

*Rapport d'avancement semestriel du projet*  
**EXTREMA**

Episodes météo-climatiques extrêmes et redistribution des masses sédimentaires  
 et des polluants associés au sein d'un système côtier

*Juin 2007*

**PROGRAMME VULNERABILITE : MILIEUX ET CLIMAT 2006 DE L'ANR**

Agence Nationale de la Recherche  
**ANR**

Contrat N° ANR-06-VULN-005



CENTRE NATIONAL  
 DE LA RECHERCHE  
 SCIENTIFIQUE



EFREM



EFREM

Ifremer



DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT  
 ET DE L'INTERVENTION

SERVICE D'ÉTUDE ET DE SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITÉ DANS  
 L'ENVIRONNEMENT

### *Rapport d'avancement semestriel du projet* **EXTREMA**

Episodes météo-climatiques extrêmes et redistribution des masses sédimentaires  
et des polluants associés au sein d'un système côtier






*Juin 2007*

**PROGRAMME VULNERABILITE : MILIEUX ET CLIMAT 2006 DE L'ANR**

NR Contrat N° ANR-06-VULN-005

Laboratoire d'Étude Radioécologique du milieu Continental et Marin

Rapport DEI/SESURE n° 2007 - 53

	Réservé à l'unité		Visas pour diffusion		
	Auteur(s)	Vérificateur	Chef du SESURE	Directeur DEI	Directeur Général de l'IRSN
Noms	F. EYROLLE	P. RENAUD	J.M. PERES	D. CHAMPION	J. REPUSSARD
Dates	22/06/2007	25/07/2007	26/07/07	30/07/07 P. B. DUFER	
Signatures					

---

---

**PARTICIPANTS A CETTE ETUDE**

Nom		Organisme
Serge Heussner		CEFREM
Dominique Aubert		CEFREM
Xavier Durieu de Madron		CEFREM
Wolfgang Ludwig		CEFREM
Mireille Provansal		CEREGE
Claude Vella		CEREGE
François Sabatier		CEREGE
Olivier Radakovitch		CEREGE
Yves Noack		CEREGE
Jean François Cadiou		IFREMER
Alexis Khripounoff		IFREMER
Serge Berné		IFREMER
Daniel Cossa		IFREMER
Jean Louis Gonzalez		IFREMER
Didier Sauzade		IFREMER
Jean Pierre Levêque		IFREMER
Claude Estournel		Observatoire Midi-Pyrénées LA
Patrick Marsaleix		Observatoire Midi-Pyrénées LA
Marine Herrmann		Observatoire Midi-Pyrénées LA
Mireille Arnaud		IRSN/DEI/SESURE/ LERCM
Sabine Charmasson		IRSN/DEI/SESURE/ LERCM
Olivier Masson		IRSN/DEI/SESURE/ LERCM
Christelle Antonelli		IRSN/DEI/SESURE/ LERCM
Rodolfo Gurriaran		IRSN/DEI/STEME/ LMRE

## Résumé

Le projet **EXTREMA** déposé en réponse à l'appel d'offre du programme « Vulnérabilité : Milieux et Climat - 2006 » a été retenu pour financement par notification du 18 avril 2007 (Décision d'aide ANR-06-VULN-005). La durée d'exécution du projet est de 48 mois à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2007. **EXTREMA** implique les équipes de l'IRSN, du CEFREM, du CEREGE, de l'IFREMER et le Laboratoire d'Aérodologie du Pôle d'Océanographie Côtière de l'Observatoire Midi-Pyrénées. Pour rappel, **EXTREMA** propose d'étudier, à court et moyen terme, les processus naturels générateurs de flux événementiels de matière ainsi que leur impact sur la redistribution des polluants au sein des différents compartiments de la géosphère : atmosphère, sols, rivières et fleuves, milieu marin côtier, milieu marin profond. Ce rapport contractuel semestriel fait état des actions engagées depuis l'initialisation du projet (1<sup>er</sup> janvier 2007). L'enjeu primordial de la phase de démarrage du projet a été accès sur la mis en place des observatoires et sur l'harmonisation de leur fonctionnement. Les réglages techniques ou opérationnels ont pour la plupart été finalisés. Les actions prévues et inscrites au calendrier prévisionnel ont été validées.

---

## Mots-clefs

EXTREMA, ANR, changement climatique, vulnérabilité, contaminant, système côtier.

# SOMMAIRE

INTRODUCTION	6
1 INITIALISATION DU PROJET	8
2 REPONSES AUX REMARQUES INSCRITES DANS LE COMPTE RENDU D'EVALUATION	11
3 MISE EN SYNERGIE DE DEUX PROJETS ANR EXTREMA/CHACCRA	11
4 ETAT D'AVANCEMENT DU PROJET	12
5 CONCLUSIONS	14

---

## INTRODUCTION

Le projet **EXTREMA** déposé en réponse à l'appel d'offre du programme « Vulnérabilité : Milieux et Climat - 2006 » a été retenu pour financement par notification du 18 avril 2007 (Décision d'aide ANR-06-VULN-005). La durée d'exécution du projet est de 48 mois à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2007. **EXTREMA** implique les équipes de l'IRSN (DEI/SESURE/LERCM), du CEFREM (CEntre de Formation et de Recherche sur l'Environnement Marin, Université de Perpignan CNRS UMR 5110), du CEREGE (Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement, Université Paul Cézanne Aix-Marseille III CNRS UMR 6635), de l'IFREMER (centres de Toulon et Brest) et le Laboratoire d'Aérodynamique du Pôle d'Océanographie Côtière de l'Observatoire Midi-Pyrénées (LA, Toulouse CNRS UMR 5560). **EXTREMA** a été reconnu par les pôles de compétitivité « Mer PACA » et « Gestion des risques et Vulnérabilité des territoires ».

