

# Rapport scientifique

## ***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 Territoires**

#### **Responsables scientifiques du projet**

Catherine MERCAT

Philippe RENAUD

#### **Noms des autres partenaires scientifiques bénéficiaires**

**ONT PARTICIPÉ À LA RÉDACTION DE CE RAPPORT :**

Nom	Organisme
C. MERCAT	IRSN/DEI/SESURE/LERCM puis AREVA NC Pierrelatte depuis janvier 2009
V. PARACHE	IRSN/DEI/SESURE/LERCM
P. RENAUD	IRSN/DEI/SESURE/LERCM
E. CHOJNACKI	IRSN/DPAM/SEMIC/LIMCI
S. ROUSSEL-DEBET	IRSN/DEI/SESURE/LERCM
G. BAUMONT	IRSN/DSDRE/DOS

**LES MEMBRES DU GROUPE DE TRAVAIL (GT PRIME) :**

Nom	Organisme
Y. BONNET	Agence de développement du Gard Rhodanien
J. PETIT	AREVA NC
M. CHAMPION puis J. VALLET	Autorité de Sûreté Nucléaire
I. MEHL-AUGET	
J.P. CHARRE	
C. MOUCHET	CLI du Gard
P. REMUSAT	
M. PATUREL	CLI de Cruas
I. POCHELON	CIGEET
A. BARRILLON	Conseil général de l'agriculture de l'alimentation et des espaces ruraux
R. DESBORDES	CRIIRAD
T. MAIRESSE, P. VANUXEM puis P.Y. HEMIDY	EDF
G. DUSSERRE	Exploitant viticole
A. GENTY puis J.M. BRIGNON	INERIS
L. ROUIL	
S. BERNARD puis J.P. DUBOC	Pays « Une Autre Provence »
P. GRAS puis D. ANTOINE	Préfecture de la Drôme
T. PETIT puis C. MINOT	

**L'ÉQUIPE IRSN PRIME ET ASSOCIÉS :**

Les participants à la rédaction de ce rapport ainsi que :

Nom	Organisme
JM. METIVIER	IRSN/DEI/SESURE/LERCM
S. CHAKHAR	(Magelis / Univ. Paris-Dauphine-LAMSADE)

## **REMERCIEMENTS**

Pour mener ses travaux, le projet PRIME a bénéficié de la présence de nombreux participants, réguliers ou occasionnels, provenant d'horizons très différents. Ces personnes ont, à divers titres « porté » le projet, en accueillant les groupes de travail, en participant aux réunions et aux ateliers, en suscitant des débats, et ont été les acteurs d'une vision pluraliste et d'une concertation la plus large possible. Nous leur adressons ici nos sincères remerciements pour leur collaboration active et leur aide précieuse.

## SOMMAIRE

<b>1. CONTEXTE GÉNÉRAL .....</b>	<b>7</b>
1.1. LE POST-ACCIDENTEL NUCLÉAIRE .....	7
1.2. LA GESTION EN CONCERTATION DES SITUATIONS POST-ACCIDENTELLES NUCLÉAIRES .....	7
1.3. L'UTILISATION DES MÉTHODES MULTICRITÈRES POUR LE DÉVELOPPEMENT D'OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION.....	9
<b>2. OBJECTIFS GÉNÉRAUX DE PRIME .....</b>	<b>11</b>
<b>3. MÉTHODOLOGIE.....</b>	<b>13</b>
3.1. DÉMARCHE PROPOSÉE POUR RELEVER LES DÉFIS DU PROJET .....	13
3.2. DÉROULEMENT DU PROJET.....	15
3.2.1. <i>Choix de la zone d'étude</i> .....	15
3.2.2. <i>Constitution et fonctionnement du « GT PRIME »</i> .....	16
<b>4. COLLATIONNEMENT DES DONNÉES PRIME.....</b>	<b>20</b>
4.1. IDENTIFICATION DES ENJEUX.....	20
4.2. CRITÈRES ET ÉCHELLES DE CLASSIFICATION DE GRAVITÉ DES DOMMAGES .....	21
4.2.1. <i>Critères et échelle liés aux enjeux radioécologiques</i> .....	21
4.2.1.1. Critères et échelles liés à l'ingestion des denrées.....	21
4.2.1.2. Critères et échelle de classification liés à l'exposition externe.....	24
4.2.2. <i>Critères et échelles liés aux enjeux économiques</i> .....	25
4.2.2.1. Cas des activités économiques directement liées aux milieux.....	26
4.2.2.2. Cas des activités économiques non directement liées aux milieux.....	27
4.2.3. <i>Enjeux sociétaux</i> .....	27
4.3. QUANTIFICATION DES VALEURS FRONTIÈRES DES ÉCHELLES DE CLASSIFICATION .....	29
4.3.1. <i>Évaluations radiologiques</i> .....	31
4.3.1.1. Évaluations de la contamination des denrées.....	33
4.3.1.2. Évaluations dosimétriques .....	36
4.3.2. <i>Évaluations des impacts économiques</i> .....	36
4.3.2.1. Évaluation de l'impact sur les entreprises.....	37
4.3.2.2. Évaluation de l'impact sur le foncier .....	38
4.3.2.3. Évaluation de l'impact sur l'emploi.....	38
4.3.2.4. Évaluation de l'impact sur l'attractivité touristique.....	39
4.4. LIMITES DE L'APPROCHE ECONOMIQUE .....	39
<b>5. ANALYSE MULTICRITÈRE .....</b>	<b>42</b>
5.1. CHOIX DE LA MÉTHODE MULTICRITÈRE ET DE L'OUTIL INFORMATIQUE .....	42
5.1.1. <i>Principe d'une méthode multicritère</i> .....	42
5.1.2. <i>La méthode multicritère retenue dans PRIME</i> .....	43
5.1.3. <i>Le prototype PRIME</i> .....	45
5.2. RÉALISATION ET RÉSULTATS DES ENTRETIENS PRÉALABLES A L'ANALYSE MULTICRITÈRE	46
5.2.1. <i>Réalisation des entretiens</i> .....	46
5.2.2. <i>Restitution des entretiens et paramétrisation associée</i> .....	51
5.2.2.1. Hiérarchisation des enjeux .....	51
5.2.2.2. Attribution des indices de vulnérabilité agrégés par distribution des 8 jetons.....	54
5.3. RÉSULTATS DE L'ANALYSE MULTICRITÈRE .....	58
<b>6. VULNÉRABILITÉ ET RÉSILIENCE.....</b>	<b>63</b>
6.1. DÉFINITION DE LA VULNÉRABILITÉ ET DE LA RÉSILIENCE DANS LE CONTEXTE POST ACCIDENTEL .....	63
6.2. UN INCIDENT BOUSCULE LES LOGIQUES ET LES DONNÉES .....	63
6.3. UN CONTEXTE QUI NÉCESSITÉ UNE INFORMATION ET UNE COMPRÉHENSION PARTAGÉES DES PHÉNOMÈNES.....	64

<b>7. INTÉRÊTS ET LIMITES DE L'APPROCHE ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>66</b>
7.1. INTÉRÊTS DU PROJET PRIME.....	66
7.2. LIMITES DU PROJET ET PERSPECTIVES.....	67
<b>8. BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>69</b>
<b>9. ANNEXES .....</b>	<b>72</b>
ANNEXE 1 : LA PLAQUETTE DU PROJET PRIME.....	73

## LISTE DES ILLUSTRATIONS

FIGURE 1 : LES ÉTAPES DU PROJET PRIME .....	14
FIGURE 2 : LA ZONE D'ÉTUDE PRIME. ....	16
FIGURE 3 : LES PARTICIPANTS DU GT PRIME. ....	17
FIGURE 4 : L'ORGANISATION DU TRAVAIL. ....	18
TABLEAU 1 : RÉUNIONS PRIME.....	18
FIGURE 5 : LES ENJEUX SÉLECTIONNÉS. ....	21
FIGURE 6 : ÉCHELLE DE CLASSIFICATION POUR LES MILIEUX (VOIE INGESTION). ....	23
FIGURE 7 : ÉCHELLE DE CLASSIFICATION DES MILIEUX (VOIE IRRADIATION EXTERNE).....	24
FIGURE 8 : EXEMPLE DE RELATION ENTRE LES ENJEUX RADIOÉCOLOGIQUES ET LES ENJEUX ÉCONOMIQUES POUR LES ACTIVITÉS LIÉES AUX MILIEUX. ....	26
FIGURE 9 : EXEMPLE DE RELATION ENTRE LES ENJEUX RADIOÉCOLOGIQUES ET LES ENJEUX ÉCONOMIQUES POUR LES ACTIVITÉS NON LIÉES AUX MILIEUX.....	27
FIGURE 10 : PRINCIPE DE CLASSIFICATION DES COMMUNES ET APPLICATION. ....	29
FIGURE 11 : OUTILS DE CALCULS DES DONNÉES PRIME. ....	30
FIGURE 12 : ÉTAPES DES ÉVALUATIONS RADIOLOGIQUES. ....	32
FIGURE 13 : CARTOGRAPHIE DES DÉPÔTS RADIOACTIFS (CAS DU SCÉNARIO DE DIFFUSION NORMALE). ....	32
FIGURE 14 : EVOLUTION DE LA CONTAMINATION DES PRODUCTIONS APRÈS UN DÉPÔT DE CÉSIIUM 137. ....	33
FIGURE 15 : EVALUATION DE LA SENSIBILITÉ DES NAPPES. ....	35
FIGURE 16 : EVALUATION DES ENJEUX ÉCONOMIQUES.....	37
FIGURE 17 : CONSÉQUENCES SUR L'EMPLOI. ....	39
FIGURE 18 : ARBORESCENCE DES CRITÈRES DE VULNÉRABILITÉ DE LA MÉTHODE PRIME.....	45
FIGURE 19 : ETAPES DE CLASSIFICATION LORS DES ENTRETIENS.....	47
FIGURE 20: SÉMANTIQUE DE L'ÉCHELLE DE CLASSIFICATION DES PRÉJUDICES RADIOÉCOLOGIQUES PRÉSENTÉE LORS DES ENTRETIENS .....	48
FIGURE 21: SÉMANTIQUE DE L'ÉCHELLE DE CLASSIFICATION DES PRÉJUDICES ÉCONOMIQUES PRÉSENTÉE LORS DES ENTRETIENS .....	48
FIGURE 22: EXEMPLE DE REPRÉSENTATION SPATIALE DES CRITÈRES DE CLASSIFICATION DES MILIEUX ISSUE DU PROTOTYPE LOGICIEL PRIME .....	49
FIGURE 23: CRITÈRES RADIOÉCOLOGIQUES DES 18 COMMUNES CHOISIES POUR MENER LES ENTRETIENS ; PRINCIPE D'ATTRIBUTION D'UN INDICE DE VULNÉRABILITÉ AGRÉGÉ PAR LA MÉTHODE DES JETONS.....	49
FIGURE 24 : QUESTION POUR APPLICATION DE LA MÉTHODE SIMOS .....	51
FIGURE 25 : HIÉRARCHISATION DES ENJEUX POUR LA VULNÉRABILITÉ RADIOLOGIQUE.....	52
FIGURE 26 : HIÉRARCHISATION DES ENJEUX POUR LA VULNÉRABILITÉ GLOBALE .....	53
TABLEAU 2 : ATTRIBUTIONS D'INDICES DE VULNÉRABILITÉ RADIOLOGIQUE (ACTEUR CM).....	55
TABLEAU 3 : HIÉRARCHISATION DES ENJEUX (ACTEUR CM).....	55
TABLEAU 4 : ATTRIBUTIONS D'INDICES DE VULNÉRABILITÉ RADIOLOGIQUE (ACTEUR CAL) .....	56
TABLEAU 5 : HIÉRARCHISATION DES ENJEUX (ACTEUR CAL).....	56
TABLEAU 6 : ATTRIBUTIONS D'INDICES DE VULNÉRABILITÉ RADIOLOGIQUE (ACTEUR PP).....	57
TABLEAU 7 : HIÉRARCHISATION DES ENJEUX (ACTEUR PP) .....	58
TABLEAU 8 : TABLE DE COMPARAISON BINAIRE AVEC LES COMMUNES DE RÉFÉRENCE. ....	59
TABLEAU 9 : INDICES DE VULNÉRABILITÉ GLOBALE AFFECTÉS PAR LES ACTEURS ET LES RÉSULTATS SUNSET .....	59
TABLEAU 10 : COMPARAISON BINAIRE ENTRE LES 18 COMMUNES .....	61
FIGURE 27 : CLASSIFICATION DES 18 COMMUNES SÉLECTIONNÉES EN FONCTION DE LEUR VULNÉRABILITÉ GLOBALE (TOUS ENJEUX CONFONDUS) .....	62

---

# 1. Contexte général

## **1.1. LE POST-ACCIDENTEL NUCLEAIRE**

En cas d'accident impliquant un rejet atmosphérique de substances radioactives, trois phases sont à distinguer (Niel et Godet, 2008) :

- la phase d'urgence,
- la phase post-accidentelle à court terme, désignée comme « phase de transition »,
- la phase post-accidentelle à long terme.

La phase d'urgence couvre la phase de menace qui précède la survenue d'éventuels rejets radioactifs dans l'environnement et, s'il y a lieu, la phase de rejet durant laquelle un panache radioactif se dispersant dans l'environnement. Elle se termine à la fin des dépôts, lorsque l'installation à l'origine de l'accident est ramenée à un état sûr, ne risquant plus de produire de nouveaux rejets radioactifs dans l'environnement. Les travaux du groupe de travail PRIME, (GT PRIME), ne concernent pas cette première phase mais doivent tenir compte des actions menées au cours de celle-ci, par souci de continuité et de cohérence.

La phase post-accidentelle est celle du traitement des conséquences qui résultent du dépôt des substances radioactives. Elle commence dès la fin des dépôts par une phase dite de « transition », qui concerne la levée des actions de protection d'urgence, la caractérisation de la contamination et l'engagement des premières actions de protection dans les territoires contaminés, ainsi que la préparation des actions à long terme. La phase post-accidentelle peut durer plusieurs mois ou années, en fonction de l'ampleur et de la persistance de la contamination radiologique des territoires. Commence alors une phase de gestion des conséquences à long terme qui conduit à la mise en œuvre d'un plan de gestion durable des conséquences sur l'événement, élaboré avec l'ensemble des acteurs pendant la phase de transition.

Le projet PRIME, s'intéresse à la phase post-accidentelle de transition et se poursuit sur une année en considérant l'évolution de la situation durant ce laps de temps.

## **1.2. LA GESTION EN CONCERTATION DES SITUATIONS POST-ACCIDENTELLES NUCLEAIRES**

C'est au lendemain de l'accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl en 1986, que l'Europe et la France ont pris conscience qu'une crise radiologique ne s'arrêtait pas une fois la phase d'urgence passée. Les produits radioactifs relâchés par l'explosion du réacteur contaminent les sols avoisinants pour de nombreuses années. La population qui n'a pas été évacuée doit apprendre à vivre avec cette pollution, ce qui provoque un changement considérable de son mode de vie.

La réflexion sur la gestion des situations post-accidentelles a débuté en France en 1986 à l'initiative du secrétaire général du Conseil Interministériel de Sûreté Nucléaire (CISN) et du directeur de la sécurité civile. Un guide, plus spécifiquement dédié aux services déconcentrés de l'État (Coulon et al., 1994), a été réalisé par l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN) – devenu depuis l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) – en collaboration avec la Fédération Nationale des Syndicats d'Exploitants Agricoles (FNSEA) et le Centre interprofessionnel de l'Economie Laitière (CNIEL).

Différents organismes français ont ensuite participé à de nombreux projets régionaux, nationaux, européens ou internationaux, initiés suite à l'accident de Tchernobyl, avec pour

point commun une volonté d'associer directement la population, ou certains de ses représentants, à la gestion post-accidentelle. Cette démarche participative, généralement pluraliste, permet aux citoyens d'être les propres acteurs de la réhabilitation de leur territoire. Les Anglo-saxons appellent cette forme de participation : « l'empowerment ».

La réflexion sur la gestion post-accidentelle a surtout été alimentée dans les années 1990 par les travaux des instituts d'expertise. Sur ce thème, l'IPSN et l'Institute of Nuclear Energy Safety (IBRAE, Russie) ont réalisé des exercices communs : Saint-Pétersbourg en 1993, Kola en 1995 (Enerpresse, 1995), dans lesquels le principal aspect traité concernait la gestion des territoires contaminés.

Depuis le milieu des années 90, les réflexions sur la gestion post-accidentelle ont évolué pour intégrer plus profondément les aspects sociaux, car le retour d'expérience de l'accident de Tchernobyl a montré que la réduction de l'impact radiologique n'est qu'une partie du problème posé et qu'elle ne peut être efficacement et durablement entreprise que si la population est impliquée dans les décisions. Le programme ETHOS (Hériard Dubreuil et al., 1999), réalisé conjointement par le Centre d'Étude sur l'Évaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire (CEPN), la société MUTADIS Consultants, l'Université Technologique de Compiègne et l'Institut National d'Agronomie de Paris Grignon, qui traite d'une situation concrète en Biélorussie, a été l'un des premiers exemples de cette évolution vers une réappropriation partielle de la gestion post-accidentelle par les populations et les collectivités locales. Le projet ETHOS se fondait sur une participation forte de la population locale dans les processus de réhabilitation. Son but principal était d'associer les habitants des territoires contaminés à la reconstruction d'une qualité de vie « acceptable », en particulier relativement à la sécurité radiologique. Ce projet a été mis en application en Biélorussie de 1996 à 2002. Le programme CORE, auquel participe l'IRSN, lui a succédé en 2003. Prenant les habitants comme des partenaires pour améliorer les conditions de vie dans les territoires contaminés, ce programme vise donc à permettre une action concertée des acteurs locaux, nationaux et internationaux dans les domaines de l'évaluation environnementale, de l'agriculture, de la santé, de l'éducation et du retour d'expérience.

Parallèlement, à la fin des années 1990, l'IPSN étudiait, au travers de l'exercice « Becquerel », les conséquences sanitaires d'un accident nucléaire et, dans son rapport final, proposait différentes recommandations de gestion post-accidentelle (Badie et al., 2000). Depuis, les évaluations post-accidentelles ont fait l'objet de plusieurs exercices : Cattenom et Pierrelatte en 2004, Belleville-sur-Loire en 2005.

En janvier 2002, une commission a été mise en place par la Préfecture de l'Aube pour traiter les diverses composantes de la gestion des situations post-accidentelles. Cinq groupes de travail ont été constitués sur : (1) l'organisation administrative et économique, (2) les mesures dans l'environnement, (3) le suivi sanitaire des populations, (4) la décontamination, la réhabilitation des surfaces et la contamination de la chaîne alimentaire et (5) la circulation dans la zone contaminée.

La réactualisation des directives qui fixent les modalités d'organisation opérationnelle en cas de situation d'urgence radiologique, menée sous l'autorité du Secrétariat Général de la Défense Nationale (SGDN), a conduit en avril 2005 à la parution d'une directive interministérielle. Cette directive précise les rôles et les responsabilités de l'intervention dans les situations d'urgence radiologique (hors celles couvertes par un plan de secours ou d'intervention) et, notamment, le rôle de conseil et d'expertise de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) auprès de l'autorité de police compétente (maire, préfet). Ainsi, l'un des grands chantiers méthodologiques de l'ASN (Plan stratégique de l'ASN 2005-2007) est d'orienter les organisations de crise et de participer à l'élaboration d'une doctrine, puis d'une

organisation pour la phase post-accidentelle. Dans ce cadre, l'ASN a organisé un séminaire dénommé PAREX (Post-Accidentel Retour d'Expérience), afin d'établir le retour d'expérience, entre autres, des conséquences de l'accident de Tchernobyl et des stratégies pour permettre aux populations de se réapproprier l'usage de leur environnement, en tenant compte de la persistance de la contamination. Les deux premières recommandations de ce programme sont : (1) « les acteurs publics et les 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 ». Enfin, toujours dans le cadre de cette directive, a été créé en juin 2005, le Comité Directeur pour la gestion de la phase Post-Accidentelle d'un accident nucléaire ou d'une situation d'urgence radiologique (CODIR-PA). Depuis cette date, 11 groupes de travail (GT), réunissant environ 130 experts, ont été constitués.

Par ailleurs, une première directive relative aux « principes d'intervention en cas d'événement susceptible d'entraîner une situation d'urgence radiologique, hors situations couvertes par un plan de secours ou d'intervention », a été publiée (Circulaire DGSNR/DHOS/DDSC n° 2005/1390 du 23 décembre 2005).

La demande des décideurs français sur l'organisation opérationnelle en cas de situation d'urgence radiologique est donc forte.

Enfin, en matière de gestion participative post-accidentelle, mais dans le domaine chimique cette fois, un projet similaire à PRIME a été engagé dans le programme RDT du MEEDDM : projet ORGACTOUPPOST, dont les résultats pourraient probablement servir à alimenter la doctrine de gestion post-accidentelle radiologique.

### **1.3. L'UTILISATION DES MÉTHODES MULTICRITÈRES POUR LE DÉVELOPPEMENT D'OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION**

L'analyse multicritère est née dans les années 1980 suite au constat d'une impasse dans l'utilisation de l'analyse coût-bénéfice dans les problématiques environnementales (Maystre et al., 1994). En effet, s'est posée la question de convertir en une valeur monétaire commune l'impact de phénomènes environnementaux aussi hétéroclites que le bruit, la pollution des eaux ou la dégradation du paysage.

Les méthodes multicritères se sont alors développées pour répondre à cette question, en développant les deux dimensions suivantes :

- Réduire la complexité en permettant une analyse qui minimise les variantes potentiellement intéressantes,
- Réduire les conflits en fournissant une base de dialogue acceptable par tous les acteurs.

Les exemples d'application pratique de ces méthodes sont encore relativement rares, car historiquement, les outils d'aide à la décision classiques, de type monocritère, ont été préférés, comme dans le domaine du nucléaire où l'approche dosimétrique est très largement généralisée. L'approche monocritère a en effet l'avantage de déboucher sur des problèmes mathématiques simplifiés, mais qui restent très partiels.

Il existe cependant un précédent d'utilisation des méthodes d'analyse multicritère pour la gestion post-accidentelle : l'action 2 des projets d'étude JSP (Joint Study Projects) de l'ASN (JSP-2). L'objet du JSP-2 était de développer un outil d'aide à la décision multicritère pour intégrer toutes les données disponibles (aspects dosimétriques mais aussi économiques,

sociaux et psychologiques) pour évaluer les conséquences de l'accident de Tchernobyl et aider à la recherche de solutions optimales en termes de contre-mesures. Ce travail a cependant été réalisé uniquement dans un contexte institutionnel (24 organisations européennes) et si la dimension « multicritère » de la gestion post-accidentelle a été explorée, le caractère « multi-acteurs » de cette gestion n'a pas été pris en compte. En effet, utiliser plusieurs critères (par exemple un critère dosimétrique, un critère financier, un critère d'acceptation sociale), c'est admettre qu'une décision sera inévitablement le résultat d'un compromis entre plusieurs objectifs et plusieurs parties prenantes, avec parfois des intérêts conflictuels. Le développement d'une méthode multicritère peut alors être basé sur le constat et l'acceptation que les préférences des intervenants soient souvent conflictuelles, peu structurées, appelées à évoluer au sein du processus de décision et voire même influencées du fait de la mise en œuvre d'un processus d'aide à la décision (Maystre et al., 1994).

Dans le domaine du risque chimique, entre 2001 et 2004 et dans le cadre du 5<sup>ème</sup> Programme cadre de recherche et de développement (PCRD), le projet ARAMIS (Accidental Risk Assessment Methodology for Industries in the framework of SEVESO II directive), animé par L'Institut National de l'environnement industriel et des risques (INERIS) a montré l'intérêt des méthodes multicritères pour développer des outils d'aide à la prise de décision (Hourtolou et al., 2004). Sur la base de 5 cas d'études correspondant à 5 sites industriels européens, le projet ARAMIS a aussi montré la grande variabilité territoriale des modes de prise de décision et la nécessité de poursuivre le développement d'outils permettant de combiner la vulnérabilité de différentes natures (vulnérabilités humaine, environnementale et matérielle).

## 2. Objectifs généraux de PRIME

La préparation à la gestion des conséquences d'un accident nucléaire de grande ampleur implique donc nécessairement la prise en compte de multiples critères, afin de satisfaire au développement durable des zones potentiellement impactées. Une approche pluridisciplinaire de la situation est requise pour répondre durablement aux problèmes environnementaux, économiques et sociaux liés à la complexité des 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.

L'objectif du projet PRIME est de développer, en concertation entre experts, acteurs de la décision et représentants du territoire, une méthode de caractérisation d'un territoire contaminé, à la suite d'un accident industriel, impliquant des substances radioactives (Mercat et al., 2008). Le principe de base de la méthode est la hiérarchisation des facteurs de la vulnérabilité 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 des actions de protection des populations, de leurs biens et de leurs cadres 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, mais le sujet d'étude nécessite d'aborder de front cette complexité.

Les moyens nécessaires impliquent alors d'une part, de réunir un panel très pluraliste, afin d'être le plus exhaustif possible pour appréhender l'ensemble des conséquences et d'autre part, de développer, dans un processus de co-construction avec le panel d'acteurs, une méthode rigoureuse de classification de la vulnérabilité des territoires, la notion de vulnérabilité rendant compte à la fois de la sensibilité des enjeux territoriaux (population, activités économiques, milieu agricole, bâti, espaces naturels, etc.) et de l'importance de la contamination pour un scénario accidentel donné. Dans le projet PRIME, les compétences rassemblées n'ont pas permis de traiter l'ensemble des problématiques d'une situation post-accidentelle avec le même niveau de précision. Les connaissances en radioécologie, fédérées par l'IRSN pour le projet, ont permis de traiter les transferts de contaminants radioactifs dans l'environnement, en distinguant les différences de sensibilité entre les milieux. La prise en compte des enjeux économiques à l'échelle d'un territoire, investigation inévitable pour aborder globalement l'ensemble des enjeux d'une situation post-accidentelle, a été également un défi nouveau dans le domaine du nucléaire.

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. Le premier objectif de l'outil méthodologique est 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 différents enjeux

## Projet PRIME

considérés séparément (vulnérabilité du milieu agricole, du bâti, de l'économie, du tourisme, etc.) 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.

## 3. Méthodologie

### **3.1. DÉMARCHE PROPOSÉE POUR RELEVER LES DÉFIS DU PROJET**

Le premier défi 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 multicritère (Cf. Chapitre 5).

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 (Cf. Chapitre 4). Le classement des communes et la hiérarchisation des facteurs de vulnérabilité découlent ensuite de l'analyse multicritère qui permet de modéliser les perceptions et les logiques de classement élicitées 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 subi par les personnes, exprimé en sievert, doit être comparable avec les dommages économiques subis par les entreprises, exprimés en taux de perte de la valeur ajoutée, avec ceux liés au dépassement de la norme de commercialisation d'une denrée (exprimée en becquerel par kilogramme), ou encore avec le préjudice touristique, exprimé en taux d'inoccupation d'hébergements touristiques.

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. Chacune des échelles établies dans le cadre de PRIME comportent 6 niveaux : du niveau 0, pour une situation normale au niveau 5, pour un dommage important et durable, dont la signification et la sémantique ont été définies en concertation.

L'autre défi induit est d'évaluer, de manière réaliste, ces préjudices, puis de trouver des règles pour leur attribuer un indice de vulnérabilité, correspondant à leur importance (Cf. Chapitre 4). L'objectif poursuivi est alors l'obtention d'une matrice multicritère : 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. Nous verrons que dans certains domaines, économique notamment, évaluer les préjudices à l'échelle locale constitue un défi difficile à relever.

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 dommage du fait de l'accident (zones d'habitation concentrées, activités économiques, patrimoine naturel ou écologique, etc.). C'est la première étape du projet à mener en concertation avec les acteurs du territoire (Cf. Chapitre 4).

