



INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Projet PRIME

Description de la proposition technique
acceptée par le Ministère de l'Environnement
dans le cadre du programme RDT 2006

DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT
ET DE L'INTERVENTION

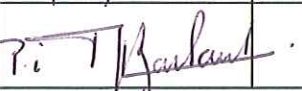
Service d'Etude et de Surveillance de la Radioactivité dans
l'Environnement

Demandeur	
Référence de la demande	
Numéro de la fiche programme	Affaire 15 000 001 / 0010

Projet PRIME : description de la proposition technique

Laboratoire d'Etudes Radioécologiques en milieux Continental et
Marin (LERCM)

Rapport DEI/SESURE n°2007-67

	Réservé à l'unité		Visas pour diffusion		
	Auteur(s)	Vérificateur*	Chef du SESURE	Directeur DEI	Directeur Général de l'IRSN
Noms	C. Mercat et coll.	P. Renaud	JM. Pérès	D. Champion	J. Repussard
Dates	11/10/07	15/10/2007	24/10/07	30/10/2007	
Signatures					

* rapport sous assurance de la qualité

Denis BOULAUD

Adjoint au Directeur de l'Environnement et de l'Intervention

LISTE DES PARTICIPANTS

Nom	Organisme
Geneviève BAUMONT	IRSN/DSDRE/DOS
Eric CHOJNACKI	IRSN/DPAM/SEMIC/LIMSI
Catherine MERCAT-ROMMENS	IRSN/DEI/SESURE/LERCM
Jean-Michel METIVIER	IRSN/DEI/SECRE/LME
Philippe RENAUD	IRSN/DEI/SESURE/LERCM
Sylvie ROUSSEL-DEBET	IRSN/DEI/SESURE/LERCM

SOMMAIRE

1 CONTEXTE	2
1.1 ETAT DE L'ART SUR LA PREPARATION AUX SITUATIONS POST-ACCIDENTELLES.....	2
1.2 ETAT DE L'ART SUR L'ANALYSE MULTICRITERES.....	4
2 POSITIONNEMENT ET OBJECTIFS DU PROJET PRIME	5
3 METHODOLOGIE ET CAS TRAITE	7
4 RESULTATS ATTENDUS	13
5 VALORISATION PROPOSEE	13
6 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	15

1 CONTEXTE

Le risque lié aux activités radiologiques et nucléaires en France concerne 48 réacteurs électronucléaires répartis sur 19 sites géographiques, 10 installations du cycle du combustible réparties sur 6 sites, 61 installations de recherche réparties sur 4 sites, 10 installations en cours de démantèlement réparties sur 7 sites, 2 sites de stockage de déchets, des irradiateurs industriels, des équipements de contrôle par gammagraphie, plus de 50 000 unités médicales et de recherche dites de proximité éparpillées sur l'ensemble du territoire national, ainsi que les colis de matières radioactives transportés par route (300 000 colis en 2004). Le panorama des activités radiologiques et nucléaires françaises montre que la prise en compte des caractéristiques territoriales est une composante potentiellement importante de la gestion du risque nucléaire et notamment de la gestion du risque accidentel.

Les activités nucléaires sont effectivement exercées de façon à prévenir les accidents mais ne pouvant garantir le risque nul, il convient aussi de chercher à limiter les conséquences d'éventuels accidents. En cas d'accident impliquant des substances radioactives, deux phases d'intervention sont généralement distinguées : une phase dite d'urgence nécessitant une réponse rapide et organisée dans le cadre des plans d'intervention et une phase différée, dite post-accidentelle qui doit être traitée sur le moyen, voire le long terme, en vue d'un retour à une situation jugée acceptable par les diverses parties prenantes. Même si la phase post-accidentelle doit être traitée dans la continuité de la précédente, le projet PRIME est principalement centré sur le développement d'outils méthodologiques utilisables pour cette deuxième phase.

L'objectif du projet PRIME est de développer, en concertation entre les experts, les acteurs de la décision et les représentants du territoire, une méthode d'analyse multicritères de caractérisation du territoire contaminé, utilisable par les gestionnaires du risque lié à un accident industriel impliquant des substances radioactives. La méthode sera basée sur la hiérarchisation des facteurs de la sensibilité d'un territoire vis-à-vis d'une pollution radioactive.

Est-ce qu'un territoire d'environ 50km de rayon autour d'un site nucléaire n'est sensible à une pollution nucléaire accidentelle qu'en fonction de sa distance à la source ou bien peut-on trouver des critères qui exprimeraient la variabilité de sa sensibilité selon la nature et l'usage des sols ? Quels critères sont importants pour les personnes vivant sur le territoire et comment sont-ils pondérés entre eux ? Quels critères sont utilisables pour prendre des décisions ? Est-ce qu'une méthode multicritère peut être un bon outil pour mettre en forme et rendre visibles et accessibles ces données ?

1.1 ETAT DE L'ART SUR LA PREPARATION AUX SITUATIONS POST-ACCIDENTELLES

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. Dans ce cadre, un guide plus spécifiquement dédié aux services déconcentrés de l'Etat (Coulon et al., 1994) a été réalisé par l'IPSN (devenu depuis l'IRSN) en collaboration avec la Fédération Nationale des Syndicats d'Exploitants Agricoles (FNSEA) et le Centre interprofessionnel de l'Economie Laitière (CNIEL). Cette forte demande interministérielle de la fin des années 1980 induite notamment par l'occurrence de l'accident de Tchernobyl a ensuite subi un fort ralentissement dans les années 1990. La réflexion sur la gestion post-accidentelle a surtout été alimentée dans les années 1990 par les travaux des instituts d'expertises. Sur ce thème, l'IPSN et l'Institute of Nuclear Energy Safety (IBRAE, Russie) ont réalisé des exercices communs (Saint-Petersbourg en 1993, Kola en 1995 (Enerpresse, 1995)). Le principal aspect traité par les scénarios d'exercice 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 lorsque la population est impliquée dans les décisions. Le programme ETHOS (Schneider, 2000) 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 un des premiers exemples de cette évolution vers une réappropriation partielle de la gestion post-accidentelle par les populations et les collectivités locales (Dubreuil et al. 1999). 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 de la mémoire.

En ce qui concerne la France, en 1996, l'exercice Becquerel (Badie et al., 2000) a simulé un accident grave sur un réacteur expérimental du centre d'études de Saclay (91). Une surface contaminée en ^{131}I , ^{137}Cs et ^{134}Cs d'environ 16 km^2 a été étudiée. Les objectifs de l'exercice étaient d'évaluer la capacité de gestion des structures opérationnelles en ce qui concerne la prise de décision et l'intervention et d'étudier la communication de l'information relative à l'accident. À partir d'indicateurs (dose aux populations, niveaux de contamination dans les sols et dans les aliments) une comparaison de diverses stratégies de réhabilitation incluant des contre-mesures a été faite. Les conclusions ont montré : i) l'importance de l'irradiation externe, ii) l'efficacité radiologique des actions de réhabilitation appliquées au milieu bâti et, iii) les difficultés inhérentes à la gestion des déchets générés par les actions de réhabilitation agricoles ou urbaines.

