

***PRIME* : Projet de Recherche sur les Indicateurs  
de la sensibilité radioécologique et les méthodes  
Multicritères appliqués à l'Environnement d'un  
territoire industriel**

***PRIME* : Research Project on radioecological  
sensitivity indicator to an industrial territory  
environment**

Programme Risque Décision Territoire  
Rapport de fin de contrat

Coordonnées du laboratoire :  
Laboratoire d'Etudes Radioécologiques en milieux Continental  
et Marin (LERCM)  
CEN de Cadarache – Bât. 153  
13115 Saint Paul lès Durance

Identité et coordonnées du responsable du projet de recherche :  
Philippe RENAUD  
Chef du LERCM  
04 42 19 96 60  
philippe.renaud@irsn.fr

Date : 22/02/2010

N° de contrat : 0000771  
Date du contrat : 20/06/2007

Synthèse  
(destinée aux utilisateurs et gestionnaires publics)

***PRIME* : Projet de Recherche sur les Indicateurs  
de la sensibilité radioécologique et les méthodes  
Multicritères appliqués à l'Environnement d'un  
territoire industriel**

Programme Risque Décision Territoire

**Responsables scientifiques du projet  
Catherine MERCAT, Philippe RENAUD**

---

**Noms des autres partenaires scientifiques bénéficiaires**

## Contexte

C'est au lendemain de l'accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl en 1986, que la France, comme les autres pays européens, a pris conscience qu'une crise radiologique ne s'arrêterait pas une fois la phase d'urgence passée. Les produits radioactifs relâchés dans l'atmosphère contaminent les sols avoisinants pour de nombreuses années. La population qui n'a pas de raison d'être évacuée doit apprendre à vivre avec cette pollution, ce qui provoque un changement considérable de son mode de vie.

Trois phases sont distinguées aujourd'hui dans la caractérisation des conséquences d'un accident :

- la phase d'urgence, qui débute avant même les rejets radioactifs potentiels ;
- la phase post-accidentelle à court terme désignée comme « phase de transition », qui débute dès la fin des dépôts radioactifs ;
- la phase post-accidentelle à long terme qui s'étend jusqu'au retour à une situation qualifiée de normale.

Le projet PRIME s'intéresse à la phase de transition et jusqu'à deux ans après les dépôts radioactifs.

Depuis le milieu des années 90, les réflexions sur la gestion post-accidentelle ont évolué pour mieux intégrer les aspects sociaux, car le retour d'expérience de l'accident de Tchernobyl a montré que la réduction de l'exposition radiologique n'est qu'une partie du problème posé et qu'elle ne peut être efficacement et durablement entreprise que lorsque la population est impliquée dans les décisions de gestion post-accidentelle.

En 2005, l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) a organisé un séminaire nommé PAREX<sup>1</sup> dont les deux premières recommandations sont : (1) « les acteurs publics et parties prenantes doivent travailler ensemble pour élaborer une réponse adaptée aux problèmes post-accidentels » et « une place majeure doit être accordée aux acteurs locaux » ; et (2) « il est nécessaire d'engager une démarche de préparation afin de favoriser le développement des capacités d'adaptation et d'action des acteurs, individuellement et en commun ».

2005 est également l'année de démarrage du Comité Directeur pour la gestion de la phase post-accidentelle d'un accident nucléaire ou d'une situation d'urgence radiologique, le CODIR-PA piloté par l'ASN, avec lequel le projet PRIME était étroitement lié.

## Objectifs généraux

La préparation à la gestion des conséquences d'un accident nucléaire de grande ampleur implique nécessairement la prise en compte de multiples critères afin de satisfaire au développement durable des zones potentiellement impactées. Une approche pluridisciplinaire est requise pour analyser la situation et répondre durablement aux problèmes environnementaux, économiques et sociaux liés aux territoires. De plus, la multiplicité des acteurs induit la coexistence d'objectifs multiples, souvent contradictoires qui sont à prendre en considération et à hiérarchiser afin de faciliter les prises de décision. Pour faire en sorte que le processus décisionnel soit transparent, documenté et reproductible, le développement d'outils d'aide à la décision est nécessaire.

---

<sup>1</sup> Post-Accidentel Retour d'Expérience

## PRIME

L'objectif du projet PRIME est de développer, en concertation avec les experts, acteurs de la décision et les représentants locaux, une méthode de caractérisation d'un territoire contaminé à la suite d'un accident industriel impliquant des rejets atmosphériques de substances radioactives. Le principe de base de la méthode est la hiérarchisation des facteurs de la vulnérabilité<sup>2</sup> d'un territoire vis-à-vis d'une pollution radioactive. La hiérarchisation est réalisée simultanément par les différents acteurs du projet PRIME afin de parvenir à une vision partagée du territoire, préalable indispensable à la construction d'une stratégie de gestion appropriée. Cette méthode vise à être utilisée par les gestionnaires du risque. Elle doit donc répondre à deux objectifs : d'une part définir une gestion destinée à protéger les populations, leurs biens et leur cadre de vie et d'autre part, être acceptable par l'ensemble des personnes concernées par la vie dans le territoire contaminé.

L'idée de la recherche participative PRIME est d'anticiper – avec les experts, mais aussi avec les acteurs du territoire – les conséquences d'un accident nucléaire sur un vaste territoire d'étude. Cette finalité est très ambitieuse, car elle se situe dans un spectre très large de préoccupations qui est par ailleurs ouvert sur des perceptions et des représentations très variées des acteurs du territoire. Le sujet d'étude nécessite néanmoins d'aborder de front cette complexité.

En raison de la disponibilité des données et de la variabilité spatiale des enjeux, la commune a été choisie comme l'élément géographique de base. L'objectif de l'outil méthodologique est donc de permettre une classification des communes touchées par l'accident en fonction de leur vulnérabilité.

Cette classification doit prendre en compte les différents préjudices subis par chaque commune du fait de l'accident, pour les divers enjeux considérés séparément (vulnérabilité du milieu agricole, du bâti, de l'économie, du tourisme...) et de manière globale (vulnérabilité de la commune, tous enjeux confondus).

Enfin, la méthode doit permettre de restituer la sensibilité des différents acteurs et les éléments qui sous-tendent leur perception de la vulnérabilité.

## Méthodologie

Le principal défi technique de PRIME consiste à classer des communes en fonction de leur vulnérabilité à un accident nucléaire, au moyen d'un indice unique qui prenne en compte, d'une part, l'ensemble des préjudices de différentes natures subis par les communes, et d'autre part, les différentes perceptions que les personnes concernées ont de ces préjudices. Le projet PRIME propose de relever ce défi au moyen d'une méthode d'analyse multicritères.

Il s'agit de soumettre à un panel de personnes, lors d'entretiens, des exemples de communes diversement affectées par l'accident et ayant subi différents dommages aux personnes, aux biens, à l'emploi ou encore au tourisme, puis de leur demander de se prononcer sur le niveau du préjudice global subi par ces communes tous dommages confondus. Le classement des communes et la hiérarchisation des facteurs de vulnérabilité découlent ensuite de l'analyse multicritère, qui permet de modéliser les perceptions, les logiques et les préférences des acteurs, exprimées lors de ces entretiens.

Réaliser ces entretiens nécessite de disposer, au préalable, d'exemples réalistes de préjudices subis par des communes, qui illustrent les différentes situations post-accidentelles possibles, et qui soient commensurables et opposables les unes aux autres. Le préjudice radiologique

---

<sup>2</sup> La notion de vulnérabilité rendant compte à la fois de la sensibilité des enjeux territoriaux (population, activités économiques, milieu agricole, bâti, espaces naturels...) et de l'importance de la contamination pour un scénario accidentel donné.

subi par les personnes et exprimé en sievert doit être comparable avec les dommages économiques subis par les entreprises, exprimés en pourcent du chiffre d’affaire, avec les dommages liés au dépassement de la norme de commercialisation d’une denrée, dont la contamination s’exprime en becquerel par kilogramme, ou encore avec le préjudice touristique exprimé en nuitées d’hébergement perdues.