Pour rappel, **EXTREMA** propose d'étudier, à court et moyen terme, les processus naturels générateurs de flux événementiels de matière ainsi que leur impact sur la redistribution des polluants au sein des différents compartiments de la géosphère : atmosphère, sols, rivières et fleuves, milieu marin côtier, milieu marin profond. Ce travail repose principalement sur la quantification et la modélisation des flux de matière solide et liquide, vecteurs de polluants. Les enjeux de cette recherche s'inscrivent dans un contexte de changement global caractérisé en outre par une amplification avérée des événements météo-climatiques de grande ampleur générateurs de transferts de masses importants.

Les enjeux de recherche nécessitent de préciser la variabilité des flux et des concentrations de polluants. Cette étape est indispensable afin d'évaluer la vulnérabilité de l'environnement soumis aux aléas climatiques au cours des 20 à 30 prochaines années et de répondre notamment aux questions suivantes :

- *Quelles sont les conséquences des redistributions événementielles des masses sédimentaires sur le transfert des polluants au sein d'un continuum allant du continent au milieu marin côtier, puis au milieu marin profond ?*
- *Ces redistributions conduisent-elles à une dispersion (dilution) des polluants dans l'environnement ou au contraire à une accumulation (concentration) dans certains milieux récepteurs ?*
- *La vulnérabilité des milieux impactés est-elle modifiée et sur quelle échelle de temps ?*
- *Existe-t-il des phénomènes de seuil susceptibles d'induire à moyen terme des changements abrupts dans la répartition des polluants anthropiques dans l'environnement ?*

Par l'analyse combinée des données historiques et de celles générées dans le cadre du projet au sein des zones ateliers ainsi que par la mise en synergie des compétences des différentes équipes partenaires (physique de l'atmosphère, chimie, géochimie, géomorphologie, sédimentologie, océanographie, modélisation), **EXTREMA** doit permettre d'apporter des connaissances sur :

- *L'évolution de la fréquence des épisodes météo climatiques extrêmes sur la zone côtière du Golfe du Lion en s'appuyant sur les chroniques historiques du siècle dernier (précipitation, poussières atmosphériques, crues, inondations, tempêtes, cascading).*
- *La quantification des flux événementiels générés par les épisodes météo-climatiques intenses par rapport aux flux moyens annuels (flux liquides, flux solides - radionucléides artificiels et métaux traces associés).*
- *La nature et la typologie des flux extrêmes en identifiant les vecteurs préférentiels de transfert (suspension, charriage, dispersion, translocation, chenaux, ...).*
- *Les relations empiriques entre les forçages et les flux au sein des différentes zones ateliers (grand bassin versant et bassin de taille restreinte) utiles à la fois aux extrapolations et aux approches prédictives.*

- *L'intensité de la redistribution des contaminants au sein des différents compartiments de la géosphère.*
- *L'identification des points de concentration et des compartiments puits.*
- *La durée des déséquilibres engendrés par les aléas (réversibilité, phénomènes de seuil et changements abrupts).*
- *La vulnérabilité des environnements côtiers au changement global pour les 20 à 30 prochaines années.*

EXTREMA repose sur des observatoires et plateformes instrumentées, pour la plupart pérennes, implantées au sein du système côtier du Golfe du Lion, notamment dans le cadre de la *Zone Atelier* ORME (Observatoire de Recherche Méditerranéen sur l'Environnement<sup>1</sup> (Figure 1).

Ce rapport semestriel fait état des actions engagées depuis l'initialisation du projet. Ces actions ont été essentiellement dédiées à la mise en place du fonctionnement des observatoires.

