

# GESTION EN TEMPS RÉEL DES RISQUES LIÉS AUX PLUIES SUR L'AGGLOMÉRATION MARSEILLAISE

---

**D. LAPLACE**, Société d'Exploitation du Réseau d'Assainissement de Marseille,  
SERAM, 24 a, rue Fort-Notre-Dame, 13007 Marseille – dominique.laplace@seram-marseille.fr  
**C. PHILIBERT**, Direction de l'Eau et de l'Assainissement de la Communauté Urbaine  
**J. COCONI**, Société des Eaux de Marseille

---

## INTRODUCTION

L'agglomération marseillaise s'étend sur 23 000 ha dont 15 000 sont urbanisés et en grande partie imperméabilisés. La ville est en forme de cuvette, bordée de reliefs et les écoulements naturels la traversent pour aboutir en mer sur l'ensemble de sa façade, depuis la zone portuaire située dans le nord jusqu'à la zone balnéaire du sud. Selon les niveaux de pluies, Marseille est alors confrontée à la double problématique de la qualité des eaux de baignade et du risque d'inondations.

Pour apporter une réponse à ces problèmes, un schéma directeur pluvial a été conduit par la Direction de l'Eau et de l'Assainissement (DEA) pour engager des actions cohérentes à l'échelle de l'agglomération, notamment dans le domaine de la réglementation du sol et des travaux d'amélioration du réseau de drainage pluvial en accordant une large part aux techniques de rétention. Sur le plan de l'entretien, le réseau de drainage pluvial est confié à la SERAM, société en charge de l'exploitation du système

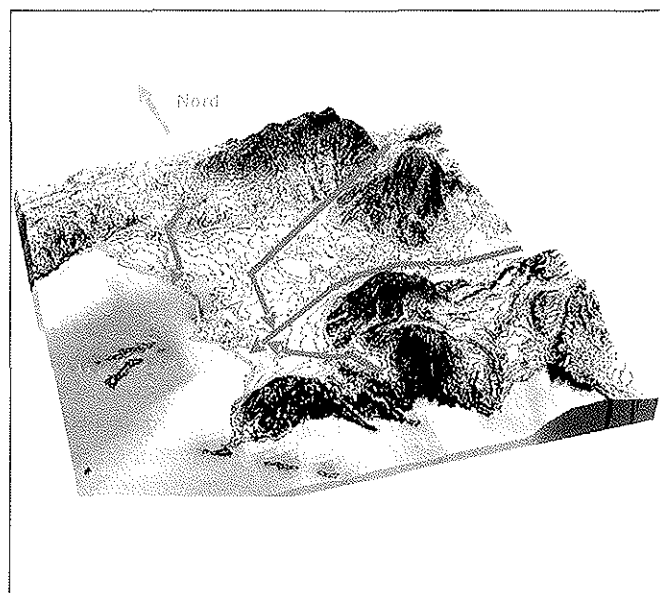


Figure 1 : Le contexte hydro-morphologique de Marseille.

d'assainissement de la collectivité, afin d'en garantir le bon fonctionnement. En complément, les autorités municipales ont souhaité développer la notion d'anticipation pour déployer des actions avant et pendant la pluie en fonction des risques encourus, afin d'en minimiser les conséquences. Pour cela, la ville de Marseille s'est dotée d'outils hydro-météorologiques et de télésurveillance, exploités 24h/24 par des opérateurs de la SERAM, afin d'une part de permettre le suivi « fin » des précipitations qui se dirigent vers la collectivité et d'autre part de surveiller l'état de charge du réseau d'assainissement ainsi que des cours d'eau qui drainent la ville. Le système est bâti autour d'un contrôle centralisé qui reçoit en permanence des images du satellite et du radar de Météo-France traitées par le système Calamar. Ces images sont complétées par les mesures issues de 24 pluviomètres, d'une centaine de capteurs de niveau d'eau répartis sur les cours d'eau, les bassins de rétention et le réseau d'assainissement et par des informations « tout ou rien » indiquant le fonctionnement des organes de régulation du réseau d'assainissement.

La gestion des périodes de crise a nécessité l'élaboration préalable de scénarios appliqués en fonction d'objectifs dépendants du type d'événements à affronter. Les bassins versants urbains ont un temps de réaction bien trop rapide pour se contenter de mesurer au sol avant de prendre une décision. Une démarche originale a dû être développée, qui consiste à anticiper en évaluant le risque à gérer et un « potentiel de danger » dès lors qu'une précipitation se dirige vers la ville.