De cet enchaînement d'objectifs découlent les étapes successives de développement du projet PRIME, présentées dans la figure 1 ci-après.

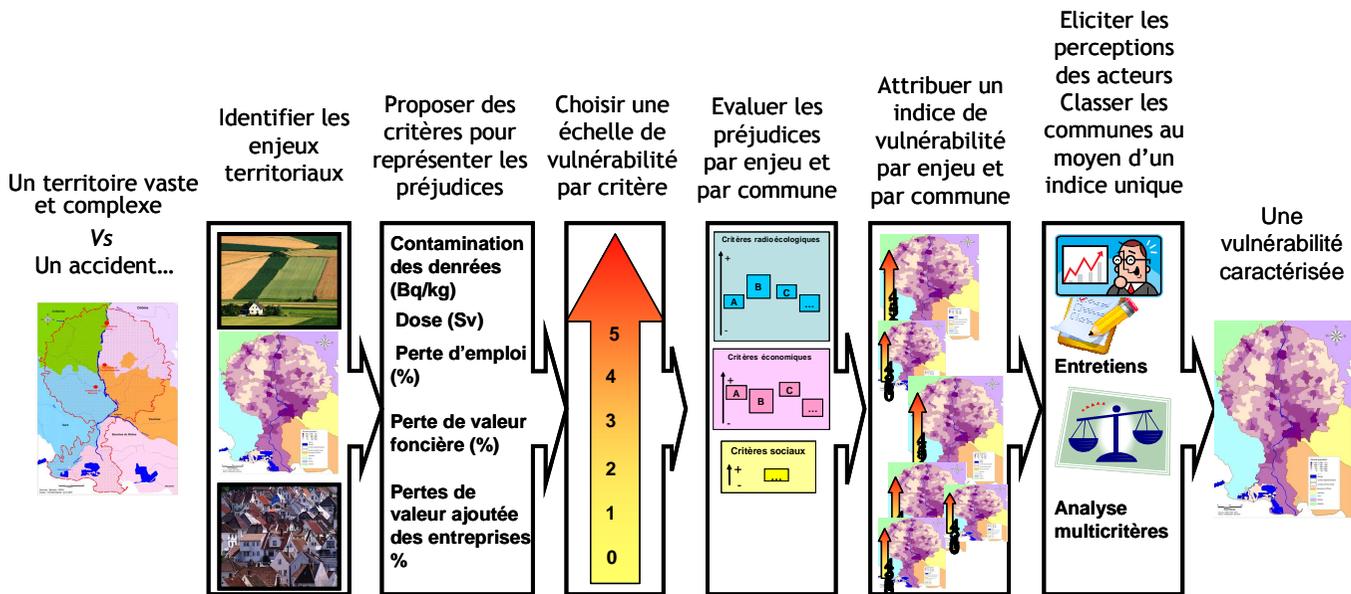


Figure 1 : Les étapes du projet PRIME

## **3.2. DÉROULEMENT DU PROJET**

### **3.2.1. 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 et 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 découle de la multiplicité des enjeux locaux : l'existence de trois sites industriels nucléaires (Tricastin-Pierrelatte, Cruas-Meysse et Marcoule), la forte urbanisation de l'axe rhodanien et la 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...). L'unité de base de l'étude est la commune. Il y a près de 500 communes dans la zone d'étude qui s'étend sur 3 régions (Rhône-Alpes, Provence-Alpes-Côte d'Azur et Languedoc-Roussillon) et 5 départements (Ardèche, Drôme, Gard, Vaucluse et Bouches-du-Rhône). Pour des scénarios d'accidents et d'incidents nucléaires, on cherche donc à évaluer la vulnérabilité de chacune de ces communes, pour in fine, leur affecter un indice sur une échelle de classification allant de 0 (situation normale) à 5 (situation importante et durable). Pour en faciliter la lecture, cet indice est représenté sur une carte (par une graduation de couleurs), générée par un prototype d'outil, couplant un système d'information géographique et des méthodes d'analyses multicritères.

Une fois le groupe projet constitué, affiner le périmètre de cette zone, en fonction des enjeux et des perceptions des membres du groupe, a été l'un des premiers sujets de concertation. Notamment, la question des enjeux littoraux a été soulevée. Il a été convenu que la zone d'étude serait telle que celle proposée initialement, l'ensemble des enjeux lié à la préservation de la mer Méditerranée faisant l'objet d'un autre projet d'étude : le projet d'étude Clara 2, proposé à l'ANR. Cependant, dans PRIME, la contamination potentielle du Rhône et, par suite, de son embouchure en Méditerranée est prise en compte en mettant en œuvre un modèle de dispersion fluvial développé et utilisé à l'IRSN. Des critères radioécologiques liés aux milieux fluviaux ont été identifiés et renseignés (par exemple, l'irrigation des cultures, la pêche...) ainsi que certains critères liés au milieu marin (par exemple, l'usage des plages ou l'aquaculture...).

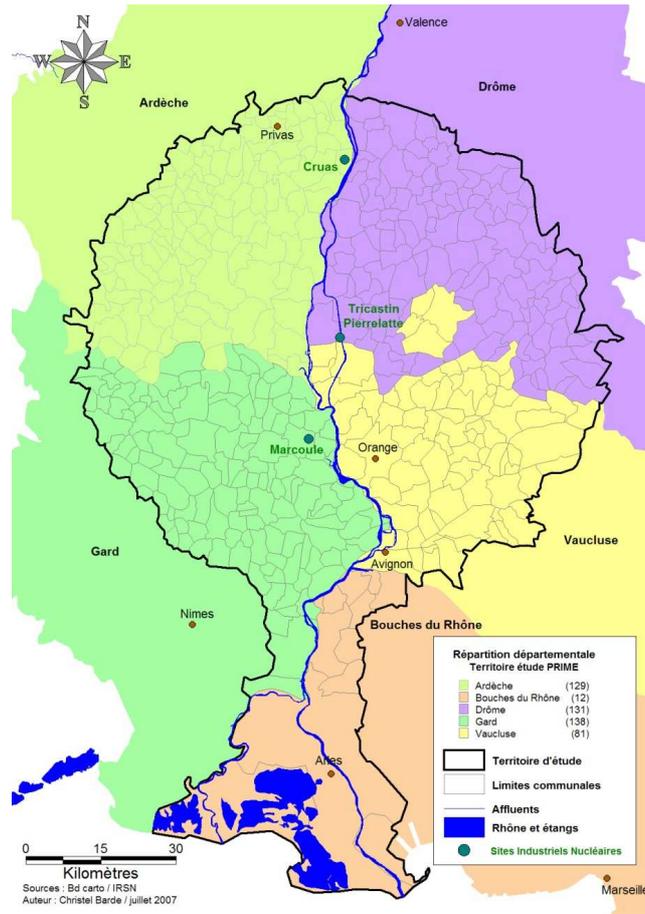


Figure 2 : La zone d'étude PRIME.

### 3.2.2. 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, ainsi 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.

Pour réaliser cette recherche participative, un groupe d'acteurs, principalement locaux, a été sollicité et constitue le Groupe de Travail PRIME (GT PRIME). La figure 3 présente la composition du GT PRIME dont les membres sont 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.

La CRIIRAD a participé aux travaux du GT PRIME et assisté à la plupart des réunions plénières, 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.

L'ASN, ayant mis en place en 2005 un Comité Directeur pour la gestion de la phase Post-Accidentelle d'un accident nucléaire ou d'une situation d'urgence radiologique (CODIR-PA),

chargé d'élaborer les éléments de doctrine correspondants (Cf. site Internet de l'ASN), les relations entre le CODIR-PA et PRIME ont été entretenues tout au long du projet et deux animateurs du CODIR-PA sont devenus membres du GT PRIME.

*Nota bene : Certains des acteurs qui apparaissent dans la figure n'ont pu participer effectivement aux rencontres et aux séances de travail, d'autres ont démissionné et n'ont pas été remplacés au cours du projet.*

Les noms des membres du GT PRIME sont présentés en début de rapport.

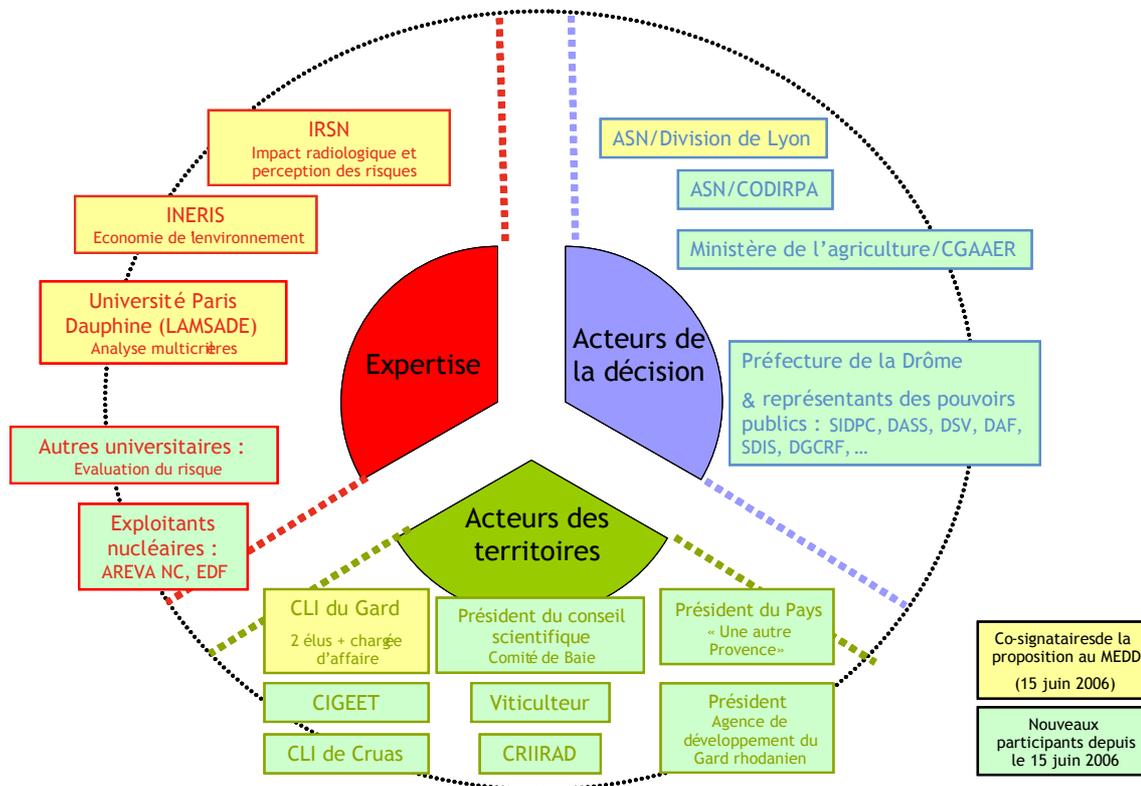


Figure 3 : Les participants du GT PRIME.

Dès la première réunion du GT PRIME, un mode de fonctionnement du groupe et de déroulement du projet est établi (Cf. Figure 4). L'équipe PRIME (IRSN, INERIS, ASN et autres experts) élabore des propositions d'échelles de classification, identifie les enjeux territoriaux et propose des critères les représentant, évalue les valeurs de ces critères pour chaque commune, puis soumet ces travaux lors des réunions du GT PRIME. Le GT PRIME choisit l'échelle de classification, sélectionne les enjeux territoriaux, ainsi que les critères qui les représentent et se prononcent sur la valeur des indices de gravité des dommages aux communes, puis valident (ou non) les résultats des évaluations multicritères.

Certains acteurs du groupe ou personnes extérieures au groupe ont été consultés au travers d'interviews ou de réunions thématiques, pour réaliser ces travaux préparatoires. Ainsi, pour réaliser le diagnostic du territoire d'étude PRIME, 26 personnes appartenant à des organismes extrêmement variés ont été interviewées pour recueillir leur perception du territoire. Afin de faciliter le contact, une plaquette de communication sur le projet PRIME a été réalisée et envoyée en préalable à ces interviews (Annexe 1).

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

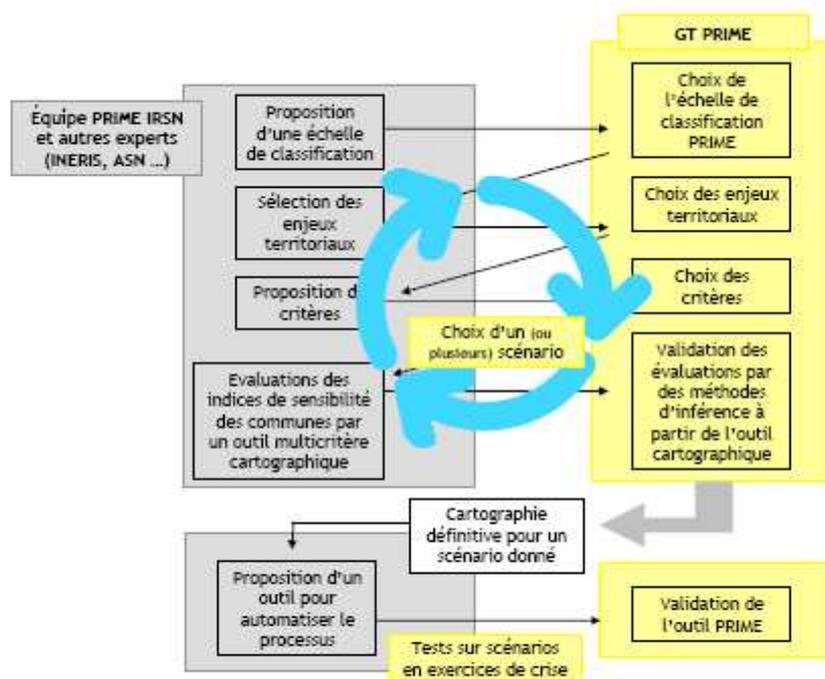


Figure 4 : L'organisation du travail.

Le tableau 1 ci-après présente les différentes réunions plénières, réunions thématiques et ateliers qui ont jalonné les deux ans du projet.

Réunions du GT PRIME	Réunions du « réseau » PRIME
Réunion 1 : le 11 septembre 2007 à la préfecture de la Drôme <b>LANCEMENT</b>	Ateliers : implication des acteurs 6 février 2007
Réunion 2 : le 18 décembre 2007 à la mairie d'Orsan <b>MÉTHODE &amp; ÉCHELLE</b>	Réunion thématique : l'usage des territoires 5 février 2008
Réunion 3 : le 20 mai 2008 à Cadarache <b>RADIOÉCOLOGIE</b>	Réunion thématique : les scénarios d'accidents 13 février 2008  3 Ateliers : SIG - Multicritère - Code Astral 19 mai 2008
Réunion 4 : le 21 octobre 2008 à Suze la Rousse <b>ÉCONOMIE &amp; RÉSILIENCE</b>	Réunion thématique : Économie 30 septembre 2008
Réunion 5 : le 3 février 2009 à Pierrelatte <b>ANALYSE MULTICRITÈRES &amp; MULTIACTEURS</b>	Journées Acteurs : Vulnérabilité agricole, Résilience, Vulnérabilité économique 22 octobre 2008

Tableau 1 : Réunions PRIME.

## Projet PRIME

A l'issue de ce travail, les experts ont effectué les calculs permettant de restituer aux membres du groupe, les indices de vulnérabilité des communes pour les différents enjeux. Cinq membres du groupe ont, ensuite été interviewés, afin de recueillir leur perception de la vulnérabilité globale, sur la base de la vulnérabilité de chacun des enjeux. Les experts ont ensuite restitué aux membres du GT le résultat de ces interviews et la modélisation des perceptions/logiques qui en a été tirée.

## 4. Collationnement des données PRIME

### 4.1. IDENTIFICATION DES ENJEUX

On désigne, ici par enjeu, tout ce qui est fondamental dans un territoire et peut subir un préjudice du fait de l'accident.

Dès le début du projet (avril à septembre 2007), il est apparu nécessaire d'établir un diagnostic géographique de la zone d'étude (Barde, 2008), afin de faciliter la sélection des enjeux à considérer dans le projet par la connaissance des spécificités du territoire.

Le diagnostic géographique de la zone d'étude (Barde, 2008) s'est appuyé sur :

- une plaquette de communication, destinée aux différents interlocuteurs sollicités pour le projet (Cf. annexe 1) ;
- des entretiens avec des acteurs locaux ;
- la collecte des données quantifiées disponibles sur le territoire (statistiques nationales et locales, rapports) ;
- la représentation cartographique et systémique de l'ensemble de ces informations.

Une base de données, rassemblant les informations a priori utiles en contexte post-accidentel, a été développée pour la zone d'étude de PRIME. Cette base de données rassemble des informations nécessaires à la classification du territoire, en intégrant les points de vue de l'ensemble des acteurs locaux. L'architecture de la base de données a donc été conçue de manière à tenir compte des enjeux territoriaux, tels qu'exprimés par le panel de représentants du territoire (GT PRIME) et ce, indépendamment des frontières administratives (communes, départements, régions), afin de permettre la construction de critères de classification partagés pour l'ensemble de la zone d'étude. La structure de la base de données permet, de plus, un accès aisé aux données et facilitera ultérieurement leur mise à jour.

À partir de ces informations, le GT PRIME a sélectionné les enjeux présentés dans la figure 5 et regroupés en 3 catégories :

1. les *enjeux radioécologiques*, liés à la contamination des milieux et susceptibles d'influer directement sur le niveau de dose des populations (le milieu bâti, le milieu agricole, le fleuve Rhône, le littoral, l'eau des nappes et le milieu forestier) ;
2. les *enjeux économiques*, susceptibles de subir des préjudices du fait de la contamination des milieux ou d'effet d'image (vulnérabilité économique des entreprises en distinguant les différentes filières (notamment l'agro-alimentaire et l'exploitation forestière), la vulnérabilité du tourisme, l'impact sur l'emploi et sur le foncier) ;
3. les enjeux *sociaux*, notamment autour du concept de résilience.

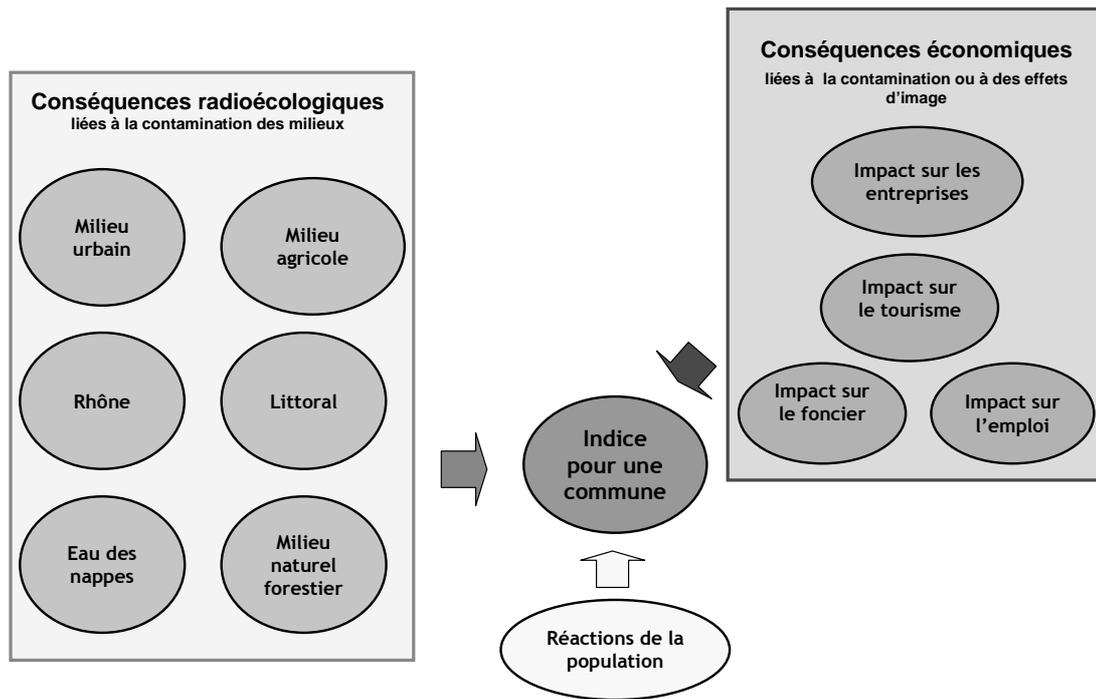


Figure 5 : Les enjeux sélectionnés.

## **4.2. CRITÈRES ET ÉCHELLES DE CLASSIFICATION DE GRAVITÉ DES DOMMAGES**

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, pour chacun d'entre eux, une échelle qui fera correspondre un indice de vulnérabilité (ou gravité d'atteinte) à l'importance du préjudice quantifiée par le critère indicateur choisi. Cet indice qui est un chiffre compris entre 0 (situation normale) et 5 (atteinte importante et durable), permettra de comparer des vulnérabilités de nature différente et de classer les communes en fonction de l'importance de leur atteinte, d'un point de vue radioécologique et économique.

### **4.2.1. CRITÈRES ET ECHELLE LIÉS AUX ENJEUX RADIOÉCOLOGIQUES**

Les enjeux radioécologiques, sélectionnés par le GT PRIME, correspondent à des milieux dont la vulnérabilité est étroitement liée au niveau de contamination : milieux agricole, urbain et forestier, le Rhône, le littoral et les nappes phréatiques.

Les critères radioécologiques proposés sont de deux types : des critères liés à l'ingestion d'aliments (produits agricoles, denrées forestières, eau de nappe ou de fleuve, produits de la mer) et des critères dosimétriques liés à l'exposition de la population dans les différents milieux.

#### **4.2.1.1. Critères et échelles liés à l'ingestion des denrées**

La contamination des denrées qui résulte des dépôts radioactifs, s'exprime en becquerels par kilogramme (Bq/kg). Plus elle est importante, plus le détriment subi est important, et plus forte est la vulnérabilité.

Afin de convertir la quantification du préjudice en indice de vulnérabilité, deux types de critères sont proposés pour définir les frontières entre les niveaux 0 à 5. Pour les hauts niveaux de gravité (3 à 5), il est proposé d'utiliser les Niveaux Maximaux Admissibles (NMA). Les NMA indiquent les niveaux de contamination maximum admissibles pour la commercialisation des denrées. Ils s'expriment en activités massiques (becquerel par kilo :  $\text{Bq.kg}^{-1}$ ) ou volumique ( $\text{Bq.l}^{-1}$ ) et leurs valeurs sont présentées par radionucléide ou par groupe de radionucléides (par exemple, pour l'iode 131, le NMA est de  $500 \text{ Bq.kg}^{-1}$  pour les produits laitiers). Les NMA sont intéressants dans notre approche de classification car, d'une part, ce sont les seules valeurs de type « réglementaires » actuellement disponibles<sup>1</sup> et donc elles seraient très certainement utilisées par les gestionnaires du risque et, d'autre part, ces valeurs sont aussi applicables à des denrées issues d'autres milieux, notamment les productions du milieu forestier (par exemple les champignons, baies et gibier) ; donc un même critère peut être utilisé pour différents milieux.

L'échelle de classification déclinée pour les denrées agricoles est présentée dans la Figure 5. L'indice 3 signifie que la contamination de la première récolte dépasse le  $1/10^{\text{ième}}$  du NMA. La récolte est commercialisable et la vulnérabilité est qualifiée d'intermédiaire. L'indice 4 signifie que la contamination de la première récolte dépasse le NMA et que cette récolte ne pourra être commercialisée. Le préjudice est considéré comme important. Enfin, l'indice 5 signifie que même la deuxième (voire la  $n^{\text{ième}}$ ...) récolte ne sera pas commercialisable : le dommage est alors qualifié d'important et durable.

Pour les niveaux bas de gravité (1 pour un préjudice très faible et 2 pour un préjudice faible), il est proposé d'utiliser comme critère, les limites de détection (LD) et la différenciation classiquement faite entre la LD bas niveau (le « becquerel scientifique ») et la LD opérationnelle<sup>2</sup>. Ainsi, si les meilleures techniques d'analyse ne permettent pas de déceler une contamination, la vulnérabilité est très faible. Si la contamination peut être décelée au moyen des techniques opérationnelles déployées en situation post-accidentelle, mais restent inférieures au  $1/10^{\text{ième}}$  du NMA, le préjudice est considéré comme faible.

---

<sup>1</sup> Définis par le règlement EURATOM du 28 décembre 1987 modifié n°3954/87, et respectés par la France, ces NMA représentent des niveaux d'action pour la commercialisation des denrées alimentaires dont les valeurs préétablies seraient immédiatement appliquées en phase réflexe post-accidentelle. Les négociations ont été basées sur des calculs dosimétriques en cas d'ingestion pour différents radionucléides, différents aliments et pour plusieurs classes d'âges. Pour ces calculs réalisés à l'époque, on ne dispose plus de toutes les précisions mais il est reconnu que le critère de dose par ingestion sur lequel les NMA sont fondés est celui d'une dose de 5 mSv sur la 1<sup>ère</sup> année (1 mSv les années suivantes), qu'un coefficient de 0,1 a minoré les calculs de dose pour tenir compte de décroissance et de la très faible probabilité que tous les aliments présentent simultanément le niveau maximum de radioactivité.

<sup>2</sup> La différenciation entre LD opérationnelle et LD bas niveau est un concept emprunté au GT3 du CODIRPA (rapport d'avancement du GT3 – version du 14 novembre 2007).

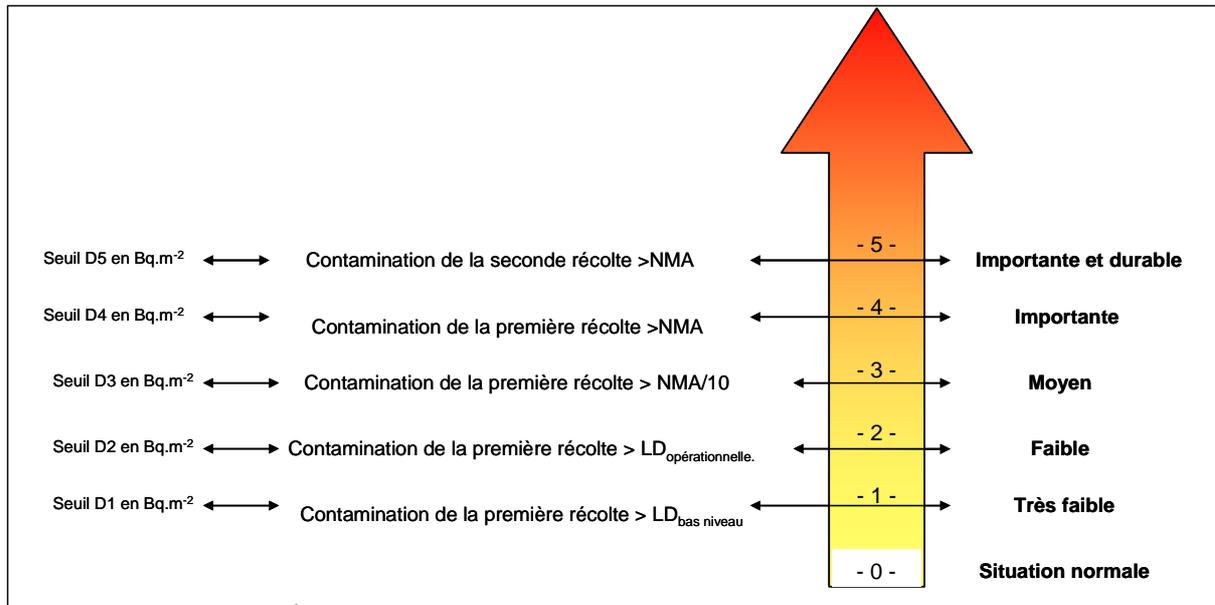


Figure 6 : Échelle de classification pour les milieux (voie ingestion).

