

# Projet ANR **DEMOCRITE** – CSOSG 2013 **DE**monstrateur d'un **MO**teur de **C**ouverture des **RI**sques sur un **TE**rritoire.

Emmanuel LAPÉBIE<sup>1</sup>, Christine LAPÉBIE<sup>1</sup>, Stéphane RACLOT<sup>2</sup>, Thomas ROGAUME<sup>3</sup>,  
David HERVÉ<sup>4</sup>, Nicolas ROY<sup>5</sup>, Gilles DUSSERRE<sup>6</sup>, Karine FAVRO<sup>7</sup>, Stéphane GAUBERT<sup>8</sup>

<sup>1</sup> CEA, DAM, GRAMAT, F-46500 Gramat, France

<sup>2</sup> Brigade des Sapeurs-Pompiers de Paris, 1 Place Jules Renard, 75823 Paris cedex 17, France

<sup>3</sup> Institut P' – UPR 3346 CNRS, 1 Avenue Clément Ader, Téléport 2 - BP40109, 86961 Futuroscope-Chasseneuil, France

<sup>4</sup> Société IPSIS, 3 square du Chêne Germain, 35510 Cesson-Sévigné, France

<sup>5</sup> Société SYSTEL, BP 31, Z.I. de Belle Aire, 17442 Aytré Cedex, France

<sup>6</sup> ARMINES, LGEI, École des Mines d'Alès, Rue Jules Renard, 30100 Alès, France

<sup>7</sup> CERDACC, EA 3992, Université de Haute Alsace, 16 Rue de la Fonderie, 68100 Mulhouse, France

<sup>8</sup> INRIA Saclay - EPI MAXPLUS, Route de Saclay, CMAP, École Polytechnique ; 91128 Palaiseau, France

[anr.democrite@gmail.com](mailto:anr.democrite@gmail.com)

**Résumé** – Nous présentons le projet DEMOCRITE, retenu dans le cadre de l'appel à projets ANR CSOSG 2013 [01] et qui a débuté en mars 2014. Dans une première partie, les objectifs du projet sont rappelés ainsi que les compétences des partenaires. La seconde partie détaille l'avancement des principales tâches du projet à T<sub>0</sub>+10 mois.

**Abstract** – We present the DEMOCRITE project, funded through the ANR CSOSG 2013 call [01] which begun in March 2014. The goals of the project are recalled in a first part as well as the partners' skills. In a second part, the work done at T<sub>0</sub>+10 months for the main tasks is detailed.

## 1. Objectifs de DEMOCRITE

### 1.1 Résumé du projet (rappels)

La plateforme logicielle DEMOCRITE vise à intégrer des outils d'analyse et de couverture de risques sur un territoire. Utilisables en planification froide comme en temps de crise, ils serviront à mettre en adéquation la réponse de secours (en nature, nombre, positionnement... des moyens) avec la couverture des risques retenue, quantifiée et validée par l'autorité. Certains outils seront testés sur territoire restreint et l'extension à un territoire de grande ampleur sera étudiée.

Ces outils visent à cartographier les probabilités d'occurrence des risques ainsi que les vulnérabilités intrinsèques (conséquences potentielles d'un évènement non souhaité). Les diverses approches d'optimisation des ressources seront évaluées.

### 1.1.1 Modélisation du développement dynamique de risques complexes

Ces risques de probabilité faible peuvent avoir des conséquences de grande ampleur et solliciter l'engagement de nombreux moyens. DEMOCRITE traite de deux risques complexes et de leur couplage : l'incendie et l'explosion. D'autres risques majeurs (inondation, épidémie, ...) seront envisagés en post-démonstrateur.

Pour l'explosion comme pour l'incendie, la représentation urbaine est issue de données SIG (Système d'Information Géographique). Le modèle de propagation d'incendie se base sur un automate cellulaire dont les règles de transition seront établies à partir de simulations physiques. Les effets d'une explosion (accident technologique, attentat ...) en milieu urbain seront établis à partir d'un code numérique de référence et un modèle simplifié sera intégré dans la plateforme DEMOCRITE.