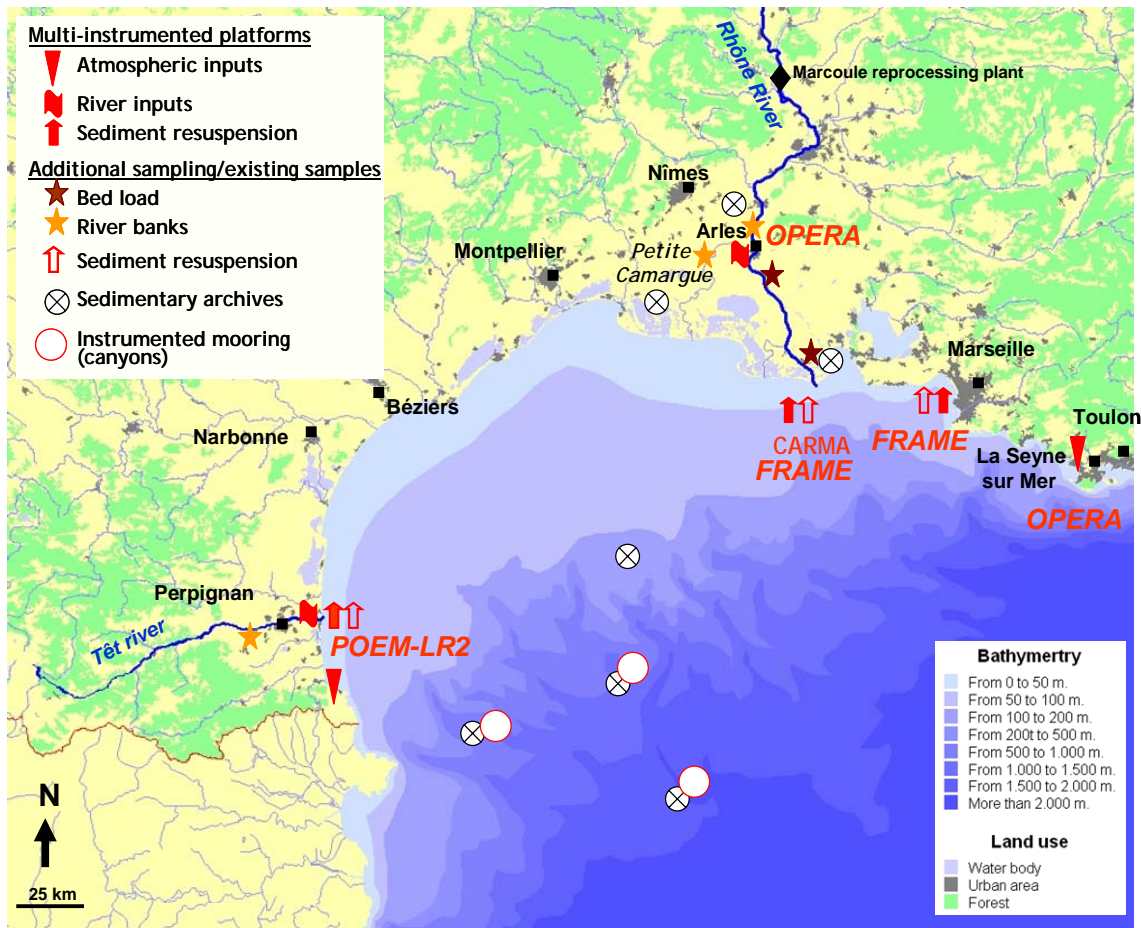


Figure 1

*Bathymetry map of the coastal system of the Gulf of Lion and location of the main sampling areas of the EXTREMA project.*

<sup>1</sup> <http://webup.univ-perp.fr/see/rch/lsgm/drec/orme.htm>

# 1 INITIALISATION DU PROJET

Le projet a été initié le 21 février 2007 lors la réunion de lancement tenue sur Cadarache (IRSN) regroupant 11 des 29 membres partenaires d'EXTREMA (CRR IRSN/DEI/SESURE/LERCM 2007-029). Cette réunion a permis :

- 1- de communiquer les notifications de l'ANR (compte rendu d'évaluation du projet, budget alloué, abondement pôle de compétitivité),
- 2- d'informer les partenaires sur les actions administratives en cours ou à prévoir à court terme (2007) avec l'ANR (annexes financières, contrats, livrables),
- 3- de rappeler les objectifs, les enjeux du projet ainsi que la méthodologie et les résultats attendus,
- 4- de lister et valider les engagements des différentes équipes partenaires (actions, planification des actions),
- 5- d'identifier en amont les problématiques d'ordre techniques ou opérationnelles,
- 6- d'identifier les actions à réaliser ou à amorcer à cours terme (demande de campagne en mer, base de données, mise en place d'un groupe d'intervention pour les crues).

L'enjeu principal de la phase de démarrage du projet a été la mis en place des observatoires et l'harmonisation de leur fonctionnement. Des comités de réflexion sur des problématiques ciblées ont été créés (Tableau 1) ; les conclusions des comités devant être rendues pour la réunion d'avancement semestrielle de juin 2007. Ces comités ont été structurés au sein des 5 grands thèmes du projet (Tableau 2). Des comités d'ordre général (OG) ont également été instaurés.

Afin de favoriser les échanges d'informations et de données entre les différents partenaires, un site web a été mis en place (<ftp://extrema@ftp.irsn.fr>). Ce site est accessible uniquement par les utilisateurs munis du mot de passe. Les dossiers de cet espace sont sauvegardés mensuellement.



