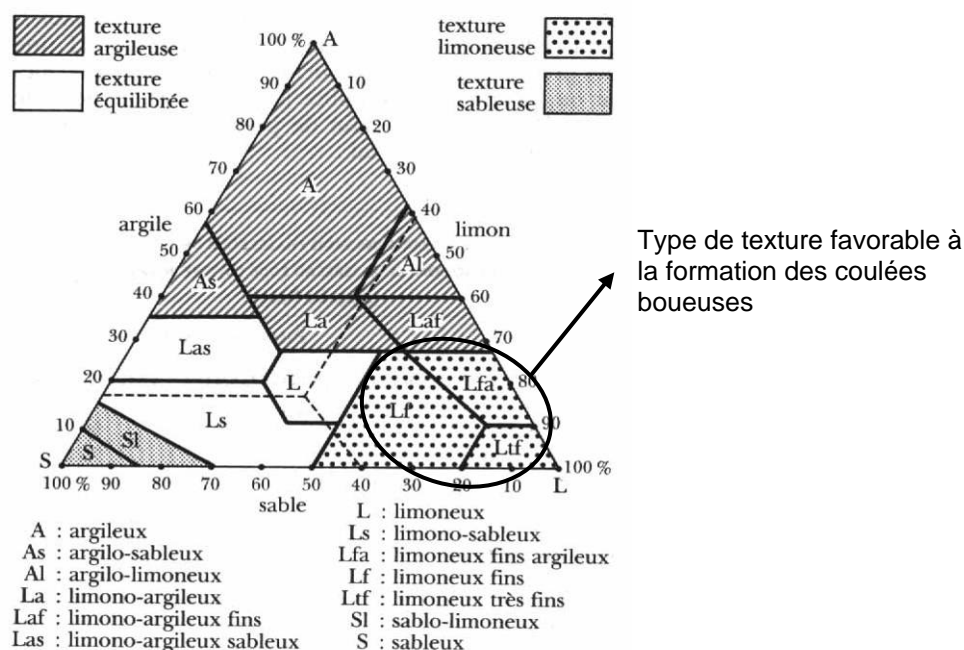


Figure 2.5 : Triangle des textures (classification du Département Américain de l'Agriculture)

c. Les taux de matières organiques (MO) et la stabilité des sols

La résistance d'un sol à la dégradation structurale est également liée à la présence de matières organiques. Les végétaux et animaux morts sont utilisés par les organismes du sol (microfaune, mésofaune et macrofaune) en tant que matières nutritives. Ils lui font alors subir des transformations biochimiques et physiques créant les matières organiques. Ces fractions du sol sont en perpétuelle recombinaison et fournissent les nutriments nécessaires à la croissance des plantes. Mais son rôle ne s'arrête pas là : le taux de matières organiques présent dans un sol crée aussi des liaisons cationiques entre les limons et le reste des composants du sol, entraînant une plus ou moins forte **stabilité** des sols (Duchaufour et Souchier, 1979).

Sur sols limoneux, le taux de matières organiques et la teneur en argiles vont contrôler en partie la stabilité structurale des sols (tableau 2.3). Selon Monnier et Stengel (1982), en dessous de 25% d'argile, la structure devient instable. Sous le seuil de 15% d'argile, la structure devient très instable, d'autant plus si la teneur en matières organiques est faible (<2-3%). Or, un tel seuil est rarement atteint pour les sols de grande culture (Auzet, 1987).

Tableau 2.3 : Interaction texture / matières organiques (MO) sur la stabilité structurale d'après Monnier et Stengel (1982) in Auzet (1987)

Texture	Teneur argile (%)	Stabilité d'origine texturale et en présence de matières organiques			
		1% MO	2% MO	3% MO	4% MO
SL	8	Stable	Très stable	Très stable	Très stable
L	15	Très instable	Très instable	Instable	Passable
LA	25	Instable	Instable	Passable	Passable
AA	50	Stable	Stable	Stable	Stable

Pour les sigles des textures, se référer à la figure 2.5.

Une perte dans le taux des matières organiques fragilise les liaisons cationiques : les sols ont une stabilité moins importante, ils sont plus sensibles au tassement et à l'érosion (Holland, 2004). Cela induit une **augmentation de l'aléa** et une croissance du risque de ruissellement.

Depuis ces 50 dernières années, la diminution des taux de matières organiques est un phénomène remarquable (European Soil Bureau Network, 2006). En Europe, leur taux de présence aurait été divisé par deux entre 1950 et 2000. Cette perte serait essentiellement due à un déficit de la diversité biologique des sols, consécutive à l'utilisation d'engrais. Les systèmes de cultures actuels (labours et diminution de l'activité d'élevage) conduisent à l'absence de restitution des stocks de matières organiques dans les sols. Les épandages naturels sont moins fréquents (baisse de l'élevage) et de ce fait, une augmentation des épandages de produits chimiques est courante. Ces derniers n'assurent pas une capacité de renouvellement des matières organiques suffisante et les sols se trouvent fragilisés.

2.1.3. La formation du ruissellement à l'échelle du bassin versant

Les études sur les coulées boueuses ont montré que certains facteurs, dorénavant bien identifiés, déclenchent ces phénomènes (Hénin *et al.*, 1958; Boiffin, 1984; Boardman et Poesen, 2006).

Le premier d'entre eux est le **climat** et en particulier les précipitations. L'intensité¹⁰ influence fortement la formation du ruissellement. En milieu tempéré, dans le Pays de Caux, Monnier *et al.* (1986) identifient deux situations à risque :

- les orages caractérisés par des lames d'eau précipitées importantes sur une courte durée (la valeur seuil est de l'ordre de 40 mm sur 1 heure) ;
- les pluies à faible intensité mais dont la durée s'étend sur plusieurs jours et qui vont avoir pour conséquence de saturer le sol.

Le rôle de la **topographie** va être important à deux niveaux : la valeur de pentes et la configuration topographique générale de la région étudiée. Les pentes influent sur l'érosion superficielle à partir de valeurs supérieures à 2% (Valentin *et al.*, 2005). Les faibles valeurs de pentes déclenchent des processus d'érosion diffuse, tandis que les fortes valeurs (> 15%) sont à mettre en relation avec la formation d'**érosion concentrée** (Valentin *et al.*, 2005). La configuration générale de la région entre en ligne de compte lorsque la microtopographie et les microreliefs présentent des convergences vers un talweg unique. Les eaux de ruissellement sont alors concentrées vers ce point bas, facilitant les trajectoires des eaux chargées vers les infrastructures ou habitations situées à l'aval (souvent à proximité de l'exutoire du bassin versant).

Ces départs de terre sont acheminés vers le réseau hydrographique en suivant différents motifs ou réseaux permanents (Ludwig *et al.*, 1996; Lemmel, 2002) :

- **les motifs agraires** liés au travail du sol. Les dérayures (sillons de labour non recouvert) et les fourrières (extrémités des parcelles où le tracteur fait demi-tour) forment un réseau complexe réduisant les distances à parcourir par le ruissellement avant sa concentration dans les microreliefs naturels (le réseau topographique en place). La connexion entre les motifs agraires et les microreliefs naturels est en partie modifiée saisonnièrement au gré des opérations culturales ;
- **la topographie** (vallons secs, talwegs) et les motifs anthropiques (fossés, routes, chemins).

¹⁰ L'intensité (I) est le rapport de quantité de précipitations (P) sur le temps (t) : $I = \frac{P}{t}$

Ces réseaux collecteurs connectent des aires « émettrices » à des secteurs en aval et éventuellement vulnérables. En outre, du fait de la concentration et de la vitesse éventuellement accrue sur ce réseau, il peut y avoir la formation, par incision, de ravines et de rigoles. Les modifications de l'aménagement du parcellaire entraînent la disparition des interfaces (vergers, zones de prairies) ne permettant plus de retenir le ruissellement issu des zones émettrices.

La **végétation** permet dans certains cas de contrer la topographie trop accentuée de certains secteurs. Elle intervient à deux titres :

- la couverture végétale va intercepter une partie des précipitations. Ce faisant, elle absorbe l'énergie accumulée par les gouttes lors de leur chute. Cette absorption va limiter la formation des croûtes de battance. La surface du sol est donc d'autant plus vulnérable qu'elle n'est pas protégée par la végétation ;
- une fois que le ruissellement est formé, il peut être ralenti par la présence de résidus végétaux (la litière, par exemple) ou par la densité des pieds / tiges. Le calendrier cultural revêt alors une importance fondamentale sur la répartition temporelle des coulées boueuses.

Les périodes de fortes précipitations sont les plus risquées en termes de formation du ruissellement et la présence d'un couvert végétal dense permet de minimiser les phénomènes d'érosion (figure 2.6).

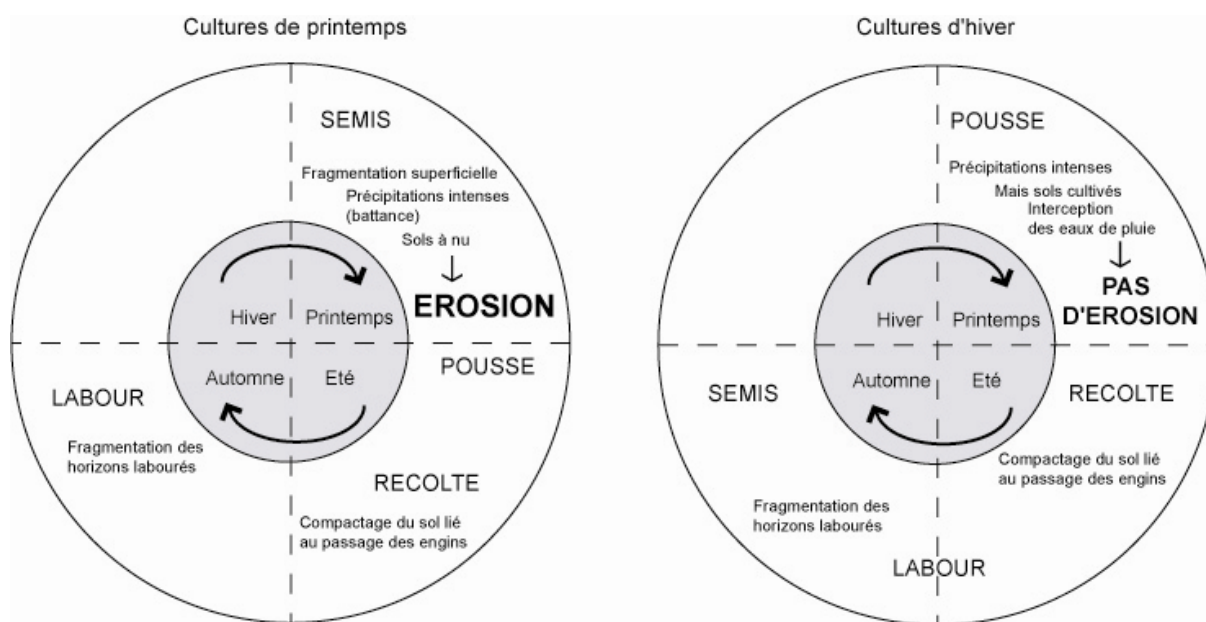


Figure 2.6 : Erosion en fonction des types de cultures mises en place (d'après Augeard, 2006)

L'occupation agricole du sol apparaît comme un paramètre important dans la genèse des coulées boueuses. Cette occupation concerne à la fois le **type** de cultures en place, comme nous avons pu l'évoquer dans le paragraphe précédent, et les évolutions des **pratiques culturales**. Le passage à une agriculture moderne a impliqué une mise en valeur agricole différente : la mécanisation mais aussi la possibilité d'exploiter des terres moins fertiles ont modifié la **configuration spatiale** des parcelles agricoles. Les aménagements techniques, la suppression de haies afin de faciliter le passage des engins agricoles, le remembrement ou l'augmentation de la taille des parcelles ont largement contribué à augmenter l'aléa, modifiant les écoulements naturels.

De plus, l'uniformisation des paysages, par le développement des systèmes de monoculture a aussi contribué à modifier la configuration des assolements dans les bassins versants agricoles. Des solutions d'aménagement des secteurs agricoles permettent de lutter efficacement contre cette uniformisation et réduisent les volumes d'eau ruisselée (figure 2.7).

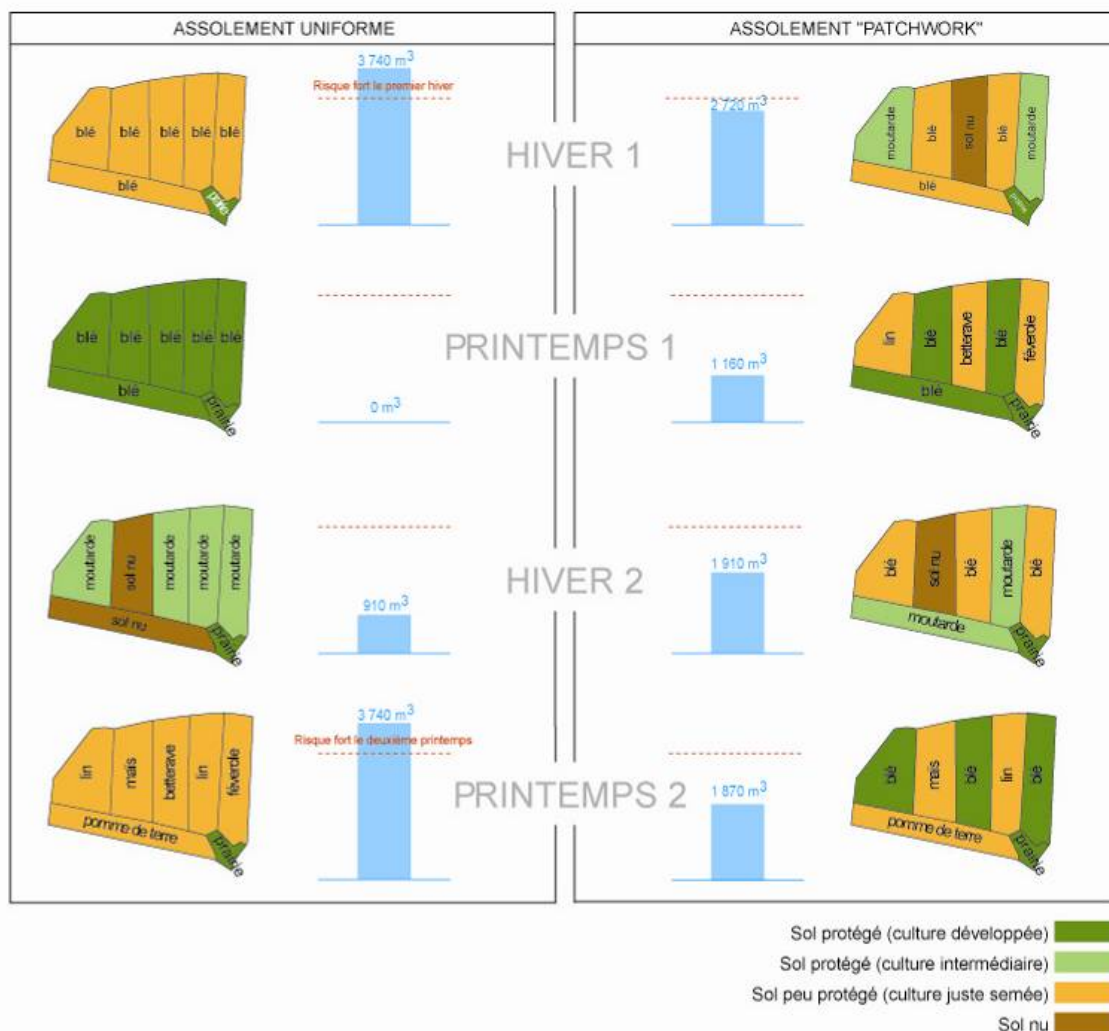


Figure 2.7 : Evolution du ruissellement dans un bassin versant de 25 ha avec 6 parcelles. Ce schéma est issu d'une simulation de ruissellement. Les volumes ruisselés obtenus à l'exutoire ont été calculés pour une pluie de 30 mm en 6 heures (modèle de ruissellement de l'INRA). Le seuil limite de risque entraîné par ruissellement a été estimé à 3 000 m³. Cette simulation a été effectuée par la Chambre d'Agriculture de Seine Maritime.

L'anthropisation se traduit par les modifications de l'**occupation urbaine** du sol, qui se manifeste par une extension de l'habitat et des infrastructures relatives aux espaces habités (routes, lotissements, etc.). Cette expansion urbaine est notamment due aux implantations de zones industrielles hors des villes (créant des bassins d'emploi dans des zones périurbaines) et à la périurbanisation des zones rurales. Les zones urbanisées posent un problème dans le sens où elles prennent le pas sur les **interfaces** entre les zones cultivées et les zones d'habitats. Ces « zones tampons » constituées des vergers, des prairies et des bandes enherbées présentes entre les habitations et les parcelles étaient alors propices à l'infiltration des eaux de ruissellement. Les zones imperméabilisées induites par le développement des réseaux routiers posent des problèmes dans la vitesse de propagation des coulées boueuses (Evrard *et al.*, 2007a; Evrard *et al.*, 2007b). Les surfaces macadamisées ne retiennent pas le ruissellement et la vitesse d'écoulement en est augmentée.

L'équilibre entre zones cultivées et habitées est parfois mis à mal. En Belgique, Evrard *et al.* (2007a) ont montré que dans 30% des cas de coulées boueuses, les **lotissements** récents sont les principales zones affectées (contre 7,5% pour les habitations construites avant 1991) Certains **centres anciens** comptent également de nombreux dommages : ils sont dus à des modifications d'aménagement à l'amont et à la propagation rapide (par les réseaux routiers) des coulées boueuses.

2.2. Des conséquences environnementales et des enjeux humains importants

Les atteintes des coulées boueuses se répartissent en deux pôles : les dégâts relatifs à la dégradation de l'environnement et ceux liés aux dommages des espaces urbanisés. La mesure des conséquences induites par les coulées boueuses est délicate : les données associées sont souvent manquantes ou obtenues *a posteriori*. Néanmoins, il est essentiel de voir quels sont les espaces affectés pour pouvoir décider des mesures curatives ou préventives à mettre en place (§ 2.3).

2.2.1. Les conséquences environnementales et agronomiques

Les dégâts environnementaux se notent à **court** et à **long terme** et ont des répercussions plus ou moins irréversibles.

Les types de dégradations environnementales concernent la **qualité des eaux superficielles et souterraines**. Les écoulements superficiels¹¹ sont souvent chargés en substances actives issues des traitements phytosanitaires et des apports en engrais. Les substances actives peuvent être transférées vers les eaux de surface par le ruissellement : la migration pouvant se faire en solution ou par adsorption aux particules de sols transportées. Les problèmes de pollutions sont alors fréquents dans les secteurs de grandes cultures. Nous pouvons le constater sur la carte de France qui reprend la présence de produits phytosanitaires dans les eaux de surface (mesures de 2006 – figure 2.8). Les secteurs d'élevage ou de grandes cultures (Bretagne, Beauce et Nord de l'Alsace) présentent des concentrations de produits phytosanitaires supérieures à 0,1µg.l⁻¹ (qui correspond au seuil limite de potabilité). La présence de tels taux peut entraîner à terme des conséquences sur la potabilité des eaux.

Outre des pollutions directes, la présence de nutriments ou de produits chimiques en masse, entraînent des problèmes d'**eutrophisation** des cours d'eau. Elle se traduit par une baisse du stock d'oxygène à disposition pour les organismes aquatiques puis d'une diminution de la biodiversité présente dans les cours d'eau. Des phénomènes de **turbidité et d'envasement** des cours d'eau

¹¹ Les processus de ruissellement que nous évoquons sont relatifs aux écoulements superficiels : seules leurs atteintes seront détaillées ici

reflètent quand à eux la présence en nombre de particules érodées dans les cours d'eau. La conséquence principale est une disparition d'algues et de végétaux aquatiques, nécessaires à l'oxygénation des cours d'eau. S'en suivent une fois de plus des pertes en population de faunes aquatiques.

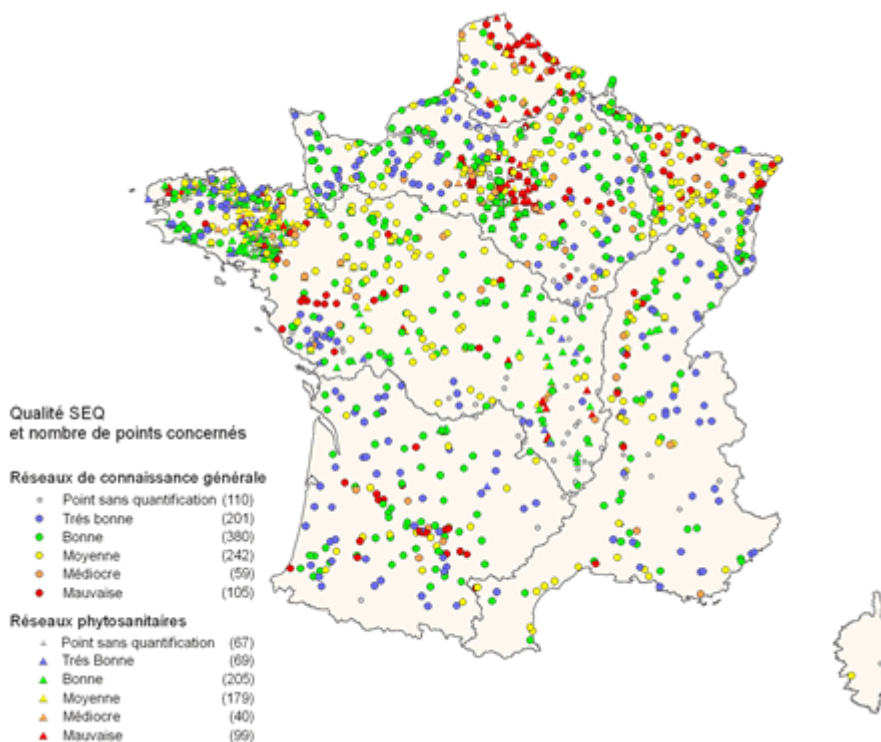


Figure 2.8 : Qualité des eaux superficielles
Agences de l'eau - Conseils généraux - DIREN – DRAF, SRPV - Traitement SOeS-MEEDDAT

Les conséquences **agronomiques** se notent, à court terme, par des dommages au sein même des **parcelles** : il s'agit le plus souvent d'arrachements de plants et de recouvrements de semis (figure 2.9) rendant la croissance des cultures impossible et impliquant d'importantes pertes de rendement pour les agriculteurs.

Figure 2.9 : Exemples de recouvrement de plants et de traces d'érosion après une coulée boueuse (Blotzheim, Haut-Rhin, 30 mai 2003 – Clichés : Lemmel, 2003)



Les **dégâts agronomiques** se chiffrent, à plus long terme, par des pertes de terre fertile. Des mesures de perte en sol après une coulée boueuse ont été entreprises dans des études sur la compréhension de leurs processus de formation. Nous prendrons quelques exemples significatifs dans des régions proches des caractéristiques physiques que nous retrouvons sur nos propres terrains d'étude : pour des coulées boueuses survenues en Belgique, aux Pays-Bas et dans différentes régions françaises.

Van Dijk (2001) a mesuré des pertes de terre lors de l'épisode du 22 Janvier 1993 (bassin versant du Catsop, Pays-Bas) équivalentes à 5.6 t.ha^{-1} . Evrard (2008), dans le secteur des collines limoneuses belges a mesuré des pertes de l'ordre de $8,3 \text{ t.ha}^{-1}$ pour des épisodes survenus en 2002. Ces chiffres rejoignent ceux estimés pour l'ensemble de la Belgique qui se situent entre 6.5 à $12.3 \text{ t.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$ (Verstraeten *et al.*, 2006). Ludwig (1992) a chiffré des départs de sol dans des bassins versants du nord du Bassin Parisien. Les données, rapportées à l'échelle de la parcelle (dont la taille moyenne est de 2,9 ha) montrent des pertes en terre de l'ordre de 22 t.ha^{-1} . En Alsace, à Landser (Haut-Rhin), Van Dijk *et al.* (2005), ont mesuré pour l'épisode du 24 Mai 2001 (dont les intensités représentaient 40 mm en 30 min) une érosion concentrée égale à 36 t.ha^{-1} . Citeau *et al.* (2008) et Verheijen *et al.* (2009) rappellent que toute perte supérieure à 1 t.ha^{-1} (soit un peu plus d'un millimètre de sol par an) est irréversible sur les 50 à 100 ans, compte tenu de l'échelle de temps nécessaire à la formation des sols.

Cette perte en terre s'accompagne aussi d'une **diminution des taux de matières organiques** consécutive à une utilisation de produits chimiques sur les parcelles. Cela a des répercussions directes sur la structure du sol (§ 2.1), mais aussi sur l'absence d'agents biologiques dans les sols. Une diminution de la fertilité des sols est une des conséquences irrémédiables de cette atteinte au fonctionnement biologique et à la perte en terre (Verheijen *et al.*, 2009).

2.2.2. Les dégâts recensés dans les zones urbanisées

En France, de 1985 à 2000, 17 282 coulées boueuses survenues dans 11 415 communes ont fait l'objet d'un arrêté de catastrophe naturelle (IFEN, 2005). Le nombre élevé des secteurs devant faire face à des dégâts justifie que nous nous intéressions à leur gestion. Les dégâts répertoriés à l'aval concernent essentiellement les infrastructures : celles relatives aux habitations (figure 2.10) et celles relatives aux biens collectifs (routes, mobilier urbain, *etc.*) et aux ouvrages techniques mis en place (barrages, ponts).



Figure 2.10 : Exemples de dégâts dans les zones urbanisées. a et b. A Blotzheim (Haut-Rhin – Clichés : Armand, 2003); c. En Belgique (Cliché : Evrard) ; d. A Landser (Haut-Rhin – Cliché : Auzet, 2003)

La valeur exacte des coûts supportés suite à des coulées boueuses est délicate à déterminer par manque de données ou difficulté à estimer certaines pertes (Vinet (2007) répertorie tous les freins à l'estimation des pertes dans le cadre des inondations. Ses remarques sont aussi valables pour les coulées boueuses). Néanmoins, dans le cadre de travaux récents, des estimations ont été proposées. Ainsi, Evrard (2008) estime à $180 \text{ € ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$ le coût total supporté par les collectivités belges dans la lutte contre les coulées boueuses. Il intègre dans cette estimation, le coût d'installation des mesures de protection et de leur entretien qui s'élève à $126 \text{ € ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$. Puis celui des interventions de nettoyage et les remises en état des infrastructures collectives suite à une coulée boueuse ($54 \text{ € ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$).

Pour l'Alsace, Cerdan *et al.* (2009) ont également élaboré une méthode de détermination des coûts supportés par les communes suite à des coulées boueuses. Elle prend en compte les devis et estimations faites par les victimes (entreprises, collectivités ou habitants). Malgré de fortes variations interannuelles (en fonction de l'occurrence et de l'intensité des phénomènes), ces auteurs arrivent à une moyenne de 3,8 millions d'euros par an (sur une période comprise entre 1984 et 2006). En rapportant ces chiffres au nombre d'habitants affecté par ce type de phénomène, $578 \text{ € hab}^{-1}.\text{an}^{-1}$ seraient dépensés pour les coulées boueuses.

L'existence des barèmes officiels relatifs aux franchises en place (code des assurances de la loi n° 82-600 du 13 juillet 1982 modifiée) dans les procédures d'indemnisation (tableau 2.4) permet également d'estimer les coûts supportés, cette fois-ci, par les individus, les exploitants ou les professionnels.

Tableau 2.4 : Modulations et franchises des indemnisations au titre de Cat Nat (MEEDDADT, 1999)

Type de contrat	Biens concernés	Franchise pour dommages liés à un risque autre que la sécheresse	Montant concernant le risque de sécheresse	Modulation de la franchise en fonction du nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle (commune non dotée d'un PPR)
Contrat "dommage"	Habitations	381 €	1 524 €	1 à 2 arrêtés : x 1
	Usage professionnel	10% du montant des dommages matériels (minimum 1143 €)	3 048 €	3 arrêtés : x 2 4 arrêtés : x 3
Contrat "perte d'exploitation"	Recettes liées à l'exploitation	Franchise équivalente à 3j ouvrés (minimum 1143 €)		5 et plus : x 4

Cependant, de grandes incertitudes demeurent dans l'estimation des dégâts. Les barèmes omettent les **pertes difficilement chiffrables** par manque de données ou par difficulté d'estimation. Nous soulignons ici tous les dégâts environnementaux entraînés par les coulées boueuses (pertes en sol, pollution, etc.) mais aussi les pertes de rendement supportées par les agriculteurs ou les pertes financières des entreprises (en termes de production ou de chômage technique). De même, les dégâts pour les habitants ne se limitent pas à des pertes matérielles. Les traumatismes sont sévères (stress supporté, peur d'une nouvelle coulée boueuse) et là aussi de nombreuses pertes ne sont pas chiffrables (souvenirs, préjudice moral). En outre, quelques événements¹² ont entraîné des décès au sein de la population touchée, qu'il est difficile de quantifier. L'importance de la prise en compte de la **perception de ce risque** pour ces populations prend une nouvelle dimension. Les faits matériels ne sont pas les seuls à entrer en compte dans les estimations de pertes suite à ces événements : d'autres données relatives aux **degrés d'acceptation** des dégâts imputés à ce risque sont nécessaires pour avoir une appréciation globale des dommages subis.

La question de la détermination des coûts intéresse de plus en plus les politiques associées à la définition de plans de gestion des risques. Elle permet de contextualiser les mesures à prendre dans des visées budgétaires globales et de mettre en avant les incidences de catastrophes naturelles d'ampleur locale dans des problématiques environnementales générales. De plus, de nombreux économistes s'emparent des problématiques environnementales dans les définitions de plan de gestion économique des risques (technologiques, naturels, de pollution - Bontems *et al.*, 2003; Cochard *et al.*, 2005). Par le biais de l'**utilisation d'outils économiques** (tels que le consentement à payer ou les taxes ambiantes) se pose la question de l'estimation de la contribution financière pouvant être consentie par les acteurs concernés (population, élus, etc.) dans la lutte contre les catastrophes naturelles. Ces outils ouvrent la voie à de nouvelles réflexions notamment sur les systèmes d'indemnisation (Spaeter *et al.*, 2006). L'État souhaite minimiser les cas d'indemnisation, ce qui se traduit concrètement par la mise en place de Plans de Prévention des Risques (PPRI Ruissellement périurbain, car il n'existe pas de PPR spécifique aux coulées boueuses). Cela entraîne une réévaluation des indemnisations attribuées aux sinistrés en fonction du risque présent dans leur zone d'habitat. Les réflexions relatives aux coûts-bénéfices engendrés par la mise en place des systèmes de protection par rapport aux indemnisations attendues par la population sont entamées. Elles remettent en perspective les questions d'intervention des acteurs institutionnels ou non et celles relatives à la légitimité d'actions individuelles et collectives dans les plans de prévention.

¹² A la Vaupalière (en Haute-Normandie) en juin 1997 : 3 personnes sont décédées

2.3. La gestion du risque de coulées boueuses : les mesures « techniques » et la perception des risques dans les politiques de gestion

Cette gestion passe par des actions sur l'aléa ou sur la vulnérabilité. L'aléa peut être diminué par des **mesures curatives** prises au sein du bassin versant (§ 2.3.1). Elles sont mises en place à l'échelle locale, mais décidées à des échelons supérieurs (régional, national ou européen). La compréhension du **rôle** des différents acteurs (§ 2.3.2) dans la gestion des risques naturels permet de contextualiser le choix de mesures. Ces acteurs ont certes des missions et des champs d'action multiples, mais ils peuvent agir à la fois sur l'aléa et/ou sur la vulnérabilité. Le plus difficile est alors de trouver les solutions en adéquation avec les moyens à leur disposition, les contraintes réglementaires et les configurations socio-spatiales des zones sinistrées. Dans notre travail, nous étudierons les actions possibles sur la vulnérabilité en passant par une entrée relative à la **perception des risques** (§ 2.3.3).

2.3.1. Les mesures existantes pour diminuer l'aléa dans les zones cultivées

Les solutions agronomiques définies à l'échelle du bassin versant, permettent de diminuer l'aléa dans les espaces cultivés. Elles se divisent en quatre catégories (figure 2.11) :

- les actions dans les zones **productrices** de ruissellement (à l'amont du bassin versant) ;
- les actions dans les zones **de transfert** des sédiments ;
- les actions dans les zones **de sédimentation** (à l'aval du bassin versant) ;
- les actions qui prennent en compte le bassin versant **dans son ensemble**.

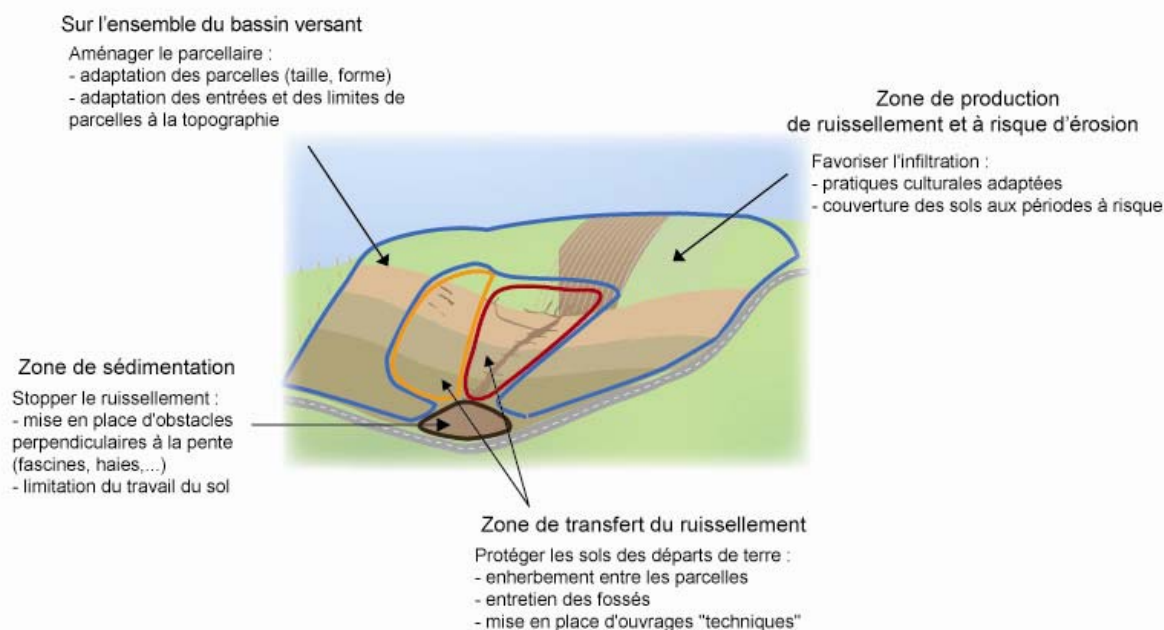


Figure 2.11 : Répartition des mesures agronomiques existantes au sein d'un bassin versant théorique (d'après la Chambre d'Agriculture de Seine Maritime)

Dans les zones **productrices** de ruissellement, l'objectif principal est de favoriser l'infiltration afin de diminuer au maximum la formation de ruissellement d'une part, et l'érosion d'autre part. Les principales mesures sont liées à l'utilisation de techniques culturales favorisant l'infiltration (le non labour) et à la présence d'une couverture végétale lors des périodes à risque.

Le non labour correspond aux Techniques culturales Sans Labour (TSL). Il s'agit de :

- conserver des **résidus végétaux** en surface (le « mulch ») qui correspondent aux résidus des cultures précédentes. Contrairement à un itinéraire suivi lors d'un labour conventionnel, ils ne sont pas enfouis dans le sol mais gardés en surface ;
- conserver les **taux de matières organiques** des sols. Ils sont garants de leur stabilité et de ce fait de leur capacité à résister aux départs de terre.

La présence d'une **couverture végétale** (cultures, prairies) lors des périodes à risque permet aussi de protéger les sols, d'intercepter les gouttes de pluies et de limiter la formation du ruissellement et celle de l'incision des sols. Dans le cas des coulées boueuses survenant à la période printanière, les inter-cultures, les cultures d'hiver (recouvrant le sol au printemps) permettent de réduire l'érosion des sols. Comme nous avons pu l'évoquer précédemment (§ 2.1.3), l'organisation du calendrier cultural est important pour limiter l'érosion.

Dans les zones **de transfert**, les mesures prises concernent la protection des sols contre les départs de terre et contre l'incision due au ruissellement provenant de l'amont. Les bandes enherbées ou les zones d'enherbement entre les parcelles piègent les sédiments (tableau 2.5) et acheminent l'eau vers des zones d'infiltration, sans inciser les sols. Elles sont placées en bordure de parcelles (à l'interface entre deux parcelles) ou entre une parcelle et un chemin (afin de stopper la progression du ruissellement vers l'aval).

Tableau 2.5 : Synthèse de la capacité de rétention des sédiments par des bandes enherbées (références issues de Van Dijk, 2001)

Largeur (en m)	Capacité de rétention des sédiments (en %)	Références
0,6 et 4,9	les deux à 90	Niebling & Alberts (1979)
1,5	40 - 80	Line (1991)
3 - 6,1	72 - 95	Line (1991)
4,6	81	Dillaha et al. (1987)
9,1	91	Dillaha et al. (1987)

La remise en herbe des chemins préférentiels de l'eau est une alternative à la protection des sols. Il s'agit essentiellement de l'enherbement des fossés et des talwegs : la mise en herbe de ces collecteurs permet de capturer des sédiments sans entraver l'acheminement de l'eau vers l'aval. Il faut alors que les réseaux de canalisation, les buses et les drains qui vont récupérer cette eau soient suffisamment dimensionnés et entretenus pour éviter tout débordement (figure 2.12).



Figure 2.12 : Atteinte au réseau d'écoulement lors d'une coulée boueuse à Soultz les Bains (Alsace – Clichés : Région Alsace, 2003)

Dans les zones de **sédimentation**, le ruissellement doit être stoppé avant d'atteindre les zones habitées ou les infrastructures collectives. Les TSL prouvent leur efficacité dans les zones aval : elles limitent de nouveaux départs de terre et permettent de ralentir une partie du ruissellement provenant de l'amont.

De **petits ouvrages de protections**, comme les fascines, les haies, *etc.* permettent de piéger les sédiments (figure 2.13). Ils s'implantent perpendiculairement à la pente ou en bout de parcelles et retiennent les particules de sols érodées. Ce type d'ouvrage permet de ne retenir que les sédiments : les eaux ruisselées provoquent tout de même des dégâts dans les zones aval, mais ceux-ci sont moins importants puisque les eaux ne sont que très faiblement chargées en sédiments.



Figure 2.13 : Exemple de fascines (Seine Maritime – Cliché : Armand, 2004)

Pour retenir les eaux ruisselées et dans le but de protéger les zones urbanisées, des solutions techniques peuvent être implantées à l'aval des parcelles agricoles. Il s'agit des bassins de rétention (figure 2.14), des bassins écrêteurs ou des récupérateurs d'eau de pluie. Ces ouvrages sont dimensionnés de sorte à recueillir les eaux de pluie et de ruissellement provenant de l'amont. Les eaux ainsi captées n'atteignent pas les zones habitées, limitant ainsi les dégâts. Néanmoins, ce type d'ouvrages a un coût de construction plus élevé que les petits ouvrages de protection et nécessite un entretien constant (estimé à 10% de leur coût de construction – Le Bissonais *et al.*, 2003). Leur efficacité est aussi intimement liée à leur emplacement dans le bassin versant (des bassins de rétention ont déjà été court-circuités par la formation de nouvelles connections entre parcelles et zones urbaines) et leur dimensionnement.

Fréquemment, une association de solutions « techniques » et agronomiques est préconisée : les premières laissant du temps pour la mise en place de modifications dans le parcellaire. Ducatez (2005) cite en exemple le cas d'un bassin versant en Seine Maritime, où l'implantation de 2 700 m de bande enherbée a permis un gain sur le volume ruisselé de 32% et un ralentissement de l'infiltration de 74%. De ce fait, la mise en place des 2 700 m de bande enherbée a baissé de 1/3 la capacité du bassin de rétention implanté (d'une capacité de 16 000 m³) et permis la réinfiltration des 2/3 du débit régulé par l'ouvrage.



Figure 2.14 : Bassin de rétention des eaux (Alsace - Clichés : Armand)

Toujours à l'échelle des bassins versants, les actions sur l'aménagement global du parcellaire s'avèrent positives. Comme nous avons pu le voir, les alternances de cultures sur un même versant favorisent l'infiltration des eaux de ruissellement (§ 2.1.3). Mais pour limiter les transferts de sédiments, les longueurs de parcelles supérieures à 200 m sont à éviter (Auzet, 1990) : la présence d'obstacles (bandes enherbées, par exemple) évite la propagation du ruissellement et l'arrachement des sédiments.

De même, une adaptation des limites de parcelles évite la concentration du ruissellement. Les actions se limitent bien souvent à des rehaussements de ces limites par des talus (figure 2.15) ou la mise en place de petits ouvrages de stockage du ruissellement dont le but est de créer des obstacles au ruissellement et limiter les incisions (plis, diguettes, retenues collinaires).



Figure 2.15 : Rehaussement de limite de parcelle
(Seine Maritime – Cliché : Armand, 2004)

Qu'elles soient prises à l'échelle de la parcelle, du versant ou du bassin versant, les solutions existantes ont des effets positifs sur la diminution du ruissellement et de l'érosion. Ces effets seront d'autant plus importants que ces mesures seront diversifiées. Les actions doivent, de ce fait, s'accompagner d'une forte volonté que ce soit de la part des agriculteurs ou des instances politiques en charge de la gestion des coulées boueuses. La connaissance de leurs **échelles d'intervention** et des moyens dont ils disposent est primordiale. Elle fait aussi partie de la compréhension des processus de lutte contre les coulées boueuses.

2.3.2. Les interactions entre les acteurs intervenant dans les politiques de gestion

En sociologie, l'**acteur** se définit comme une personne qui agit, un actant qui peut être un sujet humain, une collectivité, une organisation (c'est-à-dire une construction sociale telle qu'un groupe, une classe, etc.). L'entrée par l'acteur est intéressante en géographie car elle permet d'analyser la dynamique des contenus sociaux dans les espaces géographiques (Di Méo et Buléon, 2005). Les acteurs agissent à des échelles différentes : un acteur individuel n'aura pas la même portée qu'un acteur collectif. Mais dans les deux cas, il est producteur de l'espace géographique : il est territorialisé.

Cette territorialisation se retrouve dans les études relatives à l'aménagement des espaces par rapport aux risques encourus. Bien souvent ces études privilégient les aspects techniques, c'est-à-dire la détermination des zones habitables ou du type d'habitat à implanter. Elles négligent trop souvent la dynamique des lieux et notamment les interactions entre les différents acteurs qui y sont présents. Le territoire est bien souvent l'objet d'un véritable jeu de pouvoirs lié à l'appropriation des ressources qui y sont présentes et constitue un espace d'inter-relations sociales. Ces pouvoirs n'incombent pas seulement aux gouvernants mais concernent l'ensemble des acteurs sociaux présents (Didsbury, 1999).

Dans le cas des coulées boueuses, une étude des réseaux d'acteurs à une échelle globale, par les interventions d'instances administratives supérieures ou par la prise en compte de directives politiques nationales ou européennes devait figurer apparaître (figure 2.16). En effet, à chaque niveau de décision incombe une responsabilité précise : l'État, la Région, le Département, la municipalité et certains organismes locaux interviennent dans la gestion des coulées boueuses, que se soit en relation avec une gestion administrative du problème ou avec la mise en place de campagne de prévention-information.

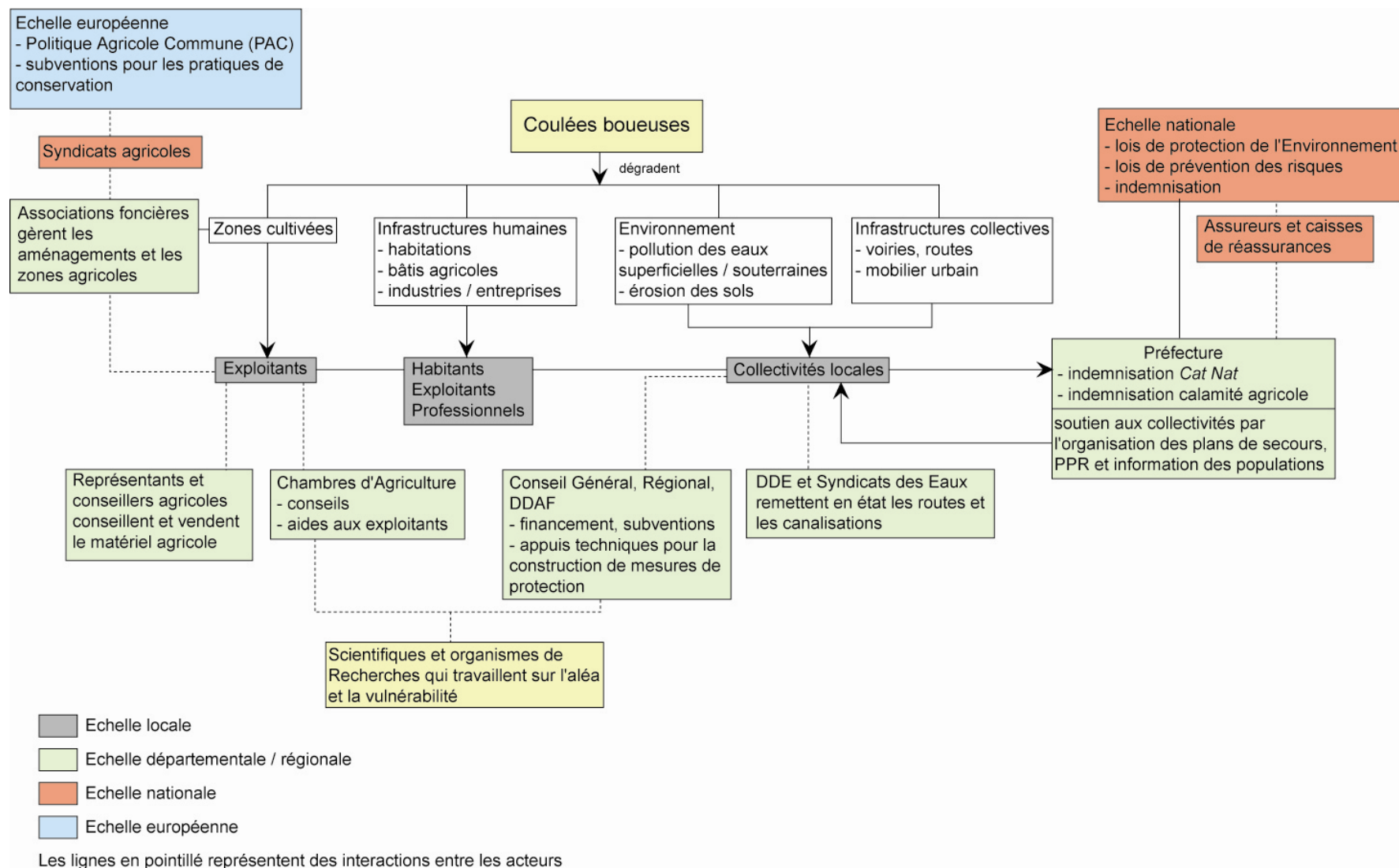
Apparaissent au niveau **européen**, les réglementations issues de la Politique Agricole Commune (PAC) qui déterminent les subventions allouées aux agriculteurs (pour les types de cultures ou les techniques agronomiques adoptées - Bureau, 2007).

Au niveau **national** se retrouvent l'État qui légifère les politiques de réglementations et instruit les dossiers d'indemnisation au titre de catastrophes naturelles et les assureurs ou réassureurs, qui interviennent dans les indemnisations des sinistrés qu'ils soient résidents, exploitants (dans le cas d'indemnisation au titre de calamités agricoles) ou entrepreneurs et industriels.

A l'échelle **régionale ou départementale**, la Préfecture recense et cartographie les risques présents dans les communes. Elle organise les secours et constitue les dossiers d'indemnisation de catastrophes naturelles. Elle est secondée par le Conseil Général qui doit définir les territoires vulnérables à aménager en priorité et qui doit suivre la construction des aménagements. Le Conseil Régional se préoccupe de plus en plus des questions environnementales soulevées par les coulées boueuses : il intervient dans cette problématique par le biais de financement d'études scientifiques sur l'aléa et la vulnérabilité. Certains services déconcentrés de l'État (Direction Départementale de l'Agriculture et des Forêts - DDAF, Direction Régionale de l'Environnement - DIREN) sont responsables, entre autres, d'études environnementales sur les impacts des coulées boueuses ou d'études hydrauliques dans le cas de construction d'ouvrages de protection. Les Directions Départementales de l'Équipement (DDE) interviennent dans la remise en état des réseaux routiers et les syndicats des Eaux, dans celle des réseaux de canalisations. Enfin, à cette échelle, les syndicats agricoles exercent des pressions sur les politiques agricoles actuelles décidées à des échelons européens (pour la modification des cultures bénéficiant de prime, un changement de la PAC, etc.).

Le niveau **communal** comprend des interactions entre les populations qui subissent les coulées boueuses et exercent des pressions sur les acteurs décisionnels (la mairie essentiellement), les agriculteurs au rôle fondamental dans l'organisation des parcelles agricoles au sein des bassins versants et les municipalités qui doivent diffuser les informations aux habitants sur les risques encourus dans les communes. Les mairies doivent également gérer les aménagements et les plans d'urbanisme des communes. Sur ce point, interviennent également les associations foncières qui sont des associations syndicales visant à réunir tous les propriétaires fonciers d'un site afin d'assurer une gestion collective des terrains à vocation agricole ou pastorale. Elles sont chargées de la réalisation, de l'entretien et de la gestion des travaux et des ouvrages qui permettent la mise en valeur agricole et l'entretien des parcelles. Toujours au niveau communal, les représentants de vente de produits agricoles et conseillers agricoles, par leurs recommandations aux agriculteurs, ont un poids considérable : ils conseillent des types de semences, engins agricoles et de ce fait influencent les façons de travailler le sol. À l'image des conseillers agricoles, certains organismes consulaires (la Chambre d'Agriculture, par exemple) prodiguent également des conseils et préconisent des types de mesures à mettre en place. Ils travaillent aussi bien avec les agriculteurs qu'avec les élus locaux qui demandent leur soutien notamment dans le cadre de décisions d'aménagement dans les parcelles.

Figure 2.16 : Interactions entre les différentes échelles de décision : locale, nationale et européenne



Nous nous sommes particulièrement intéressée à l'échelle locale, notre cartographie et les enquêtes étant établies à cette échelle. Elle n'est pas exempte de complexité même si les acteurs intégrés dans la gestion des coulées boueuses à cette échelle n'ont pas forcément tous un rôle administratif, tous ont des possibilités d'action.

Les interactions que nous avons définies à cette échelle nous amènent à nous questionner sur les **enjeux politiques** : à l'échelle locale, les tensions soulevées par les dommages liés aux coulées boueuses effrayent bien souvent les équipes à la tête de la municipalité. Les réélections sont souvent mentionnées et cela détermine les **responsabilités** avant (ou le plus souvent après) une catastrophe. De nombreux rôles sont attribués aux responsables désignés : ils doivent alors prendre en charge les dégâts dans les zones urbanisées, dans les parcelles mais doivent également gérer les conflits intra-communaux et entre des communes situées dans un même bassin versant.

Le débat sur les responsabilités est intéressant car il permet de pointer les améliorations à apporter aux systèmes de gestion des catastrophes naturelles. En effet, par une compréhension fine des acteurs concernés et de leur poids ou niveaux de responsabilités conférés par les autres acteurs dans la gestion des risques, il est possible de voir à quel niveau agir et quels acteurs privilégier dans les concertations. De ce fait, pour obtenir une image complète des types d'interactions entre les acteurs, il devient nécessaire d'accompagner les études sur les risques d'une analyse de leurs perceptions. De même, la **perception des risques** dans la gestion des coulées boueuses permet de pointer les interlocuteurs (en termes de confiance et de légitimité d'actions) privilégiés par les individus ou les collectivités.

2.3.3. L'intégration de la perception des risques dans la gestion des coulées boueuses

Mathieu (2004) rappelle que les différences d'activités montrent les différences de perceptions pour une problématique précise. Dans le cadre de son étude sur les itinéraires techniques¹³ des agriculteurs, elle met en avant les différences entre la vision des agriculteurs et celle des agronomes. Pour avoir un accès aux conceptions locales, elle insiste sur la nécessité de passer par des enquêtes auprès des différents intervenants dans la gestion agricole. A partir des mots et des phrases utilisés, non appliqués pour désigner des « choses » mais des concepts mentaux (c'est-à-dire la façon dont un groupe arrive à se représenter les choses), elle reconstitue les perceptions des agriculteurs et des agronomes.

Les **dispositifs** mis en place pour neutraliser les risques sont intimement liés aux activités humaines : ils comportent des aspects techniques et non-techniques. Les cadres institutionnels se réfèrent aux techniques, aux savoirs et à la nécessité de maintenir l'ordre public, la sécurité, tandis que les intérêts des particuliers sont liés aux croyances, à l'arbitraire, à leur **perception du risque**.

Dans le cas des coulées boueuses, l'augmentation de l'occurrence et des dégâts répertoriés résulte d'une augmentation de la densité humaine, d'une occupation agricole parfois inadaptée et de son impact sur les formations superficielles. Les sociétés sont alors amenées à développer des mesures pour diminuer l'aléa (bassins de rétention, récupérateurs d'eau de pluie) ou la vulnérabilité (prévention, information, modifications des comportements).

¹³ Les itinéraires techniques désignent les choix retenus en vue d'implanter une culture : c'est-à-dire le choix des outils, des fertilisants, des semis, de la protection, de la période de récolte, etc. (Soltner, 2000).

Les actions sur la vulnérabilité passent, selon nous, par une meilleure connaissance des niveaux de perception des acteurs qui gèrent les problèmes environnementaux. Leurs attentes ne sont pas les mêmes et les espaces sensibles aux coulées boueuses deviennent alors des lieux de **médiation**, de **négociation** et parfois de **conflit** quant aux aménagements ou aux actions à mettre en place. La compréhension des relations coopératives ou conflictuelles entre les acteurs déterminent quels sont les outils nécessaires à une gestion environnementale concertée. Elle est complémentaire à la connaissance des niveaux de perception des risques. Ces derniers permettent d'adapter les mesures de prévention ou de réduction du danger aux systèmes de référence des individus (ou des institutions).

Notre étude des perceptions des coulées boueuses doit permettre de répondre à quatre objectifs principaux (figure 2.17) :

- **adapter** les discours et les campagnes d'information aux niveaux de connaissance et de vulnérabilité des individus ciblés ;
- pouvoir **proposer** des solutions de protection qui conviennent à la fois aux réglementations, aux contraintes sécuritaires et aux efforts prêts à être consentis par les acteurs concernés (efforts financiers, comportementaux, etc.) ;
- **identifier** les interlocuteurs auxquels la confiance et la légitimité de gouvernance sont accordées. Ces deux points sont essentiels, notamment pour atteindre une efficacité maximum dans la conception et la compréhension des messages de prévention ;
- **localiser** les zones où des actions sur la vulnérabilité sont prioritaires. Elles correspondent aux zones où les différences entre risque avéré et perception sont les plus importantes.

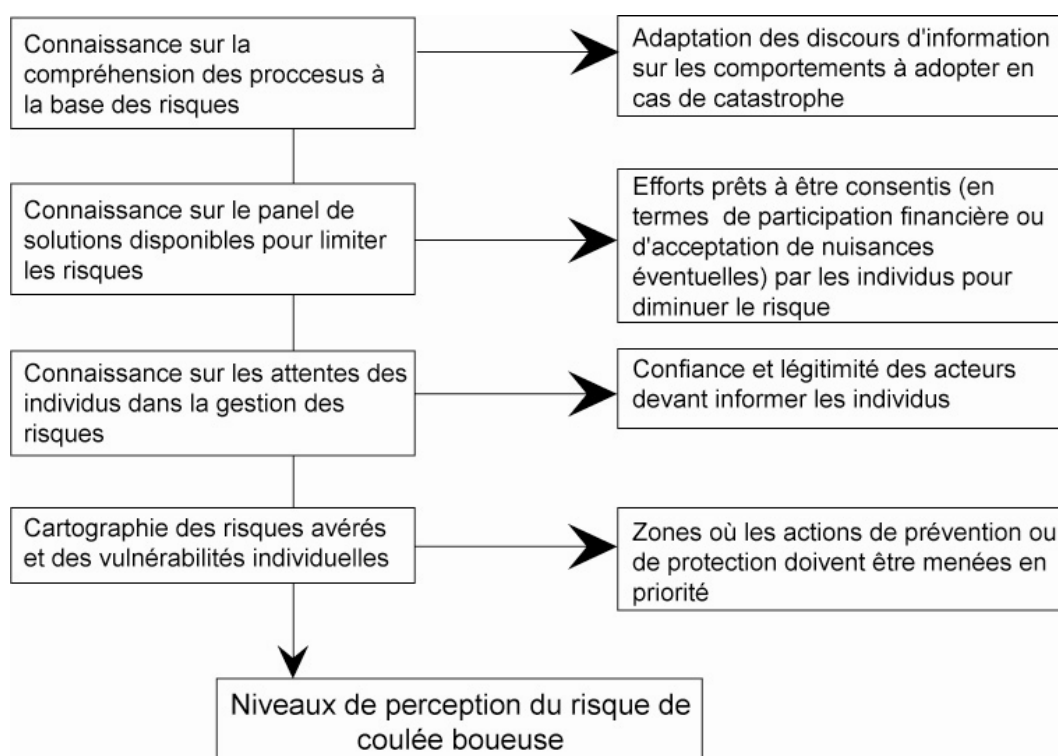


Figure 2.17 : Données et informations déduites des niveaux de perception du risque de coulées boueuses

Plus spécifiquement, dans notre étude, la définition des niveaux de perception des risques s'appuie conjointement sur des facteurs psychométriques, culturels et sociaux. Nous intégrons la dimension spatiale par le poids donné à la proximité de l'aléa déduit de la configuration en zones de ruissellement. Les degrés de perception des risques nous servent également à calculer les indices de perception (Chapitre 6). Ces indices reposent sur trois aspects :

- la **connaissance** du risque en estimant les degrés d'importance donnés à des facteurs intervenant dans la formation ou la propagation des coulées boueuses ;
- la **familiarité** du risque (par l'évaluation des niveaux d'information des acteurs enquêtés) ;
- le caractère **réductible** du risque c'est-à-dire la perception du rôle que peuvent avoir les aménagements agricoles, techniques ou environnementaux dans la réduction des dégâts consécutifs à une coulée boueuse.

Ces indices sont associés à l'expérience vécue ou au caractère menaçant que représentent les coulées boueuses pour les enquêtés. De plus, un indice de comportements annoncés en cas de catastrophe complète la traduction des degrés de perception du risque de coulées boueuses obtenus par le biais de nos enquêtes de terrain.

Conclusion

Les coulées boueuses proviennent de l'érosion hydrique des sols agricoles. Entrent en ligne de compte :

- le **climat**, dominé par des variations saisonnières fortes et des précipitations intenses aux périodes où la couverture végétale est faible ;
- la **topographie** avec les valeurs de pente et les réseaux naturels de collecte des eaux de ruissellement ;
- la **capacité d'infiltration des sols**. Elle est tributaire de la structure, de la texture et de la **nature** des sols. Les sols à dominante limoneuse présentent une faible stabilité structurale, sensibles au détachement par les eaux de ruissellement ;
- la **variabilité spatiale de l'occupation des sols** (cultivés et urbanisés) qui va influencer la propagation des coulées boueuses. Il s'agit d'identifier la répartition des types de sols, des cultures mises en place, des interfaces entre les zones cultivées et les espaces urbanisés, *etc.*

Les conséquences associées aux coulées boueuses se répercutent dans les zones urbanisées, dans les parcelles cultivées ou directement sur la qualité de l'environnement (par la présence de taux de pollutions dans les cours d'eau, les sols, *etc.*).

Pour limiter au maximum les effets néfastes des coulées boueuses, des mesures existent : elles consistent en des solutions agronomiques ou techniques permettant de diminuer l'aléa et prennent place dans :

- les zones **productrices** de ruissellement (à l'amont du bassin versant) ;
- les zones **de transfert** des sédiments ;
- les zones **de sédimentation** (à l'aval du bassin versant) ;
- l'ensemble du bassin versant.

Les actions de réduction de la vulnérabilité se traduisent par la mise en place de réglementation, par l'estimation des zones à risques et la détermination de plans de secours en cas de catastrophe. Mais ces actions ne suffisent pas à diminuer les dommages et désormais d'autres facteurs de la vulnérabilité doivent être considérés.

Notre démarche se focalise sur un élément peu utilisé dans la caractérisation de la vulnérabilité : il s'agit de la prise en compte de la **perception** des risques et de son action potentielle sur sa réduction. Cette approche nous paraît intéressante à plusieurs titres : tout d'abord, elle nécessite une connaissance fine et détaillée des **acteurs** intégrés dans les problématiques de gestion des coulées boueuses. Puis, elle permet d'identifier des facteurs perçus comme importants dans la formation des coulées boueuses par les populations concernées mais aussi de connaître les comportements des individus soumis au risque afin d'adapter les messages d'informations et les méthodes de prévention. À ce sujet, la spatialisation des niveaux de perception du risque de coulées boueuses aident à pointer rapidement les zones où des actions de prévention doivent être prioritairement initiées.

Pour plus de clarté, l'ensemble de notre démarche est reprise dans la figure 2.18.

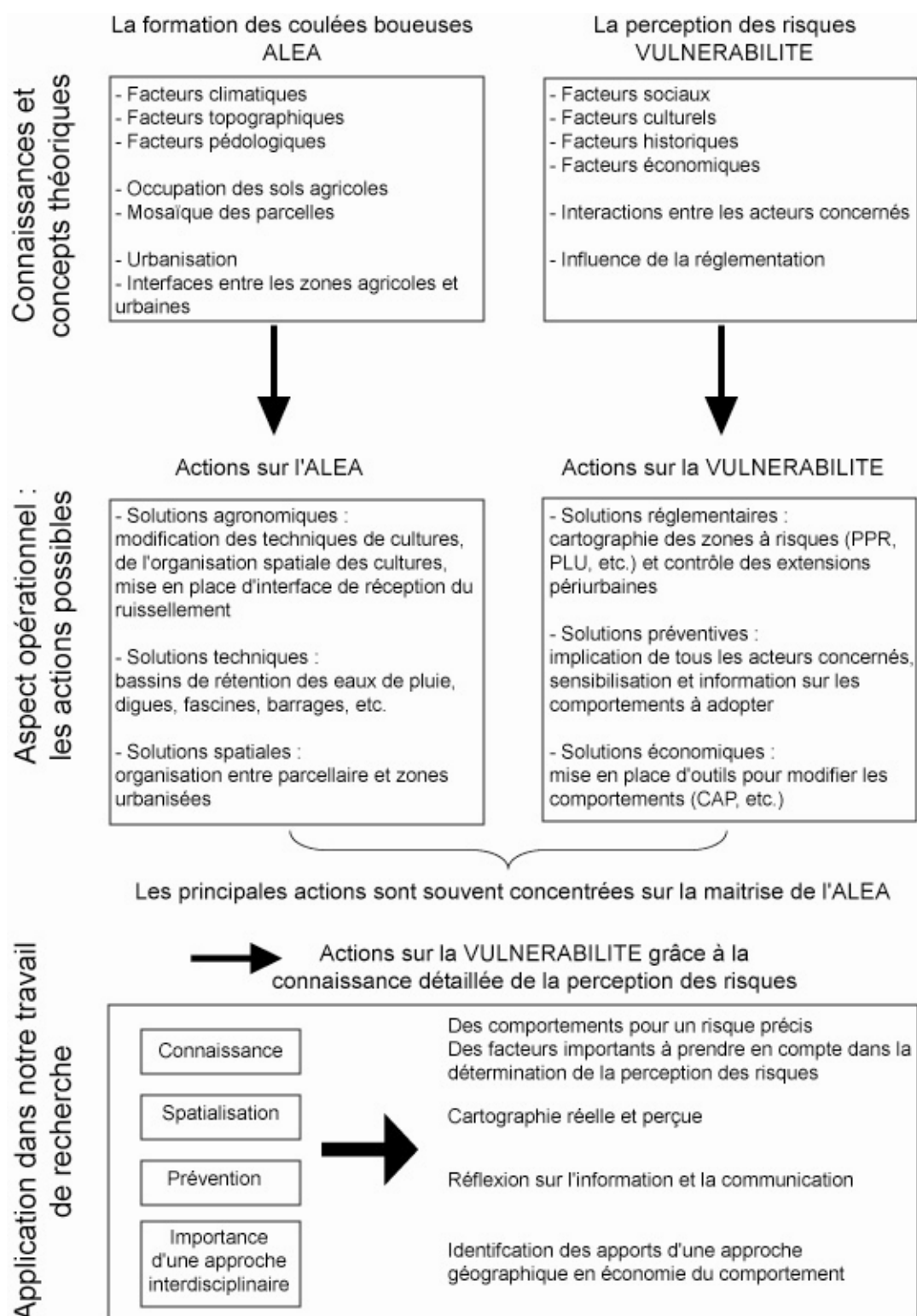


Figure 2.18 : Synthèse des connaissances théoriques dans la problématique des coulées boueuses

PARTIE 2. Comment appréhender la perception du risque de coulées boueuses dans une région vulnérable ?

L'objet d'étude (les coulées boueuses) ainsi que les spécificités de l'Alsace et plus précisément celle des sites d'étude justifient les **choix méthodologiques** concernant d'une part le plan d'échantillonnage et d'autre part les acteurs sélectionnés.

Dans certains secteurs d'Alsace, les caractéristiques naturelles et anthropiques favorisent la formation des coulées boueuses. Nous présenterons chacune de ces spécificités (Chapitre 3) avant d'entrer dans le détail de la méthodologie appliquée et dans celui des communes choisies pour être enquêtées (Chapitre 4). Précisons ici que les sites d'étude de ce travail ont été sélectionnés pour leurs spécificités physiques, mais cela n'empêche pas *a priori* une transposition de notre méthode d'enquête à d'autres milieux ou pour d'autres risques¹⁴. En effet, nos enquêtes ont été construites de telle sorte qu'elles permettent la prise en compte d'un grand nombre d'acteurs, occupant des « fonctions » différentes dans la gestion des risques.

Trois questions principales orientent notre réflexion :

- quelles sont les spécificités « **physiques** » de la région Alsace qui lui procure un statut si particulier dans l'étude des coulées boueuses ?
- quelle est la **méthode de collecte de données** de perception la plus adaptée pour en avoir une transcription la plus fine et proche du réel possible ?
- le **choix d'un échantillonnage spatial** se justifie-t-il dans cette étude ?

¹⁴ Notre questionnaire a inspiré une enquête dans une étude sur les inondations dans la vallée de la Bruche (Alsace). Programme : « Approche interdisciplinaire pour une gestion durable d'un hydrosystème dynamique anthropisé : la basse vallée de la Bruche » coordonné par Payraudeau S. (ENGEES, Strasbourg).

Chapitre 3. L'Alsace : une région régulièrement affectée par des coulées boueuses

L'Alsace présente des caractéristiques physiques et météorologiques favorables à la genèse de phénomènes érosifs qui se traduisent essentiellement par l'apparition de coulées boueuses. Des travaux précédents ont permis d'inventorier et de cartographier les zones soumises à ce risque, notamment par le biais du recensement issu de la consultation des dossiers de catastrophes naturelles (Heitz, 2004 - figure 3.1; Auzet *et al.*, 2005). Grâce à cette cartographie, plusieurs secteurs sensibles ont été identifiés : l'Outre-Forêt (Nord de l'Alsace) ; le secteur de vignoble ; le Kochersberg et le Sundgau (Sud de l'Alsace). Outre le fait de présenter des **caractéristiques physiques** similaires (Auzet, 2000; Armand, 2004), ces secteurs doivent gérer des problématiques proches en termes **d'occupation des sols** (agricoles et urbains).

Cette cartographie, très factuelle, permet de localiser précisément les communes les plus touchées par les phénomènes de coulées boueuses. Mais elle n'explique pas pourquoi ces phénomènes sont récurrents, ni même l'augmentation des dégâts associés. Notre démarche est complémentaire à cette première approche : l'objectif étant d'expliquer les causes de l'absence de diminution des dommages, plus uniquement par une remise en question de l'aléa, mais aussi par une prise en compte des données issues de la **perception des risques**. L'originalité de notre travail est dans l'intégration d'éléments physiques et sociaux, les deux nous semblant nécessaires à la définition d'une politique de réduction des risques adaptée aux communes sinistrées.

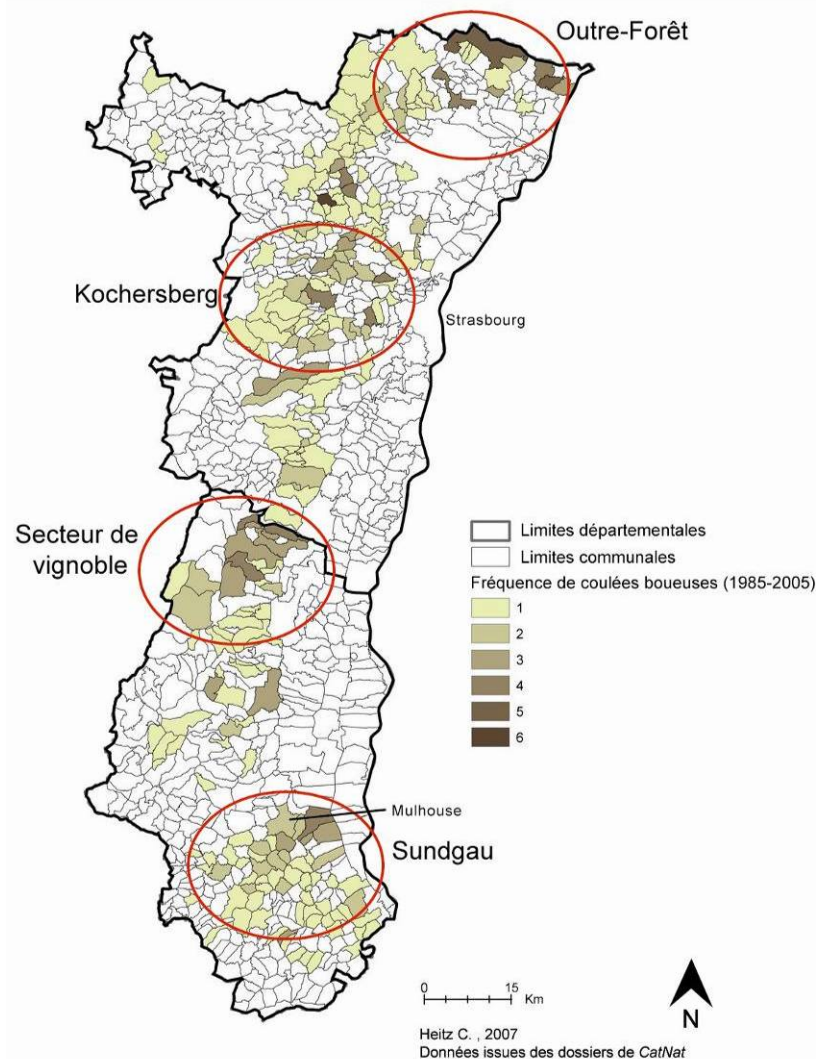


Figure 3.1 : Communes concernées par des coulées boueuses en Alsace (période 1985-2005)

3.1. Des caractéristiques physiques favorables au ruissellement

Les trois secteurs révélés par la carte de répartition des coulées boueuses présentent des caractéristiques topographiques, pédologiques et climatiques proches. D'après les délimitations en petites régions naturelles¹⁵ (Party, 2001b - figure 3.2), il s'agit des secteurs de l'**Outre-Forêt**, du **Kochersberg** et du **Sundgau**. Nous conserverons ces délimitations tout au long de ce chapitre, pour détailler les spécificités de chacun de ces secteurs et mettre en évidence leurs ressemblances permettant ainsi de justifier des comparaisons intersites.

Rappelons ici quelques éléments géographiques significatifs de la région. L'Alsace (8 280 km²) est constituée par un fossé d'effondrement situé entre le massif vosgien (à l'Ouest) et la Forêt-Noire (à l'Est). Elle est traversée du Sud au Nord par un réseau hydrographique important, dont les deux principaux cours d'eau sont le Rhin et l'Ill. Cette région compte 1 826 000 habitants (INSEE, 2007) répartie quasi-également entre les deux départements constitutifs : le Haut-Rhin et le Bas-Rhin. Des détails de la géologie, de la topographie et des conditions météorologiques de la région seront distillés au long de la présentation des sites d'études.



¹⁵ Le découpage de l'Alsace en « petites régions naturelles » repose sur le travail effectué par Vogt. *et al* (1986). La carte des formations superficielles sert de point de départ à la délimitation de secteurs caractérisés par l'homogénéité interne de leurs paysages naturels et agricoles (Party, 2003). C'est notamment le découpage retenu dans la réalisation des Guides des Sols d'Alsace. Le découpage reste assez proche des PRA (Petites Régions Agricoles).

3.1.1. Une topographie dominée par un relief de collines

L'**Outre-Forêt** (figure 3.3) correspond à la partie Nord de l'Alsace. Ce secteur est compris entre la vallée de la Sauer (à l'Ouest), les Vosges et la Lauter (au Nord) et la plaine du Rhin (à l'Est). Le réseau hydrographique est composé de rivières orientées Est à Sud-Est, dont les principales sont (du Nord au Sud) : la Lauter, le Seltzbach, la Sauer et la Moder (Party, 2005). Cette orientation des cours d'eau est d'ailleurs directement influencée par les caractères structuraux de cette zone, constitués par un important jeu de failles (Von Eller, 1976). La géologie est majoritairement composée de dépôts marno-calcaires (dépôts lacustres) parfois entrecoupés de lits schisteux (dépôts marins) correspondant à l'ère tertiaire (Vogt, 1992). La topographie de ce secteur se traduit par une succession de collines limoneuses dont les altitudes moyennes varient entre 300 et 500 m et avec des valeurs de pentes comprises entre 2% et 10% (figure 3.6).

Le **Kochersberg** se situe au Sud de l'Outre-Forêt et en reprend les principales caractéristiques physiques et géologiques (figure 3.4). Le Kochersberg et les collines de Brumath comprises dans cet ensemble sont constitués par un plateau légèrement incliné vers l'Est (Party, 2001a) et un secteur de collines, dont les altitudes varient entre 150 m et 400 m. Ces deux ensembles sont recouverts de dépôts loessiques dépassant les 30 m reposant sur des dépôts marneux datés de l'Oligocène (Party, 2001a). Les principaux cours d'eau (la Zorn, la Mossig, la Bruche et la Moder) suivent une direction Ouest-Est et s'écoulent dans des vallées très humides, y entraînant de fréquentes inondations.

Le **Sundgau** (figure 3.5) se situe au Sud de l'Alsace et correspond à un secteur des petites collines dont les altitudes varient entre 300 et 500 m. Cette zone se démarque des autres par sa complexité structurale : il s'agit d'un compartiment qui a relativement bien résisté à l'effondrement du fossé rhénan (Vogt, 1992) et les contacts avec les autres structures géologiques (plaine du Rhin) se font par le biais des systèmes de failles nombreux dans cette région. De ce fait, le fossé rhénan est nettement surélevé par rapport à la plaine actuelle du Rhin, ce qui se traduit par la présence du fossé de Sierentz et du horst de Mulhouse (Von Eller, 1976). Par le système de collines en place, la topographie du Sundgau présente des pentes comprises entre 2% et 10% (Flota, 1999 - figure 3.6). Ces terrains sont recouverts par des formations tertiaires et quaternaires épaisses surmontées par des limons éoliens.

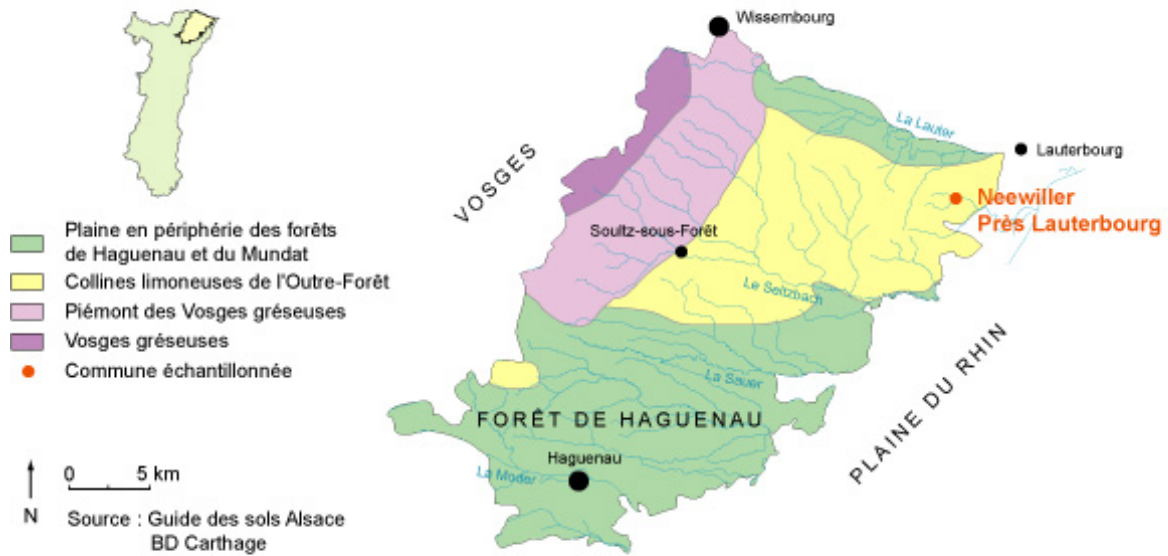


Figure 3.3 : Géomorphologie de l'Outre-Forêt et localisation de la commune échantillonnée

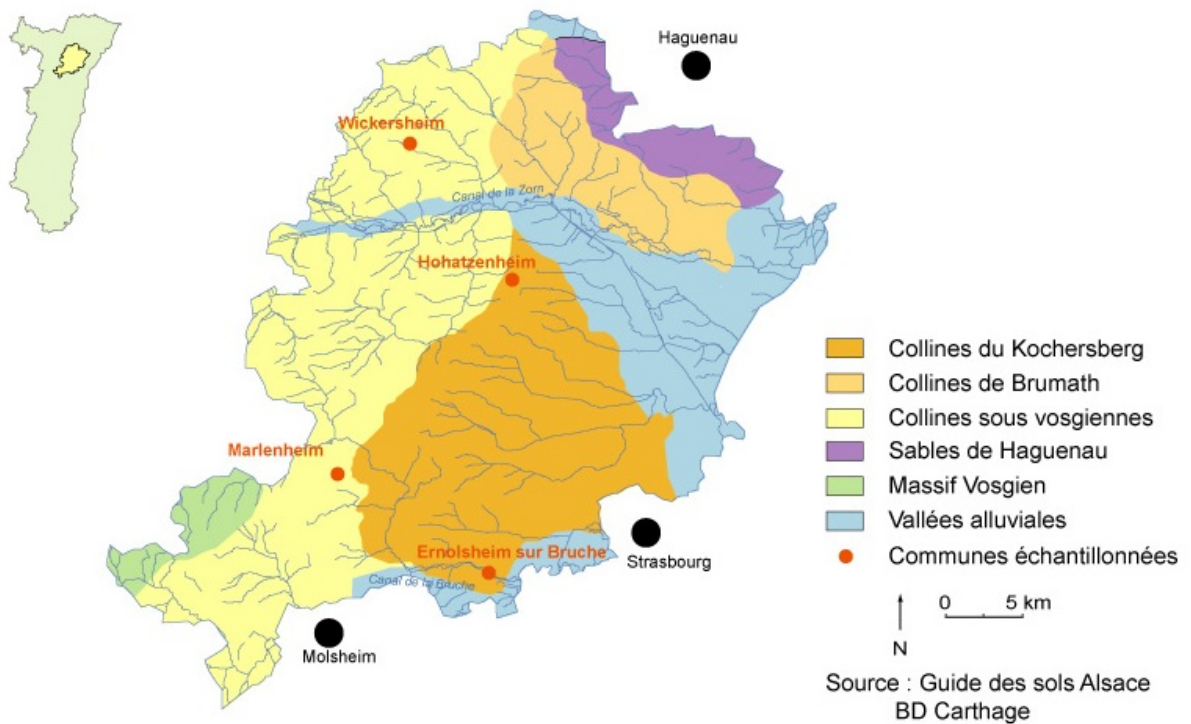


Figure 3.4 : Géomorphologie du Kochersberg et localisation des communes échantillonnées



Figure 3.5 : Géomorphologie du Sundgau et localisation des communes échantillonnées

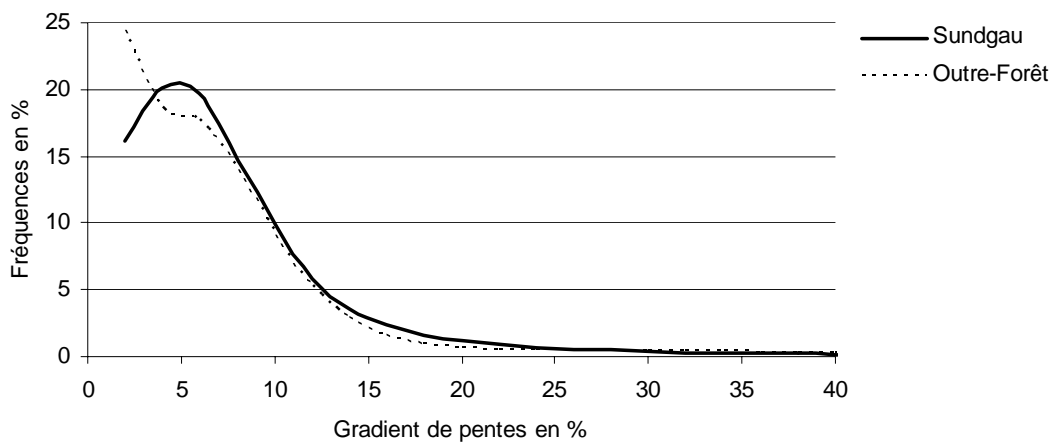


Figure 3.6 : Distribution des pentes dans l'Outre-Forêt et le Sundgau (Van Dijk, 2001)

3.1.2. Des sols limoneux sensibles à la battance

L'importance des types de sols dans la formation des coulées boueuses a été soulevée dans de nombreuses études (Monnier *et al.*, 1986). En Alsace, il s'agit essentiellement de sols limoneux favorables à la battance, dont la stabilité structurale se trouve affaiblie par le travail agricole. De ce fait, nous ne nous attacherons qu'à la présentation des **principales caractéristiques pédologiques** des zones d'étude, dont l'importance est démontrée dans la genèse des coulées boueuses.

Les versants de l'**Outre-Forêt** sont essentiellement recouverts de formations superficielles composées de couches de loess déposées lors de la dernière période glaciaire du quaternaire (le Würm, de -12 à -10 000 ans). L'épaisseur de cette couche varie de 10 à 30 m (Vogt, 1992) selon la situation des dépôts (en sommet de versant, en fond de vallon, *etc.*).

La région du **Kochersberg** est recouverte de loess issus des versants et bas de pente des collines de Brumath, de lehm et d'argiles (à hauteur d'environ 20%). Cette couverture loessique dépasse les 30 m et repose sur des marnes de l'Oligocène. Ces sols ont un fort potentiel de battance car les taux de limons sont proches de 70% et la surface est pauvre en matières organiques (< 2%).

Ces mêmes caractéristiques se retrouvent sur les versants du **Sundgau**, avec des formations superficielles composées de lehm-loess (limons éoliens) dont l'épaisseur peut atteindre 30 m au maximum (dans les fonds de vallons – Vogt, 1992). Ces sols ont une faible stabilité structurale et la formation d'une croûte de battance (lors d'événements pluvieux intenses) limite l'infiltration et favorise le ruissellement.

3.1.3. Un climat aux variations saisonnières importantes

Le climat alsacien est un climat semi-continentale à **influence océanique** avec une prédominance de flux d'Ouest (Acker, 1983). Les précipitations annuelles moyennes sur l'ensemble de la région atteignent 700 mm (Mathies, 1990) et les amplitudes thermiques saisonnières sont marquées (moyenne à Entzheim et Bâle-Mulhouse de 1971-2000 - Météo France). Pour l'ensemble des secteurs étudiés, les orages sont nombreux à la période printanière. Ils sont accompagnés de précipitations dont les intensités mesurées sont en moyenne de 40 mm.h⁻¹ et de 100 mm.h⁻¹ en pointe (Auzet *et al.*, 2005; Van Dijk *et al.*, 2005 - figure 3.7). La topographie même de la région implique des contrastes locaux forts que nous détaillons pour chacune des zones d'étude.

Le cumul pluviométrique de l'**Outre-Forêt** est de 796,4mm à Lauterbourg (station de référence) : le maximum de précipitations se situant durant les mois de printemps. Lors de coulées boueuses passées, les intensités mesurées ont été de l'ordre de : 60 mm.h⁻¹ à Lauterbourg (le 03 juin 2003) ou 40 mm.h⁻¹ à Neewiller près Lauterbourg (le 02 juin 1988).

Le **Kochersberg** (stations de référence Brumath et Strasbourg – figure 3.7) enregistre également des mois de juin-juillet aux fortes précipitations. Les intensités mesurées lors de coulées boueuses sont par exemple, de 52 mm.h⁻¹ à Ernolsheim sur Bruche (le 12 juin 2003) ou de 42 mm.h⁻¹ à Alteckendorf (le 08 mai 2003).

Comme les deux secteurs précédents, le **Sundgau** se caractérise également par un maximum des précipitations qui se situe durant les mois de mai-juin et en été. D'ailleurs, à Landser (commune située dans ce secteur), les intensités relevées lors de l'épisode du 24 mai 2001 atteignent 80 mm.h⁻¹.

Dans les trois secteurs, les sols sont peu couverts en mai-juin (cultures de printemps, houblon ou vignoble) présentant des caractéristiques favorables au ruissellement : les orages et intensités pluviométriques y sont les plus élevés. La majorité des coulées boueuses est d'ailleurs répertoriée à cette période de l'année (figure 3.8).

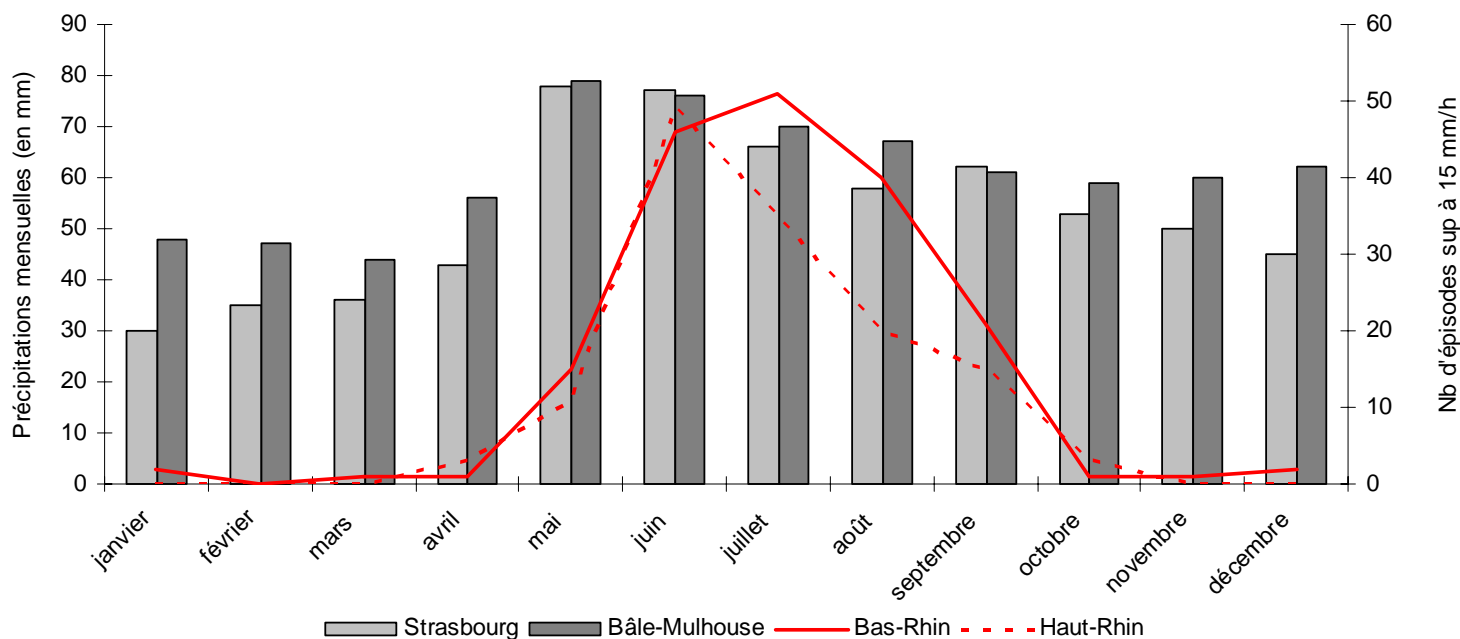


Figure 3.7 : Normales climatiques des sites de Bâle-Mulhouse (1971-2000) et Strasbourg. Cumuls pluviométriques de Strasbourg (1971-2000) : 631 mm. et de Bâle-Mulhouse : 729 mm. et nombre d'épisodes aux intensités supérieures à 15 mm.h⁻¹ sur la période 1968-2007 (Météo France)

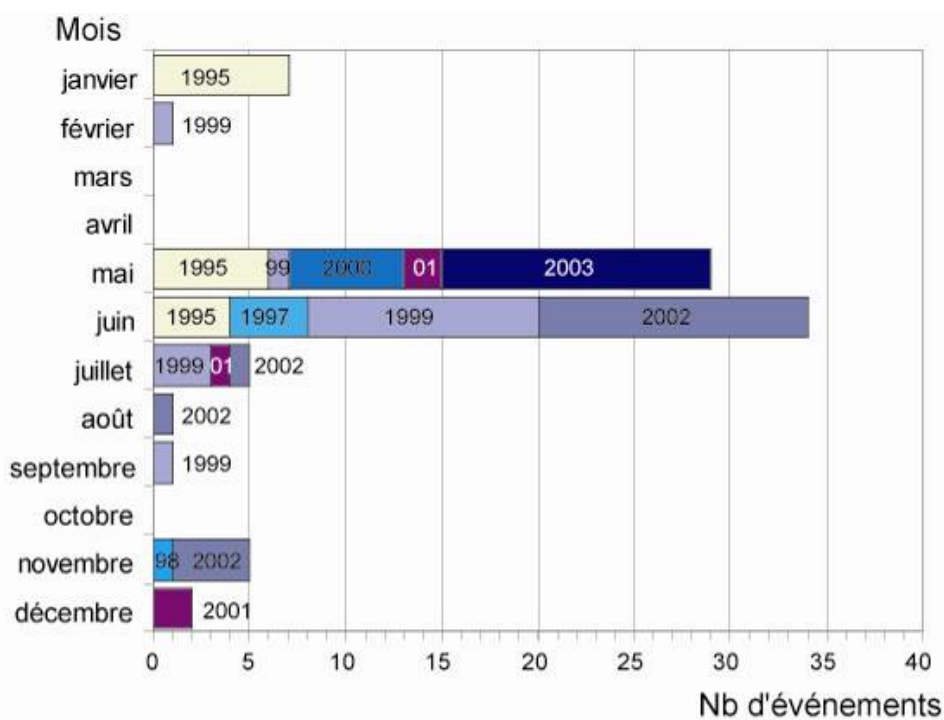


Figure 3.8 : Répartition annuelle des coulées boueuses pour le Haut-Rhin entre 1995 et 2003 (Dossiers d'indemnisation au titre de catastrophes naturelles – Préfecture 68)

3.2. Le rôle de l'occupation du sol dans le risque de coulées boueuses

L'occupation du sol induit des situations à risques, notamment par une diminution des **capacités d'infiltration** des sols (par l'imperméabilisation due à l'urbanisation, par exemple) mais aussi par une perturbation des trajectoires préférentielles prises par les eaux de ruissellement, ou par une modification de points de connexions entre zones cultivées et zones habitées. Afin d'être suffisamment précis, nous verrons séparément les impacts de **l'évolution** de l'occupation des sols générés par des modifications dans les zones **agricoles** (zones de formation), puis celles induites par le développement des espaces **anthropisés** (zones de réception).

3.2.1. Une occupation du sol cultivé accroissant le risque

Les évolutions du territoire cultivé que ce soit en raison du **type de cultures** ou des **techniques agricoles** ont entraîné de nombreuses modifications de ces espaces au cours des siècles passés. Cette question demeure centrale dans la gestion des risques de coulées boueuses. En effet, les impératifs de rendement, le développement de certaines cultures mais aussi les réorganisations au sein même des zones agricoles (essentiellement par le biais des remembrements) ont induit une suppression des zones tampons autour des premières habitations (vergers et prairies, par exemple – figure 3.9). Des zones de retenues d'eau naturelles ont aussi été supprimées au profit de terres agricoles. Cela implique aujourd'hui une augmentation des connexions directes entre zones cultivées et espaces habités : le ruissellement provenant des zones agricoles est entraîné directement vers les zones imperméabilisées, décuplant la vitesse de propagation du ruissellement mais aussi les dommages potentiels aux habitations situées en aval.

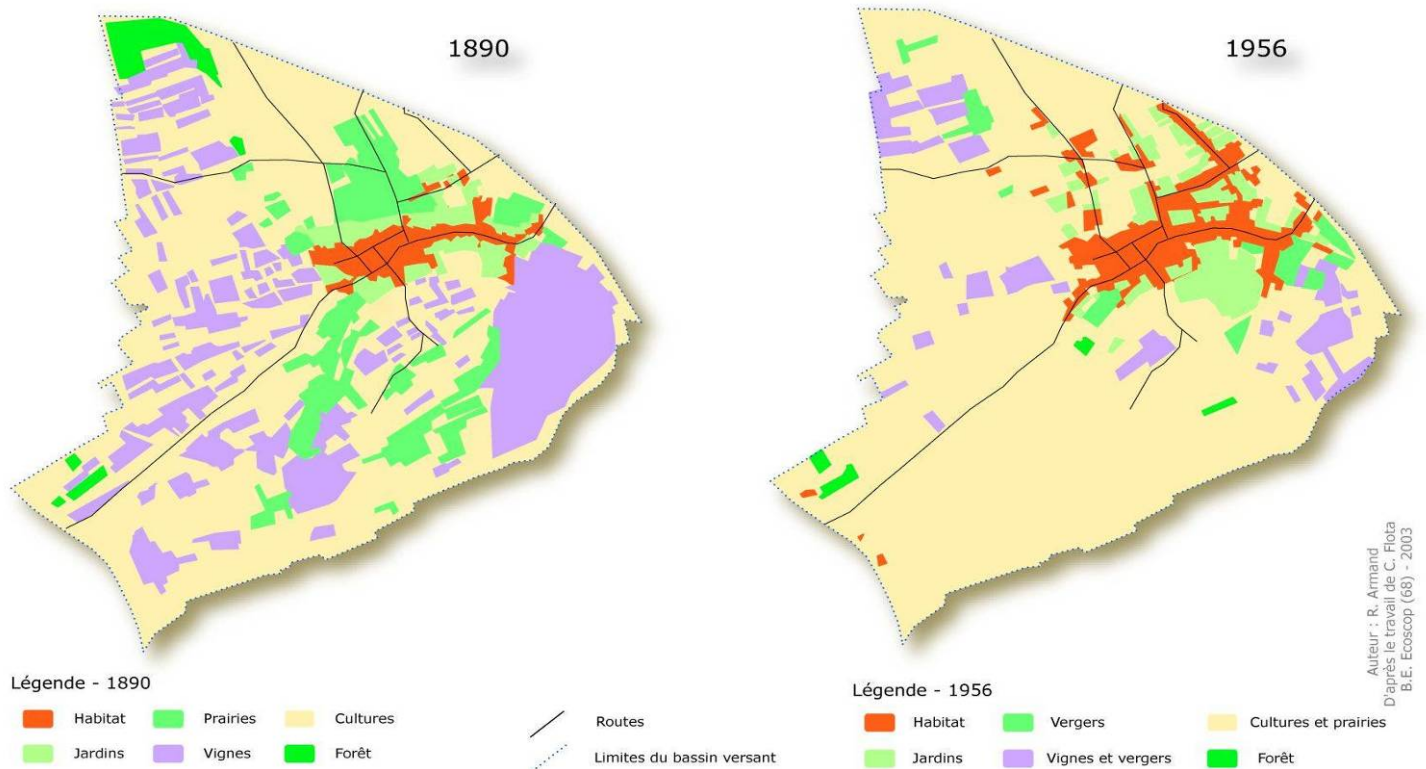


Figure 3.9 : Les mutations de l'occupation du sol dans les bassins versants agricoles (Rixheim, Alsace)

Les surfaces de **prairies** ou de **vergers** ont tendance à diminuer (figure 3.9 et tableau 3.10) au profit des terres labourables entraînant, une fois de plus, une disparition des zones tampons capables de capter les eaux de ruissellement.