## 1. RELATIONS « PLUIES - DANGER »

L'état de l'art de la prévision météorologique à ce jour permet de travailler avec deux types de données d'entrée pour les modèles de décision : (a) un couple intensité maximale instantanée et cumul de pluie fournis par le prévisionniste de Météo-France et (b) des intensités sur 5 minutes fournies par le radar qui peuvent être cumulées sur différents pas de temps. La méthode consiste alors à établir des relations entre ces données d'entrées et le comportement du réseau de drainage pluvial en caractérisant en particulier son début de défaillance. Le modèle a été bâti pour répondre à des interrogations très opérationnelles avant qu'il ne pleuve sur la ville : faut-il déclencher un dispositif de gestion de crise oui ou non ? et si oui, à quel niveau ? Pour cela, un diagnostic de terrain couplé avec une modélisation des écoulements a permis de caractériser une centaine de points de débordement du réseau et des cours d'eau qui, pour certains, apparaissent dès les pluies dites « moyennes ». Ces points ont été classés en niveaux par rapport aux caractéristiques pluviométriques des événements qui provoquent leur émergence. Pour caractériser le comportement des bassins versants urbains à Marseille, leurs réactions à la pluie ont été particulièrement étudiées. Les observations réalisées sur une période de 10 ans (1993 à 2003) montrent que, lorsqu'il n'y a pas de déversoir intermédiaire et que le ruissellement est bien collecté, les débits maximums mesurés à l'exutoire augmentent de façon quasi linéaire avec l'intensité maximale de pluie

mesurée sur le bassin versant. Selon les caractéristiques de surface, de pente et d'allongement du bassin versant, ces débits maximums sont expliqués par des intensités de pluie variant entre 6 mm et 1 h. La simulation des débits observés peut donc être réalisée simplement dans ces cas par un modèle de type réservoir linéaire [1 et 2]. À titre d'exemple, la figure 2 montre la réponse d'un cours d'eau drainant un « grand » bassin versant urbain de 100 km<sup>2</sup> pour lequel 89 % de la variance des débits maximums observés est expliquée par l'intensité maximale de pluie horaire mesurée sur le bassin versant.

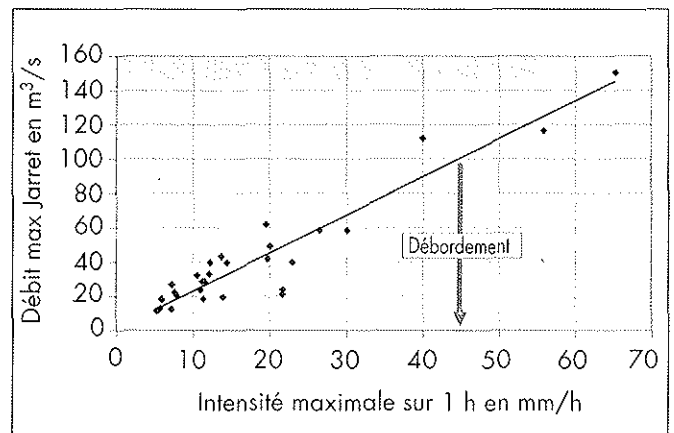


Figure 2 : Débit maximum en fonction de l'intensité maximale horaire.

Le modèle de réservoir linéaire ainsi calé sur ce cours d'eau peut également permettre de simuler les débits maximum observés en fonction des pluies caractérisées par l'intensité maximale en 6 mn et le cumul de la précipitation, ces deux données étant totalement indépendantes. Pour ce même ruisseau, 90 % de la variance des débits observés est ainsi expliquée. Il devient de la sorte aisément possible de prédire le débordement de ce ruisseau, qui se produit pour des valeurs supérieures à 100 m<sup>3</sup>/s, en fonction d'une prévision de pluie donnée sous la forme d'une intensité horaire évaluée grâce au radar, ou d'un couple cumul et intensité instantanée prédite par le prévisionniste de Météo-France.