Constituer ces exemples réalistes nécessite de relever deux défis supplémentaires.

Le premier consiste à établir une échelle qui permette de comparer, au moyen d’indices de vulnérabilité (les niveaux de l’échelle), les préjudices de différentes natures. L’échelle établie dans le cadre de PRIME comporte 6 niveaux : du niveau 0 pour une situation normale au niveau 5 pour un préjudice grave et durable, dont la signification et la sémantique ont été définies en concertation au sein des groupes de travail (GT).

Le second défi est d’évaluer de manière réaliste ces préjudices, puis de trouver des règles pour leur attribuer un indice de vulnérabilité correspondant à leur importance. L’objectif poursuivi est alors l’obtention d’une matrice multicritères : un tableau dont les lignes sont les communes ; les colonnes, les enjeux et dont les cellules sont les valeurs des indices de vulnérabilité, correspondant aux préjudices quantifiés.

Mais, avant même d’évaluer les préjudices, il est nécessaire d’identifier les enjeux présentés par un territoire. On désigne par enjeu tout ce qui est fondamental dans un territoire et peut subir un préjudice du fait de l’accident. C’est la première étape du projet à mener en concertation avec les acteurs du territoire.

De cet enchaînement d’objectifs découlent les étapes successives de développement du projet PRIME présentées dans la figure 1.

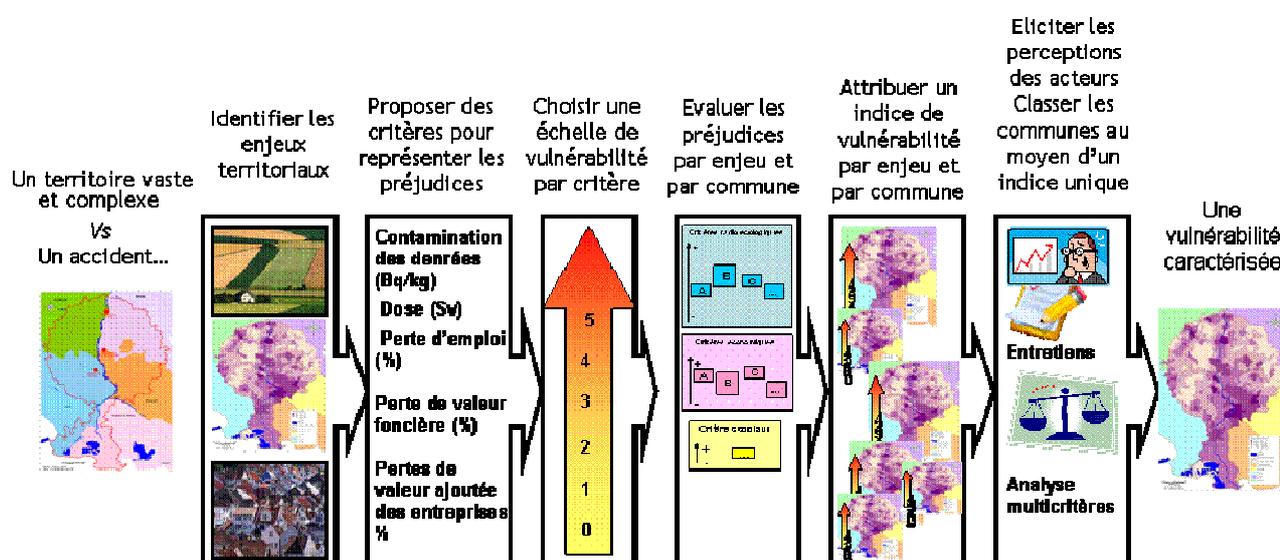


Figure 1 : Les étapes du projet PRIME

## Déroulement du projet

### CHOIX DE LA ZONE D’ÉTUDE

Afin d’assurer une certaine vraisemblance des situations de contamination de l’environnement, des dommages subis et des perceptions des différents acteurs, le choix est fait de développer la méthode sur la base concrète d’une situation post-accidentelle radiologique fictive très simplifiée.

L'élément déterminant de ce choix est celui de la zone d'étude : un territoire présentant une ou plusieurs installations nucléaires, de manière à réunir pour l'équipe projet un panel de personnes sensibilisées au risque nucléaire ; une zone possédant une richesse d'enjeux suffisante pour répondre pleinement aux objectifs.

La zone d'étude choisie est située dans un rayon de cinquante kilomètres autour du site de Tricastin- Pierrelatte et se prolonge au sud jusqu'à la Méditerranée. Le choix de ce territoire, où sont implantés trois sites nucléaires, découle de la multiplicité des enjeux locaux : une forte urbanisation de l'axe rhodanien et une grande diversité des milieux naturels (réserve naturelle, forêt, cours d'eau, plan d'eau et zone côtière), des enjeux (démographiques, économiques, touristiques, agricoles...) et des problématiques (patrimoine, foncier...). Cette zone comprend près de 500 communes réparties sur 3 régions (Rhône-Alpes, Provence-Alpes -Côte d'Azur et Languedoc-Roussillon) et 5 départements (Ardèche, Drôme, Gard, Vaucluse et Bouches-du Rhône).

**CONSTITUTION ET FONCTIONNEMENT DU « GT PRIME »**

Le second préalable au démarrage du projet a consisté à réunir un panel constitué, d'une part, d'acteurs représentatifs – de par leur état ou leur fonction – de sensibilités différentes vis-à-vis des enjeux du territoire et des conséquences de l'accident, et donc susceptibles de porter des jugements variés sur la vulnérabilité relative des communes, et d'autre part d'experts des différentes disciplines nécessaires à la caractérisation de ces conséquences.

La figure 2 présente les partenaires du « Groupe Technique PRIME », regroupés en fonction de leur représentativité et de leur implication dans le projet et en différenciant les partenaires initiaux, signataires de la proposition faite le 15 juin 2006 au MEEDATT et ceux qui ont rejoint le groupe par la suite.