Il en va de même pour les surfaces mises en **jachère**. Elles constituent des zones de captage et d'infiltration des eaux de pluie. Elles font aussi partie des moyens naturels de lutte contre la pollution. En effet, les espaces laissés en jachère (mais les conclusions sont identiques pour des espaces de prairies naturelles ou des zones de bandes enherbées¹⁶) permettent de limiter l'acheminement des engrais et pesticides issus des zones cultivées, dans les cours d'eau. La réforme de la PAC (1992) oblige (et aide) les exploitants à mettre en jachère une partie de leur superficie (5% au minimum). En Alsace, leur superficie a d'ailleurs augmenté de près de 2 500% entre 1990 et 2007 (tableau 3.1 - AGRESTE, 2007). Cependant, la loi ne spécifie pas leurs emplacements dans un bassin versant et laisse ce choix à la discrétion des agriculteurs. Ceci implique une réflexion sur les emplacements dans le bassin versant de ces zones non cultivées afin qu'elles soient pleinement utiles en tant que zone d'infiltration des eaux de ruissellement.

Tableau 3.1 : Répartition des cultures dans la Surface Agricole Utile (SAU) en 2007 et évolution entre 1990-2007 en Alsace

	Superficie agricole utilisée (SAU)	Répartition de la SAU des exploitations	Evolution de la SAU (1990-2007)
	ha	%	%
Céréales	182605	54,2	8,5
Oléagineux	5510	1,6	-71,1
Betteraves industrielles	6755	2	29,1
Pommes de terre et légumes frais	3740	1,1	-29,1
Fourrages annuels en terres labourables	17265	5,1	-33,7
Jachères	19770	5,9	2421,7
Total des terres cultivées	238264	70,7	4,5
Total des cultures permanentes	17180	5,1	6,4
Superficie toujours en herbe des exploitations	81375	24,2	-3,9
Superficie toujours en herbe hors exploitations	1765		-46,1
Surface agricole utilisée totale	337869		-1,7

Producteur : Ministère chargé de l'Agriculture (SSP).

Source : Statistique agricole annuelle.

Les cultures de printemps et d'autres cultures telles que le houblon, les cultures permanentes ou certains oléagineux (le tournesol, par exemple) laissent à nu les terres lors de la période orageuse augmentant la probabilité de l'aléa. En effet, le calendrier cultural des cultures de printemps implique une période de 2 mois environ pendant laquelle le sol n'est pas protégé de la pluie par le feuillage. Or, à cette période débute la période des orages.

¹⁶ Les bandes enherbées peuvent être subventionnées si elles sont mises en place dans le cadre de la PAC ou des Contrats d'Agriculture Durable (CAD) ou des Contrats d'Exploitation Territoriale (CTE). Les subventions sont comprises entre 106 € et 450 € par ha.an⁻¹.

Parmi ces cultures, nous retrouvons le maïs. Elle constitue la culture la plus importante en Alsace (54% de la SAU). Cette prévalence du maïs sur les autres cultures peut s'expliquer par :

- son caractère peu contraignant (semis puis récolte avec deux passages d'engrais) qui remporte alors la préférence des jeunes agriculteurs ou des double-actifs (dans le Sundgau notamment) ;
- des conditions naturelles très favorables à sa culture. Les hauteurs d'eau et l'ensoleillement sont suffisants au printemps et en été, les sols limoneux permettent un enracinement profond et une réserve en eau importante. Il en ressort des rendements parmi les plus élevés d'Europe ;
- la prime au maïs fixée par la Politique Agricole Commune qui a également contribué à son développement.

L'absence de couvert végétal en mai-juin n'est pas l'apanage des cultures de maïs. Les mêmes problématiques se retrouvent dans les parcelles de houblon : ici l'enherbement des rangs n'est pas préconisé car il y aurait des concurrences à la pousse (figure 3.10.a). De ce fait, les inter-rangs restent vierges de végétation, augmentant les risques d'érosion des sols en cas de précipitations intenses.

Pour les parcelles viticoles, dont les caractéristiques de recouvrement végétal sont proches du houblon, de nombreux efforts ont été faits afin d'augmenter les zones d'infiltration (par la mise en place de l'enherbement des inter-rangs, Madier, 2007- figures 3.10.b et c). Ces efforts ont permis de réduire considérablement le ruissellement. Nous comprendrons aisément le rôle que va jouer le type de culture mis en place, autant dans la genèse du ruissellement que dans sa vitesse de propagation au sein d'un même bassin versant agricole.

Les facteurs favorisant la probabilité de l'aléa sont résumés dans la figure 3.11. Elle résulte de la concordance entre le calendrier cultural, la couverture du sol et les précipitations.

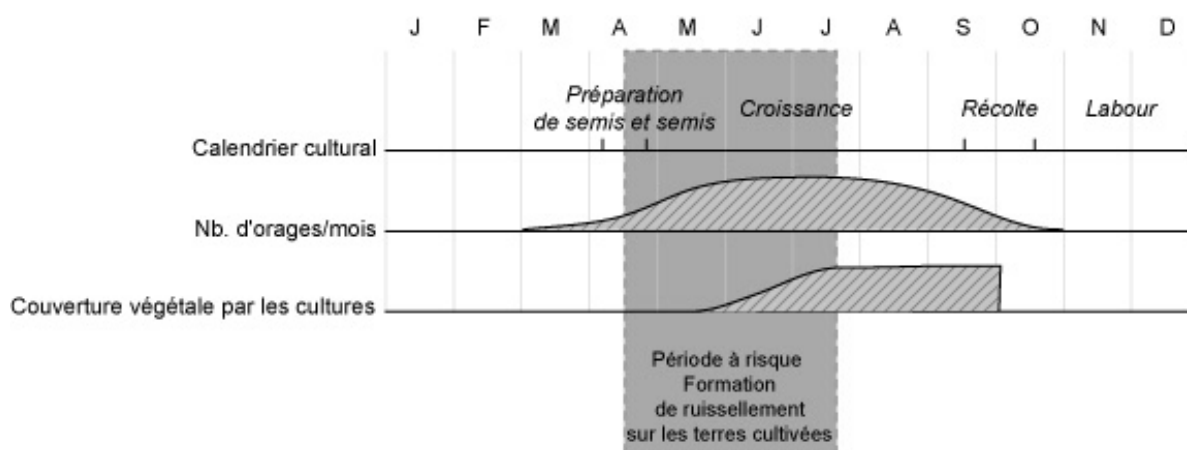


Figure 3.11 : Schéma de la période à risque de formation de ruissellement dans les parcelles cultivées (d'après Armand, 2009)



Figure 3.10 : États de surface des sols en fonction de la culture en place. a. Culture de houblon (Hohatzenheim, Bas-Rhin) : les inter-rangs ne présentent aucune végétation, favorisant les détachements de particules et l'érosion des sols (clichés : Heitz, 2008) ; b. Parcelles de vignes avec des inter-rangs enherbés et c. Parcelles de vignes sans inter-rangs enherbés. Nous remarquons des traces d'érosion dans ces dernières, inexistantes en présence d'un enherbement (clichés : Madier, 2007).

3.2.2. Des pressions foncières dans des zones périurbaines prisées

L'étalement urbain récent dans des espaces anciennement ruraux pose des questions sur : (i) les conditions d'accueil de nouvelles populations et (ii) la mesure des risques dans des zones où sont cumulés aléa et habitants (Granvorka, 2007).

Nous avons déjà évoqué les causes et effets de l'occupation urbaine des sols dans la propagation de coulées boueuses (§ 2.1.3). Rappelons simplement que l'imperméabilisation des surfaces empêche l'infiltration des eaux de pluie et augmente la vitesse de ruissellement des coulées boueuses. Les dégâts répertoriés concernent les habitations (dépôts de boue) et les infrastructures collectives (réseau routier, mobilier urbain, etc. - § 2.2.2). En Alsace, les **surfaces artificialisées** ont augmenté de 1 047 ha.an⁻¹ entre 1984 et 2000 (Région Alsace, 2009 - tableau 3.2). La répartition de cette artificialisation n'est pas homogène sur l'ensemble du territoire : seules 10% des communes concentrent 46% de cette artificialisation. Cette répartition se fait en fonction des offres et services (emploi, proximité d'agglomérations, etc.) présents.

Tableau 3.2 : Evolution de l'occupation des sols entre 1990 et 2000 pour la région Alsace

	1990	2000	Evolution 1990-2000
	ha	ha	%
Territoires artificialisés	79511	82442	3,7
Zones urbanisées	59285	60606	2,2
Zones industrielles ou commerciales, réseaux de communication	13961	15168	8,6
Mines, décharges, chantiers	3908	3916	0,2
Espaces verts artificialisés, non agricoles	2357	2752	16,7
Territoires agricoles	403222	400628	-0,6
Terres arables	261055	259416	-0,6
Cultures permanentes	27537	27526	0
Prairies	48959	48668	-0,6
Zones agricoles hétérogènes	65672	65019	-1
Forêts et milieux semi-naturels	343684	343321	-0,1
Forêts	322890	328956	1,9
Milieux à végétation arbustive ou herbacée	20737	14309	-31
Espaces ouverts, sans ou avec peu de végétation	56	56	0

Producteur : MEEDDAT (CGDD/SOeS).

Source : Corine Land Cover.

Le parc résidentiel alsacien a augmenté de près de 1,4 % entre 1990 et 1999 (INSEE/Région Alsace, 2003) expliquant, une fois de plus, une augmentation de l'imperméabilisation des sols. Les pressions foncières sont fortes en Alsace et les zones périurbaines particulièrement prisées pour de nouvelles constructions (figure 3.12). Malgré un prix du foncier élevé (environ 50 000 € pour l'achat d'un terrain moyen de 8 ares - l'Alsace se situe au 3^{ème} rang national pour le prix des terrains), les ménages alsaciens sont propriétaires de leur bien dans 58% des cas (INSEE/Région Alsace, 2003).

La pression foncière observée sur les secteurs périurbains s'explique par une augmentation de la pression démographique (+4,7% entre 1999 et 2006 - INSEE, 2009), à l'origine de 41 000 logements supplémentaires et par la baisse de la taille des ménages. La figure 3.12 montre clairement que les augmentations de logements les plus fortes se situent dans nos trois secteurs d'étude, à savoir l'Outre-Forêt, le Kochersberg et le Sundgau. Cette augmentation s'explique par :

- la recherche d'une **qualité de vie différente** des populations. L'envie de vivre en ville est supplantée par un besoin de calme et de « nature », tout en ayant les commodités proposées par les grandes agglomérations à proximité ;
- l'**espace restreint** de l'Alsace, située entre les Vosges à l'Ouest et la Forêt-Noire à l'Est ;
- la proximité de grands bassins d'**emplois**. Les secteurs périurbains deviennent les centres d'implantation de nombreuses industries. En Alsace, les secteurs industriels et de services aux entreprises (transports et commerces) sont les plus gros employeurs (environ 30% de la population active, dont 8% dans l'industrie automobile - INSEE/Région Alsace, 2001). C'est le cas notamment pour le Sundgau, où les domaines de la chimie, de la pharmaceutique et de l'automobile sont particulièrement développés ;
- le **travail frontalier** explique également la pression foncière exercée sur certains secteurs proches de bassins d'emplois allemands ou suisses (figure 3.13). Le Bas-Rhin compte une évolution du taux de travailleurs frontaliers de l'ordre de 40% entre 1990 et 1999. Ce taux est de 24% pour le Haut-Rhin. La plupart des frontaliers travaillent en Allemagne (40% pour le Bas-Rhin et 85% pour le Haut-Rhin), la Suisse embauche 13% des frontaliers (habitant dans le Haut-Rhin).

Avec l'arrivée de nouvelles populations, les villages se sont développés au détriment des zones utilisées jusqu'alors comme des zones de circulation des eaux de ruissellement (les fonds de talwegs et les exutoires de bassins versants, par exemple). Les extensions se réalisent souvent dans des zones connues comme étant vulnérables soulignant une perception du risque de coulées boueuses différente entre les générations de décideurs. De plus, ces constructions sur d'anciennes « zones tampons » entraînent d'importantes modifications dans l'équilibre entre zones urbaines et agricoles avec de fortes conséquences sur la formation ou la propagation des coulées boueuses.

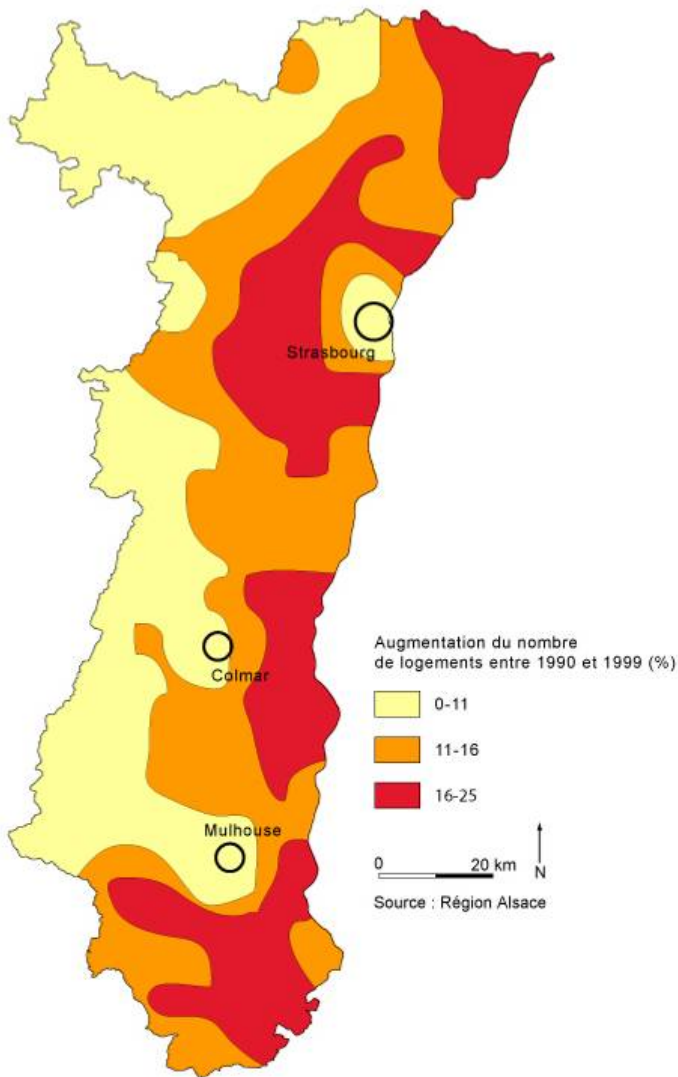


Figure 3.12 : Augmentation du nombre de logements entre 1990 et 1999 en Alsace

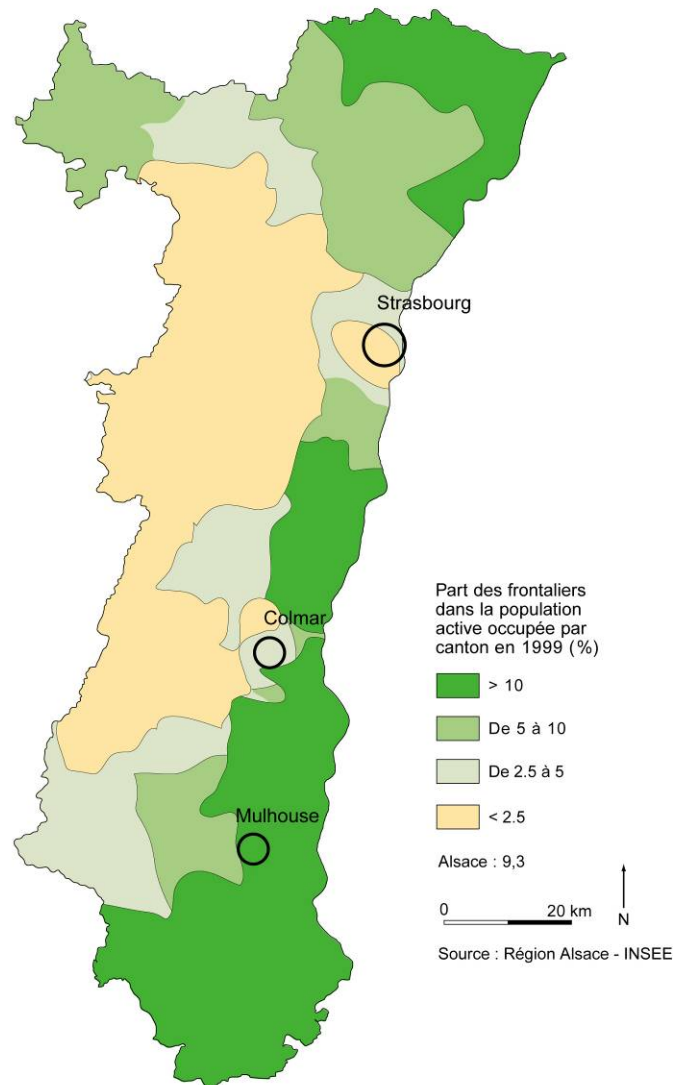


Figure 3.13 : Part des travailleurs frontaliers en Alsace en 1999

Conclusion

L'Alsace est une des régions françaises les plus touchées par les coulées boueuses (Le Bissonnais *et al.*, 2002b). Le recensement des événements survenus dans la région, par le biais de la consultation des dossiers de *Cat Nat*, a montré que trois secteurs sont particulièrement affectés par des coulées boueuses (Heitz, 2004; Auzet *et al.*, 2005). Il s'agit, du nord au sud, de l'**Outre-Forêt**, du **Kochersberg** et du **Sundgau**. Dans ces secteurs, plus de 150 communes ont subi au minimum une coulée boueuse au cours des 20 dernières années. Nous avons pu noter que les conséquences de ces événements se comptent en pertes matérielles importantes (supportées par les particuliers et les collectivités) et en atteintes environnementales (pollutions, pertes en terre). Sur la base de ces constats, nous avons sélectionné des communes appartenant à chacune de ces trois zones pour nos enquêtes de perception.

Ces trois secteurs ont été choisis car ils présentent toutes les conditions nécessaires à la formation de coulées boueuses. La figure 3.14 synthétise et spatialise ces principales conditions et les processus associés à la genèse des coulées boueuses. L'exemple utilisé illustre la situation réelle d'un bassin versant précis (l'Ibenbach à Landser, secteur du Sundgau – Haut-Rhin), mais les problématiques sont identiques dans tous les bassins versants soumis aux coulées boueuses dans la région et plus particulièrement dans les bassins versants de nos trois secteurs d'étude.

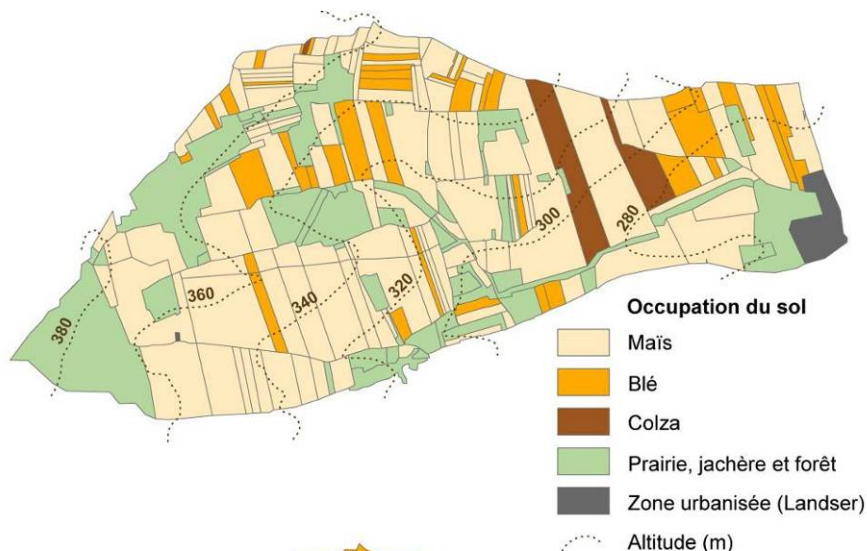
Suivant l'exemple de la figure 3.14, nous constatons que dans un même bassin versant, les coulées boueuses sont le résultat de la contribution de quatre facteurs majeurs qui sont :

- des conditions « physiques » particulières. En Alsace, les **sols** sont à dominante limoneuse : leur sensibilité à la battance et à la dégradation sous l'effet des pluies est importante. De plus, ils sont souvent localisés dans des secteurs aux pentes comprises entre 2% et 5% qui sont des valeurs de pentes favorisant la genèse du ruissellement et par la suite des départs de terre ;
- des conditions **climatiques** avec des orages fréquents lors de périodes printanières lorsque les sols sont à nus. Dans la région, la majorité des coulées boueuses est recensée à cette période ;
- une **organisation** entre les zones agricoles (dominées par des cultures peu couvrantes au printemps) et urbaines favorisant les connexions. Par la suppression de zones tampons ou de prairies naturelles, les eaux de ruissellement ne sont plus stoppées et dévalent vers les zones aval ;
- les suppressions de zones d'infiltration dues à une augmentation des **pressions foncières** dans des zones périurbaines. En Alsace, ces espaces sont particulièrement attractifs pour les populations : d'abord en termes de « qualité de vie » (la population retrouve les avantages de la vie hors des grandes agglomérations, tout en étant suffisamment proches de celles-ci) puis en termes d'emplois. Nos secteurs d'étude ont une position transfrontalière (Outre-Forêt et Sundgau) et sont des bassins d'emplois (chimie, automobile, industrie pharmaceutique) importants dans la région.

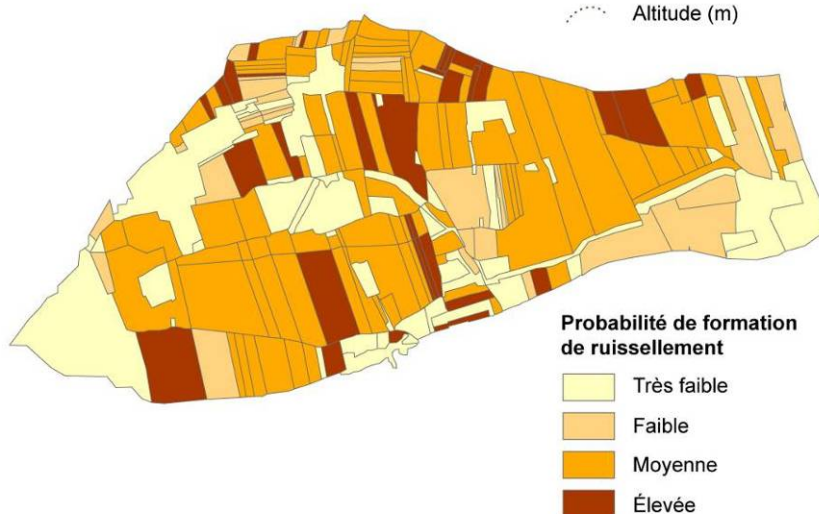
Nos trois secteurs d'étude présentent des **caractéristiques semblables** : cette donnée nous paraît primordiale car des comparaisons des populations de ces secteurs vont être initiées (Chapitre 5). Nous ne souhaitons pas introduire de biais dus au contexte environnemental justifiant ainsi pleinement le choix de nos zones d'étude.

La probabilité de voir se former du ruissellement dépend des interactions entre de nombreux facteurs ; parmi lesquels on peut citer :

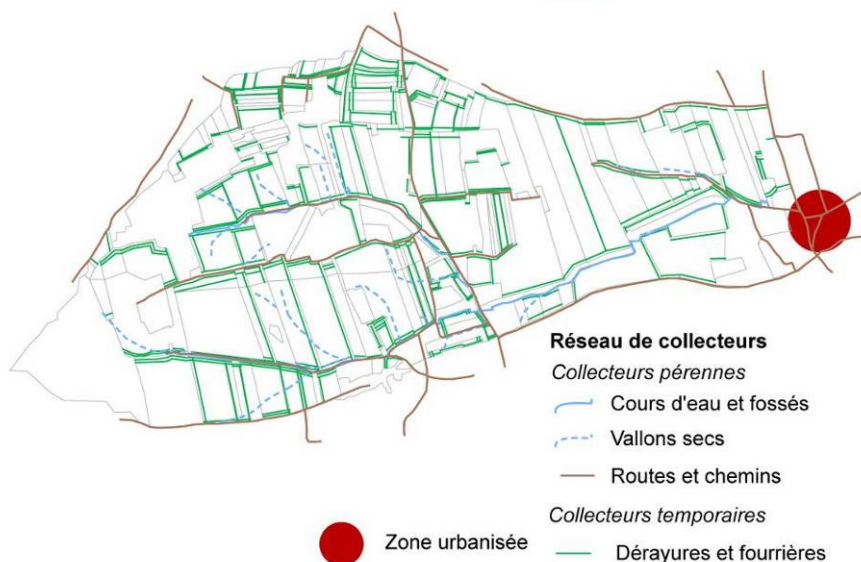
- le type de sol,
- la topographie
- l'occupation du sol,
- les pratiques culturales.



Cette probabilité a été estimée lors de relevés sur le terrain en étudiant notamment le type des croûtes de battance.



Le ruissellement est pris en charge par un réseau de collecteurs ce qui facilite son acheminement vers les secteurs situés en aval.



Ces données sont issues de relevés de terrain réalisés sur le bassin versant de l'Ibenbach (68) en mai 2003. Il s'étend sur 420 ha.



Figure 3.14 : Application et illustration des processus intervenant dans la formation et la propagation des coulées boueuses. Exemple du bassin versant de l'Ibenbach (Sundgau, Alsace)

Chapitre 4. Détermination des acteurs ciblés et acquisition des données de perception du risque

L'articulation de ce chapitre se base sur la figure 4.1. Nous avons scindé notre démarche en quatre étapes majeures fondées sur le questionnement à suivre avant la mise en place d'une enquête déterminé par Cauvin (1999 - Annexe 3).

QUI ?	<p>Détermination des populations à enquêter</p> <p><i>Hypothèse : la perception du risque varie en fonction de la population considérée et de son implication dans la gestion de la coulée boueuse</i></p> <p>Détermination de 4 populations</p> <ul style="list-style-type: none"> - résidents - agriculteurs - élus locaux - étudiants*
COMMENT ?	<p>Choix du mode d'acquisition des données</p> <p>Étape 1 : Réalisation d'entretiens semi-directifs afin de constituer le référentiel terminologique</p> <ul style="list-style-type: none"> - entretiens auprès de 3 individus représentatifs des populations considérées <p>Étape 2 : Choix de passation par le biais d'un questionnaire auto-administré avec retour par voie postale</p> <ul style="list-style-type: none"> - taux de retour espéré : environ 10% - maîtrise des zones enquêtées
QUOI ?	<p>Création des questionnaires</p> <p><i>Hypothèse : les degrés de perception des risques module la vulnérabilité des zones à risque</i></p> <p>La perception du risque est déduite des données issues du questionnaire et relatives aux catégories suivantes</p> <ul style="list-style-type: none"> - définition du risque - prévention et information - légitimité dans la gouvernance des plans de gestion du risque - actions de protection mises en oeuvre - mémoire du risque - quantification d'éléments liés à l'aggravation du risque - représentation des zones à risque par une cartographie <p>Les catégories sont basées sur les facteurs psychométriques afin de pouvoir les utiliser dans des modèles économiques</p> <p><i>Hypothèse : les données d'enquêtes permettent d'améliorer les modèles théoriques utilisés en économie du comportement</i></p>
OÙ ?	<p>Réalisation de l'échantillonnage spatial pour la distribution des questionnaires aux acteurs de proximité</p> <p><i>Hypothèse : les degrés de perception du risque fluctue avec la proximité spatiale de l'aléa ou des enjeux</i></p> <p>Étape 1 : choix de 11 communes comparables</p> <ul style="list-style-type: none"> - conditions physiques et urbaines similaires - occurrence multiple de coulées boueuses <p>Étape 2 : échantillonnage infra-communal</p> <ul style="list-style-type: none"> - détermination de zones de ruissellement "sources", "cibles", de "transition" et "non concernées"
	<p>Distribution de 3 000 questionnaires + collecte de 186 questionnaires passés auprès des étudiants</p>

La première étape (§ 4.1) consiste à déterminer les **populations** que nous enquêterons en détail. Pour appréhender les enjeux soulevés par la gestion de territoires à risques à l'échelle locale et dans le but de pouvoir faire des comparaisons intergroupes, nous avons visé les résidents, les agriculteurs et les élus locaux et une population d'étudiants (enquêtés avec un questionnaire identique aux trois acteurs précités).

Le **choix du mode d'acquisition** constitue la deuxième étape. Avant de déterminer précisément la technique de passation, un entretien avec trois individus de chaque groupe d'acteurs a permis de cadrer les thématiques et les problématiques devant être abordées dans notre enquête (§ 4.2).

L'enquête par questionnaire auto-administré distribué à chacun des acteurs a été choisie et conçue de façon à pouvoir collecter différents types d'informations : des discours, des échelles de valeurs de perception de facteurs à risques et une cartographie mentale (§ 4.3).

Enfin, lors de la dernière étape, nous avons défini **les communes** et adapté **les techniques d'échantillonnage** pour pouvoir y intégrer la composante spatiale (§ 4.4). La spatialisation se traduit, dans notre cas, par la localisation des enquêtés en fonction des zones « sources », « cibles », de « transition » et « non concernées » de ruissellement. Pour le groupe d'étudiants, la composante spatiale n'avait pas de justification : ils ont été sélectionnés pour leurs connaissances théoriques des processus et non pour leur exposition potentielle aux coulées boueuses.

Figure 4.1 : Démarche suivie pour la détermination de la méthode de collecte des données de perception pour les différents acteurs échantillonnés

* Le questionnaire utilisé pour les étudiants reste identique à celui des autres acteurs sondés. Cependant, les étudiants ne sont pas spatialisés, de ce fait, lors de l'étape 4, les enquêtes sont passées dans une salle de cours

4.1. Un risque préoccupant les acteurs de proximité

Comme nous avons pu le voir dans le Chapitre 2, les acteurs intervenant dans la gestion des coulées boueuses sont nombreux. En termes de réglementation ou de politiques environnementales, ils interviennent aussi bien au niveau européen que national. Néanmoins, les dommages répertoriés, les décisions d'aménagement et de mesures protectives sont prises à l'échelle locale. De ce fait, il nous paraît judicieux de nous focaliser sur les **acteurs de proximité**. Rappelons ici que l'un des objectifs de notre travail est d'établir un lien cohérent entre les zones à risque et les mesures à prendre afin de diminuer la vulnérabilité. Cet aspect justifie de mener des enquêtes à l'échelon communal mais aussi de choisir des acteurs aux « fonctions » différentes dans la gestion du risque.

Une **population non concernée** par les coulées boueuses a également été enquêtée. Il s'agit d'étudiants. L'objectif est de pouvoir comparer les réponses obtenues pour des individus n'ayant aucune expérience, ni aucun lien direct avec la gestion des coulées boueuses aux données collectées auprès des acteurs locaux.

4.1.1. Des enquêtes à différents niveaux de décision dans la gestion des coulées boueuses

La connaissance du contexte social et des interactions entre les acteurs a permis d'identifier : (i) les principaux acteurs ayant un rôle dans la gestion de l'aménagement au niveau communal ou intercommunal, (ii) les acteurs ayant un rôle sur l'aménagement des parcelles agricoles et (iii) de choisir les groupes d'enquêtés. Les interactions entre les acteurs de proximité s'illustrent dans la figure 4.2.

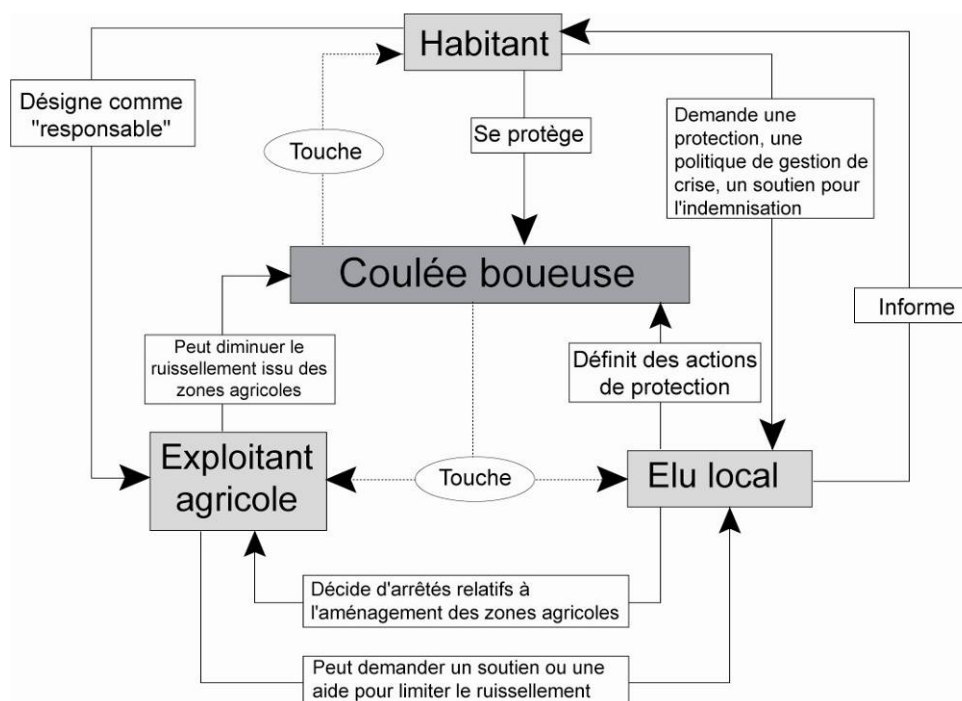


Figure 4.2 : Interactions entre les trois principaux acteurs à l'échelle locale dans les problématiques des coulées boueuses

Plus en détail, les caractéristiques des acteurs pour lesquels nous analysons les niveaux de perception du risque sont :

- les **élus locaux** qui sont focalisés autour d'une problématique de gestion du territoire. Ils doivent gérer la catastrophe au moment de sa survenue et rassembler les informations nécessaires pour les dossiers d'indemnisation au titre de catastrophes naturelles. Ils doivent également s'assurer de la sécurité des habitants. Ils se trouvent à la croisée de plusieurs fonctions : ils sont en charge de la délimitation des zones habitables, doivent initier des projets de protection sans pour autant avoir un vaste champ d'action. Ils doivent diffuser des informations sur la prévention et informer la population des risques encourus dans leur commune. Ils sont sous la coupe de réglementations régionales, nationales ou européennes et par leur position, ils sont souvent au centre de querelles entre les « responsables » désignés par les victimes et les victimes elles-mêmes ;
- les **populations résidentes (habitants)** qui subissent directement les effets des coulées boueuses. Leurs compréhensions des phénomènes et leurs attitudes face à la gestion des risques sont différentes de celles des élus, car plus ciblées sur leurs attentes propres. La connaissance de leurs comportements face aux catastrophes permet d'appréhender les points sur lesquels un effort en termes de prévention et d'information doit être fait. Ce point est important du fait du caractère potentiellement dangereux d'une coulée boueuse. Leur avis importe également dans le sens où ils exercent des pressions sur leurs dirigeants (élus locaux) et qu'ils désignent des responsables. Il s'agit alors d'identifier ces responsables supposés. Mais aussi de voir si selon les habitants, les questions relatives à la gestion des risques sont décloisonnées de tout autre débat politique ou, au contraire, remises dans un contexte politique global (national ou européen). Ils expriment aussi des idées sur les solutions à apporter face aux coulées boueuses, notamment en termes de mesures de protection ou d'information et il nous paraît important d'étudier la façon dont ils se positionnent dans la genèse des processus érosifs (se sentent-ils responsables ou partie prenante ?) ;
- les **agriculteurs** qui travaillent directement la terre et supportent la perte de leur capital après chaque épisode catastrophique. Ils sont bien souvent les premiers considérés comme responsables de l'occurrence des coulées boueuses. Leur action peut se situer à plusieurs niveaux : (i) ils peuvent modifier le paysage et de ce fait le ruissellement dans un bassin versant à risque ; (ii) ils ont une connaissance fine des processus et du fonctionnement des zones agricoles soumises aux fortes pluies qu'ils peuvent utiliser pour proposer des mesures de réduction de formation des coulées boueuses.

4.1.2. Une population non concernée par les coulées boueuses : les étudiants

Les questionnaires d'enquête ont été passés auprès d'étudiants en fin de cursus (Master) dans des disciplines relatives à l'environnement. Nous avons sélectionné cette population pour son niveau de connaissances théoriques et scientifiques des risques (et des coulées boueuses). La formation des étudiants ciblés leur permet d'avoir un regard global et neutre sur les enjeux soulevés par les risques naturels.

De plus, ils ne sont pas directement concernés par les coulées boueuses : leur affect n'entre pas en jeu dans leur perception de ce risque. Ce point est essentiel notamment pour une comparaison des transformations de probabilités pour un événement X entre des individus directement concernés ou non (Chapitre 6).

De récentes études en économie expérimentale¹⁷ mettent en avant les différences de comportements entre les résultats issus d'enquêtes « décontextualisées¹⁸ » et ceux d'enquêtes contextualisées et *in situ* (*field experiments*). Les caractéristiques propres à l'individu interrogé, c'est-à-dire son affect, son expérience personnelle, son niveau d'information, *etc.*, impactent sur son comportement et sur sa perception de la situation sondée (Rozan *et al.*, 2004; Bchir et Willinger, 2009).

Outre une utilisation de cette population dans le cadre des comparaisons d'indices de perception et de transformation des probabilités, les comparaisons entre groupes se situent à deux autres niveaux :

- entre les **étudiants** et les **trois acteurs** de proximité. Nous restons dans une comparaison classique entre une population sinistrée ou proche de la zone d'aléa et un groupe non concerné par ce risque. Les comparaisons de résultats se font sur l'hypothèse que l'expérience vécue modifie la perception des risques de coulées boueuses. Le premier objectif est de voir si les coulées boueuses apparaissent dans les problématiques environnementales que l'enquêté ait été concerné ou non. Le second objectif est d'identifier les actions sollicitées par les enquêtés et de pointer les interlocuteurs privilégiés entre les populations concernées ou non. Pour n'introduire aucun biais dans les traitements des réponses obtenues par ces populations aux caractéristiques totalement différentes, les comparaisons restent focalisées sur des points théoriques ;
- entre les **étudiants** et les **résidents**. Nous considérons que les étudiants ont un savoir théorique et une connaissance scientifique supérieure aux habitants (les élus locaux et les agriculteurs sont exclus car ils sont souvent assez bien informés, ou tout du moins mieux informés que les résidents). Notre hypothèse est que la connaissance sur le risque de coulées boueuses modifie la perception que les individus peuvent en avoir. Il s'agit de voir si la connaissance scientifique influe sur l'appréhension de la gestion de ces risques (les solutions à mettre en place, les niveaux d'action, les responsabilités). Nous rejoignons ici les premières questions soulevées par les expériences en perception du risque, qui étudiaient les différences entre « experts » et « profanes ». Bien entendu, les étudiants ne sont pas des professionnels de terrain, mais notre objectif est de voir quelles sont les thématiques où la différence entre les connaissances théoriques et les informations reçues par la population est significative. Cette observation est primordiale, notamment pour éviter de brouiller les messages d'information diffusés.

Une des critiques du choix d'une population d'étudiants (à qui nous conférons un savoir scientifique solide) est qu'elle n'a jamais été confrontée aux enjeux réels de terrain. Cela ne pose *a priori* pas de problème puisque seules des comparaisons sur les connaissances théoriques des risques ont été entreprises. Rappelons également que nous avons choisi des étudiants en fin de parcours universitaire dans des cursus ou formation orientés « environnement ». Ils ont déjà effectué des stages dans des entités dont les objectifs sont de traiter des questions environnementales et certains ont déjà eu une expérience professionnelle dans ce domaine (l'échantillonnage de ce groupe est détaillé § 4.4).

¹⁷ Les premières expériences d'économie expérimentales datent du début des années 50. Avoir recours à l'économie expérimentale permet de collecter des données sur les comportements des individus. Cette méthode présente trois intérêts principaux : pouvoir tester la théorie, identifier les comportements des agents et utiliser le laboratoire comme un banc d'essai pour valider les théories économiques testées. À partir des données collectées par les expériences en laboratoire, il est alors possible de construire de nouvelles théories et de tester leur efficacité (Spaeter *et al.*, 2006).

¹⁸ En économie expérimentale, lors d'expériences décontextualisées les termes exacts de la situation sondée ne sont pas utilisés : les comportements sont déduits de réponses à des contextes de jeu.

4.2. L'entretien et le questionnaire à la base de l'acquisition des données de perception

Il existe 4 grands types de méthodes pour collecter des données : les recherches documentaires, les observations, les questionnaires et les entretiens. Chacune de ces approches correspond à un type de problématique et à une attente d'information spécifique.

Nous avons opté pour l'entretien et le questionnaire l'un après l'autre. Avant de concevoir le questionnaire d'enquête, nous avons déterminé le vocabulaire et les thématiques principalement abordées par les personnes concernées (via des entretiens). Précisons que les données obtenues dans ce travail de thèse s'intègrent dans la base de données issue des recherches menées dans le cadre du programme de recherches GERIHCO. Une collaboration avec les sociologues rattachés à ce projet pour la mise en place de l'enquête paraissait indispensable. Cette collaboration a permis de déterminer des entretiens validés par des sociologues et à élargir notre capacité de collecte d'informations. Les données collectées serviront donc à la fois aux analyses sociologiques, pour la détermination d'un système de réseau et l'étude de la notion d'héritage (Christen et Wintz, 2005) et aux analyses géographiques par les approches relatives à la gestion du risque.

4.2.1. Définition de la grille d'entretien

Dans le cadre de cette étude sur la perception des coulées boueuses, l'entretien devait alimenter nos futurs questionnaires sur les représentations et les pratiques. D'usage exploratoire, ces entretiens nous ont permis d'orienter la problématique de nos questionnaires selon une double approche : la territorialisation et l'appropriation du phénomène (c'est-à-dire sa gestion personnelle, technique et administrative). L'entretien a aussi favorisé la prise de conscience des enjeux institutionnels et environnementaux des coulées boueuses sur le milieu étudié.

Les entretiens ont été conduits auprès de trois représentants de chaque groupe d'acteurs, à savoir :

- les **élus locaux**. Trois maires¹⁹ de communes sinistrées par des coulées boueuses ont été rencontrés en entretien. Ils présentent des profils bien différents car ils se sentent plus ou moins fortement impliqués dans la gestion des coulées boueuses ;
- les **agriculteurs**. Nous avons rencontré trois agriculteurs aux sensibilités différentes face aux coulées boueuses. Deux d'entre eux utilisent des techniques culturales sans labour et prônent activement ce type de techniques pour lutter contre l'érosion des sols. Le troisième utilise les techniques dites « conventionnelles » et ne se sent pas directement concerné par l'érosion des sols ;
- les **populations résidentes**. Ici aussi, nous nous sommes entretenue avec trois habitants au total : deux d'entre eux ont été fortement sinistrés lors d'une coulée boueuse. Le troisième réside dans une commune soumise au risque mais n'a jamais eu de dommages chez lui : sa position topographique dans le village le préserve de toute atteinte ;

Nous avons complété ces données par trois entretiens menés auprès de « **professionnels** » en charge de la gestion des coulées boueuses. Il s'agissait d'ingénieurs d'étude dans des services déconcentrés de l'État (Direction Régionale de l'Environnement -DIREN et Préfecture). Il nous paraissait essentiel de compléter notre point de vue par des opinions extérieures et « objectives » sur les enjeux soulevés par les coulées boueuses au niveau local.

¹⁹ Les onze maires ont été rencontrés mais seuls trois d'entre eux ont répondu à l'entretien. Certains maires refusaient l'exercice (les entretiens étaient enregistrés) et d'autres avaient des contraintes horaires ne permettant pas de passation d'entretien (sa durée variait entre 2h et 3h).

La technique d'entretien adoptée est dite **semi-directive**. Les thématiques principales devant être traitées lors de l'entretien étaient précises mais pas forcément abordées dans l'ordre. Pour une plus grande clarté et rapidité d'analyse, lors de la passation de l'entretien les thèmes choisis étaient regroupés en plusieurs points, contenant des sous-rubriques spécifiques qui permettent de balayer un grand nombre de problématiques différentes (des notions d'héritage à celles relatives à l'environnement proche des enquêtés).

La grille d'entretien établie traite de problématiques variées, regroupées en plusieurs thèmes. Les thématiques abordées ont été choisies en fonction des résultats attendus en termes de **référentiels** avec d'une part, les sujets abordés spontanément en relation avec une recherche de connaissance environnementale et d'autre part les termes utilisés quand les phénomènes naturels sont évoqués.

La première thématique permettait d'obtenir une définition, propre aux individus entretenus, de la confiance envers les institutions en charge de la gestion des risques ou envers les informations disponibles. Ces questions permettaient alors de voir de quelle façon cette confiance se traduit dans les comportements.

La seconde thématique permettait une identification d'acteurs ou institutions « responsables » de la gestion des catastrophes naturelles, ainsi qu'une détermination des personnes susceptibles de proposer des solutions pour protéger les populations.

Puis l'entretien s'orientait autour des sensibilités des interviewés : ressentaient-ils une menace, une peur face aux coulées boueuses ? Chez les sinistrés, les traumatismes constitués par ces événements ont été évoqués. Les interviewés pouvaient alors librement parler de leurs attentes en termes d'actions d'information et de sensibilisation devant être mises en place pour diminuer le risque de coulées boueuses.

Enfin, des thématiques complémentaires ont été abordées avec les agriculteurs et les élus locaux. Avec les agriculteurs, nous avons essayé **d'identifier** les **pressions** subies de la part des élus, des habitants, de la Chambre d'Agriculture, etc. Les agriculteurs rencontrés en entretien parlaient aussi assez librement de ce que pensent et font leurs collègues. Pour les élus, nous avons également identifié les pressions qu'ils subissaient de la part des citoyens et des instances étatiques. Ils ont été entretenus sur les moyens d'information à leur disposition et sur leur connaissance du panel de solutions existantes.

Les entretiens fournissent un nombre important de données exploitables. De ce fait, seules les informations qui correspondent aux réponses ayant trait à la perception de l'environnement, à la connaissance des risques et à sa gestion ont été retenues pour servir à la création du questionnaire.

4.2.3. Mise à jour des pratiques et attitudes par le biais des questionnaires

a. Ciblés sur les acteurs de proximité

Les objectifs à atteindre lors d'une passation de questionnaires sont d'identifier les **déterminants sociaux des pratiques**. La détermination sociale est la construction d'une manière de voir le réel, où les facteurs explicatifs deviennent repérables par le croisement entre les indicateurs sociaux et les conduites étudiées. Les questions sur les pratiques permettent d'analyser les relations entre les systèmes de classement (le goût, les comportements), les conditions d'existence (la classe sociale, par exemple) et l'importance de la spatialisation du risque (sa proximité métrique). Il s'agit aussi de saisir le sens « objectif » des conduites en les croisant avec des déterminants sociaux et d'énoncer les principes selon lesquels les acteurs construisent et engagent un comportement. Cette démarche contraint alors à bien distinguer l'objet réel et l'objet construit selon les intérêts que la situation présente pour les individus.

La création d'un questionnaire suit plusieurs étapes :

- la **définition** et la description de l'objet de recherche, à partir de travaux antérieurs ;
- une phase de **préparation** qui consiste à choisir les termes qui seront utilisés ;
- la recherche **d'indicateurs** directs (les sentiments personnels, par exemple) ou indirects (les pratiques) qui permettront d'approcher la notion centrale de l'enquête. Par exemple, dans notre étude des comportements face aux coulées boueuses, nous avons replacé chaque enquêté dans un contexte global. Nous avons déterminé la position qu'il conférerait aux problèmes environnementaux par rapport à d'autres problèmes de société, tels que le chômage, l'insécurité entre autres.

Toujours pour atteindre le plus précisément possible la description de la pratique étudiée, le choix de la forme des questions s'impose ici. Les questions peuvent être fermées, ouvertes ou semi-ouvertes. Dans le cas de questions **fermées**, les réponses sont fixées à l'avance et le sujet doit obligatoirement choisir parmi les réponses qui lui sont proposées. Il existe plusieurs types de questions fermées : une seule réponse possible, plusieurs réponses, un classement. Les questions fermées sont facilement analysables (le dépouillement et l'analyse statistique sont rapides). Néanmoins, par les propositions de réponses, elles présentent le risque d'influencer le choix de l'enquêté. Pour les questions **ouvertes**, la réponse n'est pas prévue et l'enquêté est libre de s'exprimer. Elles doivent être bien formulées pour pouvoir recueillir le plus d'information possible et dans ce cas, elles peuvent être riches en données exploitables par l'enquêteur. Toutefois, elles présentent le désavantage d'être difficiles à dépouiller. Enfin, les questions **semi-ouvertes** prévoient les principales réponses mais elles laissent l'opportunité aux enquêtés de pouvoir ajouter des réponses libres. Elles sont assez faciles à dépouiller, dans le sens où un grand nombre de réponses sont déjà prévues. Néanmoins, tout comme les questions fermées, elles risquent d'influencer le choix de l'enquêté.

Pour sélectionner les questions qui vont figurer dans le questionnaire, le critère est celui de la pertinence théorique : une bonne question doit recueillir les informations nécessaires à la perspective considérée. En effet, selon le statut de la question, la collecte d'information sera plus ou moins efficace. Le contenu de la question peut être relatif (i) à la façon de se **conduire** et au sens que l'on donne à ses conduites ; (ii) à **l'opinion** : l'individu prend position par rapport à ses propres activités, ce qui offre la possibilité de voir l'écart entre les pratiques objectives et les rapports subjectifs à cette pratique ; (iii) à **l'expérience** qui permet de comprendre le sens du vécu dans les pratiques actuelles.

Les questions ont été rédigées suite aux entretiens et l'analyse de termes utilisés dans ces derniers. D'autres études de perception (Programmes INTRUS, INERIS, IFEN-CREDOC²⁰) ont été utilisées en tant que références : cela nous a permis de reprendre certains items et de choisir les problèmes de société les plus pertinents afin de positionner les enquêtés dans un contexte social plus large et repérer leur contexte de référence.

Le questionnaire se déroule à la façon d'un **entonnoir** : le point de départ est une approche générale de la position de l'enquêté par rapport à des problèmes de société. Les questions se recentrent ensuite davantage sur les problèmes de catastrophes naturelles pour aboutir finalement à la coulée boueuse. Différentes thématiques annexes au problème « physique » des coulées boueuses ont été intégrées.

²⁰ Programme INTRUS (Intégration et impact des risques naturels et technologiques en système urbain), Ville de Mulhouse / Université Louis Pasteur de Strasbourg, 2001-2004. Programme « Impacts des inondations sur les activités présentant des risques technologiques » Institut National de l'Environnement et des Risques (INERIS). Des enquêtes issues du Centre de Recherche pour l'Etude et l'Observation des Conditions de vie (CREDOC).

Comme les entretiens, les questionnaires (figure 4.4) reprennent par sous-section des points en relation avec :

- Sous-section 1 : les risques : de la compréhension des **termes** à l'appréhension des phénomènes de ce type par rapport à d'autres problématiques sociales ;
- Sous-section 2 : les risques de catastrophe naturelle ;
- Sous-section 3 : le risque de coulées boueuses et la compréhension des **processus** à l'origine de leur formation ;
- Sous-section 4 : la **mémoire** du risque de coulée boueuse et le sentiment de **menace** représenté ;
- Sous-section 5 : les problèmes de **prévention**, c'est-à-dire les moyens mis en œuvre pour prévenir les risques et limiter les dangers ;
- Sous-section 6 : les questions de **légitimité** et de **confiance** dans la diffusion d'information et dans la construction d'ouvrages de protection ;
- Sous-section 7 : la **gestion** de la catastrophe ;
- Sous-section 8 : la **mesure** de la **perception** du risque de coulées boueuses par une estimation du niveau d'importance accordé à différentes causes liées aux risques.

Le questionnaire est auto-administré, c'est-à-dire que les enquêtés le remplissent eux-mêmes. La contrainte majeure de cette technique est de formuler des questions sans aucune ambiguïté pour les enquêtés. Les termes utilisés doivent être connus (la préparation via les entretiens prend ici tout son sens) et les questions doivent être simples à comprendre. Une validation du questionnaire a été entreprise auprès de 40 personnes afin de s'assurer que les questions sont compréhensibles et n'amènent aucun doute (les ajustements nécessaires ont été entrepris après cette validation).

Dans le cas des acteurs de proximité, le questionnaire est déposé dans les boîtes aux lettres. Une fois rempli, les enquêtés le renvoient par voie postale en utilisant l'enveloppe pré-timbrée jointe. Ce type de passation a été préféré à d'autres techniques notamment pour les avantages budgétaires, spatiaux et de gain de temps qu'elle présente. Sur ce dernier point, le choix d'une date buttoir de retour (6 mois après la distribution des enquêtes) nous a permis de minimiser les biais temporels, les enquêtés ont tous répondu dans la même période. De même, l'auto-administration offre l'avantage de consacrer moins de temps à la passation en tant que telle, les questionnaires étant distribués dans les boîtes aux lettres, puis remplis et renvoyés par les enquêtés. Les informations collectées sont de bonne qualité et cette campagne a été peu onéreuse (800 € pour l'ensemble des passations). Autre avantage, cette technique permet un suivi précis du plan d'échantillonnage par le biais du codage des questionnaires en fonction de la zone de ruissellement (ce point est détaillé § 4.5).

La **période de passation** s'est étalée entre novembre 2006 et mai 2007. Nous avons choisi la période automnale car nous ne souhaitons pas que les communes choisies subissent une coulée boueuse lors de la passation. Les réactions sont souvent virulentes après un tel événement et le questionnaire aurait pu servir de tribune. De plus, nous étions suffisamment proches dans le temps de la période où les coulées boueuses apparaissent : les événements supportés étaient encore suffisamment présents dans les mémoires. Enfin, nous souhaitons avoir un maximum de personnes à domicile au début de la période de passation, les taux de retour étant souvent élevés juste après le dépôt des questionnaires (comme nous avons pu le constater pour notre étude - figure 4.3). De ce fait, la période estivale nous paraissait peu propice.

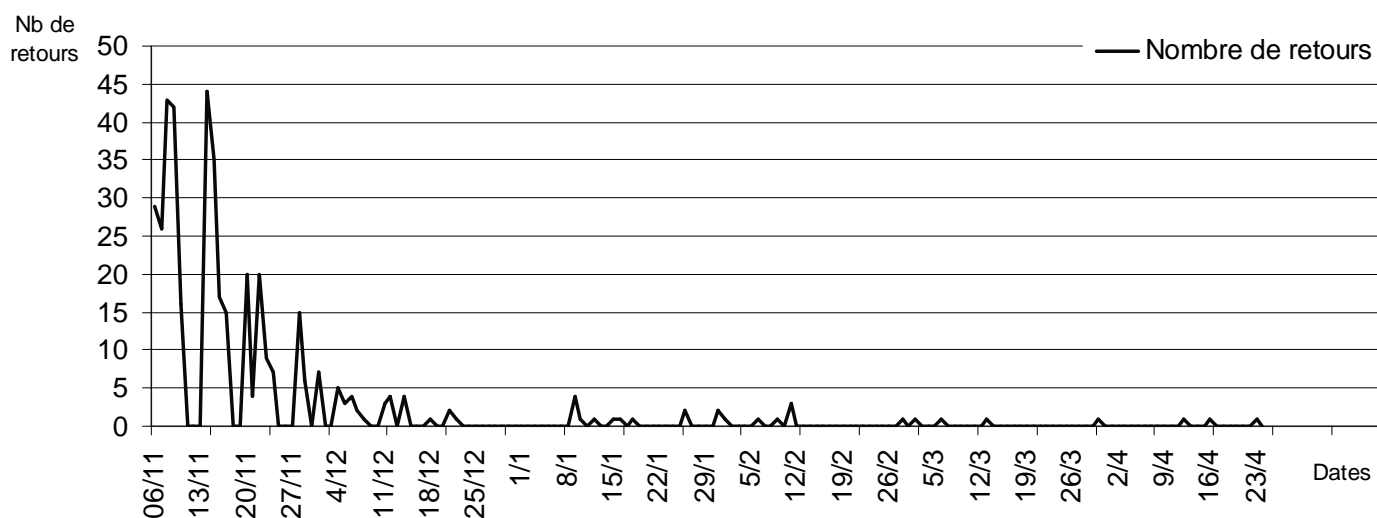


Figure 4.3 : Distribution temporelle de retours des questionnaires
Les dates de distributions sont comprises entre le 1/11 et le 4/11

b. Utilisés pour les passations auprès des étudiants

Pour les étudiants, le questionnaire reste **identique** à celui des acteurs de proximité : seule la cartographie mentale est absente puisque les étudiants ne sont pas localisés dans des zones de ruissellement.

La population étudiante a été choisie en fonction de la **formation** suivie. L'objectif était de pouvoir comparer leurs réponses avec celles obtenues auprès des acteurs de proximité et de leur conférer, dans une certaine mesure, une connaissance théorique forte. Pour un maximum de représentativité de points de vue, nous n'avons pas limité notre échantillon à un type de cursus ou une formation unique : de nombreuses disciplines s'intéressent aujourd'hui à la gestion des risques et leurs approches sont nécessairement différentes. Des étudiants en sociologie, en sciences de la Terre et des élèves ingénieurs en environnement ont été enquêtés. Plus précisément, les quatre profils ciblés sont :

- les étudiants du master 2 « Risques Technologiques et Naturels » (deux passations effectuées en septembre 2006 et octobre 2007) ;
- les étudiants du master 2 « Aménagement Urbain du Territoire », option « Sociologie de l'Environnement » (passation effectuée en décembre 2007) ;
- les élèves ingénieurs en 3^{ème} année à l'ENGEES, parcours « Gestion Environnementale » (passation effectuée en décembre 2007) ;
- les étudiants dans le cours de « Sociologie du Développement Durable » en master 1 (passation effectuée en novembre 2007).

Le choix de ces étudiants se justifie car ils abordent différemment les problématiques de gestion des milieux soumis à un risque. Les étudiants en **sociologie** centrent leur approche sur le rôle des réseaux sociaux dans le transfert d'information et la prévention des risques. Ils travaillent davantage sur la diminution de la vulnérabilité en mettant les acteurs au centre des possibilités d'action. Les étudiants en **sciences de la Terre** ont une réflexion plus globale sur les risques et les enjeux soulevés dans la société par ces questions. Ils étudient aussi bien l'aléa que la vulnérabilité. Ils ont de solides connaissances sur les processus physiques et ont une réflexion sur les moyens de protection et les solutions à apporter. Les **élèves ingénieurs** ont également de bonnes notions des processus de formation des coulées boueuses mais ils ont une approche plus « technique » de la question. Ils sont formés aux calculs hydrauliques et dimensionnements d'ouvrages de protection. Leur connaissance sur la vulnérabilité n'est pas absente mais elle passe bien souvent au second plan.

Les enquêtes se sont toutes déroulées en début d'année universitaire. Tous les étudiants avaient déjà suivi quelques heures de cours sur les processus physiques à la base des coulées boueuses (ils connaissaient l'objet) et avaient été formés sur les enjeux soulevés par ces questions. Il nous paraissait essentiel qu'ils ne soient pas vierges de toutes connaissances sur ce sujet, cela dans l'optique de pouvoir faire des recoupements judicieux entre les types d'acteurs sondés.


Les passations sont également auto-administrées. Les questionnaires sont distribués aux étudiants regroupés dans une même salle et remplis directement (en 30 minutes environ). Les passations se sont étalées entre septembre 2006 et décembre 2007. Ici, la contrainte temporelle n'avait pas d'importance : les étudiants sont considérés *a priori* comme « non concernés » par le risque de coulées boueuses, le biais éventuel induit par la survenance de ce type de phénomène entre les passations ne se justifie pas. Au total **186 questionnaires** ont été collectés lors de ces passations. La répartition des enquêtes selon la formation s'établit selon le tableau 4.1.

Tableau 4.1 : Répartition des étudiants répondants en fonction de leur formation

	Nombre d'enquêtés	Pourcentage
Master 2 « Risques Technologiques et Naturels » - 1 ^{ère} passation	96	51,6
Master 2 « Risques Technologiques et Naturels » - 2 nd e passation	35	18,8
Master 2 « Aménagement Urbain du Territoire », option « Sociologie de l'Environnement »	19	10,2
Elèves ingénieurs en 3 ^{ème} année à l'ENGEES, parcours « Gestion Environnementale »	14	7,5
Master 1 Enseignement de « Sociologie du Développement Durable »	22	11,8
Total	186	100

Figure 4.4 : Le questionnaire d'enquête.

Les sous-sections n'apparaissent pas dans les questionnaires originaux. Elles correspondent au détail des thématiques abordées (expliquées dans le texte)



Etude de la perception du risque de catastrophes naturelles liées aux coulées boueuses en Alsace

Nous vous remercions par avance de votre participation à cette étude et vous invitons à remplir le questionnaire. Afin d'obtenir les résultats les plus proches possible de votre opinion, nous vous serions reconnaissants d'y répondre en respectant l'ordre des questions. En cas de doute sur une question, n'hésitez pas à cocher la case « Ne sais pas » et à passer à la question suivante.

Q1. Pouvez-vous classer ces problèmes de société selon l'ordre d'importance pour vous ? (De 1 à 6, avec 1 = le plus important ; 6 = le moins important)

- ... Chômage
- ... Catastrophes naturelles
- ... Catastrophes technologiques et industrielles
- ... Dégradation de l'environnement
- ... Insécurité
- ... Terrorisme
- Ne sais pas

Dans le cadre de cette enquête, nous nous intéressons aux risques ...

Q2. Selon vous, qu'est-ce qu'un risque ? Pouvez-vous noter les 2-3 mots que vous associez à ce terme ?

Sous-section 1

... et plus particulièrement aux risques naturels : c'est-à-dire aux risques liés à notre environnement.

Q3. A quel(s) phénomène(s) pensez-vous lorsque l'on parle de risques naturels ?

Q4. Pouvez-vous classer ces risques naturels du plus important au moins important ? (De 1 à 6, avec 1 = le plus important ; 6 = le moins important)

- ... Incendies
- ... Inondations
- ... Crues
- ... Tempêtes
- ... Coulées boueuses
- ... Tremblements de terre

Sous-section 2

Q5. Avez-vous entendu parler de certaines catastrophes naturelles dans la région ?

- Oui
- Non

Si oui, pouvez-vous nous préciser le lieu, la date et les conséquences de ces catastrophes naturelles ?

Concernant les risques de coulées boueuses, auquel vous pourriez être exposé(e) sur votre lieu d'habitation.

Q6. Quelles sont, d'après vous, les origines d'une coulée boueuse ?

Q7. Voici plusieurs propositions. Quelle est celle qui se rapproche le plus de votre opinion concernant les coulées boueuses ? (1 seule réponse demandée)

- 1. On ne peut rien y faire
- 2. Les élus devraient mieux gérer l'aménagement de la commune pour que la population soit moins touchée
- 3. Les agriculteurs devraient faire quelque chose pour que ça n'arrive plus
- 4. Les habitants devraient mieux se protéger
- 5. Ne sais pas

Si réponse n°2, à quels aménagements pensez-vous ?

Sous-section 3

BL/ZC-B2/1-60

Codage en fonction de la zone d'échantillonnage

Q8. Avez-vous déjà été touché(e) par une coulée boueuse chez vous ?

- Oui
- Non

Si oui, pouvez-vous nous préciser quand et les conséquences engendrées ?

Q9. Vous sentez-vous menacé(e) par un tel événement ?

- Oui
- Non

Pouvez-vous nous expliquer pourquoi ?

Sous-section 4

Concernant les questions de prévention c'est-à-dire les moyens mis en œuvre pour prévenir les risques et limiter les dangers :

Q10. Quelles mesures devraient être prises, selon vous, afin de diminuer le risque de coulées boueuses ?

Q11. A votre connaissance, quels sont les différents types d'aménagements, techniques ou naturels, qui existent pour réduire les risques de coulées boueuses ?

BL/ZC-B2/1-60

3

Sous-section 5

Q12. Pour mieux vivre avec le risque de coulées boueuses, nous devons (1 seule réponse demandée) :

- Mieux réglementer les constructions dans les zones à risques
- Adapter l'environnement à ce risque
- Développer des dispositifs de prévision et d'information des habitants en zones à risques
- Protéger les lieux habités quand c'est possible techniquement et réalisable financièrement

Q13. Pouvez-vous classer ces types de solutions pouvant être apportés pour diminuer le risque de coulées boueuses, de la plus efficace à la moins efficace ?

- ... Aménagements urbains différents
- ... Solutions techniques (mises en place d'ouvrages de protection)
- ... Mise en oeuvre de techniques agricoles différentes
- ... Restauration de l'enherbement, prairies, haies
- ... Aménagements du réseau de canalisation

Q14. Qui doit, selon vous, initier ce genre d'aménagements ? (1 seule réponse demandée)

- La Mairie
- La Préfecture
- Les services de l'Etat (DDAF, DIREN)
- Les agriculteurs
- Les scientifiques
- Autre. Précisez _____
- Ne sais pas

Q15. Quels médias utilisez-vous pour vous informer sur le risque de coulées boueuses dans votre commune ?

(Du plus important au moins important – 3 réponses numérotées minimum)

- ... Radio : laquelle ? _____
- ... Télévision : quelle chaîne ? _____
- ... Presse écrite quotidienne : quel journal ? _____
- ... Autre type de presse écrite ? _____
- ... Internet : quels sites ? _____
- ... Autre. Précisez _____
- Ne sais pas

BL/ZC-B2/1-60

Sous-section 6

Q16. D'après vous, qui est censé vous informer ? (Cochez selon votre avis)

	Un peu	Beaucoup	Pas du tout
La Mairie			
Les médias			
Les services de l'Etat (DDAF, DDE, DIREN)			
Les conseillers techniques agricoles			
Les pompiers			
La gendarmerie			
Autre Précisez			

Q17. A qui faites vous confiance pour les informations que vous recevez ? (Du plus important au moins important – 3 réponses numérotées minimum)

- ... La Mairie
- ... Les services de l'Etat (DDAF, DDE, DIREN)
- ... Les conseillers techniques agricoles
- ... Les articles de revues spécialisées
- ... Les scientifiques
- ... La Préfecture
- ... Personne

Sous-section 6

Les questions suivantes concernent la gestion d'une catastrophe, une fois survenue.

Q18. Avez-vous été sensibilisé(e) aux consignes de sécurité en cas de catastrophes naturelles ?

- Oui
- Non

Si oui, pouvez-vous nous préciser par qui et à quelle occasion vous avez été sensibilisé(e) ?

Et en quoi consistent ces consignes de sécurité ?

Sous-section 7

BL/ZC-B2/1-60

Q19. Si une coulée boueuse devait se produire chez vous, quelle serait votre réaction immédiate (1 seule réponse demandée)

- Vous téléphonez. A qui ? _____
- Vous allumez la TV sur une chaîne locale
- Vous écoutez la radio sur une onde locale
- Vous allez voir les voisins
- Vous mettez en place des systèmes de protection pour vous protéger
- Vous fuiez
- Vous allez dans votre commune voir l'ampleur des dégâts
- Autre. Précisez _____

Q20. Vous avez des enfants à charge et ceux ci sont à l'école. Quelle est votre réaction ? (1 seule réponse demandée)

- Vous rejoignez vos enfants au plus vite
- Vos enfants sont bien encadrés par les enseignants. Vous les rejoindrez plus tard lorsque cela sera possible
- Vous avertissez un ami ou un parent qui ira chercher vos enfants au plus vite

Q21. Pourriez-vous faire un croquis de votre commune, en y localisant par des croix, les zones qui sont les plus exposées, selon vous, aux risques de coulées boueuses ?

Afin de respecter l'anonymat de chacun, nous vous demanderons de ne stipuler aucun nom sur votre croquis.

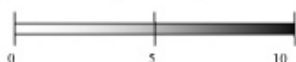
BL/ZC-B2/1-60

Sous-section 9

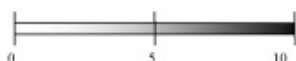
Afin de pouvoir mesurer la manière dont vous percevez le risque de coulées boueuses, pouvez-vous marquer d'un trait, le niveau d'importance que vous accordez aux différentes causes liées aux risques ?



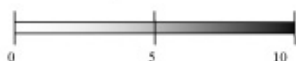
Selon vous, les structures agricoles actuelles sont-elles responsables du risque de coulées boueuses ? (0 = pas du tout responsables ; 10 = très responsables)



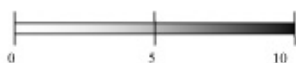
Selon vous, l'urbanisation joue-t-elle un rôle dans le risque de coulées boueuses ? (0 = aucun rôle ; 10 = un rôle très important)



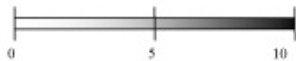
Sur cette échelle, pouvez-vous placer votre niveau d'information concernant le risque de coulées boueuses ? (0 = aucune information ; 10 = beaucoup d'informations)



Selon vous, quel niveau de protection offrent les aménagements hydrauliques (de type digues ou bassins de rétention) ? (0 = aucune protection ; 10 = une forte protection)



Le type de cultures a-t-il, selon vous, un rôle dans la naissance des coulées boueuses ? (0 = aucun rôle ; 10 = un rôle très important)



BL/ZC-B2/1-60

Sous-section 8

Merci de répondre aux questions qui suivent et qui ne remettent pas en cause l'anonymat de ce questionnaire.

Q22. Quelle est votre année de naissance ? _____

Q23. Votre sexe (rayez la mention inutile) Homme Femme

Q24. Quelle est votre activité professionnelle ?

pour les étudiants : veuillez préciser votre discipline d'étude
pour les employés(e)s : veuillez préciser votre domaine d'activité
pour les chômeurs : veuillez préciser votre secteur d'activité
pour les retraités : veuillez préciser votre ancienne activité

Q25. Quel est le dernier diplôme que vous avez obtenu ?

Aucun diplôme		Bac + 2	
BEPC, certificat de fin d'étude		Bac + 3, 4	
BEP, CAP		Bac + 5, doctorat	
Baccalauréat		Autre diplôme	
		Précisez	

Q26. Dans quel type d'habitat logez-vous ?

1. Individuel	
2. Collectif	

1. Locataire	
2. Propriétaire	

Q27. Vous vivez ?

- En couple / en famille
- Seul(e)

Q28. Avez-vous des enfants ?

- Oui Age(s) _____
- Non

N'hésitez pas à noter ici toutes vos remarques concernant cette enquête

Merci de votre collaboration !

BL/ZC-B2/1-60

8

4.3. Représentation graphique de la perception et cartographie mentale

Une partie du questionnaire consistait à mesurer les **niveaux de perception** de divers facteurs ayant un rôle dans la formation ou la propagation des coulées boueuses puis à demander une **représentation cartographique** des zones perçues comme risquées par le biais d'une carte mentale (figure 4.4 - sous-section 8 et 9).

Ces deux outils nous permettent de : (i) déterminer les facteurs considérés comme importants par les enquêtés dans la formation des coulées boueuses et (ii) comprendre comment les enquêtés se représentent les espaces soumis au risque (y sont-ils associés ? quels sont les éléments qui structurent leurs cartes mentales ? où situent-ils les zones à risque ?).

4.3.1. Les facteurs influençant les coulées boueuses et leur système de mesure

Nous avons conçu une technique permettant de représenter graphiquement les degrés d'importance accordée à des facteurs de risque (figure 4.4, sous-section 8), à un moment précis et pour une localisation précise (échelle de la commune). Cette représentation de la perception a déjà fait l'objet d'un calage et d'une validation lors du travail de DEA (Heitz, 2005). Dans le but d'utiliser les éléments ainsi sondés dans la définition des indices de perception des risques (Chapitre 6), nous avons suivi deux étapes : (i) la détermination de **facteurs** perçus comme ayant une influence sur le risque et (ii) la détermination d'une **technique** de mesure de ces facteurs.

Les facteurs concernent :

1. et 2. les structures agricoles (agencement des parcelles et type de cultures) ;
3. l'urbanisation ;
4. le niveau de sensibilisation des enquêtés aux problèmes générés par les coulées boueuses ;
5. le sentiment de protection induit par les ouvrages de protection de type « aménagements hydrauliques » (bassins de rétention, par exemple).

Le rôle des structures agricoles a été distingué selon l'importance accordée aux techniques de travail du sol et à l'organisation du parcellaire. En effet, les parcelles peuvent être cultivées de façon traditionnelle et ne pas présenter de risques grâce à une organisation cohérente des assolements pratiqués. Des alternances entre cultures de printemps (sensibles au ruissellement) et cultures d'hiver sur un même versant peuvent avoir un rôle sur la diminution de ruissellement et de ce fait limiter les risques de coulées boueuses.

Nous avons estimé que ces cinq facteurs sont pertinents car ils reviennent le plus souvent dans le discours des enquêtes et ils peuvent être estimés par chacun des acteurs assez facilement. D'autres indicateurs de vulnérabilité et d'aléa peuvent être adaptés à cette configuration de la perception : sociaux, économiques (le coût estimé d'un événement dans une commune), physiques (les propriétés physiques du milieu, etc.).

Pour **mesurer cette perception**, nous avons créé une échelle, sur le modèle d'échelles de douleur. Ce concept est très connu, le principe de notation en est le suivant : l'échelle est graduée de 0 à 10. Ce type d'outil permet le chiffrage des données (en pourcentage, en valeur absolue), mais aussi la détermination des niveaux de manière relative (peu, moyen, beaucoup). Les enquêtés ont placé des traits sur l'échelle, symbolisant le niveau de perception qu'ils jugeaient leur convenir. Nous avons alors mesuré chaque écart et attribué un chiffre à ce trait de manière proportionnelle (par une règle de trois).

Les questions ont été rédigées afin que les enquêtés n'aient aucun doute sur les déterminants que nous voulions évaluer : les mots utilisés n'étant pas trop techniques. Les questions sont les suivantes :

- Selon vous, les **structures agricoles** actuelles sont-elles responsables du risque de coulées boueuses ? (0 = pas du tout responsables ; 10 = très responsables) ;
- Selon vous, **l'urbanisation** joue-t-elle un rôle dans le risque de coulées boueuses ? (0 = aucun rôle ; 10 = un rôle très important) ;
- Sur cette échelle, pouvez-vous placer votre niveau **d'information** concernant le risque de coulées boueuses ? (0 = aucune information ; 10 = beaucoup d'informations) ;
- Selon vous, quel niveau de **protection** offrent les aménagements hydrauliques (de type digues ou bassins de rétention) ? (0 = aucune protection ; 10 = une forte protection) ;
- Le **type** de cultures a-t-il, selon vous, un rôle dans la naissance des coulées boueuses ? (0 = aucun rôle ; 10 = un rôle très important).

4.3.2. La représentation mentale des zones à risques : méthode d'analyse

Les géographes ont commencé à utiliser les cartographies mentales dans le but d'extraire des informations relatives à la représentation cognitive de l'espace des individus (Montello, 2002). Dans ce cas, la représentation cognitive inclut les connaissances, les processus d'apprentissage et de réflexion, la mémoire et les systèmes de communications utilisés par l'individu (Pinheiro, 1998). Ces données sont propres à chaque personne : la perception de l'environnement varie de ce fait d'un individu à l'autre et les cartes mentales comptent parmi les vecteurs par lesquels nous pouvons obtenir des informations spatialisées de cette perception. Ces méthodes sont couramment mobilisées en géographie mais aussi en psychologie : les deux disciplines cherchant à comprendre : (i) comment les informations géographiques sont acquises et intégrées par les individus, (ii) comment ils utilisent le support cartographique et (iii) comment ils structurent leurs repères spatiaux (Tkacz, 1998). Comme le soulignent Golledge et Stimpson (1997), les cartes mentales sont des modélisations propres à chacun du monde dans lequel nous vivons.

Nous avons choisi d'utiliser la représentation mentale des espaces soumis aux risques par les acteurs directement concernés dans le but de caractériser la représentation spatiale des zones à risques. Nous articulons notre réflexion autour de trois questions :

- les individus enquêtés localisent-ils les différentes zones de ruissellement (les zones « sources », « cibles », de « transition » et « non concernées ») ? ;
- de quelle façon ces zones sont-elles représentées ? ;
- les distances représentées des zones sinistrées par rapport aux lieux d'habitation des enquêtés ou par rapport aux zones d'aléa sont-elles sur- ou sous-estimées ?

Nous essayons ainsi de mettre en évidence **l'espace cognitif** (l'espace d'activité) tout en introduisant l'importance de l'organisation spatiale des éléments et de leurs attributs « subjectifs ». La méthode consiste ici à demander aux enquêtés de dessiner et localiser sur une feuille blanche (sans aucune information, figure 4.4 - sous section 9), les zones qu'ils considèrent à risque dans leur commune.

La méthodologie d'interprétation s'appuie en grande partie sur les travaux développés par Bailly (1990). Cet auteur établit un référentiel reliant les éléments présents sur les cartes : éléments **physiques**, d'orientation, symboliques, sociaux ou culturels, *etc.* et leurs liaisons (nœuds, routes). Les informations extraites sont des repères spatiaux relevés entre les zones identifiées et dessinées (figure 4.5).

Ainsi, dans un premier temps, le classement des cartes s'organise selon un niveau de spatialisation. Il est attribué par l'évaluation de la **distribution des éléments** dans le dessin : éléments éparpillés, en mosaïque, reliés ou en réseau, présence d'une échelle ou d'une orientation (Nord, par exemple). Puis, pour déterminer l'état de connaissance de cet espace, les éléments suivants ont été évalués : présence d'axes, relations entre eux, repère de bâtis, présence de limites (administratives par exemple), de propriétés symboliques (quartiers, champs) ou de fonctions (mairie). L'analyse consiste à comparer le nombre **d'éléments structurants** présents dans les dessins puis de **mesurer les distances « subjectives »** entre ces éléments. Le dépouillement montre des ressemblances et des dissemblances dans la structure générale des dessins. Les classes de cartes obtenues créent des groupes aux repères spatiaux similaires. Ces résultats sont associés aux caractéristiques sociales afin de déterminer les facteurs influençant les représentations cognitives des espaces par les individus qui les habitent.

L'exploitation des travaux débouche sur une comparaison des cartes et fait surgir la subjectivité des relations des enquêtés à leur environnement proche. Toutefois, cette analyse est restée au stade méthodologique : les quelques 200 réponses obtenues nécessitent un travail de digitalisation que nous n'avons pas eu le temps de mener à bien pour cette thèse. La méthode de traitement a été déterminée dans ces grandes lignes et les analyses seront effectuées dans le cadre d'une future publication.

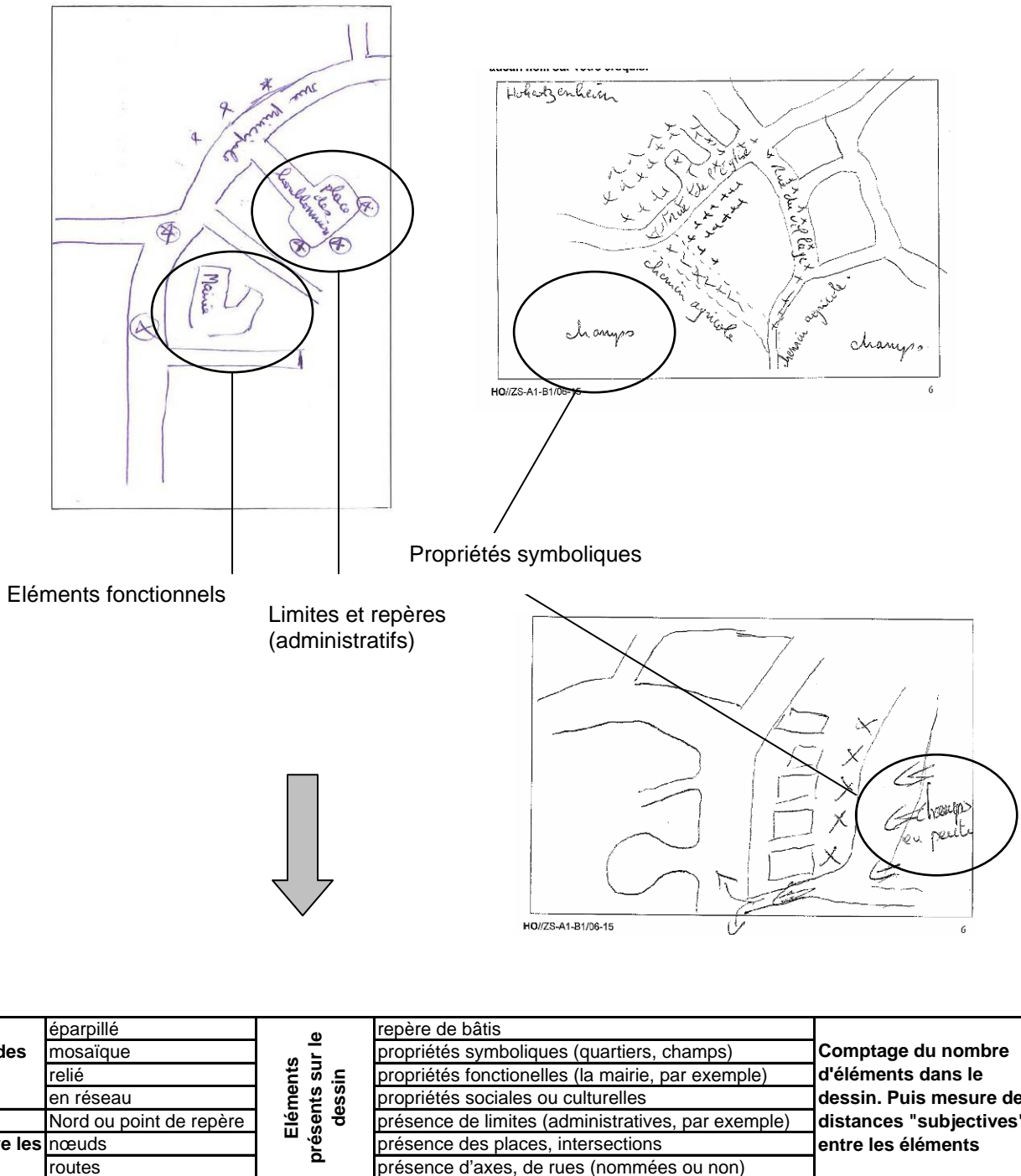


Figure 4.5 : Les éléments structurants à prendre en compte dans l'analyse des cartes mentales

4.4. Un échantillonnage spatial créé et adaptée à chaque commune

Notre échantillonnage suit deux étapes : la première consiste à sélectionner les communes en respectant des critères physiques et sociaux précis. Le plan de sondage suivi est élaboré lors de la seconde étape. L'originalité de cet échantillonnage spatial est qu'il est directement calqué sur la proximité des enquêtés aux zones d'aléa ou d'enjeux.

4.4.1. Les critères de sélection des communes enquêtées

Les critères de sélection des communes ont été déterminés sur la base des données existantes mais aussi sur le type d'information nécessaire pour répondre à nos hypothèses de travail (tableau 4.2). Les bases de données sont :

- **Gaspar** (Gestion Assistée des Procédures Administratives relatives aux Risques naturels et technologiques – anciennement Corinte). Elle est mise à jour par la Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques (DPPR) et regroupe les données sur les documents réglementaires liés à : (i) l'information préventive (Document d'Information Communal des populations sur les Risques Majeurs – DICRIM, porté à connaissance, Atlas des Zones Inondables) ; (ii) l'état d'avancement des PPR et (iii) l'état d'avancement des procédures de type « reconnaissance de l'état de catastrophes naturelles » ;
- **Corine Land Cover**. Cette base de données est gérée et diffusée par le Service de l'Observation et des Statistiques (SOeS) du ministère de l'environnement. Nous avons utilisé cette base de données pour avoir les premiers éléments d'information sur l'occupation du sol (au 1/100 000è). L'échelle de cette base de données et la date de sa dernière mise à jour (2000 au moment de la préparation des enquêtes) ne permettaient de n'avoir qu'une information globale sur l'occupation du sol. Ces données ont été complétées par des observations de terrain, nécessaires à la compréhension de l'environnement « physique » des communes ;
- **Bases de données Cat Nat**. Elle regroupe les informations issues des dossiers de demande d'indemnisation au titre de catastrophes naturelles, pour les départements du Haut-Rhin et du Bas-Rhin. Pour le Haut-Rhin, cette base de données a été créée en 2004 (Heitz, 2004 - Annexe 4). La méthode de recueil des informations a été reprise pour le Bas-Rhin par Guyonnet et Moquet en 2005 (Guyonnet, 2005; Moquet, 2005). La base de données *Cat Nat* a servi à déterminer les fréquences d'occurrence de coulées boueuses, les zones affectées et les dommages répertoriés.

Tableau 4.2 : Facteurs déterminés pour le choix des communes enquêtées.

En gris foncé, les facteurs sont déduits des questionnaires. En gris clair, les facteurs sont déduits de bases de données annexes (Gaspar, Corine Land Cover et BD Cat Nat)

Facteurs de choix	Facteurs déduits
Caractéristiques physiques égales	Comparaisons entre sites
Concernées à des pas de temps différents	Mémoire du risque
Nombre de dommages matériels et de personnes indemnisées plus ou moins important	Importance de la catastrophe dans la gestion / prise en compte du risque dans la commune
	Mémoire du risque
Mise en place de systèmes de protection	Sentiment de sécurité

L'un des critères de sélection est la **fréquence** des événements de type « coulée boueuse » au cours des 20 dernières années. Ce choix s'est appuyé sur la consultation de la base de données *Cat Nat* (Heitz, 2004; Guyonnet, 2005; Moquet, 2005) qui répertorie les événements survenus dans la région depuis la mise en place de l'arrêté d'indemnisation au titre de catastrophes naturelles (1982). Comme nous avons pu le voir auparavant, cette loi offre la possibilité aux personnes ou collectivités endommagées de bénéficier d'une indemnisation attribuée par le système d'assurance solidaire géré au niveau national. Chaque commune est en charge de la constitution d'un dossier d'indemnisation comportant des renseignements sur la date de l'événement, les données météorologiques liées à l'événement en question et les dommages subis. Ces renseignements sont centralisés à la Préfecture, principal interlocuteur entre la Commission Interministérielle (statuant sur les dossiers de demande d'indemnisation) et les maires des communes sinistrées. Dans notre étude, nous nous sommes intéressée dans un premier temps aux communes les plus fréquemment touchées : elles sont régulièrement confrontées à des situations d'urgence. La répétition des coulées boueuses augmente les pressions supportées par les collectivités. Elles doivent alors gérer des situations de conflits, tout en cherchant des moyens de protection. La palette de solutions est large, il est de ce fait intéressant de voir comment certaines de ces protections sont perçues par les populations.

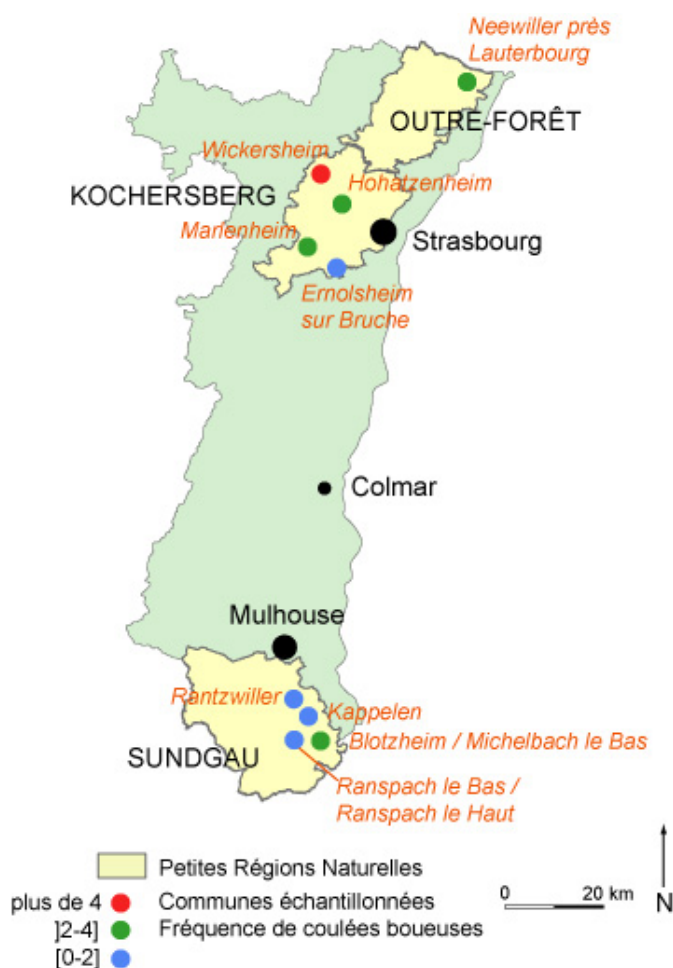
Le critère relatif aux **moyens de protection** mis en place ou non a aussi pesé dans le choix des communes. Une comparaison entre les niveaux de protection propres à chaque commune permet d'appréhender le niveau d'information des individus sur l'efficacité de ces mesures et sur leurs éventuelles critiques à leur égard. Ce critère permet aussi de comprendre de quelle façon le sentiment de sécurité induit par la mise en place d'un système de protection influence le comportement des individus en cas de catastrophe et leur volonté de protection individuelle.

Le choix des communes s'est basé sur le **nombre de victimes** et de **dommages** déclarés après chaque événement. Notre hypothèse étant ici que l'expérience vécue par les individus a un rôle important dans les comportements adoptés lors d'un sinistre. La littérature abonde également dans ce sens : de nombreuses études démontrent que l'expérience vécue modifie positivement les attitudes des individus face à un risque (Weinstein, 1989; Slovic *et al.*, 2004; Grothmann et Reusswig, 2006; Cohen *et al.*, 2008).

Enfin, nous avons choisi d'échantillonner des communes qui ont été touchées à des **dates** différentes et à des pas de temps différents. Ces différences ont permis de faire des recoupements de résultats concernant la **mémoire** du risque, les retours d'expériences et leur influence sur les comportements des acteurs en situation de risque. Nous avons également essayé de voir de quelle façon les nouveaux arrivants dans une commune (qui n'ont pas encore été affectés par une coulée boueuse mais qui résident soit dans une zone à risques, soit dans une maison ayant déjà été touchée par le passé) ont été informés sur le risque encouru.

Sur la base des informations liées à la fréquence, à la présence d'ouvrage de protection (qu'ils soient techniques ou relatifs à l'aménagement des zones habitables), aux dommages recensés et aux dates de survenue de coulées boueuses, les communes sélectionnées sont :

- pour le **Bas-Rhin** : Marlenheim, Ernolsheim sur Bruche, Wickersheim, Hohatzenheim, Neewiller près Lauterbourg ;
- pour le **Haut-Rhin** : Blotzheim, Kappelen, Rantzwiller, Ranspach le Haut, Ranspach le Bas, Michelbach le Bas (figure 4.6).



Les onze communes ont des **caractéristiques « physiques » et climatiques semblables**. Elles sont situées dans des reliefs dominés par des collines limoneuses, où la fréquence des orages durant la période printanière est élevée. Les caractéristiques d'occupation du sol agricole sont également semblables pour 10 d'entre elles (cultures peu couvrantes au printemps, majoritairement dominées par une monoculture de maïs). L'occupation du sol diffère pour la commune de Marlenheim où le vignoble prévaut. Nous avons pu voir (Chapitre 3) que la problématique reste identique : il s'agit de coulées boueuses issues de parcelles cultivées faisant suite à un événement orageux. La commune de Marlenheim a été sélectionnée pour son engagement dans la mise en place de multiples mesures de protection :

- mesures « techniques » par la construction d'un bassin de rétention en 1985, renforcé par un autre ouvrage en 2003 ;
- mesures préventives, par des modifications de type agronomique dans le vignoble. Les campagnes d'information et les solutions agronomiques préconisées dans le vignoble (enherbement des rangs) ont montré leur efficacité à l'échelle nationale (Viguié *et al.*, 1990; Biarnès *et al.*, 2004). Ce type de procédures n'a pas encore été développé dans les zones de cultures céréalières, mais il nous semble intéressant d'utiliser l'exemple du vignoble comme modèle de base pour prouver l'efficacité des actions instaurées dans les parcelles et pour inciter à la mise en place de telles mesures dans les parcelles de grandes cultures.

Les tableaux 4.3a. et 4.3b. synthétisent les principales caractéristiques des communes en fonction des choix de sélection. Nous notons que les communes de Kappelen, Ranspach le Bas, Ranspach le Haut et Rantzwiller n'ont été concernées que par un seul événement, tandis que les autres communes ont été sinistrées entre 3 et 5 fois. Grâce à ces différences d'occurrence, nous obtiendrons des données sur la mémoire du risque.

Le **nombre de sinistrés** varie également d'une commune à l'autre. Nous ne disposons pas toujours de données complètes à ce sujet : les rencontres avec les maires ont permis, dans certains cas, d'obtenir quelques précisions. La commune la plus fortement touchée est Blotzheim. La municipalité a d'ailleurs pris des mesures fortes : trois bassins de rétention cernent la commune et un quatrième était à l'étude en 2006.

En termes de **mesures de protection**, certaines communes essaient de mettre en place une concertation entre les acteurs (agriculteurs et élus locaux avec souvent l'appui de la Chambre d'Agriculture) pour modifier les zones agricoles ou les cultures en place et ainsi diminuer l'aléa. Cette initiative a été prise à Neewiller près Lauterbourg, par exemple. *A contrario*, l'équipe municipale de Michelbach le Bas n'est pas passée par le dialogue : elle a voté un arrêté municipal interdisant la culture du maïs dans un rayon de 200 m. Tandis que quatre communes (Ernolsheim sur Bruche, Wickersheim, Ranspach le Bas et le Haut) n'ont pris aucune mesure concrète : le manque de moyens ou la volonté de prévenir d'autres risques en priorité sont invoqués par les municipalités en place. En effet, toutes nos communes sont soumises à **d'autres risques** que celui de coulées boueuses. Le ministère de l'environnement, via son portail de prévention des risques majeurs (Prim.net²¹) recense les risques à des fins informatives. Nos communes d'étude sont soumises à trois autres types de risques :

- d'inondations pour les communes d'Ernolsheim sur Bruche, de Marlenheim, de Kappelen, de Rantzwiller et de Blotzheim ;
- liés aux transports de matières dangereuses pour Marlenheim, Hohatzenheim, Neewiller près Lauterbourg, Ranspach le Bas, Ranspach le Haut, Michelbach le Bas et Blotzheim ;
- de tremblements de terre pour l'ensemble des communes du Haut-Rhin (toutes en sismicité 2).

Enfin, rappelons que la plupart des communes se situent à proximité de pôles industriels et chimiques importants (notamment dans le Haut-Rhin) : les populations identifient assez bien leur vulnérabilité face aux risques d'origine technologique (Glatron et Beck, 2005; Beck et Glatron, 2006).

²¹ Prim.net : www.prim.net, consulté en juillet 2009, mise à jour du site en octobre 2007.