- Indice 0 : « situation normale ». On considèrera que, pour les communes appartenant à ce niveau, aucune action particulière de surveillance ou de mise en place de contre-mesure ne serait nécessaire.
- Indice 1 : « très faible ». Il s'agit typiquement des communes pour lesquelles la contamination des milieux est très faible et difficilement mesurable avec les moyens de mesure opérationnels. Pour ces communes, des mesures légères de surveillance pourraient être proposées.
- Indice 2 : « faible ». La contamination des milieux est mesurable, mais reste à un niveau faible. Les mesures de surveillance seraient intensifiées par rapport au niveau précédent.
- Indice 3 : « intermédiaire ». Des préconisations pourraient être faites (par exemple, interdiction de commercialisation d'une production agricole, interdiction d'usage des forêts, interdictions alimentaires...).
- Indice 4 : « important ». La contamination d'un milieu atteint une limite préétablie (NMA<sup>3</sup> pour les productions agricoles par exemple).
- Indice 5 : « important et durable ». La contamination d'un milieu dépasse une limite préétablie pendant un délai supérieur à l'année.
- Les seuils D1 à D5 établissent la correspondance entre les critères associés à chaque niveau et les valeurs de dépôt en Bq.m<sup>-2</sup> qui conduisent à leur atteinte.

Un même système de critères et d'échelle est établi pour l'ingestion d'eau de nappe, de denrées forestières, d'eau du Rhône et de produits marins.

À noter qu'au travers de ces critères de contamination, deux préjudices induits sont simultanément abordés : la dose reçue par les personnes du fait de la consommation des aliments et le préjudice économique résultant de l'impossibilité de vendre les productions, soit parce qu'elles dépassent les normes, soit par effet d'image « denrée contaminée ».

<sup>3</sup> Niveau Maximum Admissible (Règlement Euratom n°3954/87 du 22 décembre 1987 et CEE n°2219/89 du 18 juillet 1989).

Pour garantir la mise en œuvre rapide de la méthode PRIME, il est aussi proposé d'établir, de façon anticipée, la correspondance entre les critères associés à chaque niveau et les valeurs de dépôt en  $Bq.m^{-2}$  qui conduisent à leur atteinte. Ainsi, on pourrait envisager l'utilisation de l'outil PRIME dès l'obtention d'une carte des dépôts issue du Centre Technique de Crise de l'IRSN, puis itérer l'utilisation de l'outil, en fonction des mises à jour de la cartographie des dépôts. La correspondance entre dépôts et indices a été établie (Roussel-Debet, 2008) en utilisant le code de calcul ASTRAL de l'IRSN (Calmon et Mourlon, 2006).

#### 4.2.1.2. Critères et échelle de classification liés à l'exposition externe

En ce qui concerne les milieux où l'exposition ne se fait pas seulement par l'alimentation (contamination interne), mais aussi par l'exposition externe (irradiation), la proposition de déclinaison de l'échelle de classification est présentée sur la figure 7.

Le critère retenu pour l'exposition externe aux rayonnements émis par les dépôts radioactifs sur les sols et surface des 4 milieux (urbain, agricole, forestier, littoral et fluvial (expositions sur la plage ou les berges)), est la dose efficace, exprimée en sievert.

Pour définir les limites correspondant aux 6 niveaux de l'échelle, le critère proposé est fondé sur les limites de doses établies par le CODIR-PA. Ainsi, le préjudice sera qualifié d'important si la dose dépasse 10 mSv au cours du premier mois. Le préjudice pour le milieu sera qualifié d'« important et durable », si la dose reçue durant les mois suivants reste supérieure à 10 mSv.

Comme pour la contamination des denrées, une correspondance a été établie entre les critères dosimétriques et les valeurs des dépôts (en  $Bq.m^{-2}$ ) qui les engendrent, afin d'améliorer l'opérationnalité de cette échelle.

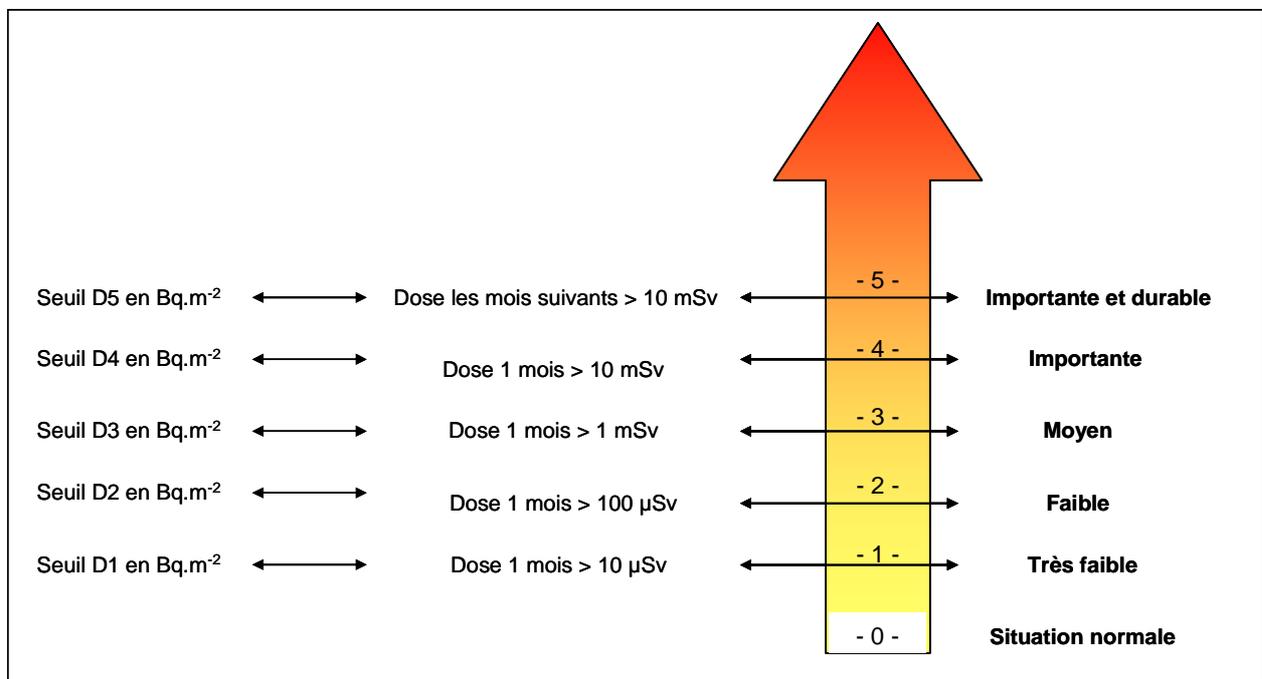


Figure 7 : Échelle de classification des milieux (voie irradiation externe)

La différence de niveau de protection radiologique entre l'exposition par ingestion traitée via les NMA et l'exposition par voie externe traitée directement au travers de la dose, a été

soulevée par les membres du GT. Les échelles proposées n'ont aucune raison d'être équivalentes pour un niveau donné (un niveau 4 pour les denrées peut correspondre à un niveau 2 pour l'exposition externe). En effet, cette cohérence n'est pas recherchée dans le cadre de PRIME : l'objectif n'est pas l'étude d'impact mais de simplement disposer d'éléments de classification de préjudices de nature différentes.

#### 4.2.2. CRITÈRES ET ÉCHELLES LIÉS AUX ENJEUX ÉCONOMIQUES

En ce qui concerne les conséquences d'un accident nucléaire sur l'activité économique d'un territoire, le concept proposé pour les prendre en compte dans le cadre de la méthode PRIME est celui de la *fonction d'endommagement*. C'est un instrument emprunté au domaine de l'évaluation socio-économique dans le cas des inondations (MEDAD, 2007). Différentes philosophies ont été proposées afin d'évaluer ces fonctions pour les dommages liés aux inondations et elles peuvent être transposées au contexte d'une contamination radioactive. Il s'agit de considérer une courbe d'endommagement pour un bien donné, mettant en relation le niveau de contamination surfacique et les pourcentages d'endommagement d'une activité économique donnée, une fonction de dommage par zone homogène (principe équivalent au précédent mais appliqué à un espace et non un bien) et une approche par coût moyen. Dans le domaine des inondations, ces fonctions d'endommagement sont élaborées, soit « à dire d'experts », soit sur la base d'une exploitation statistique d'observations réalisées à la suite de sinistres réels. Dans le domaine du nucléaire, aucun sinistre nucléaire important en France ne permet d'envisager une approche empirique. Par conséquent, l'approche menée dans le projet PRIME sera inévitablement une approche « à dire d'experts », bien que l'on soit conscient des limites liées à ce type d'approche.

Ces limites sont cependant atténuées, dans le cadre du projet PRIME, par le fait, qu'à l'instar des conséquences radiologiques, l'objectif de l'analyse économique pour PRIME n'est pas de quantifier l'ensemble des dommages subis, mais de fournir un ensemble de critères économiques simples et cohérents pour représenter au mieux les enjeux économiques du territoire. Après avoir soumis cet ensemble de connaissances aux acteurs, on pourra apprécier s'il manque des points importants ou s'il faut affiner certains éléments économiques. Il est toutefois prioritaire de réaliser une première base d'information cohérente afin d'initier la discussion.

Les enjeux économiques, sélectionnés pour la démarche de classification PRIME, sont liés à la vulnérabilité économique des entreprises selon les catégories d'activités, à la vulnérabilité du foncier, à la vulnérabilité de l'emploi et à la vulnérabilité de l'activité touristique. Une réflexion théorique, réalisée par l'un des partenaires du projet PRIME (Genty et Brignon, 2008), a permis de proposer des critères représentatifs de chacun de ces quatre types d'enjeux. La vulnérabilité économique des entreprises est représentée par l'endommagement (appelé ensuite 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 vulnérabilité de l'activité touristique est représentée par le détriment subi par la capacité d'hébergement touristique de chaque commune.

Pour évaluer les détriments économiques, le GT PRIME a considéré que la connaissance des conséquences d'un accident nucléaire sur les activités économiques n'est pas suffisamment précise pour justifier de nombreuses classes d'effets. La classification des conséquences économiques a donc été simplifiée et ces simplifications ont été effectuées de façon différente, selon que les conséquences économiques sont liées ou non à la contamination d'un

milieu particulier du territoire.

#### 4.2.2.1. Cas des activités économiques directement liées aux milieux

Dans le cas des activités agricoles, le détriment économique est lié à l'ampleur de la contamination du milieu agricole et la simplification proposée est cohérente avec le fait, que les effets d'image vont amplifier les conséquences d'une contamination même lorsque son niveau est faible et donc conduire à des conséquences importantes d'un point de vue économique. Le nombre de classes a donc été réduit de 5 (important et durable, important, intermédiaire, faible et très faible) à 3 (important et durable, important et faible) et les détriments économiques correspondant à chaque classe ont été fixés en concertation. De la sorte, si suite à un accident, la contamination radioactive du milieu agricole d'une commune atteint le niveau 2, la perte de valeur ajoutée des entreprises du secteur agricole et la perte de valeur foncière des terrains agricoles est qualifiée d'importante et atteint 100 % des valeurs avant accident.

Il est à noter que les taux de perte économique appliqués aux trois niveaux de l'échelle de classification ont été fixés arbitrairement en concertation avec les membres du GT PRIME durant les réunions du GT et du réseau PRIME concernant l'économie (Tableau 1).

Ce *modus operandi* (Figure 8), valable pour le cas des activités agricoles, est aussi utilisé pour les activités de sylviculture en lien avec la contamination du milieu forestier, pour les activités de pêche en rivière en lien avec la contamination du Rhône, pour les activités de pêche en mer en lien avec la contamination du milieu marin, pour les activités des industries agro-alimentaires en lien avec la contamination du milieu agricole et pour les activités des entreprises de distribution d'eau en lien avec le milieu le plus contaminé entre le Rhône et les nappes d'eau souterraines.

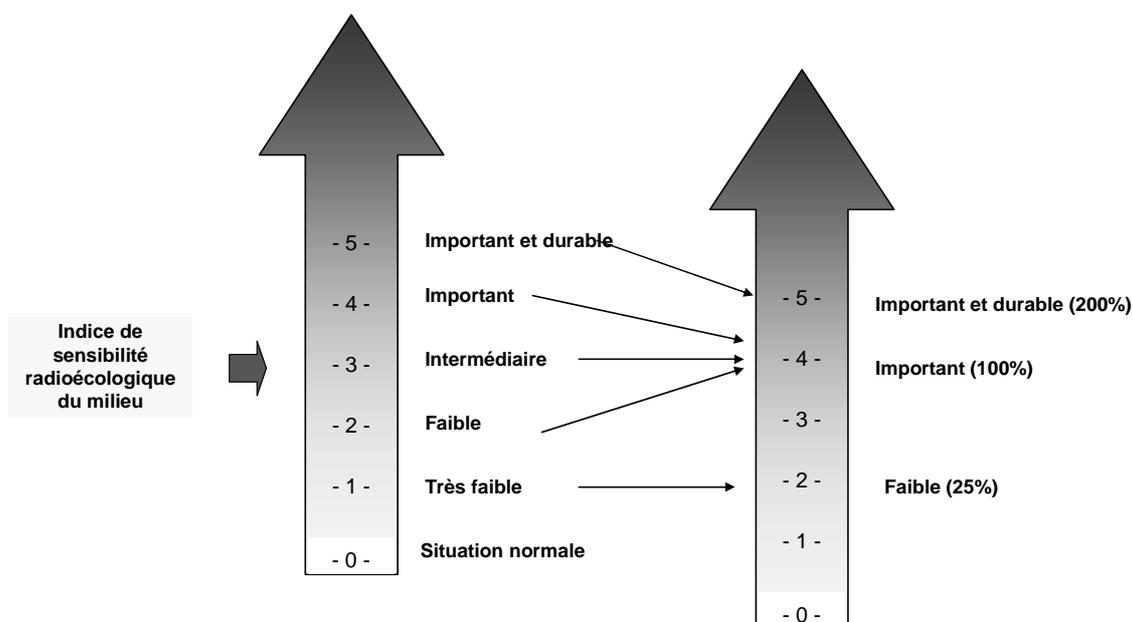


Figure 8 : Exemple de relation entre les enjeux radioécologiques et les enjeux économiques pour les activités liées aux milieux.

La dépréciation (taux d'endommagement) de la valeur foncière est, également, directement liée au niveau de contamination du territoire. L'échelle de classification liée à la dépréciation du foncier bâti, agricole et forestier est identique à celle de la vulnérabilité des entreprises dont les activités sont directement liées aux milieux (cf. Figure 8 précédente). Il en est de même pour la dépréciation du critère « attractivité touristique », le détriment subi par la capacité d'hébergement touristique étant directement lié à la contamination des milieux.

#### 4.2.2.2. Cas des activités économiques non directement liées aux milieux

Dans le cas d'activités économiques non directement liées à la contamination radioactive d'un milieu (les industries autres que les industries agro-alimentaires, les services marchands, le secteur de la construction), il a été considéré que les conséquences économiques seraient globalement peu importantes et donc la simplification proposée ne conserve que les premiers niveaux de l'échelle (Figure 9).

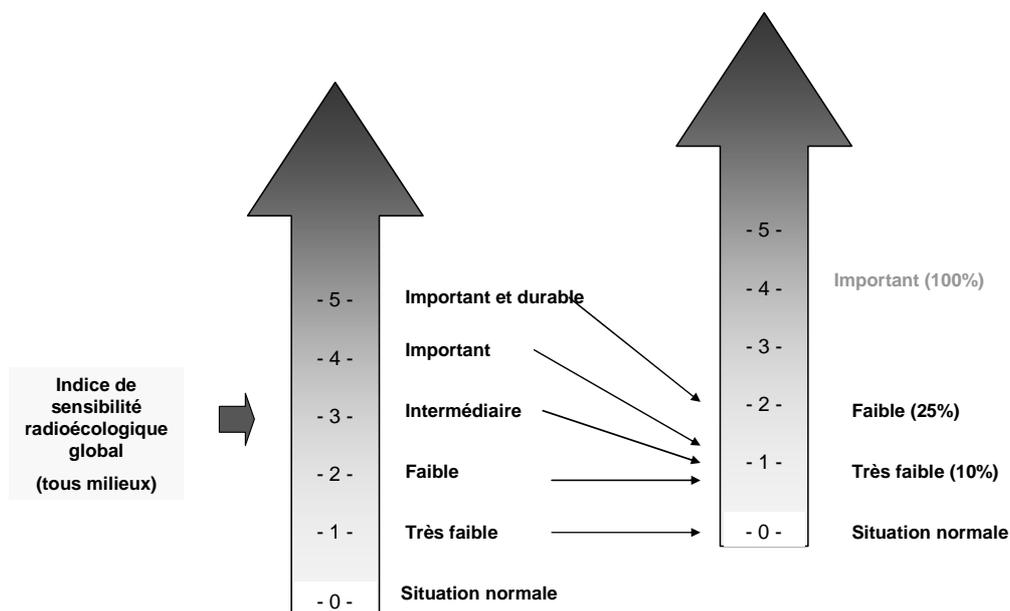


Figure 9 : Exemple de relation entre les enjeux radioécologiques et les enjeux économiques pour les activités non liées aux milieux.

Les taux de perte économique, appliqués à ces deux niveaux de l'échelle de classification, ont été également fixés arbitrairement en concertation avec les membres du GT PRIME durant les réunions du GT et du réseau PRIME concernant l'économie (Tableau 1).

#### 4.2.3. ENJEUX SOCIÉTAUX

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.

La prise en compte des problèmes de traumatisme post-accidentel est récente. Les critères de variabilité de ce type de traumatisme sont multiples. Si l'on reprend les travaux relatifs à la perception des risques (El-Jammal et Rollinger, 2007), des critères liés à l'individu face au risque apparaissent : la familiarité au risque, l'incompréhension, l'incertain, l'acceptation tacite, la contrôlabilité, la valeur morale... En particulier, le risque lié aux pollutions est un

risque pour lequel les Français accordent une faible confiance aux autorités, car il leur semble que la gestion de ce risque est difficilement contrôlable. Certains autres critères, influençant la perception des risques, sont liés à la gestion sociale du risque : désignation des victimes, confiance envers les institutions, médiatisation, bénéfice, équité. D'autres études montrent qu'il existe, dans la population en général, différents groupes se différenciant par perspectives de vie (chacun a une vision du monde dans laquelle il peut imaginer comment tracer au mieux son chemin, et ces chemins sont définis par les valeurs, les croyances et les réseaux sociaux que chacun porte). Aussi, les capacités de résilience vont dépendre des tissus sociaux, des habitudes d'usage, des expériences et des facteurs liés au comportement collectif. Selon les groupes, les personnes qui vont compter ne seront pas les mêmes : influence des « people », des notables, des personnes dont on se sent proche, influence des experts et des gestionnaires...

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 classer les capacités de résilience des populations. Le chapitre 6 de ce rapport présente la recherche « vulnérabilité et résilience » qui a été menée au sein de PRIME, afin de compléter la vision apportée par l'outil PRIME.

### 4.3. QUANTIFICATION DES VALEURS FRONTIÈRES DES ÉCHELLES DE CLASSIFICATION

Le but des évaluations faites dans ce chapitre n'est pas d'effectuer une étude d'impact, mais d'identifier les paramètres susceptibles d'être des indicateurs de sensibilité, i.e., qui vont induire une réponse différenciée de chaque commune (ou groupe de communes). Ainsi, un paramètre fondamental, comme la valeur des dépôts radioactifs (Bq.m<sup>-2</sup>) n'aura d'intérêt dans le cadre de cette étude, que si des différences fortes entre communes en découlent. Sa valeur intrinsèque ne servira qu'à positionner les communes les unes par rapport aux autres, par exemple, en tant que « peu contaminées » ou « fortement contaminées ». De ce fait, les valeurs doivent être considérées en niveau relatif d'une commune à l'autre et non en valeurs absolues.

Afin de tester l'opérationnalité et la cohérence de l'ensemble des critères choisis, les valeurs des différents critères sont ensuite quantifiées pour un (ou plusieurs) scénario d'accident et pour toutes les communes de la zone d'étude. Ces valeurs sont ensuite comparées aux valeurs frontières pour attribuer à chaque milieu un indice de gravité (Figure 10).

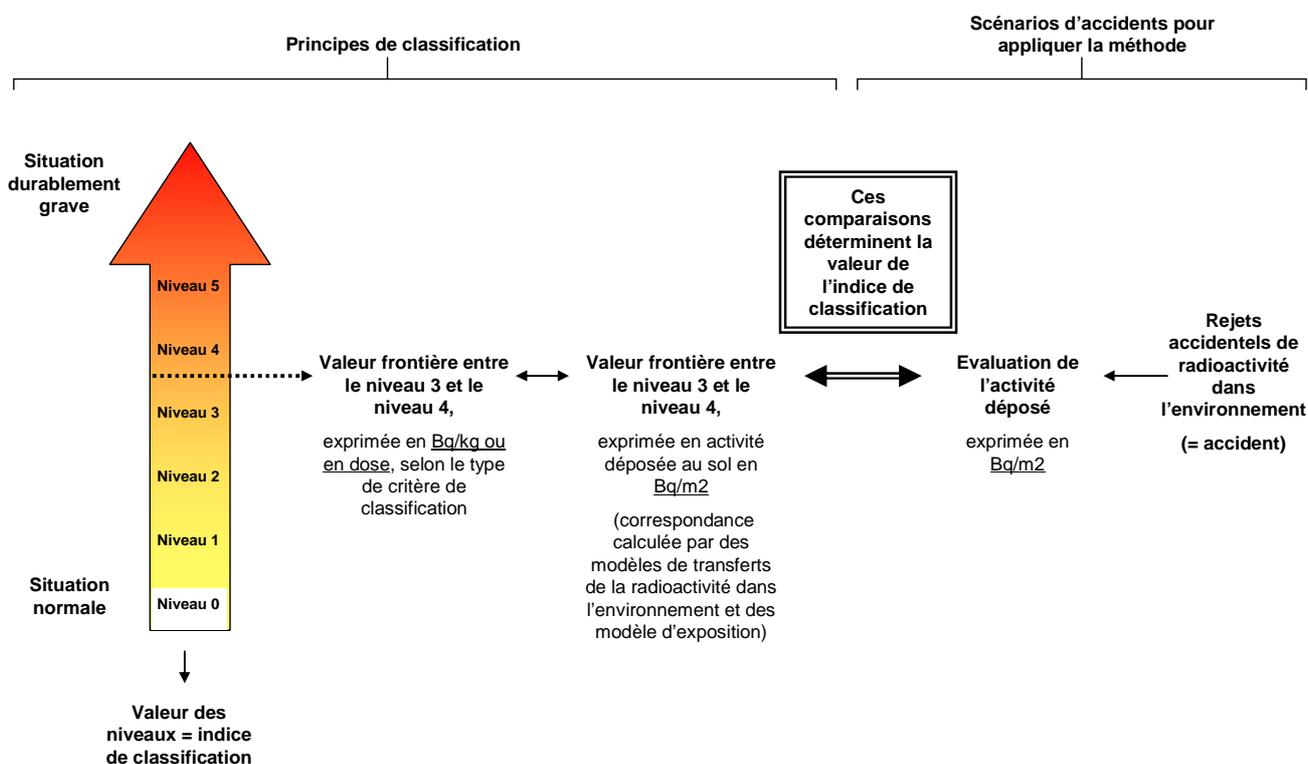


Figure 10 : Principe de classification des communes et application.

Les outils de calculs utilisés pour effectuer les correspondances des dépôts en Bq.m<sup>-2</sup> aux Bq.kg<sup>-1</sup> et/ou aux Sv.mois<sup>-1</sup> sont présentés sur la figure 11, ci-après.

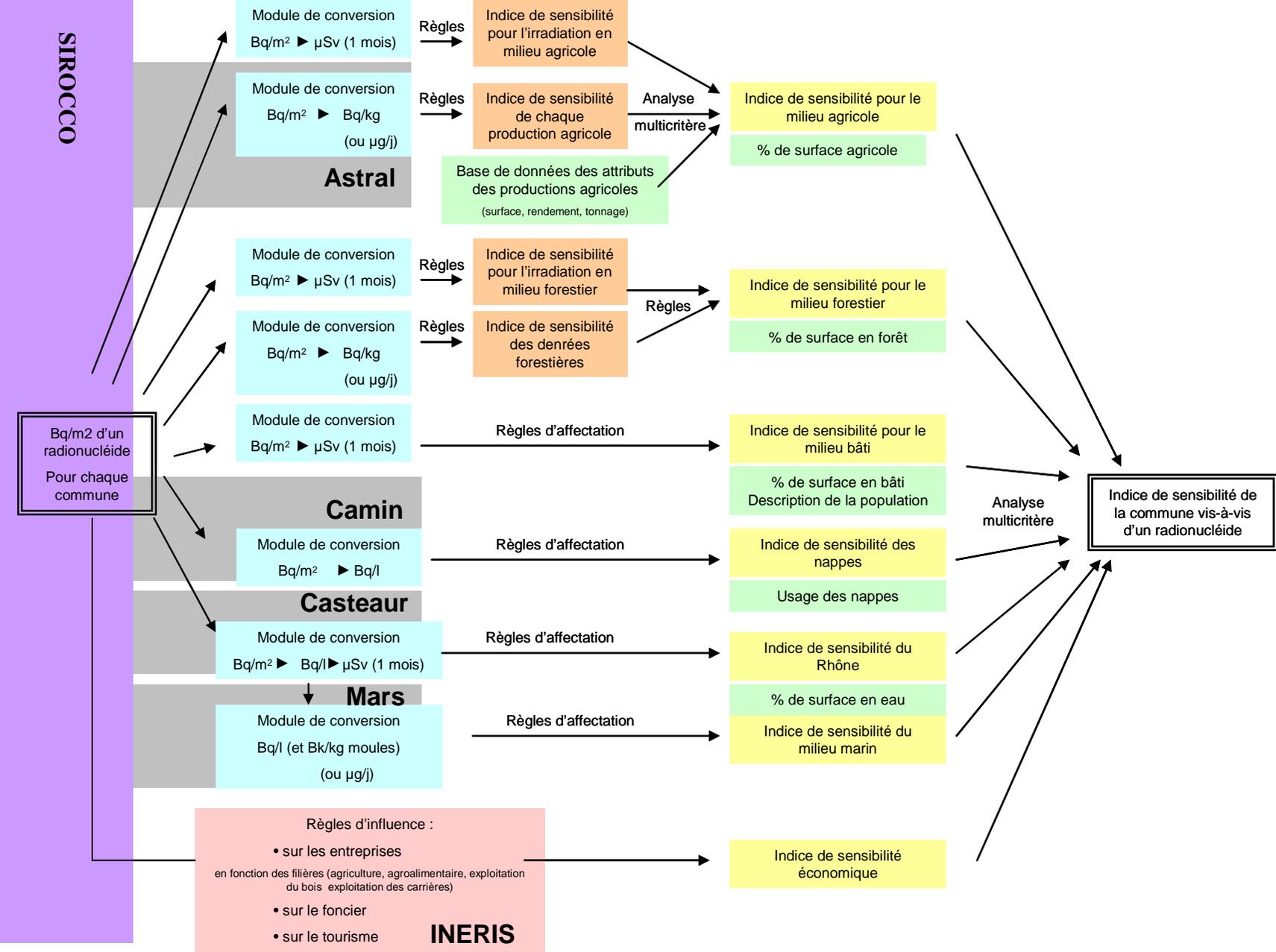


Figure 11 : Outils de calculs des données PRIME.

#### 4.3.1. ÉVALUATIONS RADIOLOGIQUES

Les éléments, relatifs à ces évaluations, sont présentés dans (Roussel-Debet et Mercat, 2007) et (Roussel-Debet, 2008). Les évaluations radiologiques de contamination des denrées et de dose externe reposent d'une part, sur la définition d'un scénario accidentel : localisation de l'installation accidentée, radionucléides rejetés, importance des rejets et conditions météorologiques lors des rejets et, d'autre part, sur la mise en œuvre de codes de calculs qui permettent, dans un premier temps, d'évaluer les dépôts radioactifs, puis la contamination des denrées et les doses qui en résultent. Ces évaluations ont été présentées et débattues au sein du GT PRIME, notamment en ce qui concerne le calibrage des paramètres d'entrée des codes de calculs radioécologiques, permettant d'évaluer la dispersion et le transfert des contaminants radioactifs dans les différents milieux de l'environnement.

