

**PROJET PILOTE POUR L'ALERTE DE CRUE**  
**SUR UN BASSIN VERSANT GERE PAR UNE**  
**COLLECTIVITE**

## TABLE DES MATIERES

---

<b>1.</b>	<b>CONTEXTE ET PRINCIPE</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>RETOUR D'EXPERIENCE DES SYSTEMES EXISTANTS</b>	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>RESEAU DE MESURE MIS EN PLACE</b>	<b>3</b>
3.1.	Stations de mesure	3
3.1.1.	Types de stations	3
3.1.2.	Localisation	5
3.1.3.	Matériel	7
3.2.	Mode de transmission	8
3.3.	Centre d'alerte de crues	8
3.4.	Diffusion de l'alerte	9
3.4.1.	Plan Communal de Sauvegarde	10
3.5.	Entretien et Suivi du réseau d'alerte	10
3.6.	Assistance extérieure	11
<b>4.</b>	<b>CONCLUSION</b>	<b>12</b>

# 1. CONTEXTE ET PRINCIPE

---

Le bassin versant du Lez, cours d'eau à régime très variable, s'étend sur 455 km<sup>2</sup> et couvre 28 communes de la Drôme et du Vaucluse. Les dégâts occasionnés par les dernières crues entre 1993 et 2003 ont démontré l'importance des enjeux tant financiers (520 millions d'euros) qu'humains (3 morts). Le besoin de disposer d'un outil performant permettant d'alerter les populations dans les meilleurs délais est alors apparu primordial.

Depuis 2002, l'Etat français est passé d'un Service d'Annonce de Crues à un Service de Prévision de Crues (SPC) sur un certain nombre de cours d'eau importants dits « réglementaires ». Les SPC se dotent actuellement de moyens financiers et techniques pour pouvoir livrer au public des prévisions de crues par tronçons de cours d'eau à différentes échéances.

N'étant pas un cours d'eau réglementaire, le Lez est géré par une collectivité, le Syndicat Mixte du Bassin Versant du Lez (SMBVL) qui a donc décidé de se doter d'un système clé en main opérationnel capable d'alerter de façon fiable et rapide la population répartie sur les 28 communes concernées.

Le système d'alerte basé sur un réseau de capteurs hydrométéorologiques sur le Lez et ses affluents. L'objectif principal du dispositif est l'anticipation des crues pour l'alerte. Le système doit donc permettre de fournir les informations pertinentes en temps réel de manière à mettre en œuvre le plus tôt possible et avec le moins d'incertitude possible les actions à mener pour la sécurité des personnes et des biens sur le bassin versant. Cet objectif ne peut être atteint que par la mise en place d'un équipement des cours d'eau du bassin versant du Lez en pluviomètres, en limnimètres et en sondes humidimétriques dont les données mesurées sont télétransmises en temps réel dans le but de :

- fournir les éléments techniques constituant la base d'un système d'alerte de crue (instrumentation, transmission des données, architecture du système d'alerte...) et de suivi des étiages,
- acquérir une meilleure connaissance de l'hydrologie des rivières, en régime normal, en crue et en étiage. Il est en effet essentiel de mieux comprendre le comportement hydraulique du Lez et de ses affluents pour pouvoir mieux prévenir et réagir lors d'évènements majeurs.

L'ensemble des différents éléments du système sont donc mis en œuvre (9 mois de travaux), allant de la pose des capteurs à l'organisation de l'alerte en passant par la mise en place d'un moyen de communication sécurisé pour l'ensemble des mairies. Le projet a été mené en s'appuyant particulièrement sur les retours d'expériences des systèmes opérationnels existants, qui soulignent l'importance de la sécurité de chaque maillon de la chaîne.

Le principe du système d'alerte s'articule autour des points suivants:

- Mise en place de capteurs hydrométéorologiques
- Acquisition et transmission des données en temps réel
- Collecte et traitement des données au centre d'alerte
- Diffusion de l'alerte aux mairies (sur dépassement de seuils)
- Mise en œuvre du Plan Communal de Sauvegarde

## 2. RETOUR D'EXPERIENCE DES SYSTEMES EXISTANTS

---

Plusieurs entretiens auprès de différents organismes ayant un réseau de mesure pour l'alerte de crues (SPCGD, SISA, Ville de Nîmes...), ont permis de recueillir des informations particulièrement intéressantes sur les différents moyens et méthodes existantes. Grâce aux retours d'expérience de ces organismes, nous avons pu établir une vue d'ensemble des avantages et inconvénients ainsi que des contraintes de tels systèmes. Plus précisément, les principaux objectifs des entretiens étaient :