Tableau 4.3a : Synthèse des principales caractéristiques des communes échantillonnées dans le Bas-Rhin

BAS-RHIN	Population		Données agricoles			Données hydrographiques	Données relatives aux coulées boueuses				
Commune (superficie en ha)	Nombre de ménages	Nombre d'habitants	Type de cultures	SAU en ha	STH en ha	Nombre d'agriculteurs	Bassin versant concerné	Date de coulées boueuses	Nombre de personnes sinistrées	Moyens de protection	Prévention des risques
Ernolsheim sur Bruche (659 ha)	568	1704	Monoculture de maïs	279	82	18	La Bruche du Bras d'Altorf à l'III (Canal de la Bruche inclus)	14 juin 2003	300 habitations	Aucune mesure de protection prises pour lutter contre les coulées boueuses	R111.3 inondation approuvé en 1992
							La Bruche de la Mossig au Bras d'Altorf (inclus)	12 juin 2003	300 habitations		
Hohatzenheim (200 ha)	67	232	Houblon et maïs	235	45	8	Le Landgraben de sa source au Riedgraben (inclus)	30 mai 2008	30 habitations	Mise en place d'une digue de rétention en 2007	Aucun document prescrit
								21 juin 2006	1 personne blessée lors de la coulée boueuse	Etudes débutées pour la mise en place d'ouvrages de protection	
								17 juin 2003	Une vingtaine d'habitations	Aucune mesure de protection prise	
Marlenheim (1459 ha)	1265	3396	Vignoble	463	109	41	La Mossig du Heiligenbach au Kobach (inclus)	8 mai 2003	3 habitations et des pertes agricoles	Construction d'un bassin de rétention après cet événement	PPR inondation approuvé en 2007
								31 juillet 1992	50 habitations, 2 batiments publics et 10 artisans	Aucune mesure de protection prise	
								18 août 1986	Voirie et pertes agricoles importantes	Mesures agronomiques dans les vignes pour limiter le ruissellement	
								22 mai 1985	Voirie et pertes agricoles importantes	Mise en place d'un bassin de rétention en 1985	
Neewiller près Lauterbourg (734 ha)	232	629	Monoculture de maïs	475	28	15	Le Rhin de la Sauer à la Lauter (frontière franco-allemande)	3 juin 2003	33 habitations	Implantation de TCS, études de diagnostic pour les aménagements de protection, modification du PLU	Aucun document prescrit
								5 juin 2000	Pertes agricoles		
								22 mai 1988	Habitations et pertes agricoles	Aucune mesure de protection prise	
								27 juin 1994	Aucune déclaration		
Wickersheim (550 ha)	141	441	Monoculture de maïs	810	253	21	La Zorn du Littenheim au Bachgraben (inclus)	25 juin 2006	1 personne emportée par les eaux	Aucune mesure de protection prise	Aucun document prescrit
								12 juin 2003	Entre 25 et 30 habitations		
								30 mai 2003	Entre 25 et 30 habitations et pertes agricoles		
								9 mai 2003	Entre 25 et 30 habitations et pertes agricoles		
								27 juin 1999	Entre 25 et 30 habitations et pertes agricoles		

Tableau 4.3b : Synthèse des principales caractéristiques des communes échantillonnées dans le Haut-Rhin

HAUT-RHIN	Population		Données agricoles			Données hydrographiques	Données relatives aux coulées boueuses				
	Commune (superficie en ha)	Nombre de ménages	Nombre d'habitants	Type de cultures	SAU en ha		STH en ha	Nombre d'agriculteurs	Bassin versant concerné	Date de coulées boueuses	Nombre de personnes sinistrées	Moyens de protection	Prévention des risques
Blotzheim (1460 ha)	1432	3629	Monoculture de printemps	860	61	23	Le Kellergraben, l'Altebach et le Thurbach	28 mai 2003	332 habitations	Aménagement des berges et mise en place de 3 bassins de rétention	PPR inondation prescrit en 2008 et PPR ruissellement prescrit en 2008
								18 mai 1994	Environ 100 habitations	Depuis 2001, inscription à l'Atlas des zones inondables	
								25 mai 1983	Pas de déclaration de sinistres	Aucune mesure de protection prise	
Kappelen (515 ha)	180	503	Monoculture de printemps	495	59	14	Le Mulhgraben et le Mulbach	26 mai 1988	15 habitations	Inscription à l'Atlas des zones inondables depuis 2001	Aucun document prescrit
Michelbach le Bas (494 ha)	268	737		243	26	12	L'Altebach	28 mai 2003	Environ 100 habitations	Arrêté municipal interdisant la culture du maïs dans un périmètre de 200 m autour de la commune	Aucun document prescrit
							18 mai 1994	Pertes agricoles	Aucune mesure de protection prise		
							26 mai 1988	Pertes agricoles	Aucune mesure de protection prise		
Ranspach le Bas (443 ha)	228	620	Monoculture de printemps	544	66	15	Le Dorfbach	28 mai 2003	70 habitations	Aucune mesure de protection prise	Aucun document prescrit
Ranspach le Haut (439 ha)	152	421		473	122	10	Le Dorfbach	28 mai 2003	5 habitations	Aucune mesure de protection prise	Aucun document prescrit
Rantzwiller (547 ha)	232	695	Monoculture de printemps	403	32	17		26 mai 1988	Pas de déclaration de sinistres	Depuis 2003, élaboration d'un GERPLAN (Plan de Gestion de l'Espace Rural et Périurbain)	Aucun document prescrit

4.4.2. La spatialisation et la cartographie des zones de passation des enquêtes

La méthode d'échantillonnage utilisée fait appel à un échantillonnage spatial aléatoire stratifié qui se fonde sur une différenciation raisonnée de zones « source », de « transition », « cible » et « non concernée » par le ruissellement. Par rapport à notre sujet d'étude, les strates trouvent leur justification dans la volonté d'obtenir des données concernant les différences de perceptions entre les zones de ruissellement définies.

Nous avons basé notre plan d'échantillonnage sur la différenciation des zones de ruissellement traditionnellement utilisée dans la définition d'aires « émettrices » ou « réceptrices » dans les modèles d'aléa à l'échelle du bassin versant (Puigdefabregas *et al.*, 1999; Imeson et Prinsen, 2004; Bracken et Croke, 2007; Mueller *et al.*, 2007 - figure 4.7). Cette différenciation à l'avantage de conserver une forte composante spatiale, notamment par la proximité aux sources d'aléa ou d'enjeux. Les quatre unités sont définies de la façon suivante :

- les zones « **sources** ». Elles correspondent aux zones d'érosion et de production des sédiments et se situent dans l'ensemble du bassin versant, en fonction de la topographie, de la nature du sol et de la couverture végétale en place ;
- les zones de « **transition** ». Elles réceptionnent le ruissellement provenant des zones « sources » à l'amont et contribuent à sa propagation. Elles peuvent également fournir des sédiments et alimenter le ruissellement. Elles se situent souvent à proximité de l'exutoire du bassin versant ;
- les zones « **cibles** ». Elles se situent à l'aval du bassin versant et recueillent le ruissellement et les coulées boueuses associées. Elles sont souvent urbanisées et la majorité des dégâts y est répertoriée ;
- les zones « **non concernées** » se situent en dehors des zones de processus d'érosion hydrique des sols.

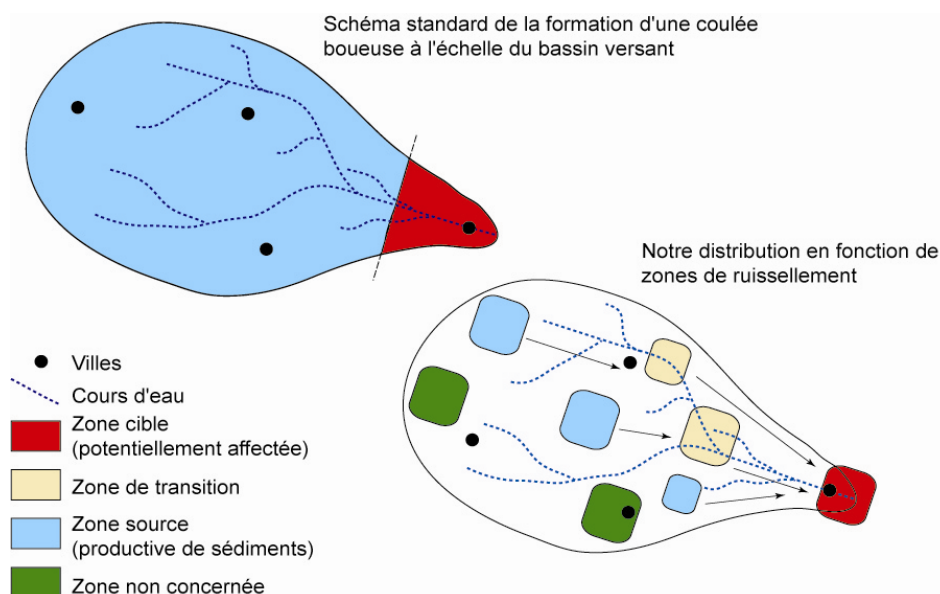


Figure 4.7 : Schéma conceptuel des zones de ruissellement au sein d'un bassin versant

Nous avons adapté cette partition à l'échelle de la commune (figure 4.8) car les enquêtes sont passées à cette échelle et le maintien d'une logique d'échantillonnage à l'échelle du bassin versant posait de nombreuses contraintes. En effet, en conservant l'échelle du bassin versant, les zones à échantillonnées montraient trop d'aires vides d'habitants (les parcelles agricoles, par exemple) tandis que les aires urbaines étaient sous représentées. Nous souhaitons conserver la différenciation en quatre unités de ruissellement à l'échelle de la commune afin de préserver une logique de proximité à l'aléa ou des enjeux. Dans ce but, les définitions ont été adaptées à notre configuration spatiale de la façon suivante :

- les zones « **sources** » correspondent aux habitats les plus proches de l'aléa, c'est-à-dire aux zones de départ des coulées boueuses ;
- les zones de « **transition** » sont les zones où les habitants ne déplorent aucun dégât mais qui sont situées sur le passage des coulées boueuses ;
- les zones « **cibles** » concordent avec les zones où les dégâts ont été répertoriés lors des coulées boueuses ;
- les zones « **non concernées** » sont protégées de toute atteinte par des coulées boueuses grâce à leur position dans la commune (positionnement en hauteur ou en dehors des zones de passage d'éventuelles coulées boueuses).

Bien que l'échantillonnage soit fait au niveau de la commune, nous avons gardé une représentation du bassin versant. Quatre communes de notre échantillon (Blotzheim, Michelbach le Bas, Ranspach le Bas et Ranspach le Haut – secteur du Sundgau, dans le Haut-Rhin) appartiennent au même bassin versant. Ainsi, deux niveaux de lecture peuvent être déterminés : celui du bassin versant et celui de la commune et des comparaisons entre ces deux échelles sont autorisées.

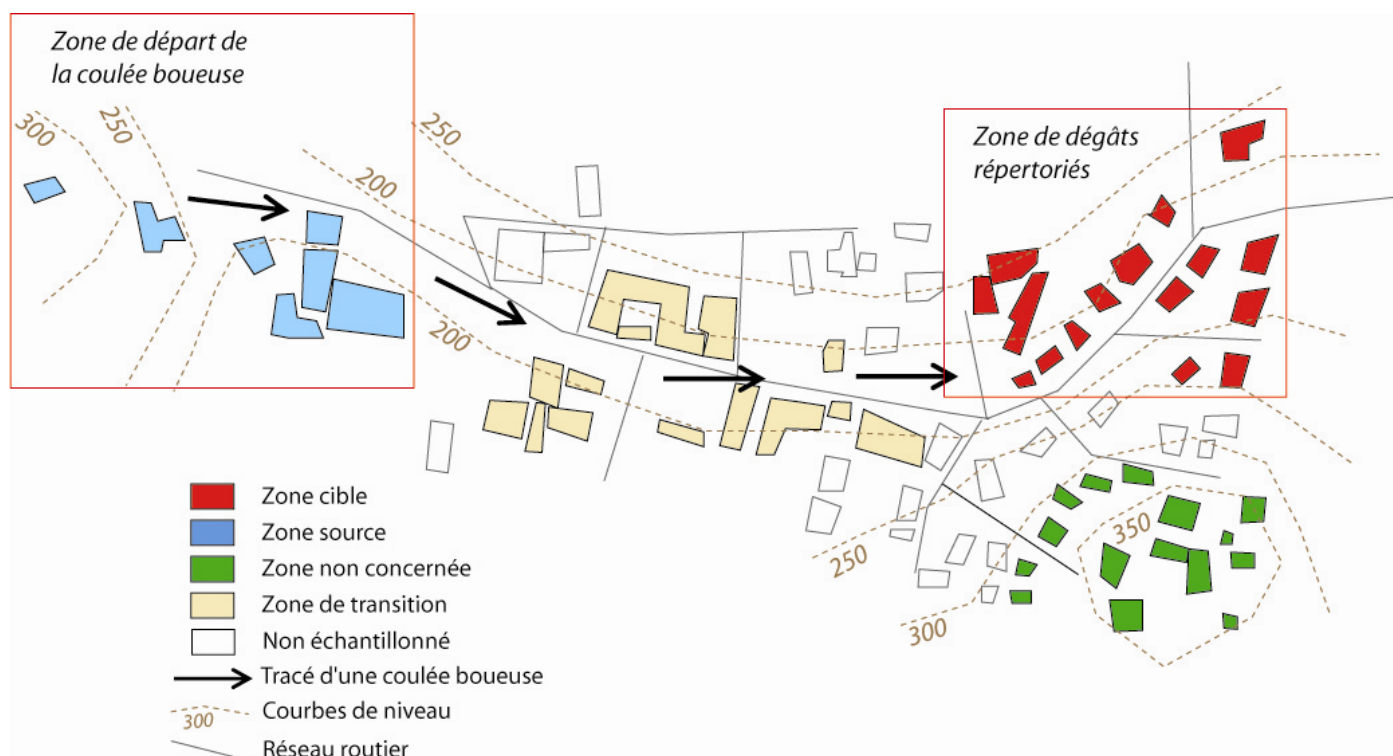


Figure 4.8 : Schéma conceptuel des zones de ruissellement au sein d'une commune

Les zones de ruissellement ont été déterminées par l'utilisation de différents supports :

- pour distinguer les zones « **non concernées** » des zones « **sources** », nous avons utilisé les critères « physiques » des communes à l'aide des photos aériennes, des images satellites, des cartes topographiques et de relevés de terrain. Le tracé d'anciennes coulées boueuses a également servi de base à la détermination de leurs points d'entrée ;
- pour déterminer les zones « **cibles** », nous nous sommes appuyée sur les demandes d'indemnisation au titre de catastrophes naturelles. Les adresses des personnes sinistrées y sont archivées, ainsi qu'une cartographie des zones sinistrées. Nous avons complété ces informations par des témoignages d'élus locaux et d'habitants et par une reconnaissance sur le terrain.

Le tableau 4.4 reprend en détail cette distribution et les cartes illustrent leur répartition pour chacune des communes (Annexe 5). Au total, nous comptabilisons 118 zones réparties en : 18 zones « sources », 41 zones « cibles », 11 zones « de transition » et 48 zones « non concernées ». Les configurations physiques et urbaines des communes sont variables, ce qui explique une hétérogénéité dans la répartition des zones. Par exemple, l'absence de zone « de transition » indique une proximité entre les zones d'aléa et les zones sinistrées (cela est le cas à Hohatzenheim, Kappelen ou Rantzwiller – figure 4.9). L'absence de zone « source » traduit un éloignement de l'aléa. Dans le Haut-Rhin, l'ensemble du bassin versant de Blotzheim est échantillonné : les zones « sources » ne se situent pas à Blotzheim même (figure 4.10) mais dans les communes amont (de Ranspach le Haut et le Bas à Michelbach le Bas).

Tableau 4.4 : Nombre de zones définies par commune

	Zone source	Zone cible	Zone de transition	Zone non concernée	Total
BAS-RHIN					
Ernolsheim sur Bruche	0	5	1	8	14
Hohatzenheim	1	2	0	2	5
Marlenheim	2	4	2	4	12
Neewiller près Lauterbourg	1	6	2	4	13
Wickersheim	2	3	2	2	9
HAUT-RHIN					
Blotzheim	0	9	2	12	23
Kappelen	6	2	0	1	9
Michelbach le Bas	2	3	1	4	10
Ranspach le Bas	1	3	1	2	7
Ranspach le Haut	2	1	0	2	5
Rantzwiller	1	3	0	7	11
Total	18	41	11	48	118



Figure 4.9 : Répartition des zones de ruissellement dans la commune de Rantzwiller (Haut-Rhin)



Figure 4.10 : Répartition des zones de ruissellement dans la commune de Blotzheim (Haut-Rhin)

Afin d'adapter le nombre de questionnaire nécessaire par zones, les photos aériennes et les relevés de terrain ont permis de compter les habitations situées dans chacune d'entre elles. Les strates d'échantillonnage étant ainsi suffisamment précises et pour pouvoir retrouver à quelle zone appartenait l'enquête retournée, nous avons codifié tous les questionnaires. Cette codification reprend le nom de la commune, la zone d'appartenance, la localisation approximative de la zone dans la commune (par un carroyage régulier de 100 m appliqué sur le territoire communal) et le nombre de questionnaires déposé dans la zone (figure 4.11). Afin de conserver le bénéfice de cet échantillonnage par zone de ruissellement, les **questionnaires** ont été directement **déposés** dans les boîtes aux lettres des habitations ciblées. Lors de ce dépôt, pour éviter toute erreur et pour être le plus précis possible lors du traitement des retours, le nom des rues a également été relevé et associé aux codes définis. L'anonymat a été respecté, seules les zones de ruissellement sont déterminées, l'adresse précise et le nom des enquêtés n'a pas été demandé afin de minimiser les refus de répondre.

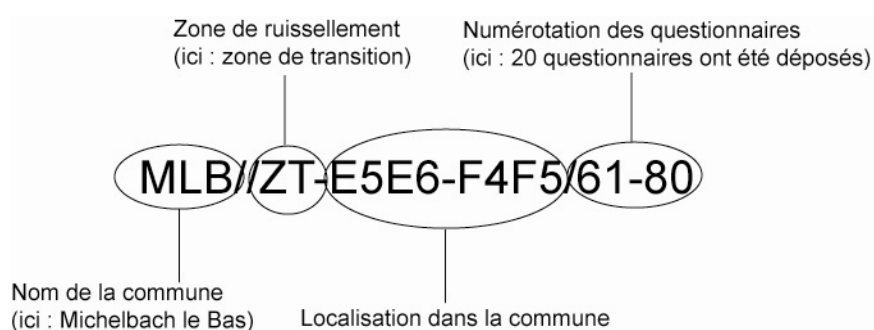


Figure 4.11 : Système de codification des questionnaires

Afin de respecter une proportionnalité entre le nombre de personnes interrogées et le poids égal que nous souhaitons conférer à chaque commune, nous avons intégré au plan de sondage les données démographiques relatives au nombre de ménages implantés dans la commune (tableau 4.5). Nous avons choisi de fonder notre échantillonnage sur le nombre de ménage car souvent, seul un membre d'un foyer répond à ce type de sollicitations. En nous basant sur le nombre d'habitants des communes, nous aurions dû déposer plusieurs questionnaires par habitations et aurions diminué significativement le nombre de retours potentiels. De même, cela aurait posé la question du nombre de questionnaire à déposer : un seul pour le chef de famille, deux (pour les couples) ou plusieurs pour le ménage entier (c'est-à-dire le couple avec les enfants en âge de répondre) ? L'utilisation du nombre de ménages nous dédouane de ces questionnements. Mais nous sommes consciente du fait qu'une seule personne par habitat ne sera enquêtée et que nous ne donnons pas la possibilité à un même ménage de donner les avis de tous ses membres.

Les taux de retour d'enquêtes varient en fonction de la longueur du questionnaire, de la motivation des individus et de l'intérêt qu'ils portent à la question sondée (Hager *et al.*, 2003; Kaplowitz *et al.*, 2004). Face à cette incertitude, nous avons calé le nombre d'enquêtes à distribuer sur le nombre de retour minimum pour pouvoir faire des comparaisons et des recoupements de données statistiquement fiables. Nous avons déterminé *a priori* que 300 retours seraient nécessaires, de ce fait, 3 000 enquêtes ont été distribuées.

Tableau 4.5 : Répartition des ménages par commune et nombre de questionnaires à distribuer (les chiffres des ménages sont issus de l'INSEE, 2007)

	Ménages	Poids des ménages par rapport au nombre total de ménages (%)	Total des enquêtes distribuées
BAS-RHIN			
Ernolsheim sur Bruche	568	11,9%	360
Hohatzenehim	67	1,4%	45
Marlenheim	1265	26,5%	777
Neewiller près Lauterbourg	232	4,9%	146
Wickersheim	141	3,0%	90
	2273	47,7%	1418
HAUT-RHIN			
Blotzheim	1432	30,0%	900
Kappelen	180	3,8%	120
Michelbach le Bas	268	5,7%	180
Ranspach le Bas	228	4,8%	146
Ranspach le Haut	152	3,0%	90
Rantzwiller	232	5,0%	146
	2492	52,3%	1582
TOTAL	4765		3000

Conclusion

La méthodologie que nous avons déterminée dans ce travail se fonde à la fois sur les spécificités de la région et sur quatre étapes principales :

- le **choix des communes**. Pour avoir une représentation de plusieurs configurations territoriales, nous avons déterminé des facteurs présidant au choix des communes. Ces facteurs se basent sur nos attentes en termes de résultats (issus des enquêtes) et sur des données disponibles dans des bases de données annexes. Les principaux facteurs pris en compte sont les fréquences d'occurrence, le nombre de dommages, les protections ou les mesures de prévention mises en place,
- le **choix des acteurs enquêtés**. Par la grande complexité des acteurs intervenants dans la gestion des coulées boueuses, nous nous sommes concentrée sur les acteurs de proximité. Pour chacun d'entre eux, la pertinence de la connaissance de leur perception a été justifiée. La perception des risques pour les **élus locaux** permet d'appréhender leur vision de la gestion du risque dans une problématique territorialisée. La perception des risques chez les **résidents** apporte des éléments sur leur compréhension des phénomènes et leur attitude face à la gestion de ce risque précis. Ils subissent directement les effets des coulées boueuses et leurs attentes sont différentes de celles des élus car plus ciblées sur leurs besoins individuels. La perception du risque de coulées boueuses chez les **agriculteurs** est totalement différente des deux précédentes. En effet, ces derniers travaillent directement la terre et supportent la perte de leur capital après chaque épisode catastrophique. Des **étudiants** ont également été enquêtés pour leurs connaissances théoriques des coulées boueuses et pour leur extériorité face à ce risque. De ce fait, leurs propres expériences n'interfèrent aucunement dans leurs réponses. Ces deux aspects sont importants puisque nous visons à comparer les différences de perception en fonction des connaissances des processus, des niveaux d'information et de l'expérience vécue (Chapitre 6).
- le choix de la **technique d'enquête**. Nous avons opté pour un questionnaire d'enquête auto-administré. Cette technique est peu onéreuse, fournit des données de qualité mais demande un important temps de préparation. Une première étape d'entretiens est nécessaire afin d'utiliser un langage compréhensif par tous les acteurs ciblés. Ces derniers sont seuls face aux questions qui ne doivent en aucun cas susciter de doute ou d'incompréhension. Ce n'est qu'après le traitement de ces entretiens que les questionnaires peuvent être rédigés. La seconde étape consiste en la validation des questionnaires qui permet d'entériner ou non le libellé des questions. Une fois les ajustements nécessaires entrepris, les questionnaires peuvent être soumis aux individus échantillonnés (selon un plan de sondage spatial, dans notre cas) ;
- les **méthodes d'échantillonnage** et de distribution des enquêtes se fondent sur une partition en zones de ruissellement des communes. Chacune des zones représente une distance par rapport à l'aléa ou aux enjeux et apporte un niveau supplémentaire d'analyse des résultats. En effet, nos traitements ne sont pas simplement orientés autour de recoupements socioprofessionnels mais sont aussi replacés dans une logique spatiale.

PARTIE 3. Analyse des enquêtes : d'un point de vue géographique à une approche économique. Résultats et discussion

Nous avons structuré l'analyse des résultats en deux chapitres respectant ainsi l'ordre de nos objectifs de départ, qui sont : (i) une **connaissance** des attitudes des individus pour une meilleure appréhension des risques dans leur globalité, (ii) une **spatialisation** des perceptions comparées aux risques avérés et (iii) une proposition sur les **apports** d'une approche géographique dans les modèles **économiques**.

Le **Chapitre 5** est consacré à la présentation des résultats obtenus par le biais de nos questionnaires d'enquête : nous nous intéresserons dans un premier temps aux caractéristiques socioprofessionnelles de la population répondante. Puis, nous nous concentrerons sur les observations faites à partir de nos analyses sur les niveaux de connaissances du risque de coulées boueuses des enquêtés, de leurs attentes en termes de gestion et de leurs comportements face aux catastrophes. Nous verrons que ces conclusions peuvent être utiles dans la définition d'actions prioritaires dans la gestion des zones vulnérables.

Notre démarche ne s'arrête pas à une connaissance sociogéographique des risques mais intègre une volonté de cartographie des perceptions du risque de coulées boueuses. Dans cette optique, nous avons développé une réflexion autour de la meilleure représentation de cette information au regard du jeu de données obtenu grâce aux enquêtes.

Ainsi, le **Chapitre 6** expose la méthode de calcul des indices de perception du risque et de comportements annoncés, basée sur des méthodes économiques. La détermination de ces indices permet de cartographier les degrés de perception du risque de coulées boueuses et de les comparer aux zones de risques avérés, mais aussi de mêler des données issues de questionnaires à des modèles théoriques utilisés en économie. Nous proposerons des pistes de réflexion sur l'utilisation de jeux de données spatialisés dans des théories de comportements existantes en économie. L'objectif principal est ici de proposer des améliorations possibles de ces mêmes modèles en nous appuyant sur les conclusions d'études préexistantes et sur les données collectées.

Nous concluons cette partie par une discussion (**Chapitre 7**) qui énoncera les apports et limites de notre démarche. Nous reviendrons sur la méthodologie définie et sur les principaux résultats obtenus lors de nos analyses. Nous discuterons la portée de nos conclusions par des comparaisons avec d'autres études et par leur application concrète dans les communes échantillonnées.

Chapitre 5. Aspects sociogéographiques de la perception des risques de coulées boueuses

Avant d'entamer la présentation des résultats obtenus par le traitement des enquêtes, nous allons nous intéresser aux populations répondantes et à leurs **principales caractéristiques sociales** (§ 5.1). De nombreuses études, notamment anglo-saxonnes (Samdhal et Robertson, 1989; Fransson et Gärling, 1999; Bickerstaff, 2004) expliquent les préférences ou les attitudes des populations par le biais de caractéristiques, telles que le genre, la religion, le niveau de salaire *etc.* Sans aller dans toutes ces directions, nous essayerons d'expliquer les attitudes des individus face aux coulées boueuses par leurs traits sociaux (notamment par leur « fonction » dans la gestion de ce risque) mais surtout par leur localisation par rapport aux zones de processus ou de dommages.

Dans le but d'avoir une analyse détaillée de la connaissance des attitudes face au risque (§ 5.2), nous fractionnerons nos analyses en quatre points qui sont : (i) le concept de risque vu par les enquêtés, (ii) la connaissance de la formation des coulées boueuses, (iii) les moyens de prévention à mettre en place pour diminuer les risques et (iv) la question de la légitimité et de la confiance envers les gestionnaires chargés des politiques de réduction des risques. Pour chacun des points soulevés, nous comparerons les résultats obtenus selon le type de population et selon la position par rapport aux zones d'aléa ou d'enjeux.

La synthèse de nos résultats (§ 5.3) permettra de pointer les principales observations. Ces dernières sont à la base même de la détermination des facteurs à prendre en compte dans le calcul de nos indices de perception et de comportements (Chapitre 6).

5.1. Une première analyse : taux de retours et présentation des répondants

5.1.1. Une hétérogénéité déterminée par plusieurs facteurs

Sur les 3 000 enquêtes distribuées, les questionnaires réceptionnés se répartissent de la façon suivante : 90% des retours ont pu être exploités, les 10% restant ont été exclus de l'échantillon total pour cause de renvoi vierge ou de trop grande absence de données exploitables²². Le taux de retour de questionnaires exploitables est donc de **14,5%**, taux qui dépasse notre prévision (10%) et que nous jugeons honnête étant donné les conditions de passation (auto-administration) et l'absence de relance. Au final, **435 questionnaires** présentaient des données de bonne qualité et ont été traités.

Les taux de retours par commune sont assez hétérogènes et varient entre 11,6% (Neewiller près Lauterbourg) et 22,2% (Hohatzenheim - figure 5.1). Nous avons cherché à savoir quels sont les facteurs qui expliquent une telle hétérogénéité. Hohatzenheim bien qu'étant la plus petite commune a le taux le plus élevé (22,2%) : cette observation nous a orientée vers la recherche d'une éventuelle relation entre la taille de la commune et le taux de retour. Cette taille (estimée par le nombre de ménages) est fortement corrélée au nombre de renvois : le coefficient de corrélation est de 0,997. Ce résultat permet de valider notre plan de sondage basé sur un respect de la proportionnalité de chaque commune dans la distribution du nombre d'enquêtes.

²² Le redressement de l'échantillon a été effectué par le biais du logiciel Sphinx.

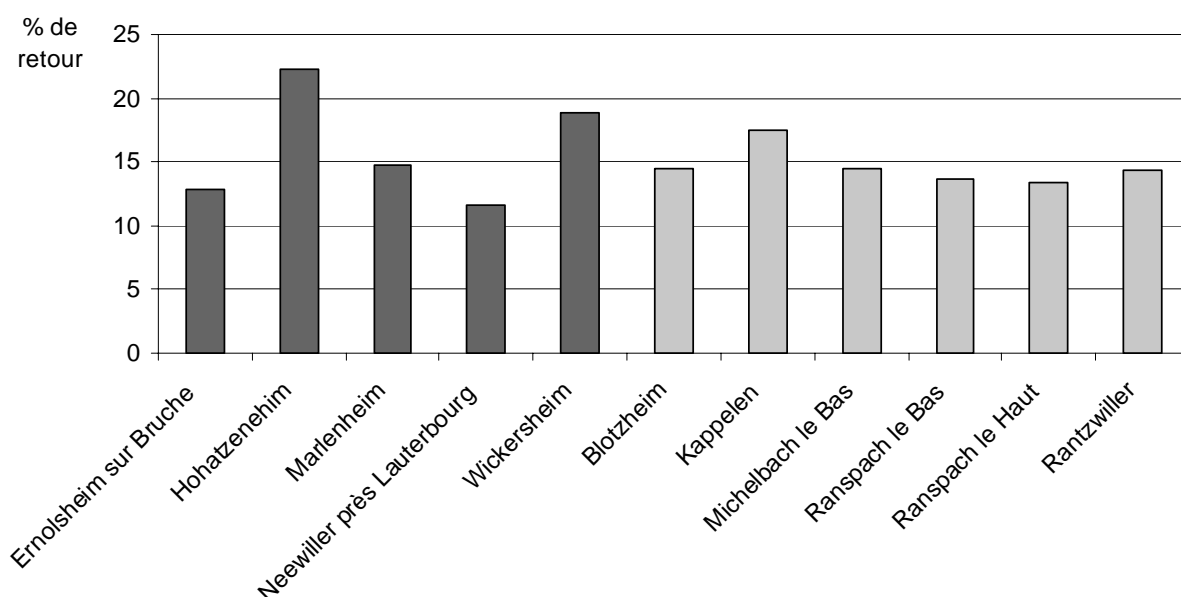


Figure 5.1 : Répartition des taux de retour d'enquêtes (exploitées) par communes (en gris foncé : les communes du Bas-Rhin ; en gris clair : les communes du Haut-Rhin)

Il a été démontré (Chapitre 1) que la **mémoire du risque** influait sur les attitudes face à un risque ou tout du moins sur la prise de conscience par les individus de son existence. Le tableau 5.1 montre que les communes ayant récemment subi des dégâts affichent des taux de réponses élevés. C'est le cas pour Wickersheim, sinistrée en juin 2006 (taux de retour de presque 19%) et Hohatzenehim, affectée 5 mois avant le dépôt des questionnaires (22% de retour). Néanmoins, la mémoire d'événements récents n'explique pas toutes les variations des taux de retour : la commune de Kappelen n'a pas connu de coulées boueuses depuis 1988 et pourtant son taux de réponse est de 17,5%. Les commentaires libres extraits des questionnaires montrent que les enquêtés se sont interrogés sur l'objectif de l'enquête : ils n'ont pas été touchés depuis longtemps, mais cette enquête devait-elle les inquiéter ? Courraient-ils un risque que la municipalité leur aurait caché ? Cette méfiance les a probablement incités à répondre. Le taux de corrélation ne montre pas de relation entre l'ancienneté de la dernière coulée boueuse et le nombre de retours obtenus (taux de corrélation : -0,147).

Tableau 5.1. Pourcentages de retours par commune et date de la dernière coulée boueuse subie avant le dépôt des questionnaires d'enquête (en 2006)

	Nombre d'envoi	Nombre de retours (exploités)	Pourcentage de retours/commune	Date de la dernière coulée
Kappelen	120	21	17,5	26 mai 1988
Rantzwiller	146	21	14,4	26 mai 1988
Marlenheim	777	115	14,8	8 mai 2003
Blotzheim	900	130	14,4	28 mai 2003
Michelbach le Bas	180	26	14,4	28 mai 2003
Ranspach le Bas	146	20	13,7	28 mai 2003
Ranspach le Haut	90	12	13,3	28 mai 2003
Neewiller près Lauterbourg	146	17	11,6	3 juin 2003
Ernolsheim sur Bruche	360	46	12,8	14 juin 2003
Hohatzenehim	45	10	22,2	21 juin 2006
Wickersheim	90	17	18,9	25 juin 2006
TOTAL	3000	435		

Taux de retour moyen = 14,5%

La question qui se pose désormais est un éventuel lien entre la fréquence de coulées boueuses subies par les communes et le taux de réponses : le taux de corrélation (0,279) trop faible ne montre pas de liens entre ces deux éléments.

Si l'ancienneté de la dernière coulée boueuse ou la fréquence ne semblent pas influencer les taux de retours, la localisation des enquêtés dans les zones de ruissellement (zones « sources », « cibles », « non concernées » ou de « transition ») importe. Le taux de corrélation entre le nombre de retours obtenus par zone de ruissellement est de 0,9 montrant une forte relation entre la position dans des zones de ruissellement et la volonté de prendre part au questionnaire. Une fois de plus, la validation de cette relation confirme la cohérence du découpage spatial (en zones d'aléa ou d'enjeux) de l'échantillonnage utilisé pour le dépôt des questionnaires.

5.1.2. Quelles sont les caractéristiques des acteurs enquêtés ?

Notre première hypothèse stipule que la **perception du risque varie en fonction de la population** considérée et de son rôle dans la gestion des coulées boueuses. Afin de vérifier cette hypothèse, nos analyses portent sur des recoupements entre les réponses obtenues et les caractéristiques sociales des populations visées. Étant donné que nous nous attachons à une distinction entre les « fonctions » occupées par chacun de ces acteurs, il nous paraît essentiel d'en présenter leurs principales caractéristiques sociales.

Les **étudiants** enquêtés ont tous un niveau master (96%). Pour 4% d'entre eux, la formation suivie est une reprise d'étude, après une autre formation diplômante ou une expérience professionnelle. La parité homme/femme est respectée : 55% des étudiants sont des hommes et 45% sont des femmes. La classe d'âge représentée est celle des 21-30 (92% de l'échantillon).

En ce qui concerne les **populations des communes** enquêtées, nous avons comparé les caractéristiques socioprofessionnelles des répondants aux statistiques INSEE de la population alsacienne globale. Pour la parité **homme/femme**, nous comptabilisons 42% de femmes et 57% d'hommes (dans notre échantillon) pour une répartition de 51% de femmes pour 49% d'hommes dans la région. Les pourcentages des **classes d'âge** sont peu représentatifs des pourcentages de classes d'âge recensés dans la région : les moins de 30 ans étant peu représentés (tableaux 5.2a et b). Mais le détail des classes d'âges pour chacune des communes montre que les plus jeunes sont peu nombreux (Annexe 6 pour le détail de chaque commune). Nous sommes dans des petites communes périurbaines, les populations plus jeunes sont surtout localisées dans les grandes agglomérations (Mulhouse ou Strasbourg, par exemple).

En termes de **niveau d'études** (tableaux 5.2a et b et Annexe 6 pour le détail de chaque commune), la répartition des enquêtés montre que les individus ayant un statut de « cadre »/« études supérieures » sont surreprésentés par rapport à la réalité régionale, tandis que les ouvriers sont largement sous-représentés (tableau 5.3). Cette observation indique que les individus peu qualifiés sont plus difficile à enquêter par le biais de questionnaires auto-administrés. Néanmoins, dans des études récentes (Sjöberg et Drottz-Sjöberg, 2001; Viklund, 2004) les auteurs observent que le manque de représentativité par les caractéristiques telles que le niveau d'étude ou les salaires n'ont que très peu d'influence sur la robustesse des réponses. Les « fonctions » des enquêtés (agriculteurs ou élus locaux) ont été relevées *a posteriori*. Nous comptons 13 agriculteurs et 10 élus locaux²³.

²³ Les élus locaux ne sont pas représentés dans le tableau des CSP, puisqu'il s'agit d'une fonction et non d'un statut professionnel.

Tableau 5.2a : Classement des enquêtés par classe d'âge et niveau d'études de notre échantillon

Niveau d'étude Classes d'âge	Aucun diplôme	BEPC	BEP, CAP	Bac	Bac + 2	Bac + 3 ou 4	Bac + 5, doctorat	Total
15-20	0,0%	0,2%	0,0%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%
21-30	0,2%	0,0%	2,3%	2,5%	1,6%	2,1%	0,5%	9,2%
31-40	0,2%	0,0%	2,1%	2,3%	5,1%	5,3%	6,4%	21,4%
41-50	0,9%	0,7%	9,4%	3,4%	4,6%	2,8%	5,1%	27,4%
51-60	0,2%	1,8%	9,7%	2,3%	4,1%	2,5%	1,8%	23,2%
61+	0,9%	1,8%	5,1%	1,4%	2,1%	1,8%	1,4%	16,3%
Total	2,5%	4,6%	28,7%	12,4%	17,5%	14,5%	15,6%	

Tableau 5.2b : Classement des enquêtés par classe d'âge et niveau d'études au niveau régional

Niveau d'étude Classes d'âge	Aucun diplôme	BEPC / CAP / BEP	Bac	Etudes supérieures	Etudes en cours	Total
15-29	0,6	7	2,9	4,5	10,2	25,2
30-59	9	23,9	7,3	11	0,1	51,3
60+	14,6	5,5	1,7	1,6	0	23,4
Total	24,2	36,4	12	17,1	10,3	100

*Les données sont exprimées en %

Tableau 5.3 : Catégories professionnelles des individus enquêtés dans notre échantillon et à l'échelle régionale

Echantillon	Nombre d'enquêtés	Part des enquêtés (%)	Statistiques régionales	Nombre d'habitants	% total
Agriculteur	13	3,0	Agriculteur	264	2,1
Artisan / commerçant	9	2,1	Artisan / commerçant	616	4,9
Cadre supérieur	101	23,2	Cadre supérieur	1620	12,8
Profession intermédiaire	46	10,6	Profession intermédiaire	2336	18,5
Employé	127	29,2	Employé	1028	8,1
Ouvrier	40	9,2	Ouvrier	4184	33,1
Retraité	68	15,6	Retraité	2132	16,8
Sans activité	27	6,2	Sans activité	476	3,8

La « manière d'habiter », c'est-à-dire l'appartenance ou non du bien immobilier (propriétaire/locataire) ainsi que le type de logement (maison individuelle/logement collectif) peut avoir des conséquences sur les représentations des risques et sur la volonté de modifier les comportements en cas de catastrophe (protection personnelle, modification de l'aménagement de l'habitat). Dans le cas des risques d'inondations, Grothmann et Reusswig (2006) notent que les propriétaires vont avoir des attitudes différentes des locataires : ils surestiment et redoutent les dommages pouvant être occasionnés mais ont plus de liberté (que les locataires) pour mettre en place les systèmes de protection nécessaires pour palier aux dégâts potentiels. Pour les **locataires**, ces préoccupations sont moins marquées : nous avons pu constater lors des entretiens une certaine « nonchalance » face aux dommages occasionnés. Ils ne déplorent que leurs propres pertes matérielles et ont la possibilité de pouvoir déménager facilement si leur situation ne leur convient pas. Nos enquêtes prennent place dans de petites communes périurbaines : nous retrouvons une majorité d'individus dans de l'habitat individuel dont les occupants sont propriétaires, soit une légère distorsion par rapport aux statistiques INSEE régionales (2007 - tableau 5.4).

Tableau 5.4 : Type d'habitat

Echantillon	Fréquence	Statistiques régionales	Fréquence
Collectif	10,1%	Collectif	48,1%
Individuel	79,5%	Individuel	50,9%
Non réponse	10,4%		
Propriétaire	79,3%	Propriétaire	57,9%
Locataire	11,7%	Locataire	42,1%
Non réponse	9,0%		

Notre échantillon se détermine également par une **distribution** selon les **zones de ruissellement** définies grâce au plan de sondage (tableau 5.5). Les zones de « transition » présentent le plus fort taux de retour (16,3%), tandis que les individus en zones « cibles » ne représentent que 13,8% des retours. Il est étonnant de constater que les personnes en zone « cibles » (soit une majorité d'individus sinistrés – tableau 5.6) sont moins promptes à répondre que les autres habitants. Lors des entretiens menés auprès d'individus ayant subi des dommages, nous avons pu ressentir un certain fatalisme : les mesures de protection tardent parfois à venir et les indemnités ne couvrent pas toujours toutes les pertes répertoriées. De plus, elles sont souvent très sollicitées (ou ont été sollicitées) suite aux coulées boueuses : elles expriment une certaine lassitude face aux nombreuses formalités administratives à remplir et autres type de sollicitations. Ces raisons peuvent expliquer, en partie, le plus faible taux de retour de cette catégorie de population.

Tableau 5.5 : Taux de réponse par commune et par zones de ruissellement

	Zone source (Nombre)	Pourcentage de retour	Zone cible (Nombre)	Pourcentage de retour	Zone de transition (Nombre)	Pourcentage de retour	Zone non concernée (Nombre)	Pourcentage de retour
BAS-RHIN								
Ernolsheim sur Bruche	0	0,0	11	10,0	0	0,0	35	15,9
Hohatzenheim	1	20,0	8	32,0	0	0,0	1	6,7
Marlenheim	25	16,7	28	11,2	21	21,0	41	14,8
Neewiller près Lauterbourg	1	8,3	6	9,8	3	11,1	7	15,2
Wickersheim	3	12,0	7	23,3	4	20,0	3	20,0
HAUT-RHIN								
Blotzheim	0	0,0	52	15,5	15	17,6	63	13,1
Kappelen	15	18,8	4	20,0	0	0,0	2	10,0
Michelbach le Bas	8	13,3	5	16,7	1	5,0	12	17,1
Ranspach le Bas	4	13,3	4	8,0	7	23,3	5	13,9
Ranspach le Haut	4	13,3	2	20,0	0	0,0	6	12,0
Rantzwiller	3	15,0	7	14,0	0	0,0	11	14,5
Total des réponses	64		134		51		186	
Moyenne des % de retour		15,5		13,8		16,3		14,3

Taux de retour moyen : 14,5%

La distinction spatiale en zones de ruissellement distingue les zones affectées ou non par des coulées boueuses. Mais nous avons également détaillé l'**expérience des individus** enquêtés par rapport aux coulées boueuses (tableau 5.6). Au total, 129 enquêtés ont été sinistrés contre 299 non sinistrés et 7 non-réponses. Nous observons que 88,9% des individus sinistrés habitent effectivement dans les zones « cibles » de ruissellement. **Ce fort taux de correspondance valide notre échantillonnage spatial**, par une concordance quasi parfaite entre les zones « cibles » et les individus effectivement touchés. Les 4% restant sont des individus qui affirment ne pas avoir vécu de coulées boueuses : il s'agit souvent de nouveaux arrivants qui n'occupaient pas encore leur habitation au moment des événements.

Tableau 5.6 : Répartition des individus sinistrés en fonction des zones de ruissellement définies dans l'échantillonnage

	Sinistrés		Non sinistrés		Non réponse		Total	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Zone source	5	7,8%	58	90,6%	1	1,6%	64	100%
Zone cible	120	88,9%	12	8,9%	2	2,2%	134	100%
Zone non concernée	4	2,2%	179	96,2%	3	1,6%	186	100%
Zone de transition	0	0,0%	50	98,0%	1	2,0%	51	100%

5.2. Pour une connaissance des attitudes face au risque de coulées boueuses

Les résultats sont présentés en quatre sections, qui reprennent chacune les principales thématiques déterminées dans le questionnaire. Cela signifie que la première section présentera la **compréhension** des **termes** et appréhension des risques naturels par rapport à d'autres problématiques sociales. Puis, dans la deuxième section, nous préciserons nos analyses autour des coulées boueuses et de la **compréhension** des **processus** à leur origine. Dans une troisième section, nous évoquerons les problèmes de **prévention**, c'est-à-dire les moyens mis en œuvre pour prévenir les risques et limiter les dangers. Nous concluons cette partie (section 4) par les questions de **légitimité** et de **confiance** dans la diffusion d'information et dans la définition de mesures de protection.

Chaque thématique sera illustrée par des propos issus des entretiens et abordée par une comparaison parallèle entre (i) les acteurs et leur « fonction » (agriculteurs, élus locaux, résidents ou étudiants) et (ii) leur localisation selon les zones de proximité à l'aléa ou aux enjeux. Nous pointerons les éléments charnières expliquant une variation de la perception des risques selon les rôles endossés dans la gestion des coulées boueuses, les niveaux de connaissance théoriques et pratiques et les distances aux enjeux. Nous extrairons ainsi les principaux éléments qui nous serviront à la fois à cartographier les perceptions et à alimenter nos réflexions en économie comportementale (Chapitre 6).

L'ensemble des traitements des questionnaires a été effectué à l'aide du logiciel Sphinx. Il permet de produire une base de données complète contenant l'ensemble des réponses, de faire des analyses statistiques sur les données et de recouper les variables. Les strates relatives à l'échantillonnage ont pu y être respectées. Les analyses textuelles ont été entreprises sous Tropes V6. Ce logiciel permet d'obtenir des thésaurus complets et des regroupements sémantiques : les analyses sont automatiquement accompagnées de tests statistiques permettant de valider ou non la représentativité des résultats.

Pour remettre en perspective et comparer nos résultats, nous confronterons certains d'entre eux à des conclusions issues d'enquêtes menées à l'échelle nationale (Duflos et Hatchuel, 2004; Alibert *et al.*, 2006; Bigot, 2007; IRSN, 2007; Picard, 2009) ou internationale (Viscusi et Zeckhauser,

1996; Krasovkaia *et al.*, 2001; Montz et Gruntfest, 2002; Viklund, 2003; Hunter *et al.*, 2004; Messner et Meyer, 2005; Lowrey *et al.*, 2007).

5.2.1. Le concept de risques et les préoccupations environnementales

La question posée est : « Selon vous, qu'est-ce qu'un risque ? Pouvez-vous noter les 2-3 mots que vous associez à ce terme ? ». Demander leur **définition** du terme de « **risque** » aux enquêtés est intéressant à plusieurs titres. *Primo*, elle offre une vision de la façon dont les individus replacent le « risque » dans un contexte global (d'autant plus, que la question était posée en début de questionnaire, les enquêtés n'étaient pas encore orientés sur des problématiques relatives au risque de catastrophe naturelle). L'absence d'un contexte prédéfini permet d'avoir une liberté dans la définition, dont les caractéristiques peuvent être rapprochées des préoccupations sociales des enquêtés. *Secundo*, la possibilité de définir un concept permet d'en déterminer sa compréhension et appréhension par les populations. Cette perspective est utile, notamment dans l'établissement de campagnes d'informations efficaces et compréhensibles sur les risques, les termes qui seront alors utilisés doivent correspondre aux exigences lexicales des individus ciblés. Viscusi et Zeckhauser (1996), dans leur étude sur les systèmes de communications des risques, insistent sur la clarté des messages à diffuser par l'utilisation d'un vocabulaire standardisé et reconnu par l'ensemble de la population.

La question posée est de type « question ouverte » : les réponses ont été recodées pour faciliter le détail de l'analyse textuelle. Les **regroupements sémantiques** pointent les termes les plus utilisés par les enquêtés. Leur objectif est de limiter le champ des comparaisons intra- et intergroupes. Ces dernières sont plus aisées sur des sous-groupes sémantiques restreints que sur des discours entiers. Ces regroupements ont été entrepris sur la base de corpus lexicaux présents dans Tropes V6. Cette extraction lexicale initiale a été adaptée puis complétée pour correspondre à notre objet d'étude : certaines catégories n'étant pas représentées dans le lexique de départ (comme par exemple, la notion de probabilité) et d'autres étant surreprésentées (les déclinaisons sur les notions de dommages, en particulier). Les détails des listes de regroupement sont présentés en Annexe 7.

Le tableau 5.7 montre que le risque s'apparente à un « **danger** » pour la majorité des enquêtés (59,5%) et cela quel que soit leur « statut ».

En second lieu, les individus enquêtés associent le risque avec la **probabilité** d'occurrence : il s'agit d'un événement aléatoire dont les **conséquences** sont souvent importantes. Les conséquences et dommages sont d'ailleurs en 3^{ème} position (25,3%). Il est intéressant de mettre ces résultats en parallèle avec le concept même de risque. Dans le 1^{er} chapitre, nous avons pu noter que les principaux éléments du risque sont **l'aléa** et la **vulnérabilité**. Ces deux notions sont reprises par les populations même s'ils ne sont pas forcément nommés ainsi. Il transparaît aussi la notion d'un phénomène imprévisible entraînant de fortes conséquences (parfois mortelles – catégorie « Santé »).

Tout comme pour la population résidente, le risque est appréhendé par les **étudiants** avec ses deux éléments constitutifs, à savoir l'aléa (« probabilité » pour 66,7%) et les enjeux (les « conséquences » à 43,5%) et constitue avant tout un « danger » (79% - tableau 5.7). Les **élus locaux** identifient aussi l'aléa (la « probabilité » est citée dans 30% des cas) mais replacent le risque dans l'ensemble des problèmes de société : ils le définissent en tant que tel dans 30% des cas. Cela peut s'expliquer par leurs diverses responsabilités au sein de la commune, les coulées boueuses ne sont qu'un problème de plus à gérer. D'ailleurs, les élus locaux ne mentionnent en aucun cas les conséquences induites par le risque (ils le perçoivent plus dans sa globalité), contrairement aux **agriculteurs** qui en ont une vision pragmatique.

Pour ces derniers, le « risque » est un « danger » (61,5%) aux « conséquences » importantes (23,1%) dont ils sont parfois les victimes sur leurs exploitations (pertes de terre et de rendement) ou chez eux (dommages dans leur habitat).

L'analyse des entretiens montre que la notion de pérennité du risque (c'est-à-dire le fait que le risque reste toujours présent) est soulignée par les **habitants** et les **agriculteurs** : « On se dit qu'on n'est pas à l'abri, tant que rien n'est fait au niveau de la commune. De toute façon le risque demeure, je pense. » ; « Il [le politicien] travaille avec la peur des gens [...] à trop vouloir à ce qu'il n'y ait pas de risque... Mais, il y a toujours des risques. », ou les **élus locaux** : « [...] La mairie a fait l'acquisition d'un ancien moulin. Il a déjà été inondé plusieurs fois, tous les 10-15 ans. Mais c'est comme ça, on ne peut rien faire contre le climat ! Et puis, on ne peut pas se prémunir contre tout... »

Tableau 5.7 : « Selon vous, qu'est-ce qu'un risque ? Pouvez-vous noter les 2-3 mots que vous associez à ce terme ? »

	Echantillon total (N=435)	Echantillon étudiants (N=186)	Echantillon des agriculteurs (N=13)	Echantillon des élus locaux (N=10)
	Fréquence	Fréquence	Fréquence	Fréquence
Anthropisation	8%	5,9%	7,7%	0%
Connaissance et responsabilité	9,9%	20,4%	0%	0%
Conséquences	25,3%	43,5%	23,1%	20%
Danger	59,5%	79%	61,5%	60%
Energie	4,8%	0,5%	0%	0%
Environnement	12,6%	7,5%	15,4%	10%
Finance	4,4%	0%	0%	0%
Probabilité	28,7%	66,7%	23,1%	30%
Problème de société	11%	4,8%	23,1%	30%
Santé	14,7%	3,8%	15,4%	20%
Non réponse	8,3%	0,5%	15,4%	10%

La **proximité à la zone d'aléa ou d'enjeux** n'a pas d'influence directe sur les termes utilisés pour la définition des risques. Les acteurs localisés dans les zones « cibles » (directement sinistrés) classent les aspects liés aux « conséquences » avant la notion de probabilité d'occurrence. Il est logique de penser que cet ordre est consécutif à des dommages subis ou tout du moins à des événements vécus, faisant écho à la mémoire des risques passés (tableau 5.8). Cela confirme les résultats de Brilly et Polic (2005) obtenus dans le cadre d'une étude sur les risques de crues rapides : les habitants de zones soumises à un risque se sentent plus vulnérables que les habitants de zones où ces risques sont rares ou inexistantes.

Tableau 5.8 : « Selon vous, qu'est-ce qu'un risque ? Pouvez-vous noter les 2-3 mots que vous associez à ce terme ? » Echantillon réparti selon les zones de ruissellement

	Zone source (N=64)	Zone cible (N=134)	Zone non concernée (N=186)	Zone de transition (N=51)
	Fréquence	Fréquence	Fréquence	Fréquence
Anthropisation	7,8%	10,4%	5,4%	11,8%
Connaissance et responsabilité	9,4%	9,7%	10,2%	9,8%
Conséquences	31,3%	24,6%	23,7%	25,5%
Danger	59,4%	62,7%	56,5%	62,7%
Energie	3,1%	6,7%	3,8%	5,9%
Environnement	4,7%	13,4%	15,6%	9,8%
Finance	6,3%	3,0%	4,8%	3,9%
Probabilité	39,1%	23,9%	27,4%	33,3%
Problème de société	7,8%	14,2%	10,8%	7,8%
Non réponse	4,7%	7,5%	10,8%	5,9%

Hormis la « fonction » des acteurs ou leur localisation par rapport aux zones d'aléa, des aspects plus profonds peuvent aussi influencer les définitions données. Il s'agit par exemple des croyances individuelles sur l'influence des hommes dans l'environnement (*environmental concerns* - Douglas et Wildavsky, 1982; Cutter, 1993). Ces notions empruntées à la sociologie des risques, distinguent les individus par leur attrait pour une maîtrise des risques environnementaux : certains évaluent les risques en fonction de leurs attentes individuelles, des comportements collectifs et de leurs conséquences (les élus locaux, par exemple). D'autres s'activent pour préserver les environnements naturels afin d'éviter tous les effets négatifs que sa dégradation pourrait engendrer sur leur santé ou leur bien-être. Ces représentations des risques devraient logiquement se retrouver dans le **classement** des items relatifs à **l'environnement** (dégradations, risques, etc.) **dans un contexte social étendu**.

La question : « *Pouvez-vous classer ces problèmes de société selon l'ordre d'importance pour vous ?* » demande aux enquêtés de classer des thèmes tels que le chômage, l'insécurité et le terrorisme, par exemple (figure 5.2). Ces items n'ont pas été choisis au hasard : ils reprennent les principales préoccupations des Français déclinées dans des études nationales (Alibert *et al.*, 2006, par exemple). La reprise de ces items autorise à la comparaison des résultats obtenus dans le cadre de nos enquêtes à des contextes nationaux. Ainsi, nos résultats sont en adéquation avec ceux de Duflos et Hatchuel (2004) : le chômage apparaît comme l'une des premières préoccupations des enquêtés malgré un contexte favorable en termes d'emploi dans les communes échantillonnées (§ 3.2.2).

Les dégradations environnementales sont des préoccupations fortes dans la société française : Picard (2009) rappelle que 90% des français se sentent concernés par ces questions. Cela se reflète dans notre enquête par la 2^{ème} position prise par cet item. Sous ce terme générique, nous regroupions les atteintes relatives aux pollutions diverses (eaux, sols, air) et les conséquences du réchauffement climatique (souvent mentionnées lors des entretiens). Les dégradations environnementales sont suivies des catastrophes naturelles. Rappelons que les enquêtes ont été passées dans des communes où les inondations, les tremblements de terre et les coulées boueuses sont fréquentes. La population se sent concernée et pour une partie d'entre elle, y a déjà été confrontée. Les risques naturels devancent de peu les catastrophes technologiques et industrielles : la région de Bâle/Mulhouse concentre un pôle industriel chimique important (la catastrophe de Schweizerhalle²⁴ est encore très présente dans les mémoires) et une centrale nucléaire est implantée dans le Haut-Rhin (Fessenheim).

L'insécurité et le terrorisme prennent les deux dernières positions. Nous avons là des résultats contradictoires avec ceux des études nationales, mais les populations enquêtées vivent dans de petites communes, elles ne se sentent pas réellement menacées par de l'insécurité, ni même par le terrorisme.

²⁴ Il s'agit de l'explosion d'une usine de pesticides et d'engrais chimiques survenue en 1986 à 6 km à l'est de Bâle (Suisse).

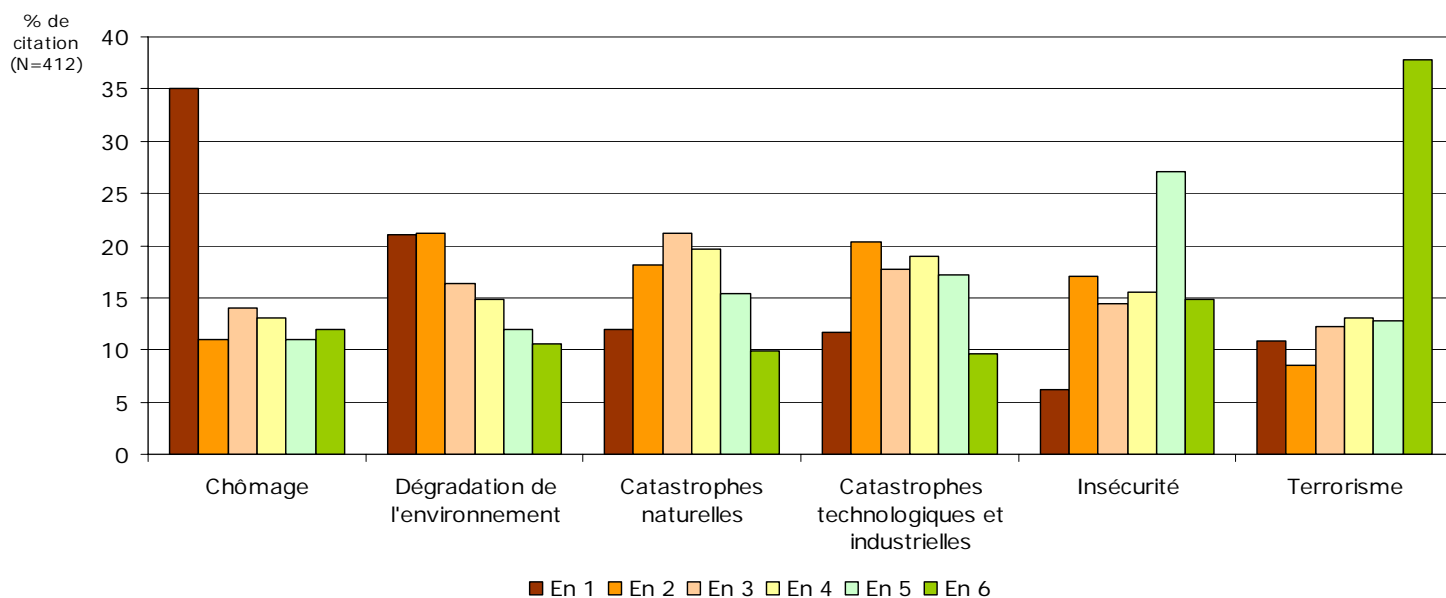


Figure 5.2 : « Pouvez-vous classer ces problèmes de société selon l'ordre d'importance pour vous ? »
Echantillon de la population résidente (hors agriculteurs et élus locaux ; N=412)

Pour les groupes **d'agriculteurs et d'élus locaux**, les classements restent identiques à ceux de la population résidente. En revanche, la population des étudiants met en avant les dégradations environnementales (figure 5.3), contrairement aux observations nationales où les moins de 25 ans semblent moins préoccupés par ces problèmes (Picard, 2009).

Ces différences par rapport aux estimations nationales s'expliquent par le type d'étudiants ciblé : leur cursus universitaire est orienté « environnement », ils se démarquent du reste de la population par une sensibilité environnementale plus forte. De plus, les individus ayant suivi des études supérieures (ce qui est le cas pour les étudiants) se sentent plus préoccupés par les problèmes environnementaux que le reste de la population (Duflos et Hatchuel, 2004). En attribuant une grande importance à ces questions, les étudiants relèguent le chômage en 3^{ème} position (Annexe 8 pour les détails des classements). Bigot (2007) rappelle que les jeunes font preuve d'un certain optimisme : 55% des 18-30 ans estiment que leurs conditions de vie vont s'améliorer dans les 5 ans à venir. Cette observation semble également se refléter dans notre enquête, même si à l'échelon national, le chômage est cité comme un problème prioritaire pour 22% des 18-30 ans.

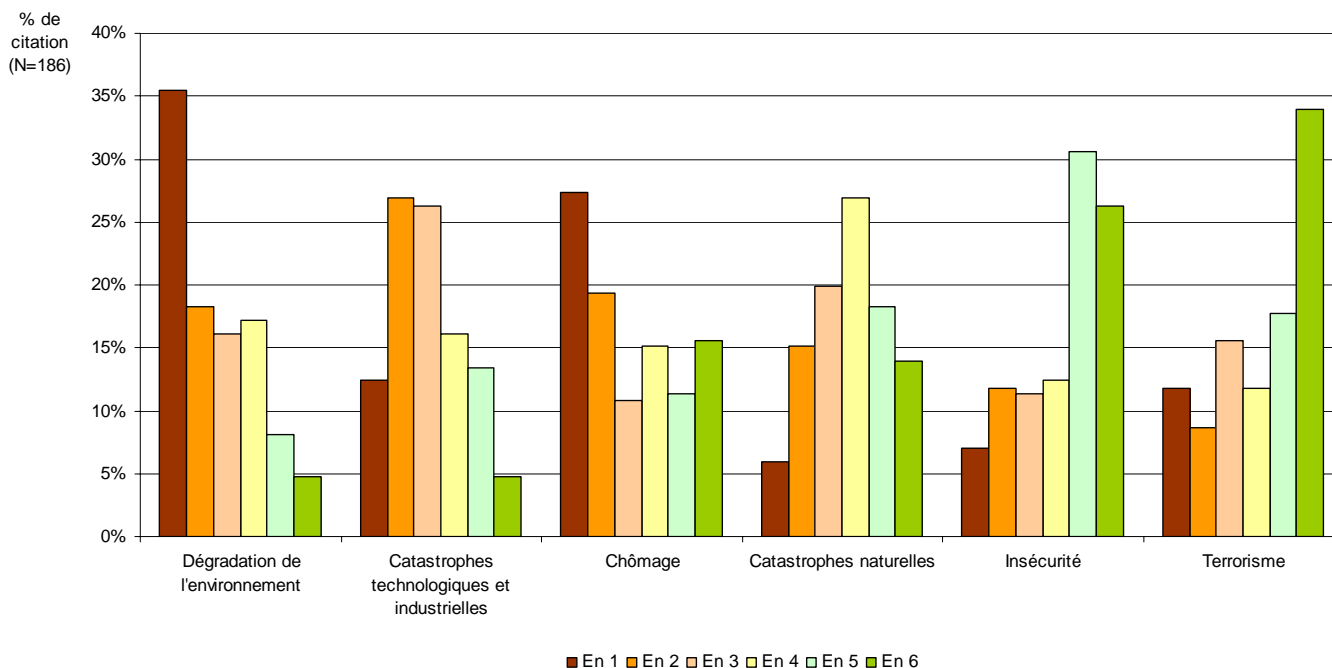


Figure 5.3 : « Pouvez-vous classer ces problèmes de société selon l'ordre d'importance pour vous ? »
Echantillon des étudiants (N=186)

Samdhal et Robertson (1989) ou Fransson et Gärling (1999) expliquent les différences de classement des préoccupations environnementales par les seules caractéristiques sociales. Dans notre enquête, l'âge et le niveau d'études semblent influencer sur le classement.

Mais la **proximité à la source de l'aléa** conditionne également en partie le classement des items (figures 5.4 et 5.5). Les catastrophes naturelles et les catastrophes technologiques apparaissent plus préoccupantes que les dégradations environnementales pour les populations dans les zones « cibles » que « sources » de ruissellement.

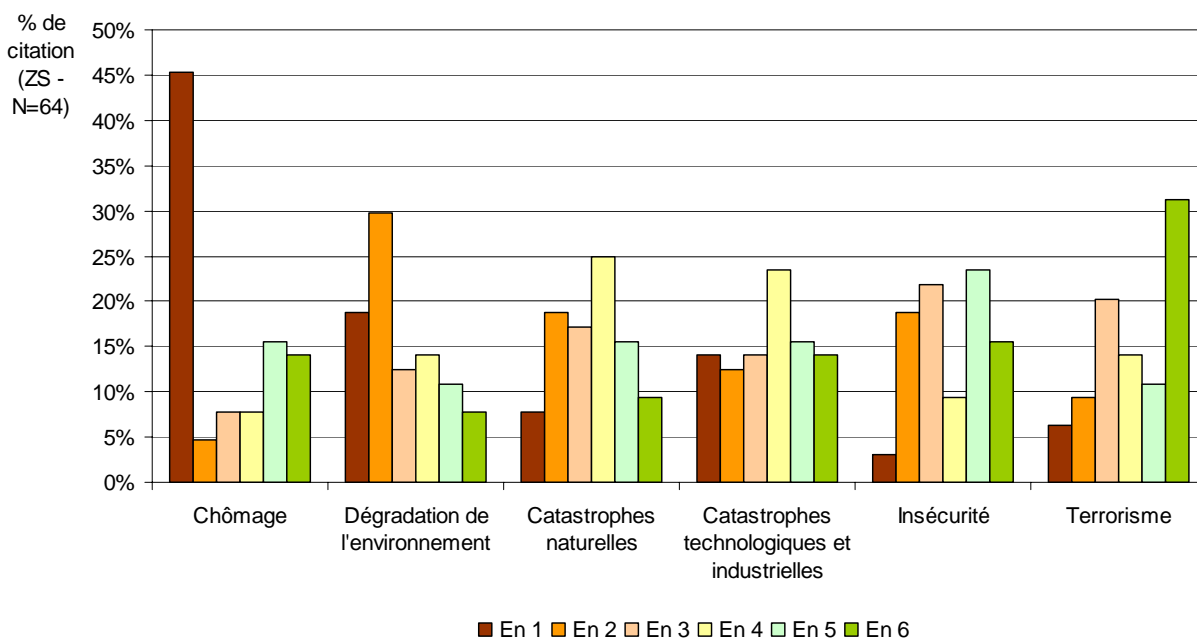


Figure 5.4 : « Pouvez-vous classer ces problèmes de société selon l'ordre d'importance pour vous ? »
Echantillon « zones sources » (N=64)

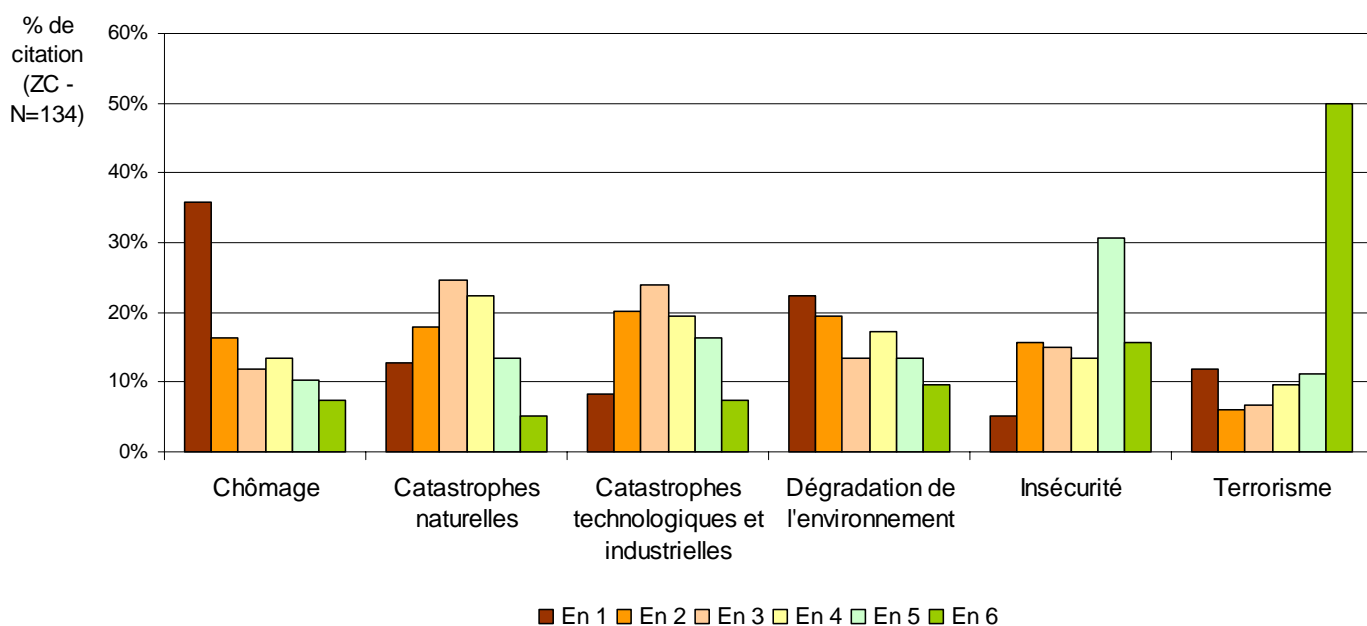


Figure 5.5 : « Pouvez-vous classer ces problèmes de société selon l'ordre d'importance pour vous ? »
Echantillon « zones cibles » (N=134)

Pour affiner ces analyses, nous avons utilisé la question ouverte : « A quel(s) phénomène(s) pensez-vous lorsque l'on parle de risques naturels ? » qui donne libre cours aux propositions des enquêtés (tableau 5.9 – les regroupements sémantiques sont en Annexe 9).

Sans aucune influence de propositions (contrairement au classement des problèmes de société), les enquêtés citent en premier lieu les inondations (à 61,4%). Ce pourcentage atteint 66% et 64% respectivement dans les zones « cibles » et « non concernées » par les coulées boueuses. Les séismes restent fortement présents (51%) et toujours dans les trois premières propositions, peu importe la zone d'habitat. Les tempêtes sont citées avec des pourcentages oscillant entre 50 et 68% selon les zones de ruissellement, les enquêtés faisant essentiellement référence à la tempête de 1999 qui a laissé de nombreuses traces dans les paysages et les mémoires. Les coulées boueuses apparaissent très tardivement dans le classement : pour l'échantillon total elles ne représentent que 12,6% des citations. Pour les zones « de transition », « sources » et « non concernées », le pourcentage est encore plus faible. *A contrario*, dans les zones « cibles », les coulées boueuses affichent un taux de citation de 24% corroborant les différences en fonction de l'**expérience vécue** ou de la **proximité** non pas à l'aléa mais aux zones d'enjeux.

Tableau 5.9 : « A quel(s) phénomène(s) pensez-vous lorsque l'on parle de risques naturels ? »

Echantillon total (N=435)	Nombre de citation	Fréquence
Inondation	267	61,4%
Tempête	222	51%
Séisme	221	50,8%
Impacts anthropiques	98	22,5%
Précipitations	71	16,3%
Coulée boueuse	55	12,6%
Incendie	42	9,7%
Sécheresse	31	7,1%
Mouvements de masse	19	4,4%
Volcanisme	16	3,7%
Neige	9	2,1%
Non réponse	26	6%

*Le pourcentage total est supérieur à 100%
Question ouverte à réponses multiples

Pour plus de précision quant aux classements des coulées boueuses parmi les autres catastrophes naturelles, nous avons resserré nos analyses autour de ces phénomènes. Afin de les positionner parmi d'autres risques naturels, la question suivante a été étudiée : « *Pouvez-vous classer ces risques naturels du plus important au moins important ?* ». Nous avons pris les quatre premières réponses du classement et fait des comparaisons entre les zones échantillonnées (figure 5.6).

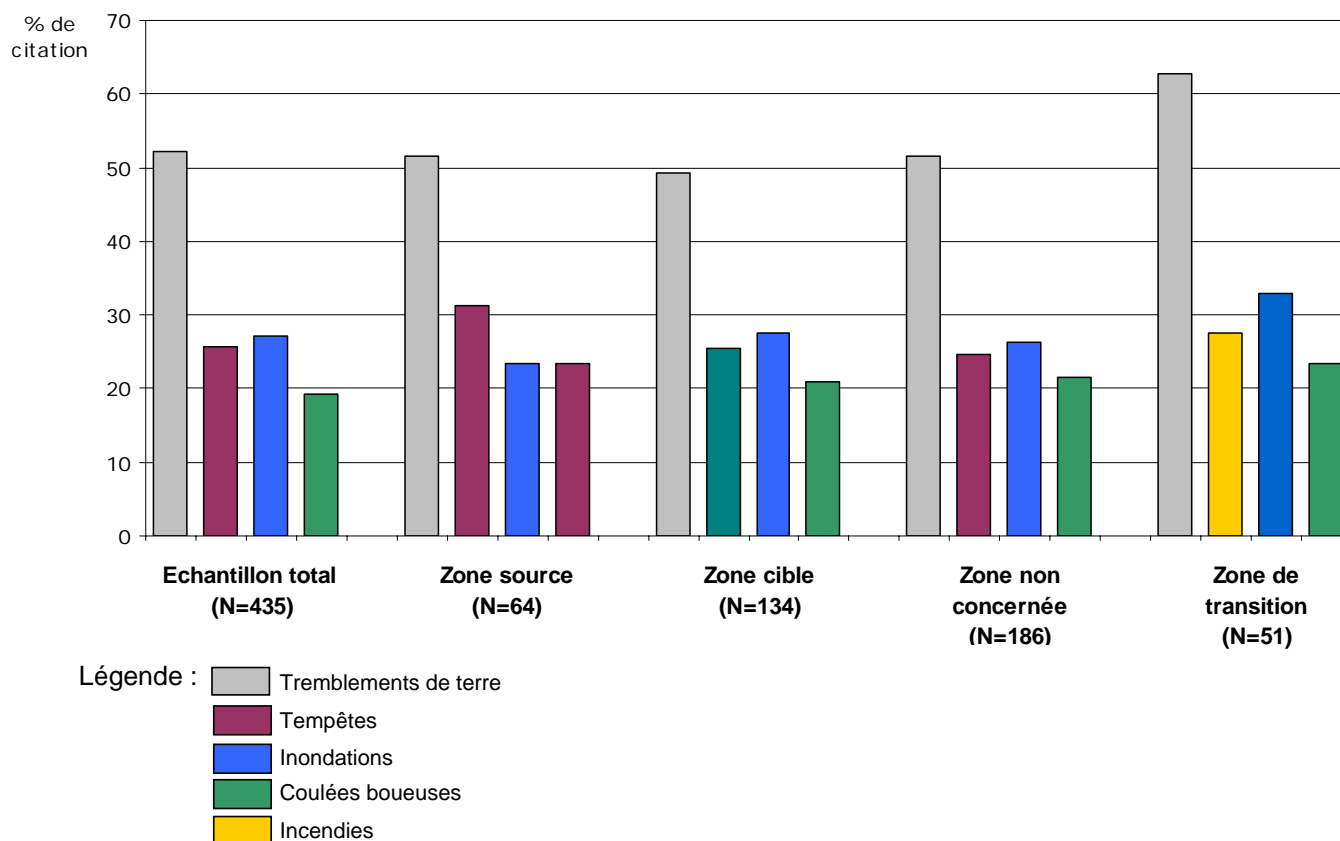


Figure 5.6 : « *Pouvez-vous classer ces risques naturels du plus important au moins important ?* »
 Echantillon total et réparti selon les zones de ruissellement

Dans l'**échantillon total**, les coulées boueuses apparaissent en 4^{ème} position, après les tremblements de terre, les tempêtes et les inondations. Nous avons déjà évoqué l'importance relative du risque de tremblements de terre dans la région. Les communes du sud de l'Alsace sont reconnues en zone de sismicité 2 par le ministère de l'environnement et de légères secousses sont régulièrement ressenties dans la région de Bâle/Mulhouse, renforçant la perception de ce risque par les populations. Ajoutons à cela le séisme survenu en 1356 dans la région de Bâle, encore très présent dans la mémoire collective. La ville de Bâle aurait été détruite et l'intensité sismique aurait été de 10 autour de Bâle, 9 à Mulhouse et 7 à Strasbourg (échelle MSK - Lambert, 1997). Face à cette forte perception du risque, les autorités locales ont répondu aux angoisses des habitants : des plaquettes d'informations relatives aux consignes de sécurité à suivre en cas de séisme ont été distribuées en juillet 2005 à l'ensemble de la population sud-mulhousienne. Nous verrons dans quelle mesure ce type de mesure a un impact sur les attitudes face aux risques (§ 5.2.3).

Les classements **diffèrent** très légèrement selon les **zones** de proximité aux enjeux : les individus localisés dans les zones « cibles », c'est-à-dire sinistrées par des coulées boueuses, semblent davantage sensibilisés face à ce risque (2^{ème} position). Néanmoins, les inondations restent des phénomènes très souvent cités. Nous y voyons deux raisons majeures :

- beaucoup de communes sont également soumises à ce risque (Chapitre 4) ;
- les processus inhérents aux inondations et ceux relatifs aux coulées boueuses ne sont pas toujours correctement distingués. Nous avons déjà évoqué cette difficile distinction (Chapitre 1), renforcée ici par notre impossibilité à clarifier ces deux processus lors de la passation d'enquête : l'auto-administration ne permet pas toujours de préciser certaines questions, comme cela peut être le cas lors de passation en face à face. Lors des entretiens cette confusion était déjà fréquente : un habitant (à propos de la coulée boueuse du 28 mai 2003) : « *Le jour de l'inondation, il y avait tout le monde, il y avait une grande solidarité...* » ; « *Mais, nous ça fait déjà trois fois qu'on est inondé. Bon, la dernière fois c'était extrême...* »

Dans le cas de la zone « source » (proche des processus de formation), les coulées boueuses ne sont pas citées. La proximité de la zone de l'aléa semble avoir une influence sur l'importance qui lui est donnée. Comme le souligne Zonabend (1989) dans le cas du risque nucléaire, la proximité à la source même du risque entraîne un effet de déni de ce dernier. Ceci semble particulièrement vrai pour les zones de production du ruissellement dans notre cas.

En zone « non concernée », la faible importance attribuée aux coulées boueuses s'explique par un sentiment de sécurité. Ces habitants n'ont jamais été sinistrés et ils se sentent protégés par leur position dans la commune (en haut de versant, sur une butte). Ils se considèrent à l'abri face à ce risque mais, par effet de voisinage (ils constatent les dégâts dans la commune, aident parfois les sinistrés), se sentent totalement légitimes à entrer dans les débats relatifs à la gestion des risques.

5.2.2. La connaissance et la formation des coulées boueuses

Malgré de nombreuses conséquences matérielles (Chapitre 2), les coulées boueuses ne comptent pas parmi les risques les plus importants, quelle que soit les acteurs pris en compte. Ces catastrophes induisent généralement des dommages moins importants que d'autres catastrophes majeures (les tremblements de terre, par exemple) et sont moins médiatisées que les dégradations environnementales dues aux pollutions. De plus, il semblerait d'après nos résultats, que les coulées boueuses ne soient pas nécessairement perçues comme des risques naturels : elles seraient consécutives à des aménagements anthropiques (agricoles ou urbains) qui ont bouleversé l'équilibre entre la nature et les hommes.

La question : « *Selon vous, quelles sont les origines d'une coulée boueuse ?* » permet de jauger les niveaux de connaissances sur ce risque et de mesurer le poids qu'aura cette connaissance des processus dans les solutions proposées.

Les **élus locaux** ont un avis partagé sur les causes premières de la formation des coulées boueuses qu'ils n'arrivent pas réellement à classer par ordre d'importance (les causes climatiques, agricoles ont les mêmes taux de réponses, idem pour les causes topographiques et l'aménagement du territoire - tableau 5.10). Ils doivent gérer de nombreux facteurs mis en cause dans la formation ou la propagation des coulées boueuses (l'aménagement urbain, la définition des zones constructibles, etc.) qui deviennent alors tous importants. Ils arrivent à mieux les hiérarchiser lors des entretiens : l'aménagement local tout comme les structures agricoles sont tour à tour pointées : « *Le problème est la mise en place d'un lotissement dans le lit du K..., en 1990. Depuis, l'eau ne s'écoule plus et des coulées boueuses apparaissent fréquemment. Cette fois-ci [en 2005] l'ampleur est moindre par rapport à la coulée boueuse précédente. Mais tout de même, le problème est préoccupant.* » ;

« Les coulées boueuses ne surviennent que depuis une quinzaine d'années. Et on sait très bien de quoi ça vient... Il faudrait remettre des paliers, des bandes enherbées, des cultures d'hiver... Mais tout est lié à l'économie. L'agriculteur ne voudra pas forcément mettre des cultures différentes car il voudra avoir le même profit. Il demandera alors des subventions ou des aides. »

Les **résidents** sont les premiers à remettre en cause le caractère naturel des coulées boueuses : l'anthropisation des milieux (agricoles pour 48,4% ou urbains pour 19,4%) est directement liée à leur occurrence (tableau 5.10). La composante climatique est tout de même citée : les précipitations et les orages déclenchent le ruissellement mais sa propagation est favorisée par l'aménagement du territoire (24,2%). Lors des entretiens, un habitant, à propos des coulées boueuses survenues dans sa commune, fait le parallèle avec les inondations en insistant sur le caractère naturel de ces dernières (contrairement aux coulées boueuses) : « *Ma grand-mère, qui est décédée, aurait pu vous le dire. Elle avait presque 90 ans et elle n'avait jamais connu de coulées boueuses. Juste une inondation, une fois en 1939, mais ça c'était une catastrophe naturelle [...]. Ça c'est normal, je trouve. Ça arrive.* ».

A contrario, les **agriculteurs** ont un discours plus technique : ils connaissent en général assez bien les processus et les facteurs en jeu grâce aux nombreuses informations reçues de la Chambre d'Agriculture, des revues agricoles ou des conseillers techniques entre autres (tableau 5.10). « [...] Mes collègues [agriculteurs] voient qu'il y a de l'érosion quand il y a une coulée boueuse. Et encore, ce n'est pas une coulée boueuse, disons que c'est de l'eau qui part avec de la terre. Ce sont des coulées d'eau boueuse. C'est de l'eau chargée en éléments ou de l'eau avec des microparticules de limons qui se déposent et alors ça devient les coulées boueuses... ».

Ils n'hésitent d'ailleurs pas à se remettre en question : 23,8% d'entre eux constatent leur responsabilité dans la propagation des coulées boueuses. Mais le facteur climatique reste important, tout comme pour les **étudiants**. Ces derniers ont une connaissance théorique des processus : ils identifient les facteurs à la fois climatiques, topographiques et pédologiques estimant que les modifications anthropiques (la vulnérabilité) n'interviennent qu'après les facteurs relatifs à l'aléa.

Tableau 5.10 : « Quelles sont, d'après vous, les origines d'une coulée boueuse ? » Echantillon réparti selon les « fonctions » des acteurs

	Echantillon étudiants (N=186)	Echantillon des agriculteurs (N=13)	Echantillon des élus locaux (N=10)	Echantillon résidents (N=412)
	Fréquence	Fréquence	Fréquence	Fréquence
Causes climatiques	78%	19%	23,5%	40,7%
Causes pédologiques	51,1%	4,8%	11,8%	11,6%
Causes topographiques	24,7%	9,5%	17,6%	12,3%
Causes hydrologiques	23,1%	14,3%	5,9%	10,4%
Causes anthropiques	18,3%	14,3%	0%	19,4%
Causes agricoles	16,1%	23,8%	23,5%	48,4%
Aménagement du territoire	15,1%	14,3%	17,6%	24,2%

En analysant nos résultats selon la répartition en zones de ruissellement, nous constatons que les **causes agricoles** sont les premières à être pointées que ce soit par les individus habitants dans les zones « sources » (42,2%) ou « cibles » (60,4% - tableau 5.11). Ils évoquent l'occupation des sols agricoles, les types de cultures en place (qui leur semblent inappropriés) ou l'organisation du parcellaire.

Ce contexte agricole est corrélé à un **aménagement du territoire** qui favorise la propagation des coulées boueuses (pour 33% des enquêtés, toutes zones de ruissellement confondues). Dans les zones de proximité à l'aléa, où les individus perçoivent les départs de terre et leur acheminement vers l'aval, l'aménagement du territoire est remis en cause pour 14,1% des individus (après les causes agricoles et climatiques). Il semble évident que les populations identifient clairement le rôle de l'agencement entre les espaces aux fonctions urbaines (zones habitées) et agricoles dans la progression des coulées boueuses.

Une fois de plus, seul **l'aléa climatique**, impressionnant par l'intensité des précipitations, constitue un facteur important dans leur formation : les pourcentages varient entre 15,7% et 35,3%. Les pourcentages sont les plus élevés dans les zones « non concernées » et « de transition », démontrant que pour les habitants de ces zones, il s'agit d'un phénomène contre lequel on ne peut que difficilement lutter.

Tableau 5.11 : « Quelles sont, d'après vous, les origines d'une coulée boueuse ? » Echantillon réparti selon les zones de ruissellement

	Zone source (N=64)	Zone de transition (N=51)	Zone cible (N=134)	Zone non concernée (N=186)
Causes agricoles	42,2%	39,2%	60,4%	42,5%
Causes climatiques	20,3%	35,3%	15,7%	28,5%
Causes hydrologiques	4,7%	2%	3,7%	4,3%
Aménagement du territoire	14,1%	3,9%	7,5%	7,5%
Causes anthropiques	6,3%	5,9%	6%	4,8%
Causes topographiques	0%	2%	2,2%	0%
Causes pédologiques	1,6%	0%	0%	1,6%
Non réponse	10,9%	11,8%	4,5%	10,8%

Le parallèle entre **l'expérience vécue** et les origines des coulées boueuses reflète la nécessité pour les sinistrés de chercher des causes responsables : contrairement aux populations qui n'ont déplorées aucun dégât, les habitants sinistrés pointent avant tout les causes agricoles (tableau 5.12).

Tableau 5.12 : Croisement entre les questions « Avez-vous déjà été touché par une coulée boueuse chez vous ? » et « Quelles sont d'après vous les origines d'une coulées boueuse ? » Echantillon total (N=428 réparti en Oui=129 et Non=299)

Sinistré par une coulée boueuse	Oui	Non
<i>Origine d'une coulée boueuse</i>		
Causes agricoles	17,2%	30,3%
Causes climatiques	10,1%	30,6%
Causes hydrologiques	3,4%	7,4%
Aménagement du territoire	9,4%	14,5%
Causes anthropiques	5,3%	13,1%
Causes topographiques	4,1%	8,7%
Causes pédologiques	2,5%	9,7%
Non réponse	1,1%	6,2%

*Les pourcentages sont supérieurs à 100%, plusieurs réponses étant autorisées (question ouverte).

Les habitants sinistrés sont d'ailleurs très virulents à l'égard des types de cultures mis en place (figure 5.7). Les résultats obtenus par les échelles de perception montrent que les notes attribuées au rôle des cultures en place sont nettement plus élevées pour les sinistrés (moyenne de 8,3/10) que pour les non sinistrés (moyenne de 7,6/10). Les techniques de travail du sol sont souvent remises en cause lors des entretiens : les habitants comparent par rapport à leur souvenir et se rappellent que les techniques des « Anciens » entraînaient moins de risques. « *Mais les champs, ils étaient là depuis toujours, seulement, avant, ils les cultivaient dans l'autre sens : il y avait du blé, il y avait tout. Ils en font encore un peu du blé. Ils pourraient faire du blé, ou mettre du blé aux pentes où il y a des risques, au lieu de mettre du maïs et mettre le maïs ailleurs...* »

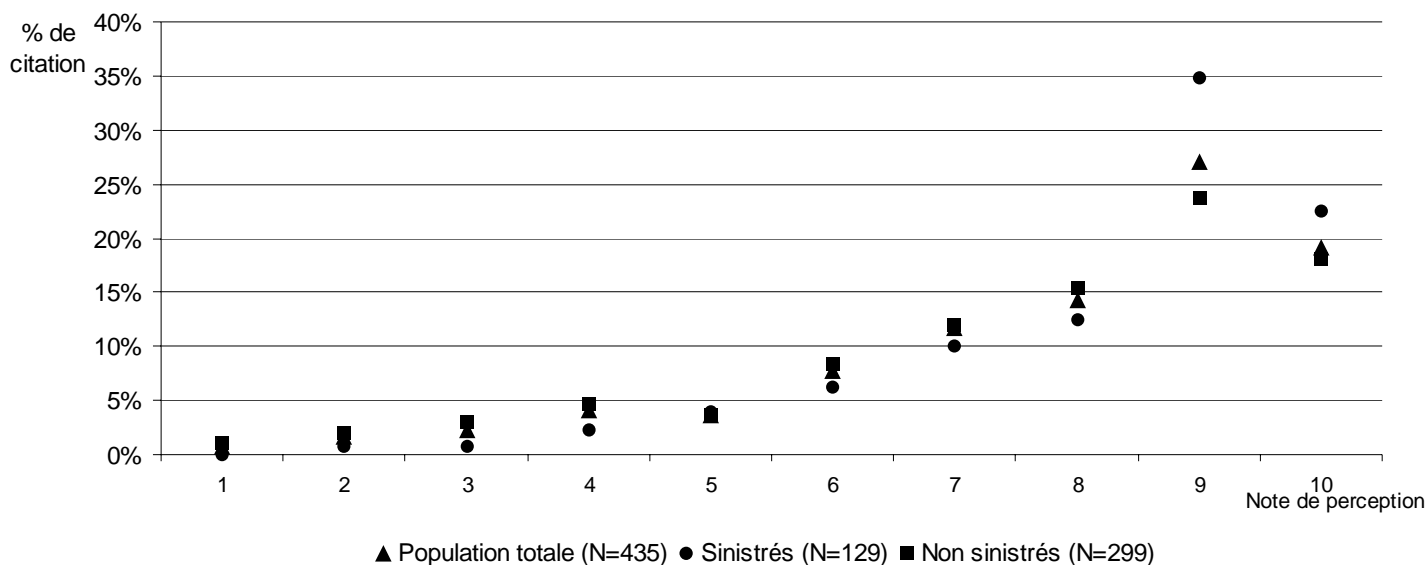


Figure 5.7 : « Le type de cultures a-t-il, selon vous, un rôle dans la naissance des coulées boueuses ? »

L'identification des causes dans la formation ou la propagation des coulées boueuses par les individus selon leur proximité aux zones d'aléa ou d'enjeux et selon leur expérience vécue permet de cibler leur niveau de connaissances sur ces processus et d'adapter au mieux les discours préventifs. Il nous semble essentiel que ces derniers soient en parfaite adéquation avec les attitudes des individus face à ce risque précis.

5.2.3. La prévention des risques : de la protection à l'information

La prévention des risques regroupe la **protection** des habitants et leur **information** sur les risques encourus. Des mesures de prévention sont nécessaires : 41,6% de la population se sentent menacés par les coulées boueuses (tableau 5.13). Ce pourcentage varie logiquement en fonction des zones d'habitat : les sinistrés (en zones « cibles ») se sentent les plus vulnérables face à de nouvelles coulées boueuses (tableau 5.13). En détaillant, 22,5% des enquêtés des zones « cibles » se sentent menacés, parce que déjà touchés (pour 25%) ou parce qu'ils jugent leur emplacement dans la commune inapproprié (26,7%). 18,3% des individus imputent ce sentiment à une absence de mesures de protection efficaces ou une mauvaise gestion des zones agricoles (pour 16,7% - tableau 5.14). Lors des entretiens, le traumatisme subi est souvent évoqué : « *On a très peur ! La petite, elle est traumatisée, elle a 14 ans mais quand même. Elle a vécu ça...* » ; « *A chaque orage on se lève, même si c'est en pleine nuit et on se promène dehors, on est partout. Et partout, il y a les voisins des alentours qui sont dans tout le village...* »

56,6% des enquêtés ne se sentent pas menacés (tableau 5.13), essentiellement par leur position dans la commune (pour 50% d'entre eux – tableau 5.14).

Tableau 5.13 : Réponse à la question « Vous sentez-vous menacé par le risque de coulées boueuses ? » selon les zones de ruissellement. Echantillon total (N=435)

Zone de ruissellement	Source	Cible	Transition	Non concernée	Total
<i>Sentiment de menace</i>					
Oui	5,7%	22,5%	9,4%	3,9%	41,6%
Non	8,7%	7,8%	32,4%	7,6%	56,6%
Total	14,7%	30,8%	42,8%	11,7%	

Tableau 5.14 : Raisons identifiées par les individus expliquant leur sentiment de menace

<i>Echantillon ne se sentant pas menacé (N=246)</i>	Fréquence	<i>Echantillon se sentant menacé (N=180)</i>	Fréquence
Topographie / lieu d'habitation protégée	50%	Topographie / lieu d'habitation favorable	26,7%
Mesures de protection adéquates	11%	Peur / déjà touché auparavant	25%
Ne connais pas ce risque	3,7%	Absence / fiabilité des systèmes de protection	18,3%
Meilleure gestion des zones habitables	3,3%	Mauvaise gestion agricole	16,7%
Phénomène trop exceptionnel	2,4%	Aléa climatique	15,6%
Meilleure gestion des zones agricoles	2%	Mauvaise politique d'aménagement	7,2%
Information et prévention	0%	Manque d'information	1,7%
Non réponse	34,6%	Non réponse	8,9%

*Les pourcentages sont supérieurs à 100%. Question ouverte et réponses multiples

Pour éviter toute nouvelle catastrophe, nous avons questionné les individus sur les **mesures existantes** pouvant être installées afin de lutter contre les coulées boueuses. Les réponses à la question ouverte : « Quelles mesures devraient être prises, selon vous, pour diminuer les risques de coulées boueuses ? » indiquent que les mesures environnementales devancent les solutions techniques (que les enquêtés aient été sinistrés ou non - tableau 5.15). La réglementation des zones urbanisées n'est pas remise en question pour les habitants sinistrés (5,3%) : ils vivent dans des espaces soumis au risque et s'y sont installés de plein droit (les autorisations ont été obtenues, ce n'est pas à eux d'agir en premier). Ces résultats vont dans le sens d'une étude menée auprès de 188 individus vivant dans des zones inondables (Vinet et Defossez, 2006). Ils notent que l'urbanisation n'est pas remise en cause dans les zones inondées et pourtant fortement habitées : l'intégration ou le déni du risque pourrait expliquer ces attitudes. Dans cette même enquête, les auteurs montrent que seuls 7% des enquêtés estiment qu'il faudrait arrêter les constructions dans les zones inondables pour diminuer les risques. Dans notre enquête, les individus non sinistrés pointent la faiblesse de la réglementation des aménagements, notamment lorsque ces derniers sont installés dans des zones pourtant reconnues par la collectivité comme étant à risque (11,5%).

Tableau 5.15 : Croisement entre les questions « Avez-vous déjà été touché par une coulée boueuse chez vous ? » et « Quelles mesures devraient être prises pour diminuer les risques de coulées boueuses ? »

Sinistré par une coulée boueuse	Oui (N=129)	Non (N=299)	Total
Mesures à prendre			
Mesures environnementales	14%	31,5%	45,5%
Mesures techniques et entretien	10,6%	16,3%	26,9%
Sensibilisation	2,5%	4,1%	6,7%
Réglementation des aménagements	5,3%	11,5%	16,8%
Etude et connaissance	4,6%	6,4%	11%
Non réponse	5,3%	16,6%	23,5%

*Les pourcentages sont supérieurs à 100%

Question ouverte à réponses multiples

D'ailleurs en proposant des items précis sur les actions devant être prises pour mieux gérer le risque de coulées boueuses, nous constatons que pour les **agriculteurs** et les **étudiants** les mesures à mettre en place passent par une action sur les réglementations des zones à risques (pour 52,7% des étudiants et 69,2% des agriculteurs – tableau 5.16). Mais pour ces deux acteurs, une meilleure diffusion des informations sur les risques et les facteurs déclencheurs est plébiscitée (pour 24,7% des étudiants et 15,4% des agriculteurs).

A *contrario*, les **élus locaux** voient une adaptation de l'environnement au risque de coulées boueuses. Ils essayent de contenter au maximum les exigences de la population et leurs demandes de protection. Ils agissent sur tous les fronts espérant qu'en définissant des mesures différentes, le risque diminuera sans entraver les projets d'aménagement urbain définis : « *Un lotissement va être construit à la sortie de la commune qui posera problème, la pente est de 6%. Mais que faire ? Il y a les lotisseurs d'un côté et les habitants qui ne veulent pas payer si un jour les futurs habitants du lotissement sont victimes. On est en pente il faudrait un édifice énorme pour protéger tout le lotissement.* ».

Tableau 5.16 : « Pour mieux vivre avec le risque de coulées boueuses, nous devons ? (1 seule réponse demandée) » Echantillon réparti selon les « fonctions » des acteurs

	Etudiants (N=186)	Agriculteurs (N=13)	Elus locaux (N=10)	Population résidente (N=412)
Mieux réglementer les constructions dans les zones à risques	52,7%	69,2%	20%	36,1%
Adapter l'environnement au risque de coulée boueuse	11,3%	7,7%	50%	35,2%
Développer des dispositifs de prévision et d'information des habitants en zones à risques	24,7%	15,4%	10%	7,4%
Protéger les lieux habités quand c'est possible techniquement et réalisable financièrement	10,2%	7,7%	20%	19,5%
Non réponse	1,1%	0%	0%	1,8%
Total	100%	100%	100%	100%

La question ouverte : « A votre connaissance, quels sont les différents types d'aménagements, techniques ou naturels, qui existent pour réduire les risques de coulées boueuses ? » permet de préciser quelque peu les résultats précédents (tableau 5.17). Les réponses étant des discours, nous avons une fois de plus procédé à un classement des réponses sous des thématiques récurrentes (Annexe 10) permettant de ne prendre en compte que les principales propositions.