L'enchaînement de défaillances au sein de réseaux interconnectés (effets cascades) sera également modélisé.

### **1.1.2 Cartographie des propensions de risques**

Ces risques de probabilité élevée (exemple : secours aux personnes, 80% des interventions sur le secteur BSPP) peuvent nécessiter l'activation d'un suivi de niveau 1 ou 2 au sein du centre opérationnel de la BSPP. L'analyse des interventions passées montre que la répartition des probabilités d'occurrence n'est pas isotrope sur le territoire et dans le temps. L'optimisation de la couverture des risques passe donc par une cartographie précise de ceux-ci.

Pour certains risques courants, l'étude du retour d'expérience est associée à une approche statistique pour analyser l'évolution des risques liée à l'aménagement du territoire (analyse prédictive).

### **1.1.3 Cartographie des vulnérabilités intrinsèques**

Les vulnérabilités intrinsèques sont les caractéristiques propres d'un territoire qui jouent sur l'étendue des conséquences en cas d'accident. Elles peuvent aussi varier dans l'espace et dans le temps. Par exemple, la présence d'un établissement recevant du public (ERP), à forte densité d'occupation (stade pendant une rencontre sportive) augmentera la vulnérabilité locale dans sa dimension vulnérabilité humaine durant la durée de la rencontre sportive. Par ailleurs, la marche nominale d'une société dépend de sa capacité à assurer certaines fonctions (vulnérabilité fonctionnelle) reposant sur des éléments cartographiables (gouvernement ; éducation, etc.). La localisation de l'élément vulnérable (poste de transformation) peut aussi différer de la zone affectée en cas de défaillance (alimentation d'un quartier).

## **1.2 Présentation du consortium**

### **1.2.1 Cohérence du consortium**

Les partenaires du projet regroupent les compétences nécessaires pour traiter les trois volets de DEMOCRITE : opérationnel, scientifique et informatique.

Pour le volet opérationnel, la BSPP, à l'origine de la pré-étude, s'implique à un fort niveau (plus d'une personne à temps plein durant le projet) pour la spécification, le suivi opérationnel, la mise à disposition et le traitement des données métier. SYSTEL, qui intègre des solutions opérationnelles au profit des services d'incendie et de secours, assure le lien entre le volet opérationnel et les volets informatique et scientifique. Le CERDACC et la BSPP travaillent à la définition des aspects juridiques et sociaux à prendre en compte dans la couverture de risques.

Pour le volet scientifique, les activités sur la modélisation des risques complexes que sont l'incendie et l'explosion sont menées par deux experts de ces domaines, respectivement PPRIME et CEA-G. L'automate cellulaire est développé par IPSIS, spécialisée dans le développement de logiciels à fort contenu scientifique. Les cartographies de vulnérabilité sont développées par ARMINES et le CEA-G, partenaires à l'origine de ces approches. La validité des approches mathématiques adoptées durant le projet est validée par INRIA/X, qui est le conseiller scientifique des différents partenaires durant le projet.

Pour le volet informatique, IPSIS assure le pilotage informatique, le suivi du développement des prototypes et leur intégration pour la réalisation du logiciel DEMOCRITE, dans le respect des normes de qualité logiciel. SYSTEL assure les échanges avec les outils opérationnels (BSPP et autres plateformes connues) et certains traitements spécifiques sur les données SIG.

Enfin ARMINES, qui a pour partie vocation à la formation et la prospective dans le domaine de la gestion opérationnelle des risques, pilote les actions de dissémination.

### **1.2.2 Compétences des partenaires**

#### **CEA-G (Commissariat à l'Énergie Atomique, Centre de Gramat)**

Le CEA, centre de Gramat appartient à la Direction des Applications Militaires (DAM) du CEA. Le CEA/DAM est un acteur majeur de la défense et de la Sécurité en France. Le CEA-Gramat est en particulier chargé de l'expertise sur les effets des explosifs et munitions et privilégie une approche couplée expérimentation / modélisation pour répondre à ses clients. Le CEA-Gramat est membre ou leader de nombreux projets interdisciplinaires, et à une longue expérience de la gestion de projets techniques complexes impliquant plusieurs partenaires.

