

CONCEPTION D'UN SYSTEME DE PRE-ALERTE DES INONDATIONS BASE SUR L'UTILISATION DES TECHNOLOGIES SPATIALES.

CONCEPTION OF A FLOOD EARLY WARNING SYSTEM BASED ON THE USE OF SPACE TECHNOLOGIES.

SAÏDOUNI Djallal. Chargé d'Etudes. Agence Spatiale Algérienne. dsaidouni@asal.dz

Résumé : Les inondations sont parmi les catastrophes naturelles les plus dévastatrice et les plus fréquentes, d'où l'intérêt de mettre en place un système de pré-alerte capable de donner une alerte avec une échéance suffisante en croisant des données de différentes origines. Cette action constitue une des actions prioritaires, relatives au secteur des ressources en eau, inscrites dans le programme spatial national élaboré par l'Agence Spatiale Algérienne. Ce système se basera sur l'utilisation des technologies spatiales avec ses deux volets, observation de la terre et télécommunication spatiale, et sera installé au niveau d'une cellule de crise, qui sera chargé de son déclenchement. Cette cellule constitue un noyau central vers lequel toutes les données et les mesures doivent convergées pour établir des rapports de situations, des cartes ainsi que la mise en oeuvre d'applicatifs SIG pour simuler l'étendue des inondations, ces informations transmises aux décideurs et permettront une prise de décision rapide et efficace et une gestion optimale de l'évènement inondation.

Mots clés : Système d'alerte, inondations, imagerie spatiale, SIG, transmission, mesures.

Abstract : The floods are one of the natural disasters that cause more damage, so it is important to set an early warning system able to give an alert with a sufficient time by merging various data from several resources. This action constitutes one of the priority actions retained in the National Space Program which was elaborated by the Algerian Space Agency. This system will be based on the use of the space technologies with its both aspects: earth observation and space telecommunication. This system will be monitored by an emergency committee. The principal duties of this committee is to constitute a central core towards which all the data will converge, making reports, maps, elaborate GIS application during the crisis. These informations will forward to the decision-makers and will allow a fast and an optimal management of the flood event.

Keywords: Early warning system, inondations, satellite images, GIS, transmission, mesures.

INTRODUCTION

Les inondations sont parmi les catastrophes naturelles les plus fréquentes et les plus dévastatrices engendrant des dégâts humains et matériels considérables. La protection contre les inondations se traduit en général par la réalisation des travaux d'aménagement des bassins versants tant en milieu urbain qu'en milieu rural, mais leur réalisation est qualifié comme solution « passive » et s'avère très coûteuse. Vu la contrainte financière et le caractère destructeur du phénomène, il est judicieux de porter une réflexion concernant l'élaboration d'un système intégré, qui permettra de coupler les

données de plusieurs origines et de générer une pré alerte aux inondations transmise aux population avec une échéance suffisante, et via lequel il est possible de suivre et de gérer les différentes phases de l'évènement.

OBJECTIF DU PROJET

Ce projet s'inscrit dans le cadre du Programme Spatial National (PSN) comme action prioritaire dans le secteur des ressources en eau et découle également des recommandations issues de la journée technique "*L'utilisation de l'outil spatial dans le domaine des ressources en eau*" organisée conjointement par l'Agence Spatiale Algérienne (ASAL) et l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH).

L'objectif de cette action c'est de mettre en place un système d'anticipation des inondations en ce basant sur un certain nombre indicateurs et de diffuser l'information en temps réel aux autorités compétentes afin de planifier et prendre les mesures nécessaires en période de "Crise", et de minimiser le risque d'inondations et limiter les dégâts.

Dans les périodes "Hors Crise" le système peut être activé pour réaliser des simulations d'évènements, faire des entraînements pour les équipes sur des évènements passés. La période "Hors Crise" permet également de détecter les changements dans la croissance urbaine et les changements de paysage dans les zones à risque grâce à l'imagerie haute résolution, de procéder à des mises à jour cartographique et d'élaborer des cartes de risques (Anonyme, 2003).