Les aménagements doivent être « agronomiques », c'est-à-dire relatifs à des modifications dans les parcelles agricoles (39,2% de la population résidente et 60% des élus). Certains élus locaux n'hésitent d'ailleurs pas à demander aux agriculteurs de changer leurs pratiques ou le type de cultures mis en place : « J'avais une réunion la semaine dernière avec des gens du Conseil Général et de la Chambre d'Agriculture. On essaye de faire changer les techniques agricoles des exploitants du bassin versant. Mais ce n'est pas évident. On a bien un agriculteur qui fait des techniques sans labour et un autre qui fait des rotations mais ce n'est pas suffisant pour donner l'exemple. »

Néanmoins, les aménagements techniques sont des mesures populaires auprès des **résidents** (38,7%) et plus précisément pour les individus des zones « cibles » (figure 5.8). Sur cette question, pour le risque d'inondations Vinet et Desfossez (2006) notent également que les barrages et aménagements techniques sont des mesures appréciées des populations. Les enquêtés se sentent ainsi protégés, ce qui n'est pas sans conséquences sur les attitudes face aux risques. Grothmann et Reusswig (2006) montrent que la vulnérabilité des populations peut augmenter avec le sentiment de sécurité. Ils observent que l'installation de protection sécurise les populations qui ne prêtent plus attention à leurs comportements ou attitudes face au risque. De plus, le sentiment de sécurité appelle l'installation de nouveaux habitants ne faisant qu'augmenter la vulnérabilité du milieu.

Les **élus locaux** avancent la rapidité de mise en place et de bénéfices présentés par les solutions techniques. Mais ils évoquent aussi les limites de ces ouvrages de protection : ils sont coûteux à la construction et en entretien, peuvent entraîner des risques supplémentaires (noyades entre autres) et ne protègent pas toujours s'ils sont implantés dans des endroits inappropriés. « [Le Maire me montre sur une carte, l'emplacement des digues]. Mais il a plu là où les digues ne protégeaient pas le village. On ne peut tout de même pas mettre en place encore une protection supplémentaire en plein milieu du village ! Il faudrait un édifice de 30 m... et je ne peux pas faire ça en plein milieu du village. Vous imaginez, le paysage... »

Tableau 5.17 : « A votre connaissance, quels sont les différents types d'aménagements, techniques ou naturels, qui existent pour réduire les risques de coulées boueuses ? » Echantillon réparti selon les « fonctions » des acteurs

	Etudiants (N=186)	Agriculteurs (N=10)	Elus locaux (N=13)	Population résidente (N=412)
Aménagements agronomiques	31,7%	46,2%	60%	39,2%
Aménagements techniques	38,2%	38,5%	30%	38,7%
Aménagements urbains	8,6%	23,1%	10%	10,4%
Aménagements hydrologiques	6,5%	0%	10%	8,7%
Information et prévention	3,2%	0%	0%	1,7%
Non réponse	39,2%	30,8%	20%	33,7%

*Les pourcentages sont supérieurs à 100%. Question ouverte à réponses multiples

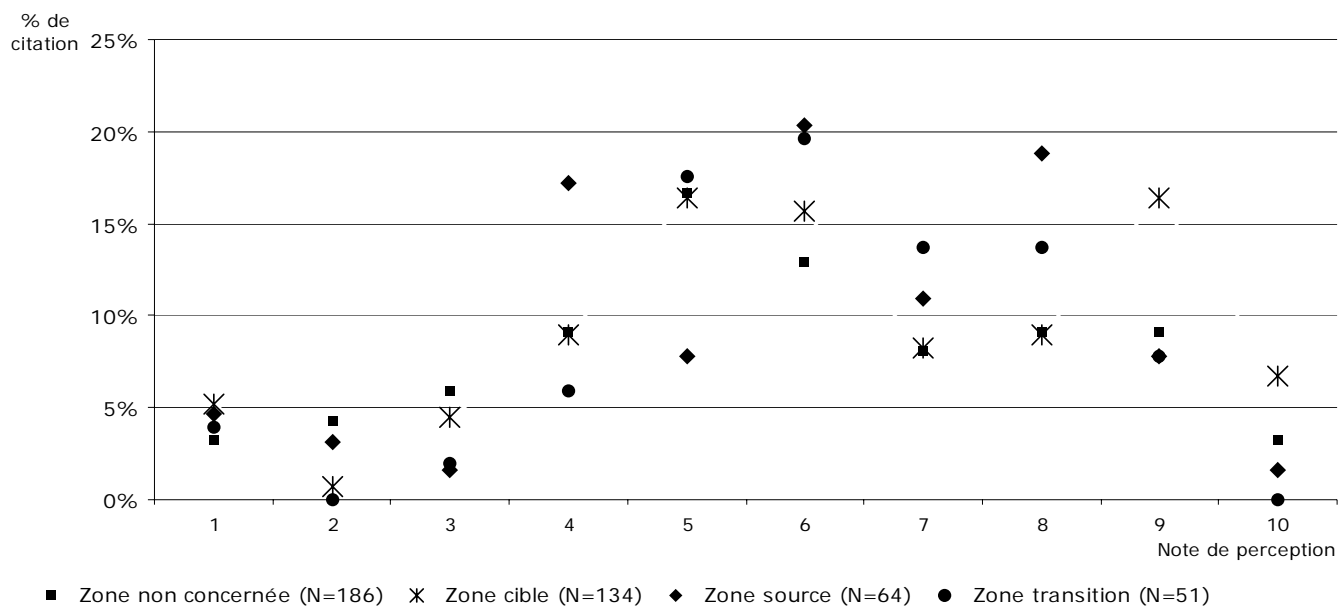


Figure 5.8 : « Selon vous, quel niveau de protection offrent les aménagements hydrauliques (de type digues ou bassins de rétention) ? » Echantillon réparti selon les zones de ruissellement

En ce qui concerne la protection par des aménagements techniques (bassins de rétention, digues, etc.) les agriculteurs ne pensent pas qu'ils constituent l'unique moyen de diminuer le risque de coulées boueuses : « Le but ce n'est pas seulement de faire un bassin en bas [...] parce que le problème c'est le patrimoine qui s'en va, c'est notre sol qui part avec l'eau. Donc, il faut essayer de garder ce sol... A mon avis, les aménagements hydrauliques ne suffisent pas. Si les exploitants peuvent travailler sur chaque m², on n'a pas besoin des bassins de rétention. Mais c'est toujours une garantie supplémentaire ! ». Plus précisément, en proposant différentes mesures parmi un ensemble d'aménagements possibles, les agriculteurs optent d'abord pour une meilleure gestion de l'aménagement urbain. Viennent ensuite des mesures dans les parcelles. Pour les autres acteurs, les solutions « agronomiques » sont perçues comme prioritaires : elles consistent à remettre en place des « zones-tampons », des bandes enherbées et à modifier les techniques agricoles. Que ce soit les populations résidentes, les agriculteurs ou les élus locaux, tous se rejoignent sur l'efficacité de ces mesures. Les étudiants sont d'ailleurs du même avis : ils connaissent les effets de ces techniques sur l'infiltration des eaux de pluie et la limitation de la formation du ruissellement (figure 5.9²⁵).

²⁵ La question proposait un classement des items proposés : les 3 premières réponses ont été classées. Une même réponse peut de ce fait revenir plusieurs fois dans le classement, selon le nombre de réponses obtenues.

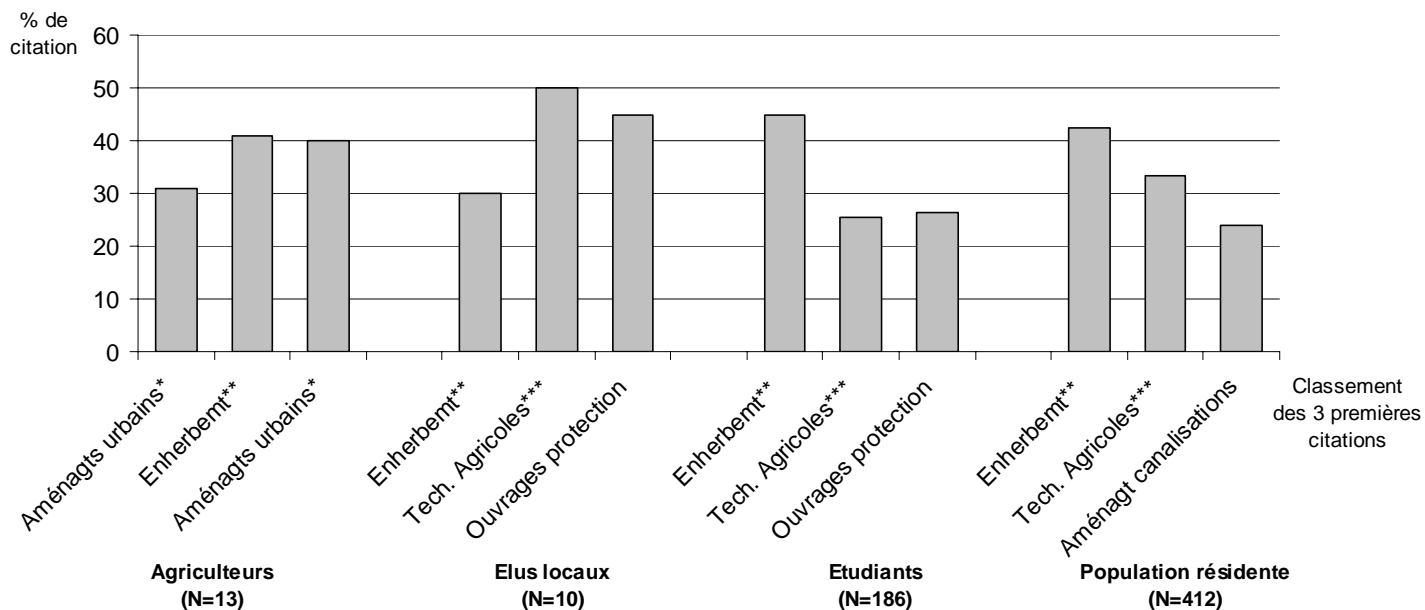


Figure 5.9 : « Pouvez-vous classer ces types de solutions pouvant être apportés pour diminuer le risque de coulées de boue, de la plus efficace à la moins efficace ? » Classement par ordre de priorité. Echantillon réparti selon les « fonctions » des acteurs

* Aménagements urbains différents

** Restauration de l'enherbement, prairies, haies

*** Mise en œuvre de techniques agricoles différentes

Le second volet de la prévention passe par **l'information**. Nous avons pu constater que les enquêtés n'en font pas une priorité. Néanmoins, rappelons que les informations sur le risque destinées à sensibiliser les populations à l'aléa « coulée boueuse » peuvent contenir diverses composantes :

- **identification** de l'aléa « coulée boueuse » et des signes précurseurs ;
- **explications** du rôle des parcelles agricoles, localisation des zones à risques locales ;
- encouragement des **initiatives** personnelles visant à protéger les biens et à élaborer des plans personnels de sauvetage ;
- **connaissance** des systèmes d'avertissement et des conduites appropriées à suivre avant, pendant ou après la catastrophe ;
- encouragement à la **responsabilisation** personnelle pour la prévention/mitigation des coulées boueuses dans la vie quotidienne des populations.

En outre, les systèmes de communication doivent être bien conçus afin d'alerter à temps l'ensemble de la communauté cible. Montz et Grunfest (2002) relatent dans leur étude sur les inondations que la réaction à l'alerte n'est pas immédiate. Les individus suivent les instructions données par les autorités ou les médias, mais cherchent souvent confirmation auprès de leurs amis (en téléphonant), voisins *etc.* Une politique d'information préventive contribuerait sans conteste à une réduction des dégâts et à faire accepter ces aléas en diminuant l'angoisse qu'ils suscitent (Fessenden-Raven *et al.*, 1987; Vinet, 2007). Le collège de Landser (commune du Sundgau touchée par une coulée boueuse en 2001) a déterminé des consignes de sécurité en cas de coulée boueuse, inspirées de celles appliquées en cas d'inondation. Mais cette action reste locale et plus de 80% des enquêtés n'ont jamais été sensibilisés aux consignes de sécurité en cas d'une telle catastrophe.

La population estime qu'il y a peu d'information à sa disposition (en moyenne, les enquêtés estiment que leur niveau d'information correspond à une note de 4,7/10 - figure 5.10). Contre toute attente, ce sont les individus des zones « cibles » qui se sentent le moins bien informés sur les risques (moyenne de 4,7/10). Alors que dans les zones « sources », les enquêtés estiment avoir un peu plus d'information (moyenne de 4,8/10). La proximité de l'aléa induirait-elle une meilleure information ? L'explication majeure se trouve peut être dans le fait que les individus des zones « sources » n'ont jamais eu de réel besoin d'information. Ils ne subissent aucun dégât et les informations dont ils disposent leur paraissent suffisantes.

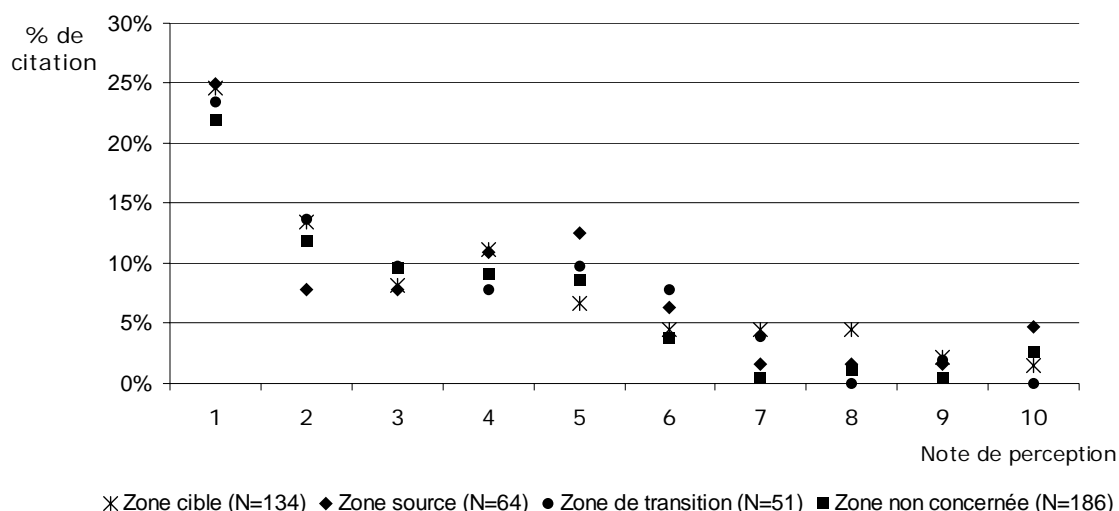


Figure 5.10 : « Sur cette échelle, pouvez-vous placer votre niveau d'information concernant le risque de coulées boueuses ? » Echantillon réparti selon les zones de ruissellement

Quand l'information existe, elle doit être transmise correctement aux populations (Terpestra et al., 2009). Pour que les messages de prévention soient entendus, ils doivent être diffusés via un vecteur qui touche la plus grande part de la population visée. Le tableau 5.18 montre que les diffuseurs locaux généralistes sont les plus consultés (32% pour le quotidien régional, presque 30% pour les chaînes régionales et 23% pour les ondes locales). Brilly et Polic (2002) notent que pour les risques d'inondation, ces mêmes vecteurs locaux sont plébiscités.

Bien que la mairie doive se charger de l'information des populations et que nous soyons dans des politiques de gestion des risques décidées à l'échelle communale, seuls 7,6% des enquêtés disent consulter les bulletins municipaux pour s'informer. La plupart des messages liés à la gestion de la commune y sont pourtant retranscrits, mais il semblerait que ce vecteur ne soit pas le mieux approprié pour diffuser ce type d'information.

Tableau 5.18 : « Quels médias utilisez-vous pour vous informer sur le risque de coulées boueuses dans votre commune ? » Echantillon total (N=435)

TV	Fréquence	Radio	Fréquence	Presse écrite	Fréquence
Chaînes régionales	29,7%	Radio locale (Dreyeckland / Bleue Alsace)	23,0%	DNA	32,0%
Chaînes nationales	13,6%	Radio France (Info et Inter)	5,7%	L'Alsace	17,7%
Bulletins météo	1,4%	Radio nationale (NRJ / RTL / Europe / Nostalgie / RFM)	4,4%	Divers régionaux	3,0%
Documentaires / Chaîne d'informations en continu	0,5%	Radio suisse / allemande	0,2%	Gratuits	0,5%
Chaînes étrangères (Suisse / Allemandes)	0,2%	Aucune en particulier	0,9%	Divers nationaux	0,7%

Autre supports écrits	Fréquence	Internet	Fréquence	Autre type de vecteurs	Fréquence
Bulletin municipal	7,6%	Sites spécialisés sur les risques	2,1%	Expérience et observations	8,3%
Affichage / plaquettes informatives	0,9%	Sites des services de l'Etat	1,6%	Aucune information n'est disponible	6,4%
Presse spécialisée	1,4%	Sites de journaux	0,9%	Réunion ou affichage à la Mairie	6,0%
Cartographie réglementaire	0,2%	Autres	0,7%	Informations données par les pompiers	1,1%
				Informations données par des services de l'Etat	0,5%

Pour que l'information soit comprise et acceptée par la population ciblée, cette dernière doit aussi **avoir confiance en l'interlocuteur choisi**. Dans le cas du nucléaire, Mileti et Peek (2000) rappellent qu'un unique interlocuteur (en qui les individus ont confiance) est nécessaire. Une crise de confiance dans les actions et les discours de cet interlocuteur entraîne une méfiance à l'égard des informations qu'il diffuse, d'où l'importance de son identification et de la véracité des messages diffusés (Peters et al., 1997).

En Alsace, les personnes enquêtées font confiance à la **mairie**, et plus généralement aux services de l'État, dans le type d'information qu'ils reçoivent (figure 5.11) sans variations selon les zones d'habitat. Nous avons choisi de différencier la mairie, la préfecture et les autres instances étatiques (DDAF, DDE) dans le but d'avoir une idée plus précise sur les services de l'État vers lesquels se tournent les populations. Comme à l'échelon national (Duflos et Hatchuel, 2004), les instances locales sont privilégiées car elles sont les premiers interlocuteurs des populations que ce soit pour les démarches à suivre en cas de demande d'indemnisation ou tout simplement car l'équipe municipale a été choisie par la majorité des habitants.

La confiance accordée aux scientifiques et aux recherches en général ne représente que 14% des réponses. Toutefois, ce besoin de validation « experte » est plus présent suite à l'analyse des entretiens, notamment pour les agriculteurs qui pratiquent les techniques culturales sans labour dans des zones où il n'y a pas eu d'événement catastrophique depuis la mise en place de ces techniques. Cette validation de l'efficacité de leurs actions sur le parcellaire se traduit par un constat de la part des élus locaux et de la population du bienfait de leur gestion des zones agricoles. Laisse sous leur responsabilité pendant des années, la gestion de ces zones est maintenant au centre d'un débat, le rôle des espaces agricoles dans l'émergence des coulées boueuses étant avéré. Il est question dorénavant de trouver les meilleures échelles d'action pour initier un aménagement cohérent de ces espaces.

« J'ai trois collègues avec moi, qui faisons du non labour sur le bassin versant. On pense que ça a vraiment de l'efficacité. Mais comme il n'y a pas eu de gros orage et de départ de terre, on ne peut pas le valider sur le terrain. Maintenant s'il y a un gros orage on pourra peut être le valider un jour. »

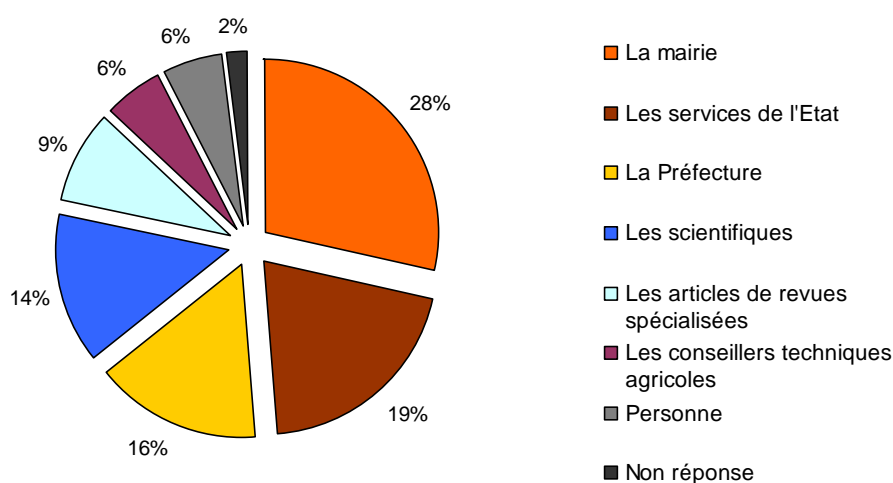


Figure 5.11 : « A qui faites-vous confiance pour les informations que vous recevez ? » Echantillon total (N=435)

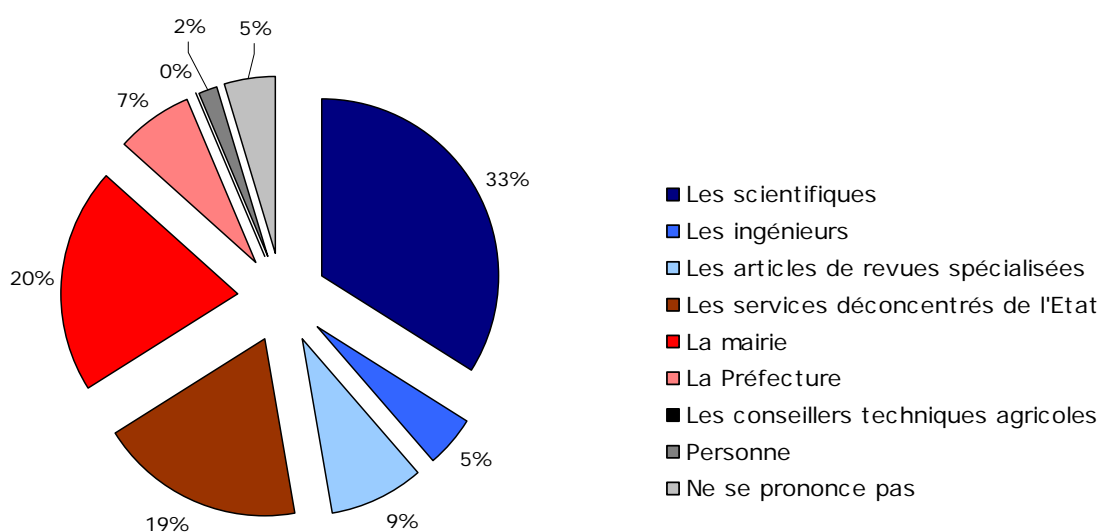


Figure 5.12 : « A qui faites-vous confiance pour les informations que vous recevez ? » Echantillon des étudiants (N=186)

Sans surprise, la population des étudiants accorde une grande confiance aux scientifiques, ingénieurs ou publications scientifiques (respectivement 33%, 5% et 9% - figure 5.12). Ils constituent les prochains gestionnaires du risque : leur future position sera à la croisée entre celle des élus locaux et celle des représentants des services de l'État. Ils savent déjà que les instances de l'État sont informées sur les risques par le biais des scientifiques et que leur point de vue peut être biaisé par les tensions et les responsabilités qu'ils doivent endosser dans les questions de gestion des coulées boueuses. De plus, les étudiants ne sont pas directement concernés par les coulées boueuses : leur affect n'entre pas en compte, ils ne sont pas impliqués dans la vie locale d'une commune soumise à ce risque et ils n'ont pas besoin d'entretenir un dialogue avec les équipes municipales qui deviennent des référents (pour les populations) pour les questions d'indemnisations après une catastrophe ou pour les décisions de protections futures.

La confiance accordée se traduit dans les faits, sur l'identification de la part des populations des acteurs devant être chargés de la gestion des milieux soumis au risque de coulées boueuses et de leur légitimité à agir.

5.2.4. Les responsabilités prises face aux risques et la légitimité d'action

Les aménagements ou les solutions proposées doivent être du ressort de l'équipe municipale en place. En effet, que ce soit pour la population résidente (55%) ou les étudiants (74%), il revient aux **élus locaux** d'agir au niveau de l'aménagement de leur commune pour qu'elle soit moins sinistrée. Du point de vue des équipes municipales, ils se sentent **garants** de la **sécurité** des habitants et ne reculent pas face à leur responsabilité dans la gestion des coulées boueuses : « *Ma commune a été touchée une nouvelle fois par des coulées de boue cet été. 30 victimes. Mais maintenant il y a une réelle peur psychologique dès qu'il pleut sur le bassin versant. Malgré la mise en place des digues, les habitants ne sont pas rassurés* ». Cette responsabilité d'action reste identique en fonction de la localisation des enquêtés (figure 5.13).

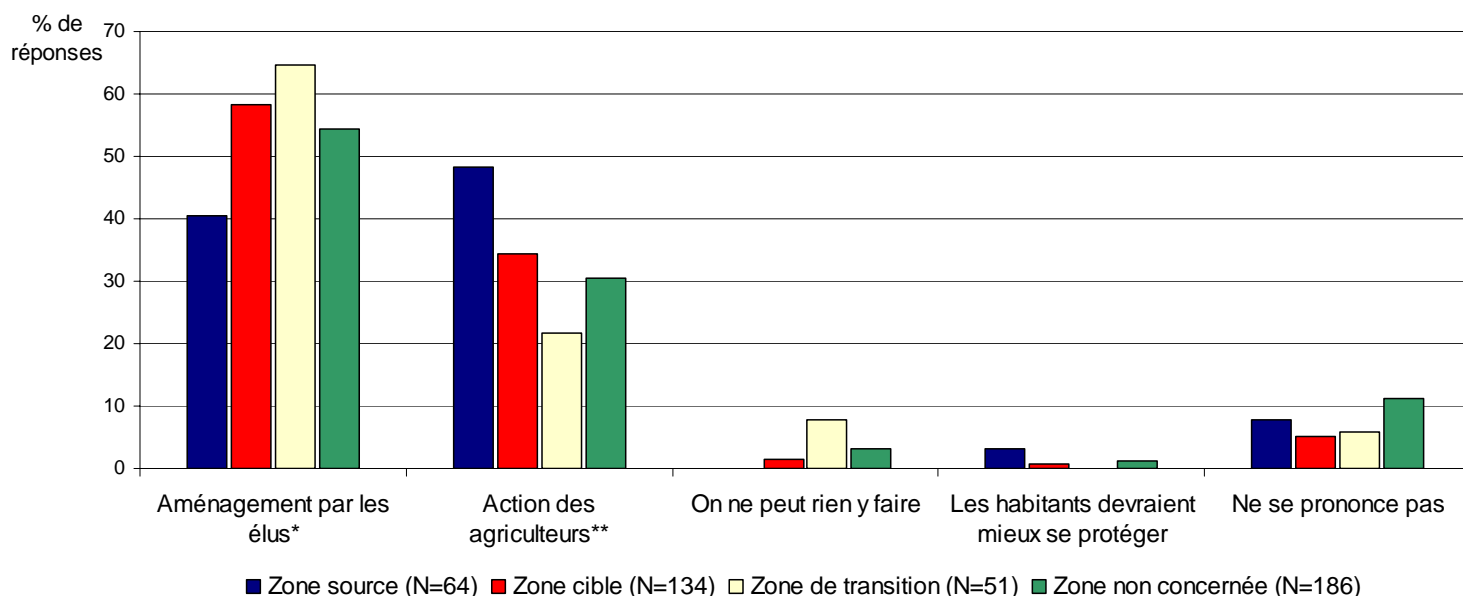


Figure 5.13 : « Quelles mesures devraient être prises, selon vous, afin de diminuer le risque de coulées boueuses ? » Echantillon réparti selon les zones de ruissellement

* Les élus devraient mieux gérer l'aménagement de la commune pour que la population soit moins touchée

** Les agriculteurs devraient faire quelque chose pour que ça n'arrive plus

Mais les actions concrètes sont parfois difficiles à initier. Les élus se sentent impuissants face au travail des **agriculteurs** qu'ils désignent pourtant à 60% comme devant faire quelque chose pour diminuer l'aléa (tableau 5.19) : « *Nous avons très peu de pouvoirs sur les agriculteurs par exemple. Il faut souhaiter que le bon sens l'emporte* ». Mais la plus grosse part de leur travail réside dans la gestion des **tensions** et **conflits** au sein de la commune : « *Enfin, ça crée des tensions et on est en première ligne. De même, on a vu dans certaines communes, des personnes se retourner contre la Mairie en cas de catastrophe. Des jugements sont passés en référé...* ». Leur rôle dans l'aménagement n'en est que plus compliqué car ils doivent composer avec les attentes de la population, des agriculteurs et les aléas. De plus, ils craignent parfois pour leur **mandat** : « *L'opposition avait utilisé cette catastrophe pour nous attaquer. Mais les gens ont bien compris que la préservation de la culture, de la spécificité de ma commune, ne pouvait pas se faire sans conséquences... La population a compris et j'ai obtenu les 23 sièges du conseil municipal dès le 1^{er} tour !* »

Tableau 5.19 : « *Voici plusieurs propositions. Quelle est celle qui se rapproche le plus de votre opinion concernant les coulées boueuses ?* » Echantillon réparti selon les « *fonctions* » des acteurs

	Etudiants (N=186)	Agriculteurs (N=13)	Elus locaux (N=10)	Population résidente (N=412)
On ne peut rien y faire	2,7%	0%	0%	2,9%
Les agriculteurs devraient faire quelque chose pour que ça n'arrive plus	8,1%	0%	60%	33,9%
Les élus devraient mieux gérer l'aménagement de la commune pour que la population soit moins touchée	74,2%	69,2%	40%	54,5%
Les habitants devraient mieux se protéger	1,6%	15,4%	0%	0,7%
Non réponse	13,4%	15,4%	0%	8%
Total	100%	100%	100%	100%

Les actions individuelles ne semblent pas faire partie des mesures prioritaires : seulement 0,7% de la population résidente pensent qu'elle devrait se protéger (tableau 5.19). Ces mêmes ordres de grandeur sont répertoriés selon les zones de ruissellement. A l'échelon national, Duflos et Hatchuel (2004) relèvent également de grandes disparités entre les domaines d'action dévolus aux particuliers et à l'État. Les individus ne se supposent que des champs d'actions limités, simples et peu contraignants, laissant à l'État le soin de s'occuper de problèmes importants, tels que la réglementation et la prévention des risques naturels, technologiques ou de pollution. Toutefois, dans notre étude les individus se sentent préoccupés par leur sécurité : 54,5% des individus annoncent une protection de leur habitat contre d'éventuels dommages comme première réaction à une catastrophe (tableau 5.20). Ce résultat est obtenu par une mise en situation : il s'agit d'un comportement prédictif à prendre avec précaution. Néanmoins, ces observations corroborent de récents travaux montrant qu'une forte perception à un risque incite la mise en place de systèmes de protection individuelle (Neuwirth *et al.*, 2000; Terpestra *et al.*, 2009).

Tableau 5.20 : « Si une coulée boueuse devait se produire chez vous, quelle serait votre réaction immédiate ? » Echantillon réparti selon les zones de ruissellement

	Vous téléphonez	Vous allumez la TV sur une chaîne locale	Vous écoutez la radio sur une onde locale	Vous allez voir les voisins
Zone source (N=64)	3,4%	0,5%	0,5%	0,5%
Zone cible (N=134)	6,2%	0,2%	0,7%	2,1%
Zone non concernée (=186)	8,5%	0,7%	1,1%	3,4%
Zone de transition (N=51)	1,6%	0,5%	0,2%	0,9%
Total	19,8%	1,8%	2,5%	6,9%

	Vous mettez en place des systèmes de protection pour vous protéger	Vous allez voir l'ampleur des dégâts dans la commune	Vous fuyez
Zone source (N=64)	7,8%	1,1%	0,7%
Zone cible (N=134)	17,7%	1,1%	0,7%
Zone non concernée (=186)	21,8%	0,9%	2,8%
Zone de transition (N=51)	7,1%	0,9%	0,2%
Total	54,5%	4,1%	4,4%

Ni la localisation par rapport aux zones d'aléa, ni le statut des acteurs importent dans les questions de responsabilités d'action : la gestion reste à l'échelle locale et les individus ne souhaitent pas modifier leurs attitudes pour diminuer les dommages subis par les coulées boueuses. Ces résultats nous rappellent le lien entre les **enjeux** et les **politiques de gestion** des risques. En effet, la gouvernance des sites soumis aux risques montre des jeux de rôle entre privé et public. Bien souvent les actions réservées aux individus ne sont pas effectives : leur inaction étant souvent déterminée par leur ignorance des mesures réelles à prendre (Terpestra *et al.*, 2009). Ils se reposent alors sur des instances supérieures et pour que la cohérence soit respectée le rôle des collectivités territoriales doit être précisément délimité : l'État et les collectivités locales sont garants des dépenses publiques et doivent de ce fait assurer une équité, une efficacité et une stabilité dans les solutions apportées.

En termes de **légitimité d'action**, les populations arrivent à replacer le débat dans des considérations nationales voire européennes. Elles ont conscience de la complexité du problème allant des intérêts des agriculteurs aux pressions subies par les élus. Ces derniers relèvent d'ailleurs les difficultés à agir par un nombre d'intervenants souvent élevé et des interactions parfois difficiles. Un élu : « *C'est difficile de faire quelque chose contre les risques. Beaucoup de personnes interagissent dans ces questions. Il y a le Conseil Général, la DIREN et la Police de l'Eau. J'ai dû faire du chantage (pour la protection des habitants) auprès de la Police de l'Eau. Ils ne voulaient pas faire passer le dossier en commission. Je les ai menacés de dénoncer leur lenteur auprès du Préfet... C'est extraordinaire tout ce qu'il faut faire !* ».

Selon les enquêtés, c'est de la responsabilité des services de l'État puis des élus locaux de mettre en place des aménagements ou tout du moins d'initier le dialogue entre les différents acteurs du territoire (agriculteurs, aménageurs, maire – figure 5.14). Ces résultats sont en parfaite adéquation avec des observations nationales : aux yeux de l'opinion, c'est à l'État (34%) puis aux communes (18%) et à la Préfecture (16%) d'assurer la protection contre les risques naturels (Duflos et Hatchuel, 2004). Dans notre enquête, les agriculteurs soulèvent toutefois la nécessité d'une **action concertée** et de la **mise en place de plusieurs mesures différentes** : « *Il faudrait un grand débat. Parfois on aboutit à des systèmes absurdes. Mais l'essentiel pour moi, c'est encore d'agir au niveau agricole pour qu'il y ait moins de problème d'érosion* ». Mais ces actions sont parfois difficiles à mettre en place concrètement : comme le souligne Vinet (2007), les acteurs n'ont pas toujours les possibilités d'action

nécessaires pour débiter une concertation. Il soulève l'antagonisme entre gestion des risques et gouvernance des territoires.

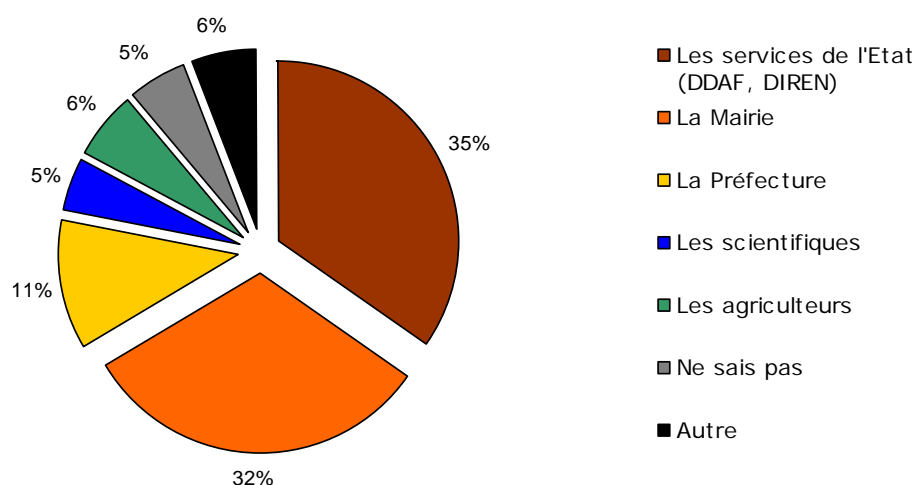


Figure 5.14 : « Qui doit, selon vous, initier les aménagements permettant de lutter contre les coulées boueuses ? » Echantillon total (N=435)

5.3. Synthèse : un risque bien identifié à gérer à l'échelle locale

L'ensemble des résultats montre dans un premier temps que les **taux de retours** sont très hétérogènes selon les communes. Nous avons pu noter que cette variation dans les réponses obtenues ne semble pas être corrélée à la fréquence des coulées boueuses ni même à la date du dernier événement subi. La zone de ruissellement dans laquelle résident les répondants semble être le principal facteur de consentement à participer à l'enquête. Cette observation est primordiale dans le sens où elle valide notre plan de sondage, basé sur une distinction d'espaces plus ou moins proches des zones d'aléa ou d'enjeux.

Les premiers croisements de résultats à proprement parlé concernent la **connaissance « théorique »** et **« pratique »** inhérente aux coulées boueuses par les individus enquêtés. De manière générale, nous avons pu noter que le concept de « risque » est identifiée à l'aide de ces deux composantes c'est-à-dire l'aléa et la vulnérabilité et cela quel que soit le statut des enquêtés. Cependant, les élus locaux ont une vision hétérogène du « risque » le remplaçant systématiquement au milieu d'autres problématiques sociales. En d'autres termes, ils perçoivent le risque comme un « problème de société » devant être traité et géré au même titre que les autres sujets relatifs à la gestion de leur commune.

Toujours en relation avec le « risque » en tant que tel, le classement de thématiques liées aux **dégradations de l'environnement** parmi d'autres préoccupations d'ordre général montre une sensibilité des individus enquêtés à ces questions même si la gestion de l'environnement vient bien après les préoccupations liées au chômage. Cependant, l'ordre de citation des « dégradations environnementales » varie en fonction de certaines caractéristiques socioprofessionnelles : l'âge et le niveau d'études interviennent fortement dans les perceptions de ces problématiques. En effet, dans notre enquête, les individus ayant suivi de longues études et les populations les plus jeunes (moins de 30 ans) sont plus sensibles à la protection de l'environnement. En revanche, la localisation dans une zone de ruissellement ne semble modifier que très légèrement les modalités de citation. Cette observation indique que la proximité d'une source de risque n'influence pas les préoccupations « sociales » des individus.

En centrant les questions autour des catastrophes naturelles, nous observons que le **risque de coulées boueuses** est clairement identifié par la population, notamment celle des zones « cibles ». Il semblerait qu'en focalisant l'attention des enquêtés sur des risques pouvant survenir à leur échelle (le territoire communal dans notre cas), la proximité aux zones d'enjeux devient plus importante. Mais la localisation n'est pas la seule explication possible : l'expérience vécue et la mémoire du risque ont une part importante dans l'identification des risques perçus comme importants par les enquêtés. Les habitants en zones « cibles » ont pour la plupart été sinistrés et se sentent encore menacés par un tel risque.

D'ailleurs, pour cette partie de l'échantillon, les **causes** de déclenchement des coulées boueuses sont principalement liées à des interventions anthropiques (urbaines ou agricoles) qui augmentent la vulnérabilité. Pour le reste des enquêtés, les causes agricoles sont importantes mais sont fortement associées à des causes climatiques (l'aléa) contre lequel rien ne peut être mis en place.

Les agriculteurs et les étudiants ont des niveaux de connaissances sur les processus qui sont très proches : les agriculteurs semblent être bien informés indiquant de solides réseaux d'information (via la Chambre d'Agriculture, le Conseil Régional, par exemple) et une concordance entre les connaissances « théoriques » et « pratiques ». Les élus locaux connaissent également assez bien les processus. Ils exposent, lors des entretiens, les différents type d'information qu'ils peuvent recevoir (de la part du Conseil Général, Régional, de la Préfecture, de structures de Recherches, etc.). Cependant, ils n'arrivent pas à hiérarchiser les origines dans la formation des coulées boueuses. Cela entraîne une difficulté à déterminer des actions prioritaires et des agissements sur tous les fronts. Ils tentent de cette manière de contenter les exigences des populations résidentes, des agriculteurs et de suivre les prérogatives réglementaires et sécuritaires.

Une partie du questionnaire visait d'ailleurs à identifier les attentes des enquêtés en termes de gestion des coulées boueuses. Concernant la **protection** face à ce risque, les mesures prises doivent être en accord avec l'environnement. Les mesures et solutions « techniques » (barrages, bassins de rétention, etc.) viennent en 2^{nde} position. Ces mesures sont très populaires auprès des élus locaux et de la population résidente. Les premiers obtiennent des subventions de la part de l'État pour implanter ce type de protection et l'implantation de telles constructions montrent leur rapidité d'action. En effet, ce sont des mesures visibles et rapidement édifiées, rassurant la population sur le niveau d'engagement pris par la municipalité. La population résidente plébiscite les mesures « techniques » car elle croit en la protection induite par ces mesures et se sent en sécurité contre des risques éventuels.

Pour les agriculteurs, il est avant tout nécessaire d'avoir une gestion cohérente de l'ensemble des espaces soumis au risque (qu'ils soient naturels, agricoles ou urbains) et raisonnent souvent à l'échelle du bassin versant. Pour eux, cette gestion se traduit par une **concertation** entre les différents acteurs intervenant dans la prévention des risques. Ces actions de type « débats publics » sont également mentionnées par les élus locaux, mais ils relèvent immédiatement la difficulté d'instaurer un dialogue. Les tensions générées par les coulées boueuses au sein des communes sont nombreuses, les problématiques étant directement liées aux politiques d'aménagement des communes. Les autorités locales sont alors souvent les premières visées en cas de dysfonctionnement des mesures prises ou de désaccord avec l'opinion publique rendant le dialogue délicat.

Dans ce contexte, l'**information** devient primordiale. Nos résultats indiquent que la population se sent peu informée, les consignes de sécurité sont inconnues tout comme les comportements à adopter en cas de catastrophe. Les instances locales doivent tout mettre en œuvre pour diffuser l'information nécessaire car elles bénéficient de l'entière confiance de la population. Le vecteur d'information doit également être local : les chaînes régionales ou les radios locales sont les plus utilisées par les enquêtés pour se tenir informé. À ce propos, il est intéressant de noter que les

bulletins municipaux, pourtant utilisés comme principal lien d'information entre les populations et l'équipe municipale, ne semblent pas être appropriés pour l'information sur les risques encourus dans la commune.

Tout comme l'information, la **légitimité** d'action dans la lutte contre les risques et la protection des habitants sont conférées à la municipalité en place. Cependant, le suivi de l'implantation de systèmes de protection ou la mise en place d'une réglementation stricte (en d'autres termes toutes les mesures lourdes à définir et à appliquer) sont réservées aux services déconcentrés de l'État. Nos résultats indiquent clairement que la population résidente ne se remet jamais en question pour diminuer les dégâts induits par les coulées boueuses. Les individus ne prennent pas d'initiative de protection individuelle et ne semblent pas prêts à modifier leurs habitudes pour diminuer leur vulnérabilité, préférant solliciter l'aide de l'État.

Conclusion

Les principaux enseignements sur les attitudes des individus face au risque de coulées boueuses tirés du dépouillement des enquêtes nous permettent de valider deux de nos hypothèses principales.

La **première hypothèse** stipule que la perception varie en fonction de la population considérée et de son implication dans la gestion des risques. Nous avons pu observer que la « fonction » des enquêtés influence directement les niveaux de connaissance du risque. En détail, les populations résidentes semblent avoir le niveau de connaissance des processus de propagation des coulées boueuses le plus bas. Les agriculteurs et les étudiants ont des niveaux de connaissances très proches : les transferts d'informations entre les savoirs « théoriques » et « pratiques » semblent effectifs. Il en est de même pour les élus locaux : ils connaissent très bien les processus de formation, mais n'arrivent pas à identifier les causes sur lesquelles ils doivent agir prioritairement.

Ces différences de perception ne se retrouvent pas dans la détermination des mesures ou actions à mettre en place pour diminuer le risque. Nous avons constaté au long de nos analyses que les variations entre les populations enquêtées sont très faibles. Toutes désignent les instances locales ou nationales comme légitimes dans la gouvernance des risques de coulées boueuses. Il en est de même pour les informations à diffuser et les vecteurs à utiliser : dans les deux cas, l'ensemble des enquêtés indiquent que l'information doit être disponible à l'échelle locale. En précisant ces observations, nous avons pu noter que pour que les messages soient acceptés par l'ensemble de la population, il est nécessaire de passer par la municipalité en place qui bénéficie de toute sa confiance.

Nos recherches ne se sont pas limitées à une analyse par « fonction » des acteurs enquêtés. Notre **seconde hypothèse** énonce que la perception des risques se module avec la variabilité spatiale du risque. Nous avons pu observer que la proximité aux zones d'aléa ou d'enjeux influence fortement les attitudes des individus. D'une part, les zones de ruissellement que nous avons déterminées pour traduire cette proximité (zones « sources », « cibles », de « transition » ou « non concernées ») sont fortement corrélées aux taux de réponse, donc à la volonté de participer à l'enquête et à l'intérêt que suscite la problématique des coulées boueuses chez l'individu sollicité. D'autre part, les zones de ruissellement influencent la nécessité de désigner des responsables. Les enquêtés en zones « cibles » de ruissellement sont les plus virulents sur la responsabilité des agriculteurs dans la formation des coulées boueuses. Pour ces mêmes enquêtés, ce sont d'ailleurs aux agriculteurs d'agir en premier pour diminuer le risque. Les autres enquêtés sont moins enclins à désigner des responsables : ils constatent le rôle des zones agricoles dans la genèse des coulées boueuses, mais replacent les problèmes d'érosion dans des contextes politiques plus larges. Ils estiment que les agriculteurs et les élus locaux doivent agir pour diminuer le risque.

Les questions relatives à la **protection** permettent de sonder les enquêtés sur les mesures concrètes à prendre. Nous avons pu constater que quelle que soit la zone de ruissellement, les actions de protection ou de prévention doivent être prises par la mairie. Une fois de plus, la zone de ruissellement n'influence pas les initiatives de protection individuelle (la population se reposant sur la municipalité ou l'État), mais nous avons pu noter que la localisation par rapport aux zones d'enjeux influence le sentiment de sécurité induit par certaines mesures de protection. Par exemple, les habitants en zones « cibles » se sentent bien protégés par des aménagements de type bassins de rétention contrairement aux populations des autres zones.

Au final, nos analyses montrent quelques différences de représentation et d'attitudes face au risque de coulées boueuses selon les zones de ruissellement et selon la « fonction » des acteurs échantillonnés. Pour affiner nos observations, nous allons maintenant identifier les facteurs qui font varier les degrés de perception du risque et expliquer les comportements adoptés face à une catastrophe de ce type. Pour cela, la détermination d'indices de perception et de comportement semble nécessaire. Ils nous permettront de traduire nos observations en données cartographiables et ainsi spatialiser les perceptions.

Chapitre 6. Des indices de perception et de comportements : construction et utilisation en économie comportementale

Le travail de dépouillement des questionnaires nous a permis de déterminer les niveaux de connaissances et les attentes des enquêtés concernant la gestion du risque de coulées boueuses. Nous avons pu identifier les interlocuteurs à privilégier, les vecteurs de diffusion plébiscités et les principales responsabilités associées à la formation de ce risque. Cette première analyse révèle quelques variations selon la « fonction » des acteurs mais aussi selon leur proximité aux zones de processus ou d'enjeux.

Pour préciser davantage cette analyse, nous avons initié une quantification de la perception du risque. L'objectif est **de construire un indice de perception des risques** d'une part et un **indice de comportements** annoncés en cas de catastrophe d'autre part. Les méthodes mobilisées en économie comportementale (par le biais du paradigme psychométrique) permettent d'identifier puis d'employer les facteurs essentiels dans la formulation de ces indices. Grâce à l'utilisation de l'approche psychométrique, nous pouvons aisément lier nos résultats aux théories de comportements économiques des individus (comportements assuranciers, par exemple). L'objectif est, à terme, de pouvoir intégrer nos données dans des modèles de comportements, notamment dans la *Prospect Theory* développée par Kahneman et Tversky (1979, 1992).

6.1. Les indices de perception du risque de coulées boueuses

La présence de risques sur un territoire implique la définition de mesures réglementaires relatives à la gestion des espaces urbanisés. Ces procédures souvent législatives influencent directement la répartition et la localisation des infrastructures et des structures urbaines. La loi du 30 juillet 2003, sur la prévention et l'information des populations face aux risques technologiques et naturels illustre la nécessité de composer avec la répartition des zones soumises aux risques dans les implantations humaines. Les liens entre les risques et les espaces anthropisés se matérialisent alors par la maîtrise de l'urbanisme avec la définition de plans communaux de sauvegarde, par exemple.

Notre hypothèse de départ selon laquelle la perception des risques est modulée par la variabilité spatiale de l'aléa impose sa cartographie. Dans ce but, un indice de perception des risques a été défini. Par la classification en différents degrés de perception, cet indice traduit une aversion au risque ou un sentiment de vulnérabilité plus ou moins fort des enquêtés face au risque de coulées boueuses. Notre définition de l'aversion au risque se calque sur celle des économistes (Quiggin, 1981; Tversky et Kahneman, 1991; Isaac et James, 2000). Notre analyse des données a permis de déterminer quatre dimensions de l'attitude face au risque, variant d'une aversion totale (les répondants ne connaissent pas le risque et se sentent peu informés) à une absence d'aversion (les répondants se sentent suffisamment bien informés et connaissent le risque de façon précise pour ne pas se sentir en danger). Nous avons alors rapproché ces classes à un sentiment de vulnérabilité exprimé par les individus. Ainsi, les individus très averses au risque se considéreront comme vulnérables et inversement.

Notre cartographie se place dans une optique de communication et d'information pour les populations et les décideurs locaux. La spatialisation de nos données doit permettre de pointer les zones où les dégâts des coulées boueuses ont été importants et les zones où les populations se sentent plus ou moins vulnérables à ce risque. Une comparaison entre ces deux espaces indique les

endroits où les actions de prévention ou d'information doivent être menées en priorité afin de réduire les dommages engendrés par les coulées boueuses et la vulnérabilité des populations.

6.1.1. Le paradigme psychométrique pour le calcul des indices de perception

Le calcul des indices de perception du risque a fait l'objet de nombreuses publications (Kunreuther *et al.*, 1988; Lindell et Barnes, 1989; Finlay et Fell, 1997; Sjöberg, 2000; Lai et Tao, 2003; Viklund, 2003; Bickerstaff, 2004; Brody *et al.*, 2004; Dominey-Howes et Minos-Minopoulos, 2004; Messner et Meyer, 2005; Peacock *et al.*, 2005; Plattner *et al.*, 2006; Slovic et Peters, 2006; Glatron et Beck, 2008). Nous avons choisi d'utiliser le **paradigme psychométrique** qui définit les facteurs importants à intégrer dans l'estimation des indices. Le choix s'est également porté sur cette méthode car elle offre une bonne traduction des représentations, c'est-à-dire des données qualitatives, en données quantitatives (Drottz-Sjöberg, 1993; Sjöberg et Drottz-Sjöberg, 2001). Nous avons fondé notre réflexion sur les travaux de Kahneman et Tversky (1979), Sjöberg (2000), Sjöberg *et al.* (2004) et Johnson *et al.* (2007b). Les calculs des indices ont été inspirés par les travaux développés par une organisation suisse de recherches sur les risques naturels (PLANAT) créée en 1997 par le Conseil Fédéral suisse. L'un des objectifs de cette structure est de mettre au point des stratégies de réduction des risques de catastrophes naturelles, notamment par la **définition d'un paradigme associé à la « culture du risque »** (PLANAT, 2005). Deux articles majeurs extraits des recherches financées par PLANAT ont guidé notre démarche : Plattner (2005) et Plattner *et al.* (2006). Les auteurs y posent les concepts importants dans la caractérisation des perceptions du risque de populations soumises à des risques naturels (sans différenciation de la nature de ces risques). Ils font ensuite le lien entre le paradigme psychométrique, les indices de perception calculés et un modèle de comportements utilisés en économie.

Avant de présenter notre raisonnement dans l'évaluation des indices, rappelons brièvement les catégories relatives aux facteurs psychométriques (Chapitre 1, § 1.2.2). Il s'agit d'évaluer la perception d'un risque grâce à des échelles de notation. Ces échelles sont axées autour de neuf dimensions permettant de traduire quantitativement la représentation d'un risque pour les individus sondés. Ces neuf dimensions sont : le caractère volontaire ou subi de la prise de risque, les effets immédiats d'un risque, la connaissance du risque, son caractère contrôlable ou réductible, son caractère récent, son caractère chronique ou permanent, la menace qu'il représente et son caractère potentiellement catastrophique (Slovic, 1992; Marris *et al.*, 1998; Sjöberg, 2000; Sjöberg *et al.*, 2004).

Notre jeu de données ne nous permettait pas de considérer l'ensemble des facteurs déterminés dans la littérature. Toutefois, sur la base des études de perception précitées, nous avons extrait trois familles de facteurs qui semblent nécessaires. Il s'agit :

1. de la **connaissance** des individus des processus relatifs à la formation du risque ;
2. de la « **familiarité** » du risque, évalué entre autre par le niveau d'information ;
3. du caractère **contrôlable** ou réductible du risque, c'est-à-dire son caractère proprement réductible par le biais de la mise en place de systèmes de protection, son caractère prédictible (par la prédiction de mesures pouvant réduire les dégâts) ou évitable (par la prévention par exemple).

Chacune de ces trois catégories a été alimentée en données issues des questionnaires (tableau 6.1). Le calcul classique des indices de perception, basé sur le paradigme psychométrique, utilise les réponses obtenues sur des échelles de valeurs graduées (du type échelles de Lickert). Nous n'avions pas ce type de données pour chaque critère à évaluer, certaines données étant obtenues par des questions ouvertes. Nous avons dû adapter notre jeu de données en effectuant un travail de recodage lors duquel les discours ont été transformés en données quantitatives. Le recodage est un exercice difficile car, tout au long du processus, notre intervention dans l'adaptation des données devait être minimale.

Le score attribué à chaque famille de facteurs a été calculé à l'aide de plusieurs réponses obtenues dans le questionnaire. Nous avons pu préciser (Chapitre 4) que la teneur des questions est basée sur l'analyse des entretiens menés auprès d'un échantillon des acteurs enquêtés. Face à la longueur de l'enquête, nous avons sélectionné *a posteriori* huit questions en relation avec la connaissance, la familiarité ou la réduction potentielle du risque. Bien entendu, le nombre de facteurs à prendre en compte n'est pas limité (nous discuterons nos choix lors de la discussion, Chapitre 7).

Pour conserver une homogénéité entre les scores et pour ne pas attribuer de poids différent aux paramètres, toutes les notes agrégées dans l'indice sont comprises entre 0 et 10. Cette notation a été retenue car elle reprend les bornes de notation des échelles de perception que nous proposons dans le questionnaire. La correspondance entre les facteurs psychométriques, les données extraites des questionnaires et les barèmes de notation sont présentés dans le tableau 6.1.

Tableau 6.1 : Les facteurs utilisés, les questions correspondantes dans l'enquête et le barème de notation appliqué

Paradigmes psychométriques	Variables correspondantes dans le questionnaire	Indice de notation
Connaissance des processus	Rôle des structures agricoles	Echelle de perception
	Rôle du type de cultures en place	Echelle de perception
	Impact de l'urbanisation	Echelle de perception
Expérience et familiarité du risque	Origines données des coulées boueuses	Codage de mots clé
	Niveau d'information	Echelle de perception
Caractère réductible du risque	Niveau de protection des aménagements	Echelle de perception
	Les solutions de protection citées	Codage de mots clé
	Les aménagements connus	Codage de mots clé

a. La connaissance personnelle des processus du risque de coulées boueuses

De récentes études ont montré que la **connaissance** des processus inhérents à un risque influençait positivement la perception que les individus pouvaient en avoir (Lazo *et al.*, 2000; Savadori *et al.*, 2004). Ces études démontrent que les individus qui présentent une bonne connaissance des origines et des facteurs de déclenchement ou de propagation d'un risque sont moins averses à ce dernier. Ils s'estiment peu vulnérables, ou tout du moins arrivent à avoir une vision « objective » des probabilités d'occurrence. Nous avons pu voir (Chapitre 1) que de nombreux travaux sur les perceptions montrent ces différences d'appréhension par le biais de comparaisons entre des populations « d'experts » et de « profanes » (Lazo *et al.*, 2000; Rowe et Wright, 2001; Wright *et al.*, 2002; IRSN, 2007). Ces études concluent que la connaissance des processus de formation des risques modifie les perceptions pour ce même risque : très faiblement pour les « experts » relatant leur objectivité dans l'appréhension des situations à risques ; fortement chez les populations « profanes » montrant leur subjectivité face à un risque. Nous utilisons ce même parallèle pour expliquer les aversions au risque de coulées boueuses et souligner les efforts devant être faits pour les minimiser.

Pour quantifier la connaissance personnelle des processus de coulées boueuses, nous avons exploité les notes obtenues par le biais des échelles de perception (Chapitre 4, § 4.3). Ces dernières permettaient aux individus d'estimer la contribution à la formation ou à la propagation des coulées boueuses de trois éléments que sont : le rôle des **structures agricoles**, du **type de cultures** en place et de **l'urbanisation**.

Les questions suivantes étaient posées :

- pour les structures agricoles : « Selon vous, les structures agricoles actuelles sont-elles responsables du risque de coulées boueuses ? » ;
- pour le type de cultures en place : « Le type de cultures a-t-il, selon vous, un rôle dans la naissance des coulées boueuses ? » ;
- pour la contribution des espaces imperméabilisés et urbanisés : « Selon vous, l'urbanisation joue-t-elle un rôle dans le risque de coulées boueuses ? ».

Chaque question est directement notée sur 10 par les individus. Nous avons relevé chacune des notes et les avons directement intégrées à l'indice : nous estimons que les individus pondèrent eux-mêmes chacun des facteurs par l'attribution d'une note plus ou moins élevée.

Sur la base des moyennes obtenues par ces trois facteurs (moyenne /10), une première analyse montre que les degrés de connaissances sont effectivement différents entre les étudiants (qui possèdent un savoir théorique) et les populations des communes (figure 6.1²⁶). À l'image des études de comparaison de perceptions des risques entre « experts » et « profanes » (Lazo *et al.*, 2000; Wright *et al.*, 2000; Rowe et Wright, 2001; Wright *et al.*, 2002; Blöchl et Braun, 2005; Peacock *et al.*, 2005), nous notons des moyennes plus élevées pour la population des étudiants (7/10 avec un écart-type de 2,49) par rapport à la population des communes (6,1/10 avec un écart-type de 2,43). Le test de Student confirme une différence significative entre les moyennes des deux échantillons (p -value <0,0001 pour un seuil de signification de 0,05). De ce fait, nous supposons que la connaissance théorique des processus de coulées boueuses est fortement liée à une vision théorique des processus et qu'elle revêtira une importance particulière dans la perception finale des individus.

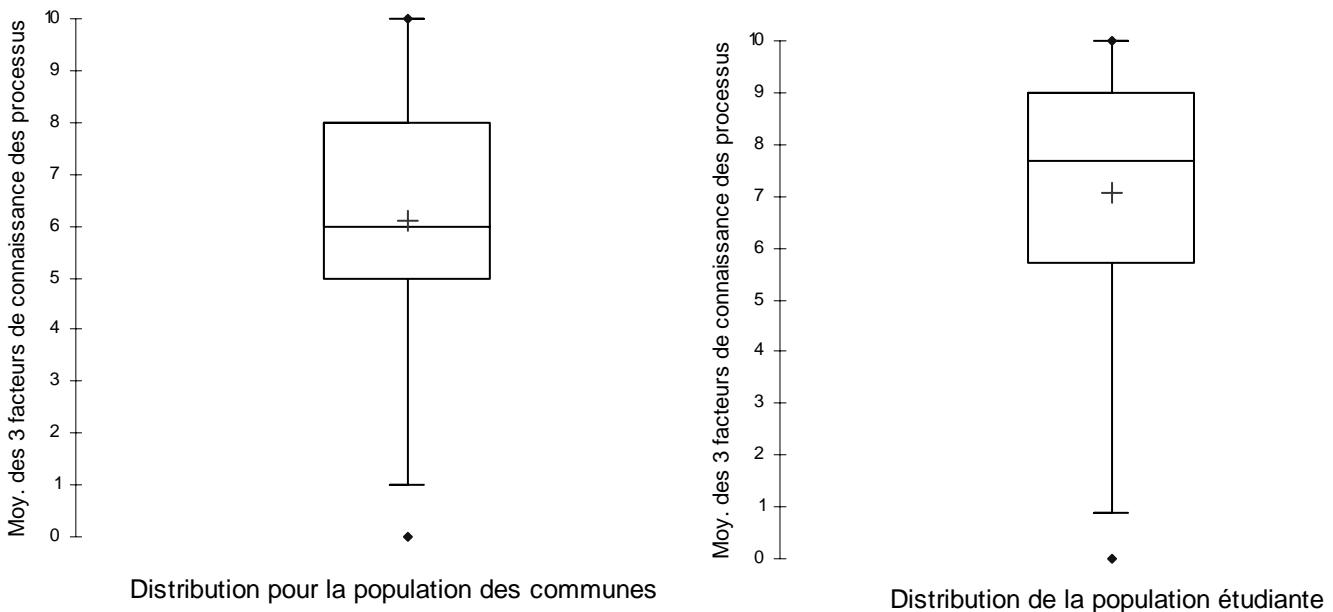


Figure 6.1 : Graphique de dispersion des moyennes de la connaissance du risque pour les populations (N=401) et les étudiants (N=186)

²⁶ Pour l'ensemble des résultats présentés dans ce chapitre, le nombre d'individus (N) est différent de celui utilisé lors des traitements présentés en Chapitre 5. Tous les enquêtés n'ont pas répondu aux questions nécessaires au calcul des indices, nous obligeant à redresser légèrement notre échantillon de base.

b. La « familiarité » du risque

La « **familiarité** » du risque s'estime à partir du **degré d'information** d'une part, et des **causes identifiées** par les individus dans la formation des coulées boueuses, d'autre part (Lai et Tao, 2003; Sjöberg *et al.*, 2004).

Pour la quantification du degré d'information, nous avons sondé la potentielle influence sur la perception des campagnes **d'information** déjà menées sur les risques (Wakefield et Elliott, 2003). Nous partons de l'hypothèse que l'information diffusée et surtout comprise par les individus leur permet d'appréhender positivement le risque. La question était : « *Sur cette échelle, pouvez-vous placer votre niveau d'information concernant le risque de coulées boueuses ?* ». Les notes attribuées sur l'échelle de perception ont été directement utilisées dans le calcul de l'indice.

Les données relatives aux **causes identifiées** par les individus sont issues de la question ouverte suivante : « *Quelles sont, d'après vous, les causes d'une coulée boueuse ?* » Comme nous l'avons évoqué précédemment, pour obtenir des données quantitatives nous avons recodé les discours. Plusieurs contraintes cadrent ce recodage :

- nous ne souhaitons pas intervenir trop fortement dans l'adaptation des discours afin de minimiser le biais inhérent au recodage ;
- nous devons obtenir un score cohérent avec les notes acquises par les échelles de perception ;
- nous devons conserver le maximum d'information contenue dans un corpus textuel hétérogène et dense.

Nous avons choisi d'utiliser un regroupement sémantique, car les individus n'emploient pas toujours les mêmes termes pour exprimer une même idée (par exemple, les précipitations sont désignées par la pluie, l'averse, la pluviométrie, *etc.*). Nous pouvions ainsi regrouper des mots différents sous une même catégorie. Nous avons testé plusieurs modalités de notation (un pourcentage de nombre de termes utilisés par l'enquêté sur l'ensemble des mots-clés, par exemple) mais seule l'utilisation de groupes sémantiques permet d'obtenir des notes en cohérence avec les autres scores de l'indice (ni trop faibles, ni trop élevés).

La méthode de recodage se déroule de la façon suivante : tous les mots-clés utilisés par l'ensemble des individus enquêtés ont été regroupés en classes sémantiques. Nous avons relevé six classes de causes identifiées par les enquêtés :

- les causes **agricoles** reprennent toutes les causes relatives aux techniques agricoles, aux types de cultures en place et à l'identification de « zones tampons » ;
- les causes **climatiques** regroupent tous les phénomènes météorologiques allant des précipitations à la fonte des neiges en passant par les tempêtes ;
- les causes **hydrologiques** sont liées à la saturation des sols, aux processus de ruissellement, aux débordements de cours d'eau ;
- les causes **morphologiques** réunissent les phénomènes de mouvements de terrain, toutes les instabilités de versants ou les processus d'érosion des sols ;
- les causes **anthropiques** répertorient les réponses relatives à la gestion des risques et mise en place de systèmes de protection. Elles regroupent aussi les thématiques relatives aux modifications environnementales entraînées par la présence humaine (déforestation, remembrement) ;

- les causes liées à l'**aménagement des territoires** recensent toutes les actions d'aménagement aussi bien urbaines (le dimensionnement des réseaux de canalisations, par exemple) qu'agricoles identifiées au sein des communes.

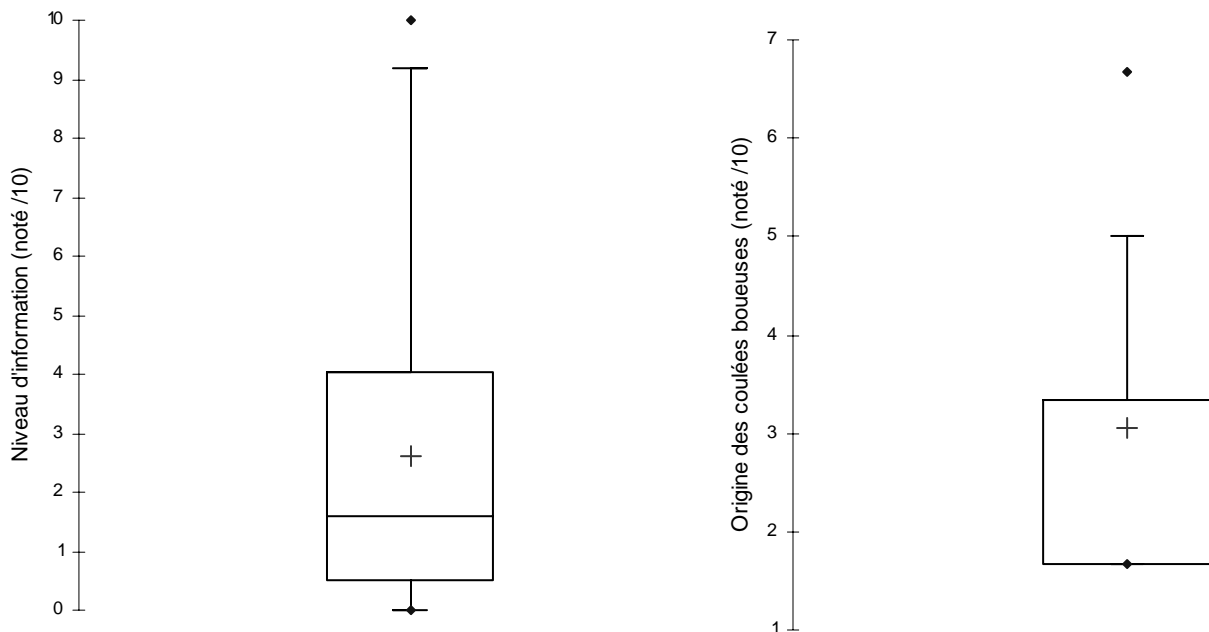
Pour chaque individu, nous avons compté la fréquence de citation de chaque catégorie citée comme intervenant dans les causes de coulées boueuses. Concrètement, pour une réponse telle que :

« Les nouvelles habitations qui sont trop proches des champs. Le maïs est mal géré. Les barrages végétaux naturels manquent (ils ont tous été ôtés à cause de la mécanisation de l'agriculture). Pas de protection »

trois catégories différentes sont représentées. La proximité des habitations et le manque de protection sont associés à des causes relatives à l'aménagement des territoires, la gestion du maïs est mise en relation avec les causes agricoles et la mécanisation et la suppression de zones tampons naturelles correspondent à des causes anthropiques. Cet enquêté a relevé quatre causes différentes, sa note finale sera ramenée au nombre de catégories, soit 6,6/10.

Les résultats montrent que la population se sent très peu informée (moyenne de 2,6/10 ; écart-type de 2,6) et identifie assez mal les causes des coulées boueuses (moyenne de 3/10 ; écart-type de 1,3 - figure 6.2).

En introduisant la connaissance des processus de coulées boueuses, une différence apparaît : les étudiants au savoir « théorique » reconnu ont une moyenne plus élevée que les populations. Cette différence est faible et de manière générale les notes attribuées à la « familiarité » sont bien plus basses que celles liées à la connaissance (2,3/10 pour les populations et 2,6/10 pour les étudiants – figure 6.3). Cela vient du recodage des questions ouvertes : peu d'individus donnent de plus de trois solutions différentes, ce qui fait baisser les moyennes dans la majorité des cas.



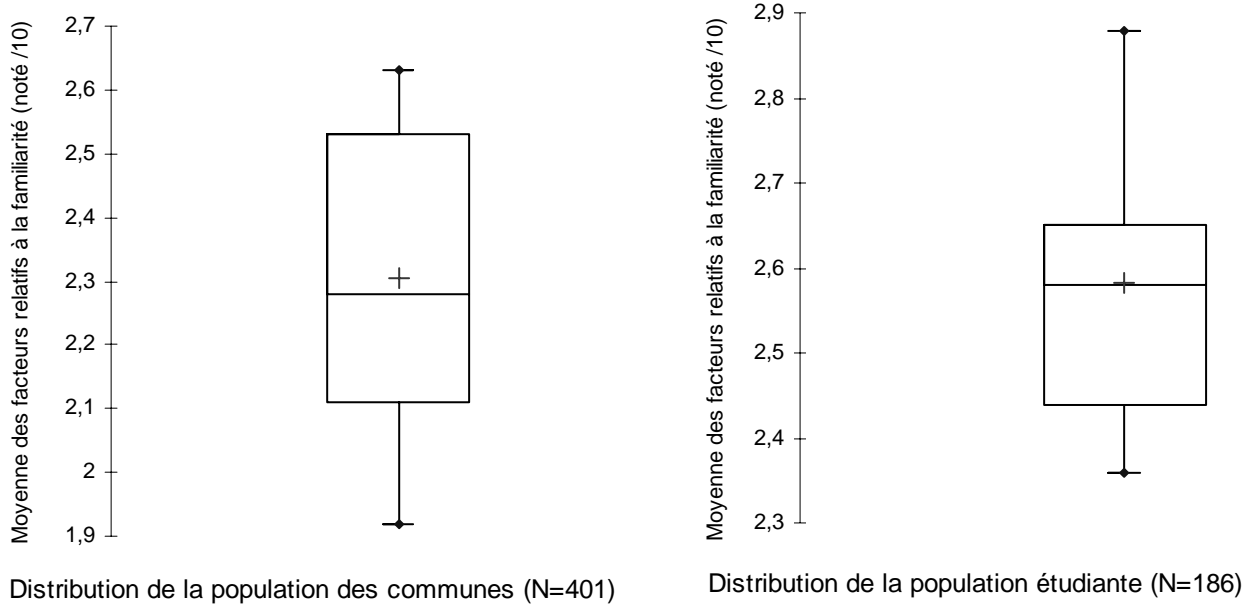


Figure 6.3 : Distribution de la « familiarité » du risque en fonction du statut des enquêtés (étudiants ou population)

Nous avons pu voir dans la section précédente que les degrés de connaissances des risques pouvaient être dus à une formation « théorique ». Nous avons alors cherché à voir si, comme la théorie, une formation « pratique » (matérialisée dans notre cas par **l'expérience vécue**) **influçait la « familiarité » du risque**. La comparaison des moyennes obtenues par les deux facteurs et les échantillons de population ayant subi ou non une coulée boueuse montre que l'expérience ne semble pas entrer en jeu dans la « familiarité » au risque (figure 6.4). Les moyennes sont très proches (2,8/10 pour les individus n'ayant pas subi de coulées boueuses et 2,9/10 pour les individus ayant subi une coulée boueuse) et le test de Student de comparaison des moyennes confirme l'hypothèse d'égalité entre les deux échantillons (p -value = 0,31 pour un seuil de 0,05).

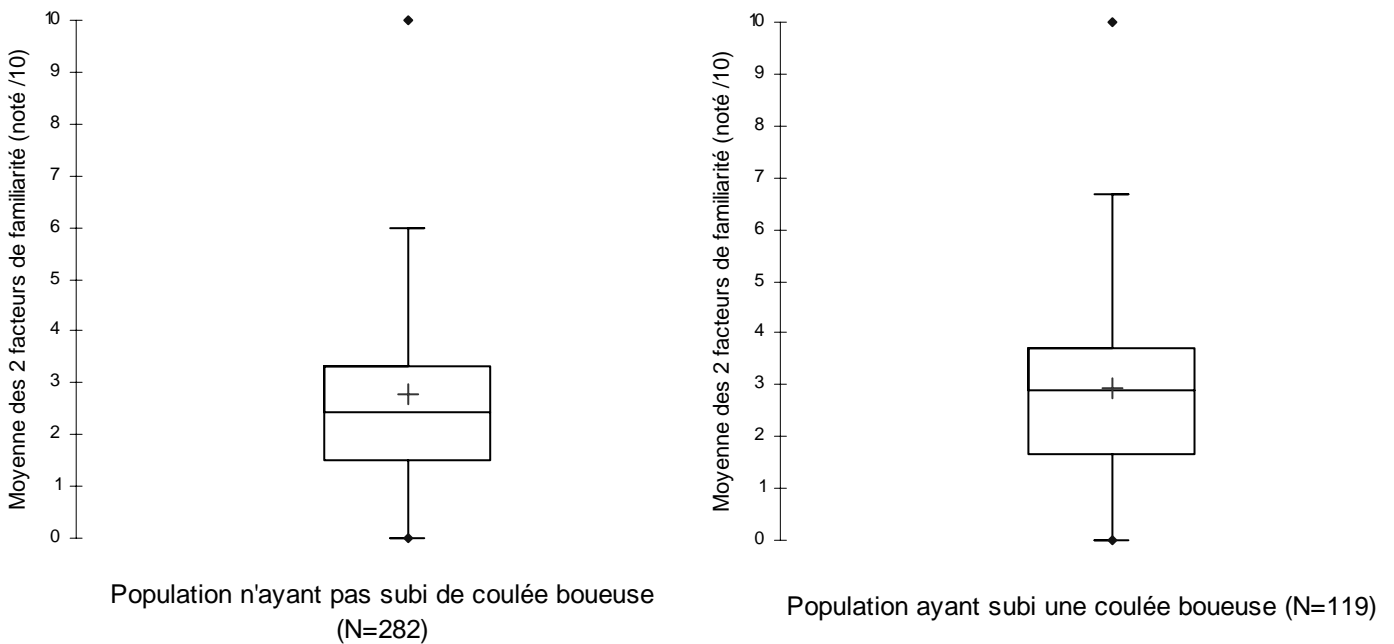


Figure 6.4 : Distribution de la « familiarité » du risque en fonction de l'expérience vécue

c. *Le caractère réductible ou contrôlable du risque*

Le caractère **réductible** du risque revient à évaluer trois facteurs qui lui sont associés. Le premier facteur est le caractère proprement réductible du risque, par l'implantation de mesures de protection par exemple (Lai et Tao, 2003). La question : « *Selon vous, quel niveau de protection offrent les aménagements hydrauliques (de type bassins de rétention) ?* » permet aux enquêtés de noter directement leur sentiment de protection face au risque de coulées boueuses (par l'échelle de perception notée /10). Les deux autres facteurs sont liés au caractère **prédictible** du risque (dans le sens d'une réduction prédictible des dommages) et à son caractère **évitable** (par le biais de systèmes de protection). Ils évaluent chacun la prévention et les mesures pouvant être prises pour minimiser l'apparition du risque. Les questions sont ouvertes et donnent des résultats sous forme de discours, que nous avons recodés. Les questions sont : « *Quelles mesures devraient être prises, selon vous, afin de diminuer le risque de coulées boueuses ?* » et « *À votre connaissance, quels sont les différents types d'aménagements techniques ou naturels qui existent pour réduire les risques de coulées boueuses ?* ».

Pour le recodage de ces deux facteurs, nous avons utilisé la même méthode de recodage que celle déterminée et présentée précédemment. En ce qui concerne les mesures relatives à une **prédiction de réduction des dommages**, nous avons pu définir, à partir des réponses collectées, cinq catégories sémantiques :

- les mesures **environnementales**, soit toutes les mesures relatives à des actions dans les parcelles agricoles par la restauration de zones tampons, de zones d'enherbement, *etc.* ;
- les mesures **techniques** qui réunissent toutes les constructions d'ouvrages de protection (bassins de rétention, digues) mais aussi tous les entretiens dont ces ouvrages doivent bénéficier (curages, drainages) ;
- les mesures **réglementaires**, c'est-à-dire la définition d'une législation stricte des zones constructibles, des zones agricoles (par le biais de la PAC) et la détermination de taxes en cas de « mauvais comportements » ;
- les **études de la connaissance** des risques par le biais de cartographies, de surveillance et de concertations entre les acteurs impliqués dans la gestion des territoires ;
- la **sensibilisation** qui regroupe toutes les réponses relatives à la mise en place de systèmes d'alerte et/ou de diffusion de consignes de sécurité.

Sur la base de ces groupes sémantiques, les notes ont été attribuées comme l'illustre l'exemple suivant. La réponse :

« *Après une étude des zones concernées par les coulées boueuses : interdire la construction dans ces zones et les protéger si des habitations y existent déjà »*

indique que la personne enquêtée identifie trois types de mesures différentes : l'étude des connaissances, la réglementation et les mesures techniques. La note attribuée est de 6/10 (trois catégories sémantiques citées sur cinq au total).

Pour la **connaissance des types d'aménagement** utiles pour éviter le risque, cinq catégories sémantiques ont été extraites des discours. Il s'agit de solutions relatives à :

- des aménagements **naturels**, c'est-à-dire à toutes les solutions de type remise en herbe, bocages, prairies ou aménagement des versants ;
- des aménagements **techniques** réunissant toutes les protections connues (bassins de rétention, digues, fossés) ;

- des aménagements **urbains** tels que la gestion des plans locaux d'urbanisme, la définition de GERPLAN ou les aménagements nécessaires dans les zones habitables (contrôle des réseaux de canalisation, des réseaux routiers, etc.) ;
- à des aménagements **hydrologiques**, soit des mesures prises sur les cours d'eau (entretien des berges, des lits naturels) ou la création de réseaux naturels de collecte des eaux de ruissellement ;
- à la définition de campagnes de **prévention** ou **d'information** sur les risques encourus (par le biais d'une cartographie préventive, de plans d'alerte et de secours).

L'exemple suivant illustre le recodage effectué. Par la réponse : « Les GERPLAN et les bassins de rétention » l'enquête identifie deux types d'aménagements possibles : un premier « technique » (les bassins de rétention) et un second « urbain » (la définition de plan d'aménagement des interfaces entre zones habitées et zones naturelles). La note qui lui est attribuée est de 4/10.

Les résultats montrent qu'en moyenne peu de solutions d'aménagement ou de mesures sont connues : la moyenne est située autour de 3/10 et les dispersions sont faibles (max. : 6 et min. : 2). Les individus confèrent un fort pouvoir de protection aux aménagements de type « bassins de rétention » ou « ouvrages hydrauliques » (figure 6.5). Les analyses des questionnaires (Chapitre 5) ont montré que les individus citent en premier lieu les mesures en accord avec l'environnement (actions dans les parcelles, aménagement des zones naturelles par exemple). Ils estiment que les aménagements « techniques » sont utiles mais doivent être implantés de façon cohérente dans l'espace. Ce type de solution est plus fortement plébiscité par les habitants des zones « cibles » et les élus locaux : ils pensent que ce type d'aménagement est un bon moyen pour contrôler les risques rapidement et assez efficacement.

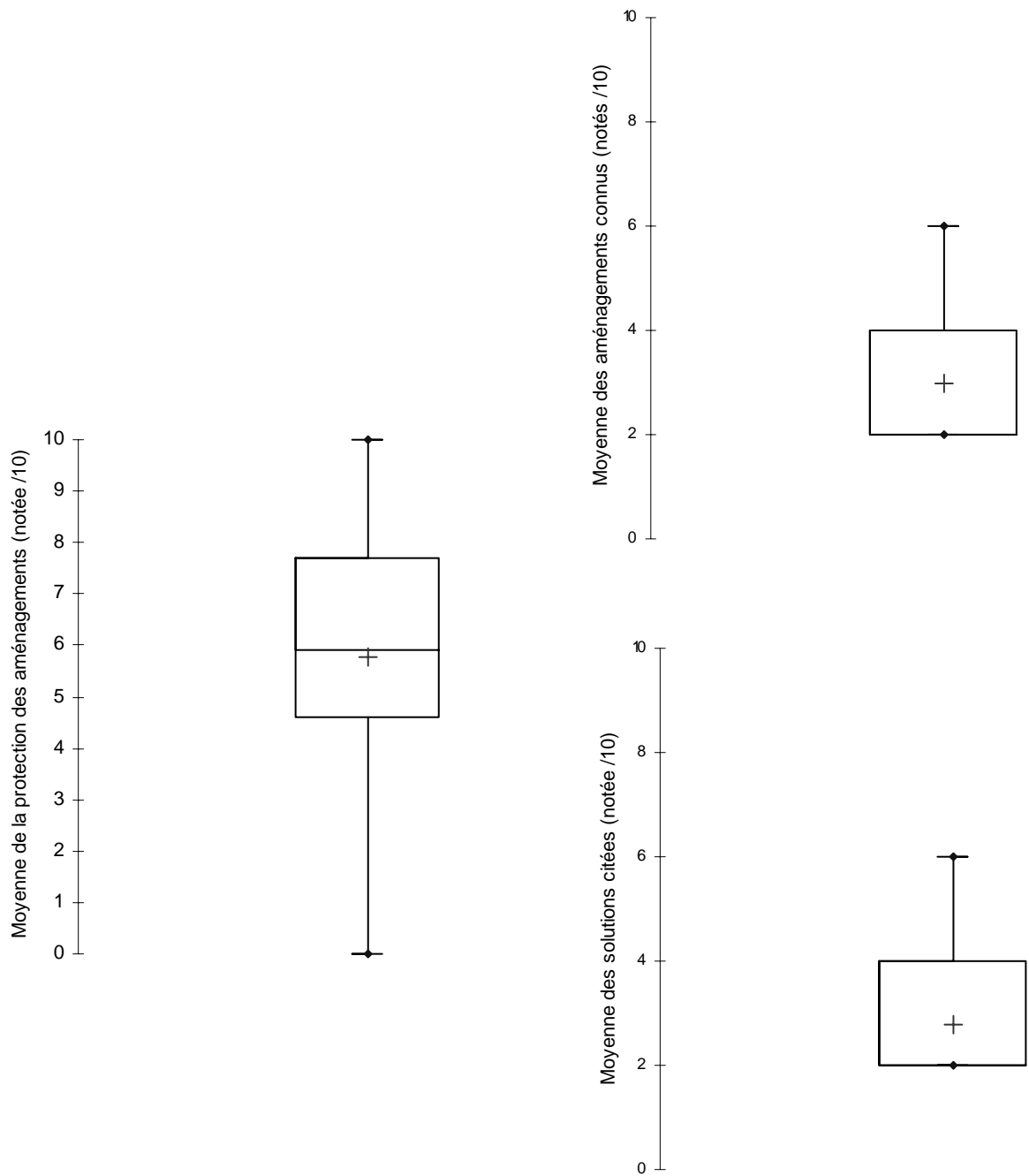


Figure 6.5 : Distribution des moyennes des trois facteurs de réductibilité ou de contrôle du risque pour les populations (N=401)

Les huit facteurs que nous avons sélectionnés sont issus de trois « familles » différentes. Afin de les intégrer dans le calcul des perceptions et obtenir l'indice final, nous avons construit une formule de calcul. La contrainte majeure est que les facteurs doivent conserver un poids identique dans l'indice final. De ce fait, la **formulation mathématique** du calcul de l'indice se base sur une moyenne entre les éléments pris en compte [Eq. 6.1].

$$I(P) = \frac{\sum_{i=1}^3 c_i + F \cdot (f_1 + f_2) + \sum_{j=1}^3 r_j}{N} \quad [\text{Eq. 6.1}]$$

Où : $I(P)$ = l'indice de perception compris entre $\{0, 10\}$ est composé des paramètres suivants :

C = la connaissance du risque compris $\{0, 10\}$ avec c_1 : le rôle des structures agricoles, c_2 : le type de cultures en place, c_3 : l'impact de l'urbanisation

F = la familiarité compris entre $\{0, 10\}$ avec f_1 : les origines des coulées boueuses, f_2 : le niveau d'information

R = le caractère réductible compris entre $\{0,10\}$ avec r_1 : le niveau de protection par les aménagements techniques, r_2 : les types de mesures cités, r_3 : les solutions connues

N = nombre de facteurs pris en compte

Il est important de préciser que nous évaluons **des indices de perception du risque** : les données contiennent des scores « subjectifs » directement notés par les répondants. Nous avons délibérément choisi de ne pas les pondérer car nous estimons que les individus attribuent eux-mêmes l'importance des facteurs par des notes plus ou moins élevées).

Les tableaux 6.2 et 6.3 synthétisent et illustrent la façon dont nous avons calculé l'indice de perception. Nous y avons pris deux exemples issus de nos enquêtes :

- le premier est celui d'un individu qui se sent fortement informé, avec une bonne connaissance des mesures à prendre pour diminuer la vulnérabilité et une importante force de proposition de solutions de protection ou de prévention. Sa note de perception est élevée ce qui traduit ici une faible aversion au risque, soit un faible sentiment de vulnérabilité (tableau 6.2) ;
- le second est un individu ayant une très mauvaise connaissance des processus de formation des coulées boueuses, ne se sentant pas protégé et proposant peu de solutions pouvant diminuer le risque. Son indice de perception est faible : son aversion au risque est alors forte (tableau 6.3).

Tableau 6.2 : Synthèse et exemple du calcul de l'indice de perception pour un individu peu averse au risque

Connaissance des processus	Rôle des structures agricoles « Selon vous, les structures agricoles actuelles sont-elles responsables du risque de coulées boueuses ? »	8,5/10
	Rôle du type de cultures en place « Le type de cultures a-t-il, selon vous, un rôle dans la naissance des coulées boueuses ? »	8,7/10
	Impact de l'urbanisation « Selon vous, l'urbanisation joue t-elle un rôle dans le risque de coulées boueuses ? »	9/10
Expérience et familiarité du risque	Origines données des coulées boueuses « Quelles sont, d'après vous, les causes d'une coulée boueuse ? » Réponse : Les structures du terrain , les routes qui sont construites ne permettent plus l' écoulement de l'eau . Les aménagements des propriétés privées (les pavés dans les cours) jouent un rôle important dans l' imperméabilisation des terres. Écoulements .	Codage de mots clés 3 catégories de mots clés sur 6 catégories pré-définies. NOTE : 5/10
	Niveau d'information « Sur cette échelle, pouvez-vous placer votre niveau d'information concernant le risque de coulées boueuses ? »	9,4/10
Caractère réductible du risque	Niveau de protection des aménagements « Selon vous, quel niveau de protection offrent les aménagements hydrauliques (de type digues ou bassins de rétention) ? »	7,2/10
	Les solutions de protection citées « Quelles mesures devraient être prises, selon vous, afin de diminuer le risque de coulées boueuses ? » Réponse : Conserver les obstacles naturels (talus, les zones de rétentions naturelles), labourer les champs dans un certain sens limitant/freinant les écoulements, des bassins d'orage	Codage de mots clés 3 catégories de mots clés sur 5 catégories pré-définies. NOTE : 6/10
	Les aménagements connus « A votre connaissance, quels sont les différents types d'aménagements techniques ou naturels qui existent pour réduire les risques de coulées boueuses ? »	Codage de mots clé 2 catégories de mots clés sur 5 catégories pré-définies. NOTE : 4/10
	Réponse : Reboisement , pose de murets en zones à risques	

L'indice de perception $I(P)$ noté sur 10 est de :

$$I(P) = \frac{(8,5 + 8,7 + 9 + 5 + 9,4 + 7,2 + 6 + 4)}{8}$$

$$I(P) = 7,2$$

Tableau 6.3 : Synthèse et exemple du calcul de l'indice de perception pour un individu averse au risque

Connaissance des processus	Rôle des structures agricoles « Selon vous, les structures agricoles actuelles sont-elles responsables du risque de coulées boueuses ? »	2,8/10
	Rôle du type de cultures en place « Le type de cultures a-t-il, selon vous, un rôle dans la naissance des coulées boueuses ? »	1,3/10
	Impact de l'urbanisation « Selon vous, l'urbanisation joue t-elle un rôle dans le risque de coulées boueuses ? »	4,2/10
Expérience et familiarité du risque	Origines données des coulées boueuses « Quelles sont, d'après vous, les causes d'une coulée boueuse ? »	Codage de mots clés
	Réponse : Orages et crues	1 catégorie de mots clés sur 6 catégories pré-définies. NOTE : 1,6/10
	Niveau d'information « Sur cette échelle, pouvez-vous placer votre niveau d'information concernant le risque de coulées boueuses ? »	0,2/10
Caractère réductible du risque	Niveau de protection des aménagements « Selon vous, quel niveau de protection offrent les aménagements hydrauliques (de type bassins de rétention) ? »	4,2/10
	Les solutions de protection citées « Quelles mesures devraient être prises, selon vous, afin de diminuer le risque de coulées boueuses ? »	Codage de mots clés
	Réponse : Maisons construites en hauteur	1 catégorie de mots clés sur 5 catégories pré-définies. NOTE : 2/10
	Les aménagements connus « A votre connaissance, quels sont les différents types d'aménagements techniques ou naturels qui existent pour réduire les risques de coulées boueuses ? »	Codage de mots clé
	Réponse : Plantation d'arbres	1 catégorie de mots clés sur 5 catégories pré-définies. NOTE : 2/10

L'indice de perception $I(P)$ noté sur 10 est de :

$$I(P) = \frac{(2,8 + 1,3 + 4,2 + 1,6 + 0,2 + 4,2 + 2 + 2)}{8}$$

$$I(P) = 2,3$$

d. Les facteurs non intégrés mais susceptibles de moduler les indices de perception

D'autres facteurs importent dans la variation des perceptions face à un risque. Il s'agit essentiellement du caractère menaçant et de l'expérience vécue (Weinstein, 1989; Bickerstaff, 2004; Slovic *et al.*, 2004; Gerber et Neeley, 2005). Bien que faisant partie intégrante du paradigme psychométrique, nous n'avons pu directement prendre en compte ces deux éléments dans le calcul de l'indice de perception, nos jeux de données n'étant pas suffisamment précis sur ces questions. Cependant, nous les avons assimilés à notre réflexion (figure 6.6) et à nos analyses.

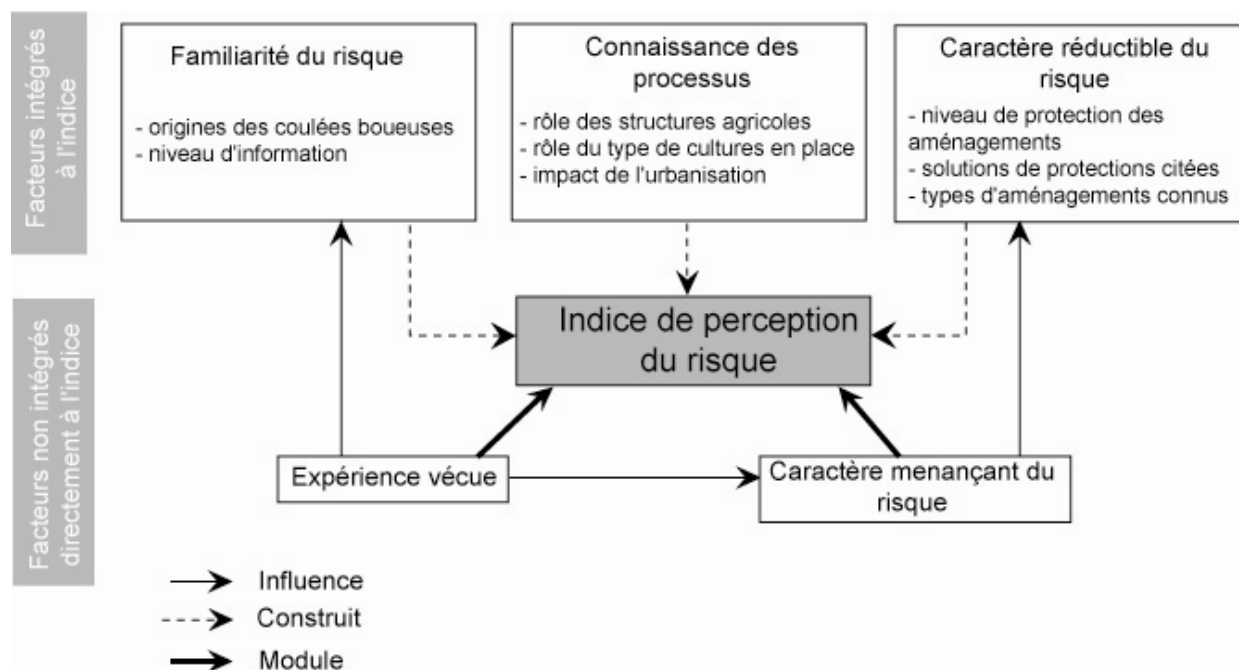


Figure 6.6 : Relations établies entre les facteurs de perception intégrés dans notre indice et les facteurs non pris en compte

Le **caractère menaçant** n'a pu être intégré à l'indice car cette information est évaluée par une réponse binaire (oui ou non) à la question suivante : « *Vous sentez-vous menacé(e) par un tel événement ?* ». Nous ne voulions pas attribuer un poids à cette donnée de façon « experte » pour deux raisons majeures : (i) nous voulions conserver une « objectivité » maximale dans nos données (attribuer un score de façon « experte » biaiserait cette attitude) et (ii) trop de caractéristiques propres aux individus influencent la menace que représente un risque. Leurs expériences passées, leurs angoisses par rapport aux risques, leurs réactions en cas de catastrophe, *etc.* devraient être considérées dans le score attribué. Il est de ce fait difficile, à partir d'une réponse binaire, d'évaluer toutes les caractéristiques intrinsèques du répondant.

Néanmoins, le caractère menaçant est important car il permet :

- de **moduler** les indices de perception. Selon le degré de menace que représente un risque pour un individu, il se considérera plus ou moins vulnérable ;
- de **comparer** les indices de perception et les degrés de menace que représente un risque. Il s'agit de voir si les deux éléments sont corrélés et si le sentiment de menace intervient dans la perception d'un risque.

Nos données ne permettent pas de sonder les variations du sentiment de menace représenté par les coulées boueuses. Mais nous avons tout de même cherché à observer si la distribution des indices de perception distingue les groupes d'individus se sentant menacés ou non, montrant ainsi une corrélation entre ces deux éléments (figure 6.7).

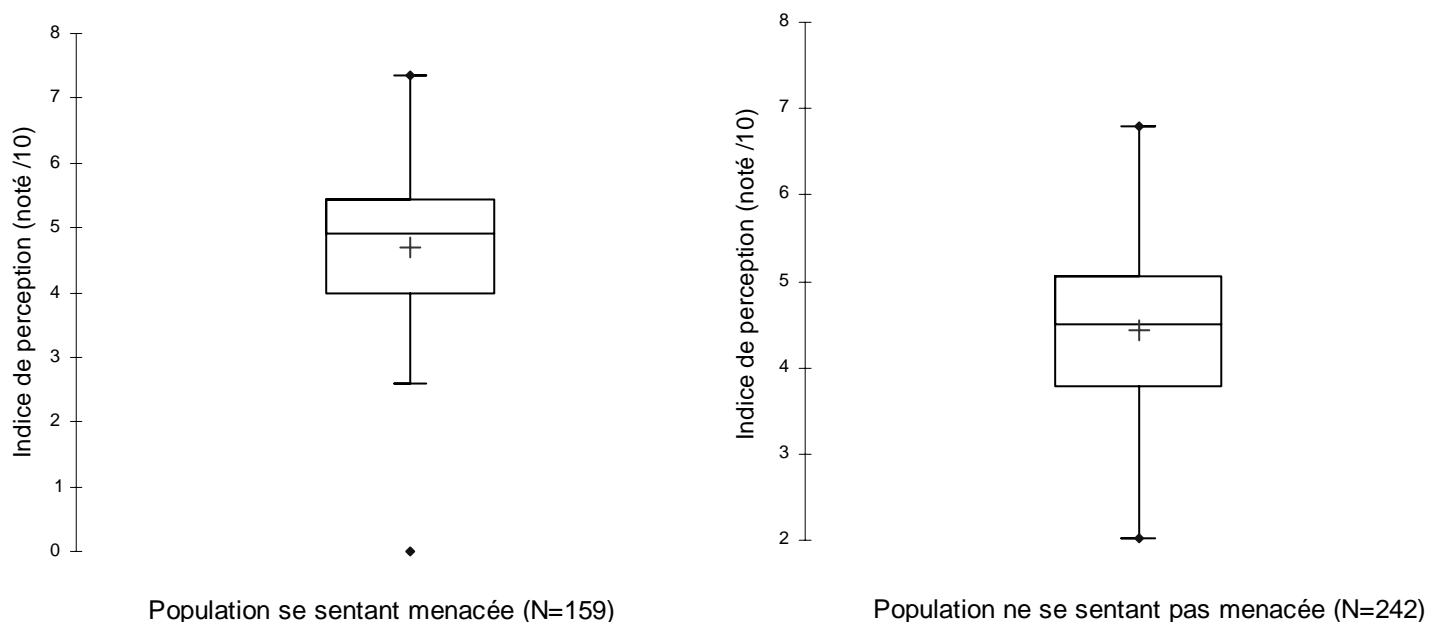


Figure 6.7 : Distribution des indices de perception selon la menace que représentent les coulées boueuses pour les individus

La menace représentée par le risque de coulées boueuses permet effectivement de distinguer deux groupes au sein de la population enquêtée. Les moyennes des indices de perception obtenues sont plus élevées pour les individus qui se sentent menacés (moyenne de 4,9/10 pour un écart-type de 1,03) que pour les individus qui ne se sentent pas menacés (moyenne de 4,2/10 et écart-type de 0,95). L'échantillon suit une loi normale et malgré la faible différence entre les deux moyennes des échantillons, le test de Student montre une différence hautement significative (p -value $< 0,0001$ pour un seuil de signification de 0,05). Nos résultats vont à l'encontre de conclusions de plusieurs études (Brilly et Polic, 2005; Peacock *et al.*, 2005; Grothmann et Reusswig, 2006) qui montrent que les individus qui se sentent menacés ont tendance à être plus averse au risque que les individus qui ne ressentent pas une menace quelconque. Nous observons l'effet inverse dans notre échantillon, c'est-à-dire que les individus qui se sentent menacés présentent une aversion au risque moins importante que les individus qui ne se sentent pas menacés.