<b>Comités</b>	<b>Cible</b>	<b>Composition (non exhaustive)</b>	<b>Responsable(s)</b>
<b>AC1</b>	Typologie des précipitations instrumentation sur Nîmes	(O. Masson, Y. Noack, LTHE)	O. Masson
<b>AC2</b>	Apports atmosphériques industriels côtiers	Y. Noack, O. Masson, D. Aubert, W. Ludwig	Y. Noack
<b>AC3</b>	Qualité des échantillons collectés par OPERA atmosphérique/ Analyses de métaux traces	(D. Aubert, O. Masson, Y. Noack, O. Radakovitch)	D. Aubert
<b>BC1</b>	Evaluation de l'hétérogénéité sur la section mouillée du Rhône <i>et de la tête éventuellement</i> (charge, granulométrie et métaux traces) bouteille Niskin IRSN+ bouteille téflonée du CEREGE)	(C. Antonelli, D. Aubert, W. Ludwig)	C. Antonelli
<b>BC2</b>	Qualité des échantillons collectés par OPERA Arles/ Analyses de métaux traces	(C. Antonelli, O. Masson D. Aubert, O. Radakovitch)	C. Antonelli
<b>BC3</b>	Intervention crues (Mise en route des équipements existants (COM) ou à défaut procédure d'astreinte, contraintes logistiques)	(C. Antonelli, O. Masson, D. Aubert, W. Ludwig, Ph. Kerhervé)	C. Antonelli O. Masson
<b>BC4</b>	Charriage par la Têt	(W. Ludwig, M. Provansal)	W. Ludwig
<b>BC5</b>	Flux du Petit Rhône à la mer	(F. Eyrolle, M. Arnaud, O. Radakovitch, F. Sabatier, M. Provansal)	F. Eyrolle
<b>CC1</b>	Campagne en mer prodelta du Rhône GR+ PR (sept 2007- Sept 2008)	(M. Arnaud, J. F. Cadiou, S. Heussner)	M. Arnaud
<b>CC2</b>	Intervention en mer post crue avec le 'Petibato'	(S. Berné, J.F. Cadiou, M. Arnaud)	S. Berné/J.F. Cadiou
<b>CC3</b>	Cartographie fleuve- prodelta-large / couplage des données	(S. Berné/ C. Vella)	S. Berné
<b>CC4</b>	Qualité des échantillons prodelta Rhône / Analyses de métaux traces	(D. Aubert/ M. Arnaud, O. radakovitch)	D. Aubert
<b>DC1</b>	Mouillages profonds	S. Heussner S., A Khripounoff, Berné, X. Durieu de Madron, B. Dennielou.	S. Heussner
<b>DC2</b>	Echantillonnage archives IFREMER ( <sup>210</sup> Pb)	S. Charmasson, M. Arnaud	S. Charmasson
<b>OG1</b>	Inventaires des données hydrologiques/météo	F. Eyrolle, C. Estournel, M. Provansal, L. Wolfgang	F. Eyrolle
<b>OG2</b>	Analyses de métaux CEREGE/CEFREM	(Y. Noack, O. Radakovitch, D. Aubert)	O. Radakovich
<b>OG3</b>	Base de données	(JF. Cadiou, C. Antonelli, O. Radakovitch, D. Aubert )	J.F. Cadiou
<b>OG4</b>	Liste des échantillons archives	Tous	F. Eyrolle

**Tableau 1** : Synthèse des comités de réflexion mis en place lors de la réunion de lancement du 21 février 2007 et lors de la réunion d'avancement du 15 juin 2007 (souligné). A- Précipitations/dépôts atmosphériques (poussières sahariennes notamment), B- Crues et inondations (milieu fluvial), C- Crues et tempêtes (milieu marin), D- Cascading d'eau dense (canyons), E- Modélisation, OG- Ordre Général.