Depuis, les évaluations post-accidentelles ont fait l'objet de plusieurs exercices. Les exercices *Cattenom* et *Pierrelatte* ont notamment abordé cette problématique en 2004 ainsi que *Belleville sur Loire* en 2005. En janvier 2002, une commission avait 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 avaient été constitués : sur l'organisation administrative et économique ; les mesures dans l'environnement ; le suivi sanitaire des populations ; la décontamination, la réhabilitation des surfaces et la contamination de la chaîne alimentaire ; la circulation dans la zone contaminée.

Au niveau international, l'exercice INEX 3 organisé en 2005 par l'OCDE sur la filière céréalière a montré le besoin de doctrines et de procédures notamment sur la gestion des récoltes.

Dans le domaine du risque chimique, l'accident de l'entreprise AZF à Toulouse le 21 septembre 2001 a aussi mis en évidence la demande sociétale d'une plus grande transparence de la prise de décision en matière de gestion du risque industriel. Entre 2001 et 2004, dans le cadre du 5^{ème} PCRD, le projet ARAMIS (Accidental Risk Assessment Methodology for Industries in the framework of SEVESO II directive) animé par l'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). Le réseau TRUSTNET européen et pluridisciplinaire, créé en 1996 et financé par la Commission européenne, avait notamment pour objectif d'analyser les processus de négociation sociale des risques. Il est suivi par le projet TRUSTNET-IN-ACTION (TIA, 6^{ème} PCRD, 2004-2006) qui a pour but de fédérer diverses initiatives nationales indépendantes portant sur l'analyse des schémas actuels de gouvernance des risques. Le projet européen TRUSTNET-CLIC (porté par l'INERIS) est centré sur l'accompagnement de la

mise en place de quelques CLIC (Comités Locaux d'Information et de Concertation) afin d'établir des recommandations méthodologiques visant à améliorer les pratiques de concertation et de communication entre les différents acteurs de la gestion des risques industriels. La première étape est vouée à l'observation de CLIC pilotes. La seconde étape sera une analyse globale des pratiques de gestion des risques en France et leur mise en perspective à l'échelle européenne.

Aujourd'hui, en France, un important travail interministériel est engagé sous l'autorité du Secrétariat Général de la Défense Nationale (SGDN) car les directives interministérielles qui fixent les modalités d'organisation opérationnelle en cas de situation d'urgence radiologique datent pour l'essentiel de la fin des années 1980 et doivent être réactualisées. Ce travail a conduit en avril 2005 à la parution d'une directive interministérielle portant sur l'organisation des pouvoirs publics en cas de situation d'urgence radiologique. 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). Notamment, un des grands chantiers méthodologiques actuels 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 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), ainsi que six groupes de travail. 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.

1.2 ETAT DE L'ART SUR L'ANALYSE MULTICRITERES

L'analyse multicritères 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, comment convertir en une valeur monétaire commune de 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 :

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

Les exemples d'application pratiques de ces méthodes sont encore relativement rares car historiquement les outils d'aide à la décision classique de type monocritère ont été préférés. C'est aussi le cas 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 ne sont pas forcément représentatifs de la réalité car la comparaison de plusieurs situations se fait rarement sur un seul critère et les préférences sur un critère sont dans bien des cas difficilement modélisables par une fonction unique (ICRP, 1989). Il existe un précédent de recours à ces méthodes pour la gestion post-accidentelle. Il s'agit de l'action 2 des Joint Study Projects (JSP-2), coordonnée par le CEPN et réalisée entre 1991 et 1995, dans le cadre d'un vaste programme de recherche mis en place par la commission européenne pour l'évaluation et la gestion des conséquences de l'accident de Tchernobyl. L'idée du JSP-2 était de développer un outil d'aide à la décision multicritères 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 « multicritères » 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 multicritères peut alors être basé sur le constat et l'acceptation du fait que les préférences des intervenants sont 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).

2 POSITIONNEMENT ET OBJECTIFS DU PROJET PRIME¹

Les travaux successivement menés en France sur la gestion des situations post-accidentelles montrent qu'il est indispensable qu'elle s'appuie sur une caractérisation anticipée de l'état radiologique de l'environnement, abordée de manière globale et selon une stratégie prenant en compte les habitants et leurs conditions de vie. L'objectif est de mettre à la disposition des responsables et de la société civile un outil simple permettant le choix méthodique des actions à entreprendre et leur compréhension par tous, lorsque sont en jeu simultanément des critères sanitaires, économiques, écologiques, voire sociétaux.

Le constat sur le terrain des conséquences radiologiques de rejets radioactifs, notamment dans le cas du retour d'expérience de l'accident de Tchernobyl, montre que les conséquences pour l'homme et pour l'environnement d'une telle pollution dépendent de l'importance et de la nature de celle-ci, mais aussi du territoire qui la reçoit et de son contexte humain et environnemental. Ceci est vrai aussi pour toutes les pollutions industrielles. Qu'elles s'expriment en termes économiques, d'image territoriale, de toxicité ou de risque sanitaire, ces conséquences seront plus ou moins pénalisantes suivant les caractéristiques du milieu touché (paramètres environnementaux) et suivant l'usage qu'en fait l'homme (paramètres anthropiques). Les différents milieux : urbains, agricoles, forestiers, fluviaux, lacustres, marins ou d'altitude, présentent notamment des sensibilités différentes vis-à-vis d'une pollution et au sein même de ces grandes composantes environnementales que sont les milieux, différents facteurs, naturels ou anthropiques spécifiques à l'écosystème considéré, déterminent la réponse de l'environnement à une pollution à une période donnée. Dans un espace agricole, par exemple, le type de culture et le moment du cycle végétatif constituent des facteurs de sensibilité importants. Le blé et le lait produits sur une surface soumise à une même pollution présenteront ainsi des niveaux de contamination respectifs très différents. La rémanence de cette contamination dans les cultures successives dépendra également fortement des caractéristiques du sol. Et, de manière générale, toutes les caractéristiques intrinsèques d'un écosystème qui influent sur le transfert des polluants, confèrent à un territoire une sensibilité spécifique vis-à-vis d'une pollution. Il en est de même de facteurs anthropiques tels que les pratiques agricoles (utilisation d'engrais, irrigation, période de semis) ou zootechniques (alimentation des animaux, présence à l'extérieur). C'est l'ensemble de ces facteurs que l'on nomme par la suite les facteurs de sensibilité (sous-entendue la sensibilité radioécologique). La sensibilité radioécologique d'un territoire est donc définie par une double composante : environnementale et anthropique, dont les poids relatifs peuvent évoluer en fonction du temps.