Les explications de cette variation de perception peuvent être recherchées au niveau de **l'expérience vécue**. Contrairement au sentiment de menace, l'expérience vécue est une donnée « objective » et vérifiable (les individus ont vécu ou non une coulée boueuse). 53% des enquêtés ayant subi une coulée boueuse se sentent menacés par un tel événement (tableau 6.4). Ce sentiment se traduit, dans notre enquête, par un indice de perception plus élevé.

Anderson-Berry (2003) note dans son étude sur les risques de cyclones que la mise en place de systèmes de protection diminue l'aversion au risque. En d'autres termes, le sentiment de sécurité engendré par l'installation d'ouvrages de protection peut expliquer des variations dans les aversions, ce qui semblerait être le cas dans notre travail. Cette observation est importante car, comme le souligne Anderson-Berry (2003), la vulnérabilité peut augmenter très rapidement si les individus se sentent trop en sécurité face à un risque : ils ne prêtent plus attention à leurs comportements et cela peut entraîner des problèmes de gestion en situation de catastrophe.

Tableau 6.4 : Croisement entre les données relatives à l'expérience vécue et le sentiment de menace représenté par les coulées boueuses

Sinistré	Oui	Non	Total
<i>Sentiment de menace</i>			
<i>Oui</i>	53,0%	13,4%	29,7%
<i>Non</i>	47,0%	86,6%	68,7%
<i>Non réponse</i>	0,0%	0,0%	1,6%
Total	100%	100%	100%

Bien que l'expérience vécue soit un critère de variation du sentiment de menace, nous n'avons pas intégré cette donnée à la formulation de l'indice. Pourtant dans la littérature, l'expérience vécue a un impact très important sur les degrés de perception d'un risque : elle tend à augmenter très fortement la sensibilisation des individus face au risque subi (Weinstein, 1989; Slovic *et al.*, 2004; Gerber et Neeley, 2005; Cohen *et al.*, 2008). Les populations ayant eu une expérience sont souvent bien informées sur les mesures à prendre ou les attitudes sécuritaires à adopter.

Dans notre questionnaire, l'expérience vécue est une question fermée, de type binaire : « *Avez-vous été touché(e) par une coulée boueuse chez vous ?* ». Les réponses autorisées sont oui ou non. Dans notre souci de cohérence dans la formulation mathématique de notre indice, nous ne pouvions pas directement prendre en compte l'expérience vécue dans notre calcul. Nous aurions dû attribuer un score de façon experte à cette réponse booléenne, au risque de fausser les indices totaux obtenus par une surpondération (ou une sous-pondération) de cette donnée.

Nous avons tout de même mesuré l'influence de l'expérience vécue sur la distribution des indices de perception. Les figures 6.8 reprennent les distributions (moyennes et écart-types) de ces indices réparties en fonction des populations sinistrées ou non. Contrairement aux conclusions proposées dans la littérature précitée, nous observons que l'expérience vécue n'influence pas les niveaux de perception du risque (p -value = 0,009 pour un seuil de signification de 0,05). Nous avons déjà pu voir que l'expérience vécue n'entraîne pas en ligne de compte dans la « familiarité » du risque, nous pouvons ajouter qu'elle ne semble pas influencer les perceptions totales des individus pour le risque de coulées boueuses.

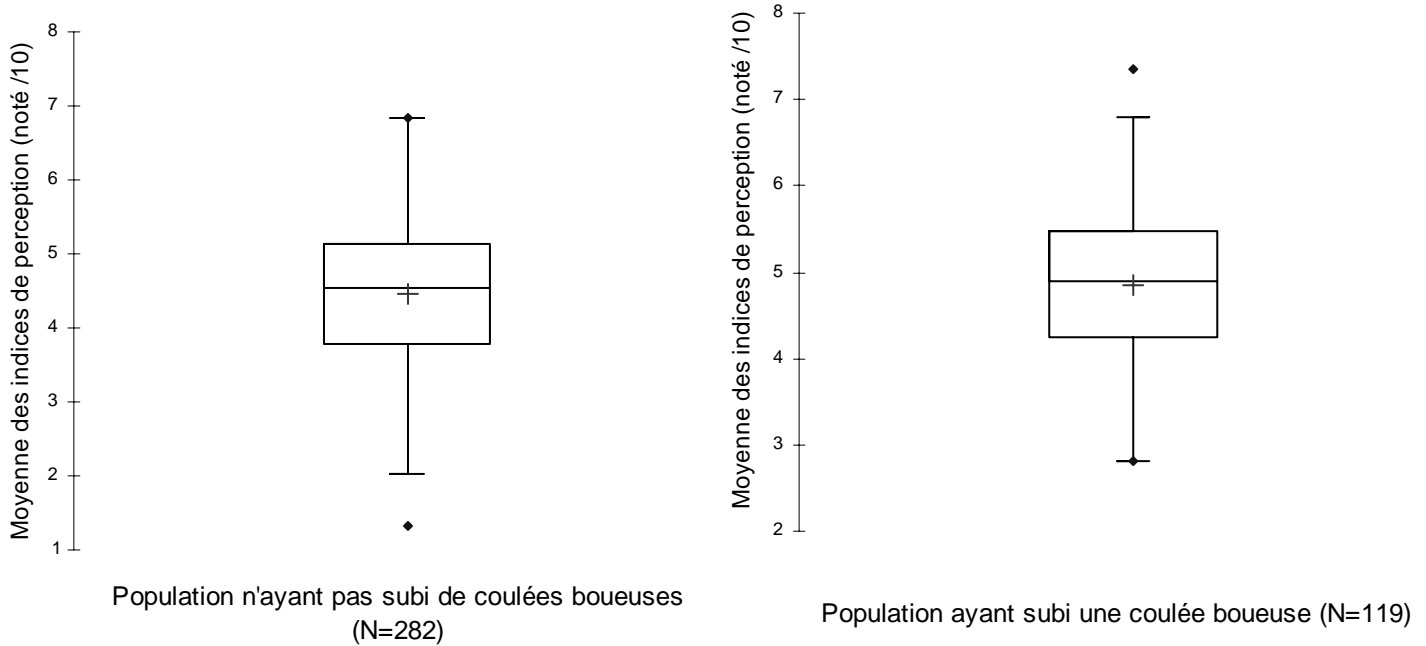


Figure 6.8 : Distribution des notes de perception en fonction de l'expérience vécue

Bien que notre hypothèse vise à identifier une correspondance entre les indices de perception et la variabilité spatiale des zones de risque, nous avons exploré les corrélations entre les données de perception et deux caractéristiques sociales majeures. Nous avons pu constater dans l'analyse des résultats du questionnaire (Chapitre 5) que l'âge ou le niveau d'étude pouvait influencer les attitudes et les opinions relatives aux préoccupations environnementales des individus. Les corrélations effectuées avec les indices de perception montrent que, dans notre cas, les variations de perception sont faiblement liés à l'âge (3,8% de la variance) ou au niveau d'études (14% de la variance – tableaux 6.5).

Ces deux résultats mettent en évidence que la proximité spatiale des zones d'aléa et d'enjeux module avant tout les indices de perception : les caractéristiques propres des individus ne semblent pas expliquer ces variations.

Tableaux 6.5 : Matrices de corrélations entre les indices de perception et deux caractéristiques sociales

Matrice de corrélation (Pearson)

Variabes	Indices de perception	Classe d'âge
Indices de perception	1	0,038
Classe d'âge	0,038	1

7 classes d'âge ont été distingués

Matrice de corrélation (Pearson)

Variabes	Indices de perception	Niveau d'études
Indices de perception	1	0,140
Niveau d'études	0,140	1

6 niveaux d'études ont été distingués

6.1.2. Des perceptions du risque variables selon la proximité à l'aléa

L'indice de perception du risque a été calculé pour chaque individu enquêté. Cependant, pour des contraintes d'anonymat, nous ne pouvions cartographier ces indices à l'échelle de l'habitat individuel. La cartographie et la comparaison entre le risque avéré (représenté par les zones de ruissellement) et l'indice de perception à l'échelle communale ont été écartées pour des raisons d'imprécision : les degrés de perception tout comme les risques varient selon les spécificités infra-communales. Un indicateur global ne permet pas de prendre en compte ces variations locales et n'autorise aucune comparaison précise à cette échelle. De plus, l'hypothèse que nous cherchons à vérifier nécessite une comparaison entre les zones de proximité à l'aléa ou aux enjeux et les degrés de perception.

Nos strates d'échantillon par **zones de ruissellement** s'avèrent être le meilleur compromis entre une échelle communale trop imprécise et une échelle individuelle remettant en cause la confidentialité des réponses. Le choix de cette échelle permet aisément de faire des comparaisons entre zones, satisfaisant notre hypothèse de départ. De plus, les zones déterminées sont suffisamment précises pour avoir une représentation statistique fiable des niveaux de perception et le nombre moyen de questionnaires déposé (25 par zone) autorise à des traitements et analyses comparatives significatives.

Avant de procéder à la cartographie des zones, les indices de perception ont été discrétisés : nous avons opté pour une répartition de l'échantillon selon la méthode des moyennes emboîtées. Il s'agit de construire k (ici quatre) intervalles à partir des distributions autour des moyennes de chaque classe. La moyenne de la série (E) est mesurée puis divisée par deux, jusqu'à atteindre le nombre d'intervalle souhaité.

Cette discrétisation offre une lecture simple et rapide des cartes obtenues (Béguin et Pumain, 1994). Elle s'applique assez bien à nos données : notre distribution n'est pas fortement dissymétrique mais les valeurs d'indice comprises entre 4 et 5 sont très représentées. La méthode des moyennes emboîtées est capable de répartir les données sans avoir de classes vides ou trop hétérogènes. Rappelons que nous construisons notre cartographie dans l'objectif d'aider les décideurs locaux à cibler les mesures préventives sur les zones où les populations se sentent vulnérables. Il faut que notre représentation reflète cette aisance de lecture. Selon les caractéristiques de répartition et les statistiques descriptives de nos données (figure 6.9), une discrétisation par moyennes emboîtées propose la meilleure représentation cartographique : les cartes des différentes communes sont comparables, les échelles de valeurs restant identiques.

Nous avons choisi de répartir les indices de perception en respectant quatre classes distinctes, échelonnant les perceptions de fortes à faibles (tableau 6.6). Ainsi, un individu ayant une faible perception du risque de coulées boueuses se sent particulièrement vulnérable (aversion forte) : il a une faible connaissance de l'aléa, ne se sent pas réellement protégé et a souvent déjà supporté des dommages dus à une coulée boueuse. *A contrario*, un individu avec une forte perception de ce risque ne se sent pas particulièrement vulnérable (aversion faible) : il connaît les systèmes de protection ou de prévention, se tient informé et n'a jamais eu d'expérience de coulée boueuse.

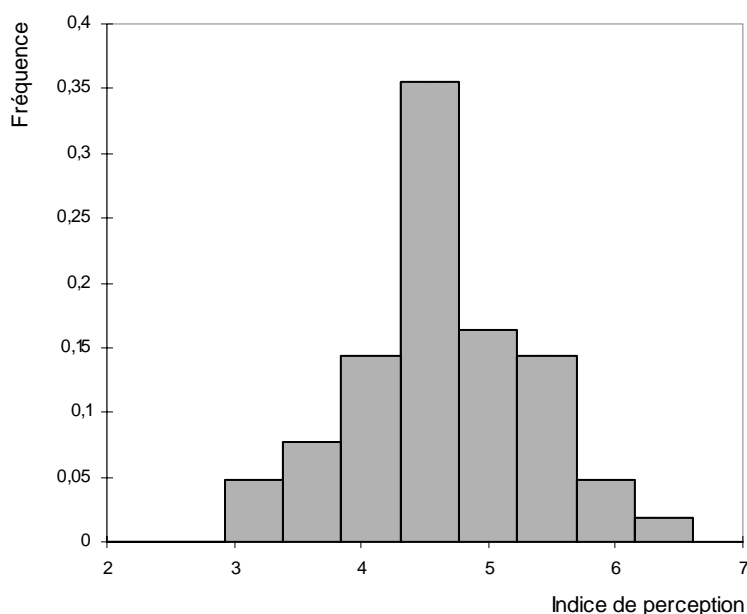


Figure 6.9 : Histogramme de fréquences des indices de perception

Tableau 6.6 : Discrétisation par moyennes emboîtées et répartition des indices de perception selon le degré d'aversion qu'ils représentent

	Classification	Aversion au risque	Nombre de zones par classe
Classe 1	[2,95 - 4,08[	Très forte	22
Classe 2	[4,08 - 4,63[	Forte	29
Classe 3	[4,63 - 5,19[	Moyenne	27
Classe 4	[5,19 - 6,51]	Faible	26
Total			104*

* Le nombre total de zones est différent du nombre de zones déterminées lors de l'échantillonnage (N=118), car ici, seules les zones où des réponses ont été collectées sont prises en compte

La figure 6.10 synthétise les principaux résultats sur l'ensemble des communes. Dans l'optique de vérifier notre hypothèse d'une variation des perceptions du risque en fonction de la proximité avec les zones d'aléa ou d'enjeux, les pourcentages d'indice de perception par zones de ruissellement ont été calculés.

Nous observons que 42,1% des individus localisés en zones « cibles » ont une faible aversion au risque : les individus ont un indice de perception élevé (entre 5,2 et 6,5/10) ce qui traduit une bonne connaissance des processus à la base des coulées boueuses, un sentiment de protection élevé et un niveau d'information qui leur semble satisfaisant.

En revanche, **la proximité à la zone d'aléa** (les zones « sources » dans notre cas) **ne semble pas influencer les indices de perception**. 56,3% (31,3% + 25%) des individus sont faiblement ou moyennement averses au risque. Cette répartition s'explique par le fait qu'ils ne subissent aucun dommage et s'estiment relativement bien informés sur les processus de formation des coulées boueuses. Ces résultats confirment nos premières analyses (Chapitre 5) qui montraient que les individus en zones « sources » estimaient ne pas avoir besoin d'information supplémentaire

sur la formation des coulées boueuses. Néanmoins, les distributions sont hétérogènes, tout comme dans les zones de « transition » où les perceptions sont extrêmement variables : les individus ne hiérarchisent que peu les risques ou tout du moins n'arrivent pas à se sentir peu vulnérables (malgré leur position dans la commune ou les protections mises en place).

Les individus dans les zones « non concernées » sont fortement averses au risque : 69,1% (42,9% + 26,2%) d'entre eux se sentent fortement ou très fortement vulnérables. L'effet de voisinage semble prendre toute son importance ici : les individus ne sont pas affectés par les coulées boueuses, mais ils vivent à proximité des sinistrés. Ils ne sont pas très bien informés sur les mesures de protection à prendre en cas de catastrophe ce qui augmente leur sentiment de vulnérabilité. En effet, les conseils de sécurité ou de protection individuelle sont souvent réservés aux habitants sinistrés. L'ignorance aurait ainsi un rôle plus important que l'effet de halo (ou de notoriété).

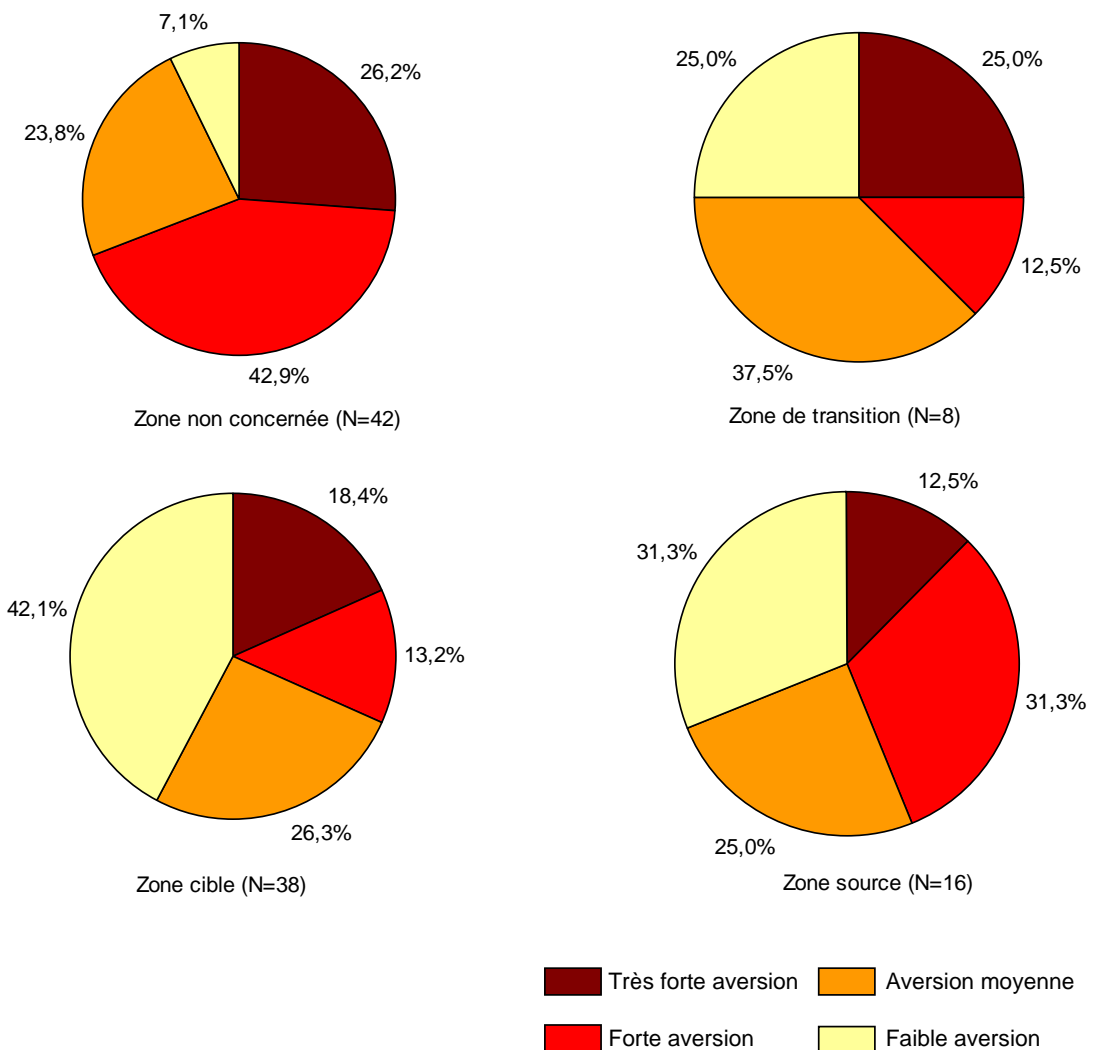


Figure 6.10 : Répartition des indices de perception selon les zones de ruissellement

En analysant la répartition selon l'aversion au risque, nous remarquons que les forts pourcentages d'indices de faible aversion au risque sont répartis dans les zones « cibles » ou « source » de ruissellement. Dans les zones « non-concernées » ou de « transition » l'aversion est forte. D'autres études sur les perceptions (de risque nucléaire notamment) montrent que la proximité aux zones des enjeux influence très fortement les perceptions (Zonabend, 1989; Moffatt *et al.*, 2003; Grasmuck et Scholz, 2005). La proximité à l'aléa semble plutôt provoquer un déni ou tout du moins un faible sentiment de vulnérabilité, ce que nous notons également dans notre échantillon (zones « sources »). La forte aversion au risque dans les zones « non concernées » s'explique par une appréhension due au manque d'information : les individus sont spatialement proches des zones affectées et se sentent fortement vulnérables, bien que leur situation dans la commune les protège.

Notre objectif est de fournir un support d'aide à la décision : la cartographie superposée des zones de ruissellement et des indices de perception montre les espaces de risque « réel » et les espaces d'aversion au risque. De ce fait, la cartographie des indices de perception a été effectuée sur l'ensemble des 11 communes échantillonnées (Annexe 11). Les recoupements par communes sont délicats dans le sens où toutes les zones de ruissellement ne sont pas représentées dans chacune d'elle. Cependant, nos observations s'illustrent concrètement pour les communes d'Ernolsheim sur Bruche (Bas-Rhin - figure 6.11) ou de Michelbach le Bas (Haut-Rhin - figure 6.12) par exemple. Les distorsions entre le risque avéré et les degrés d'aversion pointent les espaces où des informations (sur les processus dur risque, les dangers encourus, les mesures pouvant être prises en termes de protection individuelle ou de sécurité) doivent être massivement diffusés afin de minimiser le sentiment de vulnérabilité des individus.

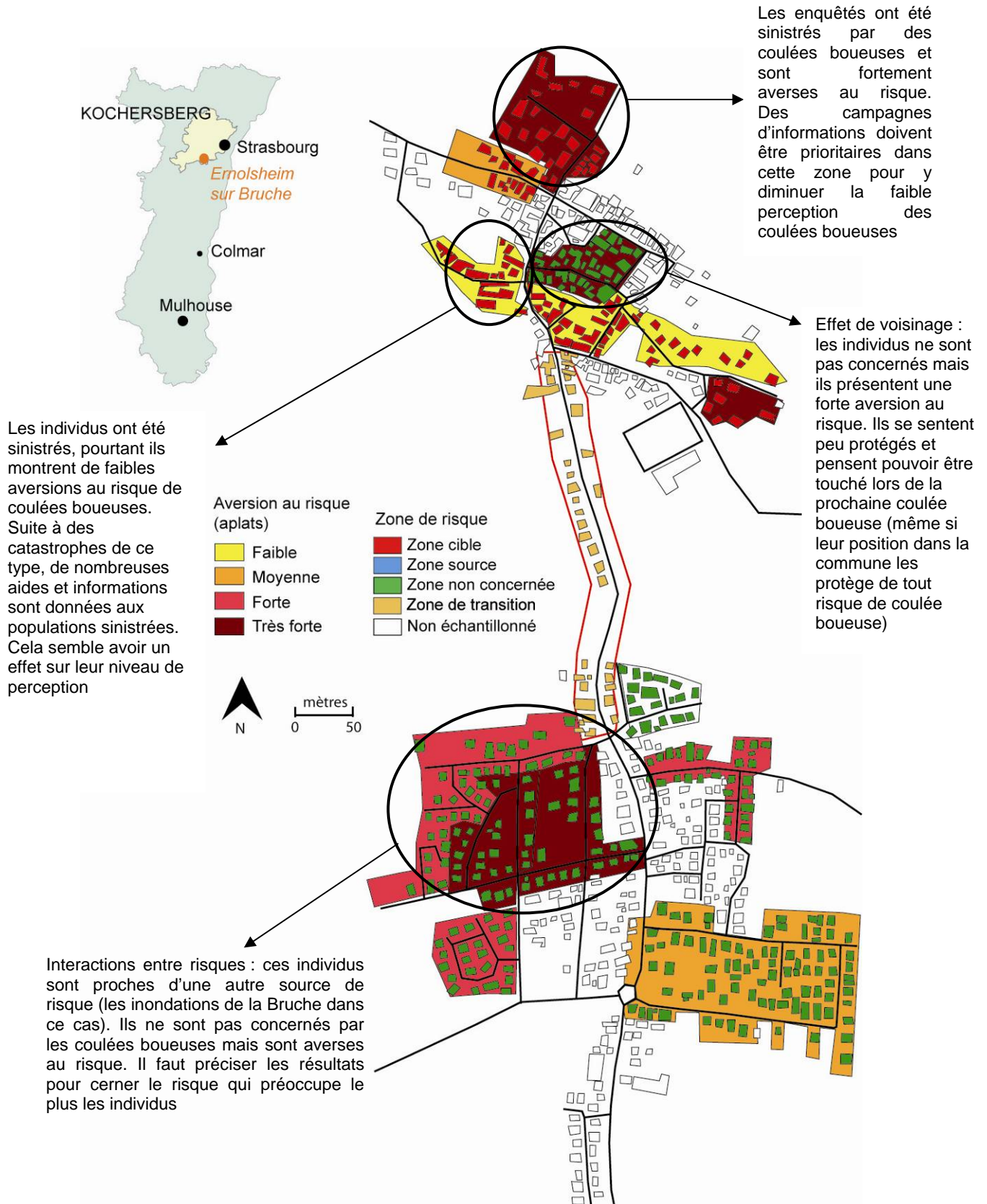


Figure 6.11 : Cartographie comparative des indices de perception du risque (aversion) et des zones de ruissellement. Exemple d'Ernolsheim sur Bruche (Bas-Rhin)

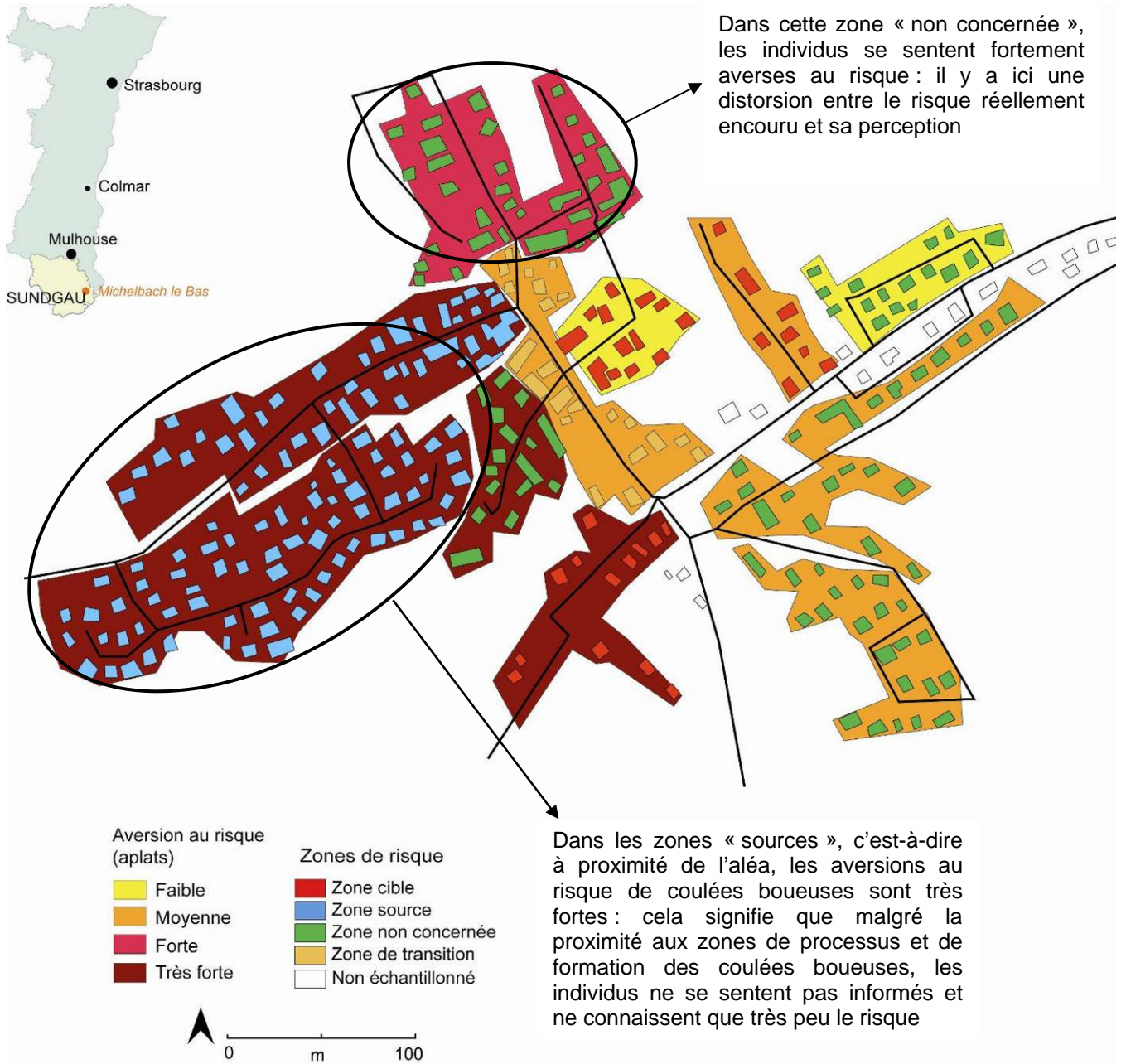


Figure 6.12 : Cartographie comparative des indices de perception du risque (aversion) et des zones de ruissellement. Exemple de Michelbach le Bas (Haut-Rhin)

6.2. Introduire les perceptions dans la compréhension des comportements

Une de nos hypothèses est que la perception du risque intervient directement sur les comportements des individus. Par le terme de « comportements », nous entendons la façon dont les individus agissent ou pensent agir en cas de catastrophe. Nous avons choisi de nous intéresser à cet aspect de la gestion des risques car il revêt une importance fondamentale dans les mesures de protection ou de prévention à mettre en place suite à une catastrophe. Outre les problèmes de gestion des individus lors d'une catastrophe, les principaux débats dans les questions de protection individuelle ou de prévention surviennent suite à une catastrophe.

La théorie économique en matière de risque stipule que les probabilités d'occurrence d'un événement ne sont pas considérées de façon linéaire par les individus (Tversky et Kahneman, 1974; Tversky et Kahneman, 1992). Elles sont remplacées par des probabilités « subjectives » qui influencent directement les prises de décision. L'objectif est ici de formaliser un indice permettant d'introduire les perceptions individuelles des risques pour mieux comprendre les comportements observés.

La comparaison entre l'indice de comportements annoncés et l'indice de perception des individus souligne alors les actions d'information et de prévention à mener auprès de la population. De plus, ces indices pourront être intégrés dans des modèles économiques de comportements (§ 6.3).

6.2.1. Le calcul de l'indice des comportements annoncés en cas de catastrophe

Les variables prises en compte dans le calcul de cet indice sont liés à des connaissances d'attitudes à adopter et des comportements annoncés par les individus en cas de catastrophe (tableau 6.7). Il s'agit de voir si notre hypothèse selon laquelle **le degré de perception influence les comportements des individus** se vérifie dans notre échantillon. Cet indicateur peut, à terme, être utilisé dans le calcul de la vulnérabilité afin de la diminuer au maximum. Les variables sont issues des échelles de perception et de questions fermées. Dans le premier cas, les notes ont été directement relevées sur l'échelle puis répertoriées pour chaque individu. Elles sont utilisées sans traitement de notre part. Pour les questions fermées, il s'agissait de cocher des items proposés : chaque type de réaction soumis aux enquêtés a été recodé puis intégré dans l'indice.

Tableau 6.7 : Variables prises en compte dans l'indice de comportement en cas de catastrophe

	Variables correspondantes dans le questionnaire	Indice de notation
Comportement en cas de catastrophe	Connaissance des consignes de sécurité	Echelle binaire
	Première réaction annoncée	Echelle recodée
	Mise en situation	Echelle recodée

La connaissance des consignes de sécurité en cas de coulées boueuses permet de jauger le degré de sensibilisation des individus. Les individus ayant eu une formation sur les attitudes à adopter en cas de risque sont moins vulnérables à ce dernier : elles connaissent les attitudes à adopter et les mauvais comportements pouvant entraîner des effets dominos. La question : « *Avez-vous été sensibilisé(e) aux consignes de sécurité en cas de catastrophes naturelles ?* » est utilisée. Les réponses sont binaires (oui ou non). Selon nos hypothèses, une connaissance des consignes de sécurité entraîne des comportements appropriés à la situation. Nous avons recodé les réponses en : oui = 1 et non = 2.

Pour affiner notre connaissance des comportements, deux variables supplémentaires ont été utilisées. Dans les deux cas, les données sont issues d'échelles fermées avec des réponses proposées dans le questionnaire. La première variable concerne la réaction annoncée par les individus en cas de catastrophe. La question est la suivante :

« Si une coulée boueuse devait se produire chez vous, quelle serait votre réaction immédiate ? »

- Vous téléphonez. A qui ?
- Vous allumez la TV sur une chaîne locale
- Vous écoutez la radio sur une onde locale
- Vous allez voir les voisins
- Vous mettez en place des systèmes de protection pour vous protéger
- Vous fuiez
- Vous allez dans votre commune voir l'ampleur des dégâts

Pour pouvoir être intégrées à l'indice, les réponses ont été recodées. Nous nous sommes basée sur les consignes de sécurité à suivre en cas de catastrophe naturelle (notamment d'inondation) pour établir le barème (Annexe 12). Ainsi, les codages s'échelonnent entre 1 et 4, du meilleur comportement au moins approprié :

- | | | |
|----------------|---|---|
| 1. S'informer | { | <i>Vous allumez la TV sur une chaîne locale</i> |
| | | <i>Vous écoutez la radio sur une onde locale</i> |
| 2. Se protéger | | <i>Vous mettez en place des systèmes de protection pour vous protéger</i> |
| 3. Téléphoner | | <i>Vous téléphonez.</i> |
| 4. Sortir | { | <i>Vous allez voir les voisins</i> |
| | | <i>Vous fuiez</i> |
| | | <i>Vous allez dans votre commune voir l'ampleur des dégâts</i> |

Dans le but de préciser ces résultats, nous avons mis les enquêtés dans une situation particulière : leurs enfants sont à l'école au moment de la catastrophe (les réponses obtenues sont significatives car plus de 70% de l'échantillon des enquêtés ont des enfants). Il s'agissait de voir quelle option était choisie et de l'intégrer à l'indice. La question est :

« Vous avez des enfants à charge et ceux ci sont à l'école. Quelle est votre réaction ? »

- Vous rejoignez vos enfants au plus vite
- Vos enfants sont bien encadrés par les enseignants. Vous les rejoindrez plus tard lorsque cela sera possible
- Vous avertissez un ami ou un parent qui ira chercher vos enfants au plus vite

Une fois de plus, nous avons recodé les réponses selon les consignes de sécurité diffusées en cas de catastrophe. Les réponses liées à un déplacement de la part des enquêtés pour rejoindre leurs enfants ou le fait d'envoyer quelqu'un le faire à leur place sont considérées comme des comportements à risque : elles sont notées 2. Dans cette situation, le meilleur comportement est l'attente et l'acceptation de l'encadrement par les enseignants au sein de l'école. Cette proposition est notée 1. Le tableau 6.8 reprend les différents éléments exposés et les codages attribués.

Tableau 6.8 : Synthèse des facteurs pris en compte dans l'indice de comportement annoncé en cas de catastrophe

	Variables correspondantes dans le questionnaire	Indice de notation
Comportement en cas de catastrophe	Connaissance des consignes de sécurité « Avez-vous été sensibilisé(e) aux consignes de sécurité en cas de catastrophes naturelles ? »	Oui = 1 et Non = 2
	Première réaction annoncée « Si une coulée boueuse devait se produire chez vous, quelle serait votre réaction immédiate ? »	
	Vous allumez la TV sur une chaîne locale	S'informer = 1
	Vous écoutez la radio sur une onde locale	
	Vous mettez en place des systèmes de protection pour vous protéger	Se protéger = 2
	Vous téléphonez	Téléphoner = 3
	Vous allez voir les voisins	
	Vous fuiez	Sortir = 4
	Vous allez dans votre commune voir l'ampleur des dégâts	
	Mise en situation « Vous avez des enfants à charge et ceux ci sont à l'école. Quelle est votre réaction ? »	
Vos enfants sont bien encadrés par les enseignants. Vous les rejoindrez plus tard lorsque cela sera possible	1	
Vous avertissez un ami ou un parent qui ira chercher vos enfants au plus vite	2	
Vous rejoignez vos enfants au plus vite	2	

L'indice est obtenu par une addition des facteurs. Les meilleurs comportements sont traduits par des notes basses (3 au minimum) et les moins bons comportements sont des notes élevées (8 au maximum). Nous n'avons pas utilisé la même méthode de calcul que celle déterminée pour l'indice de perception car la transposition de réponses obtenues par le biais d'une échelle fermée, sur une échelle de valeur notée entre 0 et 10 demande une trop forte intervention de la part de l'analyste.

A l'image de la cartographie des indices de perception et dans le but de comparer les perceptions et les comportements annoncés, nous avons moyenné les indices individuels pour chaque zone de ruissellement. La distribution des indices montre une représentation importante des valeurs moyennes (figure 6.13). Une discrétisation par la méthode des moyennes emboîtées a aussi été utilisée pour la cartographie des comportements annoncés (tableau 6.9).

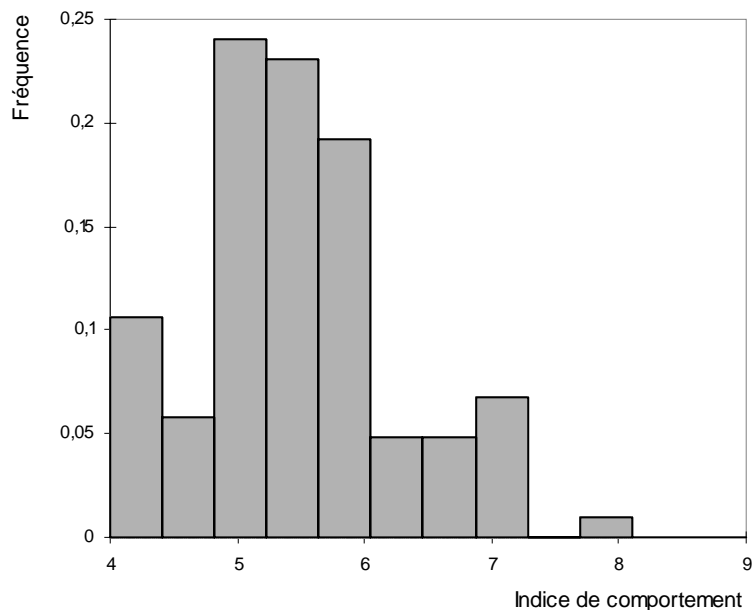


Figure 6.13 : Histogramme de fréquences des indices de comportements annoncés en cas de catastrophe

Tableau 6.9 : Discrétisation et répartition des indices de comportements annoncés en cas de catastrophe

	Classification	Comportement	Nombre de zones par classe
Classe 1	[4 - 4,75[	Bon	15
Classe 2	[4,75 - 5,45[	Moyen	37
Classe 3	[5,45 - 6,10[	Mauvais	36
Classe 4	[6,10 - 8]	Très mauvais	16
Total			104*

* Le nombre total de zones est différent du nombre de zones déterminé lors de l'échantillonnage (N=118), car ici, seules les zones où des réponses ont été collectées sont prises en compte

6.2.2. Des comportements non corrélés à l'expérience mais à la vulnérabilité

a. L'expérience n'apparaît pas dans les comportements adoptés

La première analyse des comportements en cas de catastrophe revient sur l'importance de l'expérience dans les attitudes adoptées. Une étude dirigée par Bonniex (1998) avec plus de 2 000 enquêtes a « accompagné une réflexion méthodologique sur les biais, les mécanismes de révélation des préférences et le traitement économétrique des réponses ». Son hypothèse est que les individus montrent un « comportement sincère par défaut ». Cette hypothèse peut paraître forte mais des études en économie expérimentale et en psychologie concluent à la participation désintéressée des individus même si les résultats de l'enquête risquent d'aller à l'encontre de leur propre intérêt. Cette hypothèse de non égoïsme ou d'altruisme « naturel » suppose donc que les individus avouent spontanément la vérité. Nous nous basons sur cette hypothèse pour attribuer une confiance totale aux réponses obtenues : nous estimons que les comportements annoncés par les individus seraient ceux qu'ils mettraient effectivement en pratique.

Nous avons comparé les indices de comportements selon l'expérience vécue afin d'identifier les différences entre les types de comportements annoncés : prédictifs pour les individus n'ayant jamais été confrontés à ce type de risque (ils sont dans le conditionnel) ou adoptés (pour les individus ayant eu une coulée boueuse).

Nous remarquons que pour les individus n'ayant pas subi de coulées boueuses, l'indice de comportements annoncés moyen est de 5,5 (écart-type 1,20). Pour les individus sinistrés, l'indice moyen est de 5,3 (écart-type 1,12). Le test de Student sur les comparaisons des moyennes montre que les échantillons sont significativement différents (taux de corrélation de 0,009 pour un seuil de signification de 0,05). Cela signifie que l'expérience vécue importerait peu dans l'adoption de « bons » ou « mauvais » comportements : la figure 6.14 montre des dispersions très proches dans les deux cas.

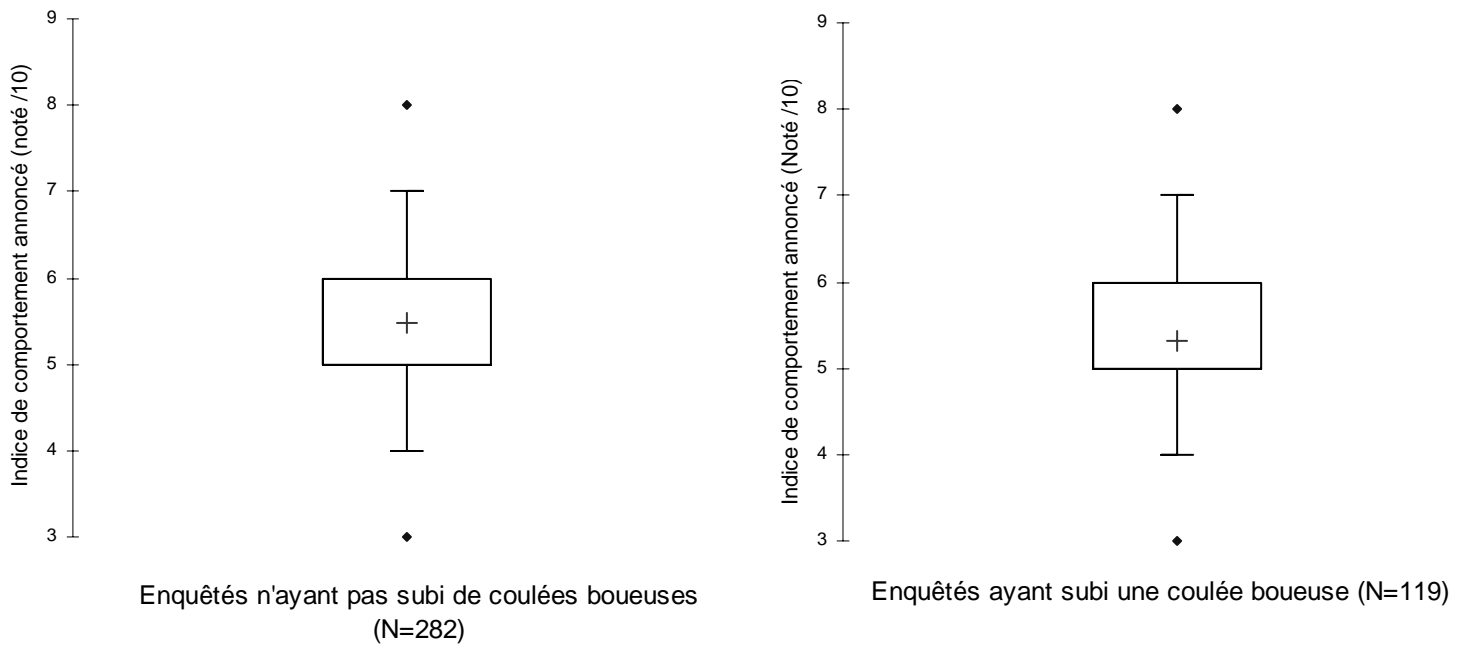


Figure 6.14 : Distribution des indices de comportements en fonction de l'expérience vécue

b. Une concordance entre les zones de ruissellement et les comportements annoncés

Si l'expérience vécue ne semble pas influencer les comportements annoncés, **la proximité à l'aléa** importe dans les comportements. La lecture de la figure 6.15 indique que 35,7% des individus vivant dans les zones « non concernées » annoncent de « mauvais » comportements. Dans les zones « cibles » ce pourcentage est de 31,6%. Dans cette zone, la majorité des enquêtés (57,9%) annoncent des comportements « moyens » ou « bons ». Dans les zones « sources » les comportements annoncés sont plus dispersés avec des pourcentages hétérogènes selon les classes. Soyons tout de même attentif au fait que l'échantillon de la zone de « transition » ne représente qu'un échantillon de huit zones (soit 42 individus au total).

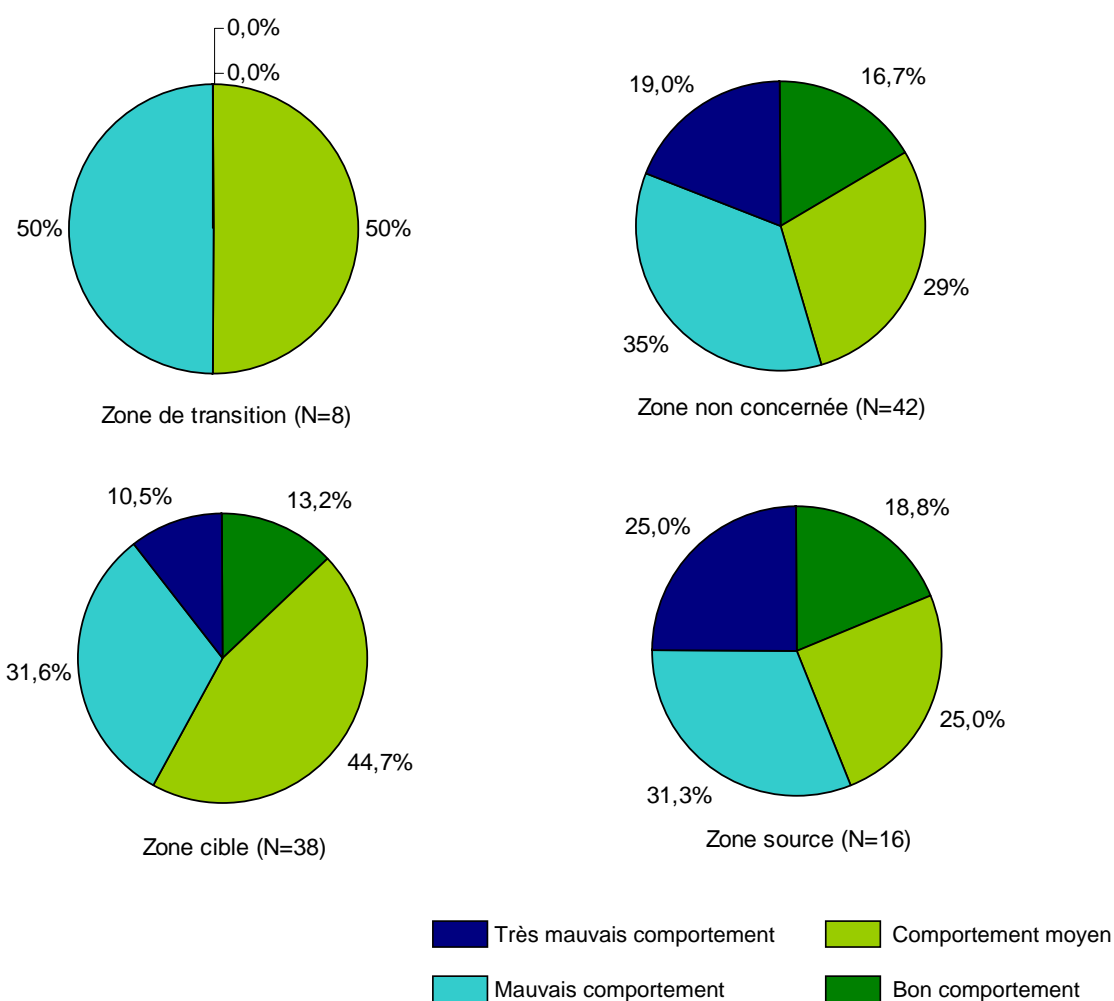


Figure 6.15 : Répartition des indices de comportements annoncés en cas de catastrophe en fonction des zones de ruissellement

Alors, pour compléter ces premiers résultats, nous avons réparti les zones de ruissellement en fonction des quatre types de comportements annoncés (Annexe 13). La majorité des personnes qui annoncent des comportements « moyens » (45,9%) résident dans des zones « cibles ». Il y a là un premier point intéressant : les individus en zones « cibles » sont susceptibles d'être affectés par une coulée boueuse (d'ailleurs plus de 88% des individus sinistrés vivent dans ces zones), leurs comportements devraient être exemplaires en cas de sinistre. Or, cela ne semble pas être le cas en pratique : des actions en termes de prévention doivent y être menées.

Dans les zones « non concernées » les individus ne semblent pas connaître les consignes précises à adopter en cas de risque : 50% d'entre eux annoncent de « très mauvais » comportements ou des « mauvais » comportements (41,6%). En revanche, 46,7% des individus qui prédisent de bons comportements se situent également dans ces zones. Le second point intéressant est le fait que les individus des zones « non concernées » annoncent des comportements en cas de catastrophe très hétérogènes. Pour trouver une explication à cette grande hétérogénéité de résultats, nous allons explorer le lien entre les indices de perception et les indices de comportements annoncés en cas de catastrophe.

c. Une correspondance entre les indices de perception et les comportements annoncés ?

Nous avons précisé notre analyse et comparé les distributions selon les classes d'indices de perception et celles des indices de comportements annoncés (figure 6.16). Les individus qui ont tendance à adopter de « bons » comportements (66,7% des enquêtés) ont une faible aversion au risque. Les « très mauvais » comportements sont associés à de fortes aversions au risque (43,8% des enquêtés). Les comportements « moyens » sont à 67,5% (32,4% + 35,1%) annoncés pour des aversions moyennes ou faibles. Tandis que les très fortes aversions (33,3%) ou aversions moyennes (30,6%) se retrouvent dans les « mauvais » comportements.

Ces résultats semblent confirmer l'importance de l'information dans les attitudes adoptées. En effet, les enquêtés faiblement averses au risque sont souvent bien informés : on peut penser que cette dernière influence leurs comportements. Ils prêtent attention à leur sécurité, probablement pour éviter tous dommages à leurs biens ou toute situation dangereuse. Bien que la perception du risque du risque ne soit pas corrélée à l'expérience vécue, nous pouvons penser que cette dernière explique partiellement ces « bons » comportements (de nombreuses études relatent les influences de l'expérience sur les perceptions et les comportements - Weinstein, 1989; Peacock *et al.*, 2005; Grothmann et Reuswig, 2006; Zhai *et al.*, 2006).

Le fait que les individus aux fortes aversions au risque annoncent de « mauvais » comportements corroborent notre première analyse. Ces individus sont peu informés sur le risque ou les mesures sécuritaires à prendre. Leur vision très négative du risque et le peur que la catastrophe suscite chez eux explique les comportements annoncés. Dans ce cas, des mesures préventives doivent être diffusées : elles permettront d'améliorer les comportements, d'éviter des effets dominos (Provitolo, 2005) et de réduire l'aversion au risque.

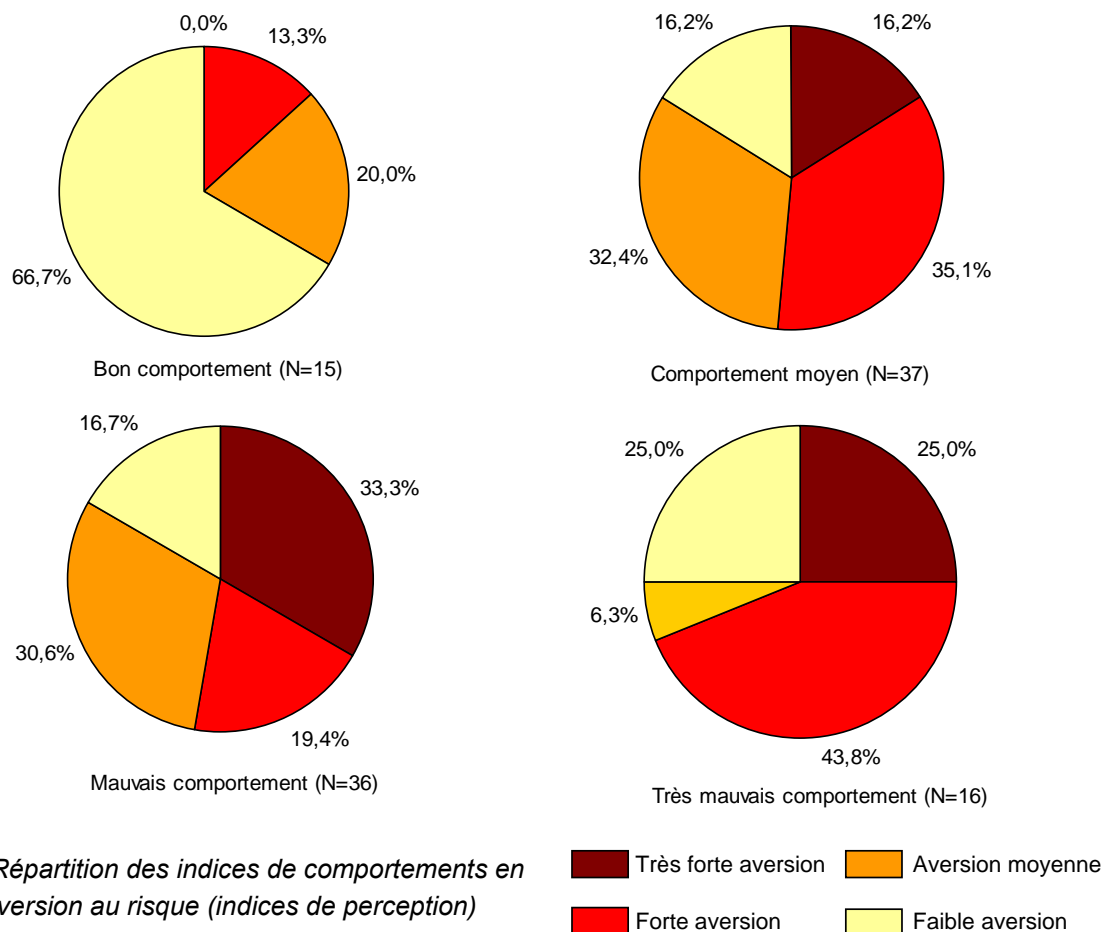


Figure 6.16 : Répartition des indices de comportements en fonction de l'aversion au risque (indices de perception)

Des recoupements complémentaires indiquent que 72,2% des individus qui ont une faible aversion au risque de coulées boueuses, annoncent de « mauvais » ou « très mauvais » comportements en cas de catastrophe. A l'inverse, 38,5% des individus qui ont une très forte aversion au risque ont tendance à adopter de « bons » comportements en cas de catastrophe. Pour les indices de perception traduisant une aversion moyenne au risque, les comportements sont répartis à plus de 80% entre les classes de comportements « moyens » ou « mauvais ».

Afin d'établir une relation éventuelle entre aversion et comportement, nous avons soumis nos données à un teste de corrélation. Le nuage de points obtenu (figure 6.17) ne distingue pas de tendance nette ($R^2 = 0,06$), aucune tendance n'est visible entre ces deux variables.

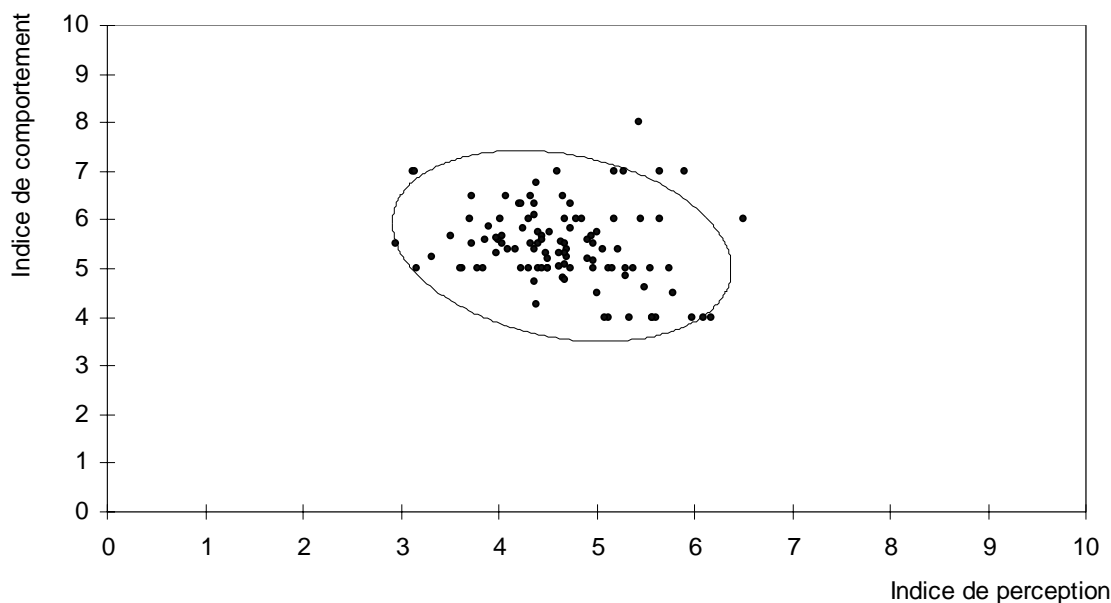


Figure 6.17 : Indices de perception et de comportements annoncés

À l'image des indices de perception, les analyses et la cartographie associée ont été menées sur l'ensemble des 11 communes (Annexe 14). Plus précisément, la cartographie des indices de comportements permet d'identifier les espaces où les indices de perception et les comportements annoncés sont fortement discordants. Les exemples de Wickersheim (Bas-Rhin – figure 6.18) ou de Rantzwiller (Haut-Rhin – figure 6.19) illustrent de manière différente nos principales observations. Des efforts en termes d'information sur les comportements à suivre (consignes de sécurité, comportements à éviter, systèmes de protection pouvant être mis en place avant les catastrophes, etc.) doivent être largement diffusés dans les zones où les distorsions sont les plus importantes. L'un des objectifs étant de réduire les effets dominos ou les mouvements de panique pouvant être induits par des comportements inappropriés.

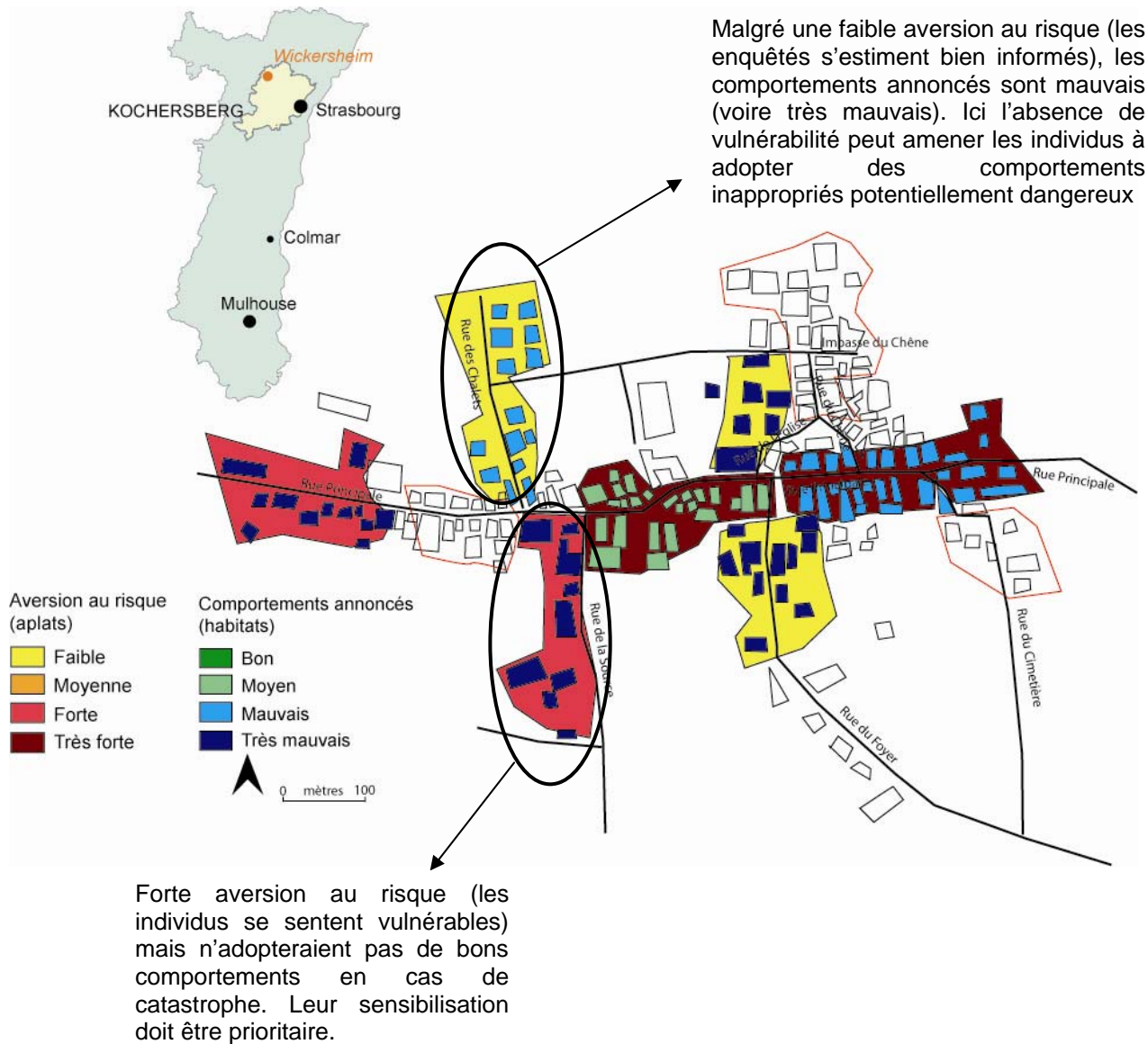


Figure 6.18 : Cartographie comparative entre les indices de perception et les indices de comportements annoncés en cas de catastrophe. Exemple de Wickersheim (Bas-Rhin)

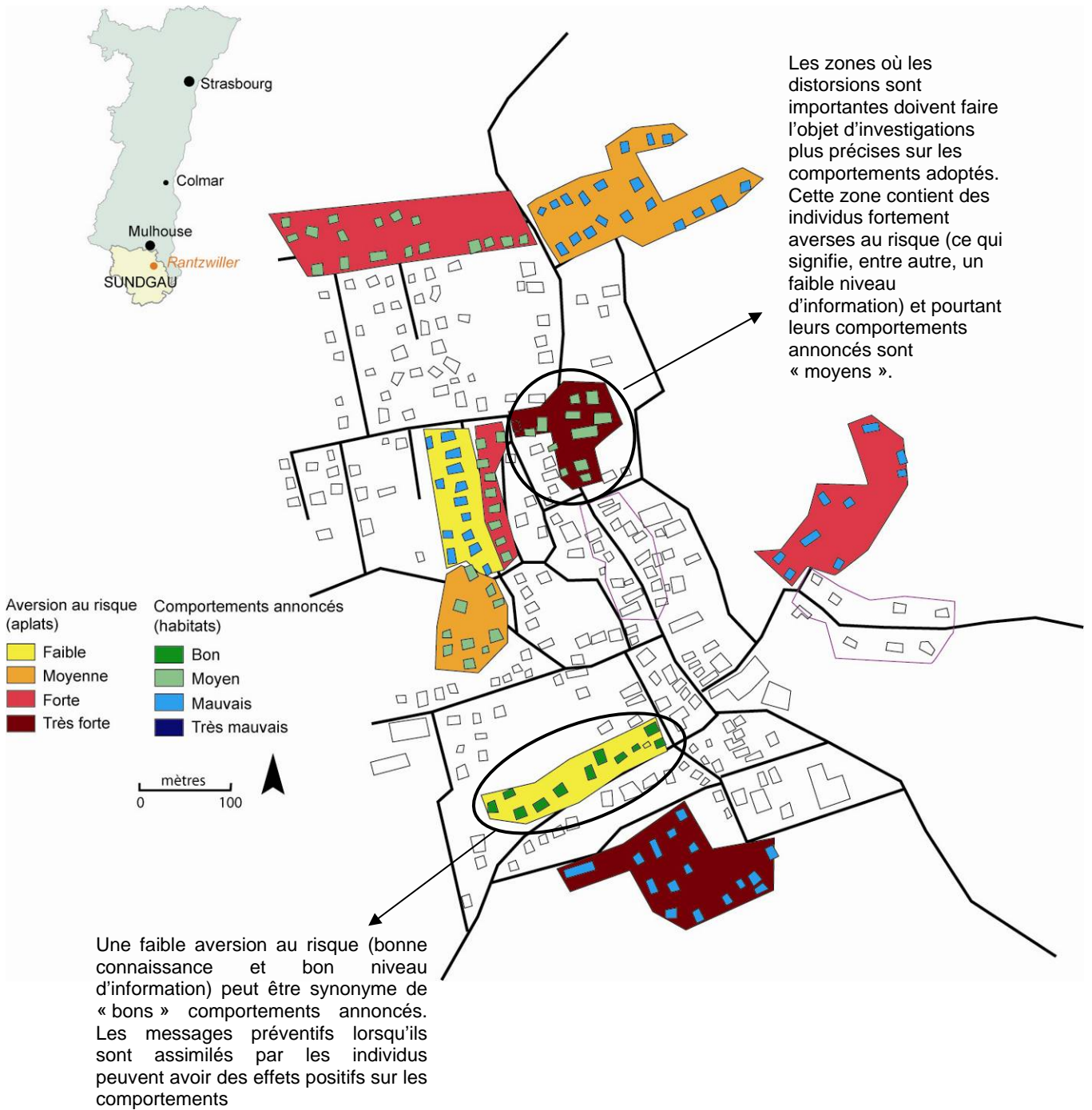


Figure 6.19 : Cartographie comparative entre les indices de perception et les indices de comportements annoncés en cas de catastrophe. Exemple de Rantzwiller (Haut-Rhin)

6.3. Les apports en économie comportementale d'une analyse sociogéographique des enquêtes

Les indices de perception et de comportements en cas de catastrophe ont été déterminés dans un contexte où le niveau d'information des individus est considéré comme constant. Les études en économie expérimentale permettent de révéler les préférences dans les prises de décision individuelles lorsque des informations sont données régulièrement aux agents. Nous avons vu dans le Chapitre 1 (§ 1.3) que ces expériences, même décontextualisées, permettent de confirmer (par méthode expérimentale) les biais existant dans les prises de décision définis par la théorie. Les études expérimentales établissent une relative pertinence entre les modèles théoriques utilisés par les économistes et les comportements observés : par exemple, quelques études révèlent une tendance des individus à sur réagir à l'information en lui conférant une trop grande valeur dans leur choix (Slovic *et al.*, 1982; Tyszka et Zaleskiewicz, 2006; Visschers *et al.*, 2007). La méthode expérimentale est aussi un puissant outil d'interrogation des modèles théoriques développés par les économistes, en soulignant leurs forces, mais également en mettant en lumière leurs défaillances.

Les études expérimentales utilisent dans la plupart des cas des données collectées en laboratoire. Notre approche diffère de celle-ci dans le sens où elle consiste à explorer la façon d'intégrer nos résultats issus de données d'enquêtes *in situ* dans des modèles de théories économiques. Plus précisément, notre enquête de perception des risques de coulées boueuses a permis de formuler un indice de perception et un indice de comportements. Comment utiliser ces indices dans les théories de prises de décision en situation d'incertitude (représentée ici par l'aléa « coulée boueuse ») ?

Dans cette optique, nous reviendrons sur deux éléments essentiels : les variations de choix selon les probabilités perçues par les individus et l'importance de l'expérience vécue dans les prises de décision. Nous poursuivrons par des pistes de réflexion relatives à la détermination de politiques publiques de réduction des risques corrélées aux perceptions, avant de conclure sur l'utilisation de nos observations dans des modèles de comportements.

6.3.1. Perception du risque et transformation des probabilités d'occurrence

En économie, les risques sont associés à des probabilités d'occurrence d'événements (Chapitre 1). Pour les populations, la notion même de probabilité est parfois difficile à concevoir. Sjöberg (2001b) montre d'ailleurs que les conséquences d'un événement prennent plus d'importance que les probabilités, aussi faibles soient-elles, dans les prises de décision ou dans les politiques de gestion des risques. Mais, les distorsions relevées entre les probabilités dites « subjectives » (perçues par les individus) et les probabilités réelles quand elles font consensus auprès des experts, montrent que (Gajdos et Langlais, 2002) :

- les individus ne savent pas traiter les petites probabilités. Hsee définit cette incapacité de l'individu à attribuer une valeur à une chose de manière indépendante, c'est-à-dire sans établir de comparaisons qui soient significatives pour lui, sous le terme d'« *evaluability* » (Hsee, 1996; Hsee *et al.*, 1999; Kunreuther *et al.*, 2001) ;
- les individus ont souvent des difficultés à faire des comparaisons, à marquer les limites entre le certain et le risque.

Ces réflexions s'illustrent parfaitement en étudiant les comportements des individus à la souscription d'une police d'assurance dédiée à leur protection face au risque. Pour expliquer de quelle façon les perceptions influencent les comportements assuranciers, prenons l'exemple des risques d'inondations aux États-Unis. Dans leur étude, Brown et Hoyt (2000) montrent que les gouvernements doivent prendre en charge les programmes d'assurance des particuliers, palliant ainsi les faiblesses des assureurs privés. Ces derniers ne souhaitent pas assurer les dommages dus à ce type de risque²⁷ car :

- les dommages sont des réalités virtuelles et les pertes à assurer peuvent être catastrophiques ;
- les individus ne sont pas prêts à souscrire des polices d'assurances avec des cotisations suffisamment élevées pour couvrir les éventuelles pertes ;
- les assureurs ne proposent pas de polices d'assurances aux montants modulés selon le degré d'exposition des agents.

Kunreuther (1984) explique le fait que les individus contractent des polices d'assurances minimum par des transformations de probabilités du risque réel. Les individus semblent sous estimer les probabilités d'occurrence des événements car : (i) ils n'ont pas d'expériences passées, (ii) ils ne connaissent pas toutes les possibilités d'assurances ou (iii) ils estiment que les polices d'assurances sont trop coûteuses pour la probabilité (perçue) d'être sinistré. Ces transformations de probabilités sont prises en compte dans les comportements des individus (Kunreuther et Pauly, 2004), par le biais de trois stratégies possibles :

1. ignorer toute souscription à une police d'assurance ;
2. souscrire immédiatement à une police d'assurance. Ce comportement est noté après une catastrophe. Les individus ont alors tendance à surestimer les probabilités et à se sentir particulièrement vulnérables ;
3. chercher de l'information avant d'entreprendre une quelconque démarche. Avant de collecter des informations sur les probabilités de pertes encourues, l'individu se positionnera en fonction de l'utilité espérée qu'il souhaite retirer de cette démarche. Il décidera de chercher de l'information s'il estime que son bénéfice est plus important que s'il ne possédait pas d'information (les choix sont à l'image de ceux observés dans les jeux de loteries présentés dans le § 1.3). L'individu se place alors dans des conditions de prise de décision avec une information connue.

Dans le cas où les informations sont rares (c'est-à-dire en cas de nouveauté du risque ou de rareté²⁸ de ce dernier), les décisions doivent être prises en condition d'ambiguïté. Rappelons que l'ambiguïté correspond à une situation où les probabilités, dans les propositions de choix données aux individus, sont ignorées ou imparfaitement connues (Ellsberg, 1961). Jeleva et Rossignol (2009) ont modélisé l'introduction de cette ambiguïté dans les comportements des individus face à un risque. Deux situations sont prises en compte : un risque qui affecte les individus de façon identique (probabilité égale) puis un risque qui les affecte de façon différente (par une probabilité plus élevée ou par des conséquences différentes) mais dont ils ne connaissent pas les probabilités. Ils observent qu'en cas d'introduction d'ambiguïté dans les probabilités, la solution optimale pour la société est totalement différente par rapport aux choix individuels : l'individu a tendance à vouloir une sur-protection alors que l'optimum ne se situe pas à ce niveau de protection.

²⁷ Les raisons invoquées ici sont reprises de Brown et Hoyt (2000) et sont issues d'une étude menée par Anderson (1974).

²⁸ La rareté exprime une situation où le risque a une très faible occurrence : les individus ne possèdent pas de point de référence suffisamment précis pour estimer les probabilités.

Pour résoudre les incertitudes liées aux transformations des probabilités par les populations ou les assureurs, Kunreuther (1984) préconise la détermination de classes d'exposition au risque. De cette façon, les individus ou les décideurs prennent pleinement conscience des probabilités d'occurrence et du risque réel encouru. Il estime que sans cette classification les individus sous estimeront toujours les risques.

Notre cartographie s'intègre dans cette démarche : les indices de perceptions transcrivent une certaine vision du risque estimé par les populations. La comparaison avec les risques réels montre les distorsions entre les deux. Notre cartographie peut servir de support pour cibler les zones où les individus sont plus vulnérables et peut-être agir directement sur leurs comportements (assuranciers, de protection collective ou individuelle, etc.).

En effet, les politiques de réduction des risques ne reposent pas sur les seules souscriptions à des polices d'assurances, d'autant plus en France où le système d'assurance solidaire biaise quelque peu les comportements des individus. L'un des compléments essentiels est la définition de **mesures de réduction** des dégâts recensés ou la **détermination de politiques de mitigation**. Or, Pasterick (1998) montre que les mesures de protection peuvent avoir des effets pervers sur les représentations des risques encourus (il reprend ici un exemple lié aux souscriptions à des polices d'assurances). Les individus se sentent protégés et en sécurité, ils ne voient pas pourquoi ils paieraient (cher) une police d'assurances alors que les risques sont faibles. Pynn et Ljung (1999) arrivent aux mêmes conclusions dans leur étude sur les inondations de 1997 aux États-Unis. Ces observations sont intéressantes puisqu'elles traduisent les transformations de probabilités en cas de mise en place de systèmes de protection.

Dans notre enquête, cette transformation se traduirait par une aversion au risque plus faible pour les individus qui se sentent menacés par le risque de coulées boueuses. Ils ne se sentent pas protégés, ni en sécurité : leur transformation des probabilités d'occurrence seraient alors moindre que celle des individus qui se sentent menacés. Or, par nos résultats, nous constatons que les moyennes des indices de perception obtenus sont plus élevées pour les individus qui se sentent menacés (moyenne de 4,9/10 pour un écart-type de 1,03), que pour les individus qui ne se sentent pas menacés (moyenne de 4,2/10 et écart-type de 0,95)²⁹. En d'autres termes, nos résultats indiquent que la transformation de probabilité d'être sinistré est plus élevée pour les individus ne se sentant pas menacés. Nous verrons dans la partie 6.3.4 de quelle façon ces observations sont utilisées dans des modèles de comportements.

Dans la littérature, de nombreux auteurs (Weinstein, 1989; Brown et Hoyt, 2000; Slovic *et al.*, 2004; Grothmann et Reuswig, 2006) observent que l'expérience vécue intervient fortement dans la transformation des probabilités. Tous nos résultats ne semblent pas aller dans ce sens puisque nous avons noté (§ 6.1) que cette donnée pouvait influencer la « familiarité » du risque mais ne permettait pas de distinguer des différences de perception. La principale explication de cette différence entre nos conclusions et celles retrouvées dans la littérature est que nous avons simplement estimé l'influence de l'expérience vécue par des comparaisons entre échantillons (individus concernés/non concernés, par exemple). De ce fait, pour préciser davantage notre réflexion et dans le but de déterminer un indice de perception des risques plus pertinent et transposable à d'autres contextes, il nous semble important de montrer de quelles façons l'expérience vécue intervient dans la transformation de probabilités.

²⁹ L'échantillon suit une loi normale et malgré la faible différence entre les deux moyennes des échantillons, le test de Student montre une différence hautement significative (p-value <0,0001 pour un seuil de signification de 0,05).

6.3.2. Comment l'expérience vécue intervient-elle dans la transformation des probabilités ?

La plupart des individus n'a pas suffisamment de connaissances pour être capable d'évaluer rationnellement les probabilités d'occurrence des risques (Siegrist et Cvetkovitch, 2000). L'importance donnée à l'expérience passée dans les transformations de probabilités peut s'évaluer par une connaissance des comportements assuranciers des individus. Plusieurs études illustrent cela : Kunreuther (1996) relève qu'avant les tremblements de terre de 1989 en Californie, 34% des individus estimaient que la souscription à une police d'assurance était utile. Après les tremblements de terre de cette même année, seulement 5% de la population ont souscrit une assurance (et 11% des individus ayant subi des pertes importantes ont entrepris cette démarche). Dans une autre étude, Kunreuther et Pauly (2004) démontrent que les individus qui viennent de subir des pertes ont tendance à surestimer les probabilités. Ces auteurs modulent tout de même leurs propos dans le sens où les situations de surestimation restent exceptionnelles et, dans la plupart du temps, les individus raisonnent en termes de probabilité d'être sinistrés et de bénéfices retirés à ne contribuer qu'à minima à leur protection.

Granderton *et al.* (2000) vont dans le même sens que Kunreuther et Pauly : les individus qui ont subi d'importantes pertes d'objets non assurés ne souscrivent que très rarement à des assurances après le sinistre vécu. Les explications avancées sont de deux ordres : (i) la mise en place d'un système de protection personnel ou (ii) une erreur de perception du risque. Dans ce cas, les individus estiment que les pertes à venir seront toujours moindres que les pertes passées, d'où l'absence de nécessité de s'assurer. En adoptant cette attitude, les individus espèrent retrouver leur niveau de richesse d'avant la catastrophe. Il s'agit là d'une illustration de la notion de « référence-dépendance » (« *reference-dependence* ») développée par Tversky et Kahneman (1991). Les individus seraient prêts à accepter plus de risque, s'ils peuvent retrouver le niveau de vie qu'ils avaient avant les pertes. Cohen *et al.* (2008) complètent ces observations par le fait que les individus sous estiment la répétition d'un événement majeur qu'ils viennent de subir et donc ne s'assurent pas.

Cependant, Brown et Hoyt (2000) démontrent qu'il existe une forte corrélation entre les souscriptions à des polices d'assurance (pour un état des États-Unis régulièrement soumis au risque d'inondation) et les dommages recensés par les inondations dans ce même état l'année précédente. La question d'une modification des comportements basée sur l'expérience passée des individus est complexe. Cohen *et al.* (2008) ont entrepris de modéliser les comportements des individus en fonction d'expériences passées. Pour cela, ils utilisent des séquences d'événements survenant au moment de la prise de décision, le modèle prenant en compte non pas uniquement la décision des individus mais une paire de comportements constituée de la décision et de l'expérience passée. En effet, à chaque période de jeu (trois périodes de jeu se succèdent), l'individu doit souscrire une assurance. Ils concluent que :

- lorsque l'individu n'a connu aucun sinistre, il ne souscrira pas de police d'assurance ;
- lorsque l'individu a subi deux sinistres lors des deux dernières périodes de jeu, à la troisième période il souscrira une assurance lui offrant une couverture maximale ;
- lorsque l'individu a connu un seul événement catastrophique sur les deux périodes de jeu, il est indifférent au risque.

Ces conclusions sont importantes, notamment pour les décideurs en charge de la gestion des risques : les derniers événements subis ne doivent pas être les seuls pris en compte, l'ensemble des sinistres (même si la période d'occurrence est longue) doit être considéré : les comportements n'étant pas uniquement influencés par le dernier sinistre, mais par la somme des dommages subis dans le passé (ceci rejoint les notions de mémoire du risque développées par les sociologues du risque).

À ce stade, il est important de noter qu'associé à l'expérience vécue, l'affect joue un rôle considérable dans les comportements (assuranciers) des individus (Hsee et Kunreuther, 2000). L'affect est défini comme l'attitude ou le sentiment (d'affection ou de rejet) ressenti par l'individu envers un bien. Par le biais de leurs expériences, Hsee et Kunreuther (2000) démontrent que dans des contextes identiques, les individus sont plus enclins à faire une demande d'indemnisation pour un objet qu'ils affectionnent particulièrement. Plus précisément, si l'indemnisation nécessite d'entreprendre des démarches lourdes (chronophages par exemple) et pour des compensations financières identiques, les individus qui éprouvent un fort attachement pour l'objet endommagé sont prêts à davantage de concessions que les individus qui n'ont qu'un attachement modéré à l'objet en question. Ils observent également que plus l'affect est important, plus les individus anticipent les pertes éventuelles : ils assurent leur bien, allant parfois jusqu'à doubler les cotisations d'assurances dans le but d'être certain d'obtenir une compensation financière qu'ils jugent en rapport avec l'attachement qu'ils lui portent.

Hsee et Kunreuther ont échantillonné des étudiants pour participer à leur expérience. Bien que les expériences d'économie expérimentale soient souvent entreprises avec des individus non directement concernés par les problématiques sondées, des travaux récents (relatifs à l'économie de l'environnement notamment, *field experiment* - Rozan *et al.*, 2004; Bchir et Willinger, 2009) montrent que les résultats sont de meilleure qualité lorsque les individus sont directement concernés par les questions abordées et que l'affect entre en jeu. Par exemple, dans le cadre d'une étude expérimentale sur les consentements à payer pour la diminution des risques de coulées boueuses, Cochard *et al.* (2007) ont utilisé une population d'agriculteurs pour évaluer leurs comportements face à des scénarii de taxes et subventions allouées à la diminution des risques. Ils observent que les agriculteurs affichent des comportements proches de l'équilibre (Nash), ce qui est relativement rare avec des populations non concernées.

Pour identifier l'importance de l'expérience vécue et de l'affect dans les représentations du risque, le recours à notre population d'étudiants se justifie totalement. En premier lieu, elle sert de référence puisque nous avons pu souligner le fait que ces étudiants n'ont jamais été sinistrés par une coulée boueuse. En second lieu, ils sont totalement extérieurs aux problèmes que peuvent susciter de tels événements dans les communes ou pour les sinistrés. À l'image des études économiques contextualisées et faisant appel à de vrais sujets (*field experiment*) nous avons aussi eu accès, par le biais de nos enquêtes de terrain, à une population d'individus directement concernée par les problématiques soulevées. La comparaison entre ces deux populations montre que les indices de perceptions des étudiants sont plus élevés que ceux des populations, indiquant une aversion au risque plus faible. Il semblerait que leur aversion au risque soit moins forte que celle de la population, même non sinistrée. Nos comparaisons sont à prendre avec précaution : nous n'avons pas estimé l'expérience passée (§ 6.1.2) et nous déduisons le biais introduit par l'affect par le seul indice de perception obtenu. Néanmoins, il est intéressant de noter que des différences sont observées en termes de perception : elles apportent une validation supplémentaire à la qualité de nos résultats mais surtout pointent que l'expérience vécue et l'affect doivent être des notions prises en compte dans les modèles de comportements (§ 6.3.4).

6.3.3. Les indices de perception dans les politiques de réduction des risques

L'un des objectifs de la construction des indices de perception est leur utilisation comme support d'aide à la décision. Par la cartographie comparative entre risques avérés et degrés d'aversion au risque, nous avons pu mettre en avant les zones, au sein des communes, où les distorsions étaient les plus importantes et proposer d'y cibler des campagnes d'informations (en y associant les indices de comportements annoncés).

La question qui se pose désormais est comment introduire les perceptions individuelles des risques dans les politiques de réduction des risques ? En suivant les réflexions de Sjöberg (2001b) ou Gerber et Neeley (2005), nous tentons de comprendre de quelle façon les perceptions des risques peuvent influencer ou pervertir les politiques publiques. Plus précisément, comment les élus (locaux, dans notre cas) peuvent-ils utiliser nos indices de perception ou de comportements annoncés pour améliorer leur gestion du risque de coulées boueuses ?

Les résultats issus des enquêtes ont démontré que la population demande aux acteurs locaux de prendre des mesures : 55% des individus estiment que ce sont les élus locaux qui doivent mettre en place des solutions de protection. En complément à cette observation, rappelons que de nombreuses études de perception montrent que, dans le cas de risques pris de façon involontaire (comme pour les catastrophes naturelles), les sollicitations pour la définition d'actions politiques de la part des populations envers leurs gouvernements sont nombreuses (McComas, 2003; Gerber et Neeley, 2005; Hokstad et Steiro, 2006). Les actions politiques sont d'autant plus plébiscitées que les populations accordent leur confiance aux décisions prises par les autorités nationales ou locales : dans notre enquête, 63% des individus font confiance aux services de l'État. Sjöberg et Cvetkovitch (2000), dans leur étude sur les risques majeurs, identifient également une forte corrélation entre la confiance et l'action politique.

Rappelons que depuis les années 90, la notion de « confiance » a pris tout son sens dans l'étude des variations des perceptions des risques des individus. En contrôlant la confiance accordée par la population aux décideurs politiques, les aversions face à un risque ou les éventuelles nuisances associées ont tendance à diminuer significativement (Siegrist et Cvetkovitch, 2000).

Jeleva et Rossignol (2009) ont modélisé les choix des individus en fonction du niveau de confiance qu'ils attribuent aux informations diffusées par les pouvoirs politiques. Leurs résultats montrent que malgré un risque élevé, les pouvoirs politiques opteront pour une réduction des risques minimale si la moyenne de « confiance » que leur accordent les populations est également basse. Le degré d'implication des pouvoirs politiques dans la mise en place d'une politique de réduction d'un risque dépend alors uniquement du niveau d'aversion de la population face à celui-ci.

Nos indices de perception ont été construits de manière à pouvoir retranscrire ces degrés d'aversion : ils font le lien entre les politiques de réduction des risques devant être adoptées et les attentes des populations. Par exemple, dans les zones où les aversions au risque de coulées boueuses sont fortes (Annexe 11), la population est en demande de fortes actions de la part des pouvoirs locaux. En nous basant sur notre cartographie, les décideurs observeraient aussi les niveaux d'aversion et, selon les modèles de Jeleva et Rossignol (2009), opteraient pour des politiques en adéquation avec ces données. A ce sujet, ces mêmes auteurs soulèvent deux points intéressants :

- les mesures de réduction des risques doivent débuter par une restauration de la « confiance » envers les politiques. Sans le rétablissement de cette « confiance », les hiatus entre pouvoirs politiques et attentes des populations ne seront pas diminués et aucune mesure de réduction ne sera acceptée par l'opinion publique. De plus, les individus peuvent adopter des comportements non sécuritaires (se traduisant sur nos cartes à l'échelle communale par des « mauvais » comportements dans des zones où les risques sont avérés).
- les indices de perception permettent de faire concorder décisions politiques et optimum social ;

Nous comprenons aisément que la gestion des risques passe par de solides connaissances scientifiques (pour évaluer les occurrences et modéliser les conséquences) et par la prise en compte des préférences individuelles. Le processus de décision dans les politiques de réduction des risques se heurte alors à des questionnements liés à **l'égalité de considération des perceptions**. Les élus locaux ou autres types de décideurs agissant à l'échelle locale ont tendance à composer avec l'anxiété et l'aversion au risque ressenties par les populations (Hokstad et Steiro, 2006). Plus précisément, ils optent pour des solutions de protection en considérant leur propre représentation du

degré de perception du risque des individus. Cette déformation de la réalité peut entraîner de grosses erreurs de gestion des risques car elles sont basées sur des conceptions irréelles ou fantasmées (Sjöberg, 2001b). Dans le but de minimiser ces erreurs de gestion, les approches par « coûts-bénéfices » sont classiquement utilisées (Sjöberg, 2001b). Mais, ces méthodes ne permettent pas de prendre en compte toutes les données relatives aux facteurs psychologiques inhérents aux perceptions des risques des individus concernés. De ce fait, pour avoir une vision complète des erreurs de gestion générées par la perception dans les prises de décision, nous proposons d'utiliser les indices de perception tels que nous les avons définis. Grâce au paradigme psychométrique, nos indices permettent d'intégrer davantage de facteurs propres aux individus et à leur représentation des risques. Ils ne se limitent pas aux seuls bénéfices apportés par une protection mais représentent au mieux les aversions au risque pour les populations concernées et le besoin d'équité dans la gestion des risques (Sjöberg et Drottz-Sjöberg, 2001; Johnson *et al.*, 2007a).

Pour compléter nos réflexions, nous proposons quelques pistes d'intégration de nos conclusions et observations dans des modèles économiques de comportements. Il n'est pas question ici d'axiomatiser nos propositions, ni même d'écrire un modèle, mais plutôt de voir de quelle façon les facteurs à prendre en compte dans une estimation des comportements peuvent être associés à notre jeu de données.

6.3.4. Nos réflexions au service des modèles de comportements face au risque

Parallèlement à une utilisation dans les choix politiques, les indices de perceptions ont toute leur place dans la **définition de modèles de comportements**. Dans leur étude sur les politiques environnementales, Etner *et al.* (2007) ont utilisé différents scénarii pour modéliser les comportements des agents. Leur modèle distingue deux types d'individus : les « optimistes » et les « pessimistes ». Cette dichotomie indique des contributions différentes en termes de politique de réduction des risques (protection personnelle, participation à des actions collectives, *etc.*). Les « optimistes » vont avoir tendance à consommer davantage mais contribuer moins à la préservation de la qualité environnementale que les « pessimistes ». Inversement, les « pessimistes », par leur surreprésentation des mauvais états de leur environnement naturel vont contribuer beaucoup plus que les « optimistes » et avoir des attitudes de consommateurs nettement moins prononcées. Nos indices de perceptions et de comportements permettent d'ajuster les modèles en considérant les attitudes réellement observées sur le terrain : représentation de l'environnement proche par le biais des cartes mentales, représentation de leurs attentes face aux politiques de réductions des risques par les réponses aux enquêtes et représentation de leurs aversions au risque par les indices de perception.

Comment utiliser ces données dans des modèles de comportements ? Les modèles normatifs ne sont pas des modèles de comportements et sont limités. En effet, la théorie de l'Utilité Espérée permet de représenter les préférences des individus en attribuant des notes aux choix qui satisferont au maximum leurs attentes sans pour autant les expliquer (ce qui n'était d'ailleurs pas son but initial). Nous avons pu noter (Chapitre 1) que ces théories sont associées à trois axiomes : de transitivité, de continuité et d'indépendance. En utilisant la théorie de l'Utilité Espérée dans les modélisations des choix individuels, de nombreuses violations de ces axiomes sont observées. Notre démarche méthodologique base les indices de perceptions sur le paradigme psychométrique, notre objectif étant de pouvoir fournir aux théoriciens de nouveaux éléments à intégrer dans les modèles de comportements. Pour cela, notre réflexion s'alimente des conclusions issues de la *Prospect Theory*. Selon notre jeu de données et nos résultats, il nous semble que ce modèle est adapté mais qu'il souffre de certains manques.

Nous avons pu identifier que dans les politiques de gestion des risques, les décideurs locaux doivent composer avec la « confiance » qui leur est accordée et avec les attitudes des individus face au risque (dans le but de faire accepter au mieux les mesures mises en place). La connaissance des aversions au risque semble alors justifiée pour une politique de réduction des risques adéquate.

Suivant, entre autres, les réflexions de Camerer et Kunreuther (1989) et nos propres conclusions, nous avons identifié plusieurs facteurs à prendre en compte dans la formalisation des modèles de comportements. Nous avons déjà pu mentionner l'importance de l'**ambiguïté** qui traduit l'ignorance des probabilités dans les propositions de choix données aux individus (Ellsberg, 1961). L'ambiguïté entraîne de grandes différences dans les consentements à payer pour éviter un risque et elle sera d'autant plus forte pour les faibles probabilités. Cette notion d'ambiguïté est relatée dans une étude sur les politiques de gestion des risques menée par Bowman et Kunreuther (1988) : à la suite à la catastrophe de Bhopal, les gestionnaires de compagnies chimiques ont modifié leurs systèmes de prévisions. Ils se focalisent dorénavant sur le pire scénario catastrophique (faible probabilité) pour mettre en place les mesures de prévention pour éviter les accidents.

Cette ambiguïté est parfois associée à l'**expérience passée** (Kunreuther, 1996; Brown et Hoyt, 2000; Cohen *et al.*, 2008). Dans nos résultats, cette donnée ne ressort pas comme un facteur explicatif des variations de perception. Dans les modèles de comportements et sur la base des conclusions d'études menées en économie, il nous semble néanmoins intéressant d'intégrer pleinement cette donnée. Nous avons pu constater que l'expérience influence la transformation de probabilités et donc les attitudes face aux risques (notamment en termes d'assurance). Si nous poussons cette réflexion dans notre contexte, l'expérience pourrait être utile pour modifier les comportements des individus face (i) à la mise en place de mesures de protection individuelle ou (ii) à leur réaction en cas de catastrophe.

Mais l'expérience passée peut aussi avoir des conséquences sur d'autres éléments tels que l'**anticipation d'événements futurs** (Hsee et Kunreuther, 2000; Caplin et Leahy, 2001; Loewenstein *et al.*, 2001). Cela signifie que les individus se projettent dans des situations de risque futures et vont montrer des consentements à payer surévalués. Dans l'étude de Hsee et Kunreuter (1999) ce consentement à payer est multiplié par 20 lorsque les individus sont attachés à leur bien menacé. Loewenstein *et al.* (2001) définissent deux types d'attitudes : (i) les « affects anticipés » (*anticipated affects*) où les individus vont projeter des pertes éventuelles avant de prendre une décision et (ii) les « affects d'anticipation » (*anticipatory affects*) correspondant à l'attachement « viscéral » à l'objet. Les individus vont traduire cet attachement en donnant davantage de ressources (monétaires essentiellement) pour protéger leur bien (dont ils estiment les bénéfiques constants). La notion d'affect devient alors centrale. L'**affect** n'est pas réellement pris en compte dans la *Prospect Theory*, car selon Kahneman et Tversky (1979) la volonté d'être indemnisé sera plus faible si les pertes subies sont importantes : donner un montant précis d'indemnisation n'est pas attractif pour les individus si ce montant ne couvre qu'une partie des pertes subies. Or, Hsee et Kunreuther (2000) démontrent l'inverse, c'est-à-dire que les compensations offertes peuvent être attractives pour les individus. Si nous suivons les conclusions observées par ces derniers, une compensation ou une subvention pour les individus qui suivent de bonnes pratiques pour la lutte contre les coulées boueuses pourrait influencer l'adhésion des populations à ces démarches. L'affect doit être mentionné dans les questionnaires dans le but d'évaluer son influence sur les attitudes des populations face aux propositions de mesures de protection personnelle.

Dans ce contexte, l'**hypothèse de consolation** (*consolation hypothesis*) définie par Hsee et Kunreuther (2000) prend toute son importance. La demande d'indemnisation ne dépend pas uniquement de la somme versée mais aussi de la compensation souhaitée pour la perte de l'objet en question. La peine éprouvée est considérée par l'individu et les compensations financières sont systématiquement demandées lorsqu'il est attaché au bien endommagé. De même, cette hypothèse

stipule que ces mêmes individus refusent toute solution d'échange : l'indemnisation ou la compensation monétaire permet de combler le préjudice subi, ce qui n'est pas quand le bien est échangé. **L'effet de capitalisation** (*endowment effect*) s'associe facilement à l'hypothèse de consolation. Selon la *Prospect Theory*, les individus demanderaient une somme plus importante pour vendre un bien que ce qu'ils seraient prêts à payer pour acheter ce même bien. Il s'agit de la traduction du consentement à payer et du consentement à accepter : cette différence a été étudiée par Kunreuther *et al.* (1988) pour l'implantation d'installations nucléaires dangereuses. Ils notent que 70% des individus refuseraient d'être payés pour vivre à proximité de telles installations, mais 40% seraient prêts à payer pour que ces installations soient déplacées. Selon Cummings *et al.* (1986, in Camerer et Kunreuther, 1989) les individus auraient un budget implicite qu'ils sont prêts à dépenser pour préserver leur environnement. Ces observations montrent que des contributions pour limiter les risques (de coulées boueuses dans notre cas) peuvent être demandées aux populations. La question est de trouver la limite de ces participations financières.

Pour que ces participations financières soient acceptées par l'ensemble de la population, le regret doit être pris en compte dans les décisions prises par les individus car il révèle un véritable sentiment de choix face aux probabilités proposées. En effet, la **théorie du regret** (*regret theory*) démontre que les individus face à des choix de probabilités vont toujours voir l'opportunité associée au choix (Camerer et Kunreuther, 1989) : ils vont opter pour des choix où les opportunités ne violent pas l'axiome de transitivité (Chapitre 1). Selon ces auteurs, le regret est consécutif à la croyance qu'une catastrophe est toujours plus prévisible qu'elle ne l'a été réellement. Ce biais, nommé *hindsight bias* (biais rétrospectif) par Fischhoff (1975), est hautement significatif pour les événements à faible probabilité d'occurrence et souvent relayé par les médias. Hawkins et Hastie (1986) insistent sur le fait que ce biais doit être minimisé : les individus éprouvent moins de regrets face à une situation et leurs choix sont indépendants de regrets anticipés.