Afin que les résultats obtenus dans le cadre du projet ne soient pas assimilés à une étude d'impact d'une installation nucléaire existante, il a été convenu de considérer un point de rejet fictif situé au barycentre de la zone d'étude (presque confondu avec le site de Tricastin-Pierrelatte).

Avec la même préoccupation, trois polluants radioactifs « pilotes » ont été sélectionnés :  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$  et l'uranium, comme étant représentatifs d'une part, de ceux potentiellement émis en cas d'accident par les installations locales et, d'autre part, de différents comportements dans l'environnement et de préoccupations radiologiques diversifiées. Ces radionucléides sont considérés séparément dans les calculs.

En ce qui concerne les conditions météorologiques lors des rejets, deux propositions ont été faites par les experts :

- des conditions de vent faible (1 m/s) par temps de pluie, sans direction prépondérante (secteur d'origine légèrement Est), correspondant à une probabilité d'occurrence très faible (0,9 % des situations) et induisant des dépôts importants, mais sans grand contraste régional ;
- des conditions de vent soutenu (5,8 m/s) par temps sec, dans la direction des vents dominants (secteur d'origine globalement Nord : Mistral) avec une forte probabilité d'occurrence (plus de 50% des situations) et entraînant des dépôts moindres, mais très hétérogènes.

Il s'agit donc de quantifier les relations entre les dépôts de radioactivité et les valeurs correspondantes en  $\text{Bq.kg}^{-1}$  pour les voies d'exposition par l'ingestion de denrées ou en  $\mu\text{Sv.mois}^{-1}$  pour les voies d'exposition externe et pour les différents milieux. Les évaluations radiologiques ont donc été menées au moyen des codes de calculs des transferts des radionucléides de l'IRSN (Figure 12), notamment SIROCCO pour la dispersion atmosphérique (Figure 13) et ASTRAL pour les évaluations de transfert et de dose.

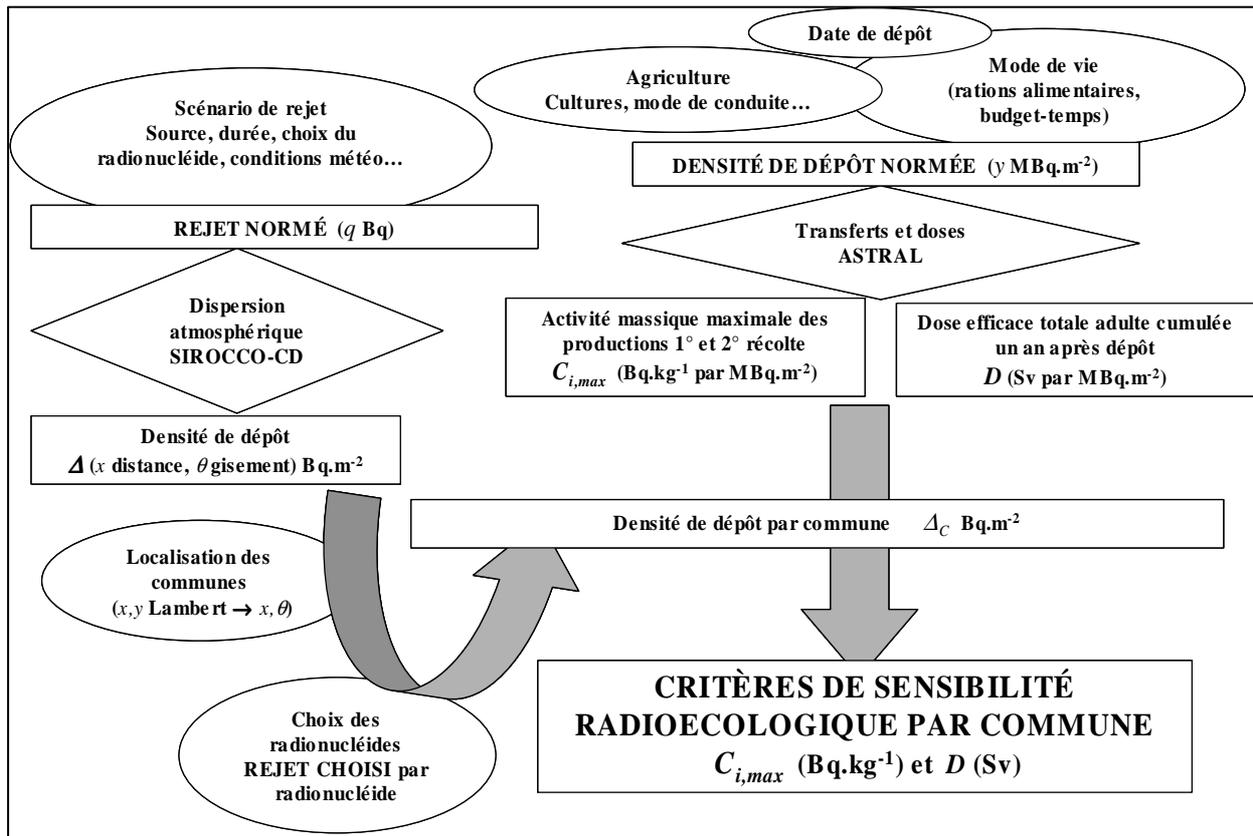


Figure 12 : Étapes des évaluations radiologiques.

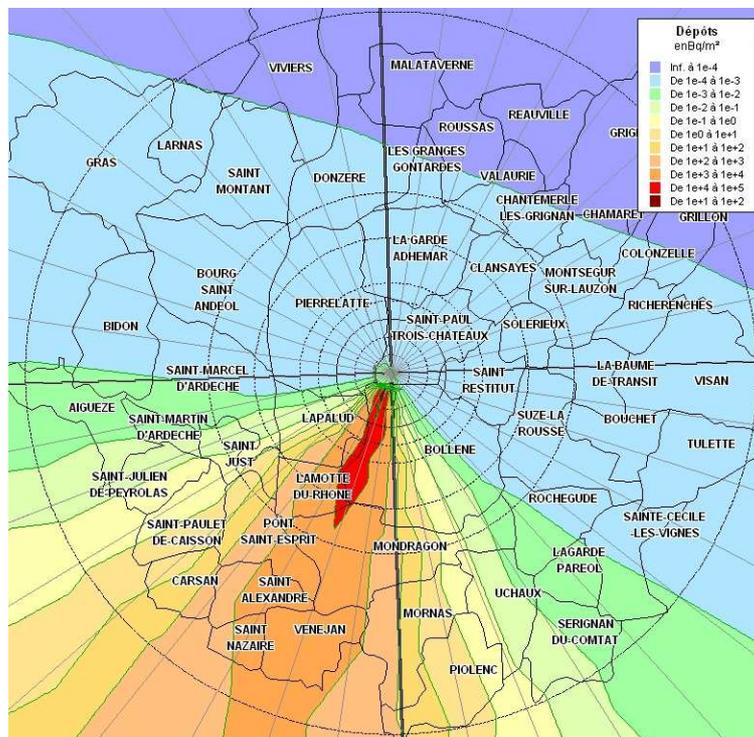


Figure 13 : Cartographie des dépôts radioactifs (cas du scénario de diffusion normale).

#### 4.3.1.1. Evaluations de la contamination des denrées

- Milieux agricole et forestier

Le milieu agricole a été particulièrement étudié, car il serait touché à très court terme après un accident et les enjeux économiques associés pourraient très rapidement être importants. Pour ce milieu, 15 productions agricoles, spécifiques de la zone d'étude, sont considérées dans PRIME : la salade, le melon, la tomate, le blé dur, le riz, la pêche et les abricots, les cerises, le vin, les olives, le thym, la viande de poulet, la viande d'agneau, les œufs et le lait de chèvre ainsi que la pomme de terre primeur (de manière à avoir un représentant de la catégorie des tubercules). Ces productions ont été choisies par le GT PRIME sur la base de quatre critères de sélection : forte présence de la production agricole sur le territoire d'étude, prix de la denrée, sensibilité plus ou moins importante à une contamination radioactive et valeur symbolique par rapport au territoire. Par ailleurs, un paramètre important est la date de l'accident qui peut induire des différences significative dans les niveaux de contamination. Cette date a été fixée au début d'été (1<sup>er</sup> juillet), ce qui induit une contamination maximale des denrées.

Certaines valeurs de paramètres par défaut du code de calcul ASTRAL ont été modifiées pour mieux répondre aux objectifs du projet ou par souci de simplification ; elles sont présentées dans Roussel-Debet et Mercat (2007) et Roussel-Debet(2008).

À titre d'illustration, la figure 14 présente l'évolution de la contamination massive de différentes productions agricoles en fonction du temps après un dépôt, issue du code de calcul ASTRAL. Elle montre la variabilité des niveaux de contamination des denrées sélectionnées et les cinétiques rapides dans les mois suivant les dépôts.

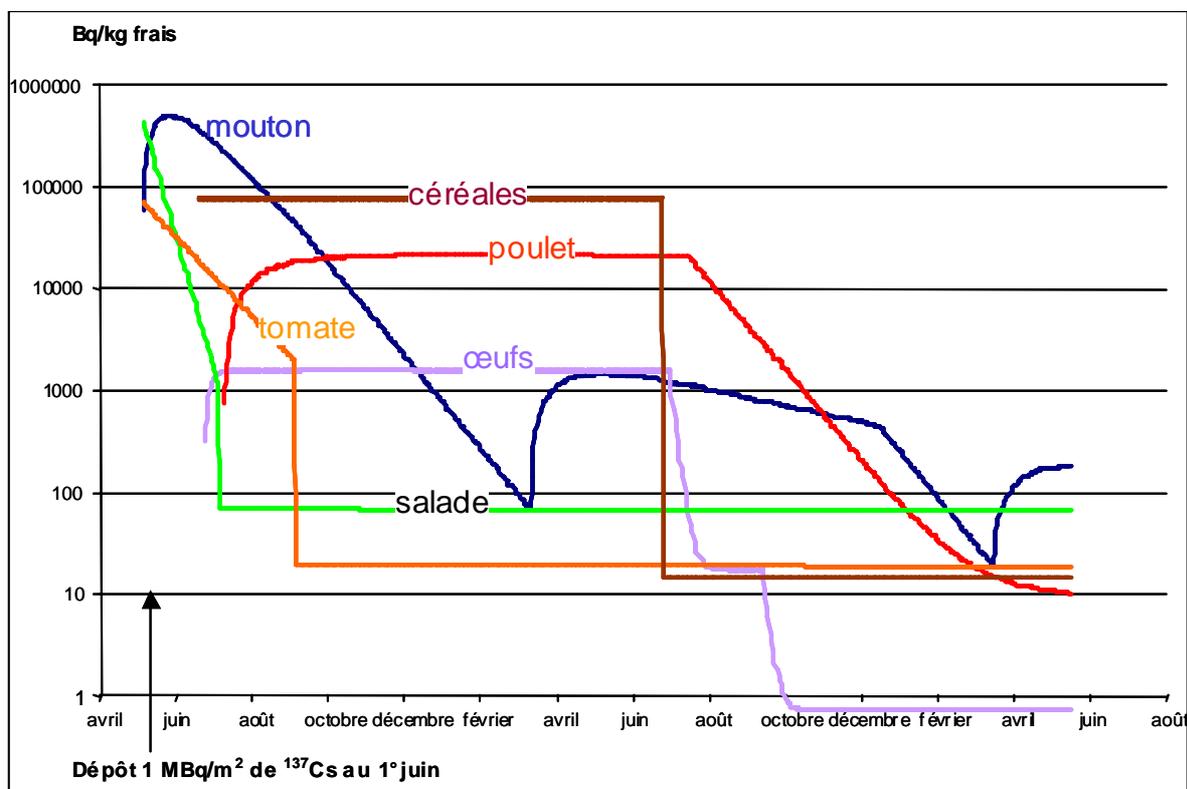


Figure 14 : Evolution de la contamination des productions après un dépôt de césium 137.

Dans le cas de l'uranium, les NMA ne permettent pas de définir un critère utilisable ; il a été nécessaire de tenir compte de la toxicité chimique de l'élément, et par conséquent, de calculer une masse d'uranium ingérée par unité de temps. La définition d'une ration alimentaire locale repose sur les données recueillies dans le cadre de l'enquête réalisée autour du site de Tricastin en 2004-2005, à la demande d'AREVA (Durand et Mercat, 2007). Pour ces paramètres alimentaires, on a donc des données fiables qui permettent de justifier les valeurs, même si la zone PRIME compte 500 communes, alors que l'aire d'extension des enquêtes locales est beaucoup plus réduite. Les enquêtes locales sont, en effet, beaucoup plus pertinentes que les nationales car elles fournissent une information localisée sur la zone PRIME et adaptée au calcul de risque. Les résultats des enquêtes alimentaires locales (autour des sites de Tricastin et de Marcoule) ont néanmoins été mis en perspective des données CIBLEX (IRSN et ADEME, 2003), pour juger de leur cohérence.

L'approche pour le milieu forestier a été simplifiée par rapport à celle du milieu agricole en ne considérant qu'un type de denrées. L'intérêt principal de cette simplification est de ne pas multiplier les calculs, ni les procédures d'agrégation multicritère. Cette proposition est aussi cohérente avec l'échelle de temps considérée actuellement dans le projet PRIME. La fenêtre temporelle d'application envisagée pour l'outil PRIME est, en effet, la première année après l'accident. Or, pour bien traiter les problématiques de contamination des milieux forestiers, il faudrait tenir compte de plusieurs années après l'accident car la contamination de certaines denrées persiste plusieurs années après le dépôt initial. Regrouper toutes les denrées dans un même groupe fictif permet ici d'avoir un critère de classification simplifié et ne donne pas l'illusion d'avoir traité toutes les spécificités forestières.

- **Les nappes**

La contamination des nappes souterraines a été évaluée par le code de calcul CAMIN de l'IRSN, dont l'approche est présentée sur la figure 15 ci-après. La méthode proposée pour résoudre l'équation différentielle résultant du transfert des radionucléides vers les nappes est la fonction de Green (Chen, 2004). Ce code de calcul permet ainsi, à partir d'un dépôt surfacique au niveau d'une commune donnée, de calculer le temps de transfert jusqu'au toit de la nappe, située sous la commune concernée et de calculer la contribution du dépôt d'une commune donnée en un point de la nappe située sous des communes voisines.

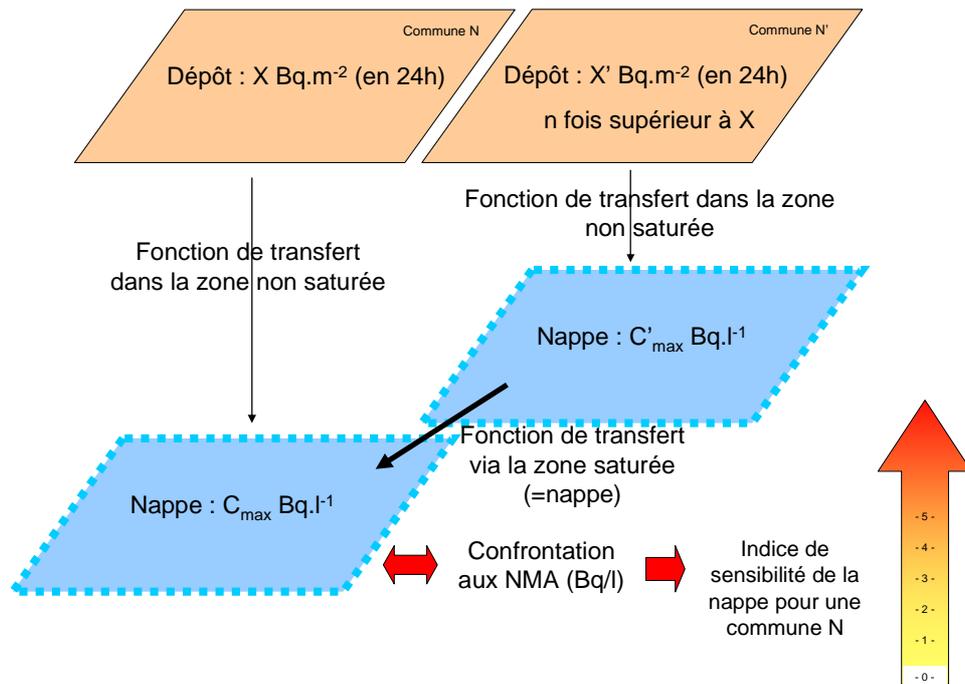


Figure 15 : Evaluation de la sensibilité des nappes.

L'exploitation des paramètres géologiques et hydrogéologiques issus du BRGM a par exemple montré que la sensibilité des nappes à un dépôt de césium 137 était négligeable.

- **Le fleuve Rhône et la zone marine côtière**

Le code de calcul CASTEAUR de l'IRSN a été utilisé pour évaluer le temps de transfert jusqu'à l'embouchure du Rhône et l'atténuation dans l'eau d'une concentration rejetée au niveau du site fictif de Tricastin-Pierrelatte (Boyer, 2008). Les calculs ont été réalisés à partir du code CASTEAUR v0.2 (Boyer et Ternat, 2005) pour trois conditions hydrauliques : module, étiage et crue décennale. Les seuls processus de transfert pris en compte étaient le transport et la dispersion du rejet (pas de décroissance radioactive et pas d'interactions avec le compartiment sédimentaire).

Le code CASTEAUR a permis, notamment, d'évaluer les critères liés à l'ingestion d'eau du Rhône et de denrées marines. À noter que les valeurs des facteurs de concentration retenues pour le calcul du critère ingestion de denrées marines, sont celles de l'AIEA pour les moules. Par exemple, pour le césium :  $100 \text{ Bq.kg}^{-1}$  par  $\text{Bq.l}^{-1}$ .

La démarche globale de cumul des valeurs des critères, limitée aux seules communes frontalières du Rhône, pose comme hypothèse qu'au-delà d'une distance par rapport au Rhône supérieure à la « largeur » d'une commune, la contribution du ruissellement n'est pas significative. La validité de cette hypothèse simplificatrice dépend fortement du gradient spatial de dépôt sur les communes (et donc du type d'accident), de la taille des bassins versants relatifs à chaque commune et des flux de ruissellement. Pour les deux scénarios étudiés dans PRIME, les sommes des contributions pour Arles ont été calculées avec EXCEL selon l'alternative : uniquement la somme des contributions des communes frontalières du Rhône ou somme de toutes les communes PRIME. Les deux résultats sont proches au sens de la granularité recherchée dans PRIME puisque les écarts ne modifient pas le classement de la sensibilité de la commune d'Arles. Cette hypothèse est donc acceptable pour le prototype PRIME.

#### 4.3.1.2. Evaluations dosimétriques

- **Milieux agricole et forestier**

L'impact dosimétrique pour les milieux agricole et forestier a été évalué à travers les données de temps passé à l'extérieur dans les champs et dans les forêts. Il n'existe pas d'enquêtes locales relatives aux budgets-temps, concernant spécifiquement la zone PRIME. Les données utilisées proviennent de l'étude INSEE de 1998-1999 implémentées dans la base de données CIBLEX, dont l'analyse a montré que chaque individu passait au moins 12 à 14 heures par jour à l'intérieur d'un bâtiment.

Pour calibrer le calcul d'exposition externe, la proposition pour PRIME a été d'utiliser 50 % du temps passé à l'extérieur (dans les champs et les forêts).

- **Milieux bâti**

Pour le milieu bâti, la seule voie d'exposition considérée a été l'exposition externe, puisque l'alimentation provient des zones agricoles et par conséquent, leur vulnérabilité est évaluée par ailleurs. Le seul paramètre de calibration du calcul d'exposition externe est le temps passé à l'extérieur car les données disponibles ne permettent pas de régionaliser le facteur de protection lié à l'habitat. La valeur utilisée pour les calculs PRIME a été la valeur de 0,1 qui est celle utilisée par défaut dans ASTRAL. Ceci signifie la dose efficace externe reçue par un individu à l'intérieur d'un bâtiment est 10 fois plus faible qu'à l'extérieur.

En ce qui concerne le budget temps, la proposition pour PRIME est d'utiliser la valeur « 90 % du temps à l'intérieur », dont l'ordre de grandeur est confirmé par la bibliographie.

- **Le fleuve Rhône et la zone marine côtière**

L'évaluation dosimétrique externe pour le fleuve Rhône et la zone marine côtière a été effectuée, via le calcul de l'irradiation par la baignade. De la même manière que pour l'évaluation de la contamination des denrées pour ces deux milieux, les calculs ont été réalisés à partir du code CASTEAUR de l'IRSN (Boyer, 2008), selon la même démarche de calcul (cumul limité aux seules communes frontalières du Rhône et selon leur position géographique, de l'amont vers l'aval).

Le temps de baignade a été fixé à 1 heure par jour, soit 30 heures dans le mois (hypothèse classique pour des scénarios de groupe de référence).

#### 4.3.2. EVALUATIONS DES IMPACTS ÉCONOMIQUES

Le concept proposé pour prendre en compte les conséquences économiques d'un accident nucléaire est celui de la *fonction d'endommagement*. Rappelons que 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. Les inconvénients majeurs de cette démarche sont de donner une impression illusoire de précision, du fait de la manipulation de nombreux chiffres, de ne pas produire de logique explicative et donc de ne pas permettre de déboucher sur des recommandations vis-à-vis des acteurs. Cependant, dans l'état actuel des connaissances, c'est la seule approche utilisable pour le projet PRIME. L'amélioration des connaissances dans ces domaines permettrait, ultérieurement, la mise en place d'approches plus pertinentes comme les approches dites « approche crise » (étude du positionnement de la crise locale dans le contexte national), « approche économique » (analyse des fonctions d'offre, de demande et de leur élasticité) et « approche par l'attractivité des territoires » (sa capacité à attirer des capitaux produits dans d'autres régions en France ou à l'étranger).

Il a donc été nécessaire, d'une part, de choisir des critères représentant l'activité économique de chaque commune et, d'autre part, d'évaluer l'endommagement des activités économiques, en fonction du niveau de contamination des milieux, puis de transposer les différents niveaux de l'échelle de classification. Les enjeux économiques, sélectionnés pour la démarche de classification PRIME, sont liés à la vulnérabilité économique des entreprises selon la catégorie d'activités (flux économiques générés par chaque commune), à la vulnérabilité du foncier (usages directs du capital), à la vulnérabilité de l'emploi et à la vulnérabilité de l'activité touristique (Figure 16). L'INERIS a proposé une liste de critères et les grandes orientations pour les évaluer (Genty et Brignon, 2008).

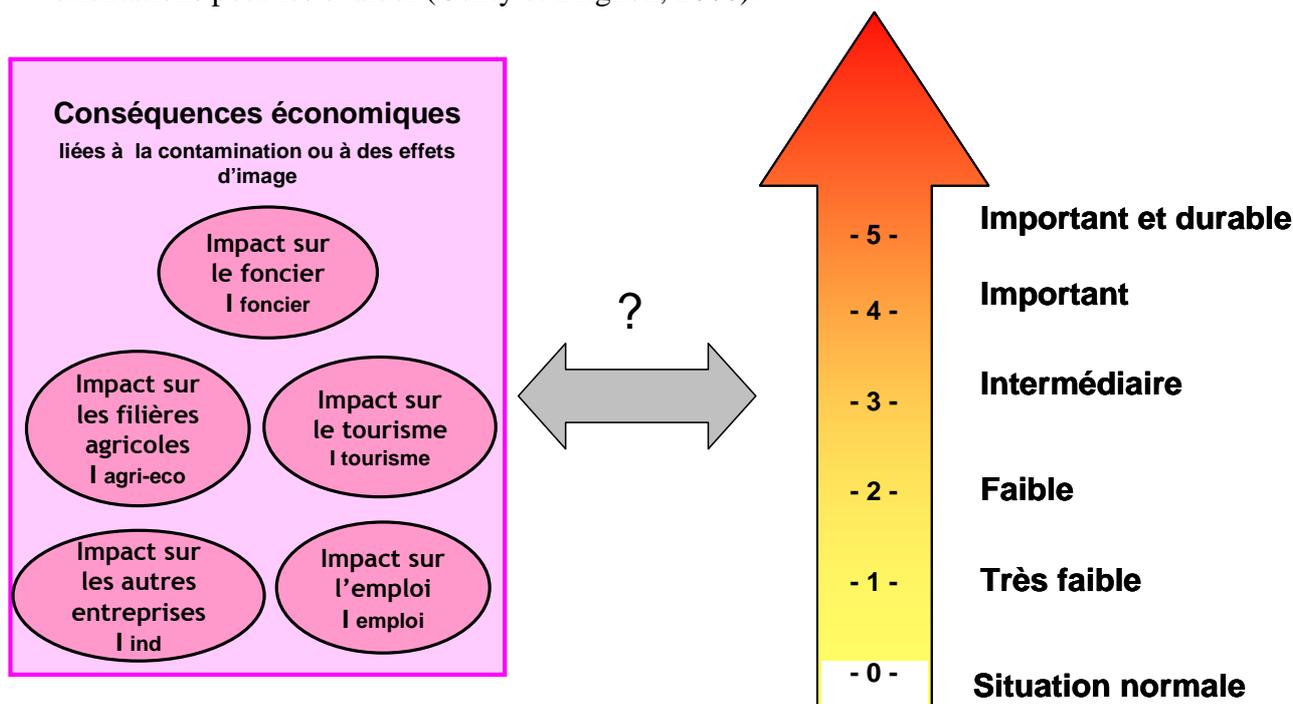


Figure 16 : Evaluation des enjeux économiques.

#### 4.3.2.1. Évaluation de l'impact sur les entreprises

La vulnérabilité économique des entreprises, selon leur catégorie d'activité, a été représentée par l'endommagement (détriment économique) de la valeur ajoutée<sup>4</sup> produite par chaque catégorie économique d'entreprises (établissements agricoles, établissements sylvicoles, établissements de pêche en mer, établissement de pêche en rivière, industries agricoles et alimentaires, autres industries, établissements du secteur de la distribution d'eau, établissements du secteur de l'énergie, établissements du secteur de la construction, services marchands, services administrés).

Les classifications économiques N00 (5 secteurs d'activité, statistiques départementales) et NES 16 (branches d'activités, statistiques régionales) ont été retenues pour PRIME. La valeur ajoutée a été ensuite estimée pour chaque commune en multipliant la valeur ajoutée des

<sup>4</sup> L'estimation des valeurs ajoutées régionales repose sur l'utilisation des fichiers des comptes des entreprises intégrées dans le Système Unifié de Statistiques d'Entreprises (Suse) et des Déclarations Annuelles de Données Sociales (DADS) ainsi que du répertoire SIRENE®. Pour les plus grandes entreprises, les montants comptables sont examinés en détail via le Système Intermédiaire d'Entreprise (SIE). Les comptes des entreprises permettent de calculer une valeur ajoutée pour chaque entreprise qui est ensuite régionalisée au prorata de la masse salariale de chaque établissement. Les valeurs ajoutées sont ensuite agrégées par région et secteur d'activité, ce qui permet d'établir des ratios de productivité (valeur ajoutée par salarié). Ces ratios sont multipliés par les estimations sectorielles d'emploi régional pour obtenir une première estimation des valeurs ajoutées régionales par branche.

activités économiques issue de l'INSEE par le nombre d'établissements de chaque activité issu du fichier SIRENE de l'INSEE. La valeur ajoutée produite par un établissement varie beaucoup selon le secteur d'activité et, dans une moindre mesure, selon le département.

Les valeurs des taux de perte, fixés en concertation, dépendent de l'ampleur de la contamination des milieux, avec deux cas de figures principaux : 1) si l'activité économique est liée à un milieu (Figure 8) et 2) si l'activité économique n'est pas liée à un milieu, ainsi que deux cas particuliers pour les établissements du secteur de l'énergie qui seraient en crise directe et pour les services administrés qui seraient globalement très peu touchés (Figure 9).