- Recueillir des informations sur le matériel utilisé (capteurs, stations, concentrateurs...), les modes de transmission et les moyens mis à disposition pour assurer le suivi et la qualité du réseau (sécurisation, suivi, entretien...)
- Connaître l'architecture matérielle et réglementaire mise en œuvre pour assurer la bonne réalisation de l'alerte de crues
- Avoir une estimation des coûts reliés aux différents aspects du système d'alerte (stations, communication, personnel...)
- Recueillir les retours d'expériences sur l'ensemble des aspects liés au système d'alerte de crues.

De plus, à la suite des crues torrentielles qui ont frappé les départements du Gard, de l'Hérault, du Vaucluse, des Bouches-du-Rhône, de l'Ardèche et de la Drôme les 8 et 9 septembre 2002, une mission d'expertise a été menée par le service de l'inspection générale de l'environnement (les conseils généraux des Ponts et chaussées et du génie rural des eaux et des forêts y ont été associés)

Les conclusions les plus importantes sont les suivantes :

- Média de communication :
  - Les réseaux téléphoniques sont fréquemment coupés en période de crue et les centraux téléphoniques peuvent être plus ou moins sensibles selon leur position,
  - Les réseaux GSM sont perturbés et souvent saturés,
  - Les communications satellite sont très fiables mais ont un coût élevé et sont consommatrices d'énergie. Ce média est plutôt à réserver en média de secours.
  - Les communications radio sont beaucoup plus fiables que le téléphone, et sont peu coûteuses. Ce média semble un bon choix pour le fonctionnement « nominal » du réseau et la diffusion des alertes.
- Energie : la coupure des réseaux d'alimentation en énergie est fréquente en période de crue et une autonomie en énergie doit par conséquent être assurée.
- Mise en œuvre des secours :
  - Le rôle des maires est prépondérant pour les actions de prévention et de secours de proximité,
  - L'équipement en véhicules 4x4 est conseillé,
  - La diffusion des informations et les communications sont essentielles pour la gestion de crise, plusieurs moyens de communication de secours sont à prévoir.

## 3. RESEAU DE MESURE MIS EN PLACE

---

Le système d'alerte de crues s'articule autour de la chaîne de transfert de l'information suivante :

Capteur de mesure → Station de collecte → Transmission radio → Concentrateur / Superviseur au central d'alerte de crues (SMBVL) → Analyse dépassements de seuils d'alerte → transmission radio → Alerte aux mairies (maires, adjoints, ...) + service de secours + Préfecture

L'alerte à la population et la gestion des actions à mener pour la protection des biens et des personnes sont prises en charge par les communes dans le cadre du Plan Communal de Sauvegarde (PCS).

### 3.1. STATIONS DE MESURE

#### 3.1.1. Types de stations

Trois types de stations sont prévus :

- **Station limnimétrique** au droit de pont
- **Station limnimétrique** au droit de pont avec **pluviomètre** à proximité
- **Station météorologique** mesurant la pluie, l'humidité du sol et de l'air, la température, le vent.

A noter que les sondes d'humidité du sol ont été préconisées afin de connaître l'état de saturation du sol. Une fois une base de données établies, les mesures de ces capteurs pourront être analysées et traitées afin de tenter d'établir une relation entre ces mesures et l'état de saturation du sol. L'état initial de saturation est un élément important à prendre en compte pour la prévision des crues. En effet, plus un sol est saturé, plus son temps de réaction suite à une pluie est faible.



Figure 1 : Photomontage du capteur radar à Teyssière



Figure 2 : Photomontage de la station de mesure à Teyssière (pluviomètre inclus)

### 3.1.2. Localisation

Dans le cadre de l'annonce de crues, les critères à prendre en compte pour la mise en place d'un réseau de stations hydrométéorologiques sont les suivants :

- Anticipation par rapport aux points où sera effectuée l'alerte (zones à enjeux),
- Représentativité par rapport à l'hydrologie du bassin (notamment apports intermédiaires, répartition des apports dans le bassin),
- Faisabilité du site : validité hydraulique, faisabilité de jaugeages, accès au site, importance du transport solide, risque d'embâcles (installation en aval de pont)...
- Redondance de certains points de mesure importants.