DESCRIPTION DU PROJET

Un système de pré-alerte contre les inondations peut être défini comme étant un moyen de mesure, de transmission et de diffusion des mesures hydrométéorologiques collectées au niveau des cours d'eau et des stations de mesures, susceptibles d'engendrées une inondation en aval ou à l'exutoire d'un bassin versant. En cas d'enregistrement des cotes d'alertes, et compte tenu des résultats de l'analyse spatiale des données d'observation de la terre, des mesures préventives peuvent être prises pour la préservation des vies humaines, la sauvegarde des biens, et la planification des opérations de secours.

LES TECHNOLOGIES SPATIALES DANS LE CONTEXTE DU PROJET

Ce projet revêt un caractère spécifique du fait de l'intervention des technologies spatiales, par conséquent il dépasse la dimension d'un simple système de collecte et de transfert de données, et permettra certainement une vue claire et précise de la situation pour une prise de décision rapide et efficace.

L'utilisation des technologies spatiales dans le projet interviendra sur deux volets bien distincts : *Observation de la Terre* et *Télécommunication Spatiale*. En effet, la mise en oeuvre du système de pré-alerte aux inondations se basera sur l'exploitation des données d'observation de la terre afin d'élaborer des MNT, de mettre en évidence l'occupation des sols, le couvert végétal, la géologie et l'évaluation des dégâts après le passage de la crise. En revanche, on retrouvera le volet télécommunication spatiale dans la collecte de l'information et des mesures (Bediot, 1994), la communication entre les différents acteurs (voix et données) et la localisation des opérationnels.

METHODOLOGIE

La mise en œuvre d'un tel système nécessite une méthodologie bien précise qui s'articule autour des étapes suivantes :

○ **Etat des lieux**

Etablir un état des lieux et un inventaire de l'existant qui peut comprendre: le nombre et le type de stations de mesures hydrologiques, leurs état de fonctionnement et leurs répartition à l'échelle du bassin versant.

Une fois l'état des lieux établi, de nouvelles stations peuvent éventuellement être installées afin de renforcer le réseau de mesure.

○ **Mise en place d'un système de transmission de données**

La partie la plus importante consiste à choisir le type de système de mesure ainsi que le mode de transfert de données via satellite. Le choix du mode de transmission est dicté par le besoin d'avoir une information à intervalle régulier et modifiable selon la situation. Il faut également prendre en considération les délais de transfert de l'information et la capacité de transfert du flux de données, qui a tendance à augmenter en période de crise.

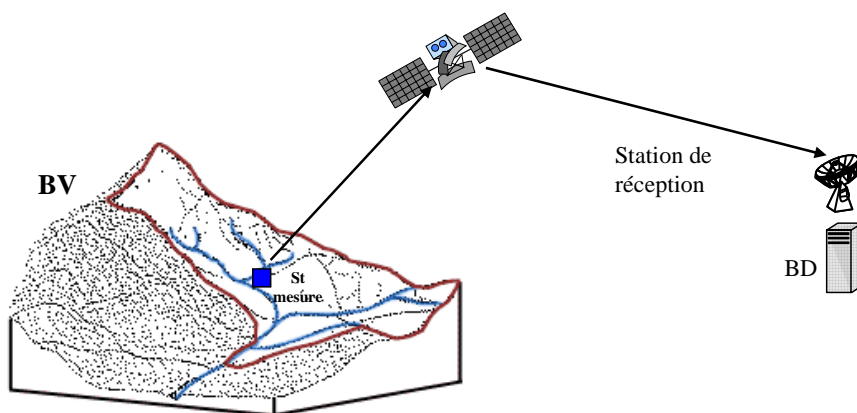


Fig. 1. Schéma d'une transmission entre la station de mesure et le centre de traitement.

▪ Equipement de mesure et de transmission

- La plate forme d'acquisition :

Permet l'enregistrement de différentes mesures (pluviométrie, hauteur d'eau, qualité de l'eau...). Les données peuvent être récupérées par disque amovible, via une liaison RTC¹, une liaison satellite géostationnaire ou à défilement (METEOSAT, ARGOS, INMARSAT-C) ou transmis par modem RTC¹ ou GSM², mais également par liaison radio ou VHF. Cette centrale d'acquisition peut être fournie avec d'autres options tels que des panneaux solaires et des batteries sans entretien (source: www.martec.com).