#### **BSPP (Brigade des Sapeurs-Pompiers de Paris)**

La brigade de sapeurs-pompiers de Paris, placée pour emploi sous l'autorité du préfet de police, est chargée de la prévention, de la protection et de la lutte contre les incendies, à Paris et dans les départements des Hauts-de-Seine, de la Seine-Saint-Denis et du Val-de-Marne. Elle concourt, avec les autres services et professionnels concernés, à la protection et à la lutte contre les autres accidents, sinistres et catastrophes, à l'évaluation et à la prévention des risques technologiques ou naturels, ainsi qu'aux secours d'urgence. La BSPP reçoit annuellement un million huit cent mille appels d'urgence et gère un demi-million d'interventions.

### **PPRIME (Institut P'-UPR 3346)**

L'Institut P' est un acteur majeur de la recherche en France et est internationalement reconnu dans le domaine de la sécurité incendie, à travers les travaux conduits au sein de l'axe « Combustion hétérogène, transferts en milieux poreux » du Département D2, Fluides, Thermique, Combustion. Ces travaux concernent l'étude expérimentale de la décomposition thermique, de la formation des polluants et des feux en milieux confinés ainsi que la simulation numérique des incendies.

### **Société IPSIS**

IPSIS, filiale opérationnelle du groupe IT Link, est spécialisée dans le développement et l'intégration de logiciels scientifiques à haute valeur ajoutée, notamment dans le domaine de la gestion du risque, la cartographie 2D/3D, la gestion de données météorologiques, la manipulation de données stockées en SGBD, le développement de plateformes d'accueil modulaires. IPSIS a en particulier travaillé pour le CEA-Gramat et DGA/CATOD, pour le CEA-B3, et pour DGA-MNRBC.

### **Société SYSTEL**

SYSTEL est une entreprise intégratrice de systèmes qui vont du dispositif de commandement et d'aide à la décision pour les forces de la Sécurité Civile, aux systèmes radios en région subtropicale. SYSTEL est présente sur l'ensemble du territoire français avec plus de 40 SDIS et la Brigade de Marins-Pompiers de Marseille installés en système d'alerte, gestion de transmission et réseaux de radiocommunication. Elle équipe par ailleurs plus de 1000 centres de secours avec des terminaux de traitement de l'alerte et équipements de messagerie.

### **ARMINES (ARMINES-Laboratoire de Génie de l'Environnement Industriel-Institut des Sciences du Risque)**

ARMINES, au travers de l'Institut des Sciences du Risque basé à Alès, étudie à la fois les risques naturels, industriels et d'origine malveillante. Parmi les thématiques abordées, on citera l'analyse de risques, les différentes approches de la vulnérabilité (humaine, fonctionnelle, psychomédiatique, etc.), le développement d'outils de formation et de gestion de crise, les systèmes d'information géographique, les phénomènes accidentels et les systèmes d'atténuation (mitigation) des conséquences.

### **CERDACC (Centre Européen de Recherche sur le Risque, le droit des Accidents Collectifs et des Catastrophes)**

Le CERDACC (EA 3992) a pour objet : (a) d'étudier les dispositifs de toute nature mis en place après les catastrophes technologiques ou naturelles ou les accidents collectifs ; (b) d'aborder les risques dans une perspective de prévention ; (c) d'étudier la réparation des dommages subis, sous l'angle des mécanismes assurantiels, du recours à la solidarité nationale et des actions visant à établir les responsabilités administratives, civiles et pénales.