Finalement, la prise en compte de ces facteurs (l'ambiguïté, l'expérience passée, l'anticipation d'événements futurs, l'affect, l'hypothèse de consolation, l'effet de capitalisation et la théorie du regret) nous semble judicieuse au regard des données que nous avons pu collecter par le biais des enquêtes de perception. Nous sommes consciente de l'aspect purement théorique de ces propositions, mais nous nous plaçons dans une optique de traitement de nos données pour une formulation de modèle de comportements face aux coulées boueuses. Ce modèle devra ensuite être testé auprès des populations directement concernées par ce risque, mais aussi auprès de populations d'étudiants dans le but d'identifier les variables explicatives de la transformation des probabilités face au risque de coulées boueuses. À terme, ces données doivent pouvoir être utilisées pour déterminer des politiques de gestion adaptées au contexte environnemental, social, aux représentations du risque par les individus et à leurs comportements prédictifs et observés.

Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons exposé la démarche suivie pour le calcul des indices de perception et de comportements de nos enquêtés. Pour formuler ces indices de façon rigoureuse, nous nous sommes appuyée sur le paradigme psychométrique qui présente deux avantages : (i) il offre une bonne traduction de données qualitatives (les discours par exemple) en données quantitatives utilisables pour un calcul des représentations, (ii) il permet, à terme, de lier aisément tout jeu de données spatialisées à des modèles de comportements issus de théories économiques.

Au regard des conclusions proposées dans ce chapitre, deux de nos hypothèses peuvent être validées.

La première hypothèse stipule que le **degré de perception** du risque **induit une modulation de la vulnérabilité**. Rappelons que nous avons orienté notre caractérisation de la vulnérabilité de la population sondée autour de la connaissance de sa perception du risque. Afin de quantifier le degré de perception des individus enquêtés et en déduire son influence sur la modulation de la vulnérabilité, nous avons calculé des indices de perception.

Nos résultats font ressortir deux éléments importants. Tout d'abord, il existe une forte relation entre la perception du risque de coulées boueuses et la localisation des enquêtés dans une zone de ruissellement. En effet, nous avons observé que les individus en zones « non concernées » affichent une forte aversion au risque : ils se sentent particulièrement vulnérables alors que leur position dans la commune les protège du risque. Inversement, les individus des zones « cibles » (souvent sinistrés) ont une très faible aversion au risque et par conséquent ils font état d'une faible vulnérabilité face aux coulées boueuses. Par ces observations, nous pouvons d'ores et déjà mentionner le fait que le degré de perception module la vulnérabilité ressentie par les individus.

Ces analyses sont corroborées par les résultats issus du calcul de l'indice de comportements annoncés. Nous avons pu noter à plusieurs reprises que le comportement adopté pouvait renforcer la vulnérabilité des populations (par les effets de panique et les risques de sur-catastrophe, par exemple). Bien que le lien entre les indices de perception et les indices de comportements ne soit pas statistiquement démontré, nous insistons sur la variation de ces comportements selon la proximité aux zones d'aléa ou d'enjeux. Les individus en zones « non concernées » annoncent des comportements très hétérogènes : tous ne semblent pas sensibilisés au risque de la même manière, ce qui peut être problématique en cas de catastrophe. De même, les individus en zones « cibles » affichent de « mauvais » comportements : leur faible aversion au risque semble induire une faible attention portée à leurs attitudes en cas de sinistre. Par ces rapides rappels de nos résultats, nous pouvons également retenir que la vulnérabilité est influencée par les comportements des individus en situation de risque.

Ces deux points montrent toute l'importance de campagnes de prévention : la vulnérabilité ressentie par les individus pouvant être largement régulée par des actions sur leur perception du risque. De l'information sur le niveau de risque réellement encouru ou de l'information sur les « bons » comportements à adopter en cas de catastrophe aideraient à diminuer les fortes aversions et permettraient de réduire la vulnérabilité.

La seconde hypothèse énonce que l'utilisation d'une enquête de perception contextualisée et menée sur le terrain (*field experiment*) permet d'obtenir des **données** pouvant améliorer les **modèles théoriques utilisés en économie comportementale**. Nous avons mentionné au début de ce travail, le fait que nous nous plaçons dans une perspective purement théorique. De ce fait, nous n'avons pas formalisé de modèles de comportements mais nous avons proposé des pistes de réflexion sur les limites des modèles existants dans le cadre de leur utilisation avec de données obtenues *in situ*.

L'ensemble de nos résultats ainsi que les études relatives aux attitudes des individus dans des situations d'incertitude, nous ont fait nous questionner sur la prédiction de leurs comportements en condition de risque. Nous avons noté dans la littérature que les individus ne traitent pas les probabilités d'occurrence d'un risque de façon linéaire : des variables propres à leur croyances, échelles de valeurs, *etc.* interviennent fortement dans le traitement des probabilités. Une approche mobilisant des données sur la perception d'un risque prend tout son sens : elle offre l'opportunité de saisir les caractères intrinsèques des individus qui vont directement influencer leurs attitudes (plus ou moins averses) face à un risque.

L'utilisation de la méthode relative au paradigme psychométrique est judicieuse car elle permet d'obtenir des données sur la perception exploitables lors d'analyses sociogéographiques, mais surtout, le paradigme psychométrique se base sur les mêmes facteurs que ceux utilisés dans des modèles théoriques d'économie comportementale (notamment la *Prospect Theory*). Un premier lien entre données géographiques et analyses économiques peut être établi.

Pour répondre plus précisément à notre hypothèse, nous avons pu noter que les modèles actuellement utilisés pour modéliser les comportements des individus omettent certaines variables, qui nous paraissent essentielles, particulièrement dans le cadre d'une étude d'un risque naturel.

Ainsi, sur la base de la littérature existante et des conclusions énoncées suite à l'analyse de nos enquêtes, nous pouvons affirmer que les **données contextualisées et de terrain permettent d'améliorer les fondements théoriques des modèles économiques**. Nous proposons d'ailleurs que ces derniers soient déterminés sur la base des facteurs relatifs au paradigme psychométrique associés à l'ambiguïté, l'anticipation d'événements futurs, l'affect, l'hypothèse de consolation, l'effet de capitalisation et la théorie du regret. L'ensemble de ces variables permettra d'estimer au plus juste les perceptions du risque (quel qu'il soit) et de prendre en compte les indices ainsi obtenus pour définir des politiques environnementales concordantes avec les attentes des populations soumises à un risque.

Chapitre 7. Discussion - De la validation des résultats : apports et limites

Notre travail associe des méthodes de collecte de données géographiques et des méthodes d'analyses utilisées en économie. Dans notre démarche, nous n'utilisons pas l'approche économique dans un but de chiffrage des pertes subies par les individus ou par les collectivités. Nous avons souhaité intégrer l'économie par le biais de l'appréhension du comportement des individus dans des situations d'incertitude, représentées ici par la probabilité d'occurrence d'un risque. Ce genre d'approche est encore très peu utilisé dans les études sur les risques, la majorité des travaux s'intéressant davantage à l'association des attitudes des individus face à un risque et à leurs conséquences économiques (Boardman *et al.*, 2003b; Evrard *et al.*, 2007b; Cerdan *et al.*, 2009).

Par le caractère pluridisciplinaire de cette thèse, des choix se sont imposés lors de chaque étape de notre réflexion méthodologique ou de l'analyse des résultats. Bien qu'ils soient justifiés par notre problématique de départ et nos hypothèses de recherches, l'ensemble de nos résultats (présentés dans les Chapitres 5 et 6) et des conclusions avancées doit être discuté. Nous reprenons ici les principales étapes de notre réflexion : pour chacune d'entre elles, nous insisterons sur les points innovants mais aussi sur les limites et améliorations que nous pouvons d'ores et déjà identifier.

Avant d'entamer la discussion autour de notre démarche scientifique, rappelons que notre **problématique** de départ stipule que la prise en compte des niveaux de perception du risque par les acteurs concernés apporte des éléments essentiels pour déterminer/modifier leurs comportements. Cette considération permet aussi d'améliorer les politiques de réduction des risques en insistant sur les attentes des populations. Suivant cette problématique, nous avons défini un **postulat** selon lequel les degrés de perception du risque sont le fruit d'interactions entre les facteurs suivants : la proximité de la zone d'aléa ou d'enjeux du risque, le niveau d'information relatif à ce risque, le niveau de protection, le sentiment de sécurité face à ce risque et la mémoire du risque.

7.1. Une méthodologie d'échantillonnage et d'enquête validée par les résultats

Pour répondre à notre problématique de recherche, nous avons défini une méthode de collecte de données basée sur une distinction spatiale des zones à enquêter, dans lesquelles l'aléa et la vulnérabilité se rejoignent ou au contraire sont parfaitement distincts. Bien que notre point de vue soit avant tout **spatial**, nous devons aussi pouvoir effectuer des **comparaisons** entre **groupes**, notamment pour une exploration des attitudes face au risque de coulées boueuses. Ces comparaisons sont d'ailleurs courantes dans les études sur la caractérisation de la perceptions des risques (Samdhal et Robertson, 1989; Dietz *et al.*, 2002; Moffatt *et al.*, 2003; Quinn *et al.*, 2003; Hunter *et al.*, 2004; Petrova, 2004). Nous nous sommes focalisée sur trois acteurs de proximité : les élus locaux, les agriculteurs et la population résidente, l'échelle d'analyse retenue étant celle de la commune. Les résultats issus de nos questionnaires d'enquête semblent valider la majorité de nos choix relatifs à la démarche méthodologique définie. Cependant, certains points méritent d'être soulevés.

7.1.1. Un échantillonnage spatial innovant pour collecter des données de qualité

Lors de la détermination du plan d'échantillonnage appliqué à l'ensemble de nos communes, plusieurs choix ont dû être faits. Ils concernent les quatre points suivants :

- **l'échelle d'échantillonnage** à utiliser : doit-elle intégrer l'ensemble d'un bassin versant ou ne prendre en compte que le territoire communal ?
- les **délimitations** des zones à enquêter : faut-il appliquer un maillage régulier (de type carroyage) ou privilégier une réalité « physique » ?
- la détermination du **plan de sondage** : les individus enquêtés doivent-ils être tirés au sort de façon aléatoire ou une stratégie par stratification est-elle plus adaptée ?
- la définition des **modalités** de passation : quel type de données souhaitons-nous obtenir et de ce fait quel type d'enquête devons-nous utiliser ? Faut-il faire une relance ou au contraire n'obtenir des retours qu'avec une sollicitation ?

Pour répondre à notre première interrogation, nous avons opté pour un échantillonnage à **l'échelle communale**, notre volonté étant d'obtenir des données de représentations du risque dans des communes affectées par les coulées boueuses. Le choix de cette échelle est pertinent dans le sens où de nombreuses décisions relatives à la gestion des risques se dessinent et sont instaurées à ce niveau : citons par exemple, les plans de prévention des risques, les plans locaux d'urbanisme, les plans de sauvetage et les mesures de protection à prendre. De plus, l'échelle de la commune n'est pas réduite aux seules habitations, le territoire communal intègre également les zones agricoles environnantes ce qui nous permet d'avoir une bonne représentation de l'ensemble des difficultés soulevées par la gouvernance des risques (problèmes relatifs à l'urbanisation des communes, à l'organisation des zones cultivées ou naturelles, *etc.*).

L'échelle du bassin versant offre des informations que nous avons partiellement mises de côté. Les processus physiques du ruissellement et de formation des coulées boueuses sont généralement appréhendés à cette échelle (Papy et Boiffin, 1988; Boardman *et al.*, 2003a; Takken *et al.*, 2005; Van Dijk *et al.*, 2005; Joannon *et al.*, 2006). Nous ne nous plaçons pas dans une logique d'étude précise de l'érosion des sols et de ses processus de formation, effectivement répartis sur l'ensemble d'un bassin versant. Nous nous situons davantage dans une appréhension des attitudes des individus, données qui se dédouanent des limites « physiques ». Bien que Mathieu et Joannon (2003) dans leur étude sur les pratiques des agriculteurs dans un même bassin versant, montrent que des actions préventives efficaces peuvent être menées au niveau du bassin versant, nous n'avons pas souhaité conserver cette échelle car de nombreux ajustements du plan d'échantillonnage devaient être mis en œuvre. Nous avons pu le vérifier en essayant de conserver cette échelle pour quatre communes du Haut-Rhin (Blotzheim, Michelbach-le-Bas, Ranspach-le-Bas et Ranspach-le-Bas). Elles appartiennent au même bassin versant mais à cause des vides trop importants dans les espaces inhabités et les redressements réguliers du plan de sondage le résultat obtenu équivalait à un échantillonnage par commune.

En outre, contrairement aux transferts de connaissances entre les individus appartenant à un même corps de métier (comme dans l'étude de Mathieu et Joannon précédemment citée), les décisions de gestion des risques et des catastrophes ne se prennent que très rarement au niveau du bassin versant. Certaines mesures de concertation existent (notamment pour la gestion des eaux et des inondations, dans le cadre des SDAGE ou SAGE pour lesquels une réflexion à l'échelle du bassin versant est systématique, comme le souligne Vinet, 2007) mais, dans le cas des coulées boueuses, les actions communales restent privilégiées, celles-ci résultant bien souvent d'un consensus au sein de l'équipe municipale.

En ce qui concerne **le type d'échantillonnage** utilisé, la collecte des données se fonde sur une différenciation spatiale des zones de ruissellement. Cette délimitation permet d'obtenir un plan de sondage suffisamment précis dans les espaces habités, tout en respectant une réalité « physique » nécessaire à nos comparaisons. En conservant un maillage classique (carroyage régulier sur l'ensemble de la commune, par exemple) trop de zones étaient sous représentées (trop d'habitants dans les centres des communes) tandis que d'autres étaient surreprésentées (vides aux périphéries). De plus, un maillage régulier ne permet pas de comparer des espaces aux caractéristiques « physiques » voisines. Ainsi, pour conserver une association de zones similaires et pour utiliser un langage commun avec les études sur les processus, nous avons adapté les partitions « physiques » des zones « contributives » ou « productives » de ruissellement au sein des bassins versants agricoles (Puigdefabregas *et al.*, 1999; Imeson et Prinsen, 2004; Mueller *et al.*, 2007) à notre plan d'échantillonnage. Le transfert d'échelle du bassin versant à la commune et l'adaptation des zones de ruissellement a permis de distinguer quatre zones : les zones « sources », « cibles », « non concernées » et de « transition ».

La détermination du zonage n'est pas sans poser quelques problèmes, notamment en termes de masse d'information dont il faut disposer. Pour pouvoir différencier précisément les zones de ruissellement, des cartes topographiques, des données relatives aux coulées boueuses passées, une cartographie des connexions entre les parcelles agricoles et les zones urbanisées, une cartographie du type de cultures en place, *etc.* sont nécessaires. Outre le fait que ces données ne sont pas toujours disponibles facilement (ce qui signifie des campagnes de terrain spécifiques), le nombre élevé de supports entraîne une certaine lourdeur de la méthode d'échantillonnage.

Cependant, l'avantage de notre différenciation en zones de ruissellement réside en la détermination d'un échantillonnage précis. Grâce aux données obtenues dans chacune des zones, l'échantillonnage permet une représentation fine des différences de perception en fonction de la proximité à l'aléa ou aux enjeux. Sur ce point, nos principaux résultats ont fortement validés notre technique d'échantillonnage par strates : environ 89% des individus ayant été touchés par une coulée boueuse résident dans les zones « cibles ». Cela signifie que **la distinction entre les zones de ruissellement par le biais de notre méthode est extrêmement précise**. Notre échantillonnage a également été validé par les résultats obtenus sur les attitudes face au risque de coulées boueuses où de fortes différences apparaissent lorsque des comparaisons entre zones de ruissellement sont effectuées.

Il est intéressant de noter cette validation du plan d'échantillonnage car une telle distinction spatiale n'avait jamais été entreprise auparavant. Mais l'échantillonnage par distinction de zones n'est valable que pour un temps donné : la nature des zones évolue. Des zones de « transition » par exemple, peuvent être affectées par une coulée boueuse qui empruntera un chemin différent et, sous sa forme actuelle, notre échantillonnage ne permet pas de prendre en compte cette dynamique temporelle. Une étape supplémentaire serait l'intégration de notre cartographie dans un système d'information géographique (SIG). L'intégration de données relatives à la vulnérabilité d'un milieu sous SIG est courante (Glatron, 2001; Grossi et Kunreuther, 2005; Beck et Glatron, 2006; Chaviteau et Vinet, 2006; Greiving, 2006; Kiunsi et Meshack, 2006) et permet de mettre au point des modèles de risques prenant en compte l'aléa et la vulnérabilité (Maquaire *et al.*, 2004; Veyret, 2004; Grossi et Kunreuther, 2005; Thiery, 2007). Dans notre cas, l'intégration sous SIG de nos données de perception permettrait d'ajuster les évolutions spatio-temporelles des zones enquêtées et celles des indices de vulnérabilité à y associer. Les autres avantages sont la possibilité de renseigner pour chaque zone le nombre d'individus touchés, les dégâts répertoriés, les mesures déjà prises, les espaces connectés à la zone sinistrée, les mesures de prévention ou de protection prévues, *etc.* De plus, l'utilisation d'un SIG permettrait d'archiver rapidement les zones d'appartenance des individus échantillonnés et d'en faciliter la cartographie.

À ce propos, le **choix des individus** soumis au questionnaire s'est fait en fonction de leur appartenance à une zone de ruissellement. Tout le travail de délimitation de ces zones effectué en amont a permis de repérer avec précision le nombre d'enquêtes nécessaires dans chacune d'elle. L'ensemble des habitants des zones a été soumis au questionnaire, sans tirage au sort. La spatialisation du plan d'échantillonnage tout comme le caractère anonyme des enquêtes n'a pas permis de faire de relance.

7.1.2. Un choix d'acteurs limité

Les acteurs enquêtés dans cette étude ont été limités aux populations **résidentes**, aux **agriculteurs** et aux **élus locaux**. Nos hypothèses de travail tendent à identifier des différences de perception à l'échelle locale : il nous semble justifié de nous intéresser prioritairement aux acteurs de proximité, c'est-à-dire aux individus directement concernés par la gouvernance du risque de coulées boueuses (Heitz, 2005; Heitz *et al.*, 2009). Dans nos résultats, certaines comparaisons entre les types de populations souffrent d'un manque de représentativité statistique. Aucune sélection sur la « fonction » occupée par les enquêtés n'a été entreprise avant le dépôt des questionnaires³⁰ entraînant une hétérogénéité dans la taille des échantillons.

Cependant, les données collectées sont suffisamment robustes et de qualité pour nous autoriser à établir des comparaisons et ce malgré un nombre de répondants très hétérogènes. Crouch et McKenzie (2006) rappellent qu'en sociologie, la taille de l'échantillon n'influence pas forcément les résultats obtenus, précisant qu'entre des échantillons de petite taille (moins de 30 individus) et des échantillons plus importants, des résultats similaires sont observés. Bien que nos échantillons d'agriculteurs et d'élus locaux soient statistiquement faibles, nos observations indiquent des tendances valables. Néanmoins, des envois ciblés auraient dû être entrepris afin d'avoir une représentation plus juste de ces deux populations. Rappelons tout de même que le poids des différents types de populations dans notre échantillon est représentatif de leur poids dans la population régionale totale (estimé d'après les statistiques INSEE, 2007).

Nous nous sommes essentiellement concentrée sur les acteurs de proximité, mais d'autres acteurs interviennent dans la gestion des coulées boueuses : ils se situent à des échelons supérieurs, c'est-à-dire nationaux, régionaux ou départementaux. Leur prise en compte permettrait d'affiner les comparaisons entre « experts » et « profanes » et de préciser les facteurs intervenant dans les variations de perception du risque.

Pour les comparaisons entre savoirs « experts » et « profanes », nous avons utilisé une population d'étudiants. Nous les avons sélectionnés pour leurs connaissances théoriques et parce qu'ils n'ont *a priori* jamais subi de coulées boueuses. Les résultats comparatifs des connaissances des processus entre les populations résidentes et les étudiants sont à l'image de ceux obtenus par des comparaisons entre les « experts » et les « profanes » (Gregory *et al.*, 1996b; Lazo *et al.*, 2000; Rowe et Wright, 2001; Wright *et al.*, 2002; Savadori *et al.*, 2004; IRSN, 2007; Lowrey *et al.*, 2007). Bien entendu, cette comparaison doit être maniée avec prudence : nous conférons une certaine expertise aux étudiants alors que ces derniers n'ont pas la même expérience qu'un chargé de la gestion des risques naturels, par exemple. Sur ces questions, il serait utile d'élargir notre échantillon à des gestionnaires du risque (dans les services déconcentrés de l'État par exemple).

³⁰ La répartition des enquêtés selon leurs « fonctions » a été entreprise a posteriori, c'est-à-dire lors du dépouillage des questionnaires retournés.

Bien qu'extrêmement prudente dans nos comparaisons entre étudiants et populations des communes, nos résultats indiquent tout de même un point important. Comme le démontrent Hsee et Kunreuther (2000) l'affect tiendrait un rôle important dans la perception d'un risque. Dans notre enquête, cela se vérifie par des degrés d'aversion au risque différents. Les étudiants ont, en moyenne, une aversion au risque de coulées boueuses beaucoup plus faible que les populations, ce qui peut s'expliquer par : (i) une meilleure connaissance « théorique » des processus (nous avons pu noter que la connaissance d'un risque peut influencer la perception) et (ii) l'absence de lien direct entre les coulées boueuses et les étudiants : ils ne sont pas directement concernés par le risque de coulées boueuses et ne doivent pas le gérer, ils sont totalement extérieurs au problème. Une fois encore ce type de résultats doit être confirmé par la prise en compte d'autres types d'acteurs (une population résidente de commune vierge de tout risque, par exemple).

Ces quelques remarques, nous permettent d'insister sur l'apport d'une différenciation plus importante du type d'acteurs à enquêter. Des comparaisons de données entre différents questionnaires du risque, des politiciens, des membres de syndicats agricoles ou d'associations foncières, etc. permettraient d'affiner certains de nos résultats. L'utilisation d'autres acteurs ne nécessiterait pas la reformulation du questionnaire : par les données collectées nous avons pu souligner la qualité de sa définition.

7.1.3. Des questionnaires fournissant des données adaptées à nos analyses

Le questionnaire est basé sur une alternance de questions ouvertes et fermées dans le but d'obtenir des types de données différents (discours, échelles de valeurs, classements, etc.) et pour éviter que les répondants ne se lassent. Nous avons observé que la majorité des questionnaires retournés sont exploitables (environ 90%). Le taux de retour de 14,5% (enquête par questionnaire auto-administré et sans relance) dépasse nos attentes et montre que :

- les individus se sentent concernés par les problématiques relatives aux coulées boueuses et légitimes à partager leur avis et à participer au débat concernant leur gestion ;
- le questionnaire est relativement bien conçu malgré un important temps de remplissage (30 min en moyenne).

Le traitement et l'analyse des réponses obtenues par le biais des questionnaires se sont axés autour de deux **objectifs** :

- une **connaissance** des **attitudes** et des préférences des individus face au risque de coulées boueuses. Dans ce cas, l'ensemble du questionnaire a pu être utilisé et les données obtenues ont pu être comparées selon les groupes de populations enquêtées et leurs caractéristiques sociales (Samdhal et Robertson, 1989; Graham et Rhomberg, 1996; Cutter *et al.*, 2003; Bickerstaff, 2004; Petrova, 2004; Brilly et Polic, 2005). Le choix des items basés sur des enquêtes nationales a complété nos analyses par des comparaisons avec les préoccupations observées à l'échelle nationale (Duflos et Hatchuel, 2004; Beck, 2006; IRSN, 2007; Picard, 2009).
- un **calcul** des **indices de perception** et de **comportements** en cas de catastrophe. Pour pouvoir utiliser toutes les questions nécessaires à ce calcul, un recodage de certaines réponses (issues des questions ouvertes) a été entrepris. Cette adaptation de données qualitatives (les discours) en données quantitatives constitue un frein à l'exploitation de l'ensemble du questionnaire : les classements ou choix entre items proposés ne peuvent être recodés sans une forte intervention de l'analyste. De ce fait, ce type de question s'est avéré inutilisable dans le calcul des indices.

Nous remarquons que selon les objectifs suivis, l'ensemble du questionnaire ne peut être utilisé : certaines améliorations peuvent être proposées.

Tout d'abord, quelques questions semblent faire double-emploi. En d'autres termes, certaines d'entre elles portent sur la même thématique mais présentent des tournures différentes. Théoriquement l'utilisation de ce type de question, posée à des endroits différents du questionnaire, permet de valider les réponses obtenues en les comparant entre elles (De Singly, 1992). Des contradictions dans les réponses pour un même enquêté peuvent ainsi être relevées. Mais nous avons remarqué à l'aide des commentaires laissés dans les questionnaires par les enquêtés, que cette procédure a tendance à alourdir l'enquête. En supprimant certaines de ces questions, notre enquête gagnerait en rapidité de remplissage et nous pourrions tendre à un taux de retour plus important (comme le soulignent Kaplowitz *et al.* (2004), il est difficile de prédire les taux de réponse à une enquête. Mais ils répertorient des points importants expliquant dans le refus de participer : le temps imparti au remplissage est un facteur discriminant).

Second point, nous avons opté pour une exploitation des données basée sur le paradigme psychométrique. Pour une utilisation optimale de nos questionnaires dans ce sens, davantage d'échelles de valeurs (échelles de Lickert) doivent être proposées aux enquêtés. Elles permettent une retranscription exacte des degrés de perception par les individus, sans intervention de la part de l'analyste. Elles sont d'ailleurs exclusivement utilisées dans des études sur les préférences des individus dans des situations de choix risqués (Slovic, 1992; Marris *et al.*, 1998; Fischhoff *et al.*, 2000; Sjöberg, 2000; Lai et Tao, 2003; Sjöberg *et al.*, 2004). Ces études identifient clairement les variables à expliquer et les variables explicatives et rapportent de fortes corrélations entre les perceptions des individus et les réalités observées. Ces conclusions justifient l'utilisation des facteurs psychométriques dans la formulation de nos indices de perception du risque (§ 7.3).

Cependant, **l'absence d'échelles de perception** pour certaines estimations de facteurs impliqués dans les perceptions des risques, nous a obligé à recoder les réponses. Bien que la méthode de recodage soit assez simple, elle pose la question de l'évaluation de la note maximale : doit-elle être évaluée par rapport à la meilleure note obtenue par l'ensemble de la population ? Ou doit-elle être comparée à une note maximum estimée par le scientifique ? Dans notre travail, le point de référence est la meilleure note pouvant être obtenue par un individu. Pour cela, nous avons considéré l'ensemble des mots-clés utilisés par les enquêtés : le score attribué à l'individu traduira sa position (son niveau de connaissance, par exemple) par rapport au reste de la population enquêtée.

Nous traduisons un niveau de citation, c'est-à-dire que nous n'évaluons à aucun moment la pertinence en termes d'efficacité ou de cohérence territoriale des solutions citées. Les résultats déduits des discours sont ainsi au plus proche des connaissances ou préférences des enquêtés. Cette technique de recodage fonctionne sur des questions ouvertes, donnant libre cours aux discours. Sa simplicité d'exécution facilite le traitement des questionnaires, mais pour que les résultats soient significatifs, il faut que les discours soient riches en information.

Enfin, un autre type de données a été collecté, il s'agit des **cartes mentales**. De nombreuses études relatent les avantages de l'utilisation de tels outils pour obtenir des données sur les représentations cognitives des espaces par les individus ou sur leur capacité à spatialiser des lieux importants (Pinheiro, 1998; Horan, 1999; Chokor, 2003). La cartographie mentale fournit des informations en nombre et bien que la collecte en elle-même soit rapide, la rigueur du traitement des données collectées demande un temps d'analyse important. De ce fait, nous n'avons pas exploité ces données dans le cadre de ce travail.

Néanmoins, nous avons posé les bases de la méthode de traitement et pouvons noter le bon taux de remplissage de cette question. Plus de 50% des enquêtés ont dessiné leur environnement proche et les zones qu'ils désignent comme risquées. Ce taux de retour est bon, d'autant plus que nous ne pouvions contrôler le refus de répondre ni certaines limites dues à l'exercice en tant que tel. Elles concernent essentiellement la « peur du crayon », c'est-à-dire une certaine inhibition à dessiner ou le caractère infantilisant de l'exercice (Gould et White, 1984). Dans notre cas, l'anonymat du questionnaire et l'anonymat des données dessinées sur les croquis semblent jouer un rôle dans le consentement à répondre.

7.2. Des attitudes face aux coulées boueuses concordantes avec des études nationales

Notre méthode d'échantillonnage ainsi que l'organisation du questionnaire montrent de bons résultats en termes de taux de retour ou de qualité des données collectées. Lors du traitement de ces dernières, nous avons pu valider notre démarche sur plusieurs plans. Tout d'abord, nos conclusions sur les **attitudes** face au risque de coulées boueuses rejoignent des observations issues d'études nationales (sur ce point, nous nous sommes référée aux études menées par le CREDOC). Ensuite, nous notons une forte corrélation de notre plan d'échantillonnage avec nos résultats d'analyses spatialisées (par la distinction entre les zones de ruissellement). Néanmoins, des **pistes** pour **améliorer** les croisements ou les comparaisons entre données peuvent être avancées.

7.2.1. Les représentations des coulées boueuses au service de la gestion du risque

Dans cette discussion, nous allons nous focaliser sur les trois conclusions principales que nous pouvons extraire de nos interprétations de résultats. Elles concernent essentiellement les thématiques liées aux actions à mettre en œuvre dans les communes sinistrées et aux mesures à privilégier. Pour l'ensemble de la population enquêtée, nous avons noté l'importance attribuée aux interlocuteurs locaux dans la gestion des risques, rejoignant les conclusions issues d'autres études (Duflos et Hatchuel, 2004; Zilli Bacic *et al.*, 2006; Birkmann, 2007). Nous reprendrons nos interprétations relatives aux questions de **gouvernance** du risque de coulées boueuses, de **confiance** et de **légitimité** accordées à certains acteurs dans cette gestion et de diffusion des **informations** nécessaires à la prévention de catastrophes futures.

Pour 75% des individus enquêtés, la **gouvernance** du risque de coulées boueuses doit être régionale ou nationale. Duflos et Hatchuel (2004) arrivent aux mêmes conclusions : à l'échelle nationale, les instances étatiques restent prioritaires aux yeux de la population. Ces auteurs précisent d'ailleurs que, pour la population, les mesures les plus lourdes ou difficiles à mettre en place (réglementation des zones soumises à un risque, gestion de la protection des habitants ou de leur sécurité, *etc.*) sont à la charge de l'État. Il est intéressant de noter que les individus ne se remettent que très rarement en cause dans la gestion des risques : la mise en place de mesures de protection individuelle reste marginale (Milne *et al.*, 2000; Neuwirth *et al.*, 2000; Grothmann et Reusswig, 2006), alors qu'elles pourraient s'avérer efficace. Dans notre enquête, cela se traduit par un très faible pourcentage d'enquêtés (moins de 1%) se disant être prêt à modifier son comportement pour diminuer les risques.

Si la gouvernance des risques est réservée aux instances étatiques, la **confiance** et la **légitimité** d'action sont essentiellement locales. La mairie est l'interlocuteur privilégié pour 32% des individus. Ils estiment que ce sont les équipes municipales en place qui doivent initier les mesures à prendre pour diminuer les risques. Ce sont également aux élus locaux d'instaurer une concertation entre les différents acteurs chargés de la gestion des risques. De nombreuses études (Bradbury *et al.*, 1999; Gerber et Neeley, 2005; Kahn et Rahamn, 2007; Heitz *et al.*, 2009) montrent l'importance de ce genre d'action dans les stratégies de réduction des risques. Néanmoins, ces observations sont pour le moins paradoxales car, dans les faits, peu de pouvoirs ou de champs d'actions sont conférés aux entités locales. Des réflexions sur ce point doivent affiner nos résultats : nous pensons ici à une analyse des différences entre les responsabilités réelles et perçues par la population dans les questions de légitimité d'action.

En ce qui concerne la diffusion d'information à l'égard des populations, les vecteurs locaux sont une fois de plus plébiscités : 32% des enquêtés utilisent la presse régionale ou 29,7% d'entre eux déclarent consulter les chaînes de télévision locales dans leur recherche d'information. Ces résultats vont dans le sens de nombreuses études relatives aux stratégies de **communication** sur les risques (Viscusi et Zeckhauser, 1996; Thompson, 2002; Wakefield et Elliott, 2003; Slovic *et al.*, 2004; Lowrey *et al.*, 2007). Mais concrètement, les questionnements relatifs à l'information des individus soumis au risque de coulées boueuses sont encore peu abordés aujourd'hui. Or, il est admis que les processus d'information sur les attitudes à adopter en cas de catastrophe permettent une diminution notable des dommages (Viscusi et Zeckhauser, 1996; Mileti et Peek, 2000). Cela signifie que l'information préventive des individus peut influencer la baisse de leur perception d'un risque et à long terme réduire leur vulnérabilité (cela a été validé dans le cas du risque hépatique par exemple - Munoz-Sastre *et al.*, 2006). De ce fait, nos conclusions sur les processus de diffusion d'information doivent être directement mises en relation avec les indices de perception et de comportements annoncés.

7.2.2. Quelques propositions pour compléter les résultats d'enquête

Afin de compléter nos résultats, nous avons identifié trois points autour desquels des réflexions doivent être menées.

Premier point, l'**époque de passation** peut entraîner un biais dans les réponses obtenues. Nous avons sélectionné nos communes sur la base des dates de survenue des coulées boueuses. Des pas de temps différents entre les sinistres ont été respectés afin d'obtenir des résultats sur la mémoire du risque. Nous avons constaté que la date de la dernière coulée boueuse n'influence pas le taux de réponse (§ 5.1), ni même les indices de perception du risque de coulées boueuses (§ 6.2). Mais ces comparaisons s'établissent entre des communes pour lesquelles plusieurs années pouvaient s'écouler entre deux événements ou au contraire pouvaient être sinistrées tous les ans. Qu'en est-il si ces comparaisons se limitent à une commune et que les comparaisons sont établies avant et après une coulée boueuse ? Il serait intéressant de compléter les données sur la mémoire du risque par ce type de comparaisons. Les différences dans les attitudes, les comportements annoncés et réellement adoptés, les représentations du risque ou les transformations de probabilités (plus importantes après un sinistre - Kunreuther et Pauly, 2004) pourraient en être déduites.

Deuxième point, nous proposons des questionnaires contenant quelques **questions différentes** en fonction de l'appartenance à une **zone** de ruissellement. Nous avons constaté que la proximité aux zones d'aléa ou d'enjeux influence fortement les attitudes et les perceptions des individus. Sur la base de nos résultats, les questionnaires peuvent être complétés par des questions centrées sur les attentes spécifiques de la population en fonction de sa localisation dans la commune. Par exemple, les individus des zones « non concernées » se sentent particulièrement vulnérables face aux coulées boueuses : leurs attentes ou craintes doivent être identifiées via les réponses aux

enquêtes afin de pallier à leurs besoins et éviter tout « mauvais » comportement en cas de catastrophe. Dans le même ordre d'idée, les individus des zones « de transition » montrent des niveaux d'information nettement moins importants que les individus en zones « cibles » : des questions relatives à leurs exigences informationnelles paraissent essentielles pour les individus des zones de « transition ».

Troisième point, il serait intéressant de déterminer des **questionnaires** partiellement **orientés** selon la « fonction » des acteurs enquêtés. Même si la composante spatiale reste omniprésente, les différences entre acteurs sont notables. Il s'agirait, une fois de plus, d'adapter les questionnaires aux besoins du type de population enquêté. En nous basant sur nos résultats, nous observons que les élus locaux ne hiérarchisent pas les solutions pouvant être apportées pour limiter les dommages dus aux coulées boueuses. Les questionnaires, sous leur forme actuelle, ne permettent pas d'explorer ces points en profondeur alors qu'ils sont révélateurs de la représentation du risque.

Bien que les données que nous avons collectées soient de qualité et valident notre démarche (que ce soit sur le plan de l'échantillonnage défini ou celui du questionnaire proposé), nous avons mis en avant que de petites optimisations pouvaient être proposées. Ces améliorations nous paraissent importantes et justifiées car, outre une utilisation pour la compréhension des attitudes et des représentations du risque des populations enquêtées, les données collectées déterminent le calcul des indices de perception du risque et de comportements, qui sont à la base de notre cartographie des représentations du risque de coulées boueuses. Cependant, plusieurs points dans la définition même de ces indices méritent d'être soulevés.

7.3. Comment préciser le calcul des indices de perception et de comportements annoncés ?

Afin de caractériser les perceptions du risque de coulées boueuses par les individus enquêtés nous avons déterminé un indice de perception. Dans la forme que nous proposons, cet indice prend en compte huit facteurs basés sur le paradigme psychométrique (Slovic, 1992; Marris *et al.*, 1998; Fischhoff *et al.*, 2000; Sjöberg, 2000; Lai et Tao, 2003; Sjöberg *et al.*, 2004). L'utilisation de cette méthode pour caractériser les perceptions d'un risque est usuelle en géographie et en économie. Cette méthode donne des résultats statistiquement significatifs (Drottz-Sjöberg, 1993; Sjöberg et Drottz-Sjöberg, 2001) et est largement inspirée de théories économiques facilitant l'utilisation des données obtenues dans des modèles de comportements en situation d'incertitude (Plattner, 2005; Plattner *et al.*, 2006).

7.3.1. Adapter l'indice de perception en fonction des données disponibles

L'indice de perception tel que nous l'avons conçu souffre de légères imprécisions car le jeu de données dont nous disposons ne nous permettait pas d'intégrer tous les facteurs psychométriques. Sur la base d'autres études de perception utilisant cette approche (Slovic, 1992; Fischhoff *et al.*, 2000; Sjöberg, 2000; Lai et Tao, 2003; Sjöberg *et al.*, 2004), nous avons sélectionné les facteurs nécessaires et suffisants pour pouvoir répondre à nos hypothèses de départ. Nous avons dû laisser de côté des facteurs tels que le caractère volontaire ou non du risque, son caractère menaçant ou son caractère dangereux. Nous sommes consciente des biais qu'entraîne cette omission et profitons de cette partie pour discuter de la pertinence de l'indice et de la façon dont l'ensemble des facteurs peut être intégré au calcul.

Nous avons pu noter dans la littérature (Weinstein, 1989; Bickerstaff, 2004; Grothmann et Reuswig, 2006; Cohen *et al.*, 2008) que **l'expérience vécue** influençait fortement les degrés de perception des individus. Par le type même de la réponse obtenue à cette question dans notre enquête, nous n'avons pas pu prendre en compte cette donnée dans l'indice. En effectuant des

comparaisons entre groupes sinistrés et non sinistrés, nos résultats tendent à montrer que l'expérience vécue n'a pas d'influence sur les indices de perception du risque de coulées boueuses, allant à l'encontre des conclusions des études précitées. Pourtant la prise en compte de cette donnée dans l'indice est une piste à affiner. Pour cela, nous proposons d'évaluer cette variable en proposant une échelle de valeur aux enquêtés. Cette échelle mesurerait le poids que les enquêtés confère à leur expérience passée sur leurs attitudes présentes. La note ainsi obtenue peut être intégrée à l'indice de perception sans intervention de la part de l'analyste.

Cette remarque vaut également pour le **caractère menaçant** représenté par les coulées boueuses. Pour Plattner et al. (2006), cette donnée est la principale variable explicative des différences de perception des risques. Sous sa forme actuelle dans le questionnaire, nous ne pouvons utiliser les données (binaires) relatives à ce facteur. Ainsi, à l'image des adaptations proposées pour évaluer l'expérience vécue, l'utilisation d'une échelle de valeur serait également justifiée dans ce cas.

La nature même de la prise de risque (soit le **caractère volontaire ou non du risque**) doit également être considérée. En effet, nous avons pu relever que selon son caractère volontaire ou non, le risque sera perçu différemment (Slovic *et al.*, 2005; Slovic et Peters, 2006). Dans notre travail, nous avons caractérisé cette donnée par l'appartenance à une des zones de proximité à l'aléa ou aux enjeux. Une fois de plus, pour plus de précision, elle peut être obtenue grâce à une échelle de valeur qui interrogerait les individus sur leurs degrés d'acceptation du risque auquel ils sont soumis.

Afin d'améliorer l'indice de perception, nous proposons une formule qui nous semble plus complète [Eq. 7.1] :

$$I(P) = \frac{\sum_{i=1}^3 c_i + F \cdot (f_1 + f_2 + e) + \sum_{j=3}^3 r_j + m}{N} \quad [\text{Eq. 7.1}]$$

La note finale reprend ici les 4 principales catégories de facteurs psychométriques où :

$I(P)$ = l'indice de perception compris entre {0, 10} composé de :

C = la connaissance du risque compris entre {0, 10} avec c_1 : le rôle des structures agricoles, c_2 : le type de cultures en place, c_3 : l'impact de l'urbanisation

F = la familiarité compris entre {0, 10} avec f_1 : les origines des coulées boueuses, f_2 : le niveau d'information et e : l'expérience vécue

R = le caractère réductible compris entre {0, 10} avec r_1 : le niveau de protection par les aménagements techniques, r_2 : les types de mesures cités, r_3 : les solutions connues

m = le caractère menaçant que représente le risque compris entre {0, 10}

N = le nombre de facteurs pris en compte

Notre indice de perception n'a pas pour unique vocation de pointer les zones où les aversions aux risques sont les plus importantes. Nous souhaiterions intégrer cet indice dans l'estimation même de la vulnérabilité des espaces soumis aux coulées boueuses, renforçant directement les liens entre les dimensions sociales, physiques, économiques et les représentations des risques. De ce fait, la spatialisation de nos indices est un point original de notre démarche car elle permet d'établir une relation entre perception et vulnérabilité des milieux cartographiés.

Pour l'heure, la spatialisation des indices de perception permet surtout de confronter les degrés d'aversion aux comportements annoncés par les populations en cas de coulées boueuses. Nous sommes ici au cœur des problématiques relatives à la gestion des catastrophes à l'échelle

locale : la comparaison entre les deux indices permet de définir clairement les zones où des actions de prévention et d'information doivent être mises en place.

7.3.2. Utiliser un indice de comportements annoncés plus exhaustif

L'indice de comportements annoncés permet d'évaluer une réaction annoncée par les individus mis dans une situation de catastrophe. Le calcul de cet indice prend en compte trois réactions pouvant être relevées lors d'une catastrophe :

- la mise en pratique des consignes de sécurité (si elles sont connues) ;
- les attitudes adoptées face à la protection d'autrui ;
- la réaction immédiate annoncée par les individus.

La formulation de cet indice est assez simple : des scores sont attribués à chaque proposition faite dans le questionnaire. Nous intervenons fortement dans les réponses des individus puisque nous soumettons les items pouvant être choisis. Mais cette intervention n'induit pas de biais trop important dans le sens où les propositions reprennent l'ensemble des comportements inventoriés sur les plaquettes de consignes de sécurité à suivre en cas de catastrophe (que ces comportements soient bons ou mauvais).

Nos résultats doivent être pris avec précaution car il s'agit avant tout d'une évaluation de comportements prédictifs : pour la majorité des enquêtés les comportements annoncés n'ont jamais été réellement mis en pratique. Mais, nous pouvons tout de même constater que 38,9% des individus annoncent de « mauvais » ou « très mauvais » comportements. Provitolo (2005) pointe l'importance d'améliorer les comportements en cas de catastrophes, notamment dans le but d'éviter les effets dominos. Mais seules quelques études explorent les impacts de la perception du risque sur les comportements adoptés (par exemple: Weinstein, 1989; Grothmann et Reusswig, 2006). Elles se rejoignent toutes sur l'importance de la perception dans les politiques de protection individuelles. La spatialisation des indices de comportements en fonction des indices de perception va dans ce sens en indiquant les espaces où les distorsions entre aversions et comportements sont les plus importantes. Selon nos observations, les actions de prévention et d'information doivent être prioritaires dans ces zones.

Etant donné son caractère **non exhaustif**, notre indice de comportements est amené à **évoluer** sur deux points : (i) par une augmentation des propositions de situations et de réactions associées afin d'affiner l'estimation des comportements annoncés par les individus et (ii) par la mise en place d'échelles de valeur sur le niveau de connaissance des consignes de sécurité à suivre estimé par les individus ou sur le degré de sensibilisation des individus sur ce point.

Par l'amélioration de cet indice, nous pensons qu'il aura toute sa place dans la détermination de la vulnérabilité d'un milieu. Il complètera les données socio-économiques par la prise en compte du comportement des individus dans les augmentations potentielles des dégâts.

Mais notre travail ne se limite pas à l'intégration de nos deux indices dans l'estimation de la vulnérabilité, nous avons cherché à aller plus loin, en essayant de voir de quelle manière nos données spatialisées pouvaient améliorer les théories économiques du comportement des individus en situation d'incertitude.

7.4. Contributions aux modèles théoriques utilisés en économie

Pour modéliser les attitudes des individus face à des choix incertains, nous proposons d'utiliser conjointement les indices de perception et les indices de comportements annoncés en cas de catastrophe. Sans entrer dans la formalisation économique de notre problématique, nous proposons d'analyser la manière dont il est possible d'utiliser nos indices dans les théories économiques, puis dans la modélisation des comportements en situation de risque. Sur la base de nos conclusions, nous avons mentionné certaines améliorations pouvant être apportées aux modèles existants et cela dans le but de rapprocher réalités observées sur le terrain et théorie. Pour compléter notre réflexion, nous souhaitons discuter nos propositions et apporter quelques perspectives de travail.

7.4.1. L'utilisation des indices pour comprendre la transformation des probabilités

La transformation de probabilité est courante que ce soit face à un choix ne présentant aucune ambiguïté ou dans des situations d'incertitude. Les processus de transformation sont généralement mis en avant par le biais d'études sur les comportements assuranciers des individus. Dans ces études (Camerer et Kunreuther, 1989; Granderton *et al.*, 2000; Hsee et Kunreuther, 2000; Kunreuther *et al.*, 2001; Cohen *et al.*, 2008), des paradoxes identifiés entre les attitudes adoptées face aux risques et les probabilités « objectives » d'occurrence montrent l'importance des caractéristiques intrinsèques de l'individu. Cependant, nos réflexions et proposition d'adaptation de ces conclusions à notre objet d'étude doivent être discutées, notamment car les études sur lesquelles nous nous sommes appuyées sont majoritairement anglo-saxonnes : les politiques d'assurances sont bien différentes en France.

L'existence d'un système d'assurance solidaire (c'est-à-dire d'indemnisations au titre de catastrophes naturelles) biaise quelque peu les attitudes des individus confrontés à un risque : les victimes sont dédommagées et nous avons pu noter que la compensation financière pouvait avoir un effet de consolation suffisant pour effacer le préjudice subi (**hypothèse de consolation** - *consolation hypothesis* - définie par Hsee et Kunreuther (2000)). Cette observation montre à quel point l'indemnisation peut avoir des effets inattendus sur les comportements. Ainsi, dans le cas de coulées boueuses, la possibilité d'une indemnisation au titre de catastrophes naturelles n'inciterait pas la mise en place de mesures de protection individuelle. Nous avons pu observer ce type d'attitude lors de nos entretiens. Un habitant, lourdement sinistré après une coulée boueuse, a pu bénéficier d'une indemnisation au titre de catastrophe naturelle lui évitant toute franchise ou modulation de souscription de son assurance personnelle. Aucune contrainte (financière par exemple) sur d'éventuelles modifications à apporter à son habitat ne lui a été soumise. Dans cet exemple, l'individu en question a réaménagé son habitat à l'identique. Ce type de comportement illustre parfaitement l'hypothèse de consolation : les indemnisations étant suffisantes aux yeux de cet habitant pour compenser ses pertes, il ne modifiera ni son attitude, ni son niveau de protection face aux coulées boueuses.

Les conclusions d'Hsee et Kunreuther (2000) prennent alors toute leur importance, c'est-à-dire que les compensations offertes (ou au contraire refusées) peuvent être attractives pour les individus. Si nous suivons leurs observations, une subvention (ou une taxe) pour les individus qui suivent de bonnes (ou mauvaises) pratiques pour diminuer leur exposition aux coulées boueuses pourrait influencer l'adhésion des populations à adopter des mesures de protection individuelles. Deux questions majeures se posent ici. Le premier point est comment évaluer l'acceptabilité par les individus de l'application de mesures telles que nous les proposons (c'est-à-dire des outils de type « taxes/subventions ») ? Ces propositions pourraient accompagner les réflexions entamées depuis quelques années sur les modifications du système d'indemnisation. Mais, comme le souligne Vinet

(2007), l'évolution de ce système est longue et ne garantit aucunement l'adoption de mesures préventives par les individus.

La seconde question qui se pose alors concerne le degré d'efficacité de la définition d'incitations financières dans l'adoption de mesures de protection (surtout dans le cas où ces mesures deviennent contraignantes pour les individus). En effet, les individus attendent de l'État qu'il prenne en charge leur sécurité, leur information et leur indemnisation en cas de sinistre. De plus, il semblerait que, dans notre étude, les individus évitent de se questionner sur leur rôle éventuel dans la réduction des dommages par le biais d'une protection personnelle (seulement 0,7% d'entre eux se disent être prêts à modifier leurs comportements face au risque). Ajoutons que dans le cas des coulées boueuses, les mesures de protection collectives sont généralement peu contraignantes pour la population : les aménagements « techniques » sont éloignés des habitats et les mesures agronomiques ne sont contraignantes que pour les agriculteurs. Dans ce contexte, l'utilisation d'enquêtes de perception peut s'avérer utile : les niveaux d'acceptation à des outils économiques peuvent être sondés et surtout spatialisés selon les zones de risque réel.

Nous rejoignons les observations de Brown et Hoyt (2000) qui relatent les **attitudes des assureurs face aux risques naturels**. La question soulevée est comment faire pour que les assureurs (ou l'État dans son système d'indemnisation) proposent des polices d'assurances aux montants modulés selon le degré d'exposition des individus ou selon leur degré d'implication dans leur protection³¹ ? Les assureurs sont réticents à fournir leurs données et il est alors difficile de suggérer des réponses à cette interrogation. Cependant, l'utilisation des indices de perception et de comportements que nous proposons peut être un outil d'aide à la mise en place d'une spatialisation des risques et mesures et initier de telles modulations.

Ces remarques et réflexions nous indiquent que nos indices peuvent être utilisés dans des politiques de réduction des risques. D'ailleurs, la cartographie que nous en proposons doit permettre d'aiguiller les décideurs locaux sur les espaces où des mesures de prévention ou de protection doivent être prioritaires. Ainsi, le point suivant, nous permet de revenir sur l'utilisation de nos résultats et de nos indices de perception dans la définition de politiques relatives à la gestion des risques.

7.4.2. De l'utilisation de nos résultats dans l'établissement de politiques de réduction des risques

L'utilisation de nos résultats et des indices de perception peut bénéficier à la détermination de politiques économiques de réduction des risques, adaptées aux comportements des agents, sur trois plans : le **rétablissement de la confiance** envers les décisions politiques environnementales, **l'incitation à l'adoption** de mesures de protection personnelles et l'introduction de **nouveaux outils économiques** dans les politiques de réduction.

Jeleva et Rossignol (2009) ont mesuré l'importance de la restauration de la **confiance** des individus envers les gestionnaires du risque afin d'augmenter les possibilités d'action et l'acceptation des mesures de réduction du risque mises en place. Quelques études s'interrogent sur la relation effective entre les degrés de confiance accordées à un acteur, la compréhension des informations diffusées par cet acteur et les attitudes effectives des populations (Bradbury *et al.*, 1999; Siegrist et Cvetkovitch, 2000; Sjöberg, 2001a; Viklund, 2003).

Dans notre enquête, le lien entre ces deux premiers éléments semble avéré dans le sens où nous avons noté que les individus font confiance aux instances locales (la municipalité ou les services déconcentrés de l'État) dans la gestion du risque et qu'ils se tournent des vecteurs locaux dans leur recherche d'information. Par le biais des résultats de leurs enquêtes sur les risques

³¹ Étant entendu que la première étape en France soit une modification de la législation relative au système d'indemnisation.

d'inondations, Vinet et Defossez (2006) constatent également que la municipalité est centrale dans les processus d'information. Mais ils remettent en cause l'utilisation de ce type de vecteurs du fait d'une méfiance de la population envers les discours politiques. Nos résultats montrent que les bulletins communaux sont très peu utilisés par les individus lorsqu'ils cherchent à s'informer sur les risques : le lien avec une éventuelle orientation politique des discours se dessine.

Nos données ne nous permettent pas d'affiner les degrés de confiance accordés par les individus aux différents acteurs listés dans nos questionnaires. Des échelles de valeur permettraient de compléter nos résultats initiaux par des données quantitatives, exploitables dans les modèles économiques (à l'image des modèles déterminés par Jeleva et Rossignol, 2009). Ces échelles nous autoriseraient également à approfondir la relation entre les degrés de confiance accordés à certains acteurs et l'adhésion aux messages d'information ou de prévention diffusés par ces mêmes acteurs. La relation entre les deux permettrait d'une part d'augmenter les niveaux de connaissances des individus (sur les processus, sur les consignes de sécurité, etc.), ce qui aurait un effet sur leur degré de vulnérabilité affiché. Et d'autre part, elle permettrait d'identifier les distorsions entre les messages diffusés, les informations comprises et les attitudes réellement adoptées par les individus.

Ces remarques nous permettent de nous interroger sur la relation entre la perception d'un risque et **l'acceptation à prendre des mesures de protection** au niveau individuel (mais décidées à des échelles supérieures - État, par exemple).

En effet, nos résultats indiquent que les individus ne semblent pas prêts à modifier leurs comportements (ou leur niveau de protection individuelle) pour diminuer leur vulnérabilité. Ces résultats vont à l'encontre des observations faites par Pottier (1998; 2006) sur le risque d'inondations. Cette auteure montre que des mesures de prévention *post*-catastrophes sont à l'initiative des habitants sinistrés : tel a été le cas suite aux inondations de 1999 dans le sud de la France, par exemple. Dans notre enquête, les différences de perception entraîneraient des variations dans les attitudes en cas de catastrophe, mais notre jeu de données ne permet pas d'identifier clairement dans quelle mesure ces perceptions influencent l'application de mesures de mitigation. Cette observation est néanmoins intéressante dans le sens où, dans les politiques de gestion du risque actuelles, les protections individuelles sont de plus en plus souvent préconisées. L'État perçoit ses limites dans la gouvernance des risques et dans les actions (ou mesures) qu'il peut proposer (Vinet, 2007). De nouvelles façons de gérer le territoire se définissent : elles ne se limitent plus à une réglementation répressive mais intègre la recherche de solutions à la fois individuelles et collectives.

Les collectivités doivent lutter contre le risque et nous avons pu noter, dans Hokstad et Steiro (2006), que dans les prises de décision à l'échelle de la collectivité, la perception des risques de la population doit être considérée. Ces auteurs montrent que les gestionnaires du risque agissent souvent en respectant à la fois leur propre perception d'une situation et celle qu'ils projettent sur la population.

Dans notre travail, nous avons échantillonné des groupes d'acteurs différents et avons conclu que les élus locaux ont de grandes difficultés à hiérarchiser les facteurs intervenant dans les coulées boueuses. Ils sont soucieux de préserver à la fois la population de nouvelles catastrophes, les agriculteurs de pertes de rendement tout en respectant les réglementations instaurées à l'échelle nationale. Nos données ne sont pas suffisamment précises pour conclure sur la relation entre la perception des différents acteurs et leurs attitudes mais la question d'une prise en compte de nos résultats d'enquêtes de perception dans **l'optimisation des politiques environnementales** semble judicieuse. L'objectif serait alors d'appréhender les zones où les attentes en termes de protection des individus et les réponses apportées par les politiques sont discordantes. Nous proposons de prendre en compte les zones de ruissellement pour identifier les zones où les mesures de protection doivent être implantées et d'y associer les indices de perception des risques. Il serait ainsi possible de pointer les espaces où le risque réel et l'aversion affichée par les individus sont les plus importantes.

Enfin, nos résultats ouvrent vers des pistes de réflexions relatives à la définition de nouveaux **outils économiques** pour la préservation de l'environnement. Comme le soulignent Bontems et Rotillon (1998), de nombreux outils en économie de l'environnement existent déjà (consentements à payer, droits à polluer, etc.). Notre objectif est de réfléchir sur la prise en compte des perceptions du risque de coulées boueuses dans la définition d'outils incitatifs. Nous avons pu noter que la perception influençait les comportements des individus, allant parfois jusqu'à une surévaluation des cotisations nécessaires à l'assurance d'un bien qu'ils affectionnent (Hsee et Kunreuther, 2000).

Comment utiliser nos données d'enquête pour minimiser les distorsions entre risque réel, perçu et participation collective à la diminution des risques ? Il nous paraît essentiel d'intégrer ces éléments dans la définition d'outils économiques incitant à l'adoption de bonnes pratiques. La prise en compte de l'aversion au risque dans l'adoption de mesures environnementales est courante (Bontems *et al.*, 2003), mais il nous semblerait intéressant d'affiner nos connaissances sur les différences entre les perceptions et les volontés d'action de chaque acteur impliqué dans la gestion du risque. Dans le cadre de ce travail, cela se traduirait par une nouvelle orientation donnée à nos questionnaires, par une évaluation de consentements à payer ou de contributions potentielles au maintien d'un environnement de qualité, par exemple.

Finalement, les méthodes économiques ont toute leur place dans des questionnements géographiques relatifs à la gestion de risques naturels. Notre étude sur les coulées boueuses illustre une façon d'utiliser ces deux disciplines de façon conjointe : par la méthode de collecte des données puis l'intégration de ces dernières dans des modèles de comportements des individus. Néanmoins, nous avons pu noter que des améliorations liées aux outils géographiques (des questionnaires qui fourniraient des données plus précises, par exemple) ou aux théories économiques (davantage de variables à intégrer dans les modèles pour qu'ils soient parfaitement adaptés aux réalités de terrain, par exemple) optimiseraient cette association.

Conclusion générale

Pourquoi avons-nous souhaité spatialiser les perceptions du risque de coulées boueuses ? Dans notre réflexion, **la perception du risque** constitue un élément important de la vulnérabilité d'un milieu. Faire référence à la perception du risque est encore peu usuel dans les politiques de gestion des risques, alors même que sa connaissance permettrait d'améliorer les mesures réglementaires de prévention ou d'information. L'association des exigences législatives d'une part et des attentes et besoins de la population d'autre part permettrait d'accorder les actions décidées par les gestionnaires du risque et les degrés d'acceptation de ce même risque par les individus. Nous avons donc choisi d'explorer les incidences des perceptions d'un risque particulier dans l'appréhension des attitudes et comportements adoptés dans le cadre de la gestion des risques.

Pour appliquer ce questionnaire, les catastrophes naturelles sont des objets d'étude intéressants : elles impliquent des conséquences environnementales, humaines, matérielles. Des actions sur l'aléa et la vulnérabilité peuvent être menées séparément ou conjointement, mais toutes les mesures mises en place doivent bénéficier d'une connaissance fine de l'ensemble des éléments constitutifs du risque. Nous avons choisi de nous intéresser à un type de catastrophe naturelle précis : les coulées boueuses. Ce risque **reflète les mêmes questionnements en termes de gestion ou de prévention que d'autres risques majeurs**, tout en restant dans des problématiques locales.

Les processus de formation ou de propagation des coulées boueuses sont désormais bien connus : ces dernières résultent d'une concordance entre des conditions météorologiques spécifiques (précipitations intenses et orages), une absence de couverture végétale des sols cultivés à cette période et une disparition de zones « tampons » entre les espaces agricoles et les zones urbanisées. Bien que des solutions sur une diminution de l'aléa soient largement diffusées (modifications de techniques agricoles, actions de protection dans les bassins versants, *etc.*), les dégâts recensés par les coulées boueuses sont importants et ne semblent pas diminuer. De plus, les coulées boueuses sont des phénomènes récurrents qui atteignent souvent les mêmes individus. Les dommages sont essentiellement matériels mais leur occurrence régulière soulève de nombreuses questions de gestion des risques à l'échelle locale, génératrices de tensions au sein même des communes sinistrées.

L'Alsace illustre parfaitement cet état de fait. Elle fait partie des régions françaises les plus affectées par ce type de phénomènes : 225 communes alsaciennes ont déjà dû gérer une coulée boueuse lors des 20 dernières années. Alors que des mesures de protection sont mises en place dans les communes les plus touchées, le recensement des communes sinistrées indique que les coulées boueuses sont encore très nombreuses sur le territoire alsacien.

Face à ce constat, nous avons souhaité analyser la gestion du risque de coulées boueuses non plus du point de vue de l'aléa, mais du point de vue de la caractérisation de la vulnérabilité des populations. Comme le souligne Blaikie *et al.* (1994), l'analyse de la vulnérabilité est fondamentale dans la gestion des risques mais aussi dans le développement de politiques de réduction. Sensibilisée à l'absence d'informations précises disponibles dans les communes sinistrées et par le peu d'études centrées sur la prise en compte des comportements et attitudes des individus face à ce risque, nous avons resserré notre étude sur la perception du risque.

Un de nos objectifs est de pouvoir utiliser les perceptions du risque pour appréhender différemment les réponses des acteurs publics (en termes de prévention) et des populations résidentes (par une amélioration de leurs comportements en cas de catastrophe). Il s'agit alors de faire le lien entre la mitigation et le contexte environnemental des acteurs impliqués dans la gouvernance du risque. Précisément, il s'agit de mettre en avant que les actions individuelles peuvent avoir des effets bénéfiques sur la diminution des dommages, alors même que les individus ne se sentent pas concernés par la mise en place de mesures de sécurité personnelle. Nous parlons ici de mitigation au sens où le définit Dauphiné (2001), soit que la mitigation regroupe les actions menées à l'échelle de l'individu et non plus à celle de la collectivité. Cette dernière s'occupe essentiellement des outils de gestion de crise : les plans de secours ; la gestion médiatique des catastrophes, *etc.*

La méthode de collecte des données proposée se fonde sur un échantillonnage où la composante spatiale ressort fortement. Nous avons distingué quatre zones de ruissellement permettant d'identifier les différences d'attitudes et de perception des risques selon la proximité à l'aléa ou aux enjeux. Cette méthode de collecte comprend également la détermination d'un questionnaire d'enquête : après une phase d'entretiens auprès de plusieurs acteurs enquêtés (résidents, élus locaux et agriculteurs), nous avons créé le questionnaire. Les passations par auto-administration ont été efficaces (14,5% de retours, sans relance) montrant un grand intérêt soulevé par les coulées boueuses auprès de la population échantillonnée.

Quatre hypothèses de travail ont guidé notre réflexion. Notre plan d'échantillonnage ainsi que la méthode de collecte des données (via des questionnaires d'enquête) découlent naturellement de ces hypothèses. Pour chacune d'entre elle, nous avons pu apporter des éléments de réponse.

1. La perception du risque varie en fonction de la population considérée, de son implication dans la gestion de la coulée boueuse et des dégâts supportés. L'analyse des questionnaires d'enquête a permis de montrer que les attitudes face au risque de coulées boueuses étaient variables selon la « fonction » des acteurs enquêtés. Les agriculteurs connaissent très bien les processus à la base des coulées boueuses et pensent que la meilleure gestion du risque de coulées boueuses passe par des concertations entre acteurs. En ce qui concerne les élus locaux, ils replacent les risques de coulées boueuses dans des problématiques globales de gestion de leur commune. Ils hiérarchisent très mal les actions à mettre en place de façon prioritaire : ils essayent de mener de front les différentes mesures préconisées afin de montrer leur volonté d'action à la population. Ils sont souvent pris au cœur de tensions entre les résidents, les agriculteurs et les instances étatiques. Pour les populations résidentes deux types d'attitudes face aux coulées boueuses se distinguent : les résidents ayant subi des dégâts relatifs aux coulées boueuses recherchent des responsables (souvent les agriculteurs) et sont en demande d'actions rapides pour diminuer le risque. Les populations n'ayant jamais subi de coulées boueuses ont un discours plus fataliste : ils se sentent concernés par ce type de risque, mais pensent que les mesures à instaurer pour lutter contre les risques sont parfois inutiles. Selon eux l'aléa prévaut sur la vulnérabilité et les actions contre le climat sont difficiles à prendre. Néanmoins, tous les acteurs se rejoignent pour désigner les vecteurs d'informations (locaux) et les mesures prioritaires à prendre : mesures environnementales principalement. De plus, pour la majorité des acteurs enquêtés, les services de l'État ou la mairie sont les plus à même de définir des politiques de gestion des risques adéquates.

2. Le **degré de perception** du risque **induit une modulation de la vulnérabilité**. L'estimation des degrés de vulnérabilité ressentie par les individus se fonde sur la détermination d'un indice de perception du risque. Pour parfaire l'analyse de la perception des coulées boueuses, nous avons couplé l'étude des comportements des individus face à la catastrophe. Nous nous sommes basée sur les attitudes annoncées par les enquêtés mis dans des situations de coulées boueuses. Perception, comportements et vulnérabilité sont alors liés. Nous avons pu observer par les données obtenues que les indices de perception du risque n'influencent pas les comportements annoncés en cas de catastrophe. De même, l'expérience vécue ou le sentiment de menace ne semblent pas avoir d'incidence sur l'aversion au risque ressenties par les enquêtés, quel que soit leur fonction dans la gestion des risques. Ainsi, un autre élément intervient dans les modulations du degré de perception face au risque de coulée boueuse.

3. La **perception des risques est modulée** en fonction de la **variabilité spatiale de l'aléa**. La délimitation de zones « sources », « cibles », de « transition » et « non concernées » de coulées boueuses montre que la proximité aux zones d'enjeux influence très fortement les degrés d'aversion au risque. Les individus proches des zones atteintes ont une aversion faible, tandis que les individus à proximité des zones de formation des processus ont une aversion plus forte. Plus étonnamment, les individus qui ne sont absolument pas concernés par le risque de coulées boueuses se sentent particulièrement vulnérables. Les effets de voisinage ainsi qu'un manque d'information dans ces zones semblent expliquer les distorsions.

4. La **contextualisation** d'une enquête de risque permet d'obtenir des **données** pouvant améliorer les **modèles théoriques utilisés en économie comportementale**. En utilisant une méthode directement issue de réflexions économiques (le paradigme psychométrique), nous avons pu extraire de notre questionnaire deux indices, l'un de perception et l'autre de comportements annoncés. Bien entendu, cette association entre géographie et économie ne s'arrête pas là : les indices obtenus permettent d'ouvrir sur de nouveaux questionnements inhérents aux transformations des probabilités des différents acteurs enquêtés dans des conditions d'incertitude et de leurs répercussions sur les attitudes face aux risques de catastrophe naturelle. Grâce à nos résultats économiques, nous avons pu proposer des pistes de réflexions sur l'importance de la prise en compte des perceptions des risques dans les politiques publiques de gestion des risques et dans leur intégration dans des modèles de prise de décision en situation d'incertitude.

Les objectifs donnés à ce travail étaient de deux ordres : théoriques et appliqués. La partie théorique se concentrait sur une analyse fine des comportements des populations soumises au risque de coulées boueuses. Dans ce but, **la mise en place d'une méthodologie** d'enquête transposable a constitué une part importante du travail. Nous avons pu discuter les limites et avantages de la méthodologie mise en place. Nous avons pu la valider par la confirmation d'une forte implication de la composante spatiale dans les degrés de perception du risque de coulées boueuses. Une distinction entre les zones d'aléa et d'enjeux pose des jalons pour des réflexions théoriques plus poussées dans le sens de l'utilisation d'une dichotomie entre espaces de formation des processus et zones sinistrées. La prise en compte de la perception des risques permet de préciser la vulnérabilité par l'intégration de considérations socio-économiques et celle des représentations du risque dans les attitudes des individus. Le **deuxième objectif théorique** a permis d'apporter des contributions sur l'utilisation de nos données et résultats dans des modèles économiques du comportement. Nous nous sommes largement appuyée sur des études alliant approches psychologiques et économiques. Les perspectives majeures que nous identifions sont de trois ordres :

- la formulation des transformations de probabilités des risques de coulées boueuses par les individus et sa corrélation avec les indices de perception et de comportements (sont-ils liés ? comment se formalisent ces relations ?) ;

- l'impact sur les comportements des individus de la mise en place de mesures contraignantes à leur échelle (mitigation) ou de mesures peu contraignantes pour les individus car décidées à l'échelle de la collectivité. Nous avons observé que moins de 0,7% des individus étaient prêts à prendre des mesures de protection individuelle. Qu'en serait-il si les mesures contraignantes étaient obligatoires ? Quelles seraient les conséquences sur les attitudes et les comportements des individus ? Ces pistes rejoignent les réflexions menées par les Anglo-saxons sur les consentements à s'assurer et révèlent de ce fait les comportements des individus face à des probabilités de sinistre ;
- l'intégration de nos données dans un modèle de type *Prospect Theory* dans le but d'identifier les variables influençant les perceptions de pertes ou de gains pour les individus. La transcription de leurs comportements en situation risquée permet alors de limiter les distorsions entre les solutions en termes de réduction des risques proposées par les décideurs et leurs attentes.

D'un point de vue **appliqué**, les résultats permettent d'appréhender différemment les situations à risques. La **prise en compte de nos degrés de perception des risques améliore** l'efficacité des **campagnes de prévention** des risques. Dans le but de proposer des améliorations à apporter dans ce domaine, une cartographie des perceptions du risque s'est imposée. Un indice de perception et un indice de comportements ont été créés, indices qui à terme peuvent être intégrés dans le calcul global de la vulnérabilité.

Grâce à nos résultats, nous avons pu démontrer que la compréhension des attitudes face aux coulées boueuses a un impact sur les choix de mesures de protection, ces dernières n'étant pas uniquement liées à la construction d'ouvrages de protection techniques. La prévention prend une part importante dans la diminution de la vulnérabilité des populations, mais il est primordial que les messages diffusés soient compris. La prise en compte de la perception que les individus peuvent avoir d'une situation risquée bénéficie à la bonne compréhension des informations. A ce propos, les instances locales ont toute la confiance des individus : ils leur confèrent une **légitimité** et un droit de diffuser des messages **d'alerte** et de **prévention**. Les populations ne se remettent pas en cause : elles ne pensent pas pouvoir avoir des actions bénéfiques face au risque, alors que des simples modifications de leurs niveaux de protection pourraient être positives pour la diminution des dommages.

Le deuxième **objectif appliqué** consiste en la mise en place d'une cartographie comparative des variations de perception des risques et des situations de risque. Des outils d'aide à la décision simples d'utilisation et facilement compréhensibles sont les fruits de cette cartographie, basée sur les indices de perception et de comportements annoncés. Le but de cette cartographie est également de montrer des niveaux de vulnérabilité, à partir des enquêtes de perception, et des degrés de risque réel. Par la comparaison avec les comportements prédictifs, des zones d'actions de prévention et d'information prioritaires sont ciblées. Elles concernent avant tout les espaces où **les distorsions entre les perceptions, les comportements et les risques avérés sont les plus fortes**.

Pour compléter ce travail de thèse, des **perspectives** peuvent être affichées. D'un point de vue **méthodologique**, les jeux de données obtenus pourraient être utilisés dans le cadre spécifique de la mise en place de modèles économiques (consentements à payer, prix hédonistes, etc.). Ces questions de modélisations sont d'ailleurs au cœur du débat social relatif aux choix collectifs. Les positions adoptées ne sont plus uniquement liées à une analyse coût-bénéfice mais une approche quantitative et qualitative est préconisée. Il s'agit alors d'identifier les dommages potentiels et d'estimer les capacités/les freins à la vulnérabilité. De ce fait, l'analyse économique s'accompagne désormais d'une distribution spatiale des éléments à risques. L'évaluation des impacts d'externalités dues à un risque revêt alors une importance relative, notamment dans le champ de l'économie urbaine. Les externalités ayant des influences directes sur la localisation des individus dans une zone à risque. La maîtrise des zones urbaines, par la détermination de plans de prévention, ne se

dédouane plus d'une estimation économique des dégâts. Ces estimations sont à mettre en parallèle avec les prix du foncier dans les espaces soumis au risque : la pression urbaine est telle que des répercussions sont attendues.

La segmentation des territoires à partir d'observations de terrain définit aussi une cartographie des risques : elle est essentielle dans la mise en place des indices conjoints de perception et de comportements. Ces deux indices peuvent être étendus à d'autres paramètres : les indices de connaissances sont ici déterminés grâce à cinq facteurs, mais pour obtenir des indices plus précis des échelles supplémentaires doivent être ajoutées. Ainsi, la méthode nous paraît robuste mais des questions relatives aux consentements à payer ou au caractère menaçant représenté par le risque pourraient parfaitement compléter les données. Toujours d'un point de vue théorique, la représentation de la spatialisation des risques par le biais des cartes mentales est une perspective intéressante. Les distorsions sont directement dessinées par les individus et les repères d'unités représentatives permettent de cibler la représentation des environnements soumis au risque. Ces données sont importantes pour appliquer les conclusions issues d'études théoriques à des réalités de terrain.

Les représentations cognitives offrent la possibilité de cerner les espaces où des efforts en termes de prévention doivent être faits. Les enquêtes par questionnaires ne sont qu'un outil pour permettre la mise en place d'une cartographie de la vulnérabilité. Il n'y pas de déconnexion entre l'analyse des risques et celle de la vulnérabilité : la vulnérabilité sociale devant être mise en parallèle avec la vulnérabilité naturelle d'un milieu. La prise en compte de ces deux types de vulnérabilités accompagne parfaitement les modifications des comportements attendues, notamment par la mise en place des PPR « coulées boueuses ». Par l'application de cette nouvelle cartographie réglementaire spécifique aux coulées boueuses, l'indemnisation au titre de catastrophes naturelles sera réévaluée. Les attitudes des collectivités et des particuliers vont certainement être modifiées : il sera intéressant de voir si une évolution existe et si tel est le cas, d'identifier les facteurs majeurs de ces changements (économiques ?, réglementaires ? de prévention ?) afin d'agir sur eux.

Références bibliographiques

- Abdellaoui, M.**, 1995. Comportements individuels devant le risque et transformation des probabilités. *Revue d'Economie Politique*, 105 (1): 158-178.
- Acker, A.** (Editor), 1983. *Encyclopédie d'Alsace*, 12 volumes et index. Publitoral.
- Adger, N.W.**, 2000. Social and ecological resilience: are they related? *Progress in Human Geography*, 24 (3): 347-367.
- Alibert, D., Bigot, R. et Foucaud, D.**, 2006. Les effets de l'instabilité professionnelle sur certaines attitudes et opinions des français, depuis le début des années 1980, *Cahier de Recherches n°C225. CREDOC*, 141 pp.
- Ambroise, B.**, 1999. *La dynamique du cycle de l'eau dans un bassin versant. Processus, facteurs, modèles.* HGA, Bucarest, 200 pp.
- Anderson-Berry, L.**, 2003. Community vulnerability to tropical cyclones: Cairns, 1996-2000. *Natural Hazards*, 30: 209-232.
- André, G.**, 2004. Cartographie du risque naturel dans le monde. Etude comparative entre une approche d'ordre social et une approche d'ordre économique de la vulnérabilité. *Cybergéo*, 286: 11.
- Armand, R.**, 2003. *Risque de ruissellement des terres agricoles et Techniques Culturelles Simplifiées (TCS): évaluation par les états de surface du sol. Application au suivi d'essai dans le Sundgau alsacien. Mémoire de Maîtrise de Géographie Physique, IMFS, Université de Strasbourg, 80 p + Annexes.*
- Armand, R.**, 2004. *Observation, appréciation et quantification du ruissellement appliqué aux parcelles cultivées en Techniques Culturelles Sans Labour. Mémoire de DESS Sciences de l'Environnement, IMFS, ARAA, Université de Strasbourg, 70 pp.*
- Armand, R.**, 2009. *Étude des états de surface du sol et de leur dynamique pour différentes pratiques de travail du sol. Mise au point d'un indicateur de ruissellement. Doctorat de Géographie, Université de Strasbourg, 178 pp.*
- Augeard, B.**, 2006. *Mécanismes de genèse du ruissellement sur sol agricole drainé sensible à la battance. Etudes expérimentales et modélisation. Doctorat Sciences de l'eau, Unité de Recherche Hydrosystèmes et Bioprocédés, ENGREF, 236 pp.*
- Auzet, A.V.**, 1987. *L'érosion des sols par l'eau dans les régions de grande culture: aspects agronomiques. Ministères de l'Environnement et de l'Agriculture - CEREG: 53.*
- Auzet, A.V.**, 1990. *L'érosion des sols par l'eau dans les régions de grande culture: aspects aménagements, Ministère de l'Environnement et de l'Agriculture - CEREG, 39 pp.*
- Auzet, A.V.**, 2000. *Ruissellement, érosion et conditions de surface des sols à l'échelle de versants et de petits bassins versants. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR), Université Louis Pasteur, Strasbourg, 79 pp + Annexes.*
- Auzet, A.V., Heitz, C., Armand, R., Guyonnet, J. et Moquet, J.S.**, 2005. *Les "coulées de boue" dans le Bas-Rhin: analyse à partir des dossiers de demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle, Institut de Mécanique des Fluides et des Solides, Strasbourg, 26 pp.*
- Auzet, A.-V. et Malet, J.-P.**, 2005. *Aléa naturel à l'origine des "coulées de boue". Note interne rédigée à l'attention du BRGM, non publiée.*

- Bailly, A.**, 1990. Paysages et représentations. *Mappemonde*, 90 (3): 4.
- Barroca, B., Bernardara, P., Mouchel, J.M. et Hubert, G.**, 2006. Indicators for identification of urban flooding vulnerability. *Natural Hazards and Earth System Sciences* (6): 553-561.
- Bchir, D. et Willinger, M.**, 2009. Experiments on the provision of club goods. A field experiment. Association Française de Science Economique (AFSE). 58ème Congrès., Paris Université Nanterre, 10-11 septembre 2009.
- Beck, E.**, 2006. Approche multi-risques en milieu urbain. Le cas des risques sismique et technologiques dans l'agglomération de Mulhouse (Haut-Rhin). Doctorat de Géographie, Université de Strasbourg, 282 pp.
- Beck, E. et Glatron, S.**, 2006. La vulnérabilité socio-spatiale des citoyens aux risques majeurs. Risques industriels et risque sismique dans l'agglomération de Mulhouse, Actes de SAGEO 2006. Colloque International de Géomatique et d'Analyse Spatiale. Recherches et Développements, 11-13 septembre 2006, Strasbourg, 12 pp.
- Béguin, M. et Pumain, D.**, 1994. La représentation des données géographiques. Statistiques et géographie. Armand Colin, 191 pp.
- Berry, P.M., Rounsevell, M.D.A., Harrison, P.A. et Audsley, E.**, 2006. Assessing the vulnerability of agricultural land use and species to climate change and the role of policy in facilitating adaptation. *Environmental Science and Policy*, 9: 189-204.
- Biarnès, A., Riob, P. et Hocheuxa, A.**, 2004. Analyzing the determinants of spatial distribution of weed control practices in a Languedoc vineyard catchment. *Agronomy*, 24 (4): 187-196.
- Bickerstaff, K.**, 2004. Risk perception research: socio-cultural perspectives on the public experience of air pollution. *Environment International*, 30 (6): 827.
- Bigot, R.**, 2007. Évolution des valeurs des jeunes entre 1979 et 2006, Horizons Stratégiques. Centre d'Analyse Stratégique, 21 pp.
- Birkmann, J.**, 2007. Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications. *Environmental Hazards*, 7 (1): 20-31.
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I. et Wisner, B.**, 1994. At risk: Natural hazards, people's vulnerability, and disasters. Routledge Publishers, London and New York, 284 pp.
- Blöchl, A. et Braun, B.**, 2005. Economic assessment of landslide risks in the Swabian Alb, Germany - research framework and first results of homeowners' and experts' surveys. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5: 389-396.
- Boardman, J., Evans, R. et Ford, J.**, 2003a. Muddy floods on the South Downs, southern England: Problem and responses. *Environmental Science and Policy*, 6 (1): 69-83.
- Boardman, J. et Poesen, J.**, 2006. Soil Erosion in Europe: Major Processes, Causes and Consequences. In: J. Boardman et J. Poesen (Editors), *Soil Erosion in Europe*. Wiley, pp. 479-487.
- Boardman, J., Poesen, J. et Evans, R.**, 2003b. Socio-economic factors in soil erosion and conservation. *Environmental Science and Policy*, 6 (1): 1-6.
- Boardman, J., Verstraeten, G. et Biielders, C.L.**, 2006. Muddy floods. In: J. Boardman et J. Poesen (Editors), *Soil erosion in Europe*. Wiley, pp. 743-755.
- Boholm, A.**, 1996. Risk perception and social anthropology: Critique of *Cultural Theory*. *Ethnos*, 61: 64-84.

- Boiffin, J.**, 1984. La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies. Doctorat des Sciences Agronomiques, Institut National d'Agronomie de Paris Grignon, Paris, 478 pp.
- Boiffin, J., Papy, F. et Eimberck, M.**, 1988. Influence des systèmes de culture sur les risques d'érosion par ruissellement concentré. I. Analyse des conditions de déclenchement de l'érosion. *Agronomie*, 8 (8): 663-673.
- Bontems, P. et Rotillon, G.**, 1998. *Economie de l'environnement*. La Découverte, 119 pp.
- Bontems, P., Rotillon, G. et Turpin, N.**, 2003. Acceptability constraints and self-selecting agri-environmental policies with an application to the Don watershed, Working paper, INRA/ESR. 43 pp.
- Bowman, E.H. et Kunreuther, H.**, 1988. Post-Bhopal behavior at a chemical company. *Journal of Management Studies*, 25: 387-402.
- Bracken, L.J. et Croke, J.**, 2007. The concept of hydrological connectivity and its contribution to understanding runoff-dominated geomorphic systems. *Hydrological Processes*, 21 (13): 1749-1763.
- Bradbury, J.A., Branch, K.M. et Focht, W.**, 1999. Trust and public participation in risk policy issues. In: G. Cvetkovich et R.E. Lofstedt (Editors), *Social trust and the management of risk*. Earthscan, pp. 117-127.
- Brilly, M. et Polic, M.**, 2005. Public perception of flood risks, flood forecasting and mitigation. *Natural Hazards And Earth System Sciences*, 5 (3): 345-355.
- Brody, S.D., Peck, B.M. et Highfield, W.E.**, 2004. Examining localized pattern of air quality perception in Texas: A spatial and statistical analysis. *Risk Analysis*, 24 (1): 1561-1573.
- Broihanne, M.-H., Merli, M. et Roger, P.**, 2004. *Finance comportementale*. Economica, 262 pp.
- Brown, M.J. et Hoyt, R.E.**, 2000. The demand for flood insurance: Empirical evidence. *Journal of Risk and Uncertainty*, 20 (3): 291-306.
- Buckle, P.**, 1999. Redefining community and vulnerability in the context of emergency management. *The Australian Journal of Emergency Management*, 13 (4): 21-26.
- Bureau, J.C.**, 2007. *La politique agricole commune*. La Découverte, 121 pp.
- Camerer, C. et Kunreuther, H.**, 1989. Decision processes for low probability events: Policy implications. *Journal of Policy Analysis and Management*, 8 (4): 565-592.
- Caplin, A. et Leahy, J.**, 2001. Psychological expected utility theory and anticipatory feeling. *Quarterly Journal of Economics*, 1: 55-79.
- Caulkins, D.**, 1999. Is Mary Douglas's *grid/group* analysis usefull for cross-cultural research? *Cross-Cultural Research*, 33 (1): 108-128.
- Cauvin, C.**, 1999. Propositions pour une approche de la cognition spatiale intra-urbaine. *Cybergéo*, 72: 23.
- Cerdan, O., Auzet, A.V., Bouzit, M., Van Dijk, P.M., Guyonnet, J., Moquet, J.-S., Cruz-Mermy, D. et Heitz, C.**, 2009. Enjeux économiques liés à l'aléa d'érosion des sols: étude pilote de faisabilité d'une évaluation des coûts dans une région française (Alsace), Journées d'Etude des Sols, 11-15 mai 2009, Strasbourg.

- Cerdan, O., Souchère, V., Lecomte, V., Couturier, A. et Le Bissonnais, Y.**, 2002. Incorporating soil surface crusting processes in an expert-based model: Sealing and Transfer by Runoff and Erosion related to Agricultural Management. *Catena*, 46: 189-205.
- Chambers, R.**, 1989. Editorial introduction: Vulnerability, coping and policy. *Institute of development study bulletin*, 20 (2): 1-7.
- Chapman, G.B. et Johnson, E.J.**, 2002. Incorporating the irrelevant: Anchors in judgements of belief and value. In: T. Gilovich, D. Griffin et D. Kahneman (Editors), *Heuristics and biases: The psychology of intuitive judgement*. Cambridge University Press, pp. 120-138.
- Chardon, A.-C.**, 1994. Etude intégrée de la vulnérabilité de la ville de Manizales (Colombie) aux risques naturels. *Revue de Géographie Alpine*, LXXXII (4): 97-111.
- Chardon, A.C. et Thouret, J.-C.**, 1994. Cartographie de la vulnérabilité d'une population citadine face aux risques naturels: Le cas de Manizales. *Mappemonde*, 4: 4.
- Chaviteau, C. et Vinet, F.**, 2006. La vulnérabilité des établissements recevant du public et des entreprises face aux inondations: une méthode d'analyse appliquée dans le bassin de l'Orb (Hérault). *Ingénieries*, 46: 15-33.
- Chokor, B.A.**, 2003. Pattern of representation of countries in cognitive maps of the world with special reference to Africa. *Journal of Environmental Psychology*, 23 (4): 427.
- Christen, G. et Wintz, M.**, 2005. Approche sociologique des coulées de boue d'origine agricole, des stratégies individuelles au risque collectif: le cas de Morschwiller. Miméo, Université Marc Bloch.
- Citeau, L., Bispo, A., Bardy, M. et King, D.** (Editors), 2008. *Gestion durable des sols*. Quae, 320 pp.
- Cochard, F., Barbier, R. et Rozan, A.**, 2007. Taxe ambiante: un outil adapté à la lutte contre les coulées de boue? Une étude expérimentale, Document de travail, LERNA - Université de Toulouse / ENGEES Strasbourg. 36 pp.
- Cochard, F., Willinger, M. et Xepapadeas, A.**, 2005. Efficiency of nonpoint source pollution instruments: An experimental study. *Environmental and Resource Economics*, 30 (4): 393-422.
- Cohen, M.**, 2008. Risk perception, risk attitude and decision: a rank-dependent approach, Working paper n°84, Centre d'Economie de la Sorbonne. 23 pp.
- Cohen, M., Etner, J. et Jeleva, M.**, 2008. Dynamic decision making when risk perception depends on past experience. *Theory and Decision*, 64 (2-3): 173-192.
- Coussot, P. et Meunier, M.**, 1996. Recognition, classification and mechanical description of debris flows. *Earth-Science Reviews*, 40 (3-4): 209-227.
- Crouch, M. et McKenzie, H.**, 2006. The logic of small samples in interview-based qualitative research. *Social Science Information*, 45 (4): 483-499.
- Cutter, S.L.**, 1993. *Living with risk*. Edward Arnold, London, 214 pp.
- Cutter, S.L., Boruff, B.J. et Shirley, W.L.**, 2003. Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, 84 (2): 242-261.
- Cvetkovich, G.**, 1999. The attribution of social trust. In: G. Cvetkovich et R.E. Lofstedt (Editors), *Social trust and the management of risk*. Earthscan, pp. 53-61.
- D'Ercole, R.**, 1994. Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés: concepts, typologie, modes d'analyse. *Revue de Géographie Alpine*, 4 (LXXXII): 87-96.

- D'Ercole, R.**, 1996. Représentations cartographiques des facteurs de vulnérabilité des populations exposées à une menace volcanique - Application à la région du volcan Cotopaxi. Bulletin de l'Institut Français des Etudes Andines, 25 (3): 479-507.
- Dauphiné, A.**, 2001. Risques et catastrophes. Observer, spatialiser, comprendre et gérer. Armand Colin, Paris, 288 pp.
- Dauphiné, A.**, 2003. Risques et catastrophes. Observer, spatialiser, comprendre et gérer. Armand Colin, Paris, 288 pp.
- De Singly, F.**, 1992. L'enquête et ses méthodes. Le questionnaire, 18. Nathan Université, Paris, 127 pp.
- Dewolf, Y. et Bourrié, G.** (Editors), 2008. Les formations superficielles. Ellipses, 798 pp.
- Di Méo, G. et Buléon, P.**, 2005. L'espace social. Lecture géographique des sociétés. Armand Colin, Paris, 303 pp.
- Didsbury, H.F.** (Editor), 1999. Frontiers of the 21st: Prelude to the next millennium. Bethesda World Future Society, 246 pp.
- Dietz, T., Kalof, L. et Stern, P.C.**, 2002. Gender, values, and environmentalism. Social Science Quarterly, 83 (1): 353-364.
- Dissart, J.-C.**, 2007. Landscapes and regional development: What are the links? Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales, 84-85: 61-91.
- Dominey-Howes, D. et Minos-Minopoulos, D.**, 2004. Perceptions of hazard and risk on Santorini. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 137: 285-310.
- Douglas, M.**, 1967. Purity and danger. Routledge, 206 pp.
- Douglas, M. et Wildavsky, A.**, 1982. Risk and Culture: An essay on the selection of technical and environmental dangers. University of California Press, Berkeley, 221 pp.
- Douvinet, J.**, 2008. Les bassins versants sensibles aux "crues rapides" dans le Bassin Parisien - Analyse de la structure et de la dynamique de systèmes spatiaux complexes. Doctorat de Géographie, Université de Caen, 381 pp.
- Drottz-Sjöberg, B.M.**, 1993. Risk perceptions related to varied frames of reference, SRA Europe Third Conference. Risk analysis: underlying rationales, Paris.
- Ducatez, J.P.**, 2005. Limitation des flux et des transferts de matériaux par les dispositifs enherbés, AREAS, 1er Avril 2005.
- Duchaufour, P. et Souchier, B.** (Editors), 1979. Pédologie. Tome 2: Constituants et propriétés du sol. Masson, 459 pp.
- Duflos, C. et Hatchuel, G.**, 2004. Opinions sur les catastrophes naturelles, le développement durable et l'environnement au début 2004, CREDOC, 84 pp.
- Dunne, T., Zhang, W. et Aubry, B.F.**, 1991. Effects of rainfall, vegetation and microtopography on infiltration and runoff. Water Resources Research, 27: 2271-2285.
- Earle, T.C. et Cvetkovich, G.**, 1999. Social trust and culture in risk management. In: G. Cvetkovich et R.E. Lofstedt (Editors), Social trust and the management of risk. Earthscan, pp. 9-21.
- Etner, J., Jeleva, M. et Jouvét, P.-A.**, 2007. Risk perceptions, voluntary contributions and environmental policy. Research in Economics, 61 (3): 130-139.

- European Soil Bureau Network**, 2006. Common criteria for risk area identification according to soil threats, Research Report n°20, European Commission, 94 pp.
- Evrard, O.**, 2008. Muddy floods in the Belgian loess belt: Problems and solutions. Doctorat en Sciences, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, 207 pp.
- Evrard, O., Bielders, C.L., Vandaele, K. et van Wesemael, B.**, 2007a. Spatial and temporal variation of muddy floods in central Belgium, off-site impacts and potential control measures. *Catena*, 70 (3): 443-454.
- Evrard, O., Heitz, C., Liégeois, M., Boardman, J., Vandaele, K., Auzet, A.V. et van Wesemael, B.**, à paraître. A comparison of management approaches to control muddy floods in central Belgium, northern France and southern England. *Land Degradation and Development*.
- Evrard, O., Persoons, E., Vandaele, K. et van Wesemael, B.**, 2007b. Effectiveness of erosion mitigation measures to prevent muddy floods: A case study in the Belgian loam belt. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 118 (1-4): 149-158.
- Ewald, F.**, 1986. L'État providence. Grasset et Fasquelle, 608 pp.
- Eymard-Duvernay, F.**, 2000. La confiance, une approche comparative de régimes d'action. In: R. Laufer et M. Orillard (Editors), *La confiance en question*, pp. 245-263.
- Fessenden-Raven, J., Fitchen, J.M. et Heath, J.S.**, 1987. Providing risk information in communities: What is heard and accepted. *Science, Technology & Human Values*, 12 (3-4): 94-101.
- Finlay, P.J. et Fell, R.**, 1997. Landslides: Risk perception and acceptance. *Canadian Geotechnical Journal*, 34: 169-188.
- Fischhoff, B., Slovic, P., Lichtenstein, S., Read, S. et Combs, B.**, 2000. How safe is safe enough? A psychometric study of attitudes toward technological risks and benefits. In: P. Slovic (Editor), *The perception of risk*. Earthscan, pp. 80-103.
- Flota, C.**, 1999. Validation de la cartographie de l'aléa « Erosion des Sols » en France (IFEN) grâce aux « coulées boueuses » liées à l'érosion des terres agricoles dans le Sundgau (Alsace). Mémoire de Géographie, Université de Meudon, 102 pp + Annexes.
- Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C.S., Walker, B., Bengtsson, J., Berkes, F., Colding, J., Danell, K., Falkenmark, M., Gordon, L., Kaspersen, R., Kautsky, N., Kinzing, A., Levin, S., Maler, K.G., Moberg, F., Ohlsson, L., Olsson, P., Ostrom, E., Reid, W., Rockstroem, J., Savenije, H. et Svedin, U.**, 2002. Resilience and sustainable development: Building adaptive capacity in a world of transformations, Environmental Advisory Council to the Swedish Government, Stockholm, Sweden.
- Fransson, N. et Gärling, T.**, 1999. Environmental concerns: Conceptual definitions, measurement methods and research findings. *Journal of Environmental Psychology*, 19: 369-382.
- Gaillard, J.-C.**, 2007. De l'origine des catastrophes: phénomènes extrêmes ou âpreté du quotidien. *Natures, Sciences, Sociétés*, 15: 44-47.
- Gajdos, T. et Langlais, E.**, 2002. La perception des probabilités et la prise de décision. *Risques*, 49: 86-92.
- Gärling, T., Book, A. et Lindberg, E.**, 1984. Cognitive mapping of large-scale environments. The interrelationship of action plans, acquisition and orientation. *Environment and Behaviour*, 16 (1): 3-34.
- Gerber, B.J. et Neeley, G.W.**, 2005. Perceived risk and citizen preferences for governmental management of routine hazards. *Policy Studies Journal*, 33 (3): 395-418.

- Giddens, A.**, 1994. *Modernity and self-identity: Self and society in the late modern age*. Stanford University Press, 268 pp.
- Gilovich, T. et Griffin, D.**, 2002. Heuristics and biases: Then and now. In: T. Gilovich, D. Griffin et D. Kahneman (Editors), *Heuristics and biases: The psychology of intuitive judgment*. Cambridge University Press, pp. 1-18.
- Glatron, S.**, 2001. A geographical method to assess technological hazards. The example of the storage and the distribution of the fuel oils in the urban region of Ile-de-France. *Cybergeo*, 193: 10.
- Glatron, S. et Beck, E.**, 2005. Prévention des risques majeurs dans l'agglomération mulhousienne: quelles perceptions et quels points de vue des actions? *Les Cahiers de l'IAURIF*, 142: 105-117.
- Glatron, S. et Beck, E.**, 2008. Evaluation of socio-spatial vulnerability of citydwellers and analysis of risk perception: industrial and seismic risks in Mulhouse. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 8: 1029-1040.
- Gobat, J.-M., Aragno, M. et Matthey, W.**, 1998. *Le sol vivant*. Collection Gérer l'Environnement. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 519 pp.
- Golledge, R.G. et Stimpson, R.J.**, 1997. *Spatial behavior: A geographic perspective*. Guilford Publications, 620 pp.
- Gould, P. et White, R.**, 1984. *Mental maps*. Editions universitaires, Fribourg, 186 pp.
- Graham, J.D. et Rhomberg, L.**, 1996. How risks are identified and assessed. *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 545: 15-24.
- Granderton, P.T., Brookshire, D.S., McKee, M., Stewart, S. et Thurston, H.**, 2000. Buying insurance for disaster-type risks: Experimental evidence. *Journal of Risk and Uncertainty*, 20 (3): 271-289.
- Granvorka, C.G.**, 2007. Prévention des risques et revitalisation urbaine. L'exemple de Fort-de-France. *Les Cahiers de Préludes*, 10: 35-49.
- Grasmuck, D. et Scholz, R.W.**, 2005. Risk perception of heavy metal soil contamination by high-exposed and low-exposed inhabitants: The role of knowledge and emotional concerns. *Risk Analysis*, 25 (3): 611-622.
- Gregory, R., Brown, T.C. et Knetsch, J.L.**, 1996a. Valuing risks to the environment. *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 545: 54-63.
- Gregory, R., Slovic, P. et Flynn, J.**, 1996b. Risk perceptions, stigma, and health policy. *Health and Place*, 2 (4): 213-220.
- Greiving, S.**, 2006. Multi-risk assessment of Europe's regions. In: J. Birkmann (Editor), *Measuring vulnerability to natural hazards*. United Nations University Press, pp. 211-226.
- Grossi, P. et Kunreuther, H.C.**, 2005. *Catastrophe modelling: A new approach to managing risk*. Springer, 245 pp.
- Grothmann, T. et Reuswig, F.**, 2006. People at risk of flooding: Why some residents take precautionary action while others do not. *Natural Hazards*, 38 (1-2): 101-120.
- Guyonnet, J.**, 2005. Recensement, caractérisation et cartographie des coulées de boue dans le Bas-Rhin. *Maîtrise de Sciences et Techniques Eaux, Sols et Pollutions, Maîtrise de Sciences et Techniques Eaux, Sols et Pollutions, EOST, IMFS, Université de Strasbourg*, 86 pp.