Si un territoire présente une sensibilité à la pollution qui lui est propre, il est actuellement difficile de comparer la sensibilité globale de différents territoires : est-il plus grave d'avoir un stock important de polluants dans un espace naturel peu anthropisé ou d'avoir une faible concentration de ces mêmes polluants dans un cours d'eau largement utilisé pour l'irrigation ? La sensibilité radioécologique est un concept qui permet de représenter l'intensité de la réponse d'un territoire à une pollution. Les perspectives d'utilisation de ce concept sont explorées à l'IRSN depuis 2003 dans le cadre du projet SENSIB cofinancé par l'IRSN et l'ADEME. Les concepts étudiés dans SENSIB montrent des perspectives intéressantes

¹ PRIME = Projet de Recherche sur les Indicateurs de la sensibilité radioécologique et les méthodes Multicritères appliqués à l'Environnement d'un territoire industriel

d'application à différentes étapes de la vie d'une installation nucléaire (rejets chronique, contexte accidentel, démantèlement). Le projet PRIME a pour objectif de proposer une application du concept de la sensibilité radioécologique à l'échelle d'un territoire dans le contexte post-accidentel.

L'opérationnalité de cette application sera recherchée en explorant plusieurs axes de l'appel à proposition RDT 2006 :

- l'axe 2 (connaissance des vulnérabilités) : en identifiant avec les parties prenantes les facteurs de sensibilité d'un territoire et en explicitant les relations entre les facteurs de sensibilité d'un territoire et des indicateurs de sensibilité des territoires à une pollution radioactive accidentelle (activité surfacique activité massique, flux de radioactivité...),
- l'axe 3 (évaluation et hiérarchie des risques) : en développant une méthode multicritères permettant de hiérarchiser ces indicateurs et de guider les responsables,
- l'axe 6 (plans de secours) : en proposant une méthode de caractérisation anticipée de la sensibilité du territoire comme support des plans de préparation à l'intervention,
- l'axe 9 (analyse des modes d'implication de la société civile dans la gestion des risques) : par la participation des commissions locales d'information autour des sites nucléaires (Marcoule, Tricastin-Pierrelatte et Cruas) au projet PRIME.

Du point de vue de l'IRSN/DEI, les objectifs de PRIME sont triples :

- apporter des éléments scientifiques pour rationaliser la prise de décision dans le cadre de la gestion post-accidentelle. En effet la méthode de caractérisation de territoires envisagée dans PRIME permettra d'évaluer et par suite de justifier l'ampleur des interventions à prévoir et/ou des stratégies de mesures/suivis en contexte post-accidentel. Le projet permettra par exemple de répondre aux questions suivantes : Quelles matrices environnementales sont les plus exposées ? Où aller mesurer ? Quels compartiments de l'environnement doivent être suivis (réseaux actifs ou dormants de surveillance de la radioactivité) ?
- simplifier la représentation des conséquences territoriales d'une situation de contamination radioactive accidentelle et créer un outil de gestion commun à différents intervenants qui a priori parlent des « langages » différents.
- identifier les thèmes d'étude qui s'avèrent importants pour l'estimation de la sensibilité radioécologique d'un territoire et qui sont actuellement mal renseignés ou bien sous une forme peu pratique à utiliser. Par exemple, on pourra s'apercevoir qu'il faudrait une base de données sur les caractéristiques agricoles ou bien sur les captages d'alimentation en eau potable AEP avec l'indication des temps de transit fleuve-captage...). Inversement, des thématiques de recherche pourraient être jugées secondaires, voire inutiles, dans le cadre des études post-accidentelles.

Cependant, le projet PRIME est conçu comme un partenariat entre laboratoires scientifiques (IRSN et autres instituts experts du risque, LAMSADE, ...), représentants des pouvoirs publics (ASN/DSNR-Rhône Alpes, Préfecture, mairie) et représentants de la société civile (Commissions Locales d'Information). Ce projet est donc un projet « complexe » au sens de Le Cardinal et al. (1997), à savoir « un système au sein duquel les différents acteurs construisent des représentations ; utilisent des rationalités ; subissent des contraintes ; se fondent sur des critères d'évaluation et élaborent des objectifs qui leur sont propres ». Les objectifs du projet PRIME sont donc multiples et à ce stade d'élaboration du projet, certains objectifs propres aux intervenants appelés à coopérer avec l'IRSN ne sont donc probablement pas encore exprimés.

Une des premières actions de PRIME sera donc d'identifier avec les partenaires leurs objectifs propres pour une réappropriation commune, pour vérifier qu'il n'y a pas de contradiction entre les objectifs poursuivis par les uns et les autres et pour décider en commun des critères d'évaluation de l'atteinte de ces objectifs. Cette action sera la première étape de l'exploration de formes de coopération innovantes dans le cadre du volet « concertation » du

projet PRIME. Par ailleurs, le projet PRIME bénéficiera de l'expérience acquise par l'IRSN de l'ouverture de l'expertise scientifique aux parties prenantes et notamment dans le cadre des travaux du Groupe Radioécologie Nord-Cotentin (Rommens *et al.*, 2004).

Ce projet doit finalement fournir une caractérisation du territoire utilisable dans le cadre de l'évaluation et la gestion des risques pour l'homme et pour l'environnement.

L'analyse multicritères sera utilisée ici de façon originale puisqu'elle servira à expliciter les critères de l'évaluation environnementale (indicateurs de sensibilité) qui supportent la décision en partenariat avec les parties prenantes. Le relevé exhaustif des facteurs de sensibilité proposés par les parties prenantes et leur examen systématique devraient éliminer certaines des limites de l'utilisation de ces méthodes observées par le passé lorsque les facteurs étaient listés unilatéralement par les experts et rapidement remis en question par les autres acteurs.

3 METHODOLOGIE ET CAS TRAITE

Le projet PRIME sera structuré selon les principales étapes suivantes (cf. figure 1) :

1. le choix du territoire d'étude, de l'échelle de temps et des indicateurs de la sensibilité du territoire,
2. l'identification, en relation avec les parties prenantes locales, des facteurs de sensibilité à considérer pour évaluer les indicateurs de la sensibilité,
3. la caractérisation des gammes de valeurs des indicateurs pour le territoire d'étude (utilisation des modèles radioécologiques),
4. l'élaboration d'une grille d'indicateurs pondérés selon des gammes de valeurs discutée avec les parties prenantes,
5. la discussion avec les parties prenantes locales des résultats obtenus, en vue de répondre à leurs préoccupations et de faciliter les décisions.