### **INRIA/X (Équipe MAXPLUS commune INRIA – CMAP Polytechnique)**

L'équipe Maxplus est une équipe-projet INRIA commune au centre INRIA Saclay - Île-de-France et au CMAP (Centre de Mathématiques APpliquées) de l'école Polytechnique, UMR 7641, CNRS. Elle est localisée au CMAP. Les thèmes de l'équipe incluent les mathématiques de la décision (théorie des jeux, optimisation et recherche opérationnelle), ainsi que la modélisation de systèmes à événements discrets. Certains de ses travaux touchent à la dynamique des populations.

## **2. Programme scientifique**

### **2.1 Structure du projet**

Le projet DEMOCRITE vise à démontrer la faisabilité de nouvelles méthodes d'appréhension des risques courants et exceptionnels de sécurité civile, à partir d'une approche globale couplant prédiction par la simulation et analyse statistique des événements recensés. Dès sa version « démonstrateur », DEMOCRITE fédèrera des outils et fonctionnalités qui n'existent à l'heure actuelle dans aucun logiciel. Son intégration à la plateforme BSPP permettra de l'évaluer à une échelle réaliste.

La structure du projet répond aux trois volets complémentaires qui forment le socle de DEMOCRITE :

- Un volet opérationnel [O], à l'origine du besoin exprimé pour le projet.
- Un volet scientifique [S], pour la modélisation des différents risques et l'exploitation de données.
- Un volet informatique [I], pour le développement et l'intégration du démonstrateur.

Les tâches du projet (TAB. 1) sont rattachées à un ou plusieurs des volets ci-dessus.

TAB. 1 : Tâches du projet

N°	Intitulé	Type
01	Management du projet – Coordination	OSI
02	Acquisition et organisation des données	O
03	Prototype risque incendie et conséquences	S
04	Prototype risque explosion et conséquences	S
05	Cartographie des propensions de risques	I
06	Cartographie des vulnérabilités	S
07	Codage et intégration des outils	I
08	Dissémination et valorisation	OSI
09	Enjeux sociétaux et organisationnels	O
10	Tests et généralisation	OSI

## 2.2 Avancement des tâches à T<sub>0</sub>+10 mois

Les paragraphes qui suivent décrivent succinctement l'avancement des différentes tâches du projet à T<sub>0</sub>+10 mois. Le format du présent article ne permet pas d'entrer dans les détails de chacune d'entre elles.

### 2.2.1 Tâche 01 : Management (pilote CEA)

Deux réunions plénières ont été tenues (réunion de lancement et réunion à T<sub>0</sub>+6 mois), ainsi qu'une réunion pour la finalisation de l'accord de consortium et de fréquentes réunions de coordination entre partenaires. Le projet DEMOCRITE a été présenté à de nombreux organismes, dont les membres du comité de suivi : DGA, SGDSN, SGZDS, LCPP ...

La version initiale de la spécification technique de besoin a été diffusée aux partenaires.

### 2.2.2 Tâche 02 : Acquisition et organisation des données (pilote BSPP)

Cette tâche est un point essentiel à la réussite du projet. Trois types de données ont été identifiés :

- Type 1 : Données de RETEX : Ces données ont été communiquées par la BSPP aux partenaires pour l'exploitation statistique (détermination des propensions a posteriori en tâche 5 et en tâche 3 pour les incendies, ...).

- Type 2 : Bases de données cartographiques existantes : Les données cartographiées sont utilisées pour l'analyse des locaux représentatifs (sélection de scénarios d'incendie en tâche 3), pour la récupération de données de bâti (tâche 3 et tâche 4), pour la discrétisation spatiale des analyses de propensions (tâche 5) et pour l'analyse des vulnérabilités intrinsèques du territoire, y compris les vulnérabilités des réseaux (tâche 6). Certaines bases commerciales complémentaires ont été identifiées et seront acquises au titre du projet en début d'année 2.

- Type 3 : Données spécifiques liées aux nouveaux modèles : Lors du développement des modèles d'incendie (tâche 3) et d'explosion (tâche 4), des besoins en données spécifiques vont apparaître. Certaines nécessiteront l'intégration manuelle ou semi-automatique d'attributs dans des fichiers géoréférencés. Par définition, les données de type 3 n'existent pas dans les bases cartographiques. Les travaux futurs sur les données de type 3 consisteront à développer et renseigner les couches d'information nécessaires, dans deux secteurs géographiques (FIG. 1).