- Hager, M.A., Wilson, S., Pollack, T.H. et Rooney, P.M.**, 2003. Response rates for mail surveys of nonprofit organizations: A review and empirical test. *Nonprofit and Voluntary Sector Quarterly*, 32 (2): 252-267.
- Heitz, C.**, 2004. Analyse des demandes d'indemnisation de catastrophe naturelle liées à des coulées de boue et caractérisation des bassins versants amont (Sundgau, Alsace). Mémoire de Maîtrise Géographie Physique, IMFS, Université de Strasbourg, 90 pp.
- Heitz, C.**, 2005. Etude de la perception du risque de catastrophes naturelles relatif aux coulées de boue par les acteurs de communes périurbaines. Approche méthodologique et analyse d'enquêtes. (Sundgau - Alsace). Mémoire de DEA, Mémoire de DEA, Laboratoire Image, Ville et Environnement, Université de Strasbourg, 110 pp.
- Heitz, C., Spaeter, S., Auzet, A.-V. et Glatron, S.**, 2009. Local stakeholders' perception of muddy flood risk and implications for management approaches: A case study in Alsace (France). *Land Use Policy*, 26 (2): 224-234.
- Hénin, S., Monnier, G. et Combeau, A.**, 1958. Méthode pour l'étude de la stabilité structurale des sols. *Annales Agronomiques*, 9: 73-92.
- Hjulström, F.**, 1935. Studies of the morphological activity of the rivers as illustrated by the river Frys. *Bulletin Géologique de l'Institut Universitaire d'Uppsala*, 25: 221-455.
- Hokstad, P. et Steiro, T.**, 2006. Overall strategy for risk evaluation and priority setting of risk regulations. *Reliability Engineering and System Safety*, 91: 100-111.
- Holland, J.M.**, 2004. The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: Reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 103: 1-25.
- Horan, M.**, 1999. What students see: sketch maps as tools for assessing knowledge of libraries. *The Journal of Academic Librarianship*, 25 (3): 187-201.
- Hsee, C.K.**, 1996. The evaluability hypothesis: An explanation for preference reversals between joint and separate evaluations of alternatives. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 67: 247-257.
- Hsee, C.K. et Kunreuther, H.C.**, 2000. The affection effect in insurance decisions. *Journal of Risk and Uncertainty*, 20 (2): 141-159.
- Hsee, C.K., Loewenstein, G.F., Blount, S. et Bazerman, M.H.**, 1999. Preference reversals between joint and separate evaluation of options: A review and theoretical analysis. *Psychological Bulletin* (125): 576-590.
- Hufschmidt, G., Crozier, M. et Glade, T.**, 2005. Evolution of natural risk: Research framework and perspectives. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5: 375-387.
- Hunter, L.M., Hatch, A. et Johnson, A.**, 2004. Cross-national gender variation in environmental behaviors. *Social Science Quarterly*, 85 (3): 677-694.
- IFEN**, 2005. L'érosion des sols, un phénomène à surveiller. Le 4 pages de l'Institut Français de l'Environnement, 106: 4 pp.
- IFEN/INRA/MEEDDADT**, 1998. Cartographie de l'aléa « Erosion des sols » en France. Etudes et Travaux, 18: 63 pp + Annexes.
- Imeson, A.C. et Prinsen, H.A.M.**, 2004. VegÉtation patterns as biological indicators for identifying runoff and sediment source and sink areas for semi-arid landscapes in Spain. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 104 (2): 333-342.

- Ingram, J., Fry, P. et Mathieu, A.**, 2006. Revealing different forms of knowledge held by agricultural scientists and farmers in the context of soil protection and management, Workshop "Farm level adoption of SWC measures and policy implications in Europe" COST Action 634: On and Off-site environmental impacts of Runoff and Erosion, Strasbourg.
- INSEE**, 2007. Recensement de la population. <http://www.recensement.insee.fr>.
- INSEE**, 2009. Chiffres pour l'Alsace, INSEE, 6 pp.
- INSEE/Région Alsace**, 2001. L'essentiel sur l'emploi en Alsace. Evolution, chiffres, tendances, Institut National des Statistiques et des Etudes Economiques, 8 pp.
- INSEE/Région Alsace**, 2003. L'essentiel sur le logement en Alsace. Evolution, chiffres, tendances, Institut National des Statistiques et des Etudes Economiques, 8 pp.
- IRSN**, 2007. Experts et grand public: quelles perceptions face au risque? Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, 22 pp.
- Isaac, R.M. et James, D.**, 2000. Just who are you calling risk averse? *Journal of Risk and Uncertainty*, 20 (2): 177-187.
- Jeleva, M. et Rossignol, S.**, 2009. Political decision of risk reduction: The role of trust. *Public Choice*, 139 (1-2): 83-104.
- Jetten, V. et Favis-Mortlock, D.**, 2006. Modelling soil erosion in Europe. In: J. Boardman et J. Poesen (Editors), *Soil Erosion in Europe*. Wiley, pp. 695-716.
- Joannon, A., Souchère, V., Martin, P. et Papy, F.**, 2006. Reducing runoff by managing crop location at the catchment level, considering agronomic constraints at farm level. *Land Degradation and Development*, 17 (5): 467-478.
- Johnson, C., Penning-Rowsell, E. et Parker, D.**, 2007a. Natural and imposed injustices: The challenges in implementing 'fair' flood risk management policy in England. *The Geographical Journal*, 173 (4): 374-390.
- Johnson, C., Penning-Rowsell, E. et Tapsell, S.**, 2007b. Aspiration and reality: Flood policy, economic damages and the appraisal process. *Area*, 39 (2): 214-223.
- Kahn, M.R. et Rahamn, M.A.**, 2007. Partnership approach to disaster management in Bangladesh: A critical policy assessment. *Natural Hazards*, 41: 359-378.
- Kahneman, D.**, 2003. A psychological perspective on economics. *American Economic Review*, 93 (2): 162-168.
- Kahneman, D., Ritov, I. et Schkade, D.**, 1999. Economic preferences or attitude expressions? An analysis of dollar responses to public issues. *Journal of Risk and Uncertainty*, 19 (1-3): 203-235.
- Kahneman, D., Slovic, P. et Tversky, A.**, 1982. *Judgement under uncertainty: Heuristics and biases*. Cambridge University Press, 555 pp.
- Kahneman, D. et Sugden, R.**, 2005. Experienced utility as a standard of policy evaluation. *Environmental and Resource Economics*, V32 (1): 161.
- Kahneman, D. et Tversky, A.**, 1979. Prospect Theory: An analysis of decision under risk: a conceptual framework. *Econometrica*, 47: 263-291.
- Kaplowitz, M.D., Hadlock, T.D. et Levine, R.**, 2004. A comparison of web and mail survey response rates. *Public Opinion Quarterly*, 68 (1): 94-101.

- Kasperson, R. et Kasperson, J.**, 1996. The social amplification and attenuation of risk. *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 545: 95-105.
- Kinnell, P.I.A.**, 2005. Raindrop-impact-induced erosion processes and prediction: A review. *Hydrological Processes*, 19 (14): 2815-2844.
- Kiunsi, R.B. et Meshack, M.V.**, 2006. Disaster vulnerability assessment: The Tanzania experience. In: J. Birkmann (Editor), *Measuring vulnerability to natural hazards*. United Nations University Press, pp. 227-245.
- Klein, R.J.T., Nicholls, R.J. et Thomalla, F.**, 2003. Resilience to natural hazards: How useful is this concept? *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards*, 5 (1-2): 35-45.
- Kouabenan, D.R., Cadet, B., Hermand, D. et Munoz-Sastre, M.T.**, 2007. *Psychologie du risque*. Editions De Boeck, Bruxelles, 206 pp.
- Krasovkaia, I., Gottschalk, L., Saelthun, N.R. et Berg, H.**, 2001. Perception of the risk of flooding: the case of the 1995 flood in Norway. *Hydrological Sciences Journal*, 46 (6): 855-868.
- Krimsky, S. et Golding, D.** (Editors), 1992. *Social theories of risk*. Praeger, 432 pp.
- Kunreuther, H.**, 1984. Causes of underinsurance against natural disasters. *The Geneva Papers on Risk and Insurance*, 31: 206-220.
- Kunreuther, H.**, 1996. Mitigation disaster losses through insurance. *Journal of Risk and Uncertainty*, 12: 171-187.
- Kunreuther, H., Desvousges, W. et Slovic, P.**, 1988. Risk perceptions and attitudes toward a high level nuclear waste repository in Nevada. *Environment*, 30 (8): 16-33.
- Kunreuther, H. et Pauly, M.**, 2004. Neglecting disaster: Why don't people insure against large losses? *Journal of Risk and Uncertainty*, 28 (1): 5-21.
- Kunreuther, H.C., Novemsky, N. et Kahneman, D.**, 2001. Making low probabilities useful. *The Journal of Risk and Uncertainty*, 23 (2): 103-120.
- Lai, J.C.-L. et Tao, J.**, 2003. Perception of environmental hazards in Hong Kong Chinese. *Risk Analysis*, 23 (4): 679-684.
- Lambert, J.** (Editor), 1997. *Les tremblements de terre en France*. BRGM, 197 pp.
- Lavigne, F. et Thouret, J.-C.**, 1994. Proposition d'une méthode d'évaluation et de cartographie des risques liés aux lahars sur le volcan Merapi (Java, Indonésie). *Revue de Géographie Alpine*, 4: 151-166.
- Lazo, J.K., Kinnell, J.C. et Fisher, A.**, 2000. Expert and layperson perceptions of ecosystem risk. *Risk Analysis*, 20 (2): 179-193.
- Le Bissonnais, Y., Couturier, A., Cerdan, O., Papy, F., Martin, P., Souchère, V., Bruno, J.F., Fox, D., Morschel, J. et Elyakime, B.**, 2003. *Maîtrise de l'érosion hydrique des sols cultivés, phénomènes physiques et dispositifs d'action*, INRA, Orléans, 69 pp.
- Le Bissonnais, Y., Montier, C., Jamagne, M., Daroussin, J. et King, D.**, 2002a. Mapping erosion risk for cultivated soil in France. *Catena*, 46 (2-3): 207.
- Le Bissonnais, Y., Thorette, J., Bardet, C. et Daroussin, J.**, 2002b. *L'érosion hydrique des sols en France*. IFEN, Orléans, 106 pp.
- Ledoux, B.**, 2006. *La gestion du risque inondation*. Lavoisier, 770 pp.

- Lemmel, M.**, 2002. Collecte et concentration du ruissellement par les motifs topographiques agraires au sein de bassins versants cultivés. Mémoire de DEA Systèmes Spatiaux et Environnement, Université Louis Pasteur - IMFS, Strasbourg I, 84 pp + Annexes.
- Lepesteur, M., Wegner, A., Moore, S.A. et McComb, A.**, 2007. Importance of public information and perception for managing recreational activities in the Peel-Harvey estuary, Western Australia. 87: 389-395.
- Lindell, M.K. et Barnes, V.E.**, 1989. Protective response to technological emergency: Risk perception and behavioral intention. *Journal of Safety Research*, 20 (1): 45.
- Lindell, M.K. et Perry, R.W.**, 1990. Effects of the Chernobyl accident on public perceptions of nuclear plant accident risks. *Risk Analysis*, 10 (3): 393-399.
- Loewenstein, G.F., Hsee, C.K., Weber, E.U. et Welch, N.**, 2001. Risk as feelings. *Psychological Bulletin*, 127 (2): 267-286.
- Lowrey, W., Evans, W., Gower, K., Robinson, J., Ginter, P., McCormick, L. et Abdolrasulnia, M.**, 2007. Effective media communication of disasters: Pressing problems and recommendations. *BMC Public Health*, 7 (1): 97.
- Ludwig, B.**, 1992. L'érosion par ruissellement concentré des terres cultivées du nord du Bassin Parisien: analyse de la variabilité des symptômes d'érosion à l'échelle du bassin versant élémentaire. Doctorat de Géographie, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 202 pp.
- Ludwig, B., Auzet, A.-V., Boiffin, J., Papy, F., King, D. et Chadoeuf, J.**, 1996. États de surface, structure hydrographique et érosion en rigole de bassins versants cultivés du nord de la France. In: G. De Noni, J.-M. Lamachère et E. Roose (Editors), États de surface du sol et risques de ruissellement et d'érosion. *Bulletin - Réseau Erosion*, Paris, pp. 152-168.
- Ludwig, B., Boiffin, J., Chadoeuf, J. et Auzet, A.-V.**, 1995. Hydrological structure and erosion damage caused by concentrated flow in cultivated catchments. *Experimental Geomorphology and Landscape Ecosystem Changes, Proceedings Memorial Symposium Prof. Jan Ploey*, 25 (1-4): 227-252.
- Madier, S.**, 2007. De la mesure à la modélisation de transferts de produits phytosanitaires à l'échelle du bassin versant: quantification des incertitudes et définition de stratégies d'échantillonnage. Doctorat des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, Agro Paris Tech, Paris, 580 pp.
- Malet, J.-P., Thiery, Y., Maquaire, O. et Puissant, A.**, 2006. Analyse spatiale, évaluation et cartographie du risque "glissement de terrain". *Revue Internationale de Géomatique*, 16 (3-4): 499-525.
- Maquaire, O., Thiery, Y., Malet, J.-P., Weber, C., Puissant, A. et Wania, A.**, 2004. Current practices and assessment tools of landslide vulnerability in mountainous basins. Identification of exposed elements with a semi-automatic procedure. In: W.A. Lacerda, M. Ehrlich, S.A.B. Fountoura et A.S.F. Sayao (Editors), *Landslides evaluation and stabilization*. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands.
- Marris, C., Langford, I.H. et O'Riordan, T.**, 1998. A quantitative test of the Cultural Theory of risk perceptions: Comparison with the psychometric paradigm. *Risk Analysis*, 18 (5): 635-647.
- Mathies, R.**, 1990. Spatialisation de l'alimentation de la nappe phréatique d'Alsace par les précipitations efficaces (1982-1987). Université Louis Pasteur, Centre d'études et de recherches éco-géographiques (CEREG), Strasbourg, 45 pp.
- Mathieu, A.**, 2004. Conceptions des agriculteurs et modèles agronomiques. Le pâturage des vaches laitières dans le Jura. *Natures, Sciences et Sociétés*, 12: 387-399.

- Mathieu, A. et Joannon, A.**, 2003. How farmers view their job in Pays de Caux, France. Consequences for grassland in water erosion. *Environmental Science and Policy*, 6: 29-36.
- McComas, K.A.**, 2003. Public meetings and risk amplification: A longitudinal study. *Risk Analysis*, 23 (6): 1257-1270.
- MEEDDADT**, 1999. Plan de Prévention des risques naturels. Guide général. La Documentation française: 76.
- MEEDDADT**, 2003. Plans de prévention des risques naturels (PPR). Risques d'inondation (ruissellement périurbain). Note complémentaire, Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire, 68 pp.
- MEEDDADT**, 2007. Les événements naturels dommageables en France et dans le monde en 2006, Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire - Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques, Paris, 44 pp.
- Messner, F. et Meyer, V.**, 2005. Flood damage, vulnerability and risk perception - challenge for flood damage research. In: J. Schanze, E. Zeman et J. Marsalek (Editors), *Flood risk management - hazards, vulnerability and mitigation measures*. Springer publisher.
- Meunier, M.**, 1991. Eléments d'hydraulique torrentielle. *Etudes Montagne*, 1, Ed. Cemagref, Quae, 278 pp.
- Mileti, D.S. et Peek, L.**, 2000. The social psychology of public response to warnings of a nuclear power plant accident. *Journal of Hazardous Materials*, 75 (2-3): 181-194.
- Milne, S., Sheeran, P. et Orbell, S.**, 2000. Prediction and intervention in health-related behavior: A meta-analytic review of protection motivation theory. *Journal of Applied Social Psychology*, 30 (1): 106-143.
- Moffatt, S., Hoeldke, B. et Pless-Mullooli, T.**, 2003. Local environmental concerns among communities in North-East England and South Hessen, Germany: The influence of proximity to industry. *Journal of Risk Research*, 6 (2): 125.
- Monnier, G., Boiffin, J. et Papy, F.**, 1986. Reflexions sur l'érosion hydrique en conditions climatiques et topographiques modérées: Cas des systèmes de grande culture de l'Europe de l'Ouest. *Cahiers de l'ORSTOM, Série Pédologie*, 22 (2): 123-131.
- Monnier, G. et Stengel, P.**, 1982. La composition granulométrique des sols: un moyen de prévoir leur fertilité physique. *Bulletin Technique d'Information*, 370/372: 503-512.
- Montello, D.R.**, 2002. Cognitive map-design research in the 20th century: Theoretical and empirical approaches. *Cartography and Geographic Information Science*, 29 (3): 283-304.
- Montz, B.E. et Grunfest, E.**, 2002. Flash flood mitigation: recommendations for research and applications. *Environmental Hazards* (4): 15-22.
- Moquet, J.-S.**, 2005. Recensement, caractérisation et cartographie des coulées de boue dans le Bas-Rhin. Maîtrise de Sciences et Techniques Eaux, Sols et Pollutions, Maîtrise de Sciences et Techniques Eaux, Sols et Pollutions, EOST, IMFS, Université de Strasbourg, 70 pp.
- Moquet, J.-S., Armand, R. et Heitz, C.**, 2007. Mise au point d'une méthode de discrétisation des événements provoqués par une coulée boueuse associée à du ruissellement érosif. Application aux bases de données des demandes de déclaration *CatNat* liées aux coulées boueuses en Alsace, Note interne, non publiée, IMFS. 7 pp.
- Mueller, E.N., Wainwright, J. et Parsons, A.J.**, 2007. The impact of connectivity on the modelling of overland flow within semi-arid schrubland environments. *Water Resources Research*, 43: 13.

- Munoz-Sastre, M.T., Monsirmen, S., Morin, G., Presutto, E., Séguéla, L., Vinel, J.P., Mullet, E. et Sorum, P.C.**, 2006. Changes in French people's misconceptions about hépatits C, 1997-2006. *Preventive Medicine*, 42 (2): 150-153.
- Neuwirth, K., Dunwoody, S. et Griffin, R.J.**, 2000. Protection motivation and risk communication. *Risk Analysis*, 20 (5): 721-734.
- O'Riordan, T.**, 1986. Coping with environmental hazards. In: R.W. Kates et I. Burton (Editors), *Geography, resources and environment. Volume II. Theme of the work of Gilbert F. White.* The University of Chicago Press, pp. 272-309.
- Papy, F. et Boiffin, J.**, 1988. Influence des systèmes de culture sur les risques d'érosion par ruissellement concentré. II - Evaluation des possibilités de maîtrise du phénomène dans les exploitations agricoles. *Agronomie*, 8 (9): 745-756.
- Party, J.-P.**, 2001a. Guide des sols d'Alsace - Petite Région Naturelle n°5: collines de Brumath, du Kochersberg et de l'arrière-Kochersberg. Région Alsace, 226 pp.
- Party, J.-P.**, 2001b. Guide des sols d'Alsace - Petite Région Naturelle n°11: Sundgau et Jura alsacien. Région Alsace, 252 pp.
- Party, J.-P.**, 2005. Guide des sols d'Alsace - Petite Région Naturelle n°1: Outre-Forêt. Région Alsace, 254 pp.
- Pasterick, E.T.**, 1998. The national flood insurance program. In: H. Kunreuther et R.J. Roth (Editors), *Paying the price: The status and role of insurance against natural disasters in the United States.* Joseph Henry Press.
- Peacock, W.G., Brody, S.D. et Highfield, W.**, 2005. Hurricane risk perceptions among Florida's single family homeowners. *Landscape and Urban Planning*, 73 (2-3): 120.
- Pelling, M.**, 2003. *The Vulnerability of Cities: Natural Disasters and Social Resilience.* Earthscan, London, UK.
- Peretti-Watel, P.**, 2000. *Sociologie du risque.* Armand Colin, 286 pp.
- Peters, R.G., Covello, V.T. et McCallum, D.B.**, 1997. The determinants of trust and credibility in environment risk communication: An empirical study. *Risk Analysis*, 17 (1): 43-54.
- Petrova, E.**, 2004. Social and economic factors of the natural risk increasing: Estimation of the Russian regions. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 4: 243-248.
- Picard, R.**, 2009. La protection de l'eau: une forte sensibilité, une faible implication, *Consommation et Modes de vie.* CREDOC, 4 pp.
- Pigeon, P.**, 2005. *Géographie critique des risques.* Economica, 217 pp.
- Pinheiro, J.Q.**, 1998. Determinants of cognitive maps of the world as expressed in sketch maps. *Journal of Environmental Psychology*, 18 (3): 321.
- PLANAT**, 2005. Stratégie "Dangers Naturels" en Suisse. Rapport de synthèse, PLANAT, Berne, 81 pp.
- Plattner, T.**, 2005. Modelling public risk evaluation of natural hazards: a conceptual approach. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5: 357-366.
- Plattner, T., Plapp, T. et Hebel, B.**, 2006. Integrating public risk perception into formal natural hazard risk assessment. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 6: 471-483.

- Pottier, N.**, 1998. L'utilisation des outils juridiques de prévention des risques d'inondation: évaluation des effets sur l'homme et l'occupation des sols dans les plaines alluviales (application à la Saône et à la Marne). Thèse, CERREVE, Ecole des Ponts et Chaussées, 436 pp.
- Pottier, N.**, 2006. L'enquête et le diagnostic territorial, outils de connaissance des risques et de prévention aux échelons individuel et collectif, Colloque "Géographes et assureurs face aux risques naturels: acteurs complémentaires de la connaissance et de la prévention", 6 Avril 2006, Guyancourt.
- Propeck-Zimmermann, E., Saint-Gérand, T. et Bonnet, E.**, 2007. Probabilités, risques et gestion territoriale: champs d'action des PPRT. *Géocarrefour*, 82 (1-2).
- Provitolo, D.**, 2005. Un exemple d'effets de dominos: la panique dans les catastrophes urbaines. *Cybergéo*, 328: 18.
- Provitolo, D. et Dauphiné, A.**, 2007. La résilience, un concept pour la géographie des risques. *Annales de Géographie*, 654: 115-125.
- Puigdefabregas, J., Sole, A., Gutierrez, L., del Barrio, G. et Boer, M.**, 1999. Scales and processes of water and sediment redistribution in drylands: results from the Rambla Honda field site in Southeast Spain. *Earth-Science Reviews*, 48 (1-2): 39-70.
- Purvis-Roberts, K., Werner, C.A. et Frank, I.**, 2007. Perceived risk from radiation and nuclear testing near Semipalatinsk, Kazakhstan: A comparison between physicians, scientists and the public. *Risk Analysis*, 27 (2): 291-302.
- Pynn, R. et Ljung, G.**, 1999. Flood insurance: A survey of Grand Forks, North Dakota, homeowners. *Applied Behavioral Science Review*, 7 (2): 171-180.
- Quiggin, J.**, 1981. Risk perception and risk aversion among Australian farmers. *American Journal of Agricultural Economics*, 25: 160-169.
- Quinn, C.H., Huby, M., Kiwasila, H. et Lovett, J.C.**, 2003. Local perceptions of risk to livelihood in semi-arid Tanzania. *Journal of Environmental Management*, 68 (2): 111.
- Rayner, S.**, 1992. Cultural Theory and risk perception. In: S. Krimsky et D. Golding (Editors), *Social theories of risk*. Praeger, pp. 83-115.
- Région Alsace**, 2009. Les indicateurs de l'environnement en Alsace, Région Alsace, 24 pp.
- Rowe, G. et Wright, G.**, 2001. Differences in expert and lay judgments of risks: Myth or reality? *Risk Analysis*, 21 (2): 341-356.
- Rozan, A., Stenger, A. et Willinger, M.**, 2004. Willingness-to-pay for food safety: an experimental investigation of quality certification on bidding behaviour. *European Review of Agricultural Economics*, 31 (4): 409-425.
- Samdhal, D.M. et Robertson, R.**, 1989. Social determinants of environmental concern. Specification and test of the model. *Environment and Behavior*, 21 (1): 57-81.
- Savadori, L., Savio, S., Nicotra, E., Rumiati, R., Finucane, M. et Slovic, P.**, 2004. Expert and public perception of risk from biotechnology. *Risk Analysis*, 24 (5): 1289-1299.
- Schoeneich, P. et Busset-Henchoz, M.-C.**, 2000. Risques naturels, espaces vécus et représentations: le nécessaire décodage de la mémoire. In: R. Favier et M. Granet-Abisset (Editors), *Histoire et mémoire des risques naturels*. MSH-Alpes, Grenoble, pp. 249-270.

- Schwarz, N. et Vaughn, L.A.**, 2002. The availability heuristic revisited: Ease of recall and content of recall as distinct sources of information. In: T. Gilovich, D. Griffin et D. Kahneman (Editors), *Heuristics and biases: The psychology of intuitive judgment*. Cambridge University Press, pp. 103-119.
- Siegrist, M. et Cvetkovitch, G.**, 2000. Perception of hazards: the role of social trust and knowledge. *Risk Analysis*, 20 (5): 713-719.
- Sjöberg, L.**, 2000. Factors in risk perception. *Risk Analysis*, 20 (1): 1-11.
- Sjöberg, L.**, 2001a. Limits of knowledge and the limited importance of trust. *Risk Analysis*, 21 (1): 189-198.
- Sjöberg, L.**, 2001b. Political decisions and public risk perception. *Reliability Engineering & System Safety*, 72: 115-123.
- Sjöberg, L. et Drottz-Sjöberg, B.M.**, 2001. Fairness, risk and risk tolerance in the siting of a nuclear waste repository. *Journal of Risk Research*, 4: 75-102.
- Sjöberg, L., Moen, B.-E. et Rundmo, T.**, 2004. Explaining risk perception. An evaluation of the psychometric paradigm in risk perception research, Rotunde, 84, Norwegian University of Science and Technology Department of Psychology, Trondheim, Norway, 33 pp.
- Slovic, P.**, 1986. Informing and educating the public about risk. *Risk Analysis*, 6 (4): 403-415.
- Slovic, P.**, 1992. Perception of risk: Reflections on the psychometric paradigms. In: S. Krimsky et D. Golding (Editors), *Social theories of risk*. Praeger, pp. 117-152.
- Slovic, P.** (Editor), 2000. *The perception of risk*. Earthscan, 473 pp.
- Slovic, P., Finucane, M.L., Peters, E. et MacGregor, D.G.**, 2004. Risk as analysis and risk as feelings: Some thoughts about affect, reason, risk, and rationality. *Risk Analysis*, 24 (2): 311-322.
- Slovic, P., Fischhoff, B. et Lichtenstein, S.**, 1979. Rating the risks. *Environment*, 2 (3): 14-20.
- Slovic, P., Fischhoff, B. et Lichtenstein, S.**, 1982. Response mode, framing and information-processing effects in risk assessment. In: R. Hogarth (Editor), *New directions for Methodology of Social and Behavioral Science: Question Framing and Response Consistency*, San Francisco, pp. 21-36.
- Slovic, P., Flynn, J., Mertz, J., Poumadère, C. et Mays, C.**, 2000. Nuclear power and the public: A comparative study of risk perception in France and the United States. In: O. Renn et B. Rohrmann (Editors), *Cross-Cultural Risk Perception*, Boston: Kluwer Academic, pp. 55-102.
- Slovic, P. et Peters, E.**, 2006. Risk perception and affect. *Current Directions In Psychological Science*, 15 (6): 322-325.
- Slovic, P., Peters, E., Finucane, M.L. et MacGregor, D.G.**, 2005. Affect, risk, and decision making. *Health Psychology*, 24 (4): S35-S40.
- Soltner, D.**, 2000. *Les bases de la production végétale. Tome 1 - Le sol et son amélioration*. Sciences et Techniques Agricoles, 472 pp.
- Souchère, V., Cerdan, O., Dubreuil, N., Le Bissonnais, Y. et King, C.**, 2005. Modelling the impact of agri-environmental scenarios on runoff in a cultivated catchment (Normandy, France). *Catena*, 61 (2-3): 229.
- Spaeter, S., Cochard, F. et Rozan, A.**, 2006. Prevention and compensation related to muddy flood: Some economic insights, Working paper, 2006-29, BETA. 41 pp.

- Starr, C.**, 1969. Social benefit vs. technological risk. *Science*, 165: 1232-1238.
- Takken, I., Govers, G., Jetten, V., Nachtergaele, J., Steegen, A. et Poesen, J.**, 2005. The influence of both process descriptions and runoff patterns on predictions from a spatially distributed soil erosion model. *Earth Surface Processes And Landforms*, 30 (2): 213-229.
- Tallon, J.-M. et Vergnaud, J.-C.**, 2002. Comment exprimer les croyances dans l'incertain? *Risques*, 49: 93-98.
- Tebrügge, F. et Düring, R.A.**, 1999. Reducing tillage intensity: A review of results from a long-term study in Germany. *Soil & Tillage Research*, 53: 15-28.
- Terpestra, T., Lindell, M.K. et Gutteling, J.M.**, 2009. Does communicating (flood) risk affect (flood) risk perceptions? Results of a quasi-experimental study. *Risk Analysis*, 8: 1141-1155.
- Thiery, Y.**, 2007. Susceptibilité du bassin de Barcelonnette (Alpes du Sud, France) aux "mouvements de versant": cartographie morphodynamique, analyse spatiale et modélisation probabiliste. Doctorat de Géographie, Université de Caen, 443 pp.
- Thompson, K.M.**, 2002. Variability and uncertainty meet risk management and risk communication. *Risk Analysis*, 22 (3): 647-653.
- Thouret, J.-C. et D'Ercole, R.**, 1996. Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain: effets, facteurs et réponses sociales. *Cahier des Sciences Humaines*, 32 (2): 407-422.
- Tkacz, S.**, 1998. Learning map interprétation: Skill acquisition and underlying abilities. *Journal of Environmental Psychology*, 18: 237-249.
- Tversky, A. et Kahneman, D.**, 1973. Availability: A heuristic for judging frequency and probability. *Cognitive Psychology*, 5: 207-232.
- Tversky, A. et Kahneman, D.**, 1974. Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. 185: 1124-1130.
- Tversky, A. et Kahneman, D.**, 1991. Loss aversion and riskless choice: A reference-dependent model. *Quarterly Journal of Economics*, 106: 1039-1061.
- Tversky, A. et Kahneman, D.**, 1992. Advances in Prospect Theory: Cumulative representation of uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty*, 5: 297-323.
- Tversky, A. et Kahneman, D.**, 2002. Extensional versus intuitive reasoning: The conjunction fallacy in probability judgment. In: T. Gilovich, D. Griffin et D. Kahneman (Editors), *Heuristics and biases. The psychology of intuitive judgment*. Cambridge University Press, pp. 19-48.
- Tyszka, T. et Zaleskiewicz, T.**, 2006. When does information about probability count in choice under risk? *Risk Analysis*, 26 (6): 1623-1636.
- Valentin, C., Poesen, J. et Li, Y.**, 2005. Gully erosion: Impacts, factors and control. *Catena*, 63 (2-3): 132-153.
- Van Dijk, P.**, 2001. Soil erosion and associated sediment supply to rivers. Geography Thesis, University of Amsterdam, 211 pp.
- Van Dijk, P., Auzet, A.-V. et Lemmel, M.**, 2005. Rapid assessment of field erosion and sediment transport pathways in cultivated catchments after heavy rainfall events. *Earth Surface Processes and Landforms*, 30: 169-182.
- Verheijen, F.G.A., Jones, R.J.A., Rickson, R.J. et Smith, C.J.**, 2009. Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe. *Earth Science Reviews*, 94: 23-38.

- Verstraeten, G., Poesen, J., Goossens, D., Gillijns, K., Bielders, C.L., Gabriels, D., Ruyschaert, G., Van den Eeckhaut, M., Vanwalleghem, T. et Govers, G.,** 2006. Belgium. In: J. Boardman et J. Poesen (Editors), *Soil erosion in Europe*. Wiley, pp. 385-411.
- Veyret, Y.,** 2004. *Gestion des risques naturels en France. De l'aléa à la gestion*. Hatier Coll. Initial, 251 pp.
- Veyret, Y.,** 2006. Risques naturels et géographie: vulnérabilité et assurances, Paper presented at the Colloque "Géographes et assureurs face aux risques naturels: acteurs complémentaires de la connaissance et de la prévention", Guyancourt.
- Veyret, Y. et Reghezza, M.,** 2005. Aléas et risques dans l'analyse géographique. *Annales des Mines, Série Responsabilité et Environnement*, 40: 61-70.
- Viguié, J.M., Oliveros, C. et Bernard, R.,** 1990. Erosion des vignobles dans les Côtes de Provence (Vidauban-France). Mesures et interprétations, BRGM, département Environnement et Risques de Marseille et d'Orléans, Chambre d'Agriculture du Var, pp.
- Viklund, M.,** 2004. Energy policy options - from the perspective of public attitudes and risk perceptions. *Energy Policy*, 32: 1159-1171.
- Viklund, M.J.,** 2003. Trust and risk perception in Western Europe: A cross-national study. *Risk Analysis*, 23 (4): 727-738.
- Vinet, F.,** 2007. Approche institutionnelle et contraintes locales de la gestion du risque. Recherches sur le risque inondation en Languedoc-Roussillon. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR), Université Paul-Valéry, Montpellier III, 270 pp.
- Vinet, F. et Defossez, S.,** 2006. La représentation du risque inondation et de sa prévention. In: R. Laganier (Editor), *Territoires, inondations et figure du risque. La prévention au prisme de l'évaluation*. L'Harmattan, pp. 99-137.
- Viscusi, W.K.,** 2006. Natural disaster risks: An introduction. *Journal of Risk and Uncertainty* (33): 5-11.
- Viscusi, W.K. et Zeckhauser, R.,** 1996. Hazard communication: Warnings and risk. *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 545: 106-115.
- Visschers, V.H.M., Meertens, R.M., Passchier, W.F. et De Vries, N.K.,** 2007. How does the general public evaluate risk information? The impact of associations with other risks. *Risk Analysis*, 27 (3): 715-727.
- Vogt, H.,** 1992. *Le relief en Alsace. Etude géomorphologique du rebord sud-occidental du fossé rhénan*. Oberlin, Strasbourg, 239 pp.
- Von Eller, J.-P.,** 1976. *Guides géologiques régionaux: Vosges - Alsace*. Masson, 182 pp.
- Von Neuman, J. et Morgenstern, O.,** 1947. *Theory of games and economic behavior*. Princeton University Press, (1ed, 1944).
- Wakefield, S.E.L. et Elliott, S.J.,** 2003. Constructing the news: the role of local newspapers in environmental risk communication. *The Professional Geographer*, 55 (2): 216-226.
- Weinstein, N.D.,** 1989. Effects of personal experience on self-protective behavior. *Psychological Bulletin*, 105 (1): 31-50.
- Wilhelmi, O.V. et Wilhite, D.A.,** 2002. Assessing vulnerability to agricultural drought: a Nebraska case study. *Natural Hazards*, 25: 37-58.

- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T. et Davis, I.**, 1994. *At risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Routledge, 410 pp.
- Wright, G., Bolger, F. et Rowe, G.**, 2002. An empirical test of the relative validity of expert and lay judgments of risk. *Risk Analysis*, 22 (6): 1107-1122.
- Wright, G., Pearman, A. et Yardley, K.**, 2000. Risk perception in the U.K. oil and gas production industry: Are expert loss-prevention managers' perception different from those of members of the public? *Risk Analysis*, 20 (5): 681-690.
- Young, E.**, 1998. Dealing with hazards and disasters: risk perception and community participation in management. *The Australian Journal of Emergency Management*, 13 (2): 14-16.
- Zhai, G., Sato, T., Fukuzono, T., Ikeda, S. et Yoshida, K.**, 2006. Willingness to pay for flood risk reduction and its determinants in Japan. *Journal of the American Water Resources Association*, 42 (4): 927-940.
- Zilli Bacic, I.L., Bregt, A.K. et Rossiter, D.G.**, 2006. A participatory approach for integrating risk assessment into rural decision-making: A case study in Santa Catarina, Brazil. *Agricultural Systems*, 87 (2): 229.
- Zonabend, F.**, 1989. *La presqu'île au nucléaire*. Odile Jacob, Paris, 188 pp.

Liste des abréviations

CREDOC : Centre de Recherche pour l'Etude et l'Observation des Conditions de vie

DCS : Dossier Communal Synthétique

DDAF : Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt

DDE : Direction Départementale de l'Équipement

DDRM : Dossier Départemental sur les Risques Majeurs

DICRIM : Dossier d'Information Communal sur les Risques Majeurs

DIREN : Direction Régionale de l'Environnement

DPPR : Direction de la Prévention de la Pollution et des Risques

ENGEES : Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg

GERIHCO : Gestion des Risques et Histoires des Coulées de boue

GERPLAN : Plan de Gestion de l'espace Rural et Périurbain

IFEN : Institut Français de l'Environnement

INERIS : Institut National de l'Environnement industriel et des Risques

INRA : Institut National de Recherche Agronomique

INTRUS : Intégration et impact des risques naturels et Technologiques en Système urbain

MEEDDAT : Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire

PAC : Politique Agricole Commune

PLU : Plan Local d'Urbanisme

PPR : Plan de Prévention des Risques

PPRI : Plan de Prévention des Risques d'Inondation

RGA : Recensement Général Agricole

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SAU : Surface Agricole Utile

SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SIG : Système d'Information Géographique

TSL : Techniques Sans Labour

Liste des figures

Figure 0.1 : Le risque, conjonction entre l'aléa et la vulnérabilité	6
Figure 0.2 : Les relations établies entre les disciplines mobilisées pour une approche globale de la question des risques.....	10
Figure 1.1 : Carte d'aléa issue du PPR Inondation de Quimper (approuvé en 2008).....	23
Figure 1.2 : Carte des enjeux issue du PPR Inondation de Quimper (approuvé en 2008).....	24
Figure 1.3 : Carte réglementaire des risques issue du PPR Inondation de Quimper (approuvé en 2008)	25
Figure 1.4 (gauche) : Cartographie de l'aléa « mouvements de versant » par approche multivariée, avec : (a) les étapes de la stratégie de cartographie par SIG ; (b1) la carte d'aléa obtenue par analyse discriminante et par « unités de pentes » et (b2) la carte des enjeux.....	28
Figure 1.5 (haut) : Cartographie de la vulnérabilité de la population de Manizales (séismes et glissements de terrain) par le regroupement de critères physiques et socio-économiques	28
Figure 1.6 : Interactions des espaces dans les perceptions de l'environnement.....	31
Figure 1.7 : Relations et définitions des quatre pôles culturels et les rapports au risque des individus de ces pôles	36
Figure 1.8 : Courbe de la Cumulative Prospect Theory (Tversky et Kahneman, 1992)	47
Figure 2.1 : Classification des mouvements de terrain d'après les domaines de comportement des matériaux	55
Figure 2.2 : Les formes de ruissellement associées au type de précipitations.....	59
Figure 2.3 : Evolution du sol sous l'action des pluies.....	61
Figure 2.4 : Dégradation des états de surface du sol	61
Figure 2.5 : Triangle des textures (classification du Département Américain de l'Agriculture).....	62
Figure 2.6 : Erosion en fonction des types de cultures mises en place	64
Figure 2.7 : Evolution du ruissellement dans un bassin versant de 25 ha avec 6 parcelles.....	65
Figure 2.8 : Qualité des eaux superficielles	67
Figure 2.9 : Exemples de recouvrement de plants et de traces d'érosion après une coulée boueuse	67
Figure 2.10 : Exemples de dégâts dans les zones urbanisées.....	69
Figure 2.11 : Répartition des mesures agronomiques existantes au sein d'un bassin versant théorique	71
Figure 2.12 : Atteinte au réseau d'écoulement lors d'une coulée boueuse à Sultz les Bains	73
Figure 2.13 : Exemple de fascines	73
Figure 2.14 : Bassin de rétention des eaux.....	74
Figure 2.15 : Rehaussement de limite de parcelle.....	75
Figure 2.16 : Interactions entre les différentes échelles de décision : locale, nationale et européenne	77
Figure 2.17 : Données et informations déduites des niveaux de perception du risque de coulées boueuses	79
Figure 2.18 : Synthèse des connaissances théoriques dans la problématique des coulées boueuses	82
Figure 3.1 : Communes concernées par des coulées boueuses en Alsace (période 1985-2005)	84
Figure 3.2 : Répartition des Petites Régions Naturelles en Alsace	85

Figure 3.3 : Géomorphologie de l'Outre-Forêt et localisation de la commune échantillonnée	87
Figure 3.4 : Géomorphologie du Kochersberg et localisation des communes échantillonnées	87
Figure 3.5 : Géomorphologie du Sundgau et localisation des communes échantillonnées	88
Figure 3.6 : Distribution des pentes dans l'Outre-Forêt et le Sundgau	88
Figure 3.7 : Normales climatiques des sites de Bâle-Mulhouse (1971-2000) et Strasbourg.....	90
Figure 3.8 : Répartition annuelle des coulées boueuses pour le Haut-Rhin entre 1995 et 2003	90
Figure 3.9 : Les mutations de l'occupation du sol dans les bassins versants agricoles (Rixheim, Alsace).....	91
Figure 3.11 : Schéma de la période à risque de formation de ruissellement dans les parcelles cultivées	93
Figure 3.10 : États de surface des sols en fonction de la culture en place.....	94
Figure 3.12 : Augmentation du nombre de logements entre 1990 et 1999 en Alsace.....	96
Figure 3.13 : Part des travailleurs frontaliers en Alsace en 1999.....	96
Figure 3.14 : Application et illustration des processus intervenant dans la formation et la propagation des coulées boueuses. Exemple du bassin versant de l'Ibenbach (Sundgau, Alsace).....	98
Figure 4.1 : Démarche suivie pour la détermination de la méthode de collecte des données de perception pour les différents acteurs échantillonnés	99
Figure 4.2 : Interactions entre les trois principaux acteurs à l'échelle locale dans les problématiques des coulées boueuses.....	100
Figure 4.3 : Distribution temporelle de retours des questionnaires.....	107
Figure 4.4 : Le questionnaire d'enquête.....	109
Figure 4.5 : Les éléments structurants à prendre en compte dans l'analyse des cartes mentales	115
Figure 4.6 : Localisation des communes choisies pour les passations de questionnaires.....	118
Figure 4.7 : Schéma conceptuel des zones de ruissellement au sein d'un bassin versant.....	122
Figure 4.8 : Schéma conceptuel des zones de ruissellement au sein d'une commune	123
Figure 4.9 : Répartition des zones de ruissellement dans la commune de Rantzwiller (Haut-Rhin) ..	125
Figure 4.10 : Répartition des zones de ruissellement dans la commune de Blotzheim (Haut-Rhin) ..	126
Figure 4.11 : Système de codification des questionnaires.....	127
Figure 5.1 : Répartition des taux de retour d'enquêtes (exploitées) par communes	132
Figure 5.2 : « Pouvez-vous classer ces problèmes de société selon l'ordre d'importance pour vous ? » Echantillon de la population résidente (hors agriculteurs et élus locaux ; N=412)	140
Figure 5.3 : « Pouvez-vous classer ces problèmes de société selon l'ordre d'importance pour vous ? » Echantillon des étudiants (N=186)	141
Figure 5.4 : « Pouvez-vous classer ces problèmes de société selon l'ordre d'importance pour vous ? » Echantillon « zones sources » (N=64).....	141
Figure 5.5 : « Pouvez-vous classer ces problèmes de société selon l'ordre d'importance pour vous ? » Echantillon « zones cibles » (N=134)	142
Figure 5.6 : « Pouvez-vous classer ces risques naturels du plus important au moins important ? » Echantillon total et réparti selon les zones de ruissellement.....	143
Figure 5.7 : « Le type de cultures a-t-il, selon vous, un rôle dans la naissance des coulées boueuses ? »	147
Figure 5.8 : « Selon vous, quel niveau de protection offrent les aménagements hydrauliques (de type digues ou bassins de rétention) ? » Echantillon réparti selon les zones de ruissellement	151

Figure 5.9 : « Pouvez-vous classer ces types de solutions pouvant être apportés pour diminuer le risque de coulées de boue, de la plus efficace à la moins efficace ? » Classement par ordre de priorité. Echantillon réparti selon les « fonctions » des acteurs	152
Figure 5.10 : « Sur cette échelle, pouvez-vous placer votre niveau d'information concernant le risque de coulées boueuses ? » Echantillon réparti selon les zones de ruissellement	153
Figure 5.11 : « A qui faites-vous confiance pour les informations que vous recevez ? » Echantillon total (N=435).....	155
Figure 5.12 : « A qui faites-vous confiance pour les informations que vous recevez ? » Echantillon des étudiants (N=186).....	155
Figure 5.13 : « Quelles mesures devraient être prises, selon vous, afin de diminuer le risque de coulées boueuses ? » Echantillon réparti selon les zones de ruissellement	156
Figure 5.14 : « Qui doit, selon vous, initier les aménagements permettant de lutter contre les coulées boueuses ? » Echantillon total (N=435)	159
Figure 6.1 : Graphique de dispersion des moyennes de la connaissance du risque pour les populations (N=401) et les étudiants (N=186).....	167
Figure 6.2 : Distribution des moyennes des deux facteurs de « familiarité » du risque (N=401).....	169
Figure 6.3 : Distribution de la « familiarité » du risque en fonction du statut des enquêtés (étudiants ou population)	170
Figure 6.4 : Distribution de la « familiarité » du risque en fonction de l'expérience vécue	170
Figure 6.5 : Distribution des moyennes des trois facteurs de réductibilité ou de contrôle du risque pour les populations (N=401)	173
Figure 6.6 : Relations établies entre les facteurs de perception intégrés dans notre indice et les facteurs non pris en compte	177
Figure 6.7 : Distribution des indices de perception selon la menace que représentent les coulées boueuses pour les individus	178
Figure 6.8 : Distribution des notes de perception en fonction de l'expérience vécue	180
Figure 6.9 : Histogramme de fréquences des indices de perception	182
Figure 6.10 : Répartition des indices de perception selon les zones de ruissellement	183
Figure 6.11 : Cartographie comparative des indices de perception du risque (aversion) et des zones de ruissellement. Exemple d'Ernolsheim sur Bruche (Bas-Rhin).....	185
Figure 6.12 : Cartographie comparative des indices de perception du risque (aversion) et des zones de ruissellement. Exemple de Michelbach le Bas (Haut-Rhin)	186
Figure 6.13 : Histogramme de fréquences des indices de comportements annoncés en cas de catastrophe	189
Figure 6.14 : Distribution des indices de comportements en fonction de l'expérience vécue	191
Figure 6.15 : Répartition des indices de comportements annoncés en cas de catastrophe en fonction des zones de ruissellement.....	192
Figure 6.16 : Répartition des indices de comportements en fonction de l'aversion au risque (indices de perception).....	193
Figure 6.17 : Indices de perception et de comportements annoncés	194
Figure 6.18 : Cartographie comparative entre les indices de perception et les indices de comportements annoncés en cas de catastrophe. Exemple de Wickersheim (Bas-Rhin)	195
Figure 6.19 : Cartographie comparative entre les indices de perception et les indices de comportements annoncés en cas de catastrophe. Exemple de Rantzwiller (Haut-Rhin)	196

Liste des tables

Tableau 0.1 : Classement des événements naturels en 6 classes selon le Ministère de l'Ecologie, de l'Environnement, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire	6
Tableau 1.1 : Parties de « pile ou face » en trois tours et gains espérés	40
Tableau 1.2 : Exemple de loteries et poids associés	44
Tableau 1.3 : Choix pour des gains ou des pertes (probabilités égales)	46
Tableau 2.1 : Terminologie et définitions utilisées dans les documents officiels ou retrouvées dans la littérature.....	56
Tableau 2.2 : Classement des événements d'érosion hydrique en tant que coulées boueuses selon le facteur I.....	58
Tableau 2.3 : Interaction texture / matières organiques (MO) sur la stabilité structurale	62
Tableau 2.4 : Modulations et franchises des indemnisations au titre de Cat Nat	70
Tableau 2.5 : Synthèse de la capacité de rétention des sédiments par des bandes enherbées.....	72
Tableau 3.1 : Répartition des cultures dans la Surface Agricole Utile (SAU) en 2007 et évolution entre 1990-2007 en Alsace.....	92
Tableau 3.2 : Evolution de l'occupation des sols entre 1990 et 2000 pour la région Alsace.....	95
Tableau 4.1 : Répartition des étudiants répondants en fonction de leur formation.....	108
Tableau 4.2 : Facteurs déterminés pour le choix des communes enquêtées.....	116
Tableau 4.3a : Synthèse des principales caractéristiques des communes échantillonnées dans le Bas-Rhin	120
Tableau 4.3b : Synthèse des principales caractéristiques des communes échantillonnées dans le Haut-Rhin.....	121
Tableau 4.4 : Nombre de zones définies par commune	124
Tableau 4.5 : Répartition des ménages par commune et nombre de questionnaires à distribuer	128
Tableau 5.1. Pourcentages de retours par commune et date de la dernière coulée boueuse subie avant le dépôt des questionnaires d'enquête (en 2006)	132
Tableau 5.2a : Classement des enquêtés par classe d'âge et niveau d'études de notre échantillon	134
Tableau 5.2b : Classement des enquêtés par classe d'âge et niveau d'études au niveau régional ..	134
Tableau 5.3 : Catégories professionnelles des individus enquêtés dans notre échantillon et à l'échelle régionale.....	134
Tableau 5.4 : Type d'habitat.....	135
Tableau 5.5 : Taux de réponse par commune et par zones de ruissellement.....	135
Tableau 5.6 : Répartition des individus sinistrés en fonction des zones de ruissellement définies dans l'échantillonnage.....	136
Tableau 5.7 : « Selon vous, qu'est-ce qu'un risque ? Pouvez-vous noter les 2-3 mots que vous associez à ce terme ? ».....	138
Tableau 5.8 : « Selon vous, qu'est-ce qu'un risque ? Pouvez-vous noter les 2-3 mots que vous associez à ce terme ? » Echantillon réparti selon les zones de ruissellement	138
Tableau 5.9 : « A quel(s) phénomène(s) pensez-vous lorsque l'on parle de risques naturels ? »	142
Tableau 5.10 : « Quelles sont, d'après vous, les origines d'une coulée boueuse ? » Echantillon réparti selon les « fonctions » des acteurs	145

Tableau 5.11 : « Quelles sont, d'après vous, les origines d'une coulée boueuse ? » Echantillon réparti selon les zones de ruissellement	146
Tableau 5.12 : Croisement entre les questions « Avez-vous déjà été touché par une coulée boueuse chez vous ? » et « Quelles sont d'après vous les origines d'une coulées boueuse ? » Echantillon total (N=428 réparti en Oui=129 et Non=299).....	146
Tableau 5.13 : Réponse à la question « Vous sentez-vous menacé par le risque de coulées boueuse ? » selon les zones de ruissellement. Echantillon total (N=435).....	148
Tableau 5.14 : Raisons identifiées par les individus expliquant leur sentiment de menace	148
Tableau 5.15 : Croisement entre les questions « Avez-vous déjà été touché par une coulée boueuse chez vous ? » et « Quelles mesures devraient être prises pour diminuer les risques de coulées boueuses ? »	149
Tableau 5.16 : « Pour mieux vivre avec le risque de coulées boueuses, nous devons ? (1 seule réponse demandée) » Echantillon réparti selon les « fonctions » des acteurs.....	149
Tableau 5.17 : « A votre connaissance, quels sont les différents types d'aménagements, techniques ou naturels, qui existent pour réduire les risques de coulées boueuses ? » Echantillon réparti selon les « fonctions » des acteurs.....	150
Tableau 5.18 : « Quels médias utilisez-vous pour vous informer sur le risque de coulées boueuses dans votre commune ? » Echantillon total (N=435)	154
Tableau 5.19 : « Voici plusieurs propositions. Quelle est celle qui se rapproche le plus de votre opinion concernant les coulées boueuses ? » Echantillon réparti selon les « fonctions » des acteurs	157
Tableau 5.20 : « Si une coulée boueuse devait se produire chez vous, quelle serait votre réaction immédiate ? » Echantillon réparti selon les zones de ruissellement.....	158
Tableau 6.1 : Les facteurs utilisés, les questions correspondantes dans l'enquête et le barème de notation appliqué	166
Tableau 6.2 : Synthèse et exemple du calcul de l'indice de perception pour un individu peu averse au risque.....	175
Tableau 6.3 : Synthèse et exemple du calcul de l'indice de perception pour un individu averse au risque.....	176
Tableau 6.4 : Croisement entre les données relatives à l'expérience vécue et le sentiment de menace représenté par les coulées boueuses	179
Tableaux 6.5 : Matrices de corrélations entre les indices de perception et deux caractéristiques sociales.....	180
Tableau 6.6 : Discrétisation par moyennes emboîtées et répartition des indices de perception selon le degré d'aversion qu'ils représentent	182
Tableau 6.7 : Variables prises en compte dans l'indice de comportement en cas de catastrophe	187
Tableau 6.8 : Synthèse des facteurs pris en compte dans l'indice de comportement annoncé en cas de catastrophe.....	189
Tableau 6.9 : Discrétisation et répartition des indices de comportements annoncés en cas de catastrophe.....	190

Liste des annexes

Annexe 1 : Le formulaire d'indemnisation au titre de catastrophes naturelles.....	253
Annexe 2 : Mise au point d'une méthode de discrétisation des événements provoqués par une coulée boueuse associée à du ruissellement érosif	254
Annexe 3 : Mise au point d'une enquête : questions de base.....	257
Annexe 4 : Présentation de la base de données <i>CatNat</i>	258
Annexe 5 : Cartographie des zones de ruissellement par commune	260
<i>Commune d'Ernolsheim sur Bruche (Bas-Rhin)</i>	260
<i>Commune de Hohatzenheim (Bas-Rhin)</i>	261
<i>Commune de Neewiller près Lauterbourg (Bas-Rhin)</i>	261
<i>Commune de Marlenheim (Bas-Rhin)</i>	262
<i>Commune de Wickersheim (Bas-Rhin)</i>	263
<i>Commune de Michelbach le Bas (Haut-Rhin)</i>	263
<i>Commune de Ranspach le Bas (Haut-Rhin)</i>	264
<i>Commune de Ranspach le Haut (Haut-Rhin)</i>	264
<i>Commune de Kappelen (Haut-Rhin)</i>	265
Annexe 6 : Détails de caractéristiques socioprofessionnelles de communes échantillonnées et comparaison avec les données régionales	266
Annexe 7 : Regroupements sémantiques pour la définition du risque.....	271
Annexe 8 : Classement des problèmes de société en fonction des caractéristiques sociales	272
Annexe 9 : Regroupements sémantiques des types de risques naturels	275
Annexe 10 : Regroupements sémantiques pour les types d'aménagement connus	276
Annexe 11: Cartographie des indices de perception (aversion au risque) selon les zones de ruissellement	277
<i>Commune de Hohatzenheim (Bas-Rhin)</i>	277
<i>Commune de Marlenheim (Bas-Rhin)</i>	278
<i>Commune de Neewiller près Lauterbourg (Bas-Rhin)</i>	279
<i>Commune de Wickersheim (Bas-Rhin)</i>	279
<i>Commune de Blotzheim (Haut-Rhin)</i>	280
<i>Commune de Ranspach le Bas (Haut-Rhin)</i>	281
<i>Commune de Ranspach le Haut (Haut-Rhin)</i>	281
<i>Commune de Kappelen (Haut-Rhin)</i>	282
<i>Commune de Rantzwiller (Haut-Rhin)</i>	283
Annexe 12: Les consignes de sécurité à suivre en cas de catastrophes naturelles.....	284
Annexe 13 : Répartition des types de comportements annoncés par les individus en fonction des zones de ruissellement.....	285
Annexe 14 : Cartographie par commune des indices de comportements annoncés en cas de catastrophe selon les indices de perception	286
<i>Commune d'Ernolsheim sur Bruche (Bas-Rhin)</i>	286
<i>Commune de Hohatzenheim (Bas-Rhin)</i>	287
<i>Commune de Neewiller près Lauterbourg (Bas-Rhin)</i>	287
<i>Commune de Marlenheim (Bas-Rhin)</i>	288
<i>Commune de Blotzheim (Haut-Rhin)</i>	289
<i>Commune de Michelbach le Bas (Haut-Rhin)</i>	290
<i>Commune de Ranspach le Bas (Haut-Rhin)</i>	291
<i>Commune de Ranspach le Haut (Haut-Rhin)</i>	291
<i>Commune de Kappelen (Haut-Rhin)</i>	292

Annexe 1 : Le formulaire d'indemnisation au titre de catastrophes naturelles

Loi n° 82-600 du 13 juillet 1982
ModifiéeLiberté • Egalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

N° 13669*01

MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR,
DE L'OUTRE-MER ET DES COLLECTIVITÉS TERRITORIALESDEMANDE COMMUNALE DE RECONNAISSANCE DE L'ÉTAT DE
CATASTROPHE NATURELLE

Localisation du phénomène	
Commune :	<input type="text"/>
Département :	<input type="text"/>
Arrondissement :	<input type="text"/>
Date et heure du phénomène	
Du :	<input type="text"/> au <input type="text"/>
Identification du phénomène	
A. Inondations	
A1 - inondation par débordement d'un cours d'eau	<input type="checkbox"/>
préciser le ou les cours d'eau concernés: <input type="text"/>	
<i>(ex : rivière de Charente, Ruisseau du moulin, ru des graves...):</i> <input type="text"/>	
A2 - inondation par ruissellement et coulée de boue associée	<input type="checkbox"/>
A3 - inondation par remontée de nappe phréatique	<input type="checkbox"/>
B. Crue torrentielle	<input type="checkbox"/>
C. Phénomènes liés à l'action de la mer (<i>submersion marine et érosion marine</i>)	<input type="checkbox"/>
D. Mouvement de terrain	<input type="checkbox"/>
E. Sécheresse/Réhydratation des sols	<input type="checkbox"/>
F. Séisme	<input type="checkbox"/>
G. Vent cyclonique	<input type="checkbox"/>
H. Avalanche	<input type="checkbox"/>
Mesures de prévention existantes et envisagées	
<i>(études ou travaux, prise en compte dans le POS, PPR, arrêté de mise en péril...)</i>	
<input type="text"/>	
Nombre de bâtiments endommagés	Fait à, le :
<input type="text"/>	LE MAIRE <i>(cachet de la mairie)</i>

Annexe 2 : Mise au point d'une méthode de discrétisation des événements provoqués par une coulée boueuse associée à du ruissellement érosif

Extrait de : **Moquet, J.-S., Armand, R. et Heitz, C.**, 2007. Mise au point d'une méthode de discrétisation des événements provoqués par une coulée boueuse associée à du ruissellement érosif. Application aux bases de données des demandes de déclaration *Cat Nat* liées aux coulées boueuses en Alsace, Note interne, non publiée, IMFS. 7p.

Introduction

Nous considérons le phénomène coulée boueuse comme étant un écoulement turbide issu des versants de la commune (et non du cours d'eau) dont l'origine est l'érosion des sols agricoles. Les processus différents de ceux engendrant les mouvements de terrain (formations superficielles, surfaces de discontinuité) et les inondations par débordements de cours d'eau (précipitations de longue durée, gonflement des nappes). Les événements de coulées boueuses adviennent dans des conditions particulières, ils ont principalement lieu dans les secteurs de sols limoneux battants, sous l'influence d'événements pluvieux localisés, intenses et souvent de courtes durées. Dans les zones de grande culture, ces phénomènes érosifs sont favorisés au cours du printemps, période durant laquelle la couverture végétale des sols est faible.

Afin d'indemniser les victimes de ce type de phénomènes, l'État a mis en place un fond dans lequel les assurances peuvent puiser pour rembourser les dommages causés aux infrastructures privées et publiques. La condition permettant son utilisation est la déclaration de l'évènement comme étant une Catastrophe Naturelle. Cette déclaration de l'état de Catastrophe Naturelle (*Cat Nat*) repose sur le rapport météorologique. Seuls les événements pluvieux présentant une période de retour au moins égale à 10 ans à pas de temps horaire permettent de classer la commune en ayant fait la demande au titre d'une *Cat Nat*. Cette demande est adressée à la préfecture du département sous forme d'un rapport circonstancié de l'évènement, une description du sinistre subi (annexe 1 de la loi L.125-1 du code des assurances), un rapport météorologique et des pièces annexes (devis, articles de presse, rapport d'intervention des pompiers,...). Cependant il est fréquent que seule la description du sinistre soit présente dans le dossier *Cat Nat*, ce qui limite l'information quant à la nature de l'évènement.

Dans les bases de données, nous avons recensé les différents événements déclarés comme « coulées boueuse » ayant fait l'objet de demandes de déclaration de l'état de catastrophe naturelle. Ces demandes sont réalisées par communes. L'enjeu de ce travail est de vérifier qu'à cette échelle, ces événements correspondent réellement à des coulées boueuses.

Nous proposons de définir un indice de discrétisation (*Id*) de l'information fonctionnant avec une échelle binaire (0 ou 2) :

- 0 : les variables indiquent que l'évènement n'est pas lié à une coulée associée du ruissellement érosif
- 2 : les variables indiquent que l'évènement est lié à une coulée associée du ruissellement érosif
- Une valeur temporaire de 1 peut être utilisée pour certains événements demandant une expertise plus importante.

C'est dans cette logique que nous choisissons l'adoption d'un système « expert » plutôt qu'une modélisation à base physique longue à mettre en place et posant des problèmes liés aux données (acquisition, variabilité spatiale et temporelle, temps de calcul).

La mise au point de l'indice se fait en fonction de 3 facteurs (ou 4 selon le cas) expliquant la formation de coulées boueuses associées à l'érosion des sols :

- la topographie
- l'occupation des sols
- la date d'occurrence
- dans certains cas, les Précipitations

Mise au point de l'indice de discrétisation

Nous proposons de multiplier ces différents facteurs entre eux :

$$I = Ods (* T) * D (* P)$$

Une valeur de 0 à 2 est alors attribuée à chaque commune concernée par un évènement (tableau 1)

Tableau 1 : Description de la valeur de l'indice I déterminé

Indice I = Ods (*T) * D (* P)	Coulée boueuse associée à l'érosion des sols	Explication du résultat
2	Probable	Où Occupation du sol, dates ou précipitations et topographie répondent aux critères
1	Possible	En général : évènement hivernal dans une commune connectée à un versant cultivé et présentant une absence de description dans la base de données.
0	Improbable	L'attribution d'un « 0 » à un des critères.

Les variables prises en compte, par évènement et par commune, sont :

- **Topographie du versant (T)** : La prise en compte de la topographie se fait de façon différenciée. Dans les secteurs de collines et de montagne, nous considérons *de facto* que la pente est suffisante pour induire la genèse d'une coulée boueuse. Dans les secteurs de plaine, où l'évaluation de la pente est plus délicate, le seuil de 2% de pente est retenu comme suffisant, notamment dans le cas où la commune se trouve à l'interface entre la plaine et le secteur de collines. Valeur 0 ou 1
 - 0 : pente est strictement inférieure à 2%
 - 1 : pente égale ou supérieure à 2%
- **Occupation du sol** : l'absence d'interface entre les parcelles cultivées en amont et les secteurs habités constitue un facteur de risque. Valeur de 0 ou 1
 - 1 : lorsque des zones cultivées sont en contact direct avec les parties habitées. Pour la détermination de cette indice, nous avons utilisé les orthophotos de 1997, 2002, 2006 en privilégiant la plus proche de la date de l'évènement.

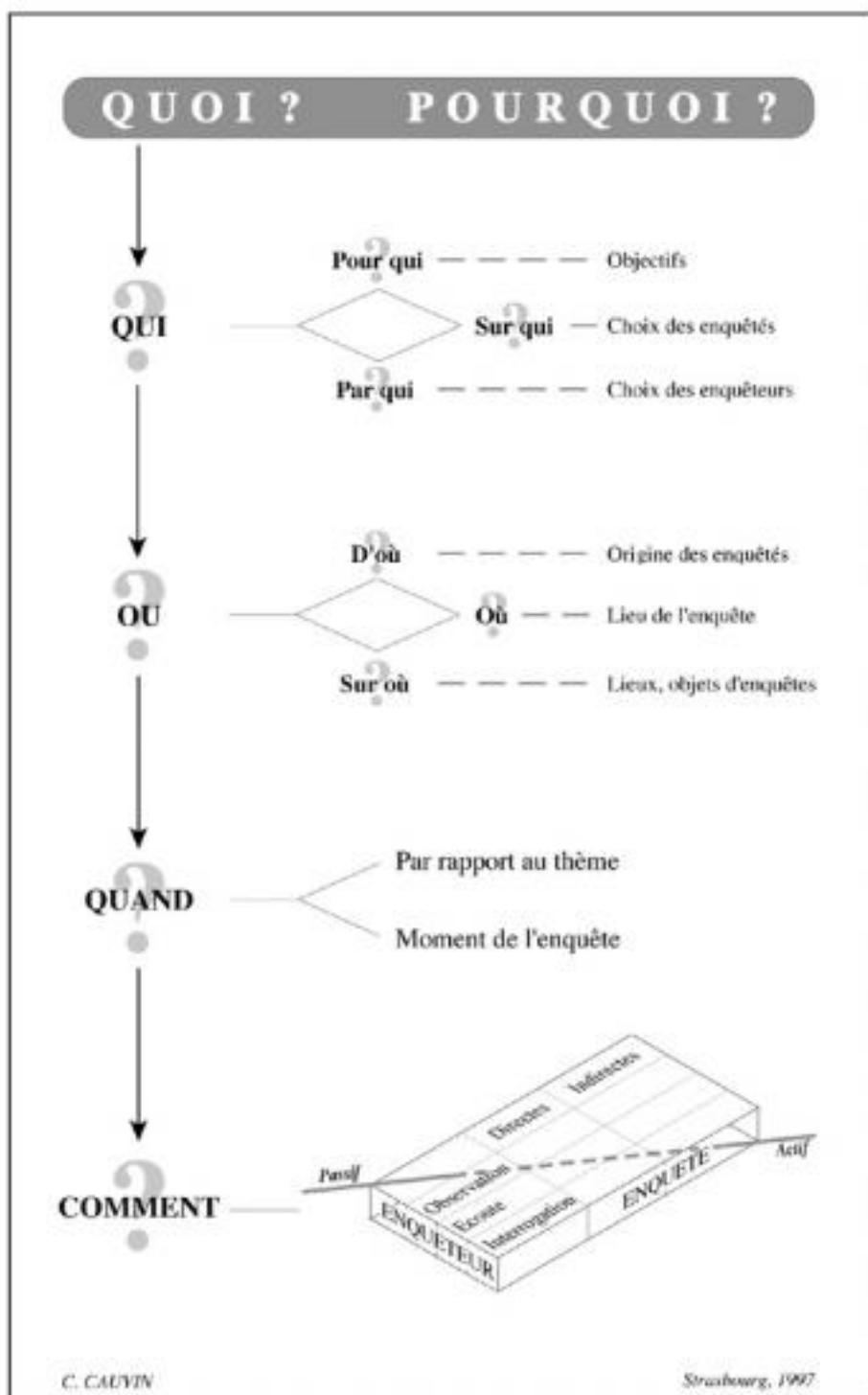
- 0 dans le cas contraire ; si la commune est située dans les Vosges et présente (d'après nos connaissances du milieu) une SAU presque exclusivement consacrée aux prairies, nous attribuons la valeur 0 à la variable « occupation du sol » pour chacune des communes concernées.
- **Date d'occurrence de l'évènement (D)** : l'objectif est de différencier les phénomènes dus à l'érosion (issus de précipitations locales, intenses, courtes et suivant des périodes relativement sèches au printemps et en été) de ceux issus d'une saturation en eau des sols liée au gonflement des nappes (favorisant des inondations par débordement de cours d'eau).
Pour des parcelles cultivées en culture de printemps, la période favorisant ces évènements s'étend d'avril à septembre. Il peut arriver que des coulées boueuses issues de sols cultivés aient lieu en hiver. De ce fait, nous proposons de prendre en compte la durée des précipitations dans une étude future. Attribution des valeurs de 1 ou 2
 - 2 = date correspondant à la période avril-septembre favorable à la formation des coulées boueuses en zones cultivées. En secteur de vignoble, cette valeur est attribuée directement et s'applique à toute l'année étant données que ces sols peuvent être nu tout au long de l'année et donc présenter une vulnérabilité constante selon ce critère.
 - 1 = périodes de l'année peu propices à la formation de coulées boueuses
 - **Précipitations (uniquement si date=1) : valeur 0 à 2.** Les données pluviométriques ne sont considérées que dans le cas où l'évènement a lieu d'octobre à mars.
 - Valeur 0 : si les données du dossier indiquent une forte fonte des neiges ayant entraînée des inondations par débordement de cours d'eau, nous attribuons la valeur 0 à la variable P pour chacune des communes concernées.
 - Dans le cas d'un doute la valeur 1 est conservée, une méthodologie permettant de discrétiser les évènements pluvieux régionaux cumulés sur plusieurs jours des évènements locaux et intenses devrait être mis en place pour discrétiser ces derniers évènements (en tout 16 dossiers CatNat concernées).
 - Toutefois, si les pièces du dossier nous permettent d'identifier ou de discrétiser clairement la coulées boueuse, nous attribuerons les valeurs 2 ou 0.

Données disponibles

- Orthophotos géoportail 2006
- Orthophotos CIGAL : 1997 et 2002
- Données relatives aux dossiers CatNat → Certaines informations issues de la base de données (rapport météorologique et description des phénomènes du dossier CATNAT) ou des connaissances spécifiques du terrain nous ont permis de déterminer la nature de l'évènement.
- Nous disposons des données journalières de précipitations (jusqu'en 1999) pour 15 stations du Haut-Rhin et pour 17 stations dans le Bas-Rhin. Pour chacun des évènements, nous avons calculé les cumuls de précipitation des 7 jours précédant l'évènement sur l'ensemble des stations et essayons de déterminer la variabilité à l'échelle départementale (moyenne et écart type). Le même travail est fait pour les précipitations journalières le jour de l'évènement. Les processus à l'origine des coulées boueuses sont généralement caractérisés par une période relativement sèche précédant l'évènement (les sols ne sont donc pas saturés en eau) et un orage important et local entraînant un ruissellement et une érosion importante. C'est pourquoi, nous étudions aussi les données issues de la station la plus proche de celle de la commune concernées. Cette méthodologie doit être précisée (notamment à travers la détermination de seuils critiques de précipitations cumulés sur 7 jours) et doit être exploitée sur les évènements auxquels la valeur 1 est actuellement attribuée.

Annexe 3 : Mise au point d'une enquête : questions de base

Extrait de **Cauvin, C.**, 1999. Propositions pour une approche de la cognition spatiale intra-urbaine. *Cybergéo*, 72: 23.



Annexe 4 : Présentation de la base de données *CatNat*

Extrait de : **Auzet, A.-V., Heitz, C., Armand, R., Guyonnet, J. et Moquet, J.-S.**, 2005. Les "coulées de boue" dans le Bas-Rhin: analyse à partir des dossiers de demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle, Institut de Mécanique des Fluides et des Solides, Strasbourg, 26 pp.

Présentation de la base de données

La base de données a été élaborée sous ACCESS pour faciliter :

- l'archivage structuré d'informations contenues dans les 224 dossiers consultés, représentant l'ensemble des dossiers déposés de 1985 à 2004 (les dossiers de 1982 à 1984 ne sont plus disponibles) ;
- les traitements des données à l'aide de différentes requêtes ;
- la localisation et la cartographie des phénomènes ayant conduit au dépôt d'un dossier.

La base comprend plusieurs tables avec différents champs, ainsi que des relations permettant de faire le lien entre les tables (figure 1). Pour faciliter la saisie et l'organisation des données, des interfaces ont été créées sous la forme de formulaires (figure 2), permettant le renseignement des champs via des cases à cocher ou des menus déroulants.

Les différentes tables se répartissent de la manière suivante :

- la table « événement » reprend les dates de l'événement, les dates de l'arrêté et de la parution au Journal Officiel. Le champ « Réf Even » repris dans la majorité des tables établit les relations entre elles. Le formulaire de cette table est l'interface principale de saisie et renvoie aux autres formulaires (figure 2) ;
- la table « communes concernées » caractérise les différents sinistres selon la liste de l'annexe 1 des dossiers. Le champ « Remarque » répertorie des informations sur les rues affectées. Le champ « coulées boueuses » recense les données issues du rapport circonstancié du maire ou des sapeurs-pompiers sur la formation de la coulée de boue. Cette table décrit les dommages causés aux biens des particuliers, de la collectivité, des exploitations et des entreprises ainsi qu'une estimation des coûts quand des devis figurent au dossier. Elle reprend également le type de mesures envisagées ou prises (PPR, études hydrauliques) ;
- la table « pièces du dossier » énumère pour chaque commune les pièces contenues dans le dossier et le lieu d'archivage ;
- la table « rapport sapeurs-pompiers » comprend les principales informations quand elles figurent au dossier, c'est-à-dire le nombre d'hommes mobilisés, la durée et les types d'interventions, le matériel utilisé et une rapide description du déroulement du phénomène ;
- la table « bassins versants » permet de faire le lien entre l'événement ayant affecté la commune et le(s) bassin(s) versant(s) concerné(s). Le repérage a été fait en se fondant sur les cartes numérisées issues de SCAN 25, sur le découpage des Bassins Versants « zones hydrographiques » de la BD Carthage, et à partir des noms de rues mentionnés au dossier. La qualité du lien établi est mentionnée ;
- la table « rapport météo » reprend les conditions météorologiques : les intensités et hauteurs d'eau mesurées à des stations de référence, la méthode utilisée dans le calcul de la durée de retour du phénomène ;
- la table « articles de presse » réunit toutes les références des articles traitant des événements.

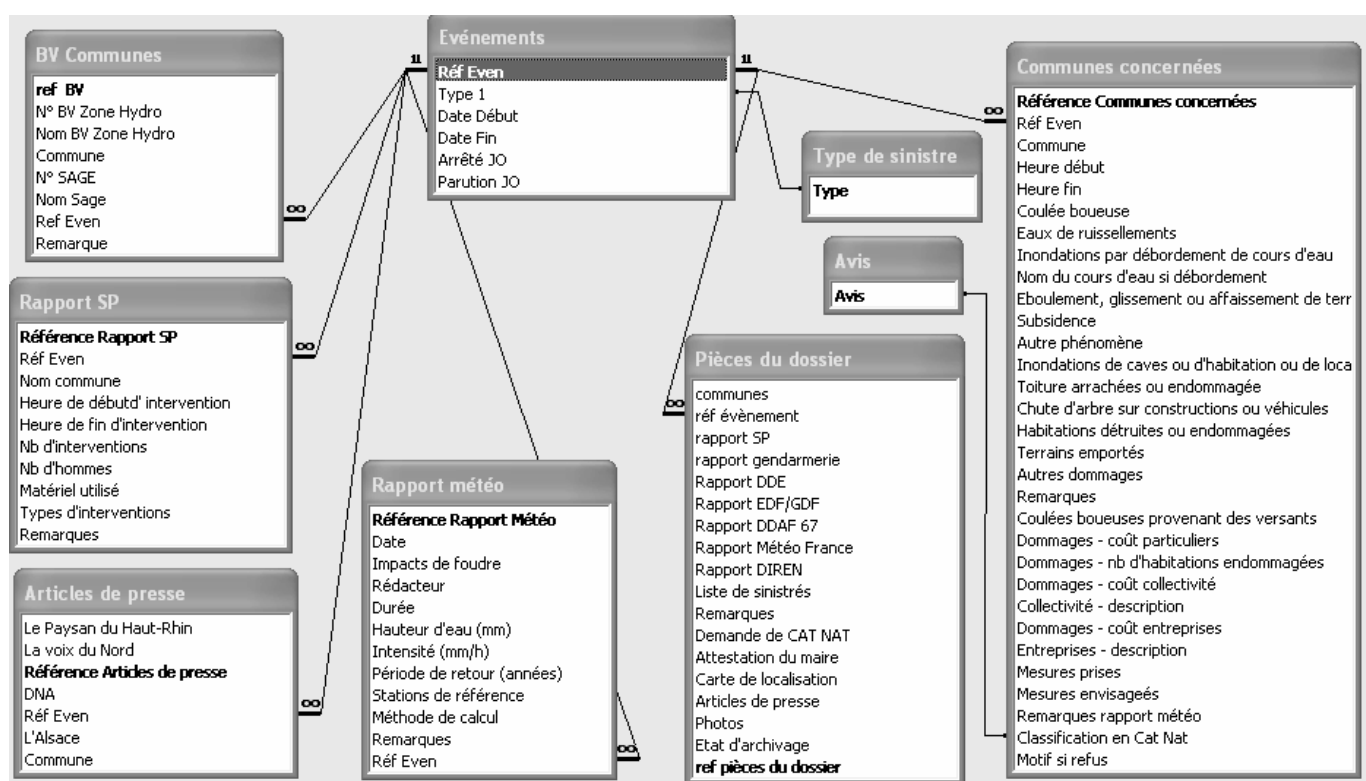
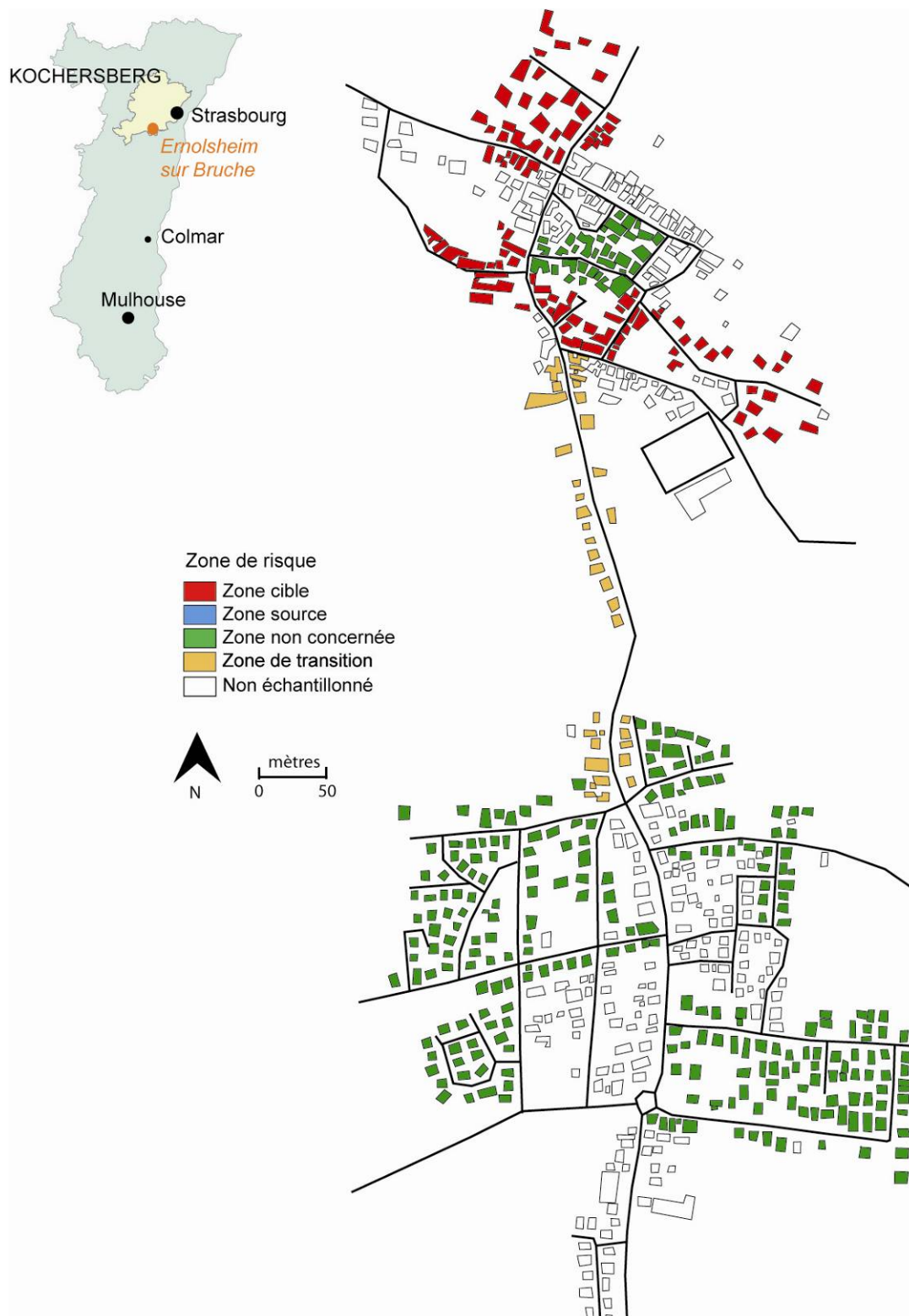


Figure 1 : Relations entre les différents champs dans la base de données

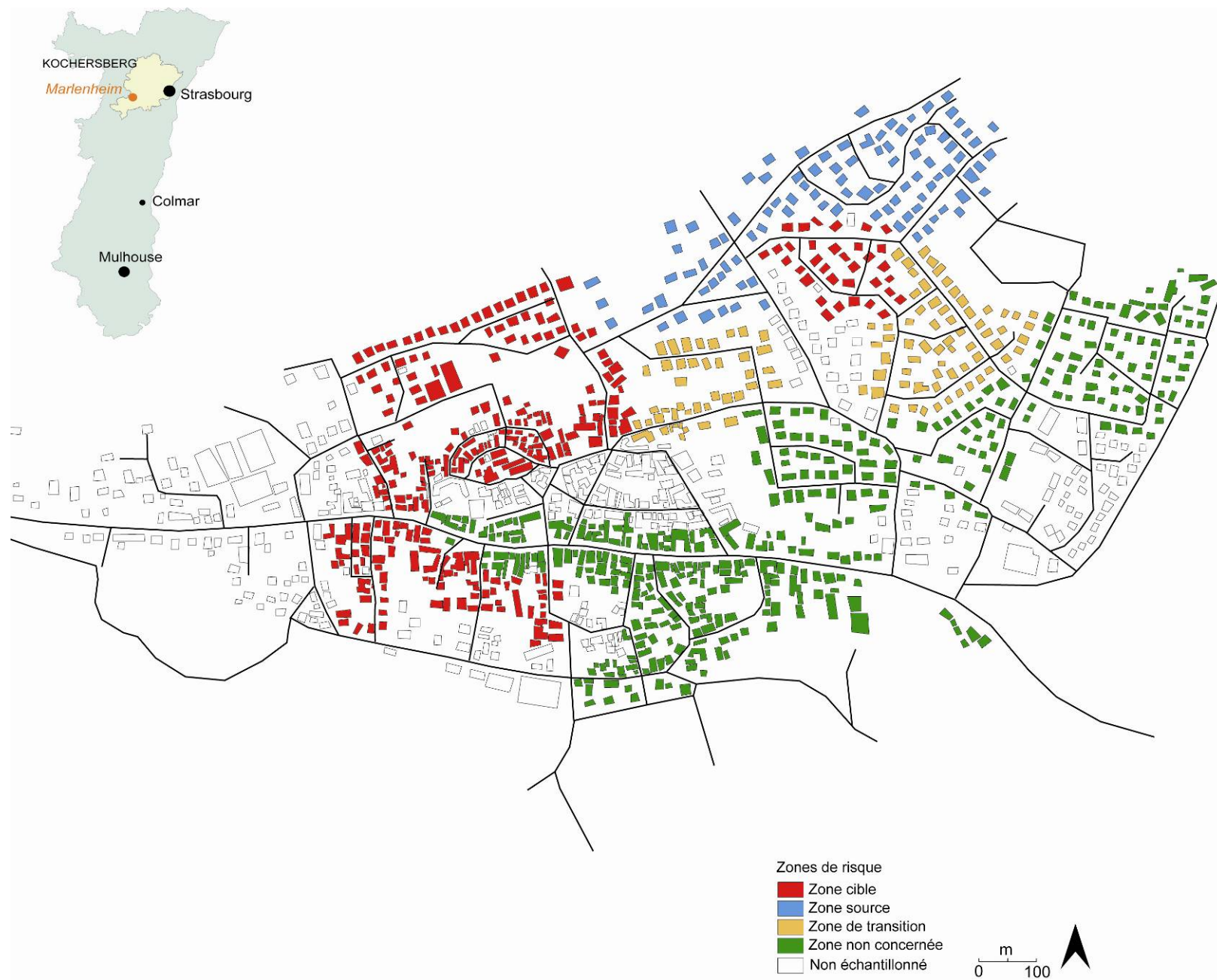
Figure 2 : L'interface de référence : le formulaire « Evénement »

Annexe 5 : Cartographie des zones de ruissellement par commune

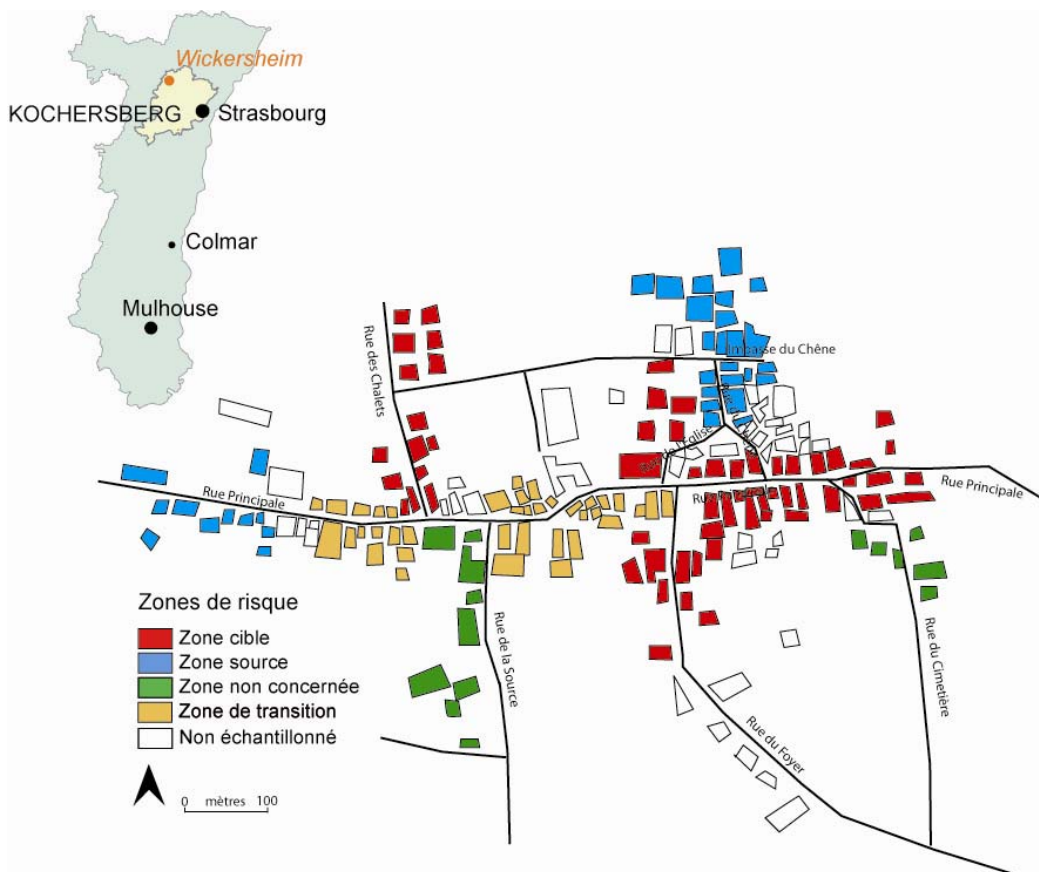
Commune d'Ernolsheim sur Bruche (Bas-Rhin)



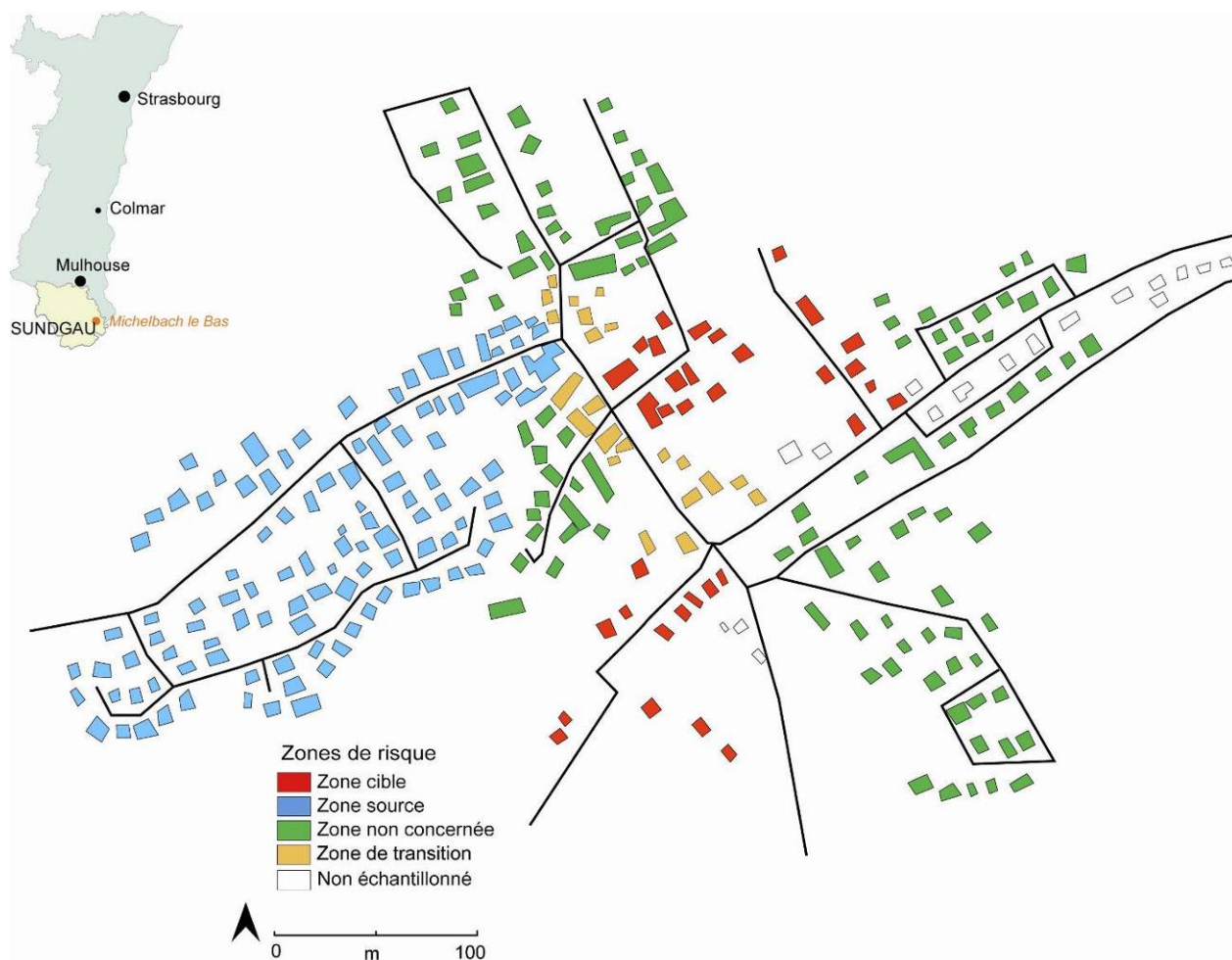
Commune de Marlenheim
(Bas-Rhin)



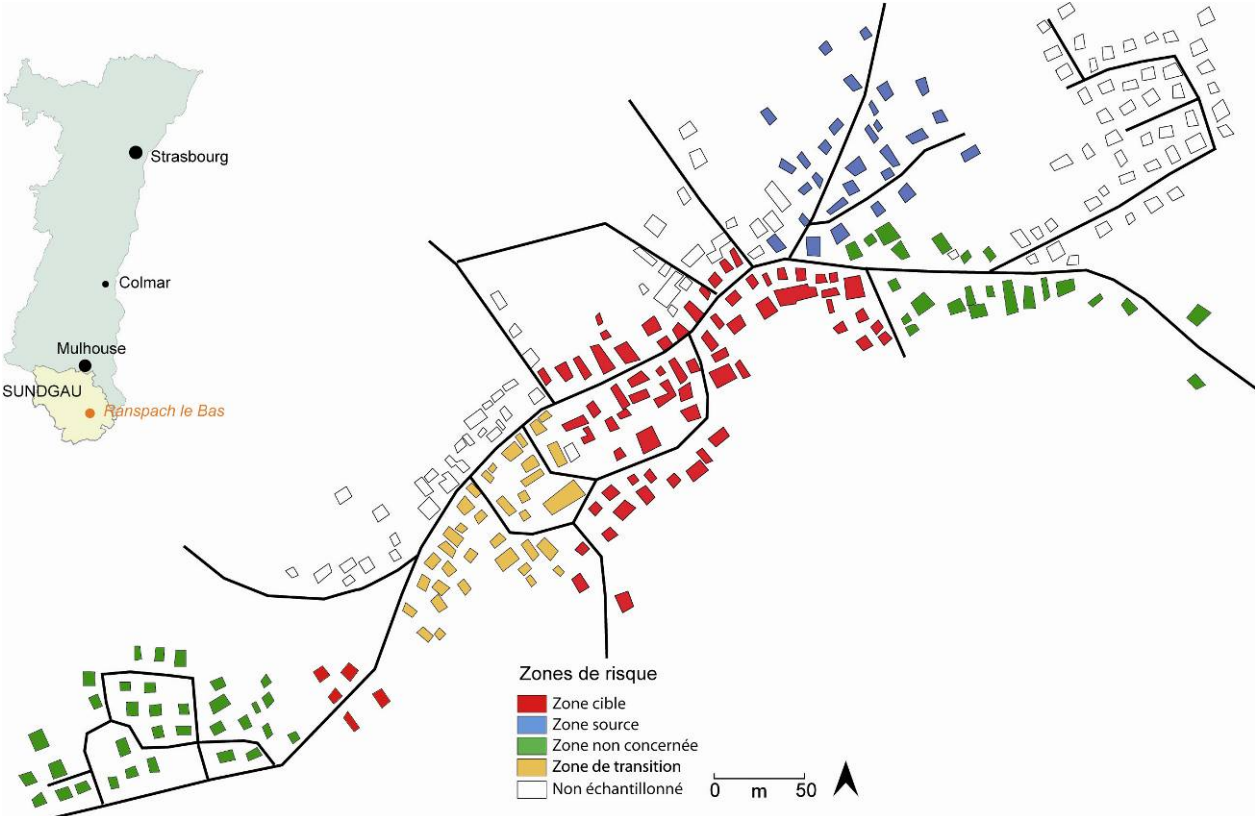
Commune de Wickersheim (Bas-Rhin)



Commune de Michelbach le Bas (Haut-Rhin)



Commune de Ranspach le Bas (Haut-Rhin)



Commune de Ranspach le Haut (Haut-Rhin)



Commune de Kappelen (Haut-Rhin)



Annexe 6 : Détails de caractéristiques socioprofessionnelles de communes échantillonnées et comparaison avec les données régionales

Comparaison des statistiques régionales et de l'échantillon en termes de niveau d'études

Répartition de l'échantillon

	Etudes supérieures	Bac	BEPC / CAP / BEP	Aucun diplôme	Non réponse	TOTAL
15-30	18	13	11	1	0	43
31-40	164	35	103	6	5	313
61+	23	6	30	4	8	71
Non réponse	2	0	1	0	5	8
TOTAL	207	54	145	11	18	435

Pourcentages échantillon

	Etudes supérieures	Bac	BEPC / CAP / BEP	Aucun diplôme	Non réponse
15-30	4,1	3,0	2,5	0,2	0
31-40	37,7	1,4	6,9	0,9	1,1
61+	5,3	0,0	0,2	0,0	1,8
Non réponse	0,5	0,2	0,0	0,0	1,4
TOTAL	47,6	4,4	9,7	1,1	100%

Pourcentages régionaux

	Etudes supérieures	Bac	BEPC / CAP / BEP	Aucun diplôme	En cours	TOTAL
15-29	4,5	2,9	7	0,6	10,2	25,2
30-59	11	7,3	23,9	9	0,1	51,3
60+	1,6	1,7	5,5	14,6	0	23,4
TOTAL	17,1	12	36,4	24,2	10,3	100