L'étude pour le Plan de Protection des Risques Inondations (PPRI) a permis d'établir les débits décennaux et centennaux du Lez et de ses affluents (cf Figure ). Il en ressort une contribution marquée des affluents, notamment de la Coronne et de l'Hérin dont la connaissance du comportement est importante à acquérir si on veut pouvoir prévoir de manière fiable les crues. La concomitance des débits de pointe des affluents avec le Lez peut en effet augmenter de manière très significative les crues du Lez sur le tronçon entre Suze-la-Rousse et Bollène.

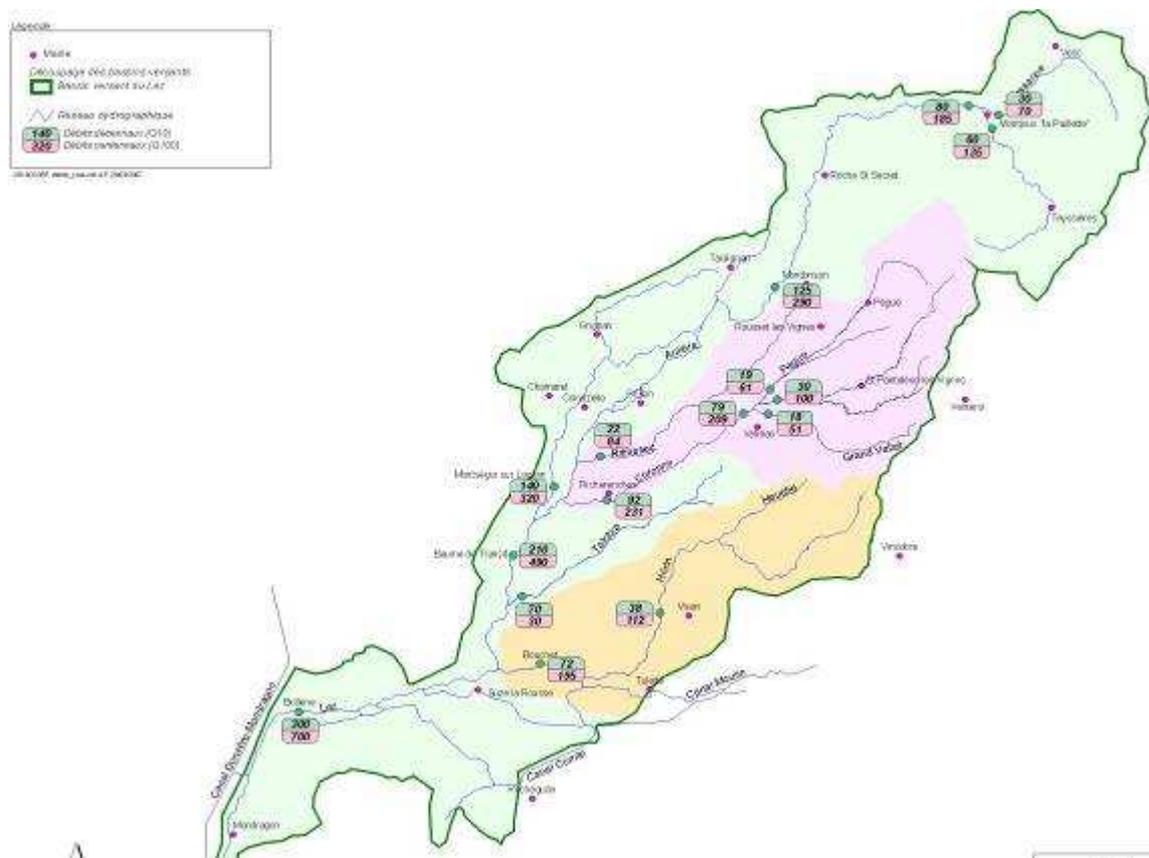


Figure 3 : Débits décennaux et centennaux du lez et de ses affluents

Lors de la crue de 1993, le décalage dans le temps entre le pic de l'orage sur la Lance et Bollène a été d'environ 8 à 9h.

### 3.1.2.1. Réseau

Le réseau proposé comprend les stations essentielles pour une alerte de crue sur le bassin, particulièrement pour les zones à hauts risques. Leur localisation et leur répartition a fait l'objet d'une analyse hydrologique et de terrain.