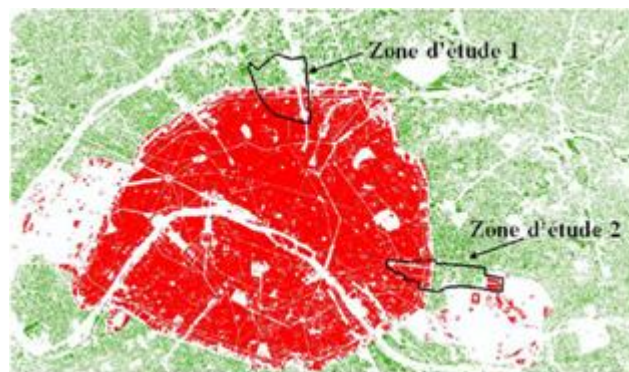


FIG. 1 : Zones d'étude pour les données de type 3

### 2.2.3 Tâche 03 : Prototype risque incendie et conséquences (pilote PPRIME)

Nous utiliserons un modèle de propagation simplifié (échelle « macro »), mais néanmoins respectueux de la physique des phénomènes à l'échelle d'un logement unitaire (échelle « micro »). L'enjeu du modèle multi-échelles est de déterminer pour des cas types préalablement définis, l'évolution des paramètres caractéristiques d'un sinistre au cours du temps puis de comparer ces caractéristiques types aux conditions aux limites qui permettent au sinistre de se propager d'une « maille » à une autre dans le modèle « macro ».

Le développement du modèle multi échelles fait l'objet de 5 sous-tâches : 5.1 Analyse statistique de logements ou locaux types ; 5.2 Étude statistique des scénarios-types d'incendie ; 5.3 Modélisation numérique des scénarios-types d'incendie ; 5.4 Établissement des critères de transition pour le couplage micro/macro ; 5.5 Développement du modèle « macro » de propagation.

La tâche 5.1 est en voie de finalisation. L'analyse statistique des données bâtimentaires a permis d'identifier des locaux-types statistiquement représentatifs des zones d'étude présentées en (FIG. 1). Un exemple de local-type et de ses variantes est donné en (TAB. 2).

TAB. 2 : Exemple de local-type (zone 2 – 75)

Prototype de logement à simuler 1	
Surface totale	<= 50 m <sup>2</sup>
Matériau de mur	Pierre
	Brique
	Béton
Matériau de toiture	Zinc Aluminium
	Ardoise et Zinc Aluminium
	Béton
Pièces	1 Chambre
	1 Cuisine < 9m <sup>2</sup>
	1 Salle à manger
	1 Salle d'eau
	Salon ou espace commune (facultatif)

La tâche 5.3 a commencé par l'étude des sous-modèles de pyrolyse de certains matériaux.

## 2.2.4 Tâche 04 : Prototype risque explosion et conséquences (pilote CEA-G)

Les sous-tâches identifiées sont au nombre de 5 : 5.1 Validation d'un code numérique de référence ; 5.2 développement du modèle simplifié ; 5.3 Import d'une géométrie urbaine réelle ; 5.4 Implémentation des modèles de conséquence ; 5.5 Couplage incendie / explosion.

Les sous-tâches 5.1 et 5.3 ont déjà été traités par le CEA-G en amont du projet DEMOCRITE. Le code de référence est le code HI2LO, développé sur les spécifications et au profit du CEA-G par la société RS2N [2], [3]. Un exemple de simulation d'explosion après importation d'une géométrie SIG (BD TOPO de l'IGN) est présenté en (FIG. 2).