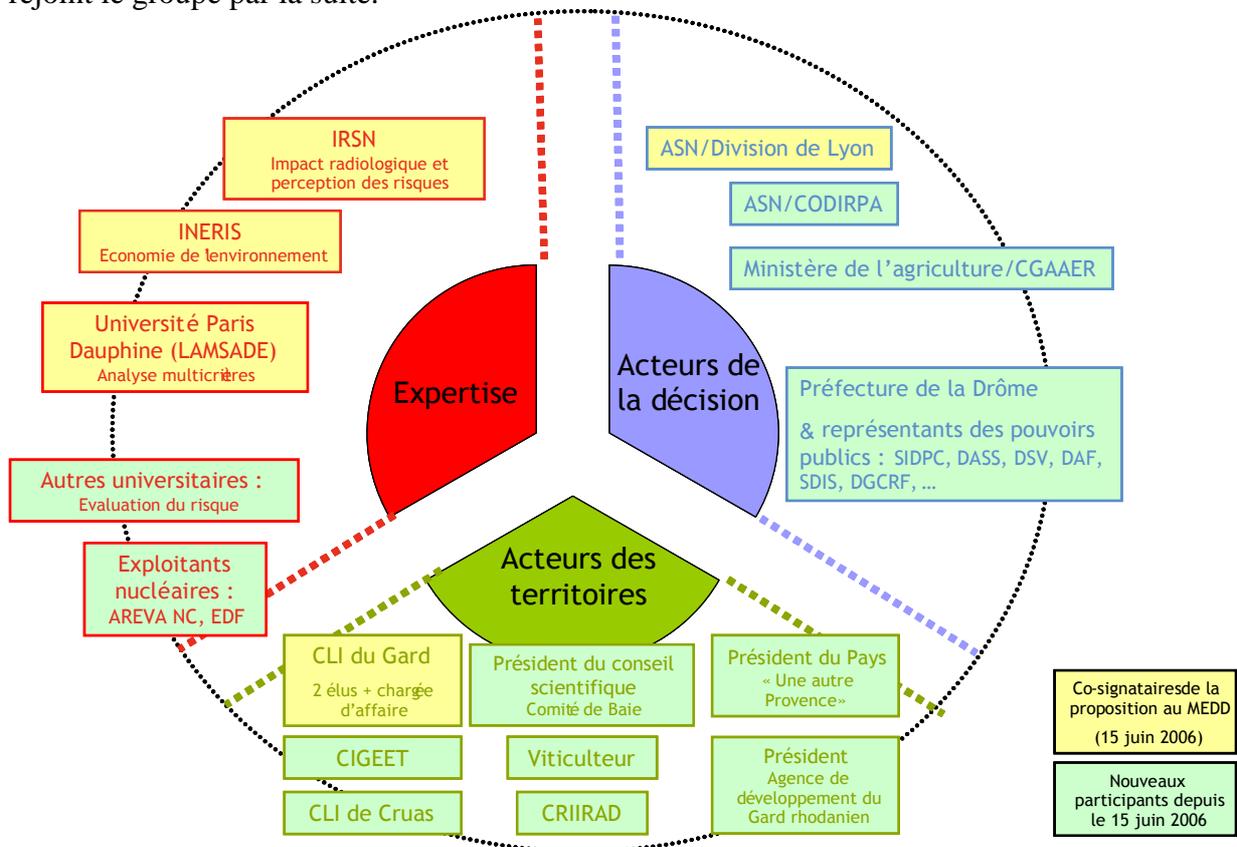


Figure 2 : les partenaires du projet PRIME

Les experts du groupe ont eu pour mission d'effectuer un travail préparatoire sur chacune des composantes techniques du projet, puis de présenter ce travail en réunion plénière aux membres du GT PRIME pour avis et validation.

Des ateliers thématiques ont été organisés afin de fournir aux membres du groupe toutes les informations techniques pour qu'ils puissent donner leur avis lors des réunions plénières.

### IDENTIFICATION DES ENJEUX

A partir d'un diagnostic du territoire basé sur la collecte de données et des entretiens avec des acteurs locaux, le GT PRIME a sélectionné les enjeux présentés dans la figure 3 et regroupés en 3 catégories : les enjeux radiologiques directement liés à la contamination des milieux, les enjeux économiques susceptibles de subir des préjudices du fait de la contamination ou d'effet d'image, et les enjeux sociaux, notamment autour du concept de résilience.

Dans le projet PRIME, les aspects sociaux de la gestion d'une situation post-accidentelle sont abordés au travers du concept de *résilience*. La détermination d'un critère de résilience revient alors à apprécier la capacité de la population d'une commune à réagir après un accident. On aborde là un domaine assez novateur et qui relève essentiellement du domaine de la recherche. Selon les communes, selon la moyenne d'âge, selon l'importance des secteurs associatifs et selon leur dynamisme, on peut imaginer que la façon de réagir sera différente. Malgré une vaste analyse de la bibliographie existante, l'état des connaissances concernant, les réactions sociétales suite à une crise nucléaire n'a cependant pas permis d'identifier de critères théoriques robustes pour classifier les capacités de résilience des populations.

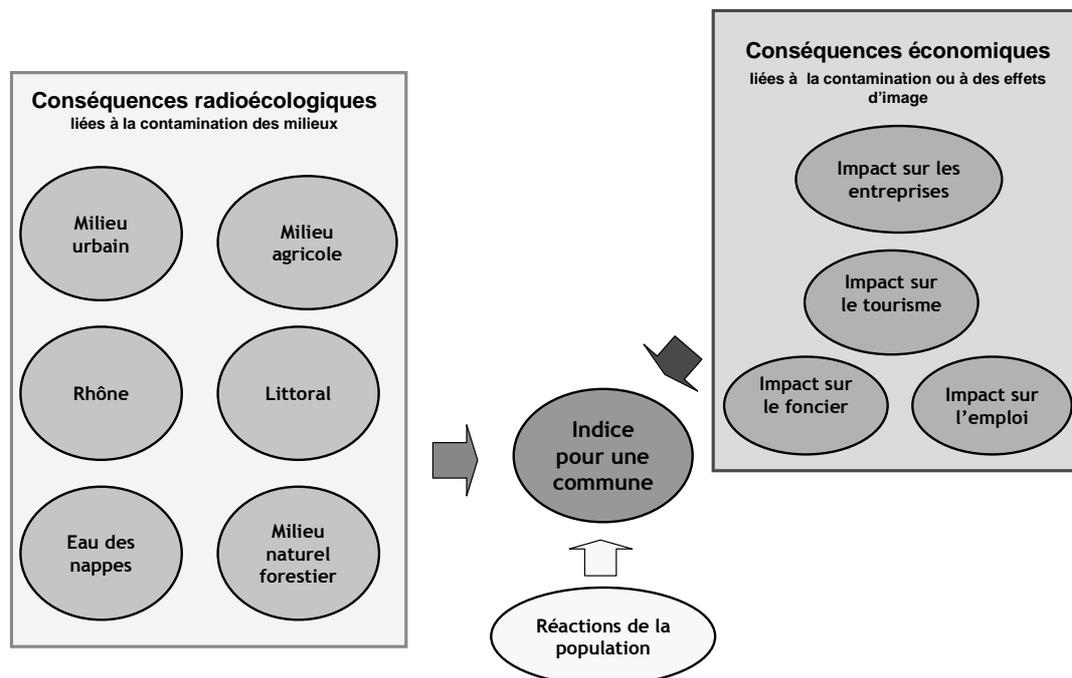


Figure 3 : Les enjeux sélectionnés

### CRITÈRES ET ÉCHELLE DE CLASSIFICATION DES PRÉJUDICES SUBI PAR LES ENJEUX

Une fois les enjeux sélectionnés, il s'agit de choisir les critères indicateurs qui permettent de quantifier le préjudice qu'ils sont susceptibles de subir du fait de l'accident, puis de construire une échelle qui fera correspondre un indice de vulnérabilité (ou gravité d'atteinte) à l'importance du préjudice quantifié par le critère indicateur choisi. Cet indice qui est un

chiffre compris entre 0 (situation normale) et 5 (atteinte importante et durable) permet de comparer des vulnérabilités de nature différentes.

### Critères radiologiques

Les critères radiologiques liés à la contamination des milieux sont de deux types : des critères de contamination des denrées et des critères dosimétriques liés à l'exposition de la population dans les différents milieux.

La contamination des denrées qui résulte des dépôts radioactifs s'exprime en becquerels par kilogramme (Bq/kg). Plus elle est importante, plus le préjudice subi est important et la vulnérabilité, forte. Afin de convertir la quantification du préjudice, en indice de vulnérabilité, il est proposé d'utiliser les Niveaux Maximaux Admissibles (NMA)<sup>3</sup> comme critère pour les indices les plus élevés (3 à 5). Pour les niveaux de vulnérabilité les plus bas (0 pour un préjudice très faible et 1 pour un préjudice faible), il est proposé d'utiliser comme critère, les limites de détection (LD).