Au total le réseau comprend 12 sites de télémessure (cf Figure) :

- 9 limnimètres
- 8 pluviomètres (5 associés à des limnimètres et 3 dans des stations météorologiques)
- 3 sondes d'humidité du sol (dans des stations météorologiques).

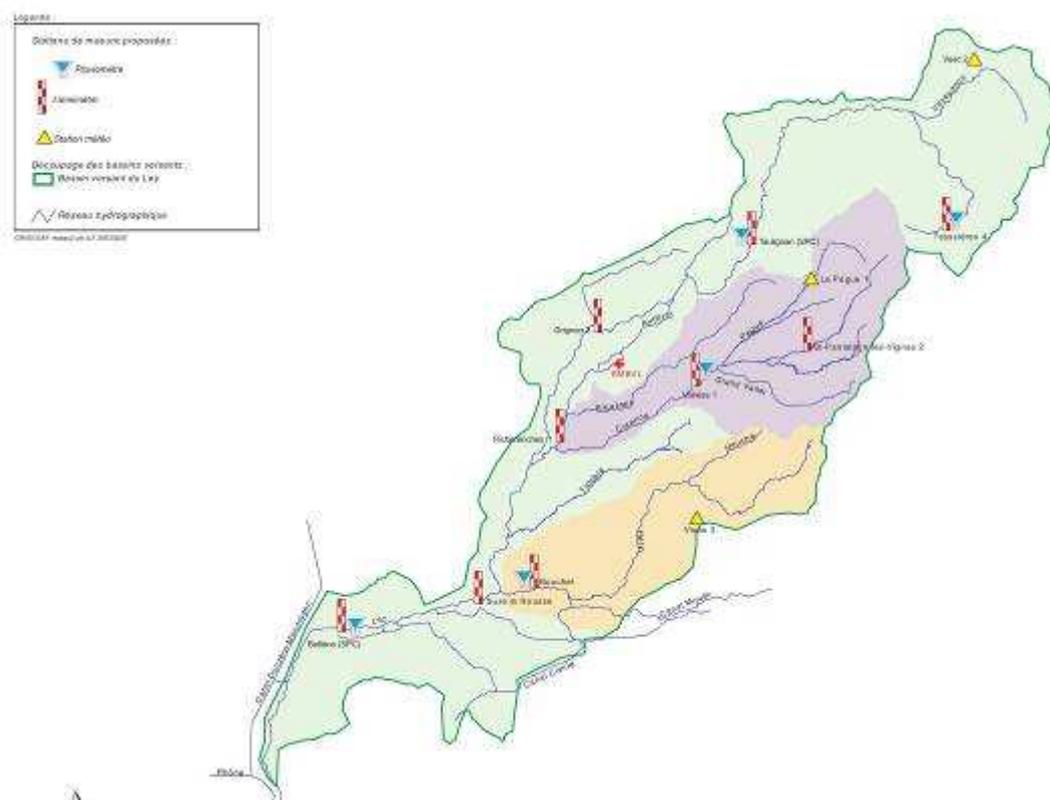


Figure 4 : Réseau de mesure

Pour des raisons de transmission radio et d'indépendance des réseaux du SPC et du SMBVL, de nouvelles stations seront installées à Taulignan et Bollène et viendront doubler les stations existantes du SPCGD.

### 3.1.2.2. Zones à enjeux

Les principales zones inondées, présentant un caractère sensible ont été répertoriées et classées selon le degré du risque en terme d'occupation du sol, de fréquentation de la population, des hauteurs et vitesses d'écoulement des crues:

- risque faible : risque faible limité aux biens (habitations isolées, cultures...),
- risque modéré : risque modéré pour les personnes et les biens (villages répartis le long du Lez et sur la Coronne et l'Hérin),
- risque fort : zones à hauts risques pour les personnes et les biens (principalement Bollène, Valréas, La Paillette, campings de Suze la Rousse et de Bouchet).

La carte donnée en Figure indique les positions géographiques des enjeux et l'emprise de la zone inondable du Lez et de ses affluents.