Selon le statut familial

Blotzheim

		Pourcentage
Nb de famille	1072	100,0
Sans enfants	488	45,5
1 enfant	280	26,1
2 enfants	220	20,5
3 et plus	84	7,8

Michelbach-le-Bas

		Pourcentage
Nb de famille	224	100,0
Sans enfants	128	57,1
1 enfant	44	19,6
2 enfants	36	16,1
3 et plus	16	7,1

Ranspach le Bas

		Pourcentage
Nb de famille	204	100,0
Sans enfants	100	49,0
1 enfant	64	31,4
2 enfants	36	17,6
3 et plus	4	2,0

Ranspach le Haut

		Pourcentage
Nb de famille	128	100,0
Sans enfants	56	43,8
1 enfant	36	28,1
2 enfants	36	28,1
3 et plus	0	0,0

Rantzwiller

		Pourcentage
Nb de famille	204	100,0
Sans enfants	76	37,3
1 enfant	44	21,6
2 enfants	68	33,3
3 et plus	16	7,8

Kappelen

		Pourcentage
Nb de famille	144	100,0
Sans enfants	64	44,4
1 enfant	44	30,6
2 enfants	24	16,7
3 et plus	12	8,3

Ernolsheim sur Bruche

		Pourcentage
Nb de famille	495	100,0
Sans enfants	204	41,2
1 enfant	104	21,0
2 enfants	120	24,2
3 et plus	67	13,5

Hohatzenheim

		Pourcentage
Nb de famille	52	100,0
Sans enfants	20	38,5
1 enfant	4	7,7
2 enfants	24	46,2
3 et plus	4	7,7

Neewiller

		Pourcentage
Nb de famille	188	100,0
Sans enfants	88	46,8
1 enfant	52	27,7
2 enfants	36	19,1
3 et plus	12	6,4

Marlenheim

		Pourcentage
Nb de famille	1000	100,0
Sans enfants	456	45,6
1 enfant	240	24,0
2 enfants	208	20,8
3 et plus	96	9,6

Wickersheim

		Pourcentage
Nb de famille	124	100,0
Sans enfants	60	48,4
1 enfant	20	16,1
2 enfants	28	22,6
3 et plus	16	12,9

Effectif théorique

		Pourcentage
Nb de famille	3835	100,0
Sans enfants	1740	45,4
1 enfant	932	24,3
2 enfants	836	21,8
3 et plus	327	8,5

Effectif échantillon

		Pourcentage
Nb de famille	435	100,0
Sans enfants	88	20,2
1 enfant	122	28,0
2 enfants	150	34,5
3 et plus	70	16,1
Non réponse	5	1,1

Selon la
catégorie
professionnelle

Kappelen

	Effectif	Pourcentage
Agriculteur	32	6,7
Artisan / commerçant	4	0,8
Cadre supérieur	80	16,8
Profession intermédiaire	80	16,8
Employé	24	5,0
Ouvrier	172	36,1
Retraité	76	16,0
Sans activité	8	1,7

Michelbach-le-Bas

	Effectif	Pourcentage
Agriculteur	0	0,0
Artisan / commerçant	40	5,9
Cadre supérieur	88	12,9
Profession intermédiaire	140	20,6
Employé	80	11,8
Ouvrier	224	32,9
Retraité	84	12,4
Sans activité	24	3,5

Blotzheim

	Effectif	Pourcentage
Agriculteur	20	0,6
Artisan / commerçant	112	3,1
Cadre supérieur	408	11,4
Profession intermédiaire	596	16,7
Employé	368	10,3
Ouvrier	1404	39,3
Retraité	508	14,2
Sans activité	156	4,4

Rantzwiller

	Effectif	Pourcentage
Agriculteur	16	2,4
Artisan / commerçant	16	2,4
Cadre supérieur	108	15,9
Profession intermédiaire	152	22,4
Employé	52	7,6
Ouvrier	252	37,1
Retraité	60	8,8
Sans activité	24	3,5

Ranspach le Haut

	Effectif	Pourcentage
Agriculteur	8	2,0
Artisan / commerçant	20	5,0
Cadre supérieur	32	8,0
Profession intermédiaire	88	22,0
Employé	12	3,0
Ouvrier	148	37,0
Retraité	80	20,0
Sans activité	12	3,0

Ranspach le Bas

	Effectif	Pourcentage
Agriculteur	16	2,5
Artisan / commerçant	8	1,3
Cadre supérieur	52	8,2
Profession intermédiaire	100	15,8
Employé	20	3,2
Ouvrier	264	41,8
Retraité	120	19,0
Sans activité	52	8,2

Echantillon	Effectif	Pourcentage
Agriculteur	0	0,0
Artisan / commerçant	0	0,0
Cadre supérieur	2	9,5
Profession intermédiaire	3	14,3
Employé	8	38,1
Ouvrier	4	19,0
Retraité	3	14,3
Sans activité	0	0,0
Non réponse	1	4,8

Echantillon	Effectif	Pourcentage
Agriculteur	0	0,0
Artisan / commerçant	1	3,8
Cadre supérieur	7	26,9
Profession intermédiaire	2	7,7
Employé	8	30,8
Ouvrier	1	3,8
Retraité	5	19,2
Sans activité	1	3,8
Non réponse	1	3,8

Echantillon	Effectif	Pourcentage
Agriculteur	0	0,0
Artisan / commerçant	3	2,3
Cadre supérieur	31	23,8
Profession intermédiaire	16	12,3
Employé	39	30,0
Ouvrier	10	7,7
Retraité	19	14,6
Sans activité	10	7,7
Non réponse	2	1,5

Echantillon	Effectif	Pourcentage
Agriculteur	1	4,8
Artisan / commerçant	1	0,9
Cadre supérieur	6	5,3
Profession intermédiaire	2	1,8
Employé	3	2,6
Ouvrier	4	3,5
Retraité	3	2,6
Sans activité	0	0,0
Non réponse	1	0,9

Echantillon	Effectif	Pourcentage
Agriculteur	1	9,1
Artisan / commerçant	0	0,0
Cadre supérieur	3	27,3
Profession intermédiaire	3	27,3
Employé	0	0,0
Ouvrier	2	18,2
Retraité	1	9,1
Sans activité	1	9,1
Non réponse	0	0,0

Echantillon	Effectif	Pourcentage
Agriculteur	0	0,0
Artisan / commerçant	0	0,0
Cadre supérieur	5	29,4
Profession intermédiaire	2	11,8
Employé	3	17,6
Ouvrier	4	23,5
Retraité	3	17,6
Sans activité	2	11,8
Non réponse	1	5,9

Ernolsheim sur Bruche

	Effectif	Pourcentage
Agriculteur	12	0,7
Artisan / commerçant	144	8,5
Cadre supérieur	256	15,1
Profession intermédiaire	432	25,4
Employé	152	8,9
Ouvrier	340	20,0
Retraité	308	18,1
Sans activité	56	3,3

Echantillon	Effectif	Pourcentage
Agriculteur	0	0,0
Artisan / commerçant	0	0,0
Cadre supérieur	8	17,4
Profession intermédiaire	9	19,6
Employé	11	23,9
Ouvrier	4	8,7
Retraité	8	17,4
Sans activité	3	6,5
Non réponse	3	6,5

Hohatzenheim

	Effectif	Pourcentage
Agriculteur	28	13,5
Artisan / commerçant	0	0,0
Cadre supérieur	48	23,1
Profession intermédiaire	32	15,4
Employé	32	15,4
Ouvrier	28	13,5
Retraité	36	17,3
Sans activité	4	1,9

Echantillon	Effectif	Pourcentage
Agriculteur	0	0,0
Artisan / commerçant	0	0,0
Cadre supérieur	2	20,0
Profession intermédiaire	2	20,0
Employé	5	50,0
Ouvrier	0	0,0
Retraité	0	0,0
Sans activité	0	0,0
Non réponse	1	10,0

Marlenheim

	Effectif	Pourcentage
Agriculteur	80	2,4
Artisan / commerçant	236	7,1
Cadre supérieur	460	13,9
Profession intermédiaire	544	16,5
Employé	240	7,3
Ouvrier	964	29,2
Retraité	664	20,1
Sans activité	116	3,5

Echantillon	Effectif	Pourcentage
Agriculteur	1	0,9
Artisan / commerçant	4	3,5
Cadre supérieur	25	21,7
Profession intermédiaire	17	14,8
Employé	30	26,1
Ouvrier	4	3,5
Retraité	21	18,3
Sans activité	7	6,1
Non réponse	6	5,2

Neewiller

	Effectif	Pourcentage
Agriculteur	16	2,7
Artisan / commerçant	8	1,4
Cadre supérieur	60	10,1
Profession intermédiaire	116	19,6
Employé	28	4,7
Ouvrier	240	40,5
Retraité	108	18,2
Sans activité	16	2,7

Echantillon	Effectif	Pourcentage
Agriculteur	0	0,0
Artisan / commerçant	0	0,0
Cadre supérieur	2	11,8
Profession intermédiaire	0	0,0
Employé	9	52,9
Ouvrier	4	23,5
Retraité	0	0,0
Sans activité	1	5,9
Non réponse	1	5,9

Wickersheim

	Effectif	Pourcentage
Agriculteur	36	8,7
Artisan / commerçant	28	6,8
Cadre supérieur	28	6,8
Profession intermédiaire	56	13,6
Employé	20	4,9
Ouvrier	148	35,9
Retraité	88	21,4
Sans activité	8	1,9

Echantillon	Effectif	Pourcentage
Agriculteur	2	11,8
Artisan / commerçant	1	5,9
Cadre supérieur	3	17,6
Profession intermédiaire	3	17,6
Employé	5	29,4
Ouvrier	2	11,8
Retraité	1	5,9
Sans activité	0	0,0
Non réponse	0	0,0

TOTAL / Echantillon

	Nombre d'enquêtés	Pourcentage
Agriculteur	13	3,0
Artisan / commerçant	9	2,1
Cadre supérieur	101	23,2
Profession intermédiaire	46	10,6
Employé	127	29,2
Ouvrier	40	9,2
Retraité	68	15,6
Sans activité	27	6,2

TOTAL Théorique

	Effectif	Pourcentage
Agriculteur	264	2,1
Artisan / commerçant	616	4,9
Cadre supérieur	1620	12,8
Profession intermédiaire	2336	18,5
Employé	1028	8,1
Ouvrier	4184	33,1
Retraité	2132	16,8
Sans activité	476	3,8

Selon les classes d'âge

Kappelen

		Pourcentage	
Nb de ménages	15-24 ans	64	16,0
476	25-29 ans	32	8,0
Ménages de 15 ans et +	30-59 ans	224	56,0
400	60-74 ans	56	14,0
	Plus de 75 ans	24	6,0

Michelbach-le-Bas

		Pourcentage	
Nb de ménages	15-24 ans	64	11,0
680	25-29 ans	32	5,5
Ménages de 15 ans et +	30-59 ans	384	66,2
580	60-74 ans	80	13,8
	Plus de 75 ans	20	3,4

Blotzheim

		Pourcentage	
Nb de ménages	15-24 ans	369	12,9
3572	25-29 ans	260	9,1
Ménages de 15 ans et +	30-59 ans	1700	59,3
2865	60-74 ans	440	15,4
	Plus de 75 ans	96	3,4

Rantzwiller

		Pourcentage	
Nb de ménages	15-24 ans	40	8,2
680	25-29 ans	36	7,4
Ménages de 15 ans et +	30-59 ans	332	68,0
488	60-74 ans	48	9,8
	Plus de 75 ans	32	6,6

Ranspach le Haut

		Pourcentage	
Nb de ménages	15-24 ans	32	9,9
400	25-29 ans	36	11,1
Ménages de 15 ans et +	30-59 ans	168	51,9
324	60-74 ans	76	23,5
	Plus de 75 ans	12	3,7

Ranspach le Bas

		Pourcentage	
Nb de ménages	15-24 ans	56	10,4
632	25-29 ans	36	6,7
Ménages de 15 ans et +	30-59 ans	312	58,2
536	60-74 ans	108	20,1
	Plus de 75 ans	24	4,5

Wickersheim

		Pourcentage	
Nb de ménages	15-24 ans	52	15,6
412	25-29 ans	16	4,8
Ménages de 15 ans et +	30-59 ans	164	49,1
334	60-74 ans	58	17,4
	Plus de 75 ans	44	13,2

Neewiller

		Pourcentage	
Nb de ménages	15-24 ans	64	13,0
592	25-29 ans	64	13,0
Ménages de 15 ans et +	30-59 ans	296	60,2
492	60-74 ans	52	10,6
	Plus de 75 ans	16	3,3

Marlenheim

		Pourcentage	
Nb de ménages	15-24 ans	348	13,1
3304	25-29 ans	212	8,0
Ménages de 15 ans et +	30-59 ans	1436	54,2
2648	60-74 ans	476	18,0
	Plus de 75 ans	176	6,6

Ernolsheim sur Bruche

		Pourcentage	
Nb de ménages	15-24 ans	272	19,5
1700	25-29 ans	72	5,2
Ménages de 15 ans et +	30-59 ans	824	59,2
1392	60-74 ans	172	12,4
	Plus de 75 ans	52	3,7

Hohatzenheim

		Pourcentage	
Nb de ménages	15-24 ans	16	10,0
208	25-29 ans	8	5,0
Ménages de 15 ans et +	30-59 ans	100	62,5
160	60-74 ans	24	15,0
	Plus de 75 ans	12	7,5

	Effectif théorique	Pourcentage
15-29 ans	2181	21,3
30-59 ans	5940	58,1
60 ans et +	2098	20,5

	Effectif échantillon	Pourcentage
15-29 ans	43	9,9
30-59 ans	312	71,7
60 ans et +	71	16,3
Non réponse	9	2,1

Annexe 7 : Regroupements sémantiques pour la définition du risque

« Selon vous qu'est-ce qu'un risque ? Pouvez-vous noter 2-3 mots que vous associez à ce terme ? »

Catégorie 1
Danger
anxiété
angoisse
danger
incident
phénomène
événement
menace
panique
péril
peur
problème
risque
inquiétude
sinistre

Catégorie 2
Conséquences
accident
anéantissement
catastrophe
conséquences
destructions
disparitions
dommages
nuisances
pertes
répercussions
souffrance
victimes
dégâts
dégradations
perturbation
souffrance
malheur
atteintes
vulnérabilité
cible
gravité

Catégorie 3
Environnement
catastrophe naturelle
climat
eau
écologie
environnement
inondations
intempéries
nature
atmosphère
pollution
rivière
séisme
tempêtes
tremblement de terre
réchauffement
ozone
processus
système équilibré

Catégorie 4
Probabilité
possibilité
aléatoire
probabilité
ignorance
imprévisibilité
incertitude
éventualité
impuissance
non-maîtrise
potentiel
incontrôlable
aléa
occurrence

Catégorie 5
Santé
contamination
épidémie
maladie
mort
mortalité
mortel
survie
dommages corporels
santé
vie
vivante
alimentation
nutrition
fatigue
infection
grippe aviaire

Catégorie 6
Anthropisation
agriculteurs
Alsace
champs
élu
famille
Fessenheim
gens
homme
lieu
pays
personne
politiques
population
villageois
individus
zone
infrastructures

Catégorie 7
Energie
chimie
gaz
industrie
nucléaire
transports
Sandoz
technologie
incendies
explosions
avions
routes
vitesse

Catégorie 8
Finance
assurance
coût
entreprise
finance
gestion
profit
biens matériels
gestion financière
gains
investissement

Catégorie 9
Pb de société
conditions de vie
qualité de vie
chomage
perte d'emploi
infraction
vandalisme
provocation
délinquance
terrorisme
liberté
laxisme
insécurité
agression
sécurité
intolérance
fanatisme

Catégorie 10
Connaissance et responsabilité
remise en question
évaluation
conscience
prise de conscience
précaution
protection
prévention
respect
raison
inconnu
surveillance
intérêt
mesure
acceptabilité
maîtrise
anticipation
compétance
détection
apprentissage
action
réflexion
réalisation
responsabilité
volonté
contrôle
analyse
choix

Annexe 8 : Classement des problèmes de société en fonction des caractéristiques sociales

« Pouvez-vous classer ces problèmes de société selon l'ordre d'importance pour vous ? » Echantillon total N=435

Répartition selon les classes d'âge

Effectifs :

- 15-20 : N=3 (cette classe n'est pas significative, elle n'est pas représentée)
- 21-30 : N=40
- 31-40 : N=93
- 41-50 : N=119
- 51-60 : N=101
- 61 et + : N=71

		En 1	En 2	En 3	En 4	En 5	En 6
Chômage	15-20						
	21-30	32,50%	7,50%	15,00%	12,50%	15,00%	17,50%
	31-40	25,80%	12,20%	14,40%	11,20%	13,50%	21,30%
	41-50	37,00%	13,60%	12,50%	13,40%	8,90%	11,60%
	51-60	37,60%	9,20%	17,30%	15,30%	9,30%	10,30%
	61 et +	42,30%	10,40%	11,90%	11,90%	14,90%	7,50%
Catastrophes naturelles	15-20						
	21-30	12,50%	15,00%	27,50%	20,00%	12,50%	12,50%
	31-40	10,80%	21,10%	16,70%	20,20%	19,10%	12,40%
	41-50	6,70%	22,90%	21,40%	23,20%	17,00%	8,00%
	51-60	18,80%	12,20%	23,50%	18,40%	14,40%	12,40%
	61 et +	9,90%	19,40%	22,40%	22,40%	17,90%	9,00%
Catastrophes technologiques et industrielles	15-20						
	21-30	5,00%	20,00%	17,50%	10,00%	35,00%	12,50%
	31-40	14,00%	21,10%	17,80%	27,00%	13,50%	6,70%
	41-50	14,30%	18,60%	19,60%	18,80%	17,00%	9,80%
	51-60	10,90%	27,60%	18,40%	17,30%	16,50%	9,30%
	61 et +	9,90%	16,40%	19,40%	22,40%	16,40%	14,90%
Dégradation de l'environnement	15-20						
	21-30	32,50%	25,00%	15,00%	12,50%	7,50%	7,50%
	31-40	21,50%	12,20%	21,10%	19,10%	14,60%	11,20%
	41-50	20,20%	23,70%	17,90%	16,10%	9,80%	10,70%
	51-60	19,80%	25,50%	18,40%	15,30%	12,40%	8,20%
	61 et +	18,30%	23,90%	10,40%	14,90%	17,90%	13,40%
Insécurité	15-20						
	21-30	10,00%	25,00%	12,50%	15,00%	20,00%	17,50%
	31-40	9,70%	22,20%	8,90%	15,70%	24,70%	18,00%
	41-50	7,60%	11,00%	17,90%	16,10%	34,80%	11,60%
	51-60	2,00%	16,30%	12,20%	21,40%	27,80%	19,60%
	61 et +	4,20%	19,40%	25,40%	11,90%	25,40%	13,40%
Terrorisme	15-20						
	21-30	7,50%	7,50%	12,50%	30,00%	10,00%	32,50%
	31-40	15,10%	11,10%	21,10%	6,70%	14,60%	30,30%
	41-50	10,10%	5,10%	10,70%	12,50%	12,50%	48,20%
	51-60	7,90%	9,20%	10,20%	12,20%	19,60%	40,20%
	61 et +	12,70%	10,40%	10,40%	16,40%	7,50%	41,80%

« Pouvez-vous classer ces problèmes de société selon l'ordre d'importance pour vous ? » Echantillon total N=435

Répartition selon le sexe

Ordre de citation	Chômage		Catastrophes naturelles		Catastrophes technologiques et industrielles		Dégradation de l'environnement		Insécurité		Terrorisme	
	En blanc	En rose	En blanc	En rose	En blanc	En rose	En blanc	En rose	En blanc	En rose	En blanc	En rose
En 1	35,80%	29,20%	9,60%	10,30%	9,90%	14,00%	24,50%	26,60%	7,00%	5,20%	11,30%	11,40%
En 2	13,90%	12,60%	16,70%	17,80%	22,90%	21,90%	21,20%	19,60%	15,00%	15,90%	8,50%	8,10%
En 3	15,30%	10,00%	19,30%	25,50%	20,20%	21,60%	15,30%	18,50%	16,40%	10,80%	13,50%	13,50%
En 4	13,50%	15,10%	22,80%	22,40%	19,00%	18,50%	17,90%	13,50%	15,00%	15,40%	11,80%	14,30%
En 5	9,20%	14,00%	18,40%	14,40%	17,30%	15,60%	10,70%	11,70%	30,30%	28,00%	14,10%	16,00%
En 6	11,20%	17,20%	13,00%	9,00%	10,10%	7,00%	9,50%	8,60%	15,90%	23,00%	40,30%	35,20%

Fréquence de citation (en %).

En blanc : échantillon des hommes (N=246) / En rose : échantillon des femmes (N=184)

« Pouvez-vous classer ces problèmes de société selon l'ordre d'importance pour vous ? » Echantillon total N=435

Répartition selon le niveau d'études

Effectifs :

- Aucun diplôme : N=11
- BEPC : N=20
- BEP / CAP : N=125
- Bac : N=54
- Bac + 2 : N=73
- Bac + 3, 4 : N=63
- Bac + 5 : N=68

		En 1	En 2	En 3	En 4	En 5	En 6
Chômage	Aucun diplôme	36,40%	0,00%	33,30%	11,10%	11,10%	0,00%
	BEPC	35,00%	15,00%	5,00%	20,00%	10,00%	15,00%
	BEP / CAP	42,40%	6,50%	16,00%	13,40%	10,20%	9,30%
	Bac	37,00%	13,70%	13,70%	5,90%	15,70%	11,80%
	Bac + 2	26,30%	11,80%	17,10%	15,80%	12,00%	17,30%
	Bac + 3, 4	33,30%	12,70%	11,10%	14,30%	11,10%	17,50%
	Bac + 5	29,40%	15,90%	11,10%	15,90%	11,10%	14,30%
Catastrophes naturelles	Aucun diplôme	9,10%	33,30%	0,00%	11,10%	22,20%	22,20%
	BEPC	15,00%	20,00%	25,00%	15,00%	20,00%	5,00%
	BEP / CAP	8,80%	22,60%	31,90%	19,30%	13,60%	3,40%
	Bac	11,10%	13,70%	21,60%	15,70%	17,60%	19,60%
	Bac + 2	9,20%	17,10%	21,10%	23,70%	16,00%	13,30%
	Bac + 3, 4	9,50%	17,50%	19,00%	25,40%	19,00%	9,50%
	Bac + 5	16,20%	17,50%	12,70%	22,20%	15,90%	14,30%
Catastrophes technologiques et industrielles	Aucun diplôme	9,10%	0,00%	44,40%	11,10%	22,20%	11,10%
	BEPC	15,00%	20,00%	20,00%	5,00%	20,00%	20,00%
	BEP / CAP	8,80%	25,80%	12,60%	18,50%	20,30%	12,70%
	Bac	11,10%	23,50%	15,70%	27,50%	17,60%	3,90%
	Bac + 2	18,40%	21,10%	17,10%	21,10%	17,30%	5,30%
	Bac + 3, 4	14,30%	14,30%	25,40%	17,50%	17,50%	11,10%
	Bac + 5	8,80%	23,80%	23,80%	23,80%	11,10%	7,90%
Dégradation de l'environnement	Aucun diplôme	27,30%	22,20%	0,00%	22,20%	22,20%	11,10%
	BEPC	20,00%	10,00%	5,00%	20,00%	20,00%	25,00%
	BEP / CAP	18,40%	18,50%	10,90%	18,50%	18,60%	13,60%
	Bac	22,20%	15,70%	19,60%	13,70%	13,70%	13,70%
	Bac + 2	19,70%	25,00%	26,30%	14,50%	8,00%	6,70%
	Bac + 3, 4	25,40%	34,90%	17,50%	7,90%	9,50%	4,80%
	Bac + 5	26,50%	17,50%	20,60%	19,00%	4,80%	9,50%
Insécurité	Aucun diplôme	0,00%	22,20%	11,10%	33,30%	11,10%	22,20%
	BEPC	5,00%	25,00%	30,00%	20,00%	15,00%	5,00%
	BEP / CAP	8,00%	16,10%	19,30%	13,40%	24,60%	16,90%
	Bac	5,60%	25,50%	7,80%	23,50%	21,60%	15,70%
	Bac + 2	3,90%	19,70%	6,60%	18,40%	32,00%	18,70%
	Bac + 3, 4	7,90%	17,50%	12,70%	15,90%	34,90%	11,10%
	Bac + 5	5,90%	11,10%	19,00%	11,10%	36,50%	15,90%
Terrorisme	Aucun diplôme	9,10%	22,20%	11,10%	11,10%	11,10%	33,30%
	BEPC	10,00%	10,00%	15,00%	20,00%	15,00%	30,00%
	BEP / CAP	10,40%	6,50%	9,20%	16,00%	12,70%	44,10%
	Bac	7,40%	7,80%	21,60%	13,70%	13,70%	35,30%
	Bac + 2	22,40%	5,30%	11,80%	6,60%	14,70%	38,70%
	Bac + 3, 4	9,50%	3,20%	14,30%	19,00%	7,90%	46,00%
	Bac + 5	5,90%	14,30%	12,70%	7,90%	20,60%	38,10%

Annexe 9 : Regroupements sémantiques des types de risques naturels

« A quel(s) phénomène(s) pensez-vous lorsque l'on parle de risques naturels ? »

Catégorie 1	Séisme
tremblements de terre	
séismes	

Catégorie 2	Volcanisme
éruption volcanique	lave
volcan	

Catégorie 3	Inondations
crues	débordements de cours d'eau
montée des eaux	dégâts des eaux
cours d'eau	
rivière	
torrents	

Catégorie 4	Tempête
vents	tsunami
cyclones	
ouragans	
raz de marée	

Catégorie 5	Précipitations
pluies	grêle
orages	foudre
intempérie	trombe d'eau
éclairs	

Catégorie 6	Neige
verglas	avalanche
neige	

Catégorie 7	Incendies
feux	
incendies	

Catégorie 8	Mouvements de masse
affaissement de terrain	
glissement de terrain	
glissement de rochers	
éboulements	
tassement des sols	

Catégorie 9	Impacts anthropiques
lotissement	
urbanisation	
pollution	
réchauffement climatique	
pesticides	
catastrophes technologiques et industrielles	
produits phytosanitaires	
risque nucléaire	
effet de serre	
radiation nucléaire	
accident chimique	
accident nucléaire	
contamination chimique	
terrorisme	
dérèglement climatique	
famine	
disparition des zones naturelles	
dégradation	
gaspillage	
pollution des nappes	
épuisement des ressources	
disparition des haies	
chutes d'aéronefs	
incivilité dans le tri des déchets	
exploitation des terrains agricoles	
modification des PLU	
OGM	

Catégorie 10	Sécheresse
canicule	
sécheresse	

Annexe 10 : Regroupements sémantiques pour les types d'aménagement connus

« A votre connaissance quels sont les différents types d'aménagement, techniques ou naturels, qui existent pour réduire les risques de coulées boueuses ? »

Aménagements agronomiques
bocage
prairie
enherbement
solutions agricoles
aménagement des versants
reforestation
zone d'épanchement
sens du labour
corridors naturels
cultures en terrasse
rupture de pente

Aménagements urbains
zone inondable
lotissement
GERPLAN
PLU / POS
modification du tracé des routes
surélévement des habitations
système d'égouts adéquat
contrôle des canalisations
système de drainage eaux pluie

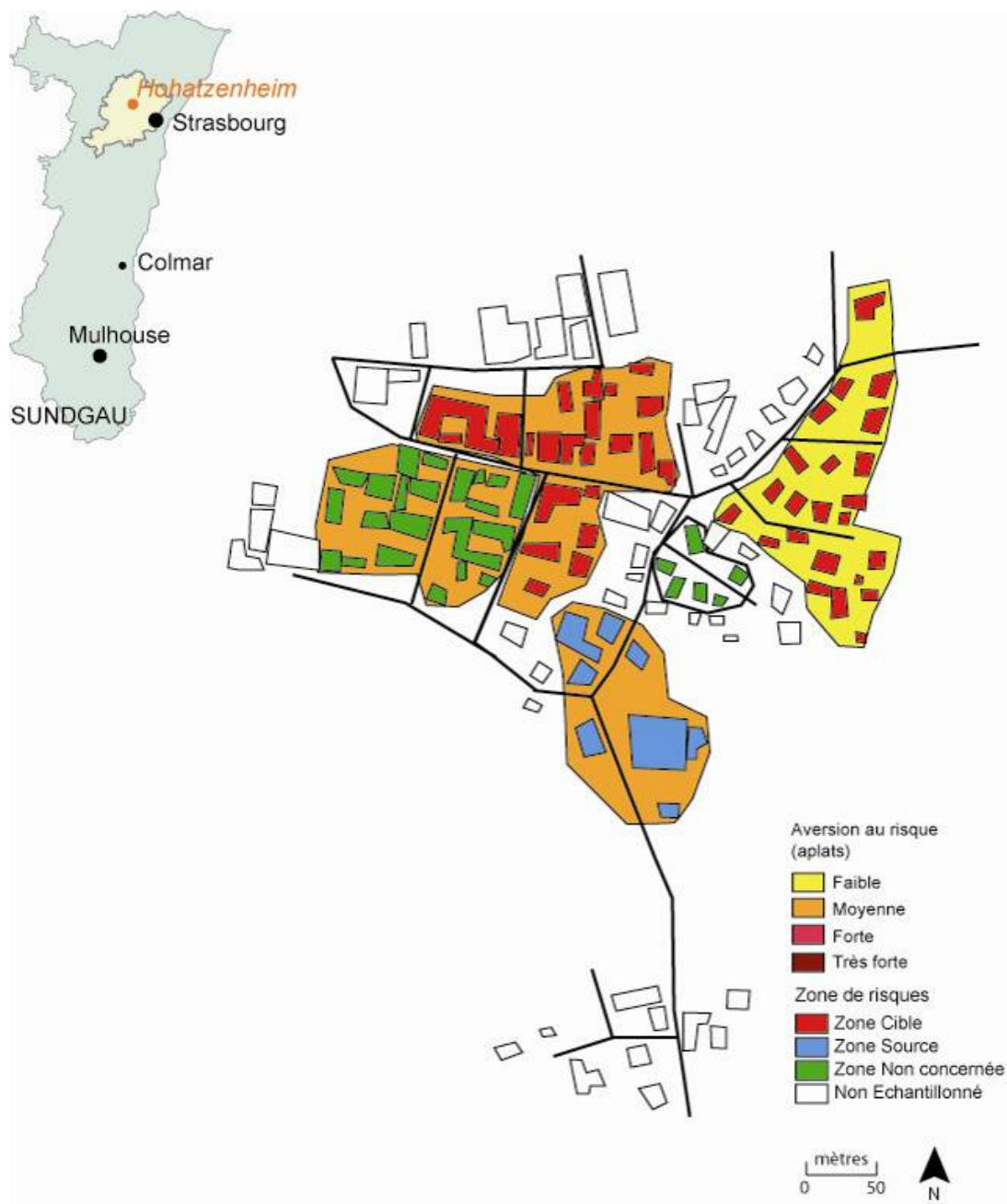
Aménagements techniques
digues
barrages
bassins de rétention
bassins d'orage
déversoirs d'orage
protection bétonnées
ornières
buses
captages des eaux
gestion des eaux pluviales
grilles de récupération
gouttières pour les canalisations
murets
canaux
ponts

Prévention / Information
cartographie réglementaire
prévention individuelle
aide aux agriculteurs
surveillance des espaces naturels vulnérables
PPR

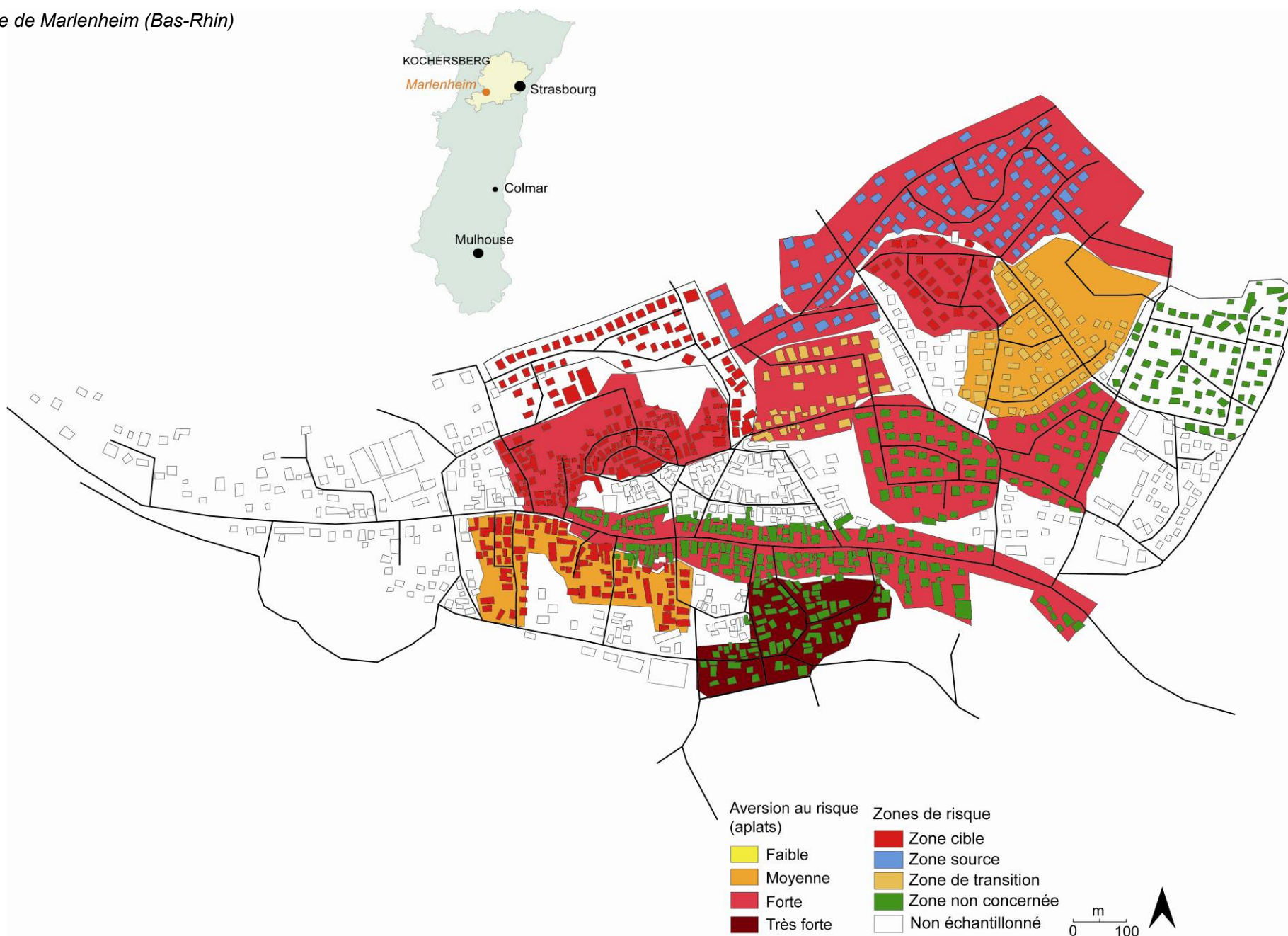
Aménagements hydrologiques
entretien des cours d'eau
élargissement des lits
entretien des berges
curage des lits
nettoyage des lits
vannes de délestage
garder les rives naturelles
infiltration

Annexe 11: Cartographie des indices de perception (aversion au risque) selon les zones de ruissellement

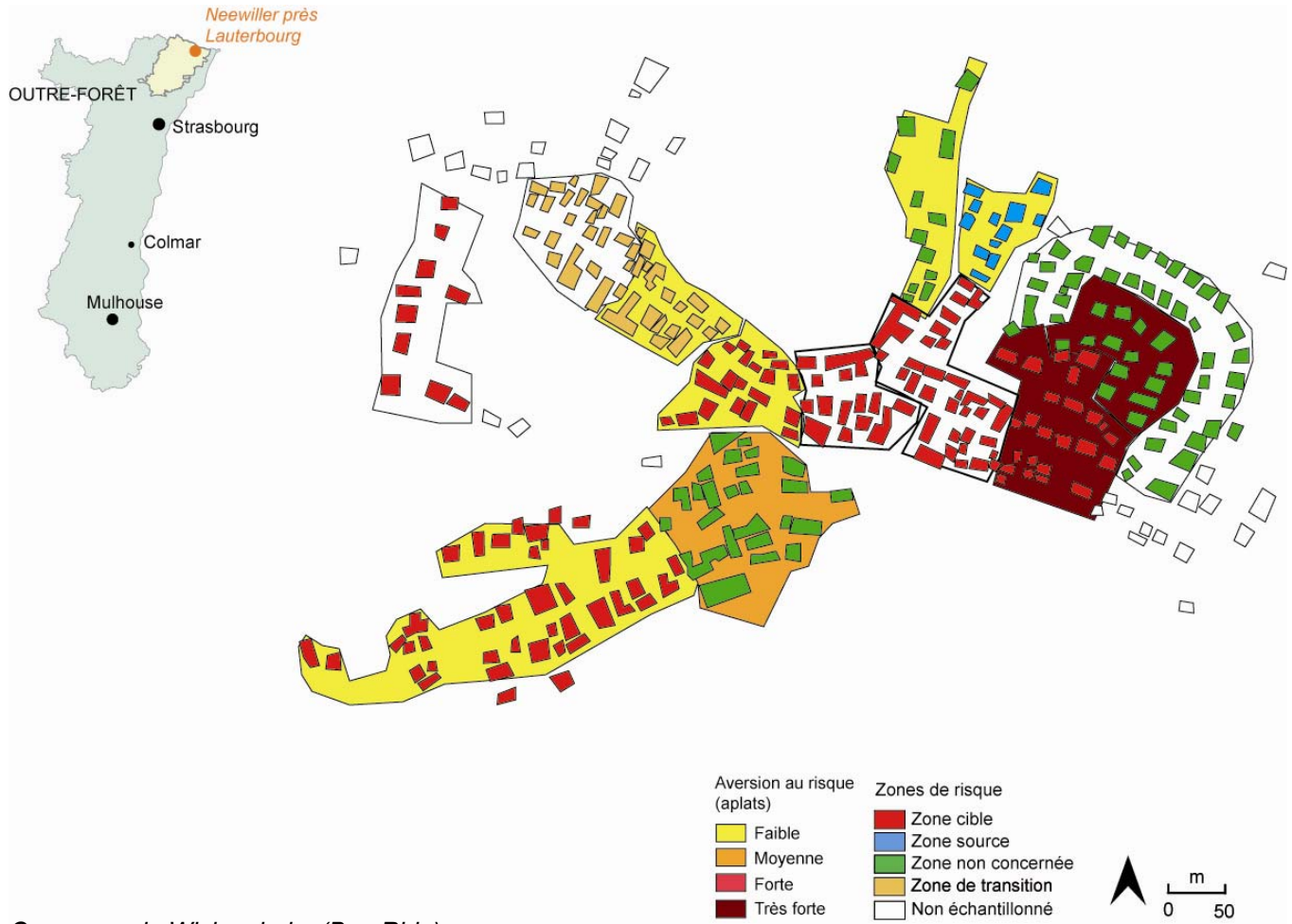
Commune de Hohatzenheim (Bas-Rhin)



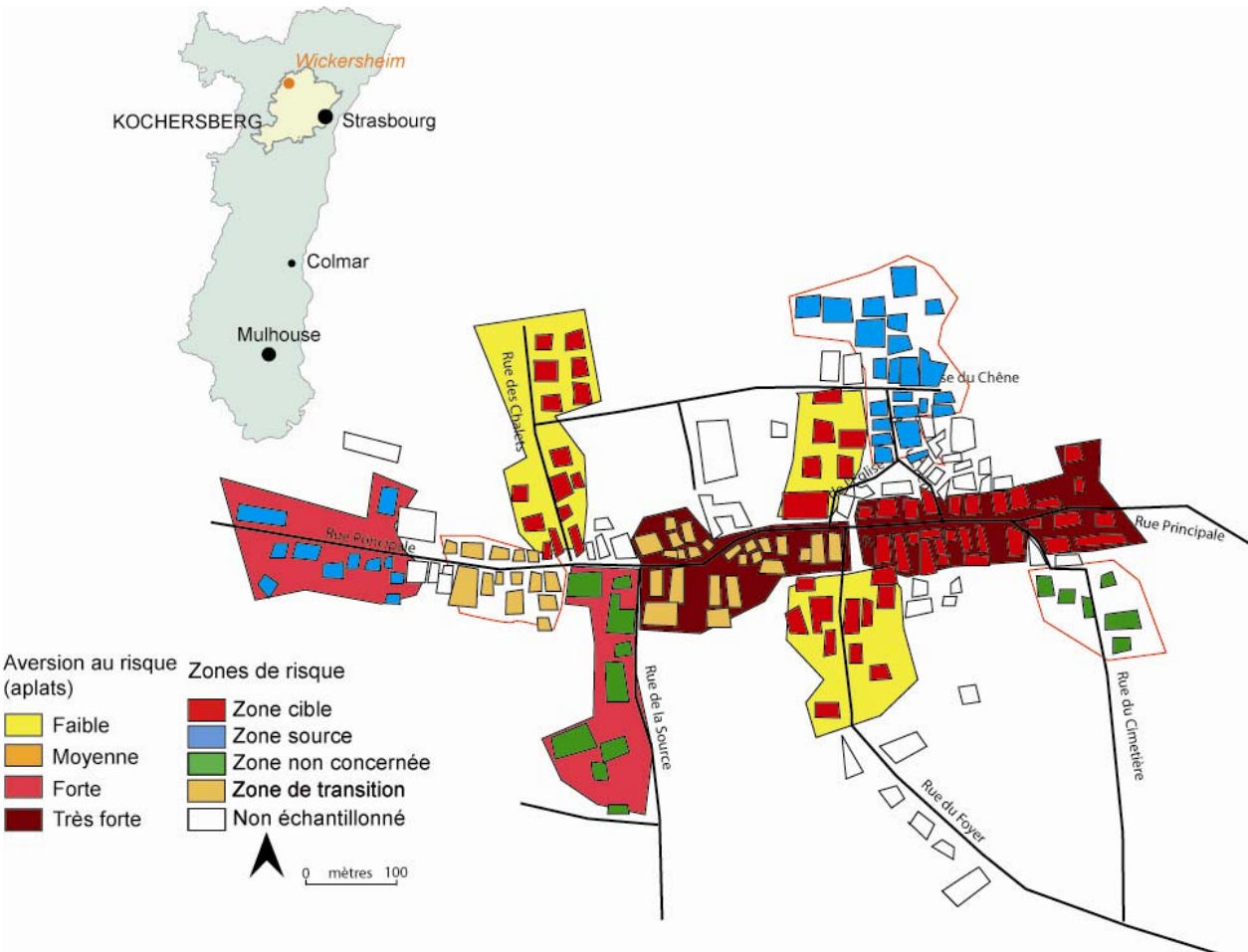
Commune de Marlenheim (Bas-Rhin)



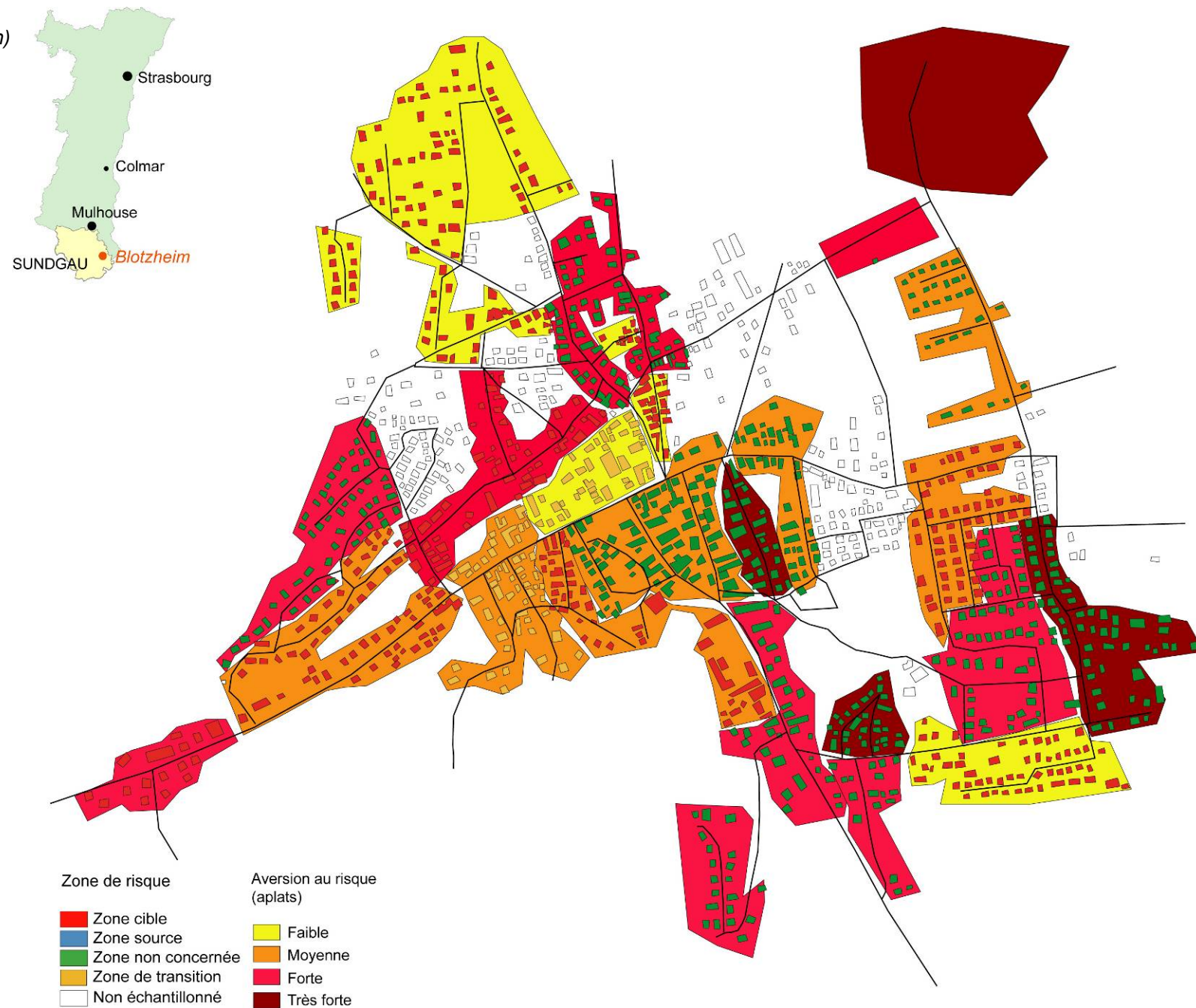
Commune de Neewiller près Lauterbourg (Bas-Rhin)



Commune de Wickersheim (Bas-Rhin)



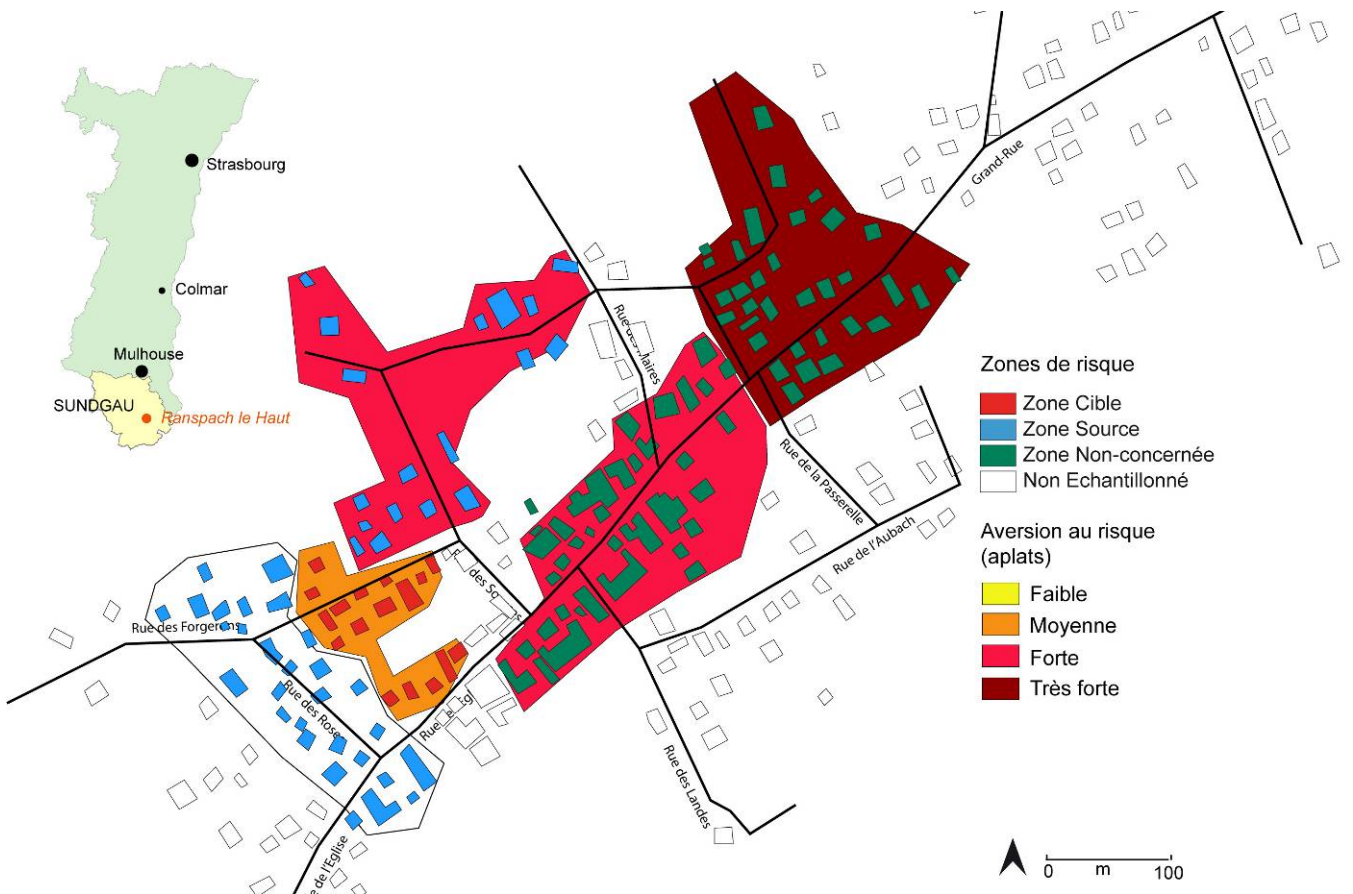
Commune de Blotzheim (Haut-Rhin)



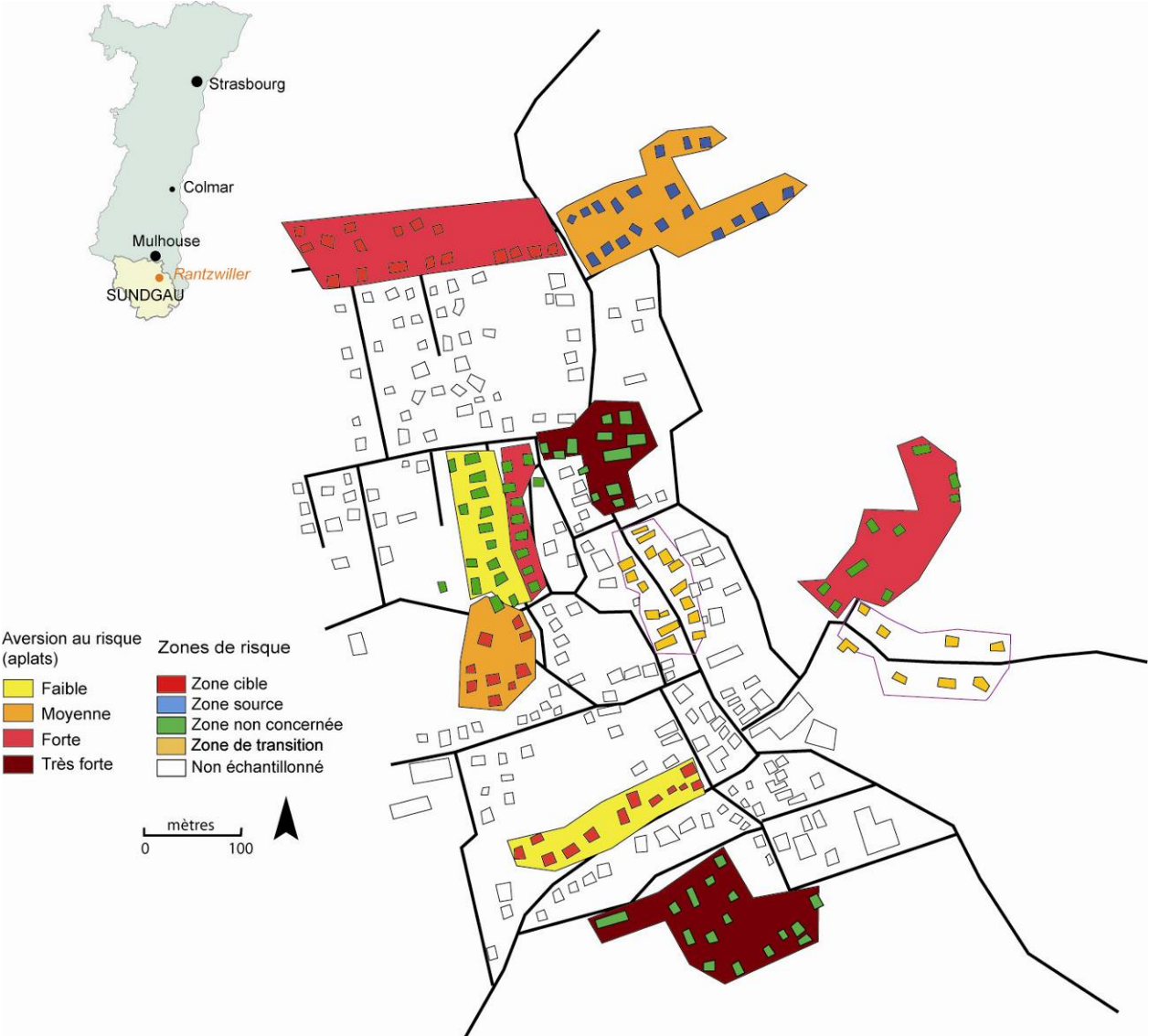
Commune de Ranspach le Bas (Haut-Rhin)



Commune de Ranspach le Haut (Haut-Rhin)



Commune de Rantzwiller (Haut-Rhin)



Annexe 12: Les consignes de sécurité à suivre en cas de catastrophes naturelles

En cas de crues torrentielles ou d'inondations (source : Site du Ministère de l'Environnement, consulté en septembre 2009)

Avant : s'organiser et anticiper

- obturer les entrées d'eau : portes, soupiraux, aérations ;
- couper le gaz et l'électricité ;
- mettre au sec les meubles, objets, matières et produits ;
- amarrer les cuves, prendre les mesures pour éviter la pollution de l'eau (fuel, produits toxiques,...),
- faire une réserve d'eau potable ;

Pendant : mettre en place les mesures conservatoires ci-dessus

- s'informer de la montée des eaux (radio, mairie...) ;
- couper le gaz et l'électricité ;
- n'entreprendre une évacuation que si vous en recevez l'ordre des autorités ou si vous êtes forcés par la crue ;
- ne pas s'engager sur une route inondée (à pied ou en voiture) : lors des inondations du Sud-Est des dix dernières années, plus du tiers des victimes étaient des automobilistes surpris par la crue.

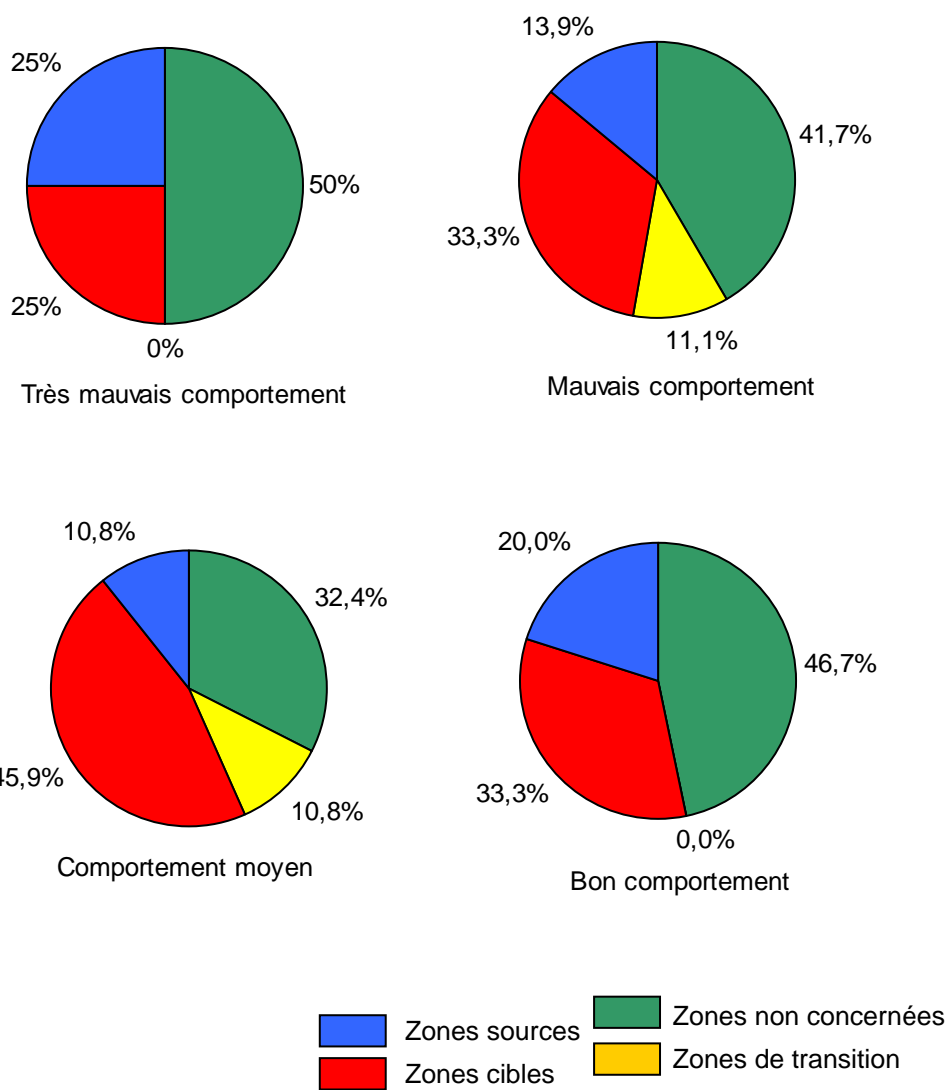
Après :

- aérer et désinfecter les pièces
- chauffer dès que possible et dès que les conditions de sécurité le permettent
- ne rétablir le gaz et l'électricité que sur une installation sèche.

Remarque : en ce qui concerne les crues torrentielles, compte tenu du caractère brutal et très rapide du phénomène, la meilleure solution consiste à ne pas s'implanter à proximité immédiate des rives, même si le filet d'eau apparaît sans danger.

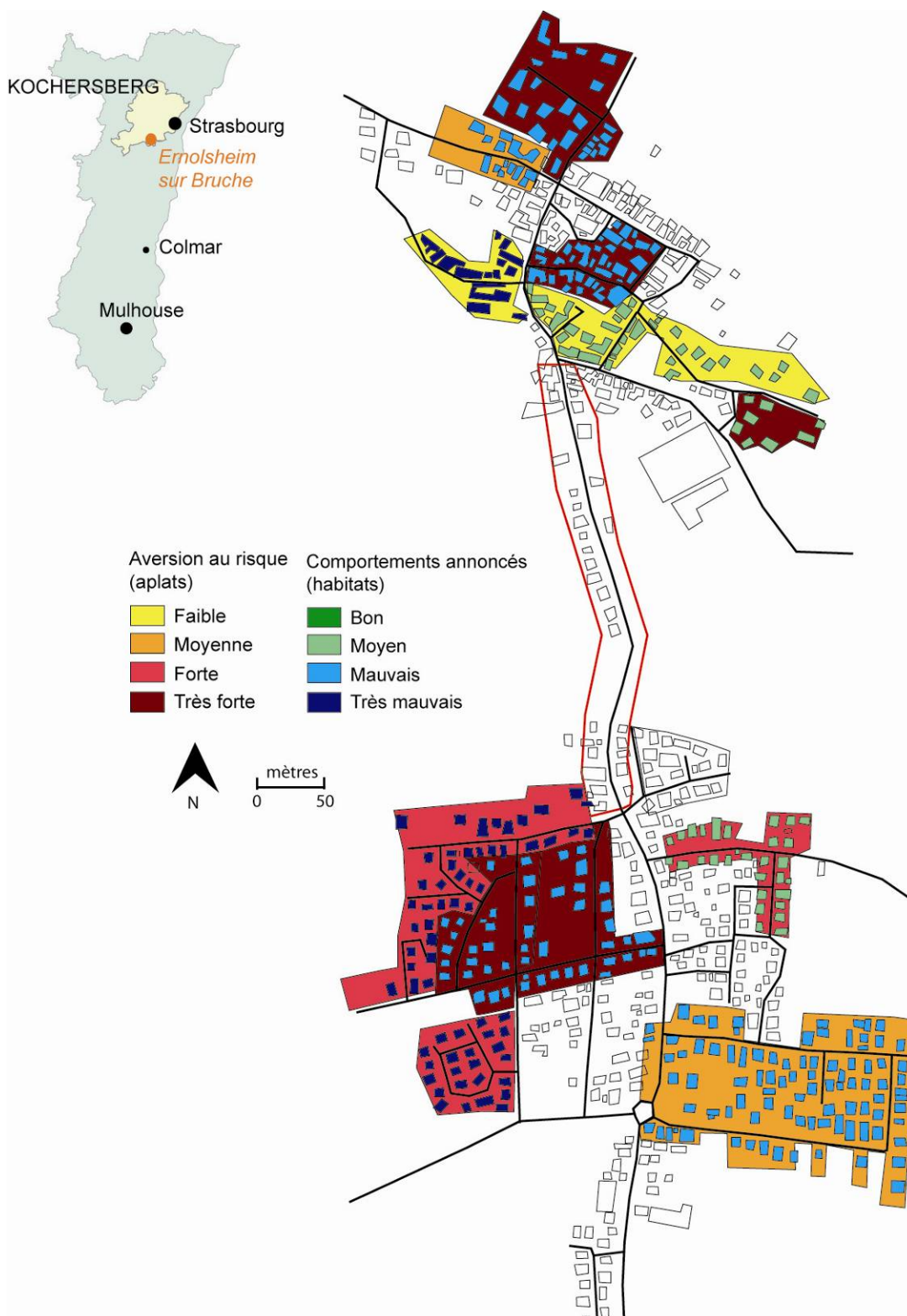


Annexe 13 : Répartition des types de comportements annoncés par les individus en fonction des zones de ruissellement

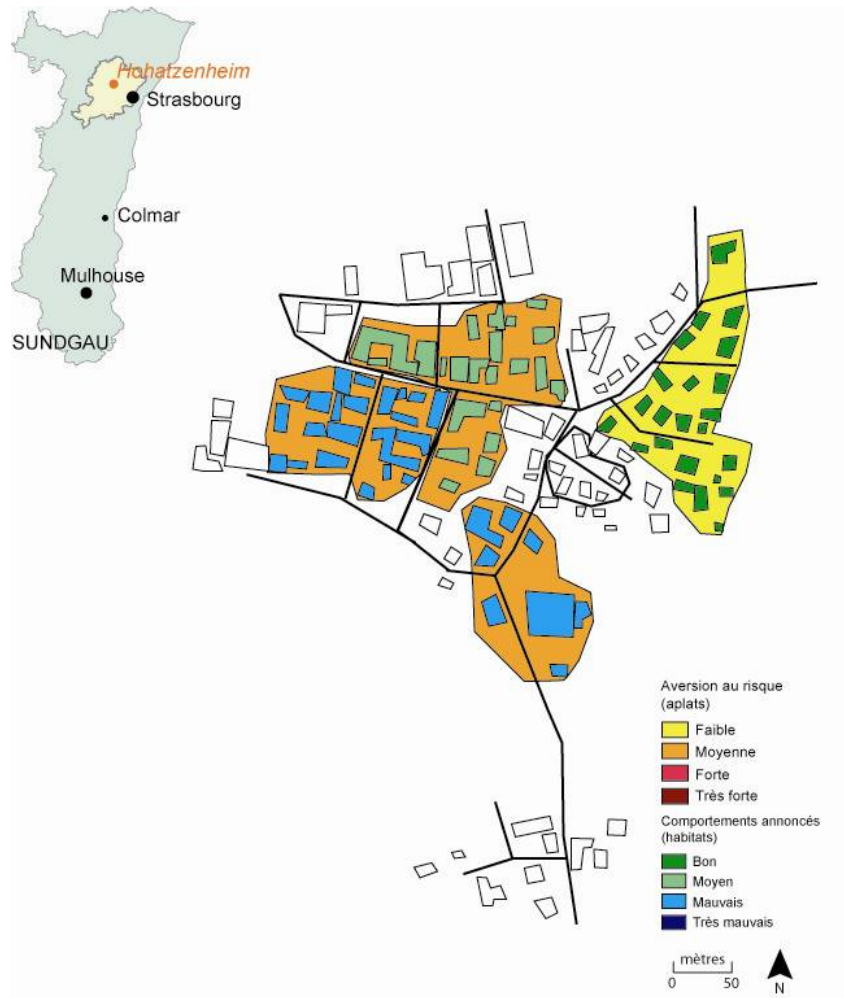


Annexe 14 : Cartographie par commune des indices de comportements annoncés en cas de catastrophe selon les indices de perception

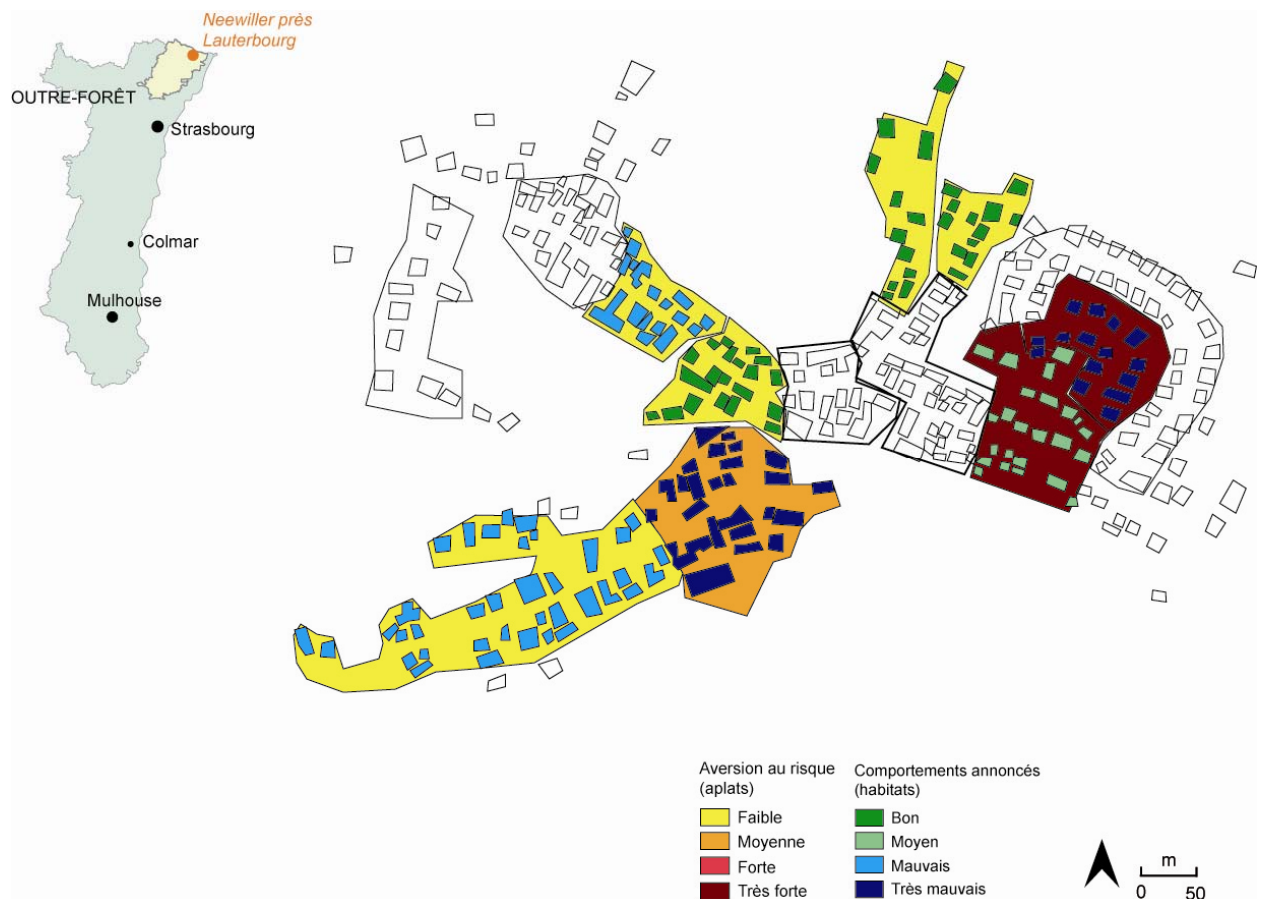
Commune d'Ernolsheim sur Bruche (Bas-Rhin)



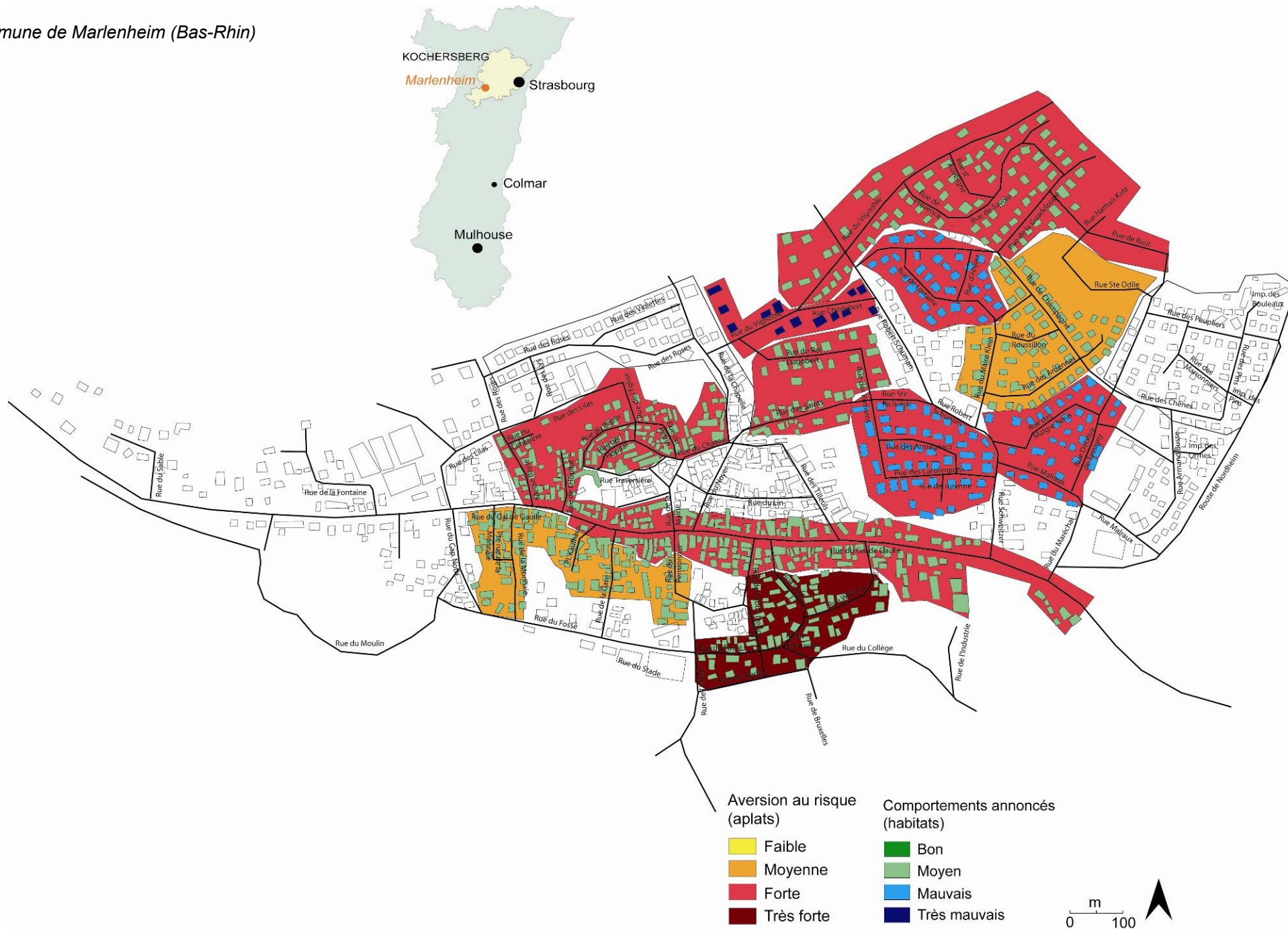
Commune de Hohatzenheim (Bas-Rhin)



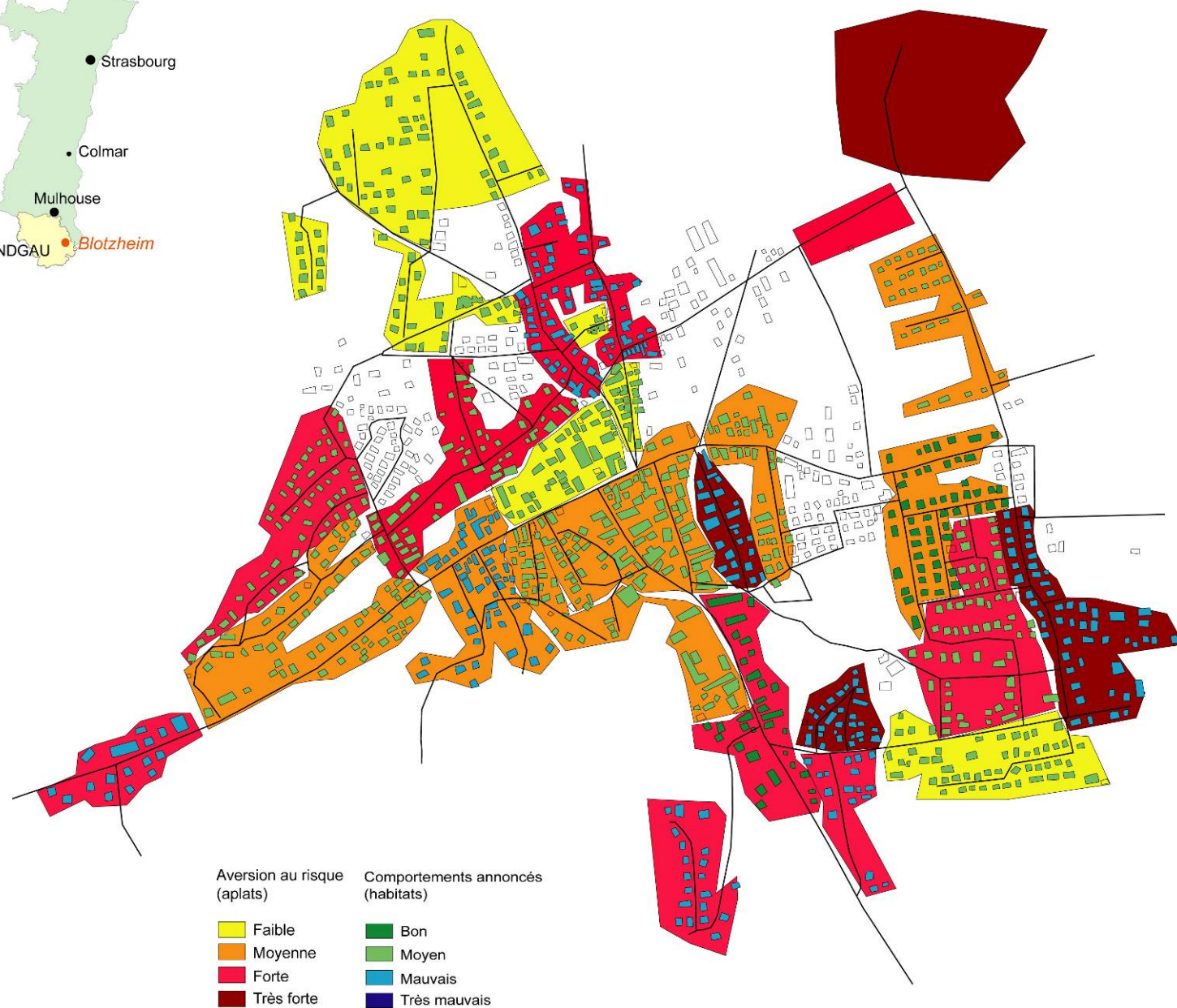
Commune de Neewiller près Lauterbourg (Bas-Rhin)



Commune de Marlenheim (Bas-Rhin)



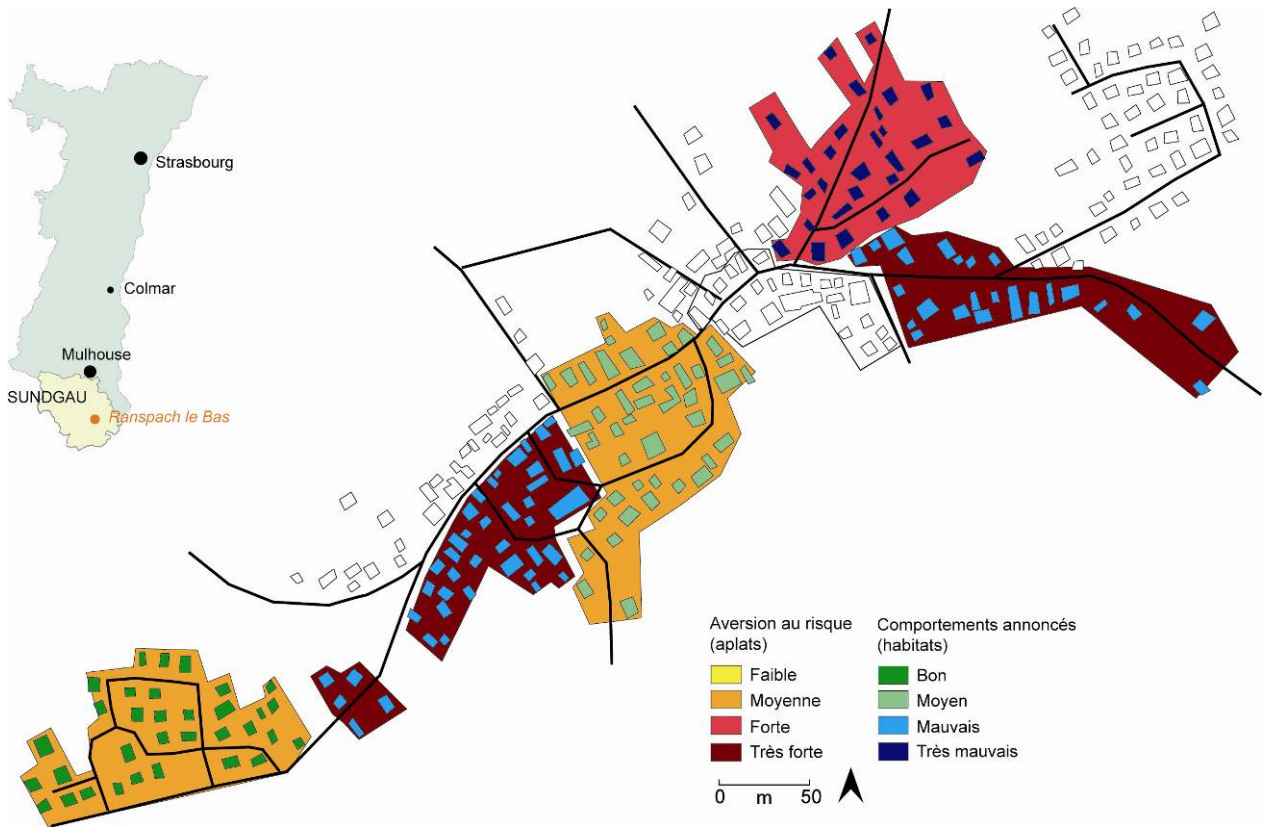
Commune de Blotzheim (Haut-Rhin)



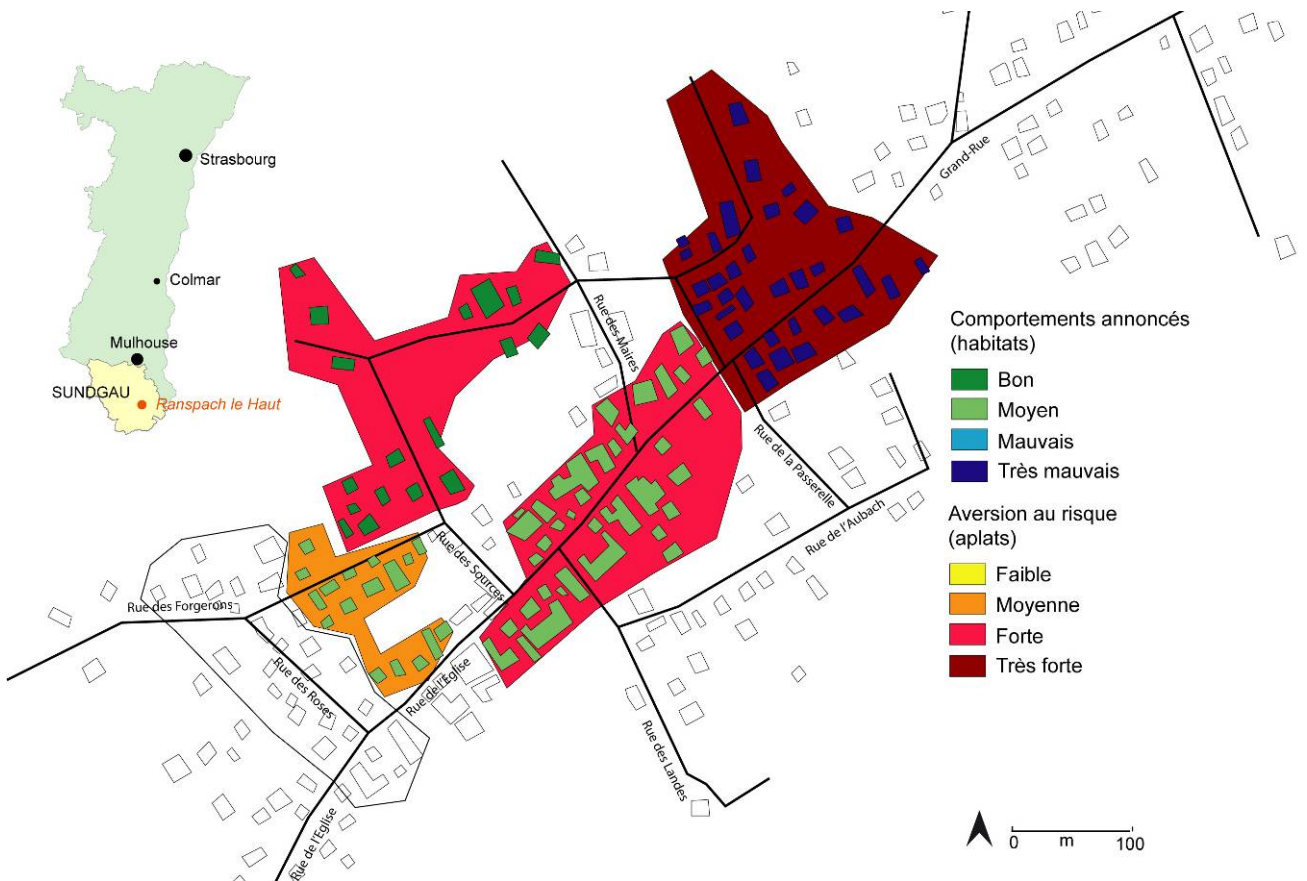
Commune de Michelbach le Bas (Haut-Rhin)



Commune de Ranspach le Bas (Haut-Rhin)



Commune de Ranspach le Haut (Haut-Rhin)



Commune de Kappelen (Haut-Rhin)

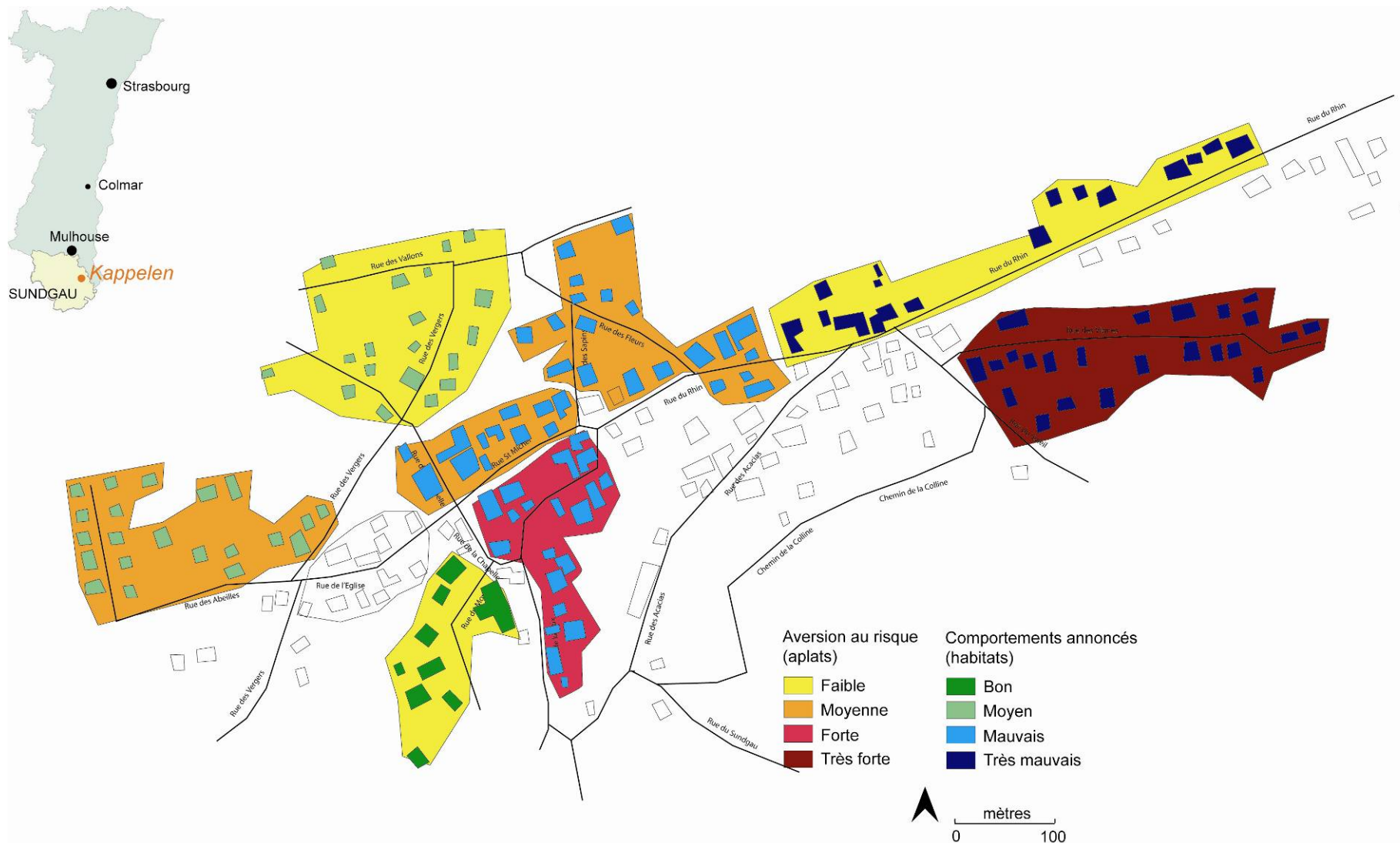


Table des matières

Remerciements	1
Sommaire	3
Introduction générale	6
PARTIE 1. Différentes approches du risque et de sa perception appliquées à un objet d'étude unique	13
Chapitre 1. De la géographie à l'économie : des contributions diverses pour alimenter notre problématique	14
1.1. Une approche géographique des risques.....	14
1.1.1. <i>Emergence des concepts et notions associés au risque en géographie</i>	14
a. Risque, danger, catastrophe.....	14
b. L'aléa.....	16
c. La vulnérabilité.....	17
d. Synthèse : le risque nécessite une approche pluridisciplinaire.....	20
1.1.2. <i>La législation et la réduction des risques</i>	21
1.1.3. <i>La spatialisation des risques</i>	27
1.1.4. <i>La représentation cognitive du risque et sa relation avec la vulnérabilité</i>	30
1.2. La perception des risques : définition et principales approches.....	32
1.2.1. <i>Qu'est ce que la perception des risques ?</i>	32
a. L'approche psychométrique : heuristiques et biais.....	33
b. La Théorie Culturelle.....	35
1.2.2. <i>Les facteurs qui influencent la perception des risques</i>	37
1.3. Les apports de l'économie dans la compréhension de la perception des risques.....	39
1.3.1. <i>Risque et rationalité : les premières avancées</i>	39
a. Le paradoxe de St Pétersbourg.....	40
b. Introduction à l'axiomatique de Von Neuman-Morgenstern (VNM).....	41
1.3.2. <i>Les études expérimentales de la perception du risque et ses « paradoxes »</i>	42
a. Les paradoxes d'Allais et Ellsberg.....	42
b. Le modèle RDEU (Rank Dependent Expected Utility).....	43
c. La Théorie des Perspectives : attitude face aux risques et révision des croyances... 45	
1.3.3. <i>En quoi cette approche économique est-elle intéressante pour une application en géographie ?</i>	48
1.4. La perception des risques de coulées boueuses : comment l'appréhender ?.....	49
1.4.1. <i>Définition de la problématique et des hypothèses de travail</i>	49
1.4.2. <i>Nos objectifs « théoriques » et « opérationnels » à atteindre</i>	50
Conclusion.....	52

Chapitre 2. Comprendre l'aléa « coulée boueuse » et la gestion du risque associé	54
2.1. Les coulées boueuses : de nombreuses définitions pour des processus complexes	54
2.1.1. <i>Qu'est-ce qu'une coulée boueuse ? Précisions terminologiques</i>	54
2.1.2. <i>La formation du ruissellement à l'échelle locale</i>	58
a. Dynamique de la structure du sol et capacité d'infiltration	60
b. La texture du sol.....	61
c. Les taux de matières organiques (MO) et la stabilité des sols	62
2.1.3. <i>La formation du ruissellement à l'échelle du bassin versant</i>	63
2.2. Des conséquences environnementales et des enjeux humains importants	66
2.2.1. <i>Les conséquences environnementales et agronomiques</i>	66
2.2.2. <i>Les dégâts recensés dans les zones urbanisées</i>	68
2.3. La gestion du risque de coulées boueuses : les mesures « techniques » et la perception des risques dans les politiques de gestion	71
2.3.1. <i>Les mesures existantes pour diminuer l'aléa dans les zones cultivées</i>	71
2.3.2. <i>Les interactions entre les acteurs intervenant dans les politiques de gestion</i>	75
2.3.3. <i>L'intégration de la perception des risques dans la gestion des coulées boueuses</i>	78
Conclusion.....	81
 PARTIE 2. Comment appréhender la perception du risque de coulées boueuses dans une région vulnérable ?	83
 Chapitre 3. L'Alsace : une région régulièrement affectée par des coulées boueuses.....	84
3.1. Des caractéristiques physiques favorables au ruissellement	85
3.1.1. <i>Une topographie dominée par un relief de collines</i>	86
3.1.2. <i>Des sols limoneux sensibles à la battance</i>	89
3.1.3. <i>Un climat aux variations saisonnières importantes</i>	89
3.2. Le rôle de l'occupation du sol dans le risque de coulées boueuses.....	91
3.2.1. <i>Une occupation du sol cultivé accroissant le risque</i>	91
3.2.2. <i>Des pressions foncières dans des zones périurbaines prisées</i>	94
Conclusion.....	97
 Chapitre 4. Détermination des acteurs ciblés et acquisition des données de perception du risque	99
4.1. Un risque préoccupant les acteurs de proximité.....	100
4.1.1. <i>Des enquêtes à différents niveaux de décision dans la gestion des coulées boueuses</i> 100	
4.1.2. <i>Une population non concernée par les coulées boueuses : les étudiants</i>	101
4.2. L'entretien et le questionnaire à la base de l'acquisition des données de perception.....	103
4.2.1. <i>Définition de la grille d'entretien</i>	103
4.2.3. <i>Mise à jour des pratiques et attitudes par le biais des questionnaires</i>	104
a. Ciblés sur les acteurs de proximité	104
b. Utilisés pour les passations auprès des étudiants	107
4.3. Représentation graphique de la perception et cartographie mentale	112
4.3.1. <i>Les facteurs influençant les coulées boueuses et leur système de mesure</i>	112
4.3.2. <i>La représentation mentale des zones à risques : méthode d'analyse</i>	113

4.4. Un échantillonnage spatial créé et adaptée à chaque commune	116
4.4.1. <i>Les critères de sélection des communes enquêtées</i>	116
4.4.2. <i>La spatialisation et la cartographie des zones de passation des enquêtes</i>	122
Conclusion.....	129

PARTIE 3. Analyse des enquêtes : d'un point de vue géographique à une approche économique. Résultats et discussion130

Chapitre 5. Aspects sociogéographiques de la perception du risque de coulées boueuses131

5.1. Une première analyse : taux de retours et présentation des répondants	131
5.1.1. <i>Une hétérogénéité déterminée par plusieurs facteurs</i>	131
5.1.2. <i>Quelles sont les caractéristiques des acteurs enquêtés ?</i>	133
5.2. Pour une connaissance des attitudes face au risque de coulées boueuses	136
5.2.1. <i>Le concept de risques et les préoccupations environnementales</i>	137
5.2.2. <i>La connaissance et la formation des coulées boueuses</i>	144
5.2.3. <i>La prévention des risques : de la protection à l'information</i>	147
5.2.4. <i>Les responsabilités prises face aux risques et la légitimité d'action</i>	156
5.3. Synthèse : un risque bien identifié à gérer à l'échelle locale	159
Conclusion.....	162

Chapitre 6. Des indices de perception et de comportements : construction et utilisation en économie comportementale164

6.1. Les indices de perception du risque de coulées boueuses	164
6.1.1. <i>Le paradigme psychométrique pour le calcul des indices de perception</i>	165
a. La connaissance personnelle des processus du risque de coulées boueuses	166
b. La « familiarité » du risque	168
c. Le caractère réductible ou contrôlable du risque	171
d. Les facteurs non intégrés mais susceptibles de moduler les indices de perception	177
6.1.2. <i>Des perceptions du risque variables selon la proximité à l'aléa</i>	181
6.2. Introduire les perceptions dans la compréhension des comportements.....	187
6.2.1. <i>Le calcul de l'indice des comportements annoncés en cas de catastrophe</i>	187
6.2.2. <i>Des comportements non corrélés à l'expérience mais à la vulnérabilité</i>	190
a. L'expérience n'apparaît pas dans les comportements adoptés.....	190
b. Une concordance entre les zones de ruissellement et les comportements annoncés	191
c. Une correspondance entre les indices de perception et les comportements annoncés ?.....	193
6.3. Les apports en économie comportementale d'une analyse sociogéographique des enquêtes	197
6.3.1. <i>Perception du risque et transformation des probabilités d'occurrence</i>	197
6.3.2. <i>Comment l'expérience vécue intervient-elle dans la transformation des probabilités ?</i>	200
6.3.3. <i>Les indices de perception dans les politiques de réduction des risques</i>	201
6.3.4. <i>Nos réflexions au service des modèles de comportements face au risque</i>	203
Conclusion.....	206

Chapitre 7. Discussion - De la validation des résultats : apports et limites..	208
7.1. Une méthodologie d'échantillonnage et d'enquête validée par les résultats	208
7.1.1. <i>Un échantillonnage spatial innovant pour collecter des données de qualité</i>	209
7.1.2. <i>Un choix d'acteurs limité</i>	211
7.1.3. <i>Des questionnaires fournissant des données robustes</i>	212
7.2. Des attitudes face aux coulées boueuses concordantes avec des études nationales.....	214
7.2.1. <i>Les représentations des coulées boueuses au service de la gestion du risque</i>	214
7.2.2. <i>Bien que validés par d'autres études, comment compléter les résultats ?</i>	215
7.3. Une formulation des indices de perception et de comportements annoncés à parfaire.....	216
7.3.1. <i>Adapter l'indice de perception en fonction des données disponibles</i>	216
7.3.2. <i>Utiliser un indice de comportements annoncés plus exhaustif</i>	218
7.4. Contributions aux modèles théoriques utilisés en économie.....	219
7.4.1. <i>L'utilisation des indices dans la compréhension des transformations de probabilités</i> ...	219
7.4.2. <i>De l'utilisation de nos résultats dans l'établissement de politiques de réduction des risques</i>	220
Conclusion générale	223
Références bibliographiques	228
Liste des abréviations	246
Liste des figures	247
Liste des tables.....	250
Liste des annexes.....	252
Table des matières	293