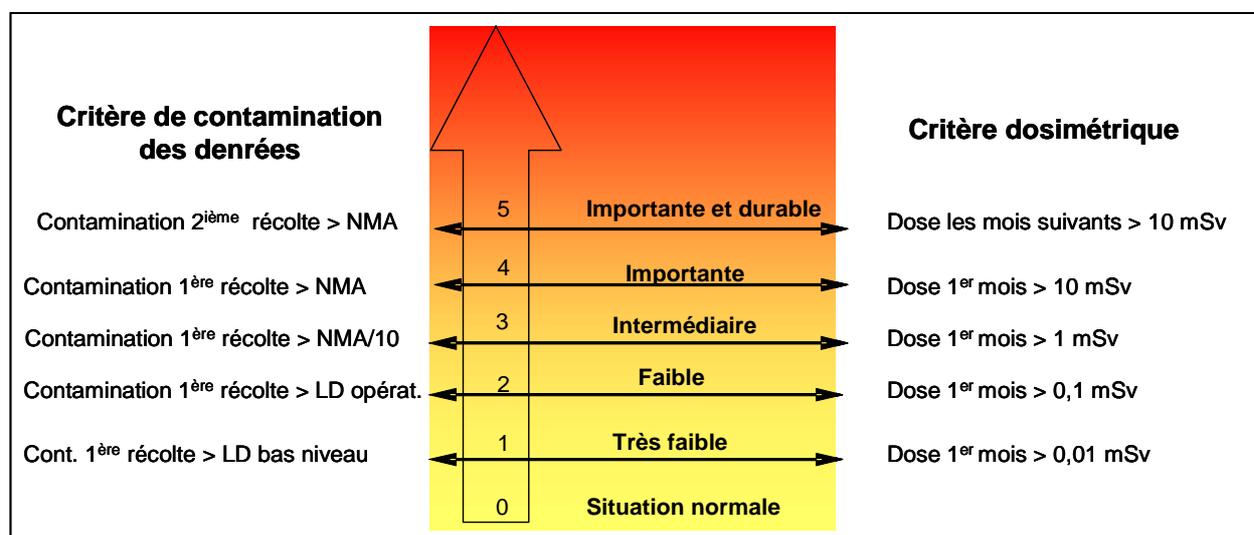


Figure 4 : Echelle de Vulnérabilité pour les conséquences radiologiques

Le critère retenu pour l'exposition externe aux rayonnements émis par les dépôts radioactifs est la dose efficace, exprimée en sievert. Pour définir les limites correspondant aux 6 niveaux de l'échelle, le critère proposé correspond aux limites de doses définies par le CODIR-PA pour le premier mois suivant l'accident.

### Critères économiques

Le concept proposé pour rendre compte des conséquences de l'accident sur l'activité économique est celui de la fonction d'endommagement. C'est un instrument emprunté au domaine de l'évaluation socio-économique dans le cas des inondations. Une réflexion théorique réalisée par l'un des partenaires du projet PRIME a permis de proposer des critères représentatifs de chacun des 4 types d'enjeux considérés. La vulnérabilité économique des entreprises est représentée par l'endommagement (appelé « détriment économique ») de la valeur ajoutée produite par chaque catégorie économique d'entreprises. La vulnérabilité foncière est représentée par la perte de valeur foncière des surfaces selon leur type d'utilisation (bâti, agricole ou forêt). La vulnérabilité de l'emploi est représentée par la propension à délocaliser les emplois selon la catégorie d'activité économique. Enfin, la

<sup>3</sup> Les NMA fixent les niveaux de contamination maximale admissibles pour la commercialisation des denrées. Ils s'expriment en activités massiques (becquerel par kilo : Bq.kg<sup>-1</sup>) ou volumique (becquerel par litre : Bq.l<sup>-1</sup>)

## PRIME

vulnérabilité de l'activité touristique est représentée par le détrimement subi par la capacité d'hébergement touristique de chaque commune.

Le GT PRIME a considéré que la quantification des conséquences économiques n'est pas suffisamment précise pour justifier de nombreuses classes d'effets. L'échelle a donc été simplifiée : le nombre de classes a été réduit de 5 (important et durable – important – intermédiaire – faible – très faible) à 3 (important et durable – important – faible) et les détriments économiques correspondant à chaque classe ont été fixés en concertation.

### **QUANTIFICATIONS<sup>4</sup> DES VALEURS FRONTIÈRES DES ECHELLES DE CLASSIFICATION**

#### Evaluations radiologiques

Les évaluations radiologiques de contamination des denrées et de dose externe reposent, d'une part, sur la définition d'un scénario accidentel, et d'autre part, sur la mise en œuvre de codes de calcul qui permettent dans un premier temps d'évaluer les dépôts radioactifs, puis la contamination des denrées et les doses qui en résultent. Le scénario accidentel (radionucléides, quantités rejetées, conditions météorologiques...) ainsi que la liste des denrées à considérer, ont été définis par le GT, notamment au cours de réunions thématiques. Les hypothèses utilisées et les paramètres non génériques des codes de calcul ont été également présentés et discutés au sein du GT PRIME et lors d'ateliers. Ces aspects qui relèvent du domaine de compétences de l'IRSN et reposent sur des outils existants et qui sont utilisés dans différents contextes, n'ont pas posé de problèmes au-delà de l'effort pédagogique envers les membres du GT.

#### Evaluations économiques

Dans le cadre du projet PRIME, l'objectif de l'analyse économique n'est pas de quantifier l'ensemble des dommages subis, mais de fournir un ensemble de critères économiques simples et cohérents pour représenter tous les enjeux économiques du territoire. L'approche d'évaluation utilisée est une approche dite « comptable » qui repose sur l'usage des données comptables produites par l'INSEE. L'INERIS a proposé une liste de critères et les grandes orientations pour les évaluer qui ont été, selon les enjeux, suivies ou pas. L'évaluation de l'endommagement des activités économiques, en fonction du niveau de contamination des milieux et la transposition sur les différents niveaux de l'échelle de classification ont été validées par les membres du GT PRIME lors des réunions thématiques et des réunions plénières. Ainsi, la vulnérabilité économique des entreprises, selon leur catégorie d'activité, a été représentée par l'endommagement (détrimement économique) de la valeur ajoutée produite par chaque catégorie économique d'entreprises. La vulnérabilité foncière a été représentée par la perte de valeur foncière des surfaces, selon leur type d'utilisation (bâti, agricole ou forêt). L'impact sur l'emploi a été représenté par la propension à délocaliser les emplois, selon la catégorie d'activité économique en évaluant les critères de mobilité et de nécessité, dont la combinaison conduit à estimer la propension à délocaliser des emplois. Enfin, les impacts sur le tourisme ont été représentés par un critère unique, celui de la capacité en hébergement touristique. L'utilisation du critère du nombre de lits touristiques a permis de ne pas se baser uniquement sur le nombre d'hébergements touristiques par commune, de tenir compte d'un ratio par type d'établissement et de prendre en compte le poids des résidences secondaires par

---

<sup>4</sup> Le but n'est pas d'évaluer les conséquences d'un accident mais d'obtenir une variété de situations, de contrastes, propice aux objectifs du projet. Ainsi, une évaluation n'a d'intérêt que si des différences fortes entre communes en découlent. Sa valeur intrinsèque pour laquelle on recherche une certaine vraisemblance ne sert qu'à positionner les communes les unes par rapport aux autres.

## PRIME

commune. Les valeurs des taux de perte, fonction de l'ampleur de la contamination des milieux, ont été fixées en concertation avec les membres du GT.

### RÉALISATION ET RÉSULTATS DE L'ANALYSE MULTICRITÈRE

#### Éléments théoriques

L'attente du projet PRIME, en termes d'analyse multicritère, est d'éliciter puis de modéliser les perceptions, les logiques et les préférences des différents acteurs, exprimées lors d'entretiens, afin de les appliquer de manière systématique. L'application du modèle permet ainsi de classer les communes touchées par l'accident fictif en fonction de leur vulnérabilité globale au travers d'un indice de vulnérabilité unique.

La méthode multicritère mise en œuvre pour PRIME est ELECTRE. Cette méthode a fait l'objet dans le cadre du projet d'un développement d'interface utilisateur afin d'être incorporée dans le logiciel prototype PRIME. Lors des entretiens, il est apparu que cette méthode pouvait être améliorée afin de mieux rendre compte des préférences plus subtiles des acteurs. Ces améliorations méthodologiques ont été implémentées dans le logiciel de calcul SUNSET de l'IRSN et font l'objet d'un rapport spécifique.

L'analyse multicritère ELECTRE est basée sur la notion de *surclassement*. Cette notion permet de comparer, deux à deux, des communes présentant des indices de vulnérabilité différents pour chacun de leurs enjeux. Elle permet d'éliciter les préférences intra-critère (par exemple est-ce que le passage d'un indice 2 à un indice 3 est comparable au passage d'un indice 3 à 4) et inter-critères (dans quelle mesure l'aggravation d'un enjeu peut-elle être compensée par l'amélioration d'un autre), à partir de comparaisons de cas soumis aux acteurs lors des entretiens. La relation de *surclassement* est ensuite utilisée dans une seconde étape pour positionner une commune par rapport à l'échelle de gravité (logique de tri) ou pour hiérarchiser l'ensemble des communes du territoire (logique d'ordonnancement).