Extreme events	Work scheduled	Partners
<b>A Precipitation Atmospheric solid load and Saharan dust</b>	<p><b>A1 Atmospheric solid fluxes and associated contaminants:</b> Use of high volume aerosol sampling device from the existing OPERA network</p> <p><b>A2 Saharan dust fluxes and associated contaminants:</b> Monitoring of dust events based on dust forecast from the web site of the Athens University and sampling of the major ones (about 5/year) either under dry or wet forms. Use of large surface collector.</p> <p><b>A3 Precipitations:</b> Use of a rainfall radar for the determination of the rain along the vertical and the variation of the associated parameters during the event. Rain type characterization based on intensity, duration, cumulated amount during the event. Wet-only deposition sampling with an automated rain gauge and a large(&gt;3m<sup>2</sup>) opening collector (to be acquired). Comparison with a bulk collector to determine the dry deposition over monthly averaged periods.</p> <p>For A1, A2 and A3 sampling sites are located between Toulon and Cadarache.</p>	<p><b>1,2,3</b></p> <p><b>1,2,3</b></p> <p><b>1,2,3</b></p>
<b>B Floods and flooding (rivers)</b>	<p><b>B1 Quantification of liquid and solid fluxes and associated contaminants of the Rhône and Têt rivers:</b> Monitoring by the OPERA and POEM platforms.</p> <p><b>B2 Contribution of bed load to solid fluxes and associated contaminants:</b> Direct flux and bathymetric measurements at the Rhône mouth.</p> <p><b>B3 Contribution of bank erosion to the solid fluxes and associated contaminants:</b> 2 sites on the lower Rhône: casier Saxy/Pillet bank; Petite Argence.</p> <p><b>B4 Assessment of past contamination levels in the Rhône and Têt rivers:</b> Analysis of selected sediment depositories (banks, locks, ...).</p> <p><b>B5 Flooding:</b> In case of no flooding events during the project, samples collected during the December 2003 flood around Arles and in the "Petite Camargue" area will be used.</p>	<p><b>1,2,3</b></p> <p><b>1,2,3</b></p> <p><b>1,2,3</b></p> <p><b>1,2,3</b></p> <p><b>1,2,3</b></p>
<b>C Floods and Storms (marine environment)</b>	<p>Quantification of sediment mass reworking and associated contaminant remobilization within the continental shelf based on:</p> <p><b>C1 CARMA project instrumentation</b> moored at the Rhône mouth.</p> <p><b>C2 FRAME instrumentation</b> (trace metal fluxes only) deployed in the Gulf of Marseille and close to the Rhône prodelta.</p> <p><b>C3 POEM-L2R platform</b> dedicated to solid fluxes and associated trace metals investigations within the Têt prodelta.</p> <p><b>C4 Recirculating flume experiments</b> (COM, Marseille) to acquire key data for modelling.</p>	<p><b>1,2,3</b></p> <p><b>2,4</b></p> <p><b>2,4</b></p> <p><b>1,2,3,4</b></p>
<b>D Dense water cascading</b>	<p><b>D1 Quantification of sediment and associated contaminant fluxes induced by cascading:</b> 3 instrumented moorings deployed between 1000 and 2500 m depth in the Planier, Sète and Lacaze-Duthiers canyons. Each mooring, deployed for 6-m periods, are equipped with 2 trap/current meter pairs at 30 and 500 m above the bottom. Analysis of selected samples from the long term (&gt;13 y) time series in the LD and Planier canyons to detect potential inter-annual trends in the level of contaminants. Analysis of superficial sediment cores (upper 5 mm).</p> <p><b>D2 Occurrence of extreme events during the Holocene on the continental slope and the deep basin:</b> Analysis of data from existing sediment cores from the outlet of the canyon of Sète (additional datings (<sup>210</sup>Pb, <sup>14</sup>C)).</p> <p><b>D3 Assessment of the past contamination levels:</b> Interface cores from the Sète Canyon of will be used for contaminant analysis.</p>	<p><b>1,2,4</b></p> <p><b>1,4</b></p> <p><b>4</b></p>
<b>E Modelling</b>	<p><b>E1 Model development:</b> Implementation on the sediment transport model (SYMPHONIE) of a module allowing to determine the pollutants (metals, radionuclides) concentration and translocation during extreme events.</p> <p><b>E2 Validation:</b> It will go on first on winter 2004-2005 marked by intense dense water formation and cascading events and then on extreme events which will be documented during the project, based on observations collected on prodeltas and at the canyons moorings (FRAME, OPERA, POEM platforms/instrumentations and recirculating flume experiments).</p> <p><b>E3 Simulation analysis:</b> A cartography of sediment and pollutants translocation will be established showing the erosion and deposition</p>	<p><b>5</b></p> <p><b>1,2,3,4,5</b></p>

Tableau 2 : Synthèse des actions programmées et partenaires impliqués (1 : IRSN, 2 : CEFREM, 3 : CEREGE, 4 : IFREMER, 5 : LA)

## 2 REPONSES AUX REMARQUES INSCRITES DANS LE COMPTE RENDU D'EVALUATION

Le compte rendu des évaluateurs du projet a été présenté aux différents partenaires lors de la réunion de lancement ([Annexe 1](#)). Les membres ont pris en considération les remarques et en tiendront compte dans le développement du projet selon les orientations suivantes :

- Prise en compte de l'Aude et de l'Hérault :

La limitation du projet à l'étude du Rhône et de la Têt est maintenue. Elle se justifie d'une part par la limitation des moyens humains et matériels (absence d'instrumentation pérenne sur l'Aude et l'Hérault à disposition des partenaires) et d'autre part par l'approche scientifique développée dans [EXTREMA](#) : Choix d'étudier en priorité les processus de transfert au sein deux systèmes fluviaux fondamentalement opposés en terme d'étendue des bassins versants et de fonctionnement hydrosédimentaire, au détriment de la prise en compte de l'exhaustivité des apports fluviaux dans le Golfe du Lion. Le Rhône fournit en outre la majeure partie des apports solides d'origine fluviale au Golfe du Lion. Une synthèse bibliographique sera néanmoins réalisée par le CEFREM afin de préciser les contributions de l'Aude et de l'Hérault (Thèse de Franck Lespinas).

- Autres métaux traces et polluants organiques persistants (POPS) :

[EXTREMA](#) limite son étude à 4 éléments métalliques choisis au regard de leur forte toxicité pour les écosystèmes (Cu, Cd, Pb, Zn). Le mercure pourra toutefois être analysé par l'IFREMER - qui dispose déjà d'une banque de données conséquente sur cet élément dans le cadre de ses missions propres - à partir de certains échantillons collectés dans le cadre d'[EXTREMA](#). L'IFREMER envisage également de réaliser des analyses complémentaires (PCB) sur une partie des échantillons collectés dans le cadre du projet.