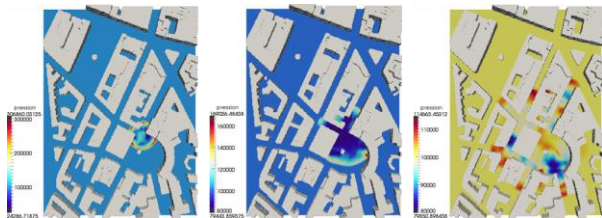


FIG. 2 : Simulation 3D HI2LO, pressions au sol.

Les travaux de la tâche 5.2 ont permis de développer une approche simplifiée originale, dont l'objectif est un temps de calcul de l'ordre de la minute. L'approche a été validée en champ libre, et l'intégration des différents phénomènes physiques est en cours (effet canyon, réflexion, diffraction, coalescence, ...). L'implémentation mathématique n'est pas encore optimisée, mais le gain en temps de calcul par rapport à une simulation HI2LO 2D est déjà d'un facteur 100. Une première comparaison sur un cas complexe est présentée en (FIG. 3).

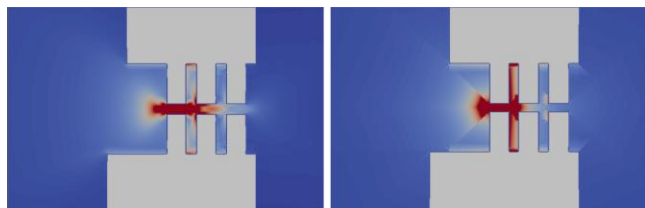


FIG. 3 : HI2LO (gauche) / modèle simplifié (droite).

## 2.2.5 Tâche 05 : Cartographie des propensions de risques (pilote SYSTEL)

La cartographie des propensions de risques a posteriori consiste en l'analyse du RETEX fourni par la BSPP sur différentes grilles. Cette analyse fait appel à l'outil RMT (Risk Modelling Tool) développé par SYSTEL, qui sera interfacé à la plateforme logicielle DEMOCRITE.

Un exemple d'analyse est présenté en (FIG. 4) : La coloration des bâtiments est fonction du nombre d'interventions 2011 (tous types confondus) dans un rayon de 200 mètres.



FIG. 4 : Exemple de cartographie de propensions.

## 2.2.6 Tâche 06 : Cartographie des vulnérabilités intrinsèques (pilote ARMINES)

Des outils cartographiques d'analyse de vulnérabilité humaine et fonctionnelle ont été développés par le passé avec succès par ARMINES au profit du CEA-G [4], [5], sous forme de « plug-in » dans le logiciel SIG MapInfo.

Dans le cadre de DEMOCRITE, ces approches sont reprises et améliorées selon trois axes :

- l'amélioration de la précision cartographique,
- l'amélioration de la répartition spatiale et temporelle des populations,
- le traitement de la vulnérabilité des réseaux et des infrastructures critiques interdépendantes.

L'implémentation de ces analyses se fera dans l'outil RMT de la société SYSTEL, afin de mettre en cohérence les cartographies de propensions (tâche 05) et de vulnérabilités (tâche 06).

L'analyse des vulnérabilités réseaux fait l'objet d'un travail de thèse CEA/ARMINES hors DEMOCRITE, et les résultats seront réintégrés dans le projet. Ce thème est traité de deux manières complémentaires :

- Approche « risques métiers » (intérêt BSPP) : Identification, via des cartographies statiques, des risques additionnels liés aux interdépendances entre réseaux lors d'une intervention.
- Approche « effets cascades » (intérêt ZDS) : Identification, via des cartographies dynamiques, des effets cascades N+1 potentiels liés à la défaillance d'un réseau, avec visualisation des zones d'impact.

### 2.2.7 Tâche 07 : Développement et intégration (pilote IPSIS)

La version initiale de la spécification technique de besoins est en cours de discussion. La structure globale de la plateforme DEMOCRITE est présentée en (FIG. 5).