Quatre paramètres principaux caractérisent cette relation de surclassement:

- $p$  est le *poids* associé à l'enjeu et représente l'importance relative de celui-ci pour l'enjeu global
- $q$  représente un *seuil d'indifférence* à l'intérieur duquel une variation d'indice est considérée comme sans effet. Une valeur de  $q$  égale à 1 traduira le fait que, pour un acteur, le fait de passer de l'indice 1 à l'indice 2 pour cet enjeu n'est pas significatif et qu'il ne souhaite pas marquer de préférence sur cet enjeu entre ces deux communes.
- $v$  est une valeur de *véto* qui interdit le surclassement d'une commune par une autre dès lors que cette valeur est dépassée de  $v$ . Par exemple, un veto égal à 3, signifie qu'une commune dont l'indice est 4 ne pourra pas être considérée moins gravement atteinte qu'une commune dont l'indice est 1 sur cet enjeu quelles que soient les valeurs associées aux autres enjeux.
- $s$  est un paramètre supplémentaire, compris entre  $q$  et  $v$ , qui permet de *nuancer* les préférences ou les véto partiels. Par exemple, si on considère  $q = 0$ ,  $v = 4$  et  $s = 2$ , alors si on observe une différence de 1 de l'indice entre deux communes pour un enjeu, son poids sera compté égal à la moitié de sa valeur, exprimant ainsi la préférence partielle de l'acteur. De même, si la différence est de 3, on appliquera une décote de 50 % à la relation de préférence, ce qui revient à exprimer un veto partiel.

#### Réalisation des entretiens

Les entretiens ont notamment pour objectif de permettre une quantification des 4 paramètres de la modélisation multicritère. Six entretiens d'une durée de 3 heures, ont été réalisés avec six membres du GT PRIME. Les entretiens commencent par un rappel des objectifs, de la méthodologie de PRIME, avant une présentation des indices de vulnérabilités spatialisés des communes de la zone, via le prototype logiciel.

Les acteurs doivent ensuite attribuer un indice de vulnérabilité global à 18 communes au vu des indices attribués à chacun des critères. Ces 18 communes de référence ont été sélectionnées dans la matrice multicritère car elles présentent des combinaisons variées d'indices de classification pour les différents enjeux et sont propices à l'expression des préférences des acteurs.

Cette attribution d'un indice global se fait en répartissant 8 jetons sur une règle graduée de 0 à 5 (les 8 jetons permettent de nuancer les préférences de l'acteur, figure 5) en deux étapes : une première étape pour attribuer un indice de vulnérabilité radiologique agrégé à partir des indices par milieu, une deuxième étape pour agréger cet indice radiologique avec les indices économiques en un indice global représentatif de la vulnérabilité de la commune tous enjeux confondus.

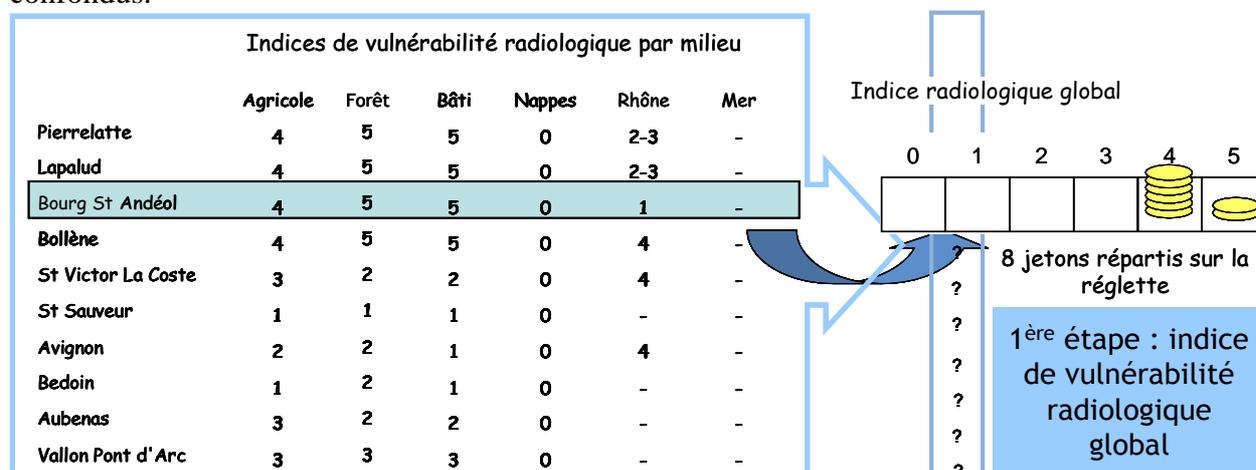


Figure 5 : Attribution d'un indice de vulnérabilité global lors des entretiens

Enfin, l'acteur doit classer les 10 enjeux (6 enjeux radiologiques par milieu et 4 enjeux économiques) en fonction des importances relatives qu'ils revêtent à ses yeux (méthode SIMOS). L'objectif est de définir les poids relatifs des enjeux (paramètre  $p$  de la modélisation multicritère).

### Résultats

Les graphiques de la figure 6 présentent la hiérarchisation des enjeux pour trois des six acteurs interviewés, nommés PP, CM et CAL.

Des classements similaires ont été effectués en incluant les enjeux économiques. Les deux critères économiques qui ressortent les premiers, sont l'impact sur l'emploi et sur la valeur ajoutée produite par les entreprises. Les acteurs regardent donc d'abord les conséquences sur l'activité économique générée par les communes. Le tourisme arrive cependant très rapidement ensuite, car sur ce territoire, le tourisme est aussi l'une des principales sources de revenus et l'existence de relations fortes entre ces trois critères est exprimée lors des entretiens. Certains critères économiques ont aussi été reliés par les acteurs avec les critères de contamination des milieux (par exemple, l'emploi et la valeur ajoutée sont reliés au milieu agricole ; le foncier et le tourisme au milieu forestier), ce qui conforte les relations calculatoires établies par le GT PRIME entre les indices de contamination des milieux et les

indices pour les conséquences économiques. Les 6 entretiens sont restitués de manière détaillée dans le rapport.

La restitution des entretiens a été utilisée pour attribuer une valeur aux paramètres de la relation de *surclassement*. Par exemple, les valeurs des poids pour chacun des critères ont été obtenues en répartissant un poids global de 100 % sur les différents critères, selon l'ordre fourni par les acteurs et en utilisant la méthode SIMOS. Comme le nombre des critères radioécologiques est variable selon les communes (certaines communes de la zone d'étude ne possèdent pas de front de mer donc pas de milieu littoral et certaines ne sont pas traversées par le fleuve Rhône), la répartition du poids global tient compte des milieux non représentés en distribuant les poids des milieux non représentés sur les autres milieux selon les proportions établies.

Les calculs réalisés avec le logiciel SUNSET permettent alors de définir la plage d'affectation possible de l'indice de vulnérabilité pour chaque commune. La variabilité d'affectation proposée par SUNSET correspond aux hypothèses retenues pour traiter les situations d'indifférence ou d'incomparabilité. Si l'on traite ces situations de façon systématiquement pessimiste ou systématiquement optimiste, on obtient, pour chaque commune, une plage d'affectation possible.