- Base de données : La mise en place d'une base de données est retenue comme produit final du projet (synthèse et pérennité des données produites par le projet). Durant le développement du projet, un site Internet d'échange de fichiers a été mis en place en mars 2007 par l'IRSN.

- Les radioéléments seront largement exploités pour leur qualité de traceurs des processus sédimentaires, outre l'aspect de radio toxicité aux écosystèmes.

- Les approches en socio-économie permettent souvent de favoriser le lien entre les résultats de recherches des sciences 'dures' et les décideurs (utilisateurs finaux des résultats de recherches). Cette approche, nécessitant une compétence supplémentaire, n'est toutefois pas envisagée dans [EXTREMA](#).

## 3 MISE EN SYNERGIE DE DEUX PROJETS ANR EXTREMA/CHACCRA

Le projet CHACCRA est l'un des 18 projets retenus par l'ANR dans le cadre de son appel à projet « Vulnérabilité : Milieu et climat ». Il est piloté par Christophe Rabouille du Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (unité mixte de recherche CEA-CNRS, UMR1572). Ce projet a été initié comme [EXTREMA](#) en janvier 2007. Ce projet est dédié à l'étude du devenir des apports de carbone et de nutriments du Rhône en Méditerranée en soulignant les conséquences des événements météo extrêmes (crues, tempêtes) associés au changement climatique. L'IRSN, le CEREGE et le LA, partenaires d'[EXTREMA](#), sont également impliqués dans ce projet. A l'initiative du coordinateur d'[EXTREMA](#), le coordinateur de CHACCRA a été invité à la réunion d'avancement du 15 juin 2007 afin de mutualiser les informations, les efforts et les moyens propres aux deux projets.

En effet, les deux projets ANR ont des objectifs et des finalités distinctes mais se rejoignent sur :

- 1- Les équipes impliquées (IRSN, CEFREM, CEREGE, LA) et la période d'étude (janvier 2007-décembre 2009)
- 2- Un objet d'étude : le Rhône et ses flux à la mer; La station SORA de l'IRSN constituant une plateforme instrumentée commune aux deux projets. Des campagnes en mer ont été demandées sur la zone d'embouchure du Rhône à l'instar d'[EXTREMA](#),
- 3- Le suivi des événements météo climatiques intenses,
- 4- La modélisation hydrosédimentaire.

Dans ce cadre, il a été convenu d'échanger un certain nombre de données utiles et nécessaires aux deux projets (notamment les débits du Rhône et les bathymétries à l'embouchure). Les échantillons collectés au niveau de SORA seront pour certains mutualisés. Les chefs de mission des opérations en mer programmées par un projet seront attentifs aux requêtes pouvant émaner de l'autre projet, dans la limite de leur faisabilité opérationnelle. L'harmonisation des points de prélèvement au débouché du Rhône entre les deux projets sera tentée. Enfin, l'accès au site ftp d'[EXTREMA](#) a été donné au coordinateur de CHACCRA.

## 4 ETAT D'AVANCEMENT DU PROJET

La première réunion d'avancement du projet s'est tenue le 15 juin dernier au CEREGE (CRR IRSN/DEI/SESURE/LERCM 2007-091). Les enjeux de cette réunion d'avancement étaient de formaliser la mise en place des observatoires et de favoriser l'harmonisation de leur fonctionnement, ainsi que de préciser les acquisitions des données pour les besoins de la modélisation. Les réglages techniques ou opérationnels ont pour la plupart été finalisés ou le seront à court terme. Les actions prévues et inscrites au calendrier prévisionnel ont été validées ([Tableau 3](#)).

### A- Précipitations/dépôts atmosphériques (poussières sahariennes)

Les apports atmosphériques sont enregistrés par les instrumentations du réseau OPERA<sup>2</sup> (Toulon) et de la plateforme POEM-LR2 de manière pérenne. Une station observatoire du réseau OPERA est partiellement opérationnelle à Bonifacio en Corse du Sud depuis l'automne 2007. Elle vient compléter le réseau observatoire d'[EXTREMA](#). L'instrumentation destinée à caractériser la typologie des précipitations est implantée au Puy de Dôme. Elle permettra à l'instar de l'évaluation des conséquences des crues sur les flux (intensité, typologie, chroniques) de connaître la variabilité des apports atmosphériques en fonction des événements (intensité, taille des gouttes, chroniques). Il s'agit ici d'acquérir des connaissances sur la typologie des événements. Des collecteurs complémentaires autonomes et/ou passifs sont mis en place à proximité immédiate des stations atmosphériques OPERA d'[EXTREMA](#) afin de collecter les échantillons destinés aux analyses non radiologiques notamment des métaux traces. En effet, la qualité des échantillons générés par les stations atmosphériques OPERA ne se prête pas, après évaluation, à ces analyses. Il est apparu pertinent au cours de la phase de démarrage du projet de préciser les apports atmosphériques à proximité des grands sites industriels côtiers, notamment ceux du Golfe de Fos. Le poids des termes sources industriels sur les apports de contaminants au système côtier du Golfe du Lion n'étant pas 'a priori' à sous estimer, un collecteur autonome et/ou passif sera mis en place à court terme probablement sur le domaine de La Palissade.