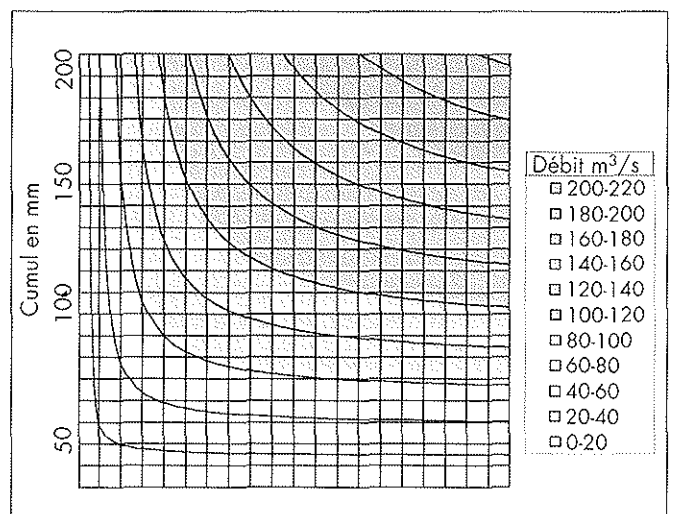


Figure 3 : Relation Cumul - Intensité - Débit.

Les bassins versants urbains et semi-urbains les plus significatifs ont ainsi été modélisés avec succès. Selon le même principe, des relations ont été établies, entre le nombre d'interventions réalisées sur le terrain par la SERAM et par les Marins Pompiers et la pluie mesurée sur la ville de Marseille traduite sous forme d'intensités maximales sur différents pas de temps et du cumul. Comme pour les débits mesurés sur le réseau pluvial, les comportements suivent des lois linéaires. Les meilleures corrélations sont obtenues avec les intensités maximales sur 30 mn et sur 1 h, ainsi qu'en liant l'intensité maximale sur 6 mn avec le cumul de la pluie. La figure 4 illustre un exemple de relation obtenue avec les interventions réalisées par les Marins Pompiers de 1995 à 2002.

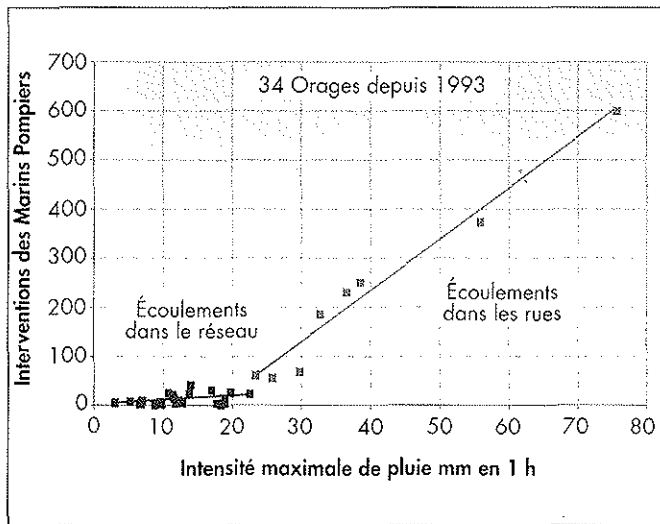


Figure 4 : Interventions des Marins Pompiers à Marseille en fonction de la pluie.

Cette représentation montre qu'à Marseille, en dessous de 25 mm/h le nombre d'interventions des pompiers reste inférieur à 50 alors qu'au-delà, il augmente linéairement avec l'intensité horaire, ce qui révèle un seuil de 25 mm/h, valeur frontière entre les épisodes pluvieux contenus dans le réseau d'assainissement et ceux pour lesquels les écoulements commencent à se produire dans les rues.

Basées sur le couple cumul, intensité max et sur des intensités sur différents pas de temps, ces relations permettent de traduire la pluie prévue par Météo-France ou mesurée par le radar en niveaux de gravité. La figure 5 en est une synthèse qui transcrit la réaction « moyenne » de la ville à la pluie. Comme le préconise le nouveau guide « la ville et son assainissement » [3] il est alors possible d'établir une classification sur la base de laquelle seront établis les scénarios d'actions.

Des niveaux de gravité ont ainsi été établis de façon croissante, en fonction des caractéristiques de cumul et d'intensité, et traduisent les risques à gérer ainsi que le niveau de danger attendu.

Les niveaux A, B, C, D, sont gérés par la SERAM et correspondent à des actions sur des points pour améliorer le fonctionnement du réseau d'assainissement, pour à la mise en sécurité de points connus ainsi que pour répondre à des sollicitations du public.