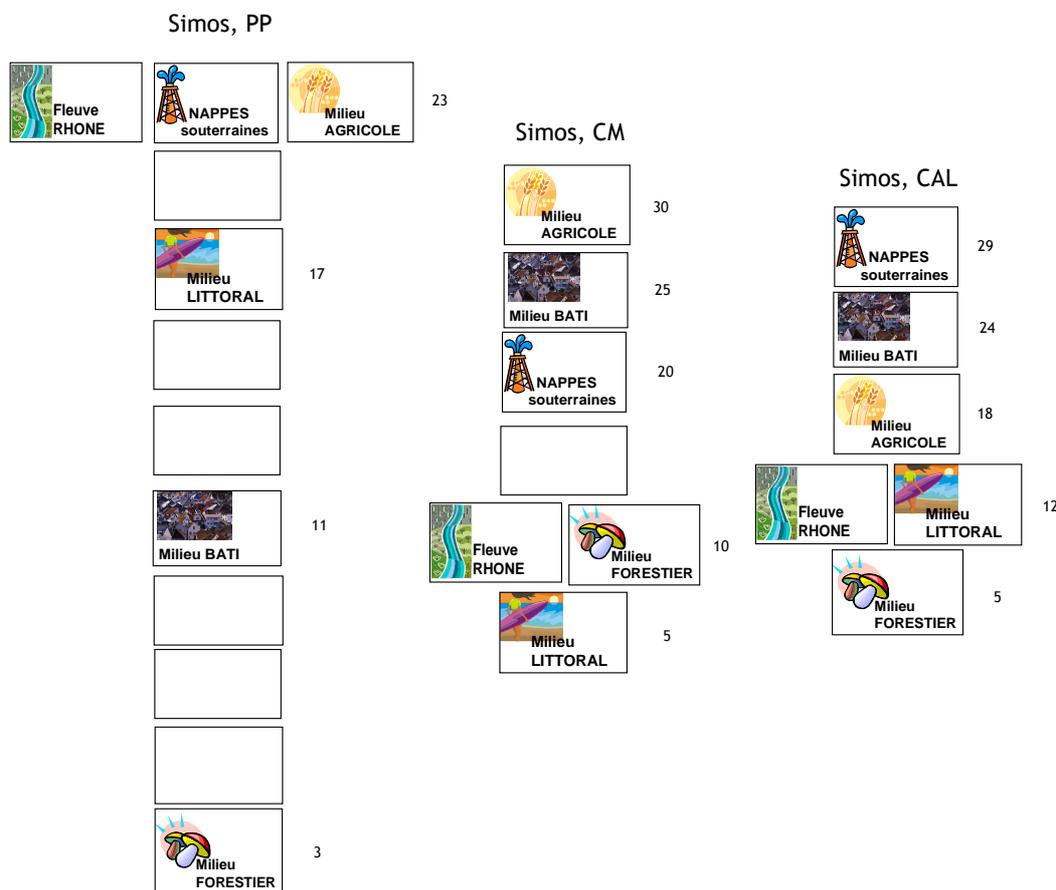


Figure 6 : Hiérarchie des enjeux établis par les acteurs ; plus l'enjeu est positionné haut par l'acteur plus il est important à ces yeux ; l'acteur a, par ailleurs, la possibilité de glisser des cartes blanches pour augmenter « l'écart » d'importance qu'il voit entre deux enjeux ; à droite des cartes, figurent les valeurs des poids lorsque tous les milieux sont représentés

## PRIME

Le tableau 1 permet de comparer les résultats du modèle multicritère à la restitution des entretiens pour chacun des trois acteurs. On remarque que l'outil multicritère permet de retrouver de façon très satisfaisante et automatisée les résultats donnés par les acteurs. La paramétrisation définie dans la méthode ELECTRE, rend la procédure d'agrégation multicritère très flexible. Cependant, il est important de noter que le choix de la paramétrisation permettant de retrouver les indices agrégés par les acteurs sur les communes sélectionnées n'est pas unique. Aussi, pour définir de façon plus précise les paramètres et valider l'outil multicritère, il serait nécessaire d'analyser la logique d'agrégation suivie par les acteurs sur un plus grand nombre de communes et de scénarios. De plus, au cours des entretiens il est apparu que la notion de communes de référence virtuelle que nous avons utilisée mériterait d'être revue. La logique suivie par les acteurs pour calculer les indices agrégés semble plutôt être le positionnement d'une commune par rapport à un groupe de communes de référence. Typiquement, la caractérisation de l'enjeu global au niveau maximum dès que l'un des enjeux l'est, répond à cette logique.

Tableau 1 : Comparaison, pour les 18 communes sélectionnées, des indices de vulnérabilité globale affectés par les acteurs et des résultats du modèle (logiciel SUNSET).

Communes	Affectation CM	Affectation PP	Affectation CAL	Sunset
PIE	4	4	5	4-5
LAP	4	4	5	4-5
BSA	4	4	5	4-5
BOL	5	4	5	4-5
VIC	3	2	3	2-3
SAU	0	0	1	0-1
AVI	3	2	2	2-3
BED	2	1	1	1
AUB	3	2	2	2-3
VAL	3	2	3	2-3
GRA	3	2	3	2-3
LUS	3	2	3	2-3
BEA	2	2	3	2-3
MON	2	1	2	1-2
VES	2	1	2	1-2
SAO	2	1	2	1-2
ARL	3	3	4	1-4
STE	3	3	3	1-4

On remarque que l'outil multicritère permet de retrouver de façon très satisfaisante et automatisée les résultats donnés par les acteurs.

Les résultats pour la vulnérabilité globale (critères liés à la contamination des milieux, plus critères économiques) ont été traités de la même façon que pour la vulnérabilité radioécologique.

Globalement, les acteurs accordent moins d'importance aux critères économiques qu'aux critères liés à la contamination des milieux, surtout pour les acteurs PP et CM. Il est probable que, pour ces deux acteurs, la conscience des nombreuses limites rencontrées lors de l'étape de construction des critères économiques influe sur leur usage. Pour ces deux acteurs, il y a deux groupes de critères : ceux liés aux milieux puis ceux liés aux enjeux économiques. La vision du troisième acteur est moins tranchée et les critères s'organisent plutôt autour de trois groupes : les nappes et le bâti (protection de l'homme), le milieu agricole, l'emploi et la

## PRIME

valeur ajoutée (protection des activités humaines perçues comme principales), le Rhône, le littoral, la forêt, le tourisme et le foncier (protection des activités humaines perçues comme plus secondaires). Cet acteur reconnaît cependant que « pour les nappes, le milieu bâti et le milieu agricole, on va pouvoir avoir des actions et prendre une décision. Sur la valeur ajoutée des entreprises et sur l'emploi, l'État sera réduit à faire de l'accompagnement de ce qui va se passer ».

L'objectif initial du projet PRIME ne se limite pas à attribuer un indice de vulnérabilité global tous enjeux confondus à chacune des communes de la zone d'étude. Il s'agit également de classer les communes d'un territoire les unes par rapport aux autres en fonction de leur vulnérabilité. Pour cela nous allons comparer l'ensemble des communes prises deux à deux à l'aide de la relation de surclassement précédemment définie. Pour synthétiser cette information dans une structure hiérarchisée, plusieurs solutions sont possibles. Celle proposée dans la méthode Prométhée est particulièrement simple et permet de conserver la notion d'incomparabilité entre communes y compris dans une structure hiérarchisée. Le principe de la méthode Prométhée appliqué à PRIME est le suivant : pour chaque commune, on détermine le nombre  $N_+$  de communes plus gravement atteintes et le nombre  $N_-$  de communes moins gravement atteintes. La connaissance des valeurs  $N_+$  et  $N_-$  associées à chaque commune nous permet de définir deux classements en ordonnant les communes suivant les valeurs croissantes de  $N_+$  ou décroissantes de  $N_-$ . L'intersection des deux rangements ainsi obtenus nous permet d'établir une structure hiérarchisée intégrant la notion d'incomparabilité.

La figure 7 présente la classification des 18 communes sélectionnées, en fonction de leur vulnérabilité telle qu'elle peut être obtenue sur les 491 communes de la zone d'étude. Pour chaque niveau de vulnérabilité, la hiérarchie des préjudices est visible ainsi que les incomparabilités éventuelles. Ce type de schéma peut, par conséquent, se révéler particulièrement utile pour caractériser précisément le préjudice relatif subi par les communes d'un territoire.