---

<sup>2</sup> <http://opera.irsn.org/opera/>

## B- Crues et inondations (milieu fluvial)

Les flux générés par les crues sont enregistrés par la Station Observatoire du Rhône en Arles (SORA) du réseau OPERA et pour la Têt par la plateforme POEM-LR2.

Le transit par charriage (transit de fond) ainsi que l'hétérogénéité des flux solides au droit de la station observatoire du Rhône seront appréciés dès l'été 2007 par des campagnes de suivi et de prélèvements ponctuelles. Une étude destinée à évaluer le poids du transit par charriage sur la Têt est en cours (CEFREM).

Le transit par le Petit Rhône concerne 10 à 15 % des flux liquides ou solides. Les sédiments du Petit Rhône semble présenter des niveaux de contamination en radionucléides artificiels supérieurs à ceux des sédiments du Grand Rhône. Ce bras du Rhône n'est donc pas à négliger dans sa contribution aux apports au milieu marin. Des échantillons de sédiments de surface du Petit Rhône sont mis à disposition pour l'analyse des métaux traces (échantillothèque IRSN/CEREGE). Cette étude, non programmée dans le projet initial, est activée en remplacement de l'étude spécifique dédiée au déstockage des contaminants à partir des berges, jugée non indispensable. En effet, l'évaluation de manière globale des flux du continent vers le milieu marin générés par les événements sans distinction de la nature des termes sources (érosion des sols ou remaniement sédimentaire) suffit à atteindre les objectifs du projet.

L'évaluation des niveaux de contamination des flux historiques à partir des enregistrements sédimentaires du milieu fluvial sera réalisée dans le cadre d'un post doctorat IRSN (12 mois) puis CEREGE (6 mois) sur le Rhône et la Têt. La quantification des flux solides du Rhône en transit par suspension sur la section mouillée au droit de SORA et par charriage sera également réalisée dans le cadre de ces travaux de post doctorat. Les dossiers sont en cours de montage.

Les échantillons générés par SORA pour la mesure des radionucléides se sont avérés non adaptés aux analyses des métaux traces (contamination, perte/volatilisation par calcination). Une stratégie d'échantillonnage adaptée est en cours d'étude (IRSN). Les efforts s'orientent sur une automatisation des prélèvements d'une dizaine de litre par voie annexe. Par défaut, les prélèvements sont actuellement réalisés manuellement (1 échantillon par mois + suivi des événements). Dans ce cadre, un groupe d'intervention lors des crues a été créé (astreintes).

Enfin, l'IRSN a établi, dans le cadre du projet [EXTREMA](#), une convention avec la CNR (Compagnie Nationale du Rhône) pour la mise à disposition des débits horaires du Rhône (Arles) pour la période 2007-2010. Les données seront directement déposées par la CNR sur le site ftp EXTREMA.

## C- Crues et inondations (milieu marin)

Les observatoires du milieu marin côtier reposent sur la plateforme POEM-LR2 du CEFREM (pérenne), l'instrumentation mise en œuvre dans le cadre du projet CARMA (fin du projet avril 2008, IRSN), et la station FRAME de l'IFREMER.

Quatre demandes de campagnes en mer ont été déposées au CIRMED (EXTREMA 1 et 2, RHOSOS, DEEP et HERMES). Les descriptifs des demandes sont consultables sur le site ftp EXTREMA. La planification des campagnes sera communiquée à l'automne 2007.

L'évolution des concentrations en métaux présents en phase dissoute lors des événements est appréhendée à partir de l'instrumentation FRAME qui sera implantée périodiquement dans la baie de Marseille. Lors de la réunion de lancement, il est apparu indispensable de coupler cette instrumentation à des mesures de concentration en phase particulière (mesures réalisées au débouché du Rhône et de la Têt). Le mouillage de cette instrumentation lourde a été jugé difficilement envisageable au débouché du Rhône (chalutage). Le débouché de la Têt semble être plus favorable à l'implantation de cette structure. Des essais seront réalisés à partir de l'immersion de capteurs passifs DGT (Diffusive Gradients in Thin films = gradient diffusif en couche mince) au débouché de la Têt afin de s'assurer au préalable des niveaux de concentrations susceptibles d'être mesurés dans cette zone.

Le retour d'expérience de l'instrumentation au débouché du Rhône mise en place dans le cadre du projet CARMA a été finalisé (Compte rendu de la réunion CARMA du 3 juin 2007

consultable sur le site ftp EXTREMA). La stratégie s'oriente vers la mise en place d'une Bouée Flottante Immergée afin de protéger les instruments notamment des chalutages.

Les besoins de modélisation soulignent la nécessité de mesurer les concentrations dans le panache du Rhône. Des prélèvements d'eau seront être réalisés lors des campagnes en mer (notamment celles émanant de CHACCRA).

La faisabilité/réalisation d'une cartographie de la zone côtière afin d'obtenir un "corridor" terre-mer intégré est à l'étude.