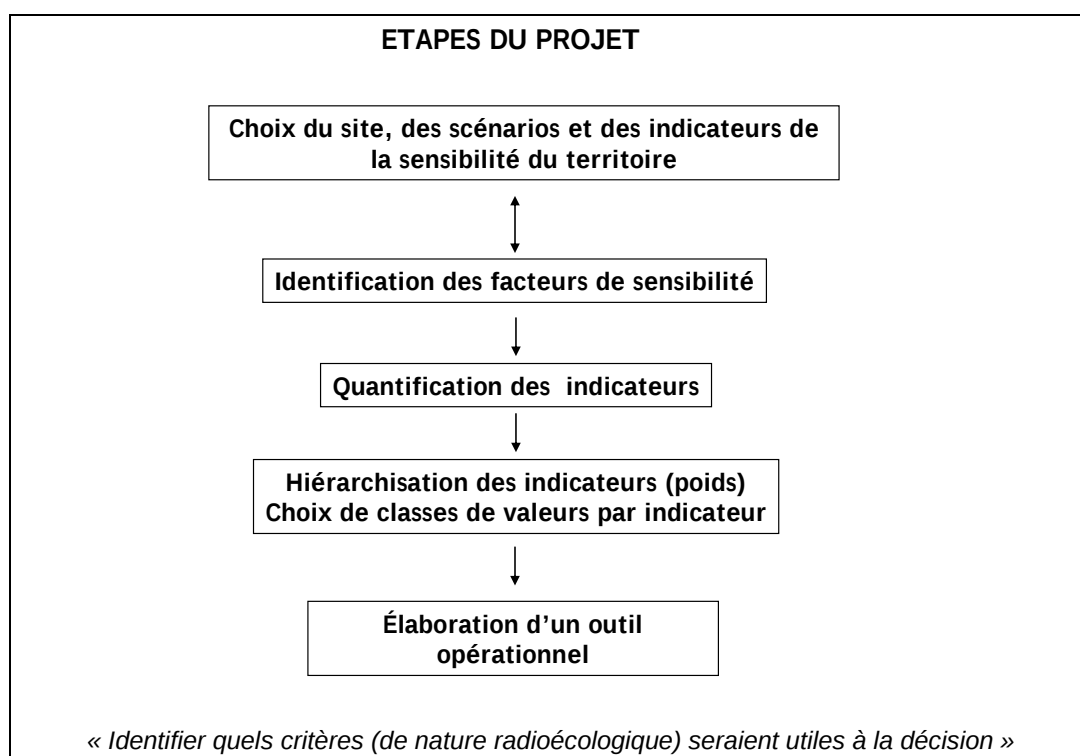


Figure 1 : Les étapes du projet PRIME

La notion de territoire retenue pour le projet PRIME est la notion de territoire touché par l'accident au sens « territoire à risque » de l'appel à proposition RDT 2006. Le territoire n'est donc pas forcément une unité administrative, ni une zone au sein de laquelle les activités humaines sont homogènes. La gestion des différences de frontières entre le « territoire à risque », le « territoire administratif » et le « territoire social » sera l'un des enjeux du projet PRIME car la disponibilité des données ne recouvre pas forcément les mêmes échelles selon les territoires et la portée des décisions n'y sera probablement pas la même. La zone envisagée pour la réalisation du projet PRIME est située dans le Sud-Est de la France dans la Basse Vallée du Rhône (figure 2). La source de pollution accidentelle sera un point virtuel positionné sur le site nucléaire du Tricastin mais le projet couvrira aussi les pollutions nucléaires accidentelles qui pourraient provenir des sites de Cruas et de Marcoule. Le type de rejet (atmosphérique/liquide) et ses caractéristiques (en particulier, spectre des radionucléides rejetés) seront déterminés de façon consensuelle par les participants.

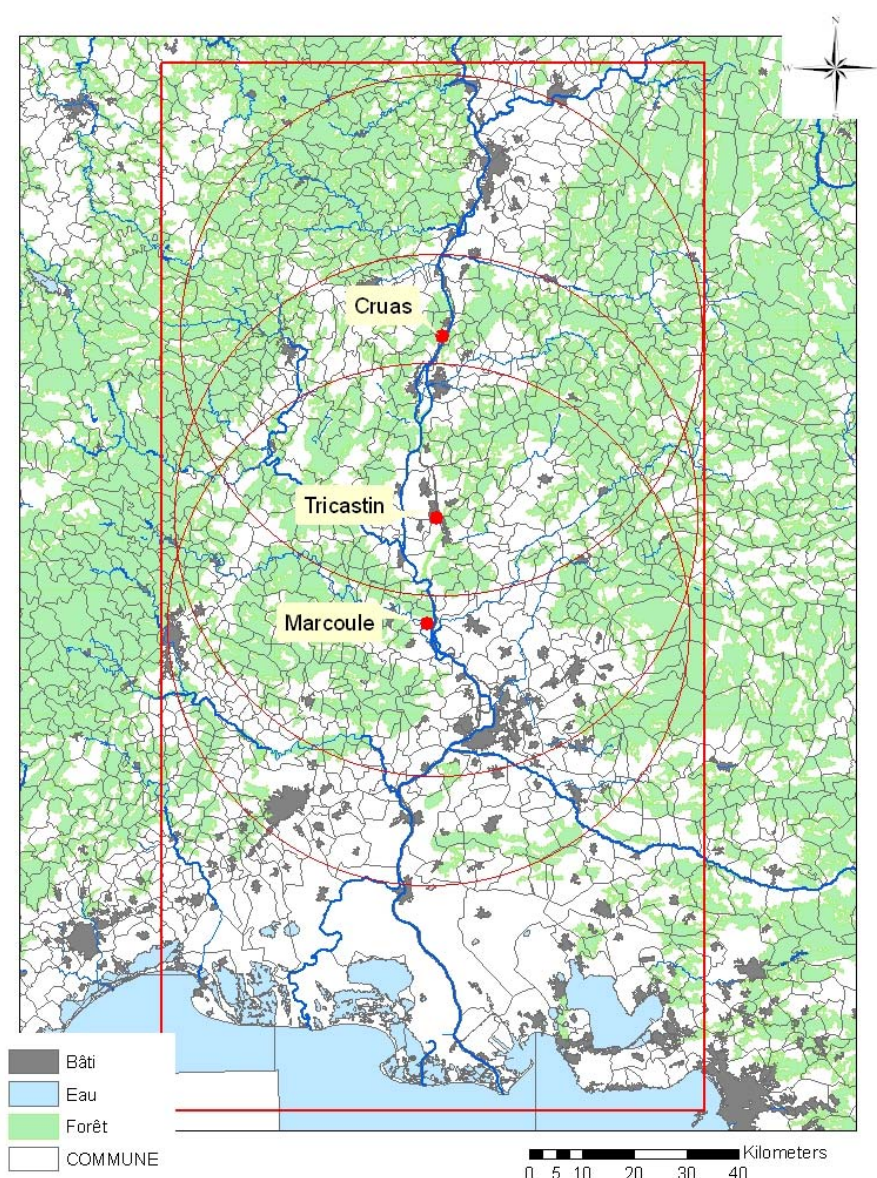


Figure 2 : Zone d'étude.

En termes de territoire impacté, la zone étudiée se situera globalement dans un rayon d'une cinquantaine de kilomètres autour des trois sites nucléaires pour les atteintes par voie atmosphérique. En ce qui concerne les transferts par rejets liquides dans le Rhône, la zone d'étude couvrira le fleuve en aval de Marcoule et les zones côtières de Sète à Toulon. En

effet, les données radioécologiques acquises dans le cadre du réseau OPERA (Thébaut, 2003 ; Eyrolle et al., 2005 ; Rolland, 2006) montrent que les rejets de radioactivité artificielle dans le bassin versant incluant le site de Marcoule, dus au fonctionnement du site de Marcoule ou à d'autres sources de rejets de radioactivité dans l'environnement, sont susceptibles de générer un impact mesurable sur l'ensemble de cette zone côtière de la Méditerranée.