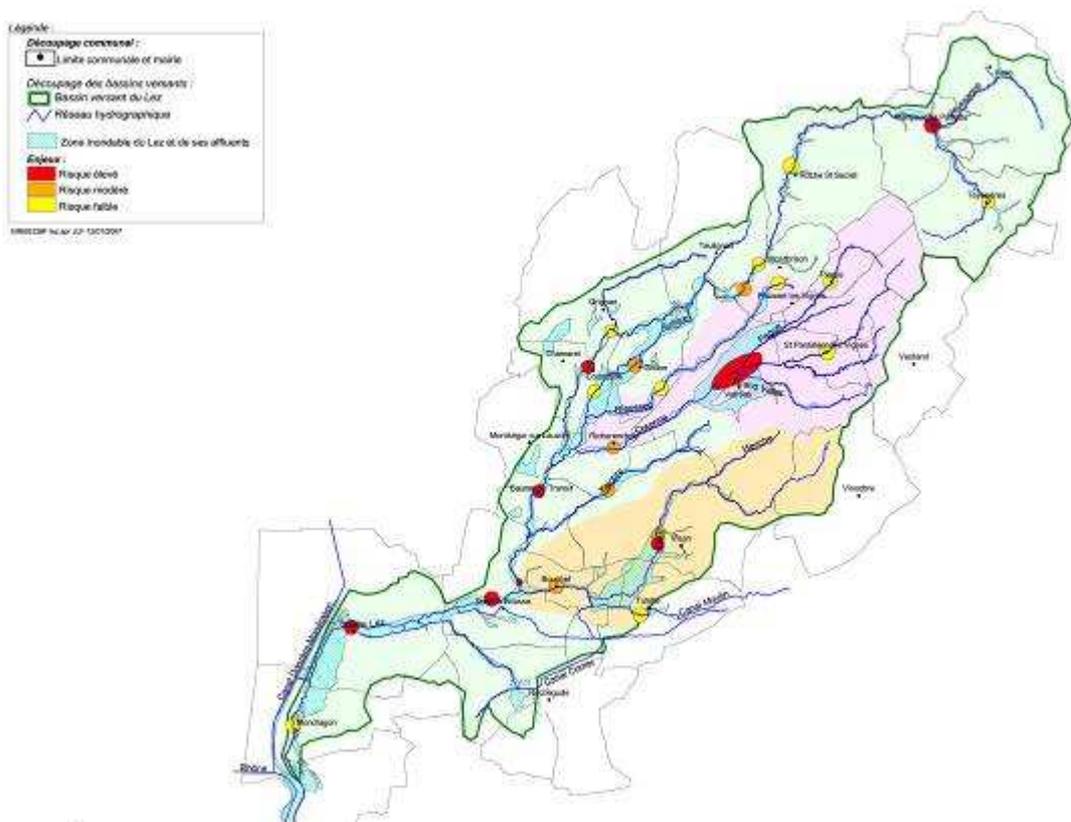


Figure 5 : Localisation des enjeux et de la zone inondable sur le bassin du Lez

### 3.1.3. Matériel

Des rencontres avec différents prestataires ont été organisées de façon à obtenir un maximum d'informations reliées au matériel de mesure (du capteur à la transmission et la supervision).

- Les limnimètres radar hyperfréquences sont ici les plus adaptés au contexte. La photo suivante présente un exemple d'installation de radar au droit d'un pont.
- Les pluviomètres à auget sont à prévoir sur le bassin du lez.
- Des sondes d'humidité du sol sont de plus installées.

L'acquisition des données mesurées aux capteurs (limni ou pluvio ou autres) doit être effectuée par une centrale d'acquisition intégrée dans une station de mesure (armoire ou cabanon) située en zone non inondable.

Le média principal retenu étant la radio, des antennes devront être connectées à la station (selon les sites et le type d'antenne nécessaire, les antennes pourront être positionnées sur la station ou déportées).

Une alimentation autonome est à prévoir pour les stations de mesure. En effet, le raccordement au réseau EDF est déconseillé pour plusieurs raisons :

- transmission des surtensions en cas d'orages,
- source de parasites pour la transmission radio.

Une batterie et des panneaux solaires assureront le besoin en énergie.

### **3.2. MODE DE TRANSMISSION**

Une étude de faisabilité de la transmission radionumérique sur le bassin a été réalisée dans le cadre de cet avant projet. Suite à cette analyse et compte-tenu du fait que les relais existants sont suffisants, la transmission des données par le média radio a été retenu. En effet, dans le contexte difficile du bassin (crues rapides, contexte orageux en période de crue entraînant un risque de coupure des lignes de téléphone), ce média apparaît comme garantissant le maximum de fiabilité, à un coût raisonnable, car il n'y a pas de nouveau relais à mettre en place.