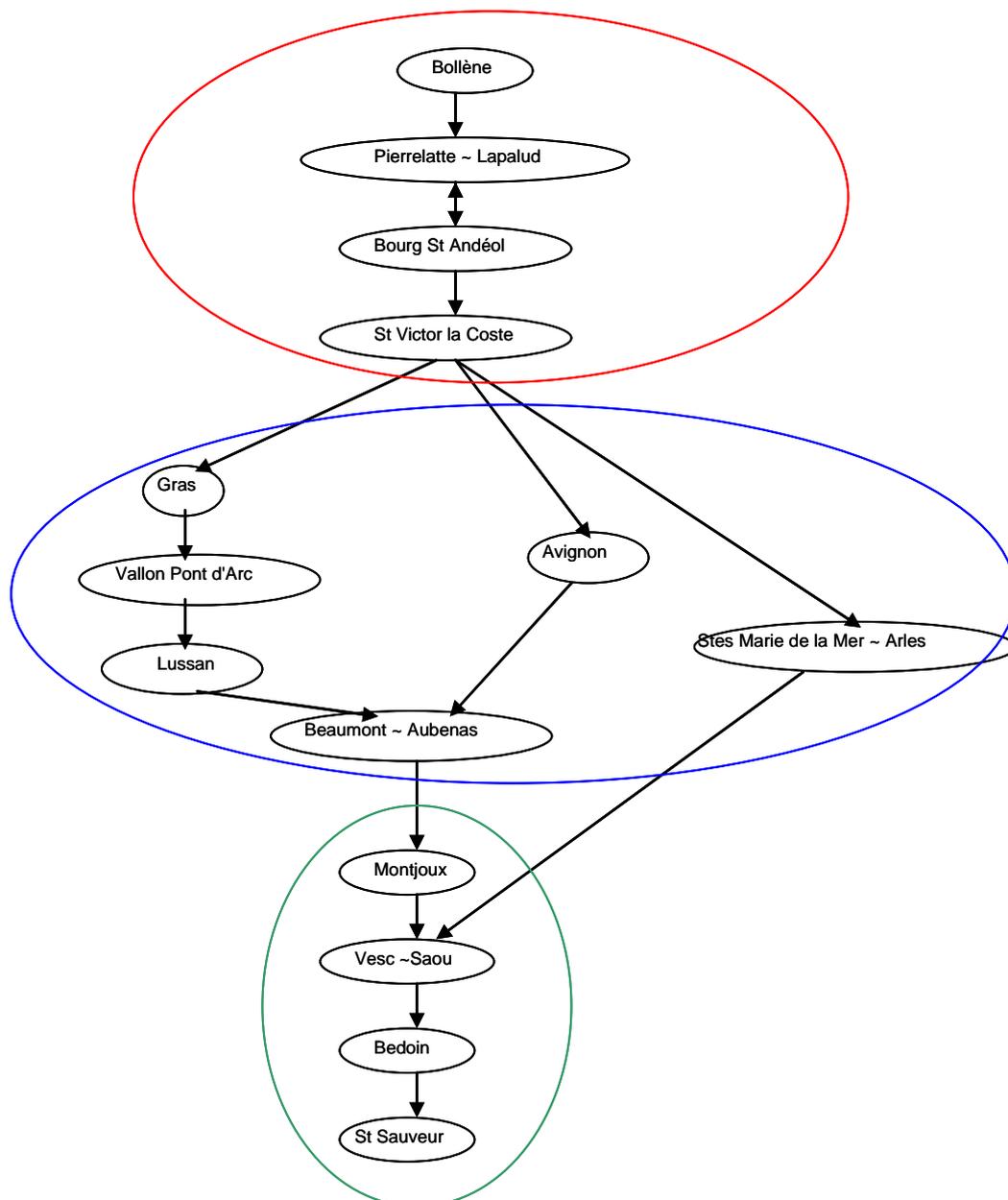


Figure 7 : Classification des 18 communes sélectionnées en fonction de leur vulnérabilité globale, tous enjeux confondus. Plus la commune est positionnée haut, plus elle est vulnérable ; la finesse de ce classement apparait dans la partie entourée en bleu.

## Conclusion

Dans le cadre du projet PRIME, le recours aux méthodes d'analyse multicritère présente un double intérêt.

D'une part, le processus de construction de la méthode d'analyse multicritère (discussion de la pertinence des critères, choix des méthodes d'estimation des critères, identification des limites des connaissances partagées) conduit à structurer les échanges d'information entre les participants et à tisser des relations de confiance entre eux. Au cours du développement méthodologique, des ponts se sont en effet créés entre les experts des domaines techniques de la radioécologie et de la radioprotection et les acteurs du territoire qui sont, de manière générale, peu formés à ces domaines mais légitimes pour apporter la connaissance du fonctionnement de leur territoire. Les outils d'expertise et notamment les codes de calculs des conséquences environnementales se sont par conséquent enrichis de la connaissance apportée par les acteurs du territoire ce qui a conduit à modifier les jeux de données génériques pour les adapter au contexte local de la zone d'étude PRIME. De l'autre côté, les acteurs du territoire enrichissent leur connaissance sur la façon dont les territoires sont administrativement représentés et comment ces informations sont utilisées pour préparer les décisions de gestion.

D'autre part, les méthodes d'analyse multicritère permettent de représenter les points de vue des différents participants, d'identifier les points communs dans la façon de hiérarchiser les vulnérabilités d'un territoire et de caractériser les différences. L'exercice PRIME vise ainsi à progresser sur la voie du « consensus différencié ». En effet, la variété des participants au GT PRIME interdit l'obtention d'un compromis car l'éloignement idéologique des organisations consultées révèle d'importantes limites à leur coopération. Les différences de valeurs accordées à tel ou tel critère, tel ou tel enjeu permettent cependant de faciliter la compréhension commune des différentes façons de hiérarchiser les vulnérabilités d'un territoire et de produire une vision plus globale qui n'occulte pas les singularités des participants. La méthodologie développée démontre qu'il est possible de restituer de manière agrégée des perceptions contrastées des vulnérabilités locales et ainsi d'apporter des éléments d'aide à la décision, indispensables à la gestion de territoires contaminés.

## PRIME

### Implications pratiques, recommandations, réalisations pratiques, valorisation

- Implications pratiques :
  
- Recommandations et limites éventuelles :
  
- Réalisations pratiques et valorisation :
  - Plaquette du projet PRIME (Annexe 1 du rapport scientifique)
  - Prototype du logiciel PRIME

### Partenariats mis en place, projetés, envisagés :

- Commission locale d'Information du Gard,
- Autorité de Sûreté Nucléaire/Division de Lyon,
- LAMSADE de l'Université Paris-Dauphine,
- INERIS,
- Préfecture de la Drôme et les services de l'état associés (DDAF, DDASS, DDSV...),
- AREVA NC-site de Pierrelatte,
- Président du conseil scientifique du comité de baie de la rade de Toulon,
- Directeur du Pays Une Autre Provence,
- Président de l'Agence de développement du Gard rhodanien,
- Représentants du CODIRPA<sup>5</sup> (ASN/Paris et CCAAER du Ministère de l'agriculture),
- CRIIRAD<sup>6</sup>,
- EDF-site de Tricastin,
- CIGEET, CLI de Cruas

---

<sup>5</sup> En juin 2005, l'ASN a mis en place le Comité directeur pour la gestion de la phase post-accidentelle d'un accident nucléaire ou d'une situation d'urgence radiologique (CODIRPA) chargé d'élaborer les éléments de doctrine correspondants.

<sup>6</sup> La CRIIRAD participe aux travaux du GT PRIME en tant que consultant afin d'exprimer sa vision des territoires contaminés et des enjeux à préserver. La participation de la CRIIRAD ne consiste pas à cautionner l'outil méthodologique qui implémente le résultat de cette consultation.