Les milieux traités seront l'atmosphère, le sol, les productions agricoles, le domaine fluvial, les nappes et les zones côtières ; les interfaces entre ces milieux seront traitées (cf. figure 3, matrice d'interactions). Les différentes actions anthropiques suivantes seront prises en compte : les transformations agro-alimentaires, les filières de commercialisation des productions agricoles issues du territoire contaminé, les usages de l'eau... Le projet PRIME fera donc appel notamment aux compétences des disciplines suivantes : météorologie, agronomie, géographie, hydrogéologie, pédologie, cartographie... Ce projet bénéficiera, entre autres, des compétences et données fédérées par l'IRSN dans le cadre du projet CAROL (Camargue-Rhône-Languedoc) réalisé sur la période 1998-2004 et dont l'objectif était d'étudier et de quantifier la répartition des radionucléides artificiels dans la basse vallée du Rhône (IRSN, 2004).

ATMOSPHERE		SOL	PRODUITS D'ORIGINE VEGETALE	PRODUITS D'ORIGINE ANIMALE	HYDROSISTÈME Eaux douces				MILIEU MARIN	PRODUITS CONSOMMÉS	RISQUE POUR L'HOMME
AIR	Solubilité Capture	Dépôt sec	Dépôt sec	Inhalation	Dépôt sec						Inhalation Expo ext.
	Pluie	Dépôt humide	Dépôt humide		Dépôt humide						
Resuspension		SOL Labour Sorption-Desorpt.	Transfert Rainsplash	Ingestion	Érosion Lixiviation						Expo ext.
		Lessivage foliaire Résidus végétaux	VEGETAL	Stockage Ingestion						Récolte Stockage	
				LAIT, VIANDE...						Abattage Collecte Stockage	
		Irrigation	Irrigation	Abreuvement	RIVIERE, FLEUVE	Transfert Délai	Sorption	Transfert	Transfert Dilution	AEP Délai/filtre	
		Irrigation	Irrigation	Abreuvement		NAPPE				AEP Délai/filtre	
					Relargage	Relargage	SEDIMENT		Transport Accumulation		Expo ext.
								POISSONS		Pêche	
								MER			
										PRODUITS DE CONSOMMATION	Ingestion

Cette matrice explicite les COMPOSANTES (éléments diagonaux, cases en couleur) et les processus de transfert des radionucléides (éléments en italiques rouge, hors diagonale) entre compartiments. La lecture s'effectue dans le sens des aiguilles d'une montre.

Figure 3 - Matrice d'interactions pour l'évaluation de l'impact radioécologique

La réalisation des étapes du projet PRIME nécessite de fédérer les données radioécologiques disponibles (données de terrain, modélisation, résultats expérimentaux) mais aussi les données territoriales et de les traiter avec une approche commune définie par le projet. La contrainte spatiale pèsera fortement dans le projet PRIME car la granularité des données spatiales disponibles n'est pas forcément la même entre les différents milieux, ni entre les différents espaces de la zone d'étude. La problématique de la gestion de données non homogènes à l'échelle spatiale et de qualité différente sera au cœur des préoccupations du projet PRIME.

La méthode d'évaluation des indicateurs de la sensibilité radioécologique fera appel aux modèles classiques de calculs d'impact des radionucléides utilisés à l'IRSN : code CASTEUR pour les rejets en rivière (Duchene et al., 2003), code ASTRAL pour la contamination de la chaîne alimentaire et des écosystèmes forestiers suite à une pollution radioactive accidentelle (Renaud et al., 1999 ; Calmon et Murlon, 2005), en y intégrant les paramètres régionalisables. Les études menées en sciences de l'environnement distinguent généralement milieux atmosphérique, terrestre, aquatique continental et marin. Une attention particulière sera portée sur l'interfaçage entre ces milieux et leur interdépendance. Une des composantes

de cette réflexion portera par exemple sur la prise en compte de sols contaminés suite à un dépôt radioactif comme source d'apport de contamination vers les fleuves et le milieu marin. On parlera alors de sensibilité des bassins versants comme de leur potentiel à transférer une partie de la contamination qu'ils ont reçue vers le milieu aquatique récepteur.

L'évaluation de la sensibilité radioécologique va inévitablement conduire aux calculs de différents indicateurs de la sensibilité. Dans le domaine radioécologique, il s'agira par exemple des activités volumiques dans des nappes, des activités surfaciques sur des sols destinés à différents usages, des activités totales « produites » sur des surfaces agricoles, des flux de radionucléides dans des cours d'eau. Par ailleurs, des indicateurs de sensibilité territoriaux de natures différentes viendront compléter les indicateurs de sensibilité radioécologique : indicateurs démographiques (population résidente ou temporaire, urbanisation...), « écologiques » (présence d'espaces ou d'espèces protégés), socio-économiques (valeur des productions agricoles, coût de leur stockage / destruction, coût des contre-mesures, coût indirect de l'abandon de zones touristiques, dégradation de l'image territoriale...).

Le projet PRIME étudiera les méthodes disponibles pour hiérarchiser les indicateurs de la sensibilité radioécologique d'un territoire et pour trouver des moyens de les comparer entre eux. Les méthodes de traitement de données explorées dans le cadre du projet PRIME seront celles de l'analyse multicritères (AHP, MAUT, ELECTRE, PROMETHE...).

Le recours à une méthode d'analyse multicritères permettra notamment de modéliser et de formaliser la préparation de la décision. En ce sens, le recours aux méthodes multicritères présente l'avantage d'améliorer la transparence du processus de décision et la traçabilité de ce processus. A cette occasion, l'avis des parties prenantes sera particulièrement sollicité, afin de garantir l'acceptabilité de l'emploi ultérieur de l'outil.

Les trois principales étapes qui se succèdent dans le développement d'une méthode d'analyse multicritères sont :

- l'élaboration de la matrice des évaluations par laquelle la sensibilité radioécologique des composantes d'un territoire est jugée selon les indicateurs de sensibilité spécifique de chaque milieu. Chaque indicateur de sensibilité peut éventuellement être affecté d'un poids, en concertation avec les parties prenantes.
- la réalisation de la procédure d'agrégation qui permet d'obtenir les préférences globales à partir de relations de surclassement déduite de la matrice des évaluations. C'est lors de cette étape qu'il faut choisir quel type de méthode d'analyse multicritères (méthode de tri, de classement...) on utilise. Cette étape fait intervenir la notion de seuil de concordance et de discordance. La fixation d'un seuil de concordance permet de déterminer la valeur au-dessous de laquelle les hypothèses de surclassement d'une action par rapport à l'autre sont à rejeter. Le seuil de discordance permet de déterminer le maximum de tolérance pour qu'une hypothèse de surclassement ne soit pas rejetée. Ces seuils permettent ainsi de discuter quels niveaux de compromis et d'opposition sont acceptables entre les différents acteurs et peuvent permettre de prendre en compte des positions divergentes entre les acteurs.
- l'analyse de robustesse du résultat qui permet ensuite de tester si les résultats ne sont pas modifiés de façon importante quand les paramètres varient autour de leur valeur initiale et donc de savoir si la recommandation est robuste. Les paramètres que l'on peut faire varier sont : la gamme de valeur des indicateurs de sensibilité radioécologique (ou la notation si ce sont des critères qualitatifs), le poids des indicateurs, le seuil de concordance et/ou le seuil de discordance). Une analyse de robustesse approfondie permet notamment de compenser le caractère subjectif de certains paramètres.