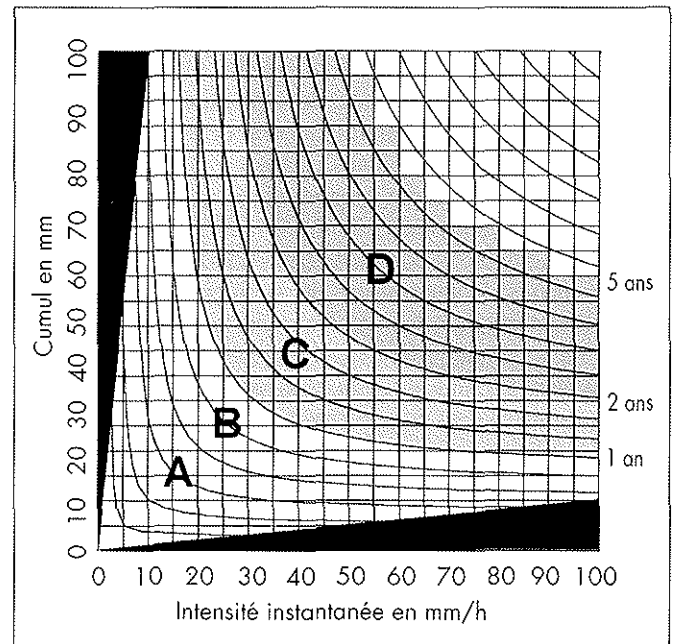


Figure 5 : Relation Cumul - Intensité - Danger.

Dès le niveau C, le Plan Communal de Sauvegarde est déclenché avec 4 niveaux pour lesquels les actions sont principalement liées à la sécurité publique et gérées par les autorités municipales.

Niveaux de gravité	Cumul en 1 h	Cumul total
1	40 mm	60 mm
2	60 mm	90 mm
3	90 mm	140 mm
4	120 mm	180 mm

Tableau 1 : Les niveaux de gravité du plan communal de sauvegarde.

À partir du niveau 2, les écoulements dépassent les capacités du réseau et se produisent principalement dans les rues.

## 2. RELATIONS « DANGER-ACTIONS »

Les modèles précédemment décrits permettent de transformer la pluie prévue en différentes classes traduisant le risque à gérer ainsi que le niveau de danger attendu. L'étape suivante consiste à établir les scénarios et les actions à réaliser pour chaque catégorie en fonction d'objectifs bien précis.

**Pour les pluies faibles ( $\leq$  Niveau A)** l'objectif est de protéger le milieu récepteur, le risque à Marseille concernant particulièrement la zone des plages en saison balnéaire. Les actionneurs sont configurés pour ne pas déverser. Les vannes des bassins de rétention sont fermées pour assurer un stockage total, les ruissellements pluviaux situés dans la zone des plages sont renvoyés dans le réseau sanitaire par un système automatisé de déviations, les déversoirs mobiles du réseau unitaire sont maintenus fermés et les stations de pompage sont en fonctionnement maximum.

Si la pluie augmente, dès les premiers déversements constatés par la télésurveillance, la Direction Santé Environnement est informée des quantités rejetées afin d'évaluer le risque de contamination et de décider de la fermeture préventive des plages. Dans ce cas, des prélèvements et des analyses par la méthode Colilert en 18 h sont immédiatement réalisés. Les prélèvements sont assurés par la DSE en semaine et par la SERAM pendant les week-end et jours fériés, le laboratoire de la Société des Eaux de Marseille effectuant les analyses en assurant la même continuité de service. En cas de mauvais résultat, les prélèvements sont reconduits et la réouverture des plages peut ainsi être faite dès la disparition de tout risque.

**Pour les pluies moyennes à fortes (Niveaux B, C, D),** l'objectif est de piloter le réseau pour limiter les débordements. Le pluvial est ouvert vers la mer ainsi que les déversoirs du réseau unitaire. Les vannes des bassins de rétention sont régulées en fonction de consignes de débits aval à ne pas dépasser. Les stations de pompage du réseau unitaire sont arrêtées pour ne pas surcharger les ouvrages. La fermeture des plages concernées est alors systématique. En parallèle de ces actions, des équipes de la SERAM sont envoyées sur le terrain pour surveiller une centaine de points de débordement chroniques bien connus. Les actions menées consistent essentiellement à favoriser la collecte des eaux pluviales (désobstruction d'avaioirs, de grilles, de points d'engouffrement) à favoriser les écoulements (désobstructions, enlèvement d'embâcles) et à assurer la sécurité du public (balisages de regards qui débordent, remises en place de plaques d'assainissement soulevées ou déplacées, déviation de circulation etc.).