De plus, l'étude radio montre que la majorité des stations peut communiquer par deux chemins radio permettant une redondance et donc un secours en cas de panne d'un des relais. Seules 3 stations situées en amont du bassin (pour le scénario 2 : Teyssières, Vesc et Montjoux, pour le scénario 1 : Teyssières) ne seront pas joignables par deux chemins. Pour ces stations, le RTC sera installé en secours.

Il faut souligner la possibilité avec ce type de média de faire de la télésurveillance et de la télémaintenance, c'est-à-dire de pouvoir avoir accès aux informations techniques concernant les stations de mesure à distance est mise en place.

Un espion radio installé au Mont Ventoux permettra au SPCGD de récupérer les données en temps réel. Ces données permettront notamment le calage des lames d'eau issues du radar installé à Bollène et qui couvre le bassin versant du Lez. Ces données radar seront alors mis à disposition du SMBVL via une convention établie entre l'Etat et la Collectivité.

### **3.3. CENTRE D'ALERTE DE CRUES**

Le centre principal sera installé à Grillon, dans les locaux du SMBVL. En secours, un 2<sup>ème</sup> central sera installé au SDIS à Bollène.

Un concentrateur et un superviseur hydrologique sont installés de façon à concentrer les données et pouvoir les analyser et les consulter en temps réel ainsi qu'en temps différé notamment pour pouvoir capitaliser les retours d'expériences et mieux comprendre le comportement du bassin versant.

Les fonctions du concentrateur sont les suivantes :

- collecte des données sur média radio ou RTC
- import/Export de données
- calcul de débit à partir de courbe de tarage (loi hauteur-débit)

Les fonctions du superviseur sont les suivantes :

- Visualiser les données sous forme de graphes, tableaux et cartes schématiques,
- Analyser les données pour déterminer les niveaux d'alerte (dépassement de seuils intégrant des données de différentes natures),
- Transmettre les niveaux d'alerte et données à l'automate d'appel,
- Mettre à jour les pages du site Internet du SMBVL,
- Stocker les données.

Le site internet du SMBVL sera muni de pages avec les données issues des capteurs en temps réel.

### 3.4. DIFFUSION DE L'ALERTE

Le système mis en place par le SMBVL transmet l'alerte de crues aux 28 mairies qui pourront alors mettre en œuvre les actions de leur Plan Communal de Sauvegarde. Une communication par téléphone (fixe ou GSM), email ou fax sera assuré et une radiodiffusion de l'alerte est menée en parallèle via un système de pager afin d'assurer la transmission de l'information.

De plus, afin d'assurer la mise en en sécurité des personnes, l'alerte sera également transmises aux organismes suivants :

- Les Préfectures de la Drôme et du Vaucluse,
- La gendarmerie,
- Les services de sécurité civile.

Pour ces organismes, l'alerte sera transmise de manière filaire par téléphone (fixe ou GSM) ou fax.

Les moyens de communication utilisés pour la transmission de l'alerte aux mairies sont :

- **appels téléphonique** de manière rapide vers une liste prédéfinie de personnes (maires, élus, ...) sur téléphone portable, fixe ou fax. La traçabilité des appels est garantie avec ce type de technique. Les messages peuvent également être transmis par email.
- **pager** : radiodiffusion groupée et simultanée de messages s'affichant sous forme texte (les messages peuvent atteindre 245 caractères). Les pagers sont de petits boîtiers légers (plus petits qu'un téléphone portable), permettant de joindre les personnes en déplacement. La couverture du bassin est bonne avec 80% du bassin versant. Il est possible d'activer une alarme sonore (bip) selon le niveau d'alerte. La traçabilité est réalisée par un enregistrement des messages reçus au central.



**Figure 6 : Exemple de pager et sa base de recharge avec antenne réception (installé dans les mairies)**

- **phonie entre mairies** : chaque mairie est dotée d'un téléphone satellite portable, garantissant une communication entrante et sortante ainsi qu'une connexion à internet et aux fax en toutes circonstances. Ces appareils ont une autonomie de 48h grâce à une batterie, n'ont pas d'abonnement, mais ne sont utilisés qu'en cas de crise grave.