### **4.3.2.2. Évaluation de l'impact sur le foncier**

Le territoire communal se répartit, selon les données Corine Land Cover de l'IFEN (2005), en trois catégories : territoire bâti, territoire agricole et, forêts et milieux semi-naturels. La vulnérabilité foncière a été représentée par la perte de valeur foncière des surfaces, selon leur type d'utilisation (bâti, agricole ou forêt).

Les critères de valeurs foncières des terres de la zone PRIME (terres agricoles, bâti et forêt) ont été renseignés par les séries de données de la SAFER<sup>5</sup> (la valeur locative cadastrale suggérée par l'INERIS pour le foncier bâti étant plus difficilement disponible). Les valeurs des taux de perte dépendent de l'ampleur de la contamination des milieux, selon les mêmes détriments que pour une activité économique liée à un milieu.

Les données de la SAFER de 2005 ont permis d'attribuer une valeur monétaire par hectare pour chaque catégorie. Malgré le fait que cette approche ne tienne pas compte des surfaces en eau, elle a été retenue par l'ensemble des membres du GT PRIME, qui ont également fixé les taux de perte de la valeur foncière (Figure 8).

### **4.3.2.3. Évaluation de l'impact sur l'emploi**

L'impact sur l'emploi a été représenté par la propension à délocaliser les emplois, selon la catégorie d'activité économique en considérant deux critères sociaux : le critère  $\lambda 1$  de survie des entreprises par bassins d'emploi et le critère de mobilité/nécessité. Le critère  $\lambda 1$  de survie des entreprises (concept du CREDOC dont l'utilisation est suggérée dans l'étude de l'INERIS) n'a finalement pas été retenu car son application au territoire PRIME conduit à une très faible discrimination des communes. Seuls les critères de mobilité et de nécessité, dont la combinaison conduit à estimer la propension à délocaliser des emplois ont été utilisés dans la méthode PRIME (Figure 17). Globalement, les activités économiques qui ne sont pas fortement liées au territoire vont être délocalisées tandis que les autres activités resteront sur place (lien par le sol, lien par les investissements ou absence d'alternative pour les transports). Par exemple, les activités agricoles et agroalimentaires seront délocalisées rapidement contrairement aux activités financières et immobilières, la santé, l'éducation et l'administration.

---

<sup>5</sup> Société d'Aménagement Foncier et de développement des Espaces Ruraux.

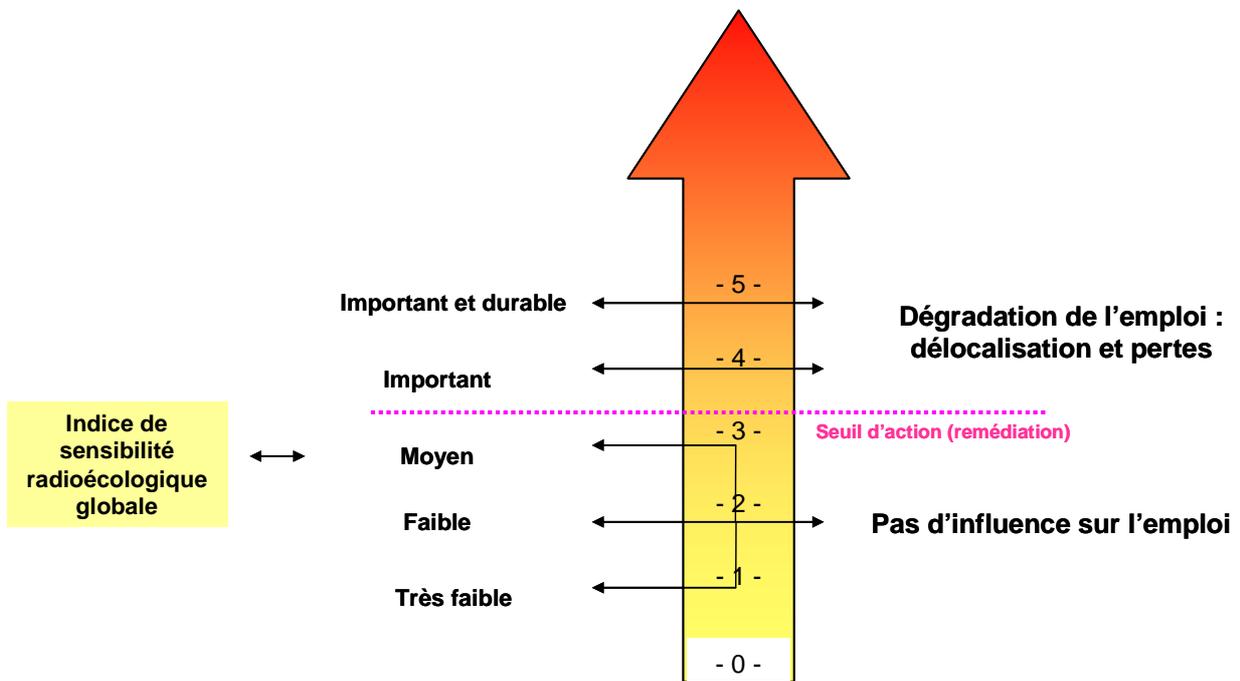


Figure 17 : Conséquences sur l'emploi.

#### 4.3.2.4. Évaluation de l'impact sur l'attractivité touristique

Quatre options de critères avaient été étudiées et présentées au GT PRIME : le classement des guides touristiques Michelin (Barde et Mercat, 2007), la répartition des emplois touristiques et leurs poids économique, les taxes de séjours et le nombre de lits touristiques correspondant à une pondération selon le type d'établissements touristiques (hôtels, campings...) selon un mode de calculs adopté par l'INSEE.

Les impacts sur le tourisme ont été in fine 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 commune. Ce critère a permis d'évaluer la capacité en hébergements touristiques d'une commune : 1 chambre dans un hôtel représente 2 lits touristiques, 1 emplacement dans un camping correspond à 4 lits touristiques et une résidence secondaire compte pour 5 lits touristiques.

La valeur du taux de perte a été, comme précédemment, fonction de l'ampleur de la contamination des milieux (Figure 8).

#### 4.4. LIMITES DE L'APPROCHE ECONOMIQUE

Des économistes de l'INERIS (Genty et Brignon, 2008) ont proposé une approche basée sur une étude macro-économique de coût/efficacité ou de coût/bénéfice. L'INERIS a davantage l'habitude de discuter des données économiques à un niveau national alors qu'ici on s'intéresse à une économie territorialement située. Une telle approche est très spécifique en regard des concepts économiques habituellement utilisés. Les flux entre régions en particulier sont difficiles à prendre en compte.

Il s'agit donc d'économie appliquée au niveau local sur différents types d'impacts économiques : sur l'agriculture, sur l'industrie, sur les transports, sur l'emploi et sur le

consommateur. L'impact sur l'agriculture ne sera pas le même impact si les produits sont commercialisables ou non. Le coût de l'image doit aussi être pris en compte pour savoir si on trouvera encore des consommateurs pour des produits qui seraient consommables mais qui seraient associés dans l'esprit des consommateurs à une zone ayant subi un accident nucléaire. Le problème va être d'évaluer ce coût de l'image. Une option de l'agriculteur pourra être de changer le type de production en cas de contamination et donc on peut aussi envisager d'évaluer le coût du changement ou de l'adaptation des méthodes de production.

Il s'agit aussi de trouver les données économiques existantes pour le territoire afin de faire un inventaire du potentiel économique du territoire et de chaque commune et d'identifier ensuite les critères de différenciation entre les communes.

Différentes limites, listées ci-dessous, ont été longuement discutées par l'ensemble des participants car l'approche proposée correspond surtout à une approche par défaut qui vise à faire le meilleur usage possible des seules données disponibles. Une question a été longuement débattue de savoir si en prenant des critères basés sur des données statistiques régionales ou départementales, on représente correctement les situations locales.

Le GT a décidé pour avancer dans le travail de ne pas répondre à cette question mais de poursuivre la démarche jusqu'au bout, c'est-à-dire jusqu'à l'obtention des cartes représentant les différents critères économiques. Ensuite, au vu des résultats, les participants pourront se faire leur propre avis quant au caractère raisonnable de ce qui est proposé malgré toutes les limites de l'approche. Si de meilleures données sont trouvées ou deviennent disponibles, la recherche pourrait alors être reprise avec plus de robustesse.

- Echelle de temps et données économiques

L'échelle de temps utilisée dans PRIME pour les conséquences radioécologiques n'est pas forcément adaptée sur le plan économique où, même pour des événements mineurs, les conséquences peuvent perdurer sur plusieurs années. Dans cette analyse économique, on n'a donc pas essayé d'être exhaustif car il ne s'agit pas d'évaluer le coût pour la société suite à un incident nucléaire.

La pertinence de ces approches peut être limitée lorsqu'il s'agit comme dans PRIME d'une approche territoriale où l'on tente de tenir compte d'une part des acteurs qui sont situés dans un territoire spécifique, qui agissent sur celui-ci et bénéficient des gains de leur activité et d'autre part de la sensibilité de leur activité à une pollution radioactive durable.

- Coût de la rémediation

Un autre point de discussion a porté sur le coût des réparations (par exemple le nettoyage des outils de production) qui auraient un coût économique non négligeable ; le marché de revente des machines-outils constituant un marché non négligeable pour les industries. Dans cette phase de développement, pour réduire la difficulté, les actions de rémediation n'ont pas été incluses.

- La prise en compte des stocks

La prise en compte des stocks et en particulier des stocks de bois a aussi été discutée, le stock de bois a été traité de façon plus précise à titre d'exemple et parce que l'exploitation forestière de la zone PRIME serait sans doute un enjeu important en cas de contamination radioactive car la capacité de rémanence de la radioactivité est plus importante dans les milieux forestiers que dans les milieux agricole et bâti.

- Dégradation de l'emploi

La proposition de l'INERIS de conceptualiser la dégradation de l'emploi par un double critère Nécessité/Mobilité a été longuement discutée. Cette conceptualisation théorique paraît

intéressante pour représenter de façon rationnelle les conséquences d'une contamination radioactive sur la propension à délocaliser les différents types d'entreprises mais le caractère très subjectif des valeurs fixées a été relevé. Jusqu'ici les critères proposés pour PRIME sont des critères rationnels, basés sur des calculs de contamination ou des inventaires d'établissements et recourir à des valeurs beaucoup plus subjectives semble difficile à justifier. L'application de la proposition de l'INERIS a conduit à modifier certaines des valeurs proposées car, même si les valeurs proposées semblaient raisonnables à l'échelle nationale, elles ne s'appliquaient pas toujours bien au territoire d'étude. Ainsi, le cas des transports est cité à titre d'exemple ; l'INERIS ayant proposé une forte propension à la délocalisation de ce type d'entreprises alors que les acteurs locaux ont confirmé que, quelle que soit l'ampleur de la crise, l'axe de circulation rhodanien serait conservé faute de possibilité de contournement.

La discussion a montré que les secteurs économiques pourraient aussi être rangés selon des critères : délocalisable ou non, degré de concurrence etc. Le transport dans le couloir rhodanien s'avère tellement nécessaire qu'il sera faiblement impacté.

- L'échelle de l'approche économique

Le choix de l'échelle de la commune, unité administrative comme unité spatiale d'étude, a aussi posé problème. Définir des zones homogènes pouvait sembler préférable, d'autre part les réactions de la population ne seraient sans doute pas indépendantes des conséquences économiques et des effets d'images et donc que la représentation cloisonnée des différents enjeux ne correspond pas à la réalité. Mais collectivement les membres du GT PRIME ont considéré que l'unité de gestion des conséquences d'une contamination était la commune. Son maire va être un acteur important de la gestion. Cela peut être aussi un utilisateur de l'étude. De plus, le caractère homogène d'une zone géographique est difficile à évaluer a priori car la zone peut être homogène d'un point de vue des enjeux économiques mais exposée différemment à la variable en termes de dispersion de la contamination radioactive.

- Le non traitement des enjeux non marchands

Le choix a aussi été fait a priori de ne pas traité traiter les enjeux non marchands. Effectivement, l'approche proposée conduit essentiellement à quantifier les enjeux marchands, dans une approche que l'on peut qualifier de « comptable ») : c'est la disponibilité des données à cette approche et non un choix a priori.

Quand cela était possible, on a essayé de tenir compte des aspects non marchands, c'est le cas par exemple pour le tourisme où le critère de l'attractivité touristique sous-entend la prise en compte de la qualité du patrimoine naturel et humain.

## 5. Analyse multicritère

L'attente du projet PRIME en termes d'analyse multicritère est d'éliciter puis de modéliser les perceptions, logiques et préférences des différents acteurs, exprimées lors d'entretiens au cours desquels il leur est demandé de classer les enjeux en fonction de l'importance relative qu'ils revêtent à leurs yeux, puis d'attribuer un indice de vulnérabilité unique à chaque commune diversement touchée par l'accident, tous enjeux confondus. Le modèle est ensuite utilisé pour systématiser ces logiques afin de classer l'ensemble des communes de la zone d'étude en fonction de leur vulnérabilité globale.

### **5.1. CHOIX DE LA MÉTHODE MULTICRITÈRE ET DE L'OUTIL INFORMATIQUE**

#### **5.1.1. PRINCIPE D'UNE MÉTHODE MULTICRITÈRE**

Dans des systèmes complexes, les informations sont souvent nombreuses, très hétérogènes et nécessitent d'être regroupées. Par exemple, dans PRIME les informations relatives aux enjeux dits marginaux "agricole", "bâti", "forêt", "nappe", "Rhône" et "littoral" sont regroupées dans l'enjeu global "environnement". Les informations caractérisant les enjeux sont parfois conflictuelles au sujet d'un même ensemble d'objets. C'est le cas si deux communes du territoire sont impactées en sens contraire pour des enjeux différents. En pratique, il est commode d'associer à chaque enjeu marginal un indice caractérisant la gravité de l'accident relativement à cet enjeu. Une méthode d'aide à la décision multicritère formalise alors le compromis retenu pour comparer globalement les alternatives (les communes). Cette comparaison est alors utilisée pour hiérarchiser les communes en fonction de la gravité de l'accident. Cette hiérarchisation peut s'opérer suivant deux logiques différentes.

La première a pour objectif de résumer les indices de gravité relatifs aux différents enjeux en un indice global, on parle alors de logique d'affectation ou de tri.

La seconde consiste à comparer directement les communes entre elles pour les ranger en fonction de leur gravité globale sur l'enjeu, on parle dans ce cas de logique de rangement ou d'ordonnement.

Le choix entre ces deux logiques de hiérarchisation dépend essentiellement de l'objectif visé. Pour définir un indice global de gravité, la logique d'affectation est suffisante par contre si l'on souhaite pouvoir caractériser plus précisément l'état de gravité du territoire pour aider à définir les mesures de remédiation alors la logique de rangement est plus adaptée. Ceci étant, il est important de comprendre qu'indépendamment de la logique (affectation ou rangement) retenue, la question centrale d'un problème multicritère est une question de comparaison. C'est bien évidemment le cas lorsque l'on cherche à ranger les communes les unes par rapport aux autres mais c'est aussi le cas dans le problème d'affectation. En effet, pour affecter un indice global à une commune, cela implique que l'on ait défini des valeurs frontières (éventuellement fictives) qui permettent de donner sens à la valeur de l'indice. Ainsi si les valeurs d'une commune sont en deçà (resp. au delà) des valeurs frontières elle sera affectée à un indice inférieur (resp. supérieur). Les méthodologies multicritères ont toutes pour objectif principal de fournir un cadre conceptuel permettant de comparer des objets définis par un même ensemble d'attributs (dans PRIME les communes sont les "objets" du territoire et les attributs correspondent aux enjeux).

Aussi, un premier intérêt d'une méthode multicritère réside dans sa capacité à tenir compte de l'information inter critère, c'est-à-dire de pouvoir évaluer dans quelle mesure un indice élevé associé à un enjeu peut ou ne peut pas être compensé par un indice faible sur un autre. Ce n'est évidemment pas un problème simple, puisqu'en général, aux indices sont

associés des enjeux différents. Le deuxième intérêt d'une méthode multicritère est sa capacité à synthétiser l'information contenue au travers des différents enjeux. Une méthode multicritère ne vise pas nécessairement à supprimer le conflit ou la subjectivité dans la comparaison de deux objets. Il convient cependant de garder à l'esprit que la spécificité d'une commune et l'appréciation de la gravité d'un accident sont bien trop complexes pour être modélisées entièrement par un modèle mathématique : les méthodes multicritères dans le projet PRIME visent seulement à apporter une aide à la caractérisation de la gravité globale d'un accident nucléaire.

Comme nous venons de le rappeler, une méthodologie multicritère est essentiellement une formalisation d'une procédure de comparaison. Connaissant les valeurs des enjeux pour une situation  $a$  et une situation  $b$ , il faut agréger ces informations pour déterminer si la situation  $a$  est globalement préférable à la situation  $b$ . Pour atteindre cet objectif, on distingue formellement deux familles de méthodes multicritères. La première famille a pour principe de chercher à évaluer directement la situation globale pour  $a$  et pour  $b$ , et de comparer ensuite ces évaluations. La seconde famille compare les situations enjeu par enjeu puis agrège cette information sur l'ensemble des enjeux. Les méthodes de la première famille sont dites de type « Agréger puis Comparer » et notées AC. Les méthodes de la seconde famille sont dites de type « Comparer puis Agréger » et notées CA.

### 5.1.2. LA MÉTHODE MULTICRITÈRE RETENUE DANS PRIME

La méthode choisie pour PRIME est une méthode de type « Comparer puis Agréger ». Elle est très largement inspirée des méthodes ELECTRE (Roy 1985 ; Mousseau 1993 ; Dias et al. 2002) et PROMETHEE (Vincke, 1989). Ce type de méthode facilite la prise de position par un acteur confronté à un choix. En effet, elle s'appuie sur une comparaison directe entre deux communes et permet également de modéliser naturellement la notion d'incomparabilité traduisant le fait que tous les enjeux ne se ramènent pas nécessairement à une même échelle. Cette méthode s'articule donc en deux étapes : la première consistant à formaliser la comparaison de deux communes en analysant la logique utilisée par les acteurs sur les communes représentatives et la seconde à synthétiser l'ensemble de ces comparaisons pour aboutir à la hiérarchie de gravité sur l'ensemble du territoire.

La méthode d'analyse multicritère que nous avons utilisée, est basée sur la notion de surclassement. Cette notion permet de comparer deux à deux, des communes présentant des indices de vulnérabilités différents pour chacun de leurs enjeux. Le résultat attendu d'une comparaison entre deux communes  $a$  et  $b$ , est de pouvoir distinguer quatre situations différentes : « similaire », « plus vulnérable », « moins vulnérable », « incomparable ». Le terme « incomparable » caractérisera des communes dont les enjeux sont très différemment atteints et pour lesquelles un classement ordinal serait artificiel. Chacune des quatre situations de comparaison se modélise par les quatre systèmes relationnels :  $\sim$ ,  $>$ ,  $<$ ,  $\#$ . Ainsi :

- $a \sim b$  signifie que les communes  $a$  et  $b$  sont similairement touchées (ce qui ne veut pas dire identiquement touchées),
- $a > b$  : la commune  $a$  est au moins aussi atteinte que la commune  $b$  ou
- $a < b$  : la commune  $b$  est moins atteinte que la commune  $a$ ,
- $a \# b$  les communes  $a$  et  $b$  sont atteintes sur des enjeux très différents et leur situation n'est pas comparable.

Bien évidemment, parmi ces relations : deux ( $\sim$  et  $\#$ ) sont symétriques et deux ( $<$  et  $>$ ) sont antisymétriques. Demander à un acteur de PRIME de comparer un ensemble de communes

revient à définir un ensemble de trois relations sur l'ensemble du territoire et l'état de la comparaison entre deux communes est nécessairement un et un seul des états :  $\sim$ ,  $>$ ,  $<$  ou  $\#$ .

En pratique, il est commode d'agréger ces quatre relations en une seule relation. Pour cela, on introduit la notion de surclassement  $S$  qui confond la notion de préférence ( $>$ ) et d'indifférence ( $\sim$ ). Ainsi  $aSb$  signifie  $a>b$  ou  $a\sim b$ . Et par opposition, le non surclassement, noté  $a\check{S}b$ , correspond aux cas  $a<b$  ou  $a\#b$ . Les quatre situations de comparaisons de communes  $a$  et  $b$  : « similaire », « plus vulnérable », « moins vulnérable », « incomparable » sont ainsi caractérisées à partir de la seule relation de surclassement.

- $a\sim b \Leftrightarrow aSb$  et  $bSa$ ,
- $a>b \Leftrightarrow aSb$  et  $b\check{S}a$ ,
- $a<b \Leftrightarrow bSa$  et  $a\check{S}b$ ,
- $a\#b \Leftrightarrow a\check{S}b$  et  $b\check{S}a$ .

La relation de surclassement permet d'éliciter aussi bien les préférences intra critère (par exemple est-ce que le passage d'un indice 2 à un indice 3 est comparable à un passage d'un indice 3 à 4 ?) que les préférences inter critères (dans quelle mesure une 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  $q = 1$  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 véto égal à 3, signifie qu'une commune dont l'indice est 4 ne pourra être considérée moins gravement atteinte qu'une commune dont l'indice est 1 sur cet enjeu quelque 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 vétos partiels. Par exemple, si on considère  $q=0$ ,  $v=4$  et  $s=2$ , alors si on observe une différence de 1 sur l'indice entre deux communes pour un enjeu, son poids sera compté 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 véto partiel.

Affecter un indice de gravité à chaque commune sur la base de comparaison de communes deux à deux, supposerait que toutes les situations soient perçues comme comparables par les acteurs. Cela peut ne pas être le cas si l'acteur considère que les préjudices subis par deux communes sont de nature différente (par exemple économique ou radiologique). Afin de prendre en compte de telles situations « d'incomparabilité », les communes ne sont pas comparées entre elles mais positionnées sur l'échelle de vulnérabilité (comparées à des

communes fictives dont la vulnérabilité correspond aux différents niveaux de l'échelle). Plus simplement, ceci revient à attribuer un indice de vulnérabilité global aux communes sur la base des indices de vulnérabilité par critère.

La détermination des paramètres de la méthode multicritère est effectuée à partir de l'analyse faite par les acteurs sur un jeu de communes dont les indices de gravité d'atteinte des différents enjeux permettent d'illustrer les divers types de choix de classement. La relation de surclassement ainsi définie est utilisée dans un premier temps pour attribuer un indice global à chaque commune puis dans un second temps pour aboutir à une hiérarchie de gravité sur l'ensemble du territoire, intégrant la notion d'incomparabilité.

### 5.1.3. LE PROTOTYPE PRIME

Cette méthode a fait l'objet dans le cadre du projet PRIME d'un développement d'interface utilisateur afin d'être incorporée dans le logiciel prototype PRIME (Chakhar S, 2009a et 2009b). 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 (Chojnacki, 1996) de l'IRSN et font l'objet d'un rapport spécifique (Chojnacki et al, 2010).

La figure 18 résume l'ensemble des critères de vulnérabilité proposés pour évaluer la vulnérabilité globale d'une commune aux conséquences d'une contamination radioactive de l'environnement. L'ensemble des informations nécessaires pour quantifier ces critères pour chacune des 491 communes de la zone d'étude a été rassemblé dans un prototype d'outil logiciel permettant la visualisation cartographique des valeurs des critères ainsi que leur traitement aux moyens d'algorithmes d'agrégation multicritère (Chakhar, 2009).

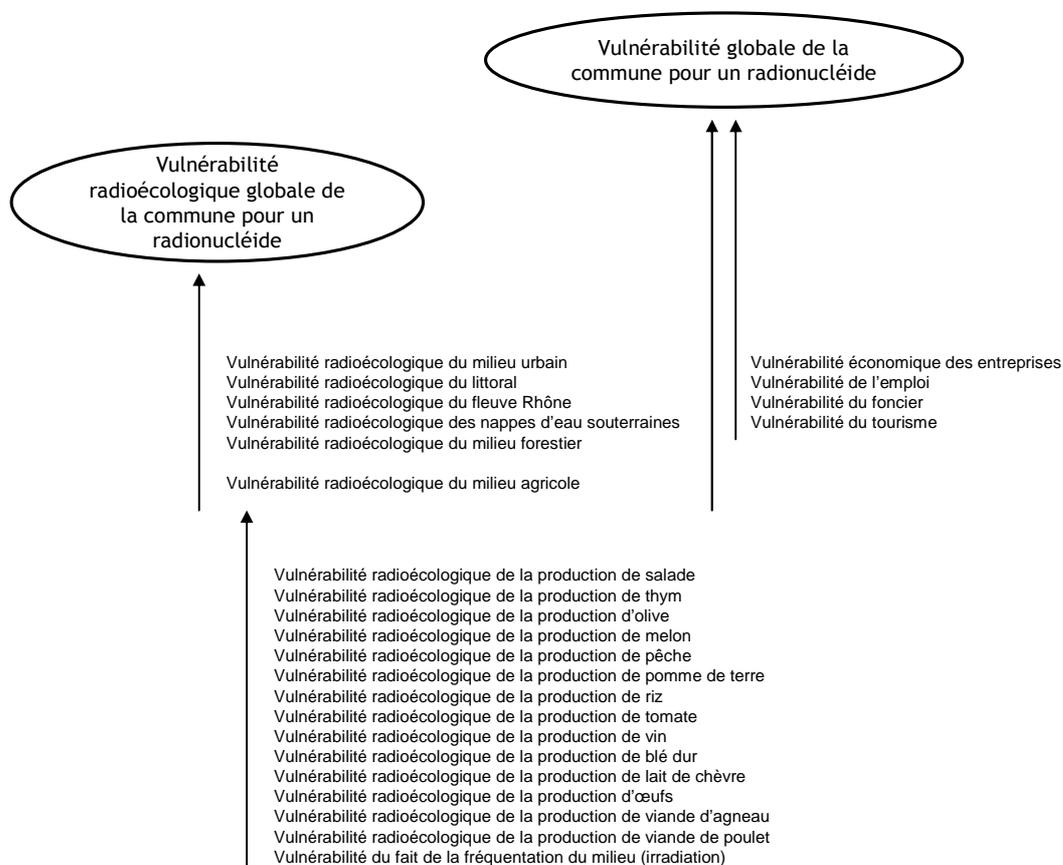


Figure 18 : Arborescence des critères de vulnérabilité de la méthode PRIME

PRIME 1.0 a été développé en utilisant le système d'information géographique ArcGis™ d'ESRI®, et plus précisément la composante ArcMap™. La méthode multicritère intégrée dans PRIME 1.0 est ELECTRE TRI, développée au sein du LAMSADE<sup>6</sup> et présenté précédemment. Le module d'inférence intégré dans PRIME 1.0 fait appel au logiciel IRIS (Interactive Robustness analysis and paramters Inference for multicriteria Sorting problems).

L'interface principale de PRIME présente les menus suivants : Fichier, Caractérisation Territoriale, Sensibilité Radioécologique, Vulnérabilité Economique, Analyse Multicritère, Outils et Aide. L'ensemble de ces menus est précisément décrits dans le rapport (Chakhar, 2009). La base de données PRIME a été créée via l'application Microsoft Access ; les données relatives aux productions agricoles, à l'économie et à la population ayant été créées sous Microsoft Excel et celles relatives aux dépôts de différents radionucléides, sous Microsoft Access.