Le projet PRIME réalisera la première de ces trois étapes et préparera les outils nécessaires à la réalisation des deux étapes suivantes. L'établissement des bornes de la matrice d'évaluation sera une étape clé de la méthodologie. Le nombre total d'indicateurs de sensibilité à considérer et le choix de ceux-ci seront basés sur les propositions des équipes de chercheurs et arbitrés par les parties prenantes. En ce qui concerne l'affectation éventuelle

de poids pour chaque indicateur et les seuils de concordance/ discordance, l'avis de parties prenantes pèsera là encore fortement dans la démarche et pourra conduire à différentes résolutions en fonction du niveau d'accord ou de désaccord exprimé (une procédure d'agrégation commune ou plusieurs propositions d'agrégation portées par chacun des points de vue exprimés).

Les parties prenantes considérées dans PRIME sont de deux types :

1. les partenaires du groupe de travail (GT PRIME) constitués par :
 - a. des représentants des experts du risque (IRSN, INERIS et consultants universitaires²),
 - b. des représentants des acteurs de la décision : des représentants de l'Autorité de sûreté nucléaire (DSNR Rhône-Alpes) ou de l'autorité locale (Préfecture de la Drôme et services de l'état associés),
 - c. des représentants du territoire : CLI du Gard.
2. les autres parties prenantes de la gestion des conséquences environnementales d'un potentiel accident nucléaire au niveau du territoire d'étude qui ne peuvent être toutes incluses ou représentées dans le groupe de travail de PRIME pour des questions de dimensionnement du projet.

L'implication de ces deux types de parties prenantes ne sera pas la même. Dans le cadre de réunions régulières du GT PRIME (cf. figure 4), la méthode d'analyse multicritères sera élaborée en cherchant à tirer parti du recensement des facteurs de sensibilité territoriaux (environnementaux et utilisation anthropique) élaboré avec les parties prenantes de type 1 et de leur examen en commun. Des procédures d'éllicitation de type technique de SIMOS dite « du jeu de cartes » (Simos 1990) ou technique de comparaison par paires (Mousseau 1995) ne peuvent être mises en œuvre que dans le cadre d'un groupe de travail limité. Ces techniques seront donc explorées avec les parties prenantes de type 1 et permettront de dimensionner la matrice d'évaluation (nombre et nature des facteurs de sensibilité retenus comme critères pour l'analyse multicritère) et de modéliser les préférences entre les critères. Les parties prenantes de type 2 seront consultées à différents moments clés de l'avancement de la construction de la matrice multicritère par exemple pour la validation de l'ensemble des critères retenus par le GT PRIME (réalisation d'enquête par interviews auprès d'un échantillon de parties prenantes de type 2) et pour la validation de la hiérarchisation de ces critères (via des questionnaires postaux qui pourront être élaborés à partir d'une adaptation de la technique SIMOS (Molines 2003)).

Plusieurs méthodes d'agrégation des critères seront aussi explorées afin de tester la robustesse de la classification du territoire obtenue par les différentes méthodes. On envisage par exemple de mettre en œuvre une méthode de l'école européenne constructiviste (Roy 1985) comme ELECTRE TRI et une méthode de l'école normative américaine comme la méthode MAUT (Keeney and Raiffa 1976). Le choix méthodologique définitif ne pourra se faire qu'après évaluation :

- des formats de représentation de la connaissance partagés par ces parties prenantes pour les différents critères (valeurs numérique, catégories, ordonnancement qualitatif ...),

² Au 31 janvier 2007, les universitaires consultés et ayant accepté de participer au projet PRIME soit en tant qu'experts (parties prenantes de type 1) soit comme parties prenantes de type 2 appartiennent à : l'Université Paris-Dauphine (LAMSADE), l'Université de Grenoble (UMR PACTE), l'école des Mines de Saint-Etienne (Centre SITE Sciences de l'Information et des Technologies pour l'Environnement), l'école des Mines d'Alès (Equipe risques industriels et naturels), le Royal Kings College de Londres, l'Université Technologique de Compiègne, l'Université de Caen (LASAR Laboratoire d'analyse socio-Anthropologique du Risque), l'Université d'Aix-en-Provence/Marseille (UMR Espace).

- de l'acceptabilité par les parties prenantes de type 1 des règles d'agrégation des critères spécifiques de chaque méthode (agrégation complète transitive entre les critères, agrégation partielle qui permet de tenir compte notamment de l'incomparabilité potentielle entre deux critères, agrégation locale et itérative).

L'application de méthodes d'analyse multicritère au territoire d'étude de PRIME comporte par ailleurs une forte composante d'analyse spatiale et le couplage des outils d'analyse décisionnelle avec les outils SIG (systèmes d'information géographique) sera l'objet d'une réflexion particulière dans le cadre du projet PRIME (Chakhar 2006).