### 3.4.1. Plan Communal de Sauvegarde

Chaque commune est aujourd'hui dans l'obligation de faire un Plan Communal de Sauvegarde relatif aux risques inondations. Chaque commune doit définir ses zones à enjeux et ses points de débordement avec des seuils d'alerte reliés aux limnimètres temps réel mis en place, ainsi que les actions à mettre en œuvre pour chaque niveau d'alerte retenu. A titre d'exemple, les actions peuvent comprendre :

- La mobilisation de moyens matériels et humains,
- La transmission d'informations sur la situation à des organismes ou établissements (scolaires, santé, campings, parkings souterrains,...) ayant eux-mêmes leur propre plan de secours (PPMS : Plan Particulier de Mise en Sécurité)
- La transmission d'information et de consignes aux habitants pouvant aller jusqu'à un ordre d'évacuation.

Pour réaliser des appels multiples vers une liste importante de personnes, un système d'appel en masse est mis en place afin de réaliser ces appels dans un délai très court. Un tel système commun à l'ensemble des communes est prévu, le déclenchement des appels s'effectuant à distance par le biais d'un appel codé. Cet automate d'appel peut être géré par un prestataire externe, assurant la continuité du service.

## 3.5. ENTRETIEN ET SUIVI DU RESEAU D'ALERTE

L'entretien et le suivi du réseau est essentiel pour garantir un système d'alerte fiable en période de crise. La régularité de l'entretien du matériel (des capteurs au superviseur et à l'automate d'alerte) est un point très important qu'il convient de ne pas négliger. L'entretien du réseau est assuré en sous-traitance.

La fiabilité du réseau est d'un niveau élevé, avec une redondance des équipements essentiels. Les tâches principales du système d'alerte sont réalisées de manière automatique :

- gestion d'états du système en fonction d'informations hydrologiques,
- changement de la fréquence de collecte en cas de risque de crue, La fréquence de collecte doit être au moins de 5 minutes pour la calibration de l'image radar. A noter que comme la fréquence de collecte n'influe pas les coûts de communication, on peut se permettre de collecter de manière très fréquente. A titre d'information, la fréquence de collecte utilisée par le SPC GD est de 90s et permet d'assurer une redondance dans la transmission d'information si elle est inférieure à la fréquence d'acquisition de la donnée par les stations
- élaboration des messages selon des critères hydrologiques prédéfinis,
- envoi des messages pour l'information des mairies et services de protection civile,
- mise à jour du site Internet du SMBVL pour la mise à disposition des données,
- gestion des défaillances dans la transmission radio (basculement en cas de panne de relais),
- appels des sous-traitants en cas de panne identifiée par le système (les sous-traitants peuvent également prendre la main à distance sur le système pour des diagnostics).

### **3.6. ASSISTANCE EXTERIEURE**

Une assistance extérieure, s'appuyant sur le réseau d'alerte mis en place, a été mise en place pour les communes sur le bassin du Lez de manière à apporter un soutien aux élus en temps de crise. La mission du prestataire devrait couvrir les points principaux suivants:

- Veille hydrométéorologique sur l'ensemble du bassin (accès aux bulletins d'alerte météo) pour la mise en vigilance des personnes et des mairies,
- Assistance en période de crise 24h/24h (astreinte) auprès du SMBVL et des 28 communes avec une expertise hydrométéorologique,
- Analyse post événement (base de données des crues historiques).

## 4. CONCLUSION

---

Pour conclure, les points forts du système d'alerte mis en place par le SMBVL sont les suivants:

- Permet une anticipation des crues le long du Lez et de ses affluents
- Outil essentiel à la performance des PCS des 28 communes du bassin versant
- Système évolutif, capable d'être adapté en fonction de l'évolution du bassin, de ses enjeux et de son comportement hydrologique
- Système pérenne, qui s'intègre dans le schéma directeur du bassin Rhône Méditerranée
- Système fiable et sécurisé avec une redondance pour tous les maillons de la chaîne d'alerte

Enfin, il convient de souligner que ce projet pilote est particulièrement exemplaire pour les 2 raisons suivantes :

- Mise en place d'une collaboration constructive entre l'Etat (SPCGD) et une collectivité (SMBVL) par le biais d'une convention permettant des échanges de données essentiels à une alerte de crue pertinente,
- Mise en œuvre d'un réseau performant basé sur l'utilisation de techniques de pointe innovantes pour les différents maillons de la chaîne d'alerte.