	Points de dysfonctionnements	Agents mobilisés	Interventions prévues
B	0 à 20 %	30	0 à 40
C	20 à 50 %	60	20 à 60
D	50 à 100 %	80	40 à 80

**Tableau 2 : Les actions de la SERAM.**

Un standard téléphonique est mis en place pour recevoir les demandes d'interventions du public et de la collectivité qui sont retransmises immédiatement aux équipes de terrain ou différées selon leur degré d'urgence. A partir des niveaux C et D, le travail est réalisé en concertation avec un cadre de la DEA et le bataillon des Marins Pompiers qui délèguent deux officiers au PC DEA/SERAM après déclenchement du niveau 1. Cette organisation permet également de rendre compte régulièrement aux pouvoirs publics de la situation observée sur le terrain.

Pour les épisodes pluvieux dangereux (Niveaux 1 à 4), la gestion s'appuie sur les plans de secours communaux existants qui sont en cours de révision dans le cadre de la mise en place d'un plan communal de sauvegarde. Il s'agit alors d'une mission de sécurité publique menée en collaboration entre les services municipaux avec constitution d'un PC de gestion de crise [4]. Au-delà des missions d'assistance et de secours pendant la pluie, un tel plan prévoit des actions préalables afin de préparer la ville et ses habitants à affronter la

pluie. Ainsi, ces actions préventives pourront concerner la protection des biens (nettoyage des points d'engouffrement pluviaux, évacuation des voitures dans les endroits à risques, information et engagement d'actions d'autoprotection par la population concernée...) ainsi que la protection des personnes (sécurisation des points de débordement connus, fermeture d'ouvrages souterrains, déviations, interdictions de circuler dans les voies à risques, information des écoles et autres établissements sensibles, information de la population et conseils de prudence...).

Le personnel de la SERAM est intégré dans le plan de sauvegarde en continuant ses missions pour contribuer au meilleur fonctionnement du réseau et à sa sécurisation, il rend compte de la situation observée sur le terrain et reste à disposition pour toute mission que pourrait lui confier la collectivité. Les informations de terrain et les prévisions hydrométéorologiques sont régulièrement transmises au PC municipal sous l'autorité du cadre de la DEA.

### 3. L'ORGANISATION DE LA SERAM

L'organisation mise en place considère quatre modes de fonctionnement par rapport à la proximité spatio-temporelle de la pluie : Veille, Vigilance, Pré Alerte, Alerte.

Tous les jours, avant 10 h, le cadre « Hydro-Météo » de la SERAM évalue le risque pluvial sur l'agglomération marseillaise pour les 24 h à venir (48 h pour le week-end). En fonction du risque, il évalue le niveau de gravité grâce à l'abaque de la figure 5 et, si nécessaire, ordonne la mise en astreinte du personnel d'intervention nécessaire pour faire face à la crise prévue selon les niveaux A, B, C ou D. Dans ce cas, des correspondants d'astreinte appelés dans les différents services de la SERAM mobilisent le personnel d'intervention correspondant au niveau déterminé et fournissent un « bipeur » à chaque agent ainsi qu'un cahier de consignes.

En mode vigilance, le cadre Hydro-Météo utilise l'imagerie radar qui permet d'évaluer les intensités de pluie et de suivre les déplacements des cellules pluvio-orageuses. Il évalue leur potentiel de danger et essaye de prévoir leur trajectoire.

Pour cela une échelle de gravité a été élaborée sur la base des mesures du radar pluviométrique de Météo-France traitées par le logiciel Calamar (cf. figure 6). Compte tenu de l'imprécision de la mesure de pluie par radar, et celle des modèles pluie-danger basés sur une mesure instantanée, cette échelle est assortie d'une incertitude minimale de  $\pm 1$  niveau de gravité.