#### D- cascading d'eau dense (canyons)

L'étude des transferts sédimentaires du plateau continental vers les canyons repose sur les enregistrements des lignes de mouillages profonds du CEFREM et de l'IFREMER, ainsi que sur l'échantillothèque de l'IFREMER.

L'implantation des lignes de mouillages profonds à mettre en place dans le cadre d'EXTREMA a été arrêtée par le CEFREM et l'IFREMER (cf Demandes de campagnes en mer).

Les échantillons archives pour analyses de  $^{210}\text{Pb}$  (datation des corps sédimentaires) sont mis à disposition par IFREMER. La carte de localisation des prélèvements est consultable sur le site ftp EXTREMA. Les analyses complémentaires devront en outre prendre en considération les données déjà acquises dans le cadre du projet européen Eurostrataform.

#### E- Modélisation

La première phase de modélisation repose sur la validation du modèle hydrosédimentaire SYMPHONIE notamment à partir des données acquises lors des événements de l'hiver 2004-2005. Ce modèle repose sur la prise en compte de plusieurs classes de particules et une classe d'agrégats. Le développement d'un module dédié à la dynamique des contaminants sur la base du modèle hydrosédimentaire sera réalisé dans le cadre d'EXTREMA. Les données des observatoires devront permettre la validation de ce module. Dans ce cadre, il convient de préciser la distribution des contaminants au sein des différentes classes granulométriques utilisés par le modèle existant. Afin de limiter et d'harmoniser l'effort analytique, il est souhaitable de restreindre le nombre de classes (éventuellement regroupement) et d'identifier les classes porteuses des concentrations massiques les plus élevées (expérimentation de remise en suspension en canal à courant). Un seuil de coupure à 20  $\mu\text{m}$  semble être suffisant. Ce point devra toutefois être débattu en fonction de l'avancée des travaux de modélisation. Des données sur les concentrations en métaux à l'échelle du Golfe du Lion acquises dans le cadre de la thèse de Vincent Roussiez (CEFREM) sont déjà disponibles. La plupart des contaminants étant soumis aux processus de sorption/désorption, il semble souhaitable de cibler dans un premier temps le développement du modèle sur la base d'un élément conservatif associé aux particules (à définir).

La mise à disposition des données des observatoires pour la modélisation a été discutée. Le formalisme est à définir en concertation (Listing des métadonnées, format, ...). Une proposition de structure et de format sera mise en place sur le site ftp.

### 5 CONCLUSIONS

EXTREMA a été initié le 21 février 2007 lors de la réunion de lancement tenue à l'IRSN (Cadarache). La première réunion d'avancement du projet s'est tenue le 15 juin dernier au CEREGE (L'Arbois). L'enjeu principal de la phase de démarrage du projet était la mise en place des observatoires et l'harmonisation de leur fonctionnement. Des liens entre les deux projets ANR EXTREMA et CHACCRA ont été créés. Les informations, les efforts et les moyens propres aux deux projets seront sur certains points mutualisés. Les réglages techniques ou opérationnels ont pour la plupart été finalisés au cours de ce 1<sup>er</sup> semestre ou le seront à court terme. Les actions prévues et inscrites au calendrier prévisionnel ont été validées par les membres partenaires. Enfin, le site web ftp d'EXTREMA (<ftp://extrema@ftp.irsn.fr>), accessible et alimenté par l'ensemble des membres partenaires du projet, accueille les produits réalisés et constitue un lieu d'échanges d'informations.

Themes	Actions	Partner implied	Duration (months)																
			0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48
A	A1	1,2,3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	A2	1,2,3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	A3	1,2,3			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
B	B1	1,2,3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	B2	1,2,3			x	x	x	x											
	B3	1,2,3																	
	B4	1,2,3			x		x		x		x		x						
	B5	1,2,3																x	
C	C1	1,2,3	x	x	x	x	x	x	x	x	x								
	C2	2,4					x	x											
	C3	2,4			x	x	x	x	x	x	x								
	C4	1,2,3,4			x		x		x		x		x						
D	D1	1,2,4			x	x		x	x		x	x		x	x				
	D2	1,4			x	x	x	x	x										
	D3	4			x	x	x	x	x										
E	E1	5	x	x	x	x													
	E2	1,2,3,4,5					x	x	x	x									
	E3	1,2,3,4,5										x	x	x	x				
	E4	2,5														x	x	x	x
Partner's meeting				x	x		x		x		x		x		x		x		x
Delivrables					xx		xx		xx		xx		xx		xx		xx		xxx

xx Intermediate report  
 xxx Final report  
 x Scheduled  
x Achieved  
x Delayed  
x Cancelled

Tableau 3 : Calendrier prévisionnel - Etat d'avancement juin 2007. A- Précipitations/dépôts atmosphériques (poussières sahariennes notamment), B- Crues et inondations (milieu fluvial), C- Crues et tempêtes (milieu marin), D- Cascading d'eau dense (canyons), E- Modélisation (cf Tableau 2).

## ANNEXE 1

### Compte Rendu d'évaluation du projet

(Courrier du 26 janvier 2007)