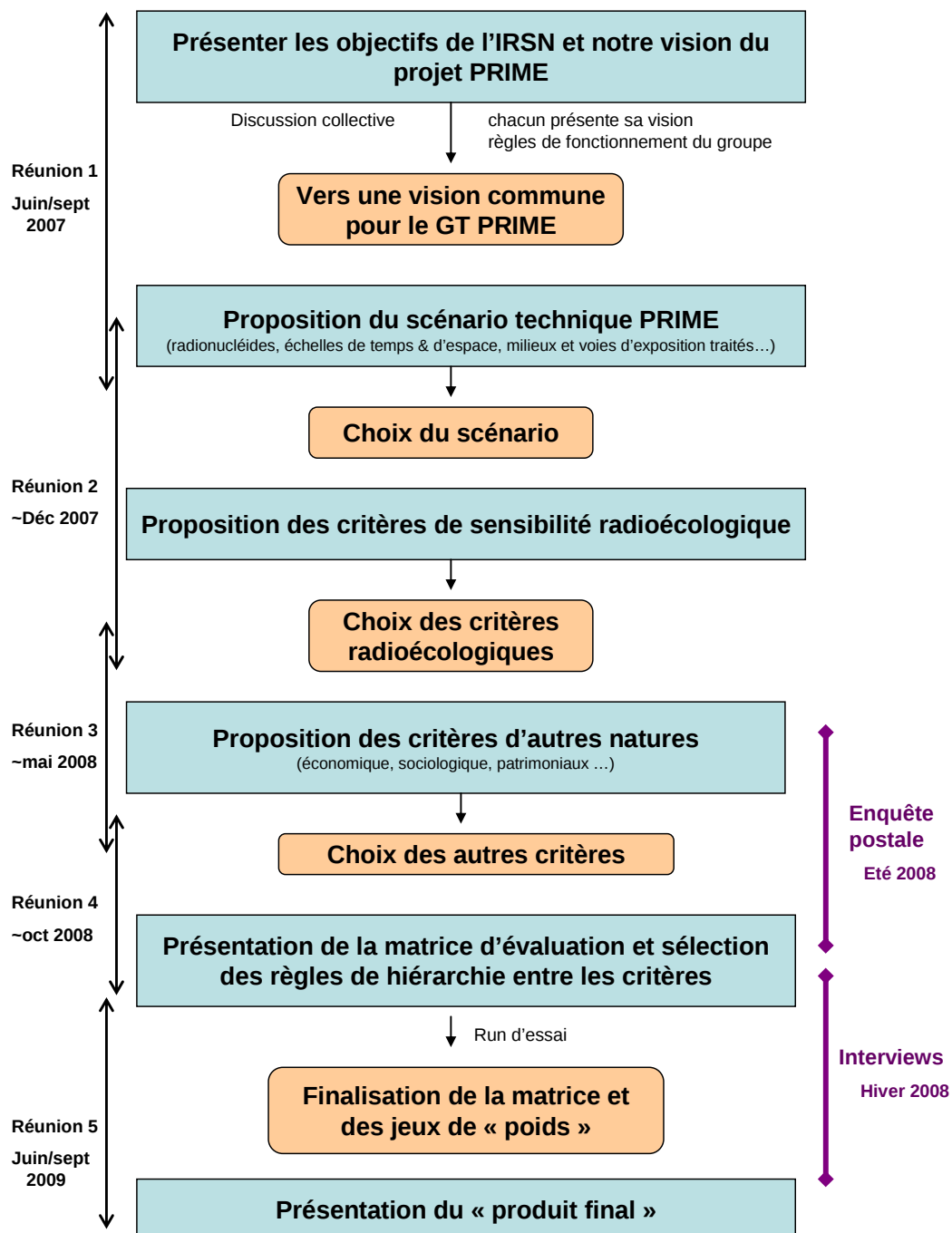


Figure 4 : Déroulement en parallèle du GT PRIME, de l'analyse multicritère et de la sollicitation des parties prenantes de type 2

La restitution des résultats du projet PRIME pourra prendre différents formats : guide d'évaluation de la sensibilité radioécologique, cartographie des zones d'iso-sensibilité, échelle de sensibilité. Le formalisme de cette échelle devra faire l'objet de discussions entre les partenaires et notamment avec les représentants des acteurs de la décision : nombre de niveaux, valeurs seuils, choix d'une agrégation en un indice unique (échelle INES pour les dommages liés aux accidents nucléaires) ou d'agrégation autour de plusieurs indices (échelle BARPI pour les dommages liés aux accidents industriels). L'échelle obtenue sera couplée à un outil permettant d'établir la correspondance entre une situation donnée et un niveau de l'échelle. Cet outil pourra être un tableau de correspondance des niveaux avec les valeurs des facteurs de sensibilité, un guide papier ou informatisé, un arbre de décision papier ou informatisé, selon les besoins exprimés notamment par les acteurs de la décision.

4 RESULTATS ATTENDUS

A l'échelle locale, PRIME apportera une contribution principalement dans les domaines suivants :

- la connaissance des facteurs environnementaux, identifiés par les acteurs locaux et qui pourront être réutilisés pour d'autres pollutions accidentelles non nucléaires,
- à l'apport de réponses appropriées au contexte local de la basse vallée du Rhône pour la gestion des risques industriels liés au nucléaire,
- la réflexion sur les modes d'appropriation par le biais d'un processus de concertation avec les parties prenantes locales, de la connaissance scientifique associée au risque industriel nucléaire et à son intégration dans la prise de décision notamment en termes de traçabilité des critères de la décision,
- l'élaboration de méthodes adaptées aux besoins des acteurs en charge de la gestion du risque industriel nucléaire et à la création d'un réseau local d'échanges et de débat sur ce thème,
- le développement, en concertation avec les parties prenantes locales, de supports cartographique et informatique (base de données et outil d'analyse multicritères) permettant de transférer la connaissance scientifique disponible sur l'évaluation du risque industriel nucléaire.

L'apport à l'échelle nationale sera principalement méthodologique : une analyse critique de la méthode multicritères comme outil d'interaction avec les parties prenantes sera menée, les pièges et les difficultés feront l'objet d'un retour d'expérience précis, un guide méthodologique pourra décrire la méthode pour d'autres acteurs potentiels.

À l'échelle internationale, PRIME pourra contribuer à l'action concertée FUTURAE pilotée par l'IRSN (Commission des Communautés Européennes dans le cadre de l'Euratom Call 2005). L'objectif de FUTURAE est d'évaluer la faisabilité de réseaux d'excellence pour maintenir et améliorer les compétences et développer les collaborations durables dans les domaines de l'évaluation et de la gestion de l'impact de la radioactivité sur l'homme et sur l'environnement. Pour atteindre cet objectif, FUTURAE propose notamment une investigation particulière des interactions entre les parties prenantes (autorités, industriels, décideurs, scientifiques...) pour évaluer les besoins présents et futurs de la radioécologie (FUTURAE-WP2). Le projet PRIME pourra contribuer au WP2 en présentant un exemple local de construction d'un réseau de collaboration à visée de prise de décision.

5 VALORISATION PROPOSEE

- Scientifique

A minima une publication dans une revue française comme *Radioprotection* et a minima une publication dans un journal anglo-saxon tel que *Health and Environmental Risk Analysis*.

- Transfert aux utilisateurs - Formation

Un outil opérationnel permettant l'utilisation de la méthode d'analyse multicritères élaborée en commun sera mis à la disposition des partenaires du projet (outil logiciel ou papier en fonction des spécifications des partenaires). Une restitution sera proposée lors de journées « transfert » aux personnels de l'IRSN, de l'ASN et des CLI en vue de transférer les savoirs aux opérationnels.

- Ouverture/Généralisation

Ce projet fera l'objet d'une demande de labellisation au pôle de compétitivité « Risques » de la région PACA.

6 MODE DE COORDINATION PREVU

Un comité de pilotage tripartite (représentants des experts scientifiques, représentants des acteurs de la décision et représentants des territoires) coordonnera l'ensemble du projet et prendra les principales décisions (Figure 5). Les experts seront représentés par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) et plus précisément, le Laboratoire d'Etude Radioécologique en Milieux continental et marin (LERCM). Les acteurs de la décision seront représentés par l'Autorité de Sûreté Nucléaire de la région Rhône. Les acteurs des territoires seront représentés par la Commission Locale d'Information du Gard (CLI-Gard).

Les trois partenaires seront assistés par une organisation périphérique propre à chacun d'entre eux, permettant de collecter l'ensemble des informations (données territoriales, méthodes et opinions) nécessaires à la mise en œuvre de ce projet (Figure 6). Les organisations périphériques propres à chaque partenaire pourront néanmoins interférer entre elles et avec l'ensemble des partenaires du projet au moyen de l'espace internet dédié au projet PRIME proposé par le MEDD dans le cadre du programme RDT 2006.