## PRIME

Pour en savoir plus (quelques références)

Les rapports :

- Rapport DEI/SESURE/LERCM 2007-67. PRIME : descriptif de la proposition acceptée par le MEDAD dans le cadre du programme RDT2006. C. Mercat, S. Roussel-Debet, P. Renaud, G. Baumont, E. Chojnacki et JM Métivier.
- Rapport DEI/SESURE/LERCM 2007-68. PRIME: description of the proposal accepted by the French Ministry of Environment in the framework of the research call RDT2006. C. Mercat, S. Roussel-Debet, P. Renaud, G. Baumont, E. Chojnacki et JM Métivier.
- Rapport DEI/SESURE/LERCM 2007-38. Note technique, Renseignement des critères radioécologiques pour l'analyse multicritère. S. Roussel-Debet et C. Mercat.
- Rapport DEI/SESURE/LERCM 2007-46. Note technique, Renseignement des critères contextuels pour l'analyse multicritère. C. Mercat, S. Roussel-Debet, JM Métivier.
- Rapport DEI/SESURE/LERCM 2007-47. Note technique, Renseignement du critère attractivité touristique pour l'analyse multicritère. C. Barde et C. Mercat.
- Rapport IRSN/DEI/SESURE 2008-15. Note Technique - PRIME Méthode de calcul des dépôts-seuils relatifs aux critères radioécologiques considérés dans PRIME en milieu terrestre et exemples d'application. S. Roussel-Debet.
- Rapport DEI/SESURE/LERCM 2008-18. Pré-diagnostic de territoire : vers la construction concertée d'indicateurs spatiaux. C. Barde, C. Mercat, G. Baumont et P. Bachimon.
- Rapport IRSN/DEI/SESURE 2008-24. PRIME : rapport intermédiaire pour le MEDAD. C. Mercat et coll.
- Rapport DEI/IRSN-DEI/SECRE 2008-34. Estimation des transferts à l'embouchure du Rhône d'un rejet liquide à Tricastin-Pierrelatte. P. Boyer.
- Rapport IRSN/DPAM/SEMIC 2010-. Apport de l'analyse multicritère dans le projet PRIME. . *Sous presse*. E. Chojnacki, C. Mercat et H. Fargier.

Les comptes-rendus de réunions :

- CR réunion n°1 du GT PRIME (11 septembre 2007). Chrono IRSN/DEI/SESURE/LERCM 2007-137
- CR réunion n°2 du GT PRIME (18 décembre 2007). Chrono IRSN/DEI/SESURE/LERCM 2008-01
- CR avancement du contrat postdoctoral de C. Barde. Chrono IRSN/DEI/SESURE/LERCM 2008-15
- CR enclenchement de la prestation Magelis. CR 07/056-1/ReV.A
- CR réunion thématique du projet PRIME sur la définition des scénarios d'usage des milieux forestiers, agricoles et bâtis (5 février 2008). Chrono IRSN/DEI/SESURE/LERCM 2008-14

## PRIME

- CR réunion CCI de février 2008. Chrono IRSN/DEI/SESURE/LERCM 2008-20
- CR réunion INERIS de février 2008. Chrono IRSN/DEI/SESURE/LERCM 2008-17
- CR réunion préparation de la journée “Acteurs”. Chrono IRSN/DEI/SESURE/LERCM 2008-40
- CR réunion n°3 du GT PRIME (20 mai 2008). Chrono IRSN/DEI/SESURE/LERCM 2008-56
- CR réunion thématique du projet PRIME sur les critères économiques. Chrono IRSN/DEI/SESURE/LERCM 2008-114
- CR réunion n°4 du GT PRIME (21 octobre 2008). Chrono IRSN/DEI/SESURE/LERCM 2008-124

Liste des opérations de valorisation issues du contrat (articles de valorisation, participations à des colloques, enseignement et formation, communication, expertises...)

<b>PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES</b>	
Publications scientifiques parues	-
Publications scientifiques à paraître	-
Publications scientifiques prévues	-
<b>COLLOQUES</b>	
	<p><i>Vers une méthode partagée de classification du territoire contaminé par un accident nucléaire : le projet PRIME.</i> Workshop Decision Deck, Generic software platform for Multi-Criteria Decision Aid Luxembourg, 8-9 mars 2007, C. Mercat, C. Barde, V. Mousseau, L. Diouri, S. Roussel-Debet.</p> <p><i>Une construction concertée d'indicateurs spatiaux pour la gestion d'un territoire accidenté.</i> SAGEO'2007 Ateliers «Modélisation spatiale et décision territoriale participative» Saint-Etienne 21-22 Juin 2007. C. Barde, C. Mercat, G. Baumont, P. Bachimon.</p> <p><i>PRIME : projet de recherche sur les indicateurs de la sensibilité radioécologique et les méthodes multicritères appliquées à l'environnement d'un territoire industriel.</i> Congrès National de Radioprotection. SFRP 2007, Reims, 19-21 juin 2007. C. Mercat, C. Barde, V. Mousseau, S. Roussel-Debet, M. Champion.</p> <p><i>Towards a shared method to classify the contaminated territories in case of nuclear accidental event, the PRIME Project.</i> Conference Risk Analysis 2008: sixth international conference in computer simulation risk analysis and hazard mitigation, Cephalonia, Grèce, 5-7 mai 2008. C. Mercat-Rommens, L. Diouri, C. Barde, S. Roussel-Debet, V. Mousseau.</p>
Participations passées à des colloques	<p><i>Projet de recherche participative PRIME : comment gérer ensemble un territoire contaminé accidentellement ?</i> Colloque interdisciplinaire Vulnérabilités sociales, risques et environnement : comprendre et évaluer. Toulouse, 15-16 mai 2008. C. Barde, C. Mercat-Rommens, G. Baumont, P. Bachimon.</p> <p><i>Cartographie Multicritère de la sensibilité radioécologique : projet PRIME.</i> Conférence OPDE2008 « Les nouveaux Outils Pour Décider Ensemble ». Québec, Canada, 5-6 juin 2008. S. Chakhar, C. Mercat-Rommens, V. Mousseau.</p> <p><i>Towards a shared method for classifying contaminated territories.</i> International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity, Berguen, 15-20 juin 2008. C. Mercat-Rommens, S. Roussel-Debet, C. Duffa, B. Briand, V. Durand, B. Besson, and P. Renaud.</p> <p><i>Vers un outil partagé pour gérer un territoire contaminé par un accident nucléaire : le projet PRIME.</i> Conférence λμ16 : les nouveaux défis de la maîtrise des risques. Avignon, 06-09 octobre 2008. C. Mercat-Rommens.</p> <p><i>Indicators of Radioecological Sensitivity of contaminated territories: a proactive and participatory research approach (PRIME).</i> IRPA 2008. Buenos Aires, 19-24 October 2008. C. Mercat-Rommens and G. Baumont.</p>

	<p><i>Towards a shared method to classify contaminated territories in the case of an accidental nuclear event: the PRIME Project.</i> Society for Risk Analysis Conference (SRA) 2008, Risk Analysis IV, WIT Transactions on Information and Communication, Vol. 39. Boston, 7-10 December 2008. C. Mercat-Rommens, S. Chakhar, C. Barde, S. Roussel-Debet and V. Mousseau</p> <p><i>PRIME : un projet de recherche participative pour gérer ensemble des territoires contaminés.</i> Septième Congrès National de Radioprotection SFRP200, Angers, 15 - 18 juin 2009. C. Mercat-Rommens, V. Parache, P. Renaud</p> <p><i>L'apport de l'analyse multicritère à la gestion d'un territoire contaminé : le projet PRIME.</i> IMdR 2010. E. Chojnacki, C. Mercat et V. Parache.</p>
Participations futures à des colloques	
<b>THÈSES</b>	
Thèses passées	-
Thèses en cours	-
<b>ARTICLES DE VALORISATION-VULGARISATION</b>	
Articles de valorisation parus	-
Articles de valorisation à paraître	-
Articles de valorisation prévus	-
<b>AUTRES ACTIONS VERS LES MÉDIAS</b>	
Actions vers les médias (interviews...) effectuées	-
Actions vers les médias prévues	-
<b>ENSEIGNEMENT - FORMATION</b>	
Enseignements/formations dispensés	-
Enseignements/formations prévus	-
<b>EXPERTISES</b>	
Expertises menées	-
Expertises en cours	-
Expertises prévues	-
<b>MÉTHODOLOGIES (GUIDES...)</b>	
méthodologies produites	-
méthodologies en cours d'élaboration	-
méthodologies prévues	-
<b>AUTRES</b>	
Précisez...	-