- Les balises "Hydro Argos" trouvent également leurs places dans le domaine de la collecte et la transmission de données hydrologiques. En effet, ce type de balises offre la

¹ RTC: Réseau Téléphonique Commuté.

² GSM: Global System Mobile.

possibilité d'effectuer des mesures des hauteurs et de la qualité de l'eau, qui sont transmises via satellite pendant des plages horaires définies selon les besoins de l'exploitant. La balise "Hydro Argos" est d'un encombrement minimal et n'a pas besoin d'infrastructures de génie civil (source: www.martec.com).

Mise à part les systèmes de mesures et de transmission satellitaire, d'autres moyens de transmission peuvent être utilisés:

- les liaisons filaires: basées sur l'emploi du réseau téléphonique (commuté ou spécialisé), elles nécessitent une infrastructure de génie civil sur le point de mesure et une alimentation électrique. L'inconvénient de cette technique de transmission c'est les coupures qui peuvent être occasionnées lors de fortes crues ou lors des chutes de neige.
- Les liaisons radioélectriques terrestres: ce type de liaison utilise les bande VHF et UHF, et nécessite des relais tout au long de la distance entre la station d'émission à la station de réception. Une infrastructure de génie civil doit être prévue ainsi qu'une alimentation électrique.

▪ Définitions:

Inmarsat-C : Ce n'est pas un système de «bout à bout», mais plutôt de stockage et de retransmission où les données ne sont pas immédiatement expédiées en continu de l'expéditeur au destinataire. Le message est stocké dans des sites intermédiaires telles que les stations terrestres Inmarsat, avant d'être adressé au destinataire final. De façon générale, le délai de transmission est d'environ 5 minutes (source: www.fao.org).

ARGOS : Le système Argos est basé sur l'usage de sous-systèmes de communications et placés à bord des deux satellites NOAA (Etat-Unis) qui sont en orbite polaire. Le système ne fonctionne actuellement qu'en mode émission et permet le stockage et la retransmission des données a bord du satellite jusqu'à ce qu'il soit en vue d'une station terrestre Argos. Les messages sont également stockés dans les divers centres de traitement Argos pour leur distribution appropriée à travers le monde (source: www.fao.org).

Le choix de la solution et du mode de transmission doit tenir compte des infrastructures de réception disponible en Algérie, comme par exemple l'existence d'une station de réception Inmarsat-C à Lakhdaria.

○ **Elaboration d'un modèle hydrologique de prévision des crues**

Un modèle de prévision des crues est nécessaire pour évaluer les débits en faisant intervenir différents paramètres mesurés (Anonyme, 2006).



Fig. 2. Schéma représentatif d'une modélisation pluie débit.

○ **Mise en place d'une cellule de traitement de données**

La cellule de traitement sera un noyau central vers lequel toutes les informations convergent. Lors d'un évènement pluvieux présentant un risque d'inondations, la gestion de ce type de catastrophe naturelle passe par trois périodes distinctes pendant lesquelles des procédures doivent être respectées.

Période de Crise:

Durant cette période la cellule aura pour tâche:

- la collecte des mesures,
- leur traitement,
- leur archivage,
- l'exploitation des modèles hydrologiques,
- la vérification des côtes d'alertes,
- la production de rapports de situations des cours d'eaux,
- la transmission de l'information aux décideurs.

La cellule sera liée aux fournisseurs de données spatiales et cartographiques afin de faciliter l'accès aux données satellitaires et cartographiques pour couvrir les zones touchées par les inondations. Cette cellule pourra, dans un contexte d'aide à la décision, et en collaboration avec d'autres institutions spécialisées, développer des applications basées sur les systèmes d'information géographiques (SIG) [Henry, 2002] pour donner un aperçu sur l'étendue des inondations et réaliser une cartographie rapide des zones touchées en exploitant les images satellitaires prises au moment de la crise [Maurel, 2003] [Anonyme, 2001]. Les images satellitaires peuvent être acquises par le satellite algérien Alsat1 ou par un satellite appartenant à la constellation DMC, ou par une autre ressource satellitaire après déclenchement, par les autorités compétentes, de la charte internationale sur les catastrophes naturelles.