L'objectif est de déclencher la pré-alerte une heure avant la pluie afin de permettre au dispositif opérationnel de se déployer tant que la circulation est possible et non dangereuse. Le personnel est mobilisé en rafale grâce à une application informatique d'appel téléphonique automatique des « bipeurs » en fonction du niveau de gravité décidé. Des agents se rendent au poste de contrôle centralisé pour organiser la gestion de la crise et d'autres se rendent sur les sites SERAM où se trouve le matériel d'intervention. Le personnel de terrain rend compte de sa mobilisation et commence les tournées préventives préétablies en fonction du

niveau de gravité déclaré. Le territoire de Marseille a été subdivisé en 6, 12, et 18 zones sur lesquelles interviennent les équipes de terrain selon les niveaux B, C, D. Ces zones sont homogènes en nombre de points de dysfonctionnements qu'elles contiennent.

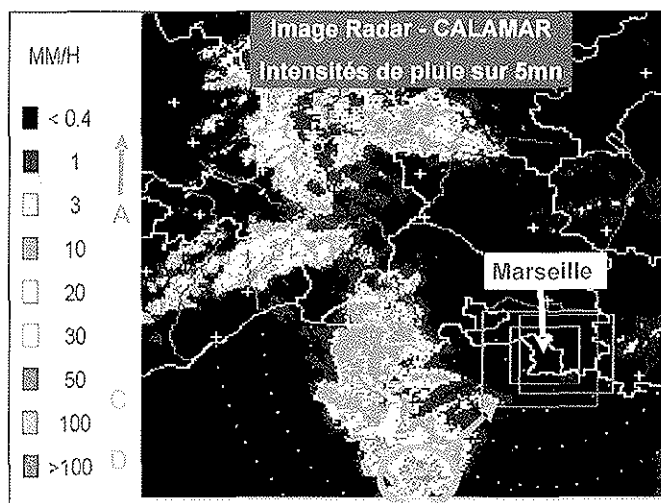


Figure 6 : Image fournie par le radar pluviométrique de Nîmes.

En mode alerte, les agents sont pilotés par le cadre « Terrain » en fonction de la répartition géographique de la pluie et selon les appels d'interventions reçus au poste de contrôle centralisé.

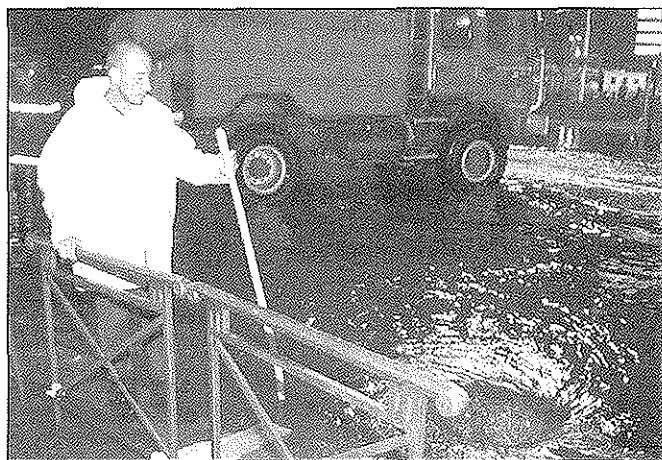


Photo 1 : Exemple d'action concertée entre la SERAM et les Marins Pompiers.

La communication est assurée par un réseau de radiophonie locale ainsi que par des GSM. Des opérateurs sont mobilisés pour enregistrer tous les appels téléphoniques et assurent le suivi des actions immédiates ou différées. Si le niveau d'alerte constaté est supérieur au niveau d'astreinte prédéterminé, du personnel supplémentaire est réquisitionné par appels téléphoniques à domicile. Cette

procédure de mobilisation est bien entendu beaucoup plus longue que la précédente. S'il est inférieur, seul le niveau adapté est déclenché.

## 4. LA MÉMORISATION DES ÉVÉNEMENTS

En fin de chaque crise, la SERAM établit un rapport d'orage qui décrit les événements pluvieux, leurs conséquences observées sur le terrain et le dispositif mis en place pour y faire face. Ces rapports permettent de constituer une mémoire des événements et enrichissent la base de connaissance sur la pluie et ses conséquences, ce qui contribue à améliorer les actions et la qualité du service rendu.