Les fonctionnalités offertes par le menu Caractérisation Territoriale sont organisées en sept sous-menus qui correspondent aux différents milieux considérés dans le projet PRIME (Milieu Agricole, Milieu Bâti, Surfaces en eau, Nappes d'eau souterraine, Milieu naturel et forestier, Caractérisation Economique et Population). Par exemple, pour le sous-menu Milieu agricole, 3 sous-menus sont présentés : caractérisation Productions Végétales, Caractérisation Productions Animales et Occupation de l'Espace Communal. Le premier sous-menu permet la caractérisation du milieu agricole selon les différentes productions végétales retenues par le GT PRIME et trois variables de classification : le rendement, la surface et le tonnage. Il en est de même pour les autres sous-menus : dans le cas de la caractérisation des productions animales, les variables de classification sont la productivité, l'effectif et le tonnage.

Les sous-menus reprennent les données recueillies pour chacun des enjeux, présentées dans le chapitre 4 de ce rapport.

Il en est de même pour les 3 autres menus de l'application. La sensibilité radioécologique concerne les 5 milieux sélectionnés : agricole (ingestion des produits végétaux et animaux ; irradiation), nappes d'eau souterraine (ingestion d'eau), bâti (irradiation), naturel et forestier (ingestion de denrées forestières et irradiation), Rhône (ingestion d'eau et irradiation) et mer (ingestion de produits marins et irradiation). Les fonctionnalités offertes par le menu Vulnérabilité économique concernent la valeur ajoutée produite par les entreprises, les valeurs foncières des terres, les emplois et l'attractivité touristique, comme présenté dans le chapitre 4. L'utilisateur peut par la suite lancer l'application de classification des 491 communes de la zone d'étude en fonction des critères choisis et selon les règles d'affectation préétablies. Les notices techniques et d'utilisation du logiciel (Chakhar, 2009a et 2009b) précisent toutes les étapes de fonctionnement du logiciel ainsi que tous les outputs possibles.

## **5.2. RÉALISATION ET RÉSULTATS DES ENTRETIENS PRÉALABLES A L'ANALYSE MULTICRITÈRE**

### **5.2.1. RÉALISATION DES ENTRETIENS**

Les préférences des acteurs ont été collectées lors d'entretien entre l'équipe d'animation du projet PRIME et les acteurs. Les entretiens ont notamment pour objectif de permettre une quantification des quatre paramètres de la modélisation multicritère. Six entretiens d'une durée de trois heures, ont été réalisés avec six membres du GT PRIME représentatifs des différentes sensibilités vis-à-vis du risque nucléaire. Il s'agissait de mettre chaque acteur en situation fictive de gestion post-accidentelle d'un territoire après leur avoir donné les clés de

---

<sup>6</sup> Laboratoire d'Analyse et Modélisation de Systèmes pour l'Aide à la Décision.

connaissance issues de la méthode PRIME. Les points testés lors de ces séances de travail concernaient l'usage des critères de vulnérabilité établis par le GT PRIME pour hiérarchiser les priorités. Est-ce que ces critères sont suffisants ? Que manque-t-il ? Avec cette information, comment sont hiérarchisées les vulnérabilités ?

Lorsque les acteurs ont donné leur accord, ces séances on pu être enregistrées afin de faciliter l'exploitation numérique de l'information apportée par chaque acteur. Un guide d'entretien a été élaboré pour structurer le dialogue de façon globalement homogène entre les différents entretiens.

Les points successivement abordés au cours de l'entretien sont :

1. Rappel des objectifs de l'entretien : classer les communes de la zone d'étude PRIME sur une échelle de vulnérabilité qui va du niveau 0 au niveau 5. Ce classement étant fait en 2 étapes (Figure 19) : i) sur la base des critères radioécologiques seuls, ii) puis en intégrant les conséquences économiques induites par la contamination des milieux.

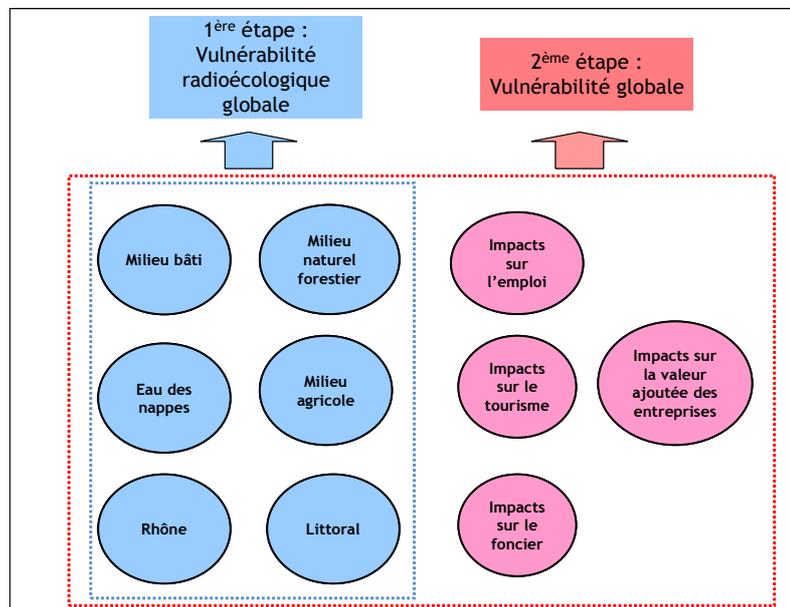


Figure 19 : Etapes de classification lors des entretiens

2. L'échelle de classification et sa signification (Figures 20 et 21) . Cette étape de l'entretien est crucial car il faut pouvoir donner à l'acteur une maîtrise suffisante de la méthode de classification PRIME pour qu'il se l'approprié et puisse ensuite l'utiliser.

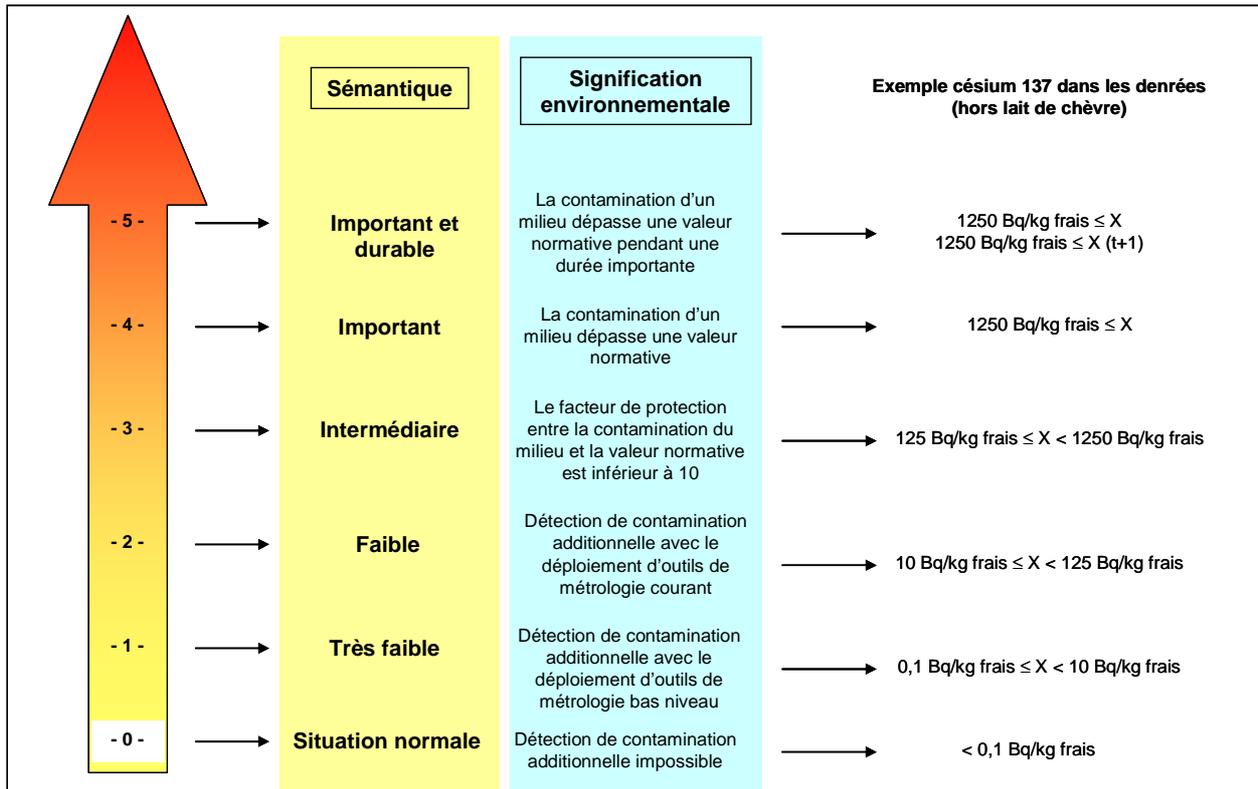


Figure 20: Sémantique de l'échelle de classification des préjudices radioécologiques présentée lors des entretiens

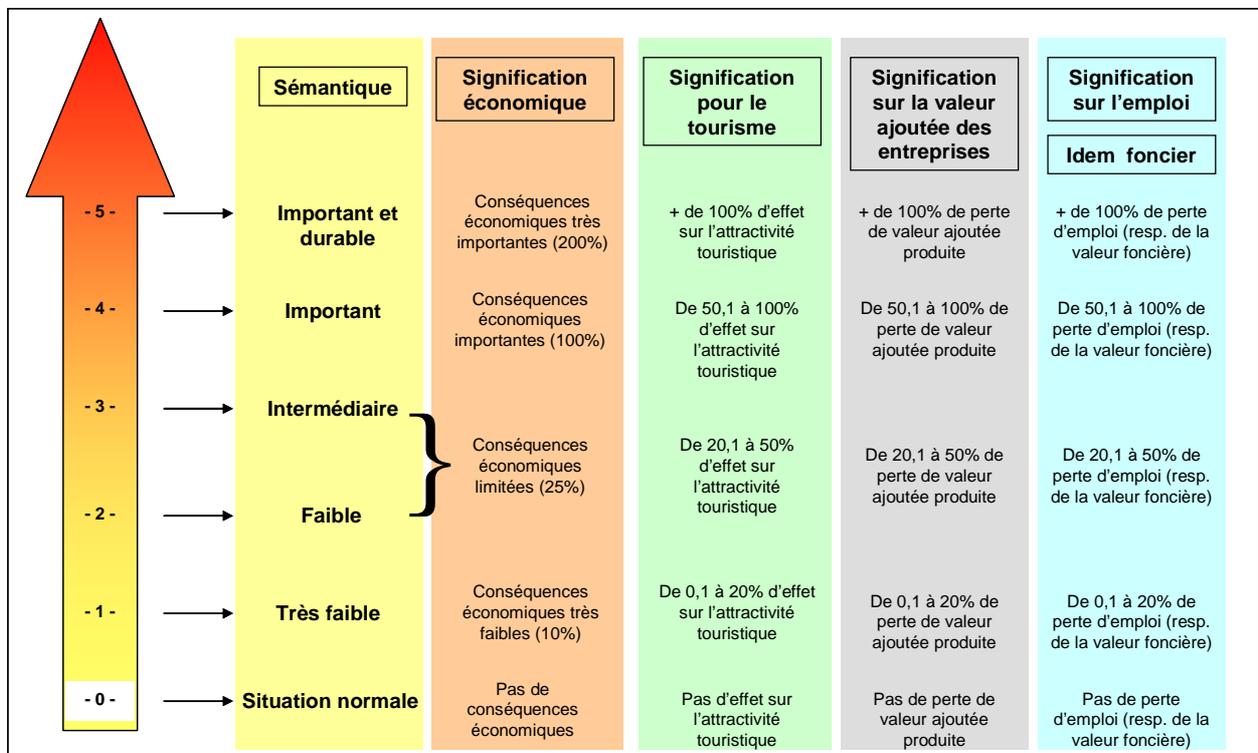


Figure 21: Sémantique de l'échelle de classification des préjudices économiques présentée lors des entretiens

3. Rappels sur la zone d'étude, le scénario fictif d'accident et présentation spatialisée des indices de vulnérabilité via le prototype d'outil logiciel tel qu'illustré dans la figure 22.

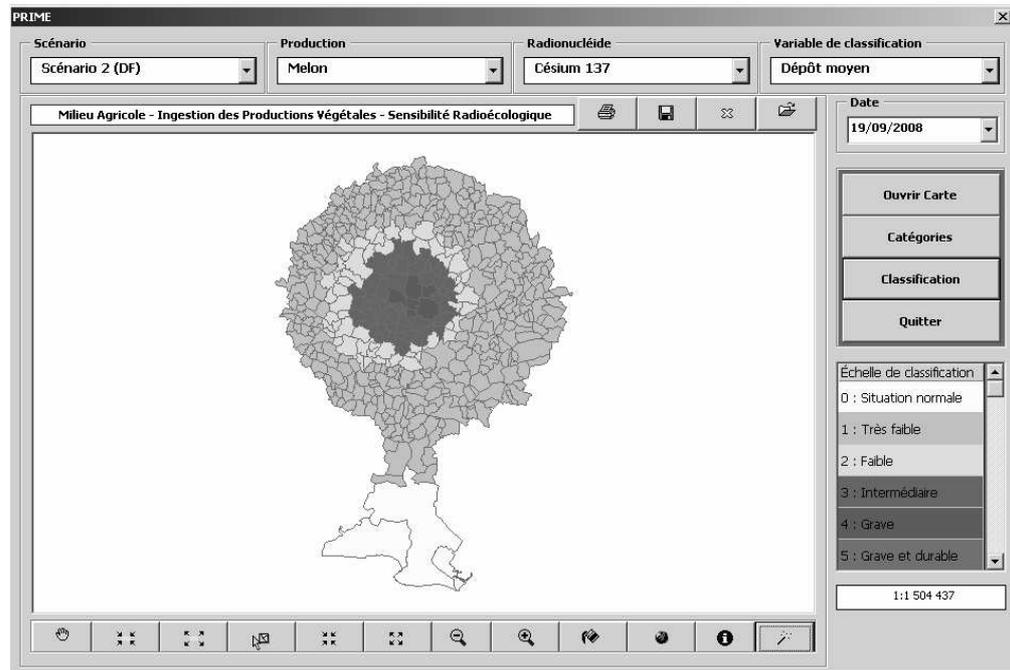


Figure 22: Exemple de représentation spatiale des critères de classification des milieux issue du prototype logiciel PRIME

4. Un ensemble de 18 communes présentant des combinaisons variées d'indice de classification pour chacun des 6 milieux a été ensuite présenté à l'acteur (Figure 23).

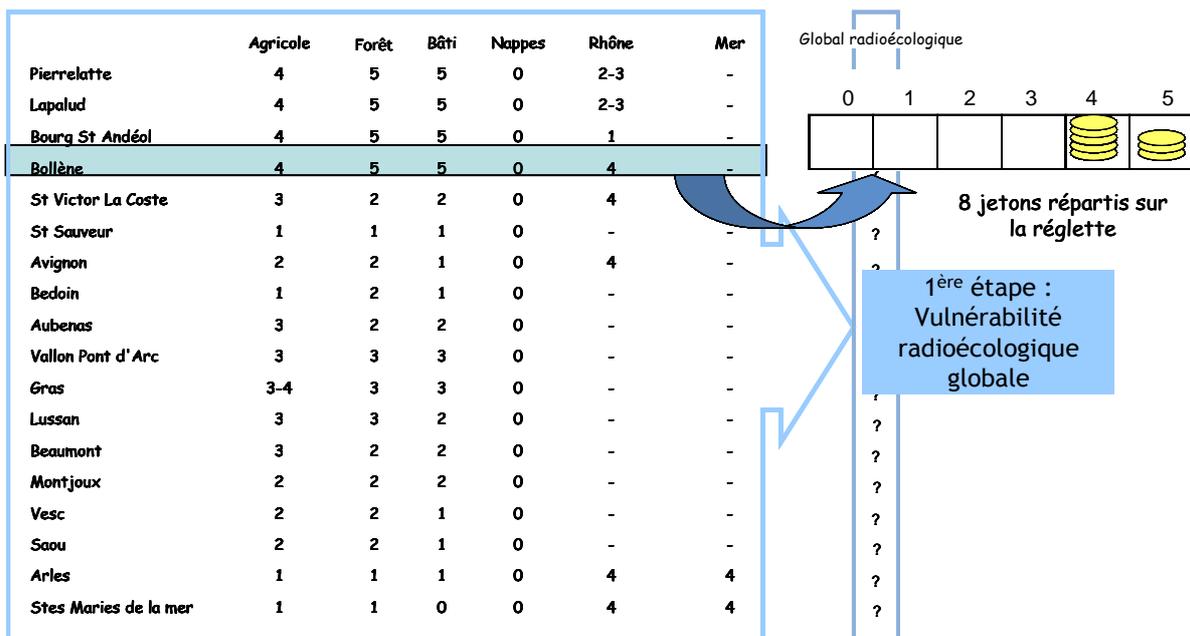


Figure 23: Critères radioécologiques des 18 communes choisies pour mener les entretiens ;

principe d'attribution d'un indice de vulnérabilité agrégé par la méthode des jetons

Ces communes ont été sélectionnées car elles correspondent à trois niveaux d'atteinte :

- des indices 4 à 5 atteints sur certains enjeux : Pierrelatte, Lapalud, Bollène, Bourg-Saint-Andéol,
- des indices intermédiaires 3 et 4 : Gras, Vallon-Pont-d'Arc, Lussan, Beaumont, Aubenas ainsi que Saint-Victor-la-Coste, Avignon, Arles et les Saintes Maries de la Mer,
- des indices inférieurs à 3 traduisant de faibles préjudices pour tous les enjeux: Montjoux, Vesc, Saou, Bedoin et Saint Sauveur

Il est alors demandé à l'acteur d'attribuer un indice de vulnérabilité radiologique global ou une plage de valeur pour cet indice, en répartissant 8 jetons sur une réglette en carton graduée de 0 à 5, pour illustrer ses préférences pour tel ou tel niveau de l'échelle de classification. Les acteurs ont donc pu, au moyen des 8 jetons, nuancer l'attribution d'un indice de vulnérabilité globale. Par exemple, si un acteur affecte une commune en 4, il peut répartir ses 8 jetons autour de la valeur 4 pour montrer que les valeurs de certains enjeux sont telles qu'il hésite avec une autre valeur.

5. L'acteur doit ensuite classer les six enjeux radiologiques en fonction de l'importance relative qu'ils revêtent à ces yeux. La méthode utilisée pour cette question est celle dite « du jeu de carte » (Simos, 1990).

6. Ensuite, la méthode est reprise à partir du point 5 en intégrant les critères économiques. L'acteur doit donc proposer une affectation pour chaque commune à partir des 6 indices des critères relatifs à la contamination des milieux plus les 4 indices des critères relatifs aux enjeux économiques (valeur foncière, tourisme, valeur ajoutée des entreprises et emploi). Il se prêle ensuite à la méthode Simos pour les 10 critères.

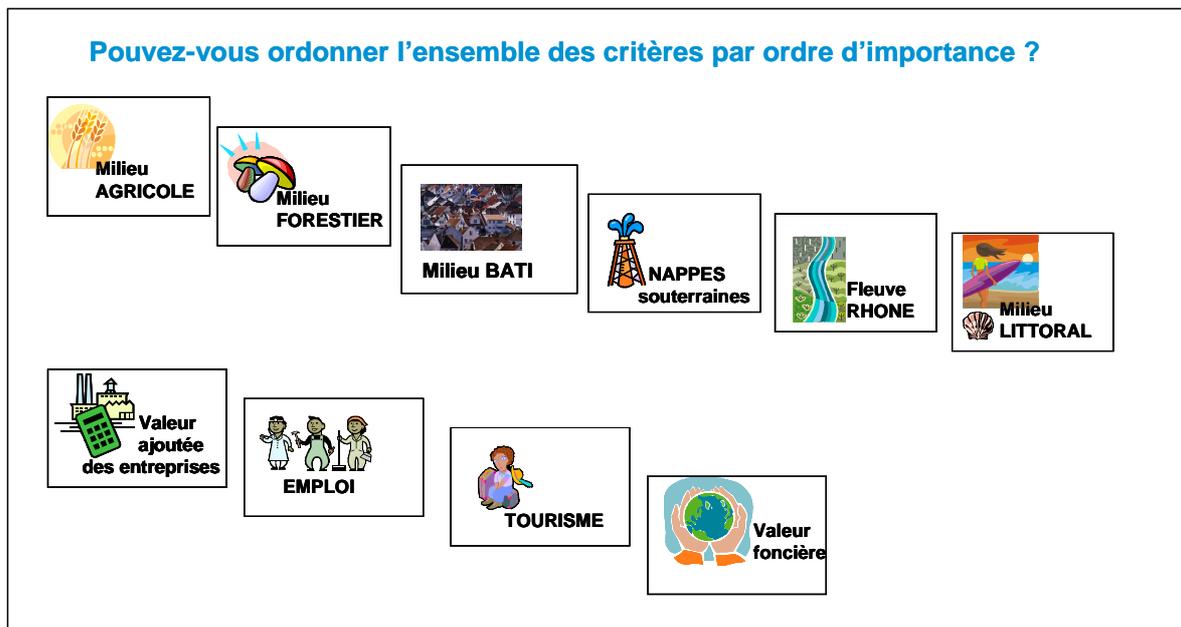


Figure 24 : Question pour application de la méthode Simos

### 5.2.2. RESTITUTION DES ENTRETIENS ET PARAMÉTRISATION ASSOCIÉE

Globalement les entretiens n'ont pas révélé de difficulté majeure. Afin de ne pas alourdir la présentation, seuls 3 résultats d'entretien sont présentés ci-après. Les six entretiens sont restitués et analysés dans le rapport (Chojnacki et al., 2010). Deux des 3 acteurs présentés ci-après avaient participé à toutes les réunions du GT PRIME (CM et PP) et l'autre non (noté CAL). Tous trois se sont prêtés à l'ensemble de la mise en situation. L'acteur PP a cependant émis des réserves sur la validité de la classification globale, eu égard aux nombreuses limites de l'approche concernant les enjeux économiques.

#### 5.2.2.1. Hiérarchisation des enjeux

Les graphiques de la figure 25 présentent la hiérarchisation des enjeux radiologiques pour un exemple d'acteurs : les acteurs PP, CM et CAL.

Globalement, les trois acteurs ont utilisé les mêmes formes de raisonnement pour hiérarchiser les milieux : « il y a d'abord les gens et ensuite les milieux » (citation extraite des entretiens). Les premières ressources à protéger sont donc l'eau (nappes d'eau souterraine et parfois le Rhône), les denrées alimentaires (milieu agricole et éventuellement le milieu marin) et/ou les habitations (le milieu bâti). Un des acteurs a reconnu « avoir une grande sensibilité au littoral qui pourrait lui faire considérer le littoral comme équivalent au milieu agricole si l'accident avait lieu en zone littorale ». Pour les autres acteurs, le littoral est plutôt considéré, de la même façon que le milieu forestier, pour les activités de loisirs.

Les résultats pour la vulnérabilité globale (critères radiologiques et critères économiques) ont été traités de la même façon que pour la vulnérabilité radiologique. La figure 26 présente la hiérarchisation des enjeux pour l'ensemble des 10 critères.

Globalement, les acteurs accordent moins d'importance aux critères économiques qu'aux critères liés à la contamination des milieux. Ceci est d'autant plus vrai pour les acteurs PP et CM, avec un poids total accordé aux critères économiques respectivement de 17% et 16%. Il est probable que, pour ces deux acteurs, la conscience des nombreuses limites rencontrées lors

de l'étape de construction des critères économiques influent sur leur usage. Pour ces deux acteurs, existe une nette différence entre les enjeux radiologiques et les 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 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 ». La question des différences de temporalité a aussi été évoquée par les acteurs lors des différents entretiens : « on n'a pas les mêmes cinétiques d'action en fonction des milieux », ce qui conduit à classer comme plus vulnérable les milieux agricole et bâti alors qu'*a contrario* ils seront probablement affectés moins durablement que les milieux forestiers.

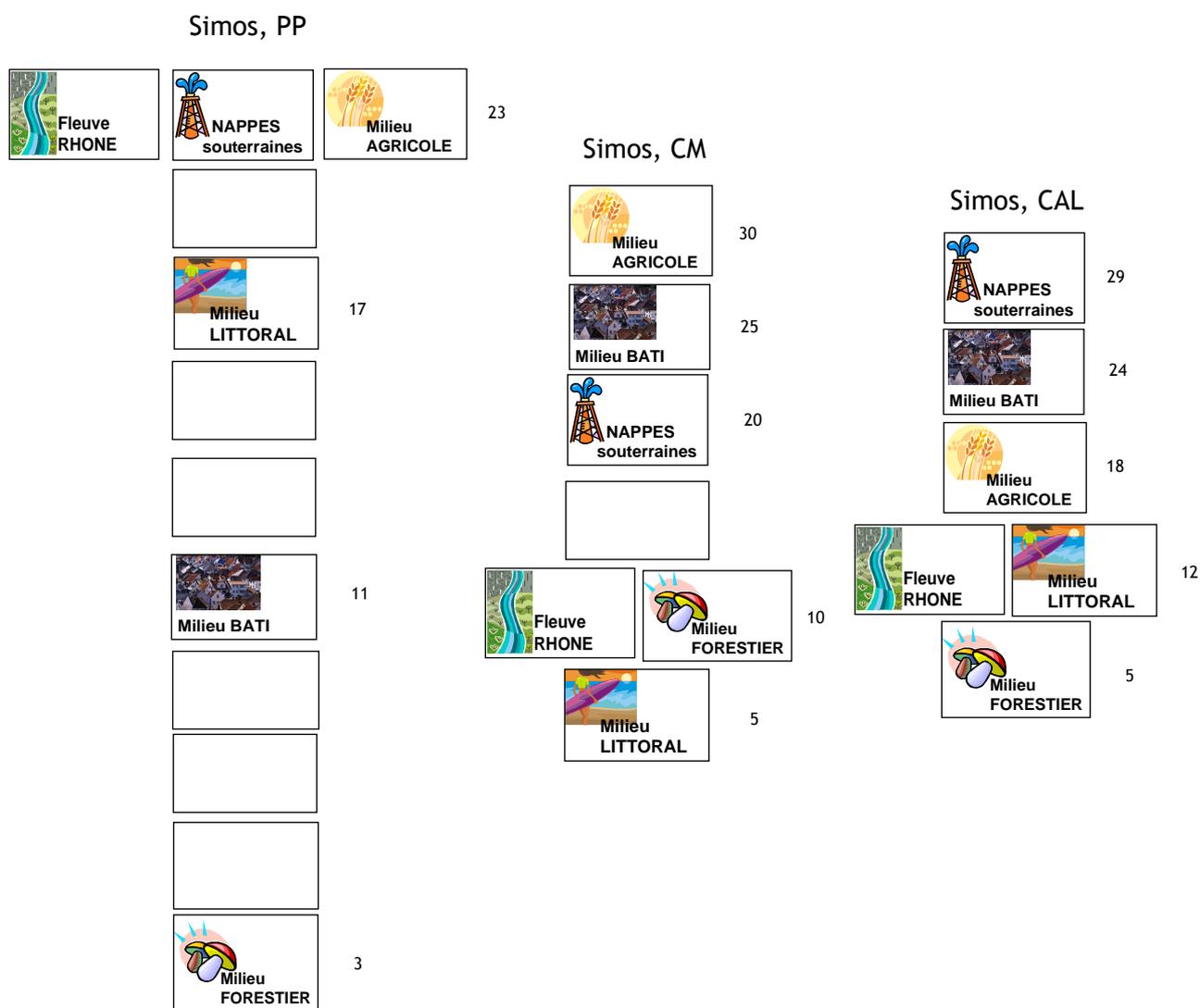


Figure 25 : Hiérarchisation des enjeux pour la vulnérabilité radiologique

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 (déterminés par la méthode SIMOS) lorsque tous les milieux sont représentés.