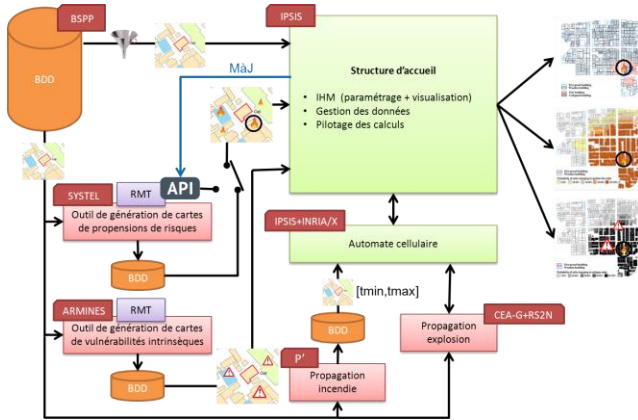


FIG. 5 : Structure de la plateforme DEMOCRITE.

### 2.2.8 Tâche 08 : Dissémination et valorisation (pilote ARMINES ; copilote : BSPP)

Le projet de dissémination est disponible dans sa version initiale (document évolutif), il concatène les symposiums, revues, etc. identifiés par les partenaires pour promouvoir le projet DEMOCRITE. Plusieurs communications ont déjà eu lieu sur le projet. Un flyer et une affiche (FIG. 6) ont été réalisés. Le site Web du projet (développé hors DEMOCRITE) est disponible et sert entre autres à la communication entre les partenaires :

[www.mines-ales.fr/pages/anr-democrite-accueil](http://www.mines-ales.fr/pages/anr-democrite-accueil)

### 2.2.9 Tâche 09 : Enjeux sociétaux et organisationnels (pilote CERDACC)

La réflexion menée par le CERDACC sur le thème « risques-territoire » procèdera selon deux axes : (1) La notion de bassin de risques (particulièrement importante du fait de la réforme territoriale en cours) ; (2) L'égalité des chances sur le territoire national face au risque.

Une doctorante du CERDACC a commencé les travaux sur ces thèmes, et une première rencontre CERDACC / BSPP a eu lieu.

### 2.2.10 Tâche 10 : Généralisation et tests (pilote INRIA/X ; copilote BSPP)

Cette tâche n'a pas formellement débuté, toutefois des premières idées de développement post-DEMOCRITE ont été discutées entre les partenaires, en particulier l'intégration de l'outil de solutions d'alerte de la BSPP afin de traiter l'analyse de la couverture de risques, notamment l'identification des trous de couverture.

## 3. Conclusions

Les technologies développées dans le projet sont conçues pour préparer l'introduction d'outils dans les services opérationnels. Le démonstrateur DEMOCRITE doit illustrer les différentes capacités de ces outils futurs, en permettant l'analyse des risques courants comme exceptionnels et en fournissant aux décideurs des cartographies permettant une aide à la décision.

L'avancement des différentes tâches du projet à T<sub>0</sub>+10 mois est nominal, et l'accord de consortium est en voie de signature.

## 4. Références

- [1] ANR, DGA, SGDSN ; *Concepts, Sécurité et Outils pour la Sécurité Globale* ; Appel à Projets 2013.
- [2] Hank S.; *Modélisation et Simulation de la Dispersion de Fluide en Milieu Fortement Hétérogène* ; Mémoire de Thèse, Aix-Marseille I, 2012.
- [3] Hank S., Lapébie E., Le Métayer O., Saurel R. ; *HI2LO: A 3D unsteady code for the numerical simulation of shock wave propagation and dispersion phenomena in large scale heterogeneous media* ; 43rd ESReDA (European Safety, Reliability and Data Association), Rouen (FR), 2012.
- [4] Tixier J., Téna-Chollet F., Dusserre G ; *Méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité –Rapport final* ; Convention CEG-ARMINES N° 40827 ; 2006.
- [5] Tixier J., Lapébie E., Téna-Chollet F. ; *Development of a GIS-based approach for the vulnerability assessment of a territory exposed to a potential risk* ; 43rd ESReDA (European Safety, Reliability and Data Association), Rouen (FR), 2012.



FIG. 6 : Affiche du projet DEMOCRITE.