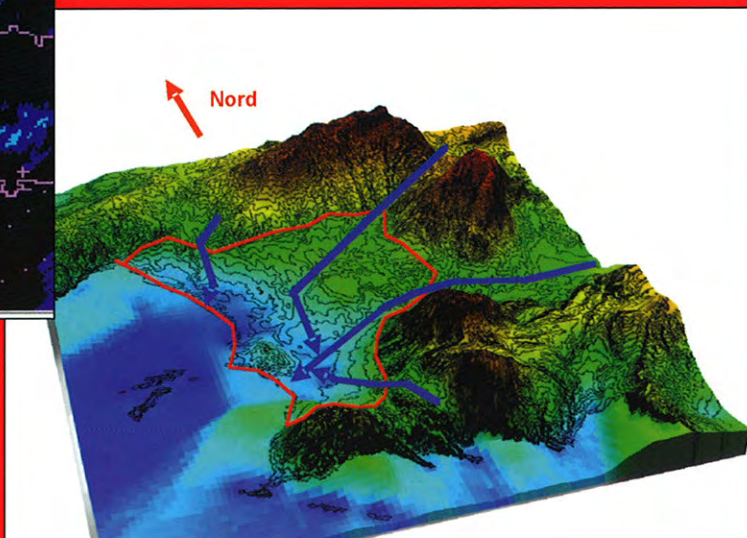
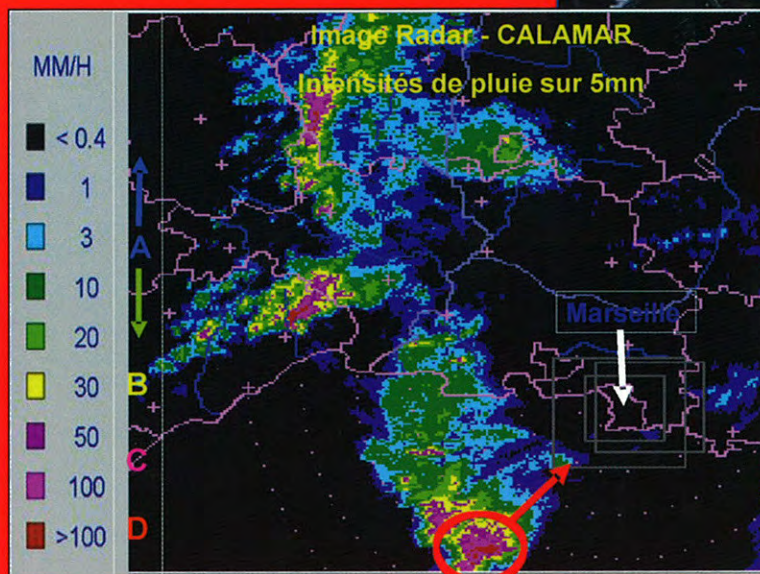
## CONCLUSION

La gestion des risques liés aux pluies mise en place à Marseille est un exemple de partenariat public/privé. Compte tenu de l'importance des prévisions de pluie dans la bonne gestion d'un système d'assainissement, la SERAM assure la veille hydrométéorologique ainsi que la gestion des pluies « non dangereuses » en intégrant la problématique de la qualité des eaux de baignade ainsi que celle des premiers débordements. Dès que l'enjeu concerne la sécurité du public, les services municipaux sont alertés et prennent le relais pour déployer le plan communal de sauvegarde afin de préparer la ville à affronter la pluie. Pour garantir en permanence le meilleur fonctionnement du réseau de drainage pluvial, il est à noter qu'à Marseille, l'entretien des cours d'eau et des ouvrages est assuré par l'exploitant du système d'assainissement et fait l'objet d'une rémunération particulière puisée dans le budget général de la ville.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Chocat B., Cabanne P., (1999). Hydrologie urbaine : modélisation et effet d'échelle. Actes « Crues de la normale à l'extrême », SHF, Lyon, 10-11/03/99, pp. 45-53.
- [2] Desbordes, (1987). Contribution à l'analyse et à la modélisation des mécanismes hydrologiques en milieu urbain. Thèse d'état, Université de Montpellier 2, 300 p.
- [3] CERTU, (2003). La ville et son assainissement, CD Rom.
- [4] Maire N., (2003). L'ingénieur Territorial et le risque inondation. Document AITF, 7 p.

## NOVATECH 2004 – SYNTHÈSE DE TROIS ANNÉES DE PROGRÈS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES DANS LA GESTION URBAINE DES EAUX PLUVIALES



ISSN : 1270-9840  
CPPAP : 1002T77866

ISBN 2-7472-0939-3



9 782747 209397