Période Post Crise

Cette période suit immédiatement la crise, et elle permet :

- d'établir un bilan sur le déroulement et le respect des procédures suscitées,
- de capitaliser l'expérience en prenant en compte les lacunes et les défaillances du système enregistrées lors de la gestion de l'évènement antérieur [Anonyme, 2003], et ce pour apporter les corrections et les modifications adéquates pour plus de fiabilité

Période Hors Crise

En période "hors crise", où aucun évènement pluvieux de forte intensité n'est enregistré, la cellule a pour rôle:

- d'effectuer des simulations d'évènements,
- de mettre à jours les données sur le développement du tissu urbain, en s'appuyant sur une couverture en imagerie satellitaire haute résolution,
- de procéder à l'amélioration des procédures, des applications et des modèles utilisés (corriger les défaillances),

- la caractérisation des bassins versants en utilisant des images satellitaires de moyenne résolution, celle-ci permettra l'établissement des cartes de pente, de couvert végétal et d'occupation des sols (Puech, 2000 ;Bailly, 2004).

Concernant l'interconnexion de la cellule de crise avec les différentes institutions, il est préférable d'asseoir le système de pré-alerte sur une architecture existante en prévoyant un point d'ancrage à partir duquel il peut se greffer à un système national de gestion des catastrophes naturelles, et éventuellement à un système international.

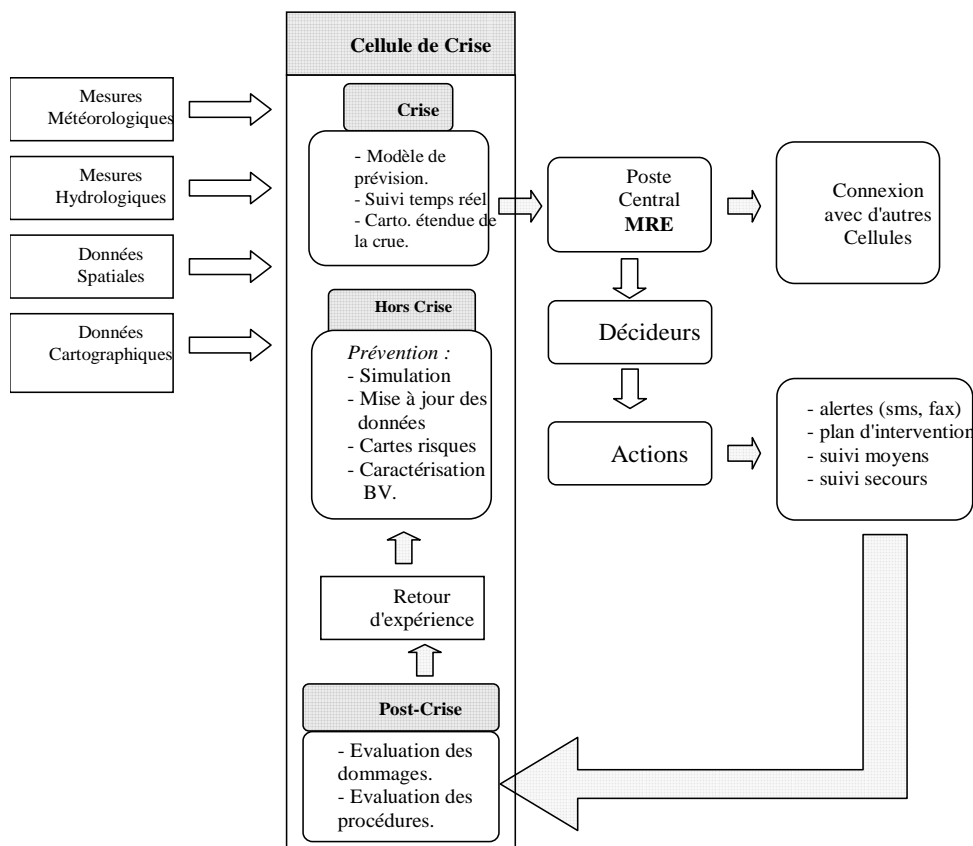


Fig. 3. Schéma de l'interconnexion et du rôle de la cellule de crise.