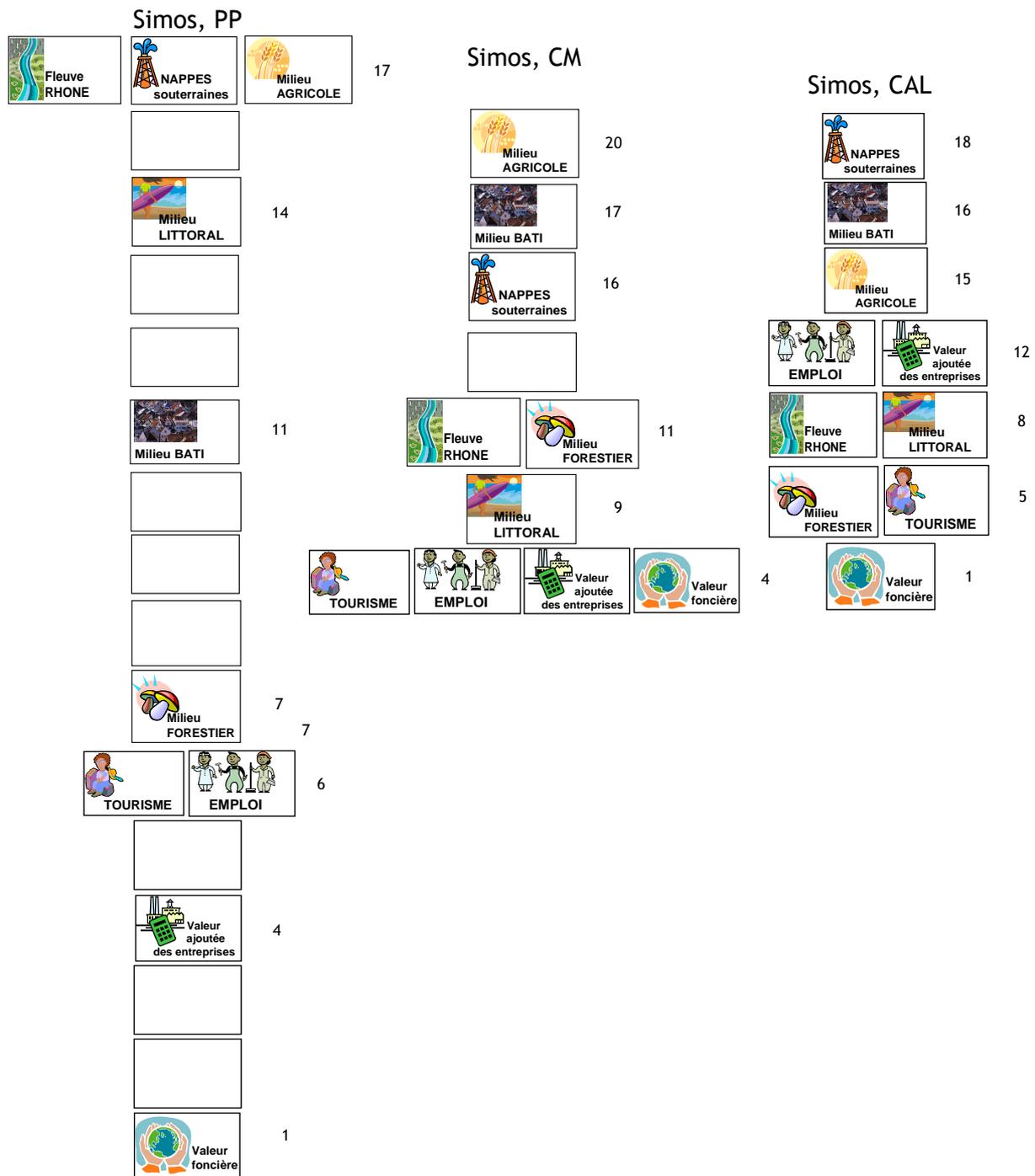


Figure 26 : Hiérarchisation des enjeux pour la vulnérabilité globale

Les poids relatifs à chacun des critères sont calculés à l'aide de la méthode SIMOS qui consiste à répartir un poids global de 100% sur les différents critères selon l'ordre fourni par les acteurs. Comme le nombre des critères radiologiques 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 répartissant les poids des milieux non représentés sur les autres milieux selon leur importance. Ainsi, pour la commune PIE qui ne possède pas de front de mer, le poids de 17 pour l'acteur PP est réaffecté à tous les autres milieux ce qui

conduit finalement aux poids suivants : 28 pour le Rhône, les nappes et le milieu agricole, 13 pour le bâti et 4 pour le milieu forestier.

Pour les autres paramètres, nous avons fixé un premier jeu de valeurs correspondant à une transcription numérique du problème de comparaison. Ainsi le paramètre d'indifférence  $q$  a été fixé à 0 en considérant que toute différence de valeur pour un indice est significative. Dans la même idée et par commodité numérique, nous avons fixé le paramètre  $s$  à 0,5. Cette valeur de 0,5 a l'avantage de ne pas activer l'effet véto lors de la comparaison avec les communes virtuelles de référence. Rappelons en effet que si l'écart entre deux indices est supérieur à la valeur de  $s$  l'effet véto s'accroît proportionnellement et devient total lorsqu'il atteint la valeur de véto  $v$ . La valeur de véto a été fixée à 4, interdisant tout compromis pour l'enjeu global si la différence sur un enjeu est égale ou supérieure à 4.

En fonction de l'analyse faite par les acteurs, certaines valeurs de paramètres ont été ajustées comme par exemple la valeur véto qui a été fixée à 0 lorsqu'un enjeu est au niveau 5.

Ces valeurs des paramètres ont été utilisées par le code de calcul SUNSET de l'IRSN qui met en œuvre la méthode d'analyse multicritère (Chojnacki, 2010). Les calculs réalisés permettent alors de définir la plage d'affectation possible pour chaque commune en fonction du résultat de sa comparaison par rapport aux communes de référence. La variabilité d'affectation proposée par Sunset correspond aux hypothèses retenues pour traiter les situations d'indifférence ou d'incomparabilité. Si on traite ces situations de façon systématiquement pessimiste ou systématiquement optimiste, on obtient, pour chaque commune, une plage d'affectation possible.

#### **5.2.2.2. Attribution des indices de vulnérabilité agrégés par distribution des 8 jetons**

- Acteur CM

Les attributions d'indices de vulnérabilité radiologique par l'acteur CM pour les communes sélectionnées sont fournies dans le tableau 2 ci-dessous. Les chiffres indiquent le nombre de jetons disposés sur chaque valeur d'indice, traduisant en les nuancant les préférences de cet acteur.

On remarque que les communes les plus gravement atteintes sont classées systématiquement au niveau 4 car les indices des enjeux « agricole », « forêt » et « bâti » sont égaux ou dépassent ce niveau. Les valeurs prises sur les autres enjeux n'influent pas sur la décision. Cela traduit le fait que pour l'acteur CM, dès qu'un ensemble d'enjeux qu'il considère comme important est fortement atteint, l'affectation de l'indice global dépend uniquement de ces enjeux. Cette règle d'affectation correspond à un effet véto sans ou avec peu de compromis. Par exemple, une valeur du paramètre  $v$  à 1 pour les enjeux quand leur niveau est  $\geq 4$ , permet d'obtenir l'affectation proposée par CM.

Les communes de gravité intermédiaires (une majorité de jetons sur l'indice 3) se caractérisent par deux voies d'atteinte différentes : le fluvial et le terrestre. Pour St Victor, Avignon, Arles et les Stes Maries de la Mer, le Rhône et éventuellement le littoral sont fortement atteints (indice=4), et les autres enjeux sont faiblement atteints (indices  $\leq 2$ ). Les communes atteintes sur le littoral sont affectées en 4 et sans hésitation, alors que la totalité des autres enjeux est en situation « normal » ou « très faible ». Cela traduit de nouveau un effet véto, mais dans ce cas pour l'enjeu littoral quand il est affecté en 4. L'affectation des deux autres communes (hors littoral) correspond à une logique majoritaire, en particulier si on permet une zone d'indifférence ou de préférence partielle. Par exemple, si on considère

l'indice 2 similaire ou de préférence faible par rapport à l'indice 3, la règle d'affectation consistant à affecter à l'indice médian (i.e. qui sépare en deux parties égales les enjeux), nous donnera la même affectation que l'acteur CM. Pour Gras, Vallon, Lussan, Beaumont, Aubenas, la règle majoritaire correspond parfaitement en la renforçant par un veto partiel sur l'enjeu agricole quand celui-ci atteint le niveau 3 pour tenir compte du classement en 3 de Beaumont et Aubenas.

Communes représentatives	Indice pour l'enjeu radiologique global					
	0	1	2	3	4	5
Pierrelatte				2	5	1
Lapalud				2	5	1
Bourg St Andéol				2	5	1
Bollène					7	1
St Victor La Coste				8		
Avignon			8			
Arles					8	
Stes Maries de la Mer					8	
Gras				4	4	
Vallon Pont d'Arc				8		
Lussan				8		
Beaumont				8		
Aubenas				8		
Montjoux			8			
Vesc			8			
Saou			8			
Bedoin			8			
St Sauveur Gouvernet		8				

Tableau 2 : Attributions d'indices de vulnérabilité radiologique (acteur CM)

Pour les communes de vulnérabilité faible : Montjoux, Vesc, Saou, Bedoin, St Sauveur, l'acteur CM suit exactement la règle majoritaire à l'exception de la commune de Bedoin classé en 2 car pour cette commune la forêt est un enjeu essentiel. Ce type d'information n'est pas contenu dans l'enjeu « forêt », aussi il serait artificiel d'ajuster les paramètres numériques (q, s ou v) relatifs à cet enjeu pour reproduire l'affectation de CM.

La hiérarchie des enjeux proposée par l'acteur CM est la suivante :

critères	Agricole	Forêt	Bâti	Nappes	Rhône	Mer
rang	2	4	3	1	5	6
pondération	24%	14%	19%	29%	9%	5%

Tableau 3 : Hiérarchisation des enjeux (acteur CM)

Nous y avons ajouté une pondération numérique (calculée avec la méthode Simos) en accord avec cette hiérarchie qui peut être utilisée pour fixer les paramètres p correspondant aux poids des enjeux. Ceci étant, compte-tenu de la logique d'affectation suivie, par l'acteur CM sur cet échantillon de communes « test », à savoir une logique de veto pour les communes les plus touchées ou celles du littoral, une logique de majorité pour les autres, le résultat d'affectation de l'outil multicritère correspondant sera peu sensible aux valeurs des poids. En effet la logique de veto ne fait pas intervenir les poids associés aux différents enjeux et la logique majoritaire (contrairement à une logique de moyenne) utilise la valeur des poids de manière indirecte.

- Acteur CAL

Les attributions effectuées par l'acteur CAL sont présentées dans le tableau 4 ci-après. Les communes les plus gravement atteintes sont toutes classées au niveau 5 correspondant à un préjudice global important et durable comme le sont les enjeux : « forêt » et « bâti ». Les valeurs prises sur les autres enjeux n'influencent pas la décision. Cela traduit le fait que pour l'acteur CAL, une valeur de 5 à un indice, implique l'attribution de la valeur 5 à l'indice global. Par exemple, une valeur du paramètre  $v$  à 0 pour les enjeux quand leur niveau est 5, permet d'obtenir l'affectation proposée par CAL. Pour traduire, la nuance exprimée par l'acteur CAL sur ces communes en plaçant 3 jetons sur l'indice 4, on peut relâcher le veto en fixant  $v$  à 1.

Pour les communes intermédiaires, l'acteur CAL fait une distinction entre les communes du littoral et les autres. Ainsi, les communes du littoral : Arles et les Stes Maries de la Mer, bien que similairement atteintes, sont affectées respectivement en 1 et en 4. L'acteur CAL fonde sa décision sur l'importance qu'il attribue au littoral pour ces communes. Ces deux communes se caractérisent effectivement par 2 enjeux au niveau de gravité 4 et les autres au niveau 1. Il semble intéressant de caractériser ces communes comme étant incomparables avec les communes de référence de niveaux « faible » et « intermédiaire ». Il suffit pour cela de mettre un veto sur l'enjeu « Rhône » ou « littoral » quand il est à l'indice 4 et de fixer un seuil de majorité inférieur à la somme des poids associés aux autres enjeux. Pour les autres communes : St Victor, Avignon, Gras, Vallon, Lussan, Beaumont, Aubenas, CAL applique le principe de majorité. Pour les communes de gravité faible : Montjoux, Vesc, Saou, Bedoin, St Sauveur, l'acteur CAL suit encore la règle majoritaire.

Communes représentatives	Indice pour l'enjeu « environnement »					
	0	1	2	3	4	5
Pierrelatte					3	5
Lapalud					3	5
Bourg St Andéol					3	5
Bollène					3	5
St Victor La Coste			4	4		
Avignon			8			
Arles		5			3	
Stes Maries de la Mer					8	
Gras				8		
Vallon Pont d'Arc				8		
Aubenas			5	3		
Beaumont			5	3		
Montjoux			8			
Vesc		3	5			
Saou		3	5			
Lussan			2	6		
Bedoin		6	2			
St Sauveur Gouvernet	3	5				

Tableau 4 : Attributions d'indices de vulnérabilité radiologique (acteur CAL)

La hiérarchie des enjeux proposée par l'acteur CAL est la suivante :

critères	Agricole	Forêt	Bâti	Nappes	Rhône	Mer
rang	1	4	3	2	6	5
pondération	29%	14%	19%	24%	5%	9%

Tableau 5 : Hiérarchisation des enjeux (acteur CAL)

La logique d'affectation suivie par l'acteur CAL sur cet échantillon de communes « test », est une logique de veto pour les communes les plus touchées, d'incomparabilité pour celles du littoral, de majorité pour les autres. Le résultat d'affectation de l'outil multicritère sera peu sensible aux valeurs des poids s'il vérifie que la somme des poids associés aux quatre premiers enjeux dépasse la valeur numérique que l'on donnera au paramètre  $\lambda$  correspondant au seuil de majorité.

- Acteur PP

Les résultats du classement effectué par l'acteur PP sont résumés dans le tableau 6 ci-après. L'acteur PP classe les communes les plus gravement atteintes comme l'acteur CM : il n'y a pas d'effet veto lorsque l'indice 5 est atteint sur les enjeux « forêt » et « bâti » et l'indice global tient compte que l'accident n'a aucun impact sur l'enjeu « nappes ».

Les communes du littoral : Arles et les Stes Maries de la Mer sont fortement touchées sur deux enjeux considérés comme important par l'acteur PP. Aussi, l'indice agrégé, y compris en tenant compte des nuances exprimées au moyen des jetons, est identique à celui donné par l'acteur CAL, même si pour ce dernier cette affectation tenait davantage à opter pour un indice prudent qu'à l'importance des enjeux « Rhône » et « littoral »

Pour l'ensemble des autres communes qui sont à un niveau « intermédiaire » ou inférieur pour leurs enjeux, l'acteur PP détermine la valeur de l'indice « global » en calculant la somme pondérée des valeurs associées aux indices en fonction de l'importance qu'il leur attribue. De ce fait, la valeur des indices les moins atteints intervient directement dans l'évaluation de l'indice global. Ce type de raisonnement est différent des autres acteurs et finalement correspond à une vision plus utilitaire (au sens de la théorie de l'utilité) des valeurs prises par les indices. Ce raisonnement est pour cette raison moins naturellement modélisable par les paramètres  $q$ ,  $s$ ,  $v$  définis dans notre méthode.

Communes représentatives	Indice pour l'enjeu « environnement »					
	0	1	2	3	4	5
Pierrelatte				1	5	2
Lapalud				1	5	2
Bourg St Andéol				3	5	
Bollène					8	
St Victor La Coste			5	3		
Avignon		3	5			
Arles				5	3	
Stes Maries de la Mer				6	2	
Gras		1	5	2		
Vallon Pont d'Arc		2	6			
Aubenas		3	5			
Beaumont		4	4			
Montjoux		5	3			
Vesc		6	2			
Saou		6	2			
Lussan		3	5			
Bedoin	4	4				
St Sauveur Gouvernet	5	3				

Tableau 6 : Attributions d'indices de vulnérabilité radiologique (acteur PP)

La hiérarchie des enjeux proposée par l'acteur PP est la suivante :

critères	Agricole	Forêt	Bâti	Nappes	Rhône	Mer
rang	1	10	6	1	1	3
pondération	23%	3%	11%	23%	23%	17%

Tableau 7 : Hiérarchisation des enjeux (acteur PP)

Il est intéressant de remarquer que le poids associé à l'enjeu « eau » représente les deux tiers du poids total des indices.

Les valeurs numériques associées aux paramètres :  $q$ ,  $s$ ,  $v$ ,  $p$  et  $\lambda$ , ont été déterminées de manière à être représentatives de l'ensemble des acteurs PRIME. L'objectif étant d'arriver à une hiérarchisation commune de la gravité de l'accident sur le territoire, même si le choix d'une valeur d'indice pour caractériser la gravité lié à un enjeu agrégé peut dépendre de l'acteur. Par exemple, à la vue des valeurs des indices, les acteurs peuvent être unanimes pour dire que Bollène est plus gravement atteinte que Bourg St Andéol, mais peuvent se différencier sur les valeurs à donner pour l'indice agrégé de ces communes.

De façon générale, nous avons fixé par défaut les valeurs  $q$  à 0 en considérant que toute différence de valeur pour un indice est significative. Dans la même idée et par commodité numérique, nous avons fixé le paramètre  $s$  à 0,5. Rappelons que si l'écart entre deux indices est supérieur à la valeur de  $s$ , l'effet véto s'accroît proportionnellement et devient total lorsqu'il atteint la valeur de véto  $v$ . La valeur de véto  $v$  a été fixée à 4, interdisant tout compromis pour l'enjeu global si la différence sur un enjeu est égale ou supérieure à 4.

Les entretiens ont alors été utilisés pour modifier les valeurs par défaut attribuées aux paramètres :  $q$ ,  $s$ ,  $v$ ,  $p$  en fonction des valeurs prises par les indices. Ainsi lorsqu'un indice est à la valeur de 5, la valeur de  $v$  a été fixée à 0, traduisant ainsi que pour certains acteurs (CAL entre autres) la valeur de l'indice agrégé doit être à 5 dès qu'un enjeu atteint cette valeur. De la même façon, si l'on veut retrouver pour les communes du littoral, la valeur d'indice agrégé donnée par l'acteur CM ou l'hésitation visible pour l'acteur CAL, il suffit de fixer  $v$  à la valeur 0.5 pour l'enjeu littoral quand celui atteint le niveau de gravité « important ».

Cette paramétrisation de la relation de surclassement rend la méthode 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.

### **5.3. RÉSULTATS DE L'ANALYSE MULTICRITÈRE**

Les paramètres de la relation de comparaison étant fixés, nous pouvons évaluer le résultat de toute comparaison multicritère de communes dont nous connaissons les enjeux.

Dans un premier temps, l'application de la méthode multicritère PRIME aux communes virtuelles de référence nous donne les comparaisons suivantes et l'indice global associé ou éventuellement son intervalle de variation suivant la stratégie d'affectation choisie. La variabilité d'affectation correspond aux choix de classement d'une commune lorsqu'elle est en situation d'indifférence ou d'incomparabilité avec une ou plusieurs communes de référence.

	C1	C2	C3	C4	C5	Indice global
1-Pierrelatte	>	>	>	>	~	4-5
2-Lapalud	>	>	>	>	~	4-5
3-Bourg St Andéol	>	>	>	>	~	4-5
4-Bollène	>	>	>	>	~	4-5
5-St Victor La Coste	>	>	#	<	<	2-3
6-Avignon	>	>	#	<	<	2-3
7-Arles	>	#	#	#	<	1-4
8-Stes Maries de la Mer	>	#	#	#	<	1-4
9-Gras	>	>	~	<	<	2-3
10-Vallon Pont d'Arc	>	>	~	<	<	2-3
11-Aubenas	>	>	~	<	<	2-3
12-Beaumont	>	>	~	<	<	2-3
13-Montjoux	>	~	<	<	<	1-2
14-Vesc	>	~	<	<	<	1-2
15-Saou	>	~	<	<	<	1-2
16-Lussan	>	>	~	<	<	2-3
17-Bedoin	>	<	<	<	<	1
18-St Sauveur Gouvernet	~	<	<	<	<	0-1

Tableau 8 : Table de comparaison binaire avec les communes de référence.

Le tableau 8 permet de comparer les résultats du modèle multicritère à la restitution des entretiens pour chacun des trois acteurs.

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	1	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

Tableau 9 : Indices de vulnérabilité globale affectés par les acteurs et les résultats SUNSET

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 ajoutés aux 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. 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 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 (Vincke, 1989) 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. L'ordonnement obtenu s'appelle un préordre partiel : le terme « pré » signifie que certaines communes peuvent être considérées similairement atteintes bien que différemment atteintes et le terme « partiel » rend compte des situations d'incomparabilité éventuelles pouvant caractériser l'impact de l'accident entre les communes.

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  $N_-$  (Tableau 10).

	N+	Rang		N-	Rang
PIE	0	1	PIE	14	2
LAP	0	1	LAP	14	2
BSA	1	2	BSA	10	3
BOL	0	1	BOL	15	1
VIC	3	3	VIC	9	4
SAU	17	10	SAU	0	11
AVI	4	4	AVI	5	7
BED	14	9	BED	1	11
AUB	7	6	AUB	3	9
VAL	4	4	VAL	7	6
GRA	4	4	GRA	8	5
LUS	6	5	LUS	5	6
BEA	7	6	BEA	4	8
MON	9	7	MON	2	9
VES	11	8	VES	1	10
SAO	11	8	SAO	1	10
ARL	3	3	ARL	2	9
MAR	3	3	MAR	2	9

Tableau 10 : Comparaison binaire entre les 18 communes

La figure 27 ci-après 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 l'état le préjudice relatif subi par les communes d'un territoire.

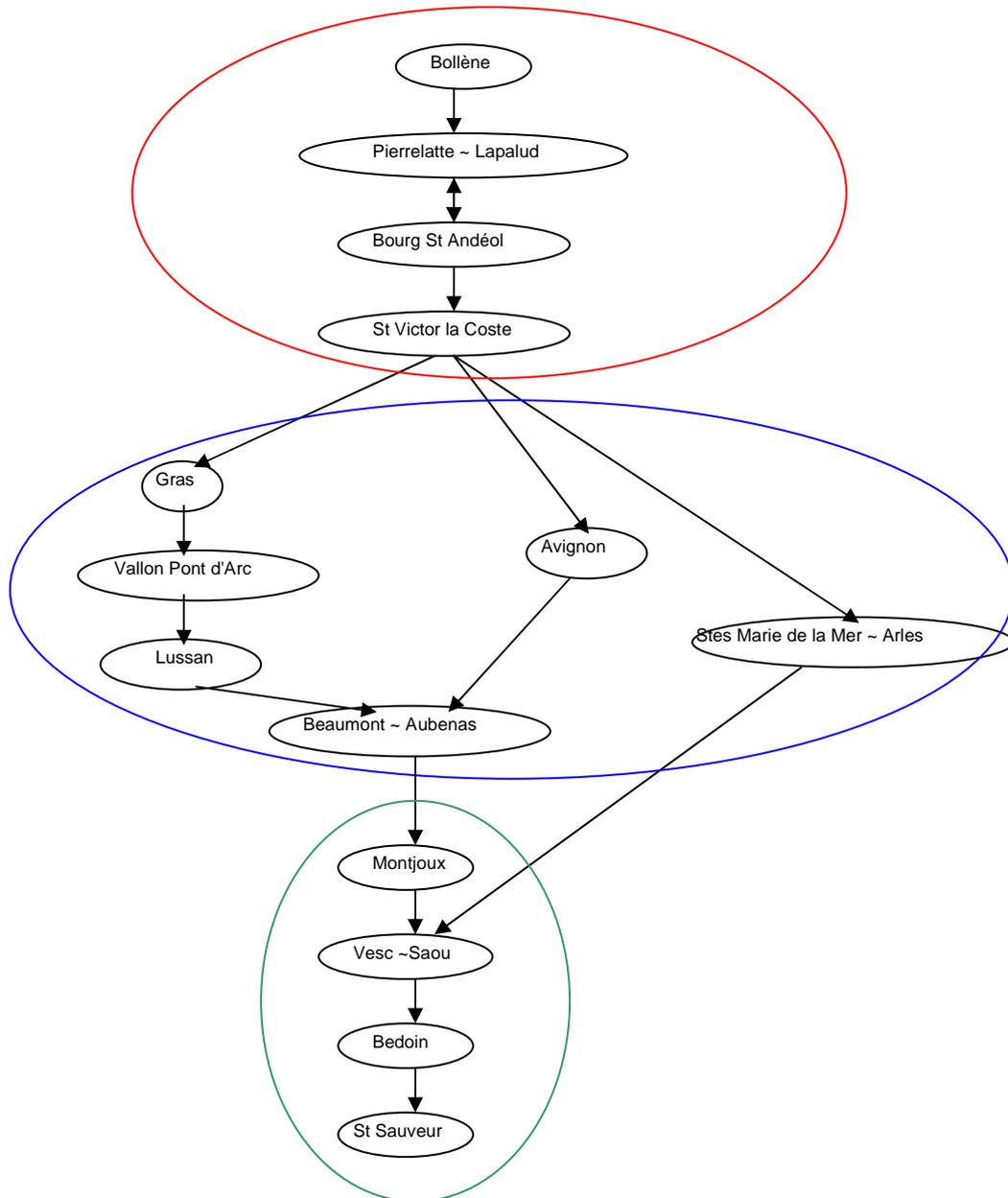


Figure 27 : Classification des 18 communes sélectionnées en fonction de leur vulnérabilité globale (tous enjeux confondus)

Plus la commune est positionnée haut plus elle est vulnérable ; la finesse de ce classement apparait dans la partie entourée en bleu.

## 6. Vulnérabilité et Résilience

### **6.1. DÉFINITION DE LA VULNÉRABILITÉ ET DE LA RÉSILIENCE DANS LE CONTEXTE POST ACCIDENTEL**

La partie radioécologique et la construction de l'outil au centre de la recherche ont été décrites dans le corps du rapport de recherche PRIME, pour permettre de comprendre la construction de l'outil final, fruit de la recherche PRIME. Il s'agit d'un outil d'expertise au sens que lui donne Borraz (Borraz, 2008), agrégeant des données scientifiques « dures » en tentant de les normaliser pour appuyer une décision. Cet outil a inclus des aspects socio-économiques dans la mesure où ceux-ci étaient mesurables et documentés de manière validée. Certains de ces aspects, tels le tourisme, sont d'ailleurs issus de la concertation avec les partenaires de l'étude (Baumont, 2010).

Comme cet auteur le souligne dans son analyse des différents modes de gestion des risques, une façon de procéder qu'il nomme « approche technocratique » est de focaliser l'évaluation uniquement sur les faits scientifiques mesurés et validés pour établir les bases de la décision, dans une appréciation rigoureuse et objective. Cette approche serait renforcée dans le cadre de la sécurité sanitaire qui s'est mis en place ces dernières années en créant les agences sanitaires (l'IRSN et l'ASN peuvent être considérés comme faisant partie de ces agences).

L'autre approche consiste à ne pas négliger les questions de rapport à l'incertitude, les signaux faibles, à investiguer toutes les options, à ne pas se gêner pour remettre en cause les consensus en intégrant l'avis de partenaires nouveaux dans la concertation pour élargir le cadre des expertises.

Dans l'esprit de cette dernière approche, la recherche conduisant à la construction de l'outil a été complétée par une approche en sciences humaines et sociales pour tenter de trouver des critères socio-économique pertinents pour l'outil et pour caractériser les limites de la recherche. Dans un premier temps, l'IRSN s'est procuré les caractéristiques des communes du territoire PRIME proposées par l'INSEE afin de distinguer celle qui pourraient être pertinentes dans l'outil. Ces données ont été proposées comme bases de discussion à différents chercheurs afin d'élargir les justificatifs de leur pertinence mais n'ont pas été introduites dans l'outil finalisé. Dans un second temps, il a semblé souhaitable d'apprécier ce que pourrait être la vulnérabilité et la capacité de résilience des communes du périmètre étudié face aux dommages et pertes engendrés au-delà des critères pris en compte dans l'outil. Ces deux concepts « vulnérabilité et résilience » n'ont jamais été étudiés dans le cadre d'une contamination par des rejets radioactifs. Ces deux concepts et leurs approches par les chercheurs en sciences humaines et sociales méritaient donc d'être retracés.