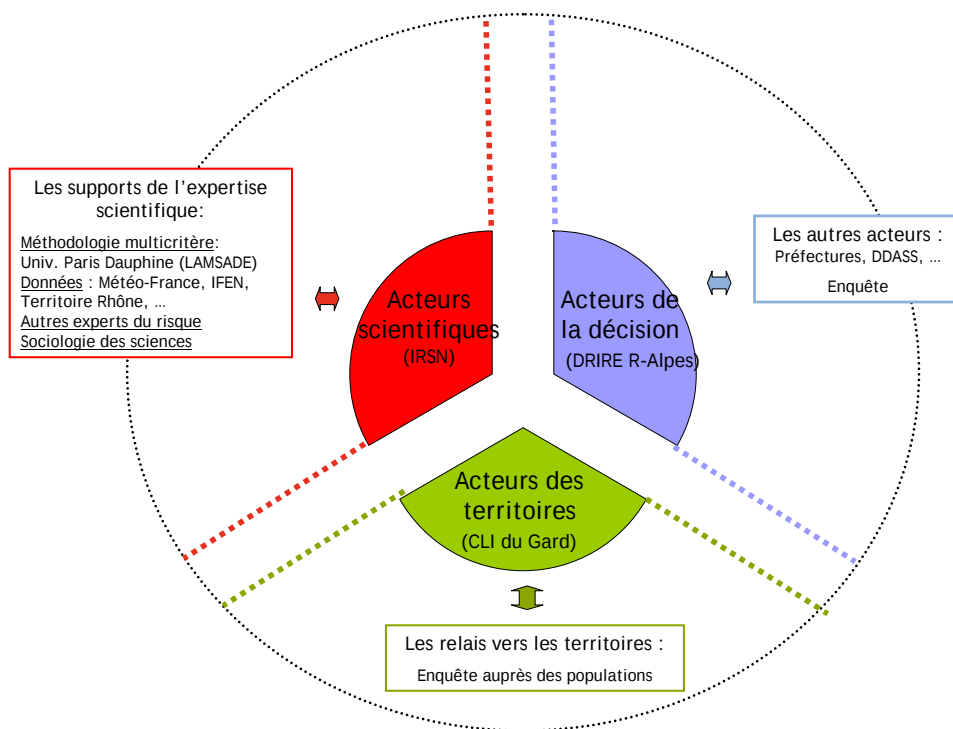


Figure 5 : L'organisation de travail du projet PRIME

	Qui ?	t0	t0+3 mois	t0+6 mois	t0+12 mois	t0+18 mois	t0+24 mois
Choix du scénario	Tous les partenaires	xx J1					
Choix des indicateurs	Tous les partenaires	xx	x J2				
Quantification des facteurs de sensibilité	Tous les partenaires		xxx	xx			
Quantification des indicateurs	Experts			xxx	xxx		
Hierarchisation et gammes de valeurs pour les indicateurs	Tous les partenaires				x	xxx	
Choix d'une méthode d'analyse multicritères	Tous les partenaires					J3 xxxxxx	
Elaboration de l'outil opérationnel	Experts						J4 xxxxxx

x = 1 mois

Figure 6 : Chronogramme du projet PRIME (estimation)

7 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Badie OM, Brun-Yaba Ch, Cessac B, Peres JM (2000). Méthodologie d'aide à l'évaluation des stratégies de réhabilitation après un accident: mise en oeuvre et résultats. *Radioprotection*, 35(4): 487-503.

Calmon P, Mourlon C (2005). ASTRAL V2.2: A new version to better assess post-accidental situations. *Radioprotection*, 40(Sup. 1) : S839-S844.

- Chakhar S (2006). Cartographie décisionnelle multicritère: formalisation et implémentation informatique. Thèse de doctorat de l'Université Paris-Dauphine.
- Coulon R, Delmas J, Guetat P, Madelmont C, Maximilien R, Loyau R, Griperay G, Rottereau JC (1994). *Agriculture, environnement et nucléaire : comment réagir en cas d'accident*. EDP Sciences, Paris, 105 p.
- Coopération franco - russe en matière de sûreté nucléaire : la participation française à l'exercice KOLA (1995). *Enerpresse*, 6348 -19 juin.
- Duchesne S, Boyer P et Beaugelin-Seiller K (2003). Sensitivity and uncertainty analysis of a model computing radionuclides transfers in fluvial ecosystems (CASTEAUR) : application to ¹³⁷Cs accumulation in chubs. *Ecological Modelling*, 166(3): 257-276.
- Dubreuil GH, Lochard J, Girard P, Guyonnet JF, Le Cardinal G, Lepicard S (1999). Chernobyl Post-Accident Management: The Ethos Project. *Health Physics*, 77(4) : 361-372.
- Eyrolle F, Louvat D, Métivier JM and Rolland B (2005) Origins and levels of artificial radionuclides within the Rhône river waters (France) for the last forty years: Towards an evaluation of the radioecological sensitivity of river systems, *Radioprotection*. Vol.40(4), pp.435-446.
- Hourtoulou D, Debray B, Salvi O (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.
- International Commission on Radiological Protection (1989) Optimization and decision-making in radiological protection. ICRP Publication 55. Volume 20 n°1.
- IRSN (2004) Rapport final du projet CAROL. Rapport DEI/SESURE 2004-22. Fontenay-aux-Roses. 42 p.
- Keeney GA, Raiffa H (1976). Decisions with multiple objectives : preferences and value trade-offs. Wiley, New-York.
- Le Cardinal G, Guyonnet JF, Pouzoullic B (1997) La dynamique de la confiance : construire la coopération dans les projets complexes. Dunod 246 p.
- Maystre LY, Pictet J et Simos J (1994). Méthodes multicritères ELECTRE. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Collection Gérer l'environnement. 323 p.
- Molines N (2003). Méthodes et outils pour la planification des grandes infrastructures linéaires et leur évaluation environnementale. Thèse de doctorat de l'Université de Saint-Etienne.
- Mousseau V (1995). Eliciting information concerning the relative importance of criteria. In Pardalos, Y et al (Eds), *Advances in Multicriteria analysis*. Kluwer Academic Publishers, pp. 17-43.
- Renaud P, Stapel R, Maubert H, Bleher M., Wirth E (1999). Comparative study of the PARK and ASTRAL post-accidental decision support software. *Health Physics*, 76(5):502-9.
- Rolland B (2006). Transfert des radionucléides artificiels par voie fluviale : conséquences sur les stocks sédimentaires rhodaniens et les exports vers la Méditerranée. Thèse de doctorat géosciences de l'environnement de l'Université Paul Cézanne Aix-Marseille soutenue le 10 février 2006, 243 p.
- Roy B (1985). Méthodologie multicritère d'aide à la décision. Economica. Paris. 423p.
- Schneider T (2000). *Rehabilitation of Living Conditions in Contaminated Territories: The ETHOS Approach*. Eye-Opener 11 IRPA 10 - May, 18, 2000. Hiroshima - Japan.
- Simos J (1990). Evaluer l'impact sur l'environnement. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.
- Thébaud H (2003). Bilan des résultats du volet littoral méditerranéen de l'Observatoire Permanent de la Radioactivité (OPERA) de 1992 à 2001, rapport DEI/SERNAT 2003-09