Mise en place d'un système de diffusion d'alerte

Les données collectées par le réseau de mesures seront transmises à la cellule de crise qui va traduire les mesures en niveau d'alerte. Si une côte d'alerte est atteinte, un message devra être diffusé instantanément avec une mise à jour régulière. La transmission doit ce faire via une connexion fiable, aux autorités territorialement compétentes, qui informeront les populations. La préalerte leur sera communiquée en utilisant un répondeur vocal (numéro spécial) ou par l'envoi de SMS (voir annexe), mais l'option

retenue doit prendre en considération les infrastructures existantes dans la région (réseau téléphonique) ainsi que la répartition des agglomérations et la densité de la population.

La circulation de l'information entre les différentes institutions et les décisions à prendre peuvent être définies dans un cadre juridique qui précisera les tâches et les prérogatives de chaque établissement en cas de crise.

Dans ce contexte, un plan national d'organisation des secours (ORSEC) existe déjà, et peut constituer un appui pour le projet du système de pré-alerte.

Diffusion par SMS, Fax & e-mails avec un automate : (source : www.cvm.com)

- Ce type de solution peut être utilisée de façon autonome ou intégrée dans une architecture téléphonique ou informatique.
- Cet automate est compatible avec les environnements analogique, numérique mais également VoIP et modem GSM.
- Pour la fonction de diffusion de SMS, l'automate peut traiter 1 à 240 modems GSM/GPRS ou des connexions en HTTP sécurisés.

Le système permet entre autre :

- Le déclenchement automatique et/ou manuel,
- La diffusion simultanée multi-canaux et multi-moyens de communication (SMS, Vocal, Fax, e-Mail),
- La génération d'un accusé de réception (SMS, Vocal, Fax, e-Mail),
- La traçabilité permanente et complète (Rapports de traitement détaillés, Journaux...).

CONCLUSION

Une fois en place le système de pré-alerte contribuera efficacement à la gestion de l'évènement inondation de l'amont vers l'aval. Le respect des procédures ainsi qu'un recensement strict des défaillances assurera la mise à jour régulière du système de pré-alerte et par conséquent sa fiabilité et sa pérennité. Afin de bien mener ces actions, il est préférable de procéder à la mise en place de ce système sur une zone pilote, qui doit être choisie parmi les villes présentant une vulnérabilité accrue aux inondations et disposant d'un historique de mesures exploitable du point de vue qualité et disponibilité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anonyme, 2006. Bilan de l'équipe de recherche hydrologie de surface, Institut de Mécanique des Fluides, Toulouse.
- Anonyme, 2001. La prévention des inondation : une étude test. Spot magazine N°. 33, Edition Spot Image.
- Anonyme, 2003. Lettre du groupe BRL: Spécial prévention et lutte contre les inondations. N°. 22.
- Bailly J-S., Saïdouni D., Lagacherie P., 2004. *Laser-Scanning and 1D-Wavelets Transforms for Artificial Drainage Network Detection in Mediterranean Rural Landscapes*. International conference "Laser-scanners for Forest and Landscape Assesment". International archives of photogrammetry remote sensing and spatial information sciences, Freiburg, Germany, pp. 124-128.

- Bediot G., Callede J., 1994. Utilisation de la Télétransmission en Hydrologie. Fonds documentaire de l'ORSTOM.
- Henry J-B., 2002. *Techniques spatiales et SIG pour la gestion des inondations*. 6p, Service Régional de Traitement d'Image et de Télédétection. Revue de l'Association Française de Topographie, N°. 93, pp. 42-50.
- Maurel P., Raclot D., Puech C., 2003. *Apport de la télédétection très haute résolution à l'étude du risque d'inondation*. EAT Ingénieries, 20p.
- Puech C., 2000. Utilisation de la télédétection et des MNT pour la connaissance du fonctionnement des hydro-systèmes. Mémoire de recherches, Institut National Polytechnique de Grenoble. pp 1- 58

Sites web:

<http://www.fao.org>

<http://www.wmcsat.com/services.html>

<http://www.martec.com>

<http://www.cvm.com>