### **6.2. UN INCIDENT BOUSCULE LES LOGIQUES ET LES DONNÉES**

L'objectif aussi de ce volet était de répondre à la question « Comment peut-on se nourrir des événements réels qui se sont produit dans le passé ? ». Il était surtout envisagé de tirer les leçons des travaux menés en Biélorussie et en Ukraine. Or, le déroulement de la recherche, qui devait être une réflexion uniquement anticipatoire, s'est combiné avec l'occurrence d'un incident présentant des enseignements intéressants pour la situation post accidentelle (Baumont, 2010). En effet, l'incident de la Socatri, survenu dans la nuit du 8 et 9 juillet 2008 au centre du périmètre considéré par l'étude, le site du Tricastin, a conduit à approfondir l'approche commencée en analysant finement les leçons de cet événement qui a profondément modifié la vision du problème. C'est au cours de l'étape de rencontre avec différents

chercheurs que l'incident de la Socatri est intervenu et a marqué un tournant : les chercheurs rencontrés ont commenté l'épisode et les faits relatés dans la presse, cet épisode ayant été largement médiatisé. Les contacts pris grâce à la recherche PRIME ont permis de mesurer en profondeur l'impact de l'incident, qui a été discuté lors de l'atelier « vulnérabilité » du 22 octobre 2008 (Tableau 1).

Il est aussi devenu flagrant que l'outil PRIME avait une logique particulière un peu réductrice quant aux conséquences socio-économiques : elle partait de l'évaluation des rejets d'un accident, de la contamination plus ou moins importante des sols selon le vent et la nature des sols et de la contamination directe ou par transfert des produits et lieux pour évaluer enfin les pertes économiques. Celles-ci étaient considérées comme largement liées aux pertes de ces produits et de la baisse de l'usage et de la fréquentation des sols dans les zones contaminées.

La caractéristique principale de l'incident de la Socatri qui a bousculé cette vision est la suivante : il a conduit à la contamination par des rejets réels sur de petites surfaces et l'ampleur des dommages économiques a été uniquement liée à la réponse des acteurs de la société et à la médiatisation de l'événement. Ainsi, le facteur prédominant n'était plus l'importance des rejets radioactifs mais des facteurs sociétaux de réponse à l'événement, allant dans le sens de l'aggravement.

Cela a mis en évidence que la vision logique initiale (rejets contaminés → pollution des sols → pollution des lieux et produits → effets sanitaires et pertes économiques → mitigation des effets par la résilience) n'était pas suffisante pour caractériser l'ensemble des mécanismes en jeu dans la crise mais qu'elle était seulement en partie opératoire sur la partie du territoire réellement contaminé. Par contre, la crise liée à l'incident de Tricastin montre qu'à un territoire réellement atteint en cas d'accident, s'ajouterait un territoire sain mais soupçonné, dont les contours ne peuvent être définis à l'avance et dont le périmètre serait dessiné par les représentations et les perceptions de la société et par les actions des acteurs locaux. Les réponses de la société à un épisode de rejets nucléaires dans l'environnement, celles des médias d'abord qui ravivent les peurs et les perceptions négatives du nucléaire dans les populations locales, celles des pouvoirs publics et celles des acteurs locaux qui interprètent le sens de l'événement, vont expliquer l'ampleur des pertes économiques qui vont fragiliser le territoire soupçonné et ses communes. Ces logiques peuvent être alors schématisées de la manière suivante : rejets contaminés → réponse de la société → ampleur du territoire soupçonné → pertes économiques et vulnérabilité. Ces réponses, qui caractérisent la résilience de la société, peuvent donc aggraver ou diminuer fortement les conséquences psychologique, sociale et économique d'un événement.

### **6.3. UN CONTEXTE QUI NÉCESSITE UNE INFORMATION ET UNE COMPRÉHENSION PARTAGÉES DES PHÉNOMÈNES**

Pour les institutions, gérer la crise et le post-accident demande de s'approprier les deux logiques en cours schématisée ci dessus, l'une sur territoire effectivement contaminé, l'autre sur le « territoire fantasmé de la contamination », en prenant en compte les connaissances acquises en sciences humaines et sociales à propos des mécanismes de la réponse de la société. Il sera nécessaire de s'organiser pour mener efficacement les actions requises liées à la gestion du territoire contaminé : éviter l'exposition des personnes par la consommation de produits et la fréquentation de lieux contaminés. De l'autre, les actions devront lever les doutes (voire à éviter qu'ils se forment) et rassurer sur les territoires non contaminés, évitant des pertes injustifiées. L'implication des acteurs touchés (citoyens, élus, acteurs économiques) sera indispensable, mais elle dépend de conditions préalables à l'accident. La recherche montre surtout que la connaissance des risques nucléaires et l'information avant l'accident sont les défis principaux de la situation. Il faut bien faire le constat que les populations et les

acteurs locaux savent très peu de choses sur le sujet hormis les personnes travaillant au sein des Commissions Locales d'Information.

- Les causes actuelles de la non information

Comme le montre la recherche financée dans RDT1, « ouvrir la concertation sur les risques industriels », les règles d'établissement et de fonctionnement des institutions en charge de la gestion des risques industriels ne permettent guère une grande diffusion de la connaissance ni des débats qui permettent de se faire une opinion basée sur des données et faits objectifs. Les acteurs institutionnels sont susceptibles d'agir dans cette situation hautement incertaine, pour non seulement gérer les menaces potentielles provenant de leur espace vital, mais aussi pour également justifier de choix et les décisions alors qu'ils ne savent pas exactement ce qu'il adviendra. Aussi préfèrent-ils attendre avant une mettre à disposition des informations qui permettraient à chaque citoyen de corriger la vision erronée pré-existante. Les institutionnels ont aussi tendance à mesurer le risque pour leur institution dans une telle situation que l'on préfère ignorer ou dénier. Ces attentes peuvent rendre une véritable gestion impossible si la crise survient et même aggraver le risque de pertes encourues faute d'informations élémentaires partagées.

- Anticipation des problèmes pour une information post-accident

De plus, suite à un accident, les enjeux de l'information et de la coordination des acteurs seront complexes pour trois raisons. Premièrement, les informations destinées à gérer le territoire contaminé et celles destinées à lever les soupçons vont s'enchevêtrer dans les supports médiatiques. En second, aux travers des informations et des interprétations, se livrent bien d'autres enjeux et conflits liés au développement du nucléaire. Troisièmement, les informations données en matière de pollution des milieux par les autorités ne sont pas considérées comme crédibles par la population qui ne fait pas confiance aux autorités. Cela apparaît clairement dans les sondages et enquêtes de perceptions (baromètre des risques de l'IRSN, eurobaromètre sur des thèmes relatifs au nucléaire) et dans les verbatims des personnes rencontrées sur place ; la phrase « le nuage de Tchernobyl s'est arrêté à la frontière » est prononcée très souvent dans les entretiens, est devenue une métaphore de la gestion de la contamination nucléaire (voire de toutes pollutions), sous entendant une absence complète d'information du public.

Pourtant, et c'est ce qui ressort des travaux de cette recherche dans le projet PRIME, chacun des acteurs locaux ou institutionnels cite l'information et l'implication des acteurs du terrain comme le principal levier de résilience. Elles préparent effectivement un contexte favorable pour anticiper les actions nécessaires à mener immédiatement après l'accident.

## 7. Intérêts et limites de l'approche et perspectives

### 7.1. INTÉRÊTS DU PROJET PRIME

La réussite du projet PRIME a reposé sur différentes phases successives ou itératives. Le premier challenge était de parvenir à rassembler au sein d'un groupe de travail, de nombreux acteurs du territoire et de la décision et d'experts, ayant des connaissances, des langages et des préoccupations très divergents. Cette phase délicate a été menée à bien.

En termes d'avancées techniques, la collecte et la mise en forme de données pertinentes pour représenter l'état d'un territoire contaminé par un accident nucléaire, l'utilisation de cette base de données sur un scénario plausible d'accident nucléaire pour hiérarchiser les communes les plus touchées et, dans ces communes, pour identifier les milieux les plus touchés par l'accident et l'agrégation des indices de gravité pour chacune des communes, ont constitué autant d'étapes franchies avec succès.

Compte tenu des enjeux identifiés par les acteurs, la sélection des données considérées comme pertinentes pour un processus décisionnel en contexte post-accidentel, a été faite. Ces données sont de différentes natures : radioécologiques (liées à la contamination radioactive du territoire), économiques et sociétales. Pour le volet radioécologique, l'analyse a permis de proposer des critères (indicateurs de l'état du territoire) et de les associer à une échelle de classification des dommages pour un territoire contaminé. Cette échelle qui comporte 6 niveaux allant de la situation « normale » à un niveau dit « important et durable » pourra donc être utilisée pour des scénarios allant de l'incident à un accident de grande ampleur. Pour le volet économique, le concept proposé a été celui de la fonction d'endommagement associée à une classification simplifiée. Enfin, les aspects sociaux ont été abordés au travers des concepts de vulnérabilité et de résilience (capacité de la population d'une commune à réagir après un accident), sans toutefois aboutir à la définition d'un indicateur robuste.

In fine, l'objectif du projet PRIME en termes d'analyse multicritère est d'éliciter puis de modéliser les perceptions, logiques et préférences des différents acteurs, exprimées lors d'entretiens au cours desquels il leur est demandé de classer les enjeux en fonction de l'importance relative qu'ils revêtent à leurs yeux, puis d'attribuer un indice de vulnérabilité unique à chaque commune diversement touchée par l'accident, tous enjeux confondus. Le modèle est ensuite utilisé pour systématiser ces logiques afin de classer l'ensemble des communes de la zone d'étude en fonction de leur vulnérabilité globale.

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 ont, en revanche, la plus grande légitimité pour apporter la connaissance du fonctionnement de leur territoire. Les outils d'expertise et notamment les choix des paramètres d'entrée des codes de calculs d'impact se sont par conséquent enrichis de cette connaissance, ce qui a conduit à modifier les jeux de données génériques pour les adapter au contexte local de la zone d'étude PRIME. Réciproquement, les

acteurs du territoire ont enrichi leur connaissance sur la façon dont sont structurées les décisions de gestion en contexte post-accidentel.

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. C'est un outil mathématique suffisamment puissant pour rendre compte des perceptions et des nuances subtiles fournies par les acteurs. L'exercice PRIME vise ainsi à progresser sur la voie du « consensus différencié ». En effet, la variété des participants au GT PRIME ne permet pas l'obtention d'un compromis, certaines positions exprimées par différents acteurs s'étant révélées incompatibles entre elles. Exprimer les différences de valeurs accordées à tel ou tel critère, tel ou tel enjeux permet 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 différents participants. Au final, les décisions de gestion des territoires contaminés resteront la prérogative des services de l'état mais la connaissance mise à leur disposition rendra compte de ces visions contrastées des vulnérabilités locales.

Enfin, la méthodologie est transposable au domaine d'un rejet accidentel de substances chimiques. Elle peut aussi être étendue à tout projet induisant des modifications durables du territoire et qui peuvent être considérées comme plus ou moins pénalisantes, à divers titres, par les parties prenantes.

### **7.2. LIMITES DU PROJET ET PERSPECTIVES**

L'aboutissement des travaux du projet PRIME a montré un certain nombre de difficultés et de limites évoquées tout au long de ce rapport et qui sont liées principalement au caractère exploratoire de la recherche menée. Effectivement, l'analyse micro-économique d'un territoire, les conséquences sociétales, l'approche concertative et l'expertise plurielle sont des sujets novateurs dans le domaine du nucléaire.

Le mode de fonctionnement qui structure le projet PRIME est innovant dans le domaine des applications nucléaires. L'innovation réside principalement dans le processus de construction concertée d'une méthode, processus qui a laissé une large place au débat. Pendant toute la durée du projet PRIME, les méthodes traditionnelles d'évaluation des risques associés aux rejets dans l'environnement de substances radioactives ont été confrontées aux représentations du territoire portées par les acteurs des décisions (préfecture, maire, autorité de sûreté) et par les représentants de la société civile (associations, comités d'information). Malgré des partenaires provenant d'affiliations très différentes et d'horizons variés, ayant ainsi des sensibilités différentes, il y a eu une convergence d'idées sur des points conceptuels majeurs. Cette volonté d'avoir un large panel d'intervenants s'est toutefois heurtée à la nécessité de développer un socle minimum de culture commune sur les études d'impact. Les experts ont ainsi dû se mobiliser de façon prolongée pour faire acte de pédagogie en direction des acteurs. Par ailleurs, la mise en place et l'animation d'un groupe de travail est un facteur pratique limitant, dans la mesure où l'organisation des réunions constitue une charge annexe lourde, bien qu'indispensable.

Enfin, les participants qui ont bien voulu collaborer au projet sont d'une part en nombre forcément limité et surtout des personnes motivées par ce type d'action, ce qui limite leur représentativité vis à vis d'une population locale beaucoup plus nombreuse et pas forcément intéressée par les divers thèmes qui ont été abordés dans le projet.

Ensuite, pour envisager la sensibilité radiologique du territoire constitué par les 500 communes, il a été nécessaire de mobiliser les méthodes et savoir-faire des différents services de l'IRSN, tout en simplifiant à l'extrême les évaluations préliminaires. En effet, le choix des radionucléides, du scénario, la caractérisation des usages anthropiques a dû être extrêmement schématisée afin de présenter des critères utilisables et compréhensibles par les acteurs, mais ces données, nécessaires à l'exercice, devraient être revues. Il serait, par exemple, nécessaire d'envisager un scénario mettant en œuvre un spectre de radionucléides. Dans le domaine de la caractérisation du territoire, les données sont anciennes. Par exemple, les données démographiques de l'INSEE, pour la plupart, datent de 1999. Depuis, le territoire a évolué. Les données agricoles à l'échelle communale datent du recensement général de l'agriculture de 2000 et ne seront révisées qu'en 2010. La confrontation de ces données avec une enquête réalisée directement sur les parcelles a démontré que certaines informations étaient complètement obsolètes. Pour les données concernant le tourisme, il avait été envisagé d'utiliser dans la classification de l'attractivité touristique des communes les informations inscrites dans les Guides Michelin. Ce choix se concentrait principalement sur l'intérêt d'obtenir des résultats transposables à un niveau national du fait de la notoriété de ce guide touristique. Des visites de terrain ont rapidement démontré la faiblesse de ces données. Et il a donc été proposé, une approche du critère touristique par le calcul de la capacité touristique des communes. Ainsi, il existe souvent une tension sur le choix des données. D'un côté, l'approche scientifique préfère les chiffres validés, statistiquement robustes mais qui résultent souvent de moyenne à une échelle assez large et de l'autre, une vision du territoire ou une expérience de vie qui se réfère à un groupe restreint d'individus fournit des données plus qualitatives, plus empiriques, non validées. On pourrait sortir de ce dilemme par des études de sensibilité selon les jeux de données ou en introduisant dans la méthode une prise en compte de l'incertitude.

La thématique du projet centrée sur la construction d'un outil multicritère et la multiplicité des intervenants font également que ce sujet ne se prête que difficilement à des publications scientifiques qui ne reflèteraient qu'une partie du projet alors que son intérêt tient à l'ensemble des actions et leur articulation.

Le projet PRIME a permis de créer une base de données cartographique d'indicateurs pertinents pour hiérarchiser les vulnérabilités d'un territoire à un accident nucléaire. La recherche s'est principalement concentrée sur la construction de l'outil (couplage d'un SIG et l'algorithme d'agrégation multicritère) et sur la recherche des données disponibles pour l'alimenter et la discussion des limites de ces données. Il est évident que l'attente en matière d'aide à la décision va au-delà de la seule caractérisation des vulnérabilités des territoires. Certains acteurs ont été frustrés, lors des entretiens, de ne pas s'entendre poser la question « et là, qu'est ce que vous prenez comme décision ? ». Un des acteurs a suggéré d'utiliser la méthode de classification sur un scénario, de déterminer une décision d'action puis de regarder si cette décision est bien pertinente et applicable au vu des conséquences prévisibles tant sur le plan de la contamination des milieux que sur l'économie. Les acteurs reconnaissent cependant que l'étape de caractérisation des vulnérabilités est un préalable indispensable avant de parler d'action mais la réflexion sur les stratégies qui permettent de réduire la vulnérabilité constituerait un nécessaire prolongement du projet PRIME.

## 8. Bibliographie

- O.M. Badie et al., 2000. Méthodologie d'aide à l'évaluation des stratégies de réhabilitation après un accident : mise en œuvre et résultats. Radioprotection, 2000, vol. 35, n° 4, pages 487 à 503.
- C. Barde, C. Mercat-Rommens, G. Baumont et P. Bachimon, 2007. Une construction concertée d'indicateurs spatiaux pour la gestion d'un territoire accidenté, Conférence SAGEO, 2007.
- C. Barde, 2008. Pré-diagnostic de territoire : vers la construction concertée d'indicateurs spatiaux. Rapport IRSN/DEI/SESURE 2008-18.
- G. Baumont, 2010. Vulnérabilité et Résilience dans des conditions post-accidentelles. Rapport IRSN/DSDRE/DOS 10-. *En relecture*.
- O. Borraz, 2008. Les Politiques du Risque. Les Presses de Sciences Po.
- P. Boyer et F. Ternat, 2005. CASTEAUR v0.1 - Modèles abiotiques. Rapport IRSN/DEI/SECRE 2005-01.
- P. Boyer, 2008. Estimation des transferts à l'embouchure du Rhône d'un rejet liquide à Tricastin-Pierrelatte. Rapport DEI/IRSN-DEI/SECRE n° 08-34
- P. Calmon et C. Mourlon, 2006. Equations et paramètres du logiciel ASTRAL v2.3. Rapport IRSN/DEI/SECRE 2006-47.
- S. Chakhar, C. Mercat-Rommens et V. Mousseau, 2008. Cartographie Multicritère de la Sensibilité Radioécologique : Projet PRIME, Conférence OPDE, 5-6 juin 2008.
- S. Chakhar, 2009a. Notice d'utilisation – Logiciel PRIME. Rapport Magelis NT 09/056-001-Rev0.
- S. Chakhar, 2009b. Notice technique – Logiciel PRIME. Rapport Magelis NT 09/056-002-Rev0.
- V.T. Chen, 2004. Modélisation simplifiée du transfert de radionucléides dans le sous-sol : Projet SYMBIOSE. Rapport IRSN/DEI/SECRE 2004-006.
- E. Chojnacki, A. Ousny, 1996. Description of the IPSN method for the uncertainty and sensitivity analysis and the associated software : SUNSET. In: ASME/JSME ICONE 4 proceedings, Louisiana, USA. 3, 545-550.
- E. Chojnacki, C. Mercat et H. Fargier, 2010. Apport de l'analyse multicritère dans le projet PRIME. Rapport IRSN/DPAM/SEMIC 10-008. *Sous presse*.
- R. Coulon et al., 1994. Agriculture, environnement et nucléaire : comment réagir en cas d'accident. EDP Sciences, Paris, 105 p.

## Projet PRIME

- L. Dias et al., 2002. An aggregation/disaggregation approach to obtain robust conclusions with ELECTRE TRI. *European Journal of Operational Research* 138 (2002) 332–348.
- V. Durand et C. Mercat, 2007. Comparing many french food surveys results to generalize the risky feeding behaviors. *International ISEE/ISEA Conference, Mexico, 4-9 october 2007.*
- MH. El-Jammal et F. Rollinger, 2007. Baromètre IRSN 2007: perception des risques et de la sécurité. *Rapport IRSN/DSDRE n°12, 119p.*
- Enerpresse, 1995. Coopération franco - russe en matière de sûreté nucléaire : la participation française à l'exercice KOLA. (1995). *Enerpresse, 6348 -19 juin.*
- J. Figueira, V. Mousseau, and B. Roy, 2005. ELECTRE methods. In J. Figueira, S. Greco, and M. Ehrgott, editors, *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, pages 133-162. Springer Verlag, Boston, Dordrecht, London.
- A. Genty et J.-M. Brignon, 2008. Caractérisation des critères socio-économiques dans le cadre de l'analyse multicritère du projet PRIME. *Rapport INERIS d'étude DRC-08-91439-11003A.*
- G. Hériard Dubreuil et al., 1999. Chernobyl Post-Accident Management : The ETHOS Project. *Health Physics, October 1999, Volume 77 n°4.*
- D. Hourtolou, B. Debray, O. Salvi, 2004. ARAMIS Project : Achievement of the integrated methodology and discussion about its usability from the case studies carried out on real test Seveso II sites, Contract number : EVG1-CT-2001-00036. INERIS, Verneuil-en-Halatte, May 2004.
- IRSN et ADEME, 2003. CIBLEX – Banque de données de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué – Version 0 (CD-Rom).
- L.Y. Maystre, J. Pictet et J. Simos, 1994. Méthodes multicritères ELECTRE. *Collection Gérer l'environnement. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (Lausanne, Suisse). 323 pages.*
- MEDAD, 2007. Evaluations socio-économiques des instruments de prévention des inondations. *Collection « Etudes et synthèses ».*
- C. Mercat et coll., 2008. PRIME : rapport intermédiaire pour le MEDAD. *Rapport IRSN/DEI/SESURE 08-24.*
- V. Mousseau, 1993. Problèmes liés à l'évaluation de l'importance relative des critères en aide multicritère à la décision: Réflexions théoriques, expérimentation et implémentation informatique. *Thèse de doctorat, Université Paris-Dauphine.*
- J.-C. Niel et J.-L. Godet, 2008. Development of a national doctrine for the management of the post-accident phase of a radioecological emergency situation. *Revue Contrôle, Autorité de Sûreté Nucléaire, Paris (France), n°180, pp 2-8.*

M. Noucher, 2007, Coproduction de données géographiques : pourquoi, comment et avec qui ? Conférence SAGEO'2007, Clermont-Ferrand, France, Juin 2007.

S. Roussel-Debet et C. Mercat, 2007. Note technique - Renseignement des critères radioécologiques pour l'analyse multicritère. Rapport IRSN/DEI/SESURE/LERCM 07-38.

S. Roussel-Debet, 2008. Note Technique - PRIME Méthode de calcul des dépôts-seuils relatifs aux critères radioécologiques considérés dans PRIME en milieu terrestre et exemples d'application. Rapport IRSN/DEI/SESURE 08-15

B. Roy, 1985. Méthodologie multicritère d'aide à la décision. Economica, Paris.

J. Simos, 1990. Évaluer l'impact sur l'environnement: une approche originale par l'analyse multicritère et la négociation. Presse Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, Switzerland, (1990), 261 p.

P. Vincke, 1989. L'aide multicritère à la décision – Statistique et Mathématiques appliquées. Editions de l'université de Bruxelles.

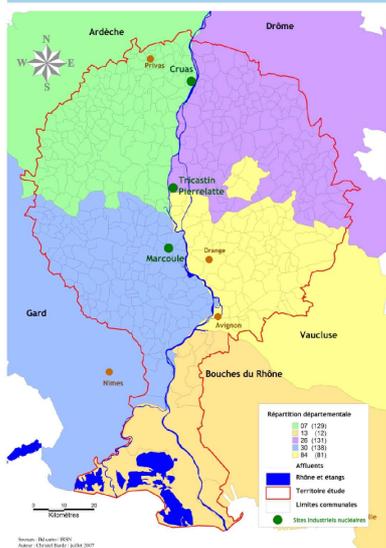
SAFER : [www.safer.fr](http://www.safer.fr), rubrique « prix des terres ».

SIRENE : <http://www.sirene.fr/>

## 9. Annexes

# ANNEXE 1 : LA PLAQUETTE DU PROJET PRIME

## Le territoire d'étude autour du site nucléaire de Tricastin - Pierrelatte.



Le territoire d'étude du projet PRIME est situé dans le Sud-Est de la France en Basse Vallée du Rhône. Il regroupe environ 500 communes, 3 régions et 5 départements. Le choix de ce territoire a été initié par la localisation de trois sites industriels nucléaires dans l'axe rhodanien : Tricastin-Pierrelatte, Cruas (Région Rhône Alpes) et Marcoule (Région Languedoc-Roussillon), par une forte urbanisation et par une grande diversité des milieux (naturel, semi-naturel, artificiel, fluvial et littoral) et des enjeux (démographiques, économiques, touristiques, agricoles...) et des problématiques (patrimoine, foncier...).

## Les Acteurs du projet PRIME

Le projet de recherche PRIME a été conçu en partenariat avec des instituts experts du risque (IRSN, INERIS), des laboratoires de recherche universitaire (LAMSADE, UMR PACTE...), les représentants des pouvoirs publics (ASN/Division de Lyon, Préfectures, mairies) et des représentants du territoire (CLI).

## Les partenaires du projet PRIME (octobre 2007)

- Préfecture de la Drôme (Valence)
- Autorité de Sécurité Nucléaire (division de Lyon)
- Installations AREVA du Site Industriel Nucléaire Tricastin-Pierrelatte
- Commission Locale d'Information du Gard
- Agence de développement du Gard Rhodanien
- Pays une autre Provence
- Gilles Dussere, exploitant viticole du Gard
- INERIS - Institut National de l'Environnement Industriel et des risques (Oise)
- IRSN - Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (Fontenay aux Roses et Cadarache)
- Laboratoire d'Analyse et Modélisation de Systèmes pour l'Aide à la Décision (Université Paris-Dauphine)
- UMR PACTE-Territoires Université de Grenoble
- Conseil scientifique de la Rade de Toulon
- La CIGET de Tricastin, la CLI de Cruas et la CRII-RAD sont par ailleurs informées régulièrement des développements du projet.

## Contacts et Information sur PRIME

Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire  
DEI/SESURE/LERCIM  
Centre d'études de Cadarache - bat 153  
13115 SAINT PAUL LEZ DURANCE  
Tel : 04 42 19 96 11  
Fax : 04 42 19 91 42

Responsable projet : Catherine MERCAT  
Coordination des acteurs : Christel BARDE

catherine.mercat-rommels@irsn.fr  
christel.barde@irsn.fr

Information : <http://www.rdrisques.org/projets>

IRSN - Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire  
Siège social  
BP 17  
92 262 Fontenay-aux-Roses



## Projet de recherche PRIME

\* Comment gérer ensemble un territoire contaminé ?

\* Projet de Recherche sur les Indicateurs de la sensibilité radioécologique et les méthodes Multicritères appliquées à l'Environnement d'un territoire industriel.



L'objectif de PRIME est de développer en concertation avec tous les acteurs du territoire, une méthode d'analyse multicritères utilisable suite à un accident impliquant le rejet dans l'environnement de substances radioactives.

Projet de recherche participative subventionné par le Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables dans le cadre du programme Risque-Décision-Territoires 2006, n° convention 0000771

PRIME : "Identifier ensemble des critères qui permettent de construire un indice de la gravité des conséquences d'un accident nucléaire"



La méthode du projet PRIME est basée sur :

L'identification des critères et leur hiérarchisation, en concertation avec les acteurs : quels critères radiologiques, économiques, patrimoniaux... sont importants pour les habitants ? Quels critères sont utilisables pour prendre une décision ? Est-ce qu'une méthode d'analyse multicritères représente un moyen efficace de donner du sens à ces critères et de formaliser une vision partagée du territoire contaminé ?

Les résultats attendus sont :

L'identification et la hiérarchisation d'éléments scientifiques, techniques, socio-économiques pour rationaliser la prise de décision dans le cadre de la gestion post-accidentelle et l'élaboration d'un outil de caractérisation et de gestion du territoire partagé par l'ensemble des acteurs.

Territoires pour lesquels les conséquences sont importantes.



PRIME  
"Vers une échelle de sensibilité à une contamination radiologique pour des territoires"

Territoires pour lesquels les conséquences sont faibles.