

## **Gestion d'un réseau d'assainissement à l'aide d'un système d'alerte basé sur des données de radar météorologique : retour d'expérience après plusieurs années d'utilisation**

Management of a sewerage network with an alert system based on weather radar data: experience analysis after several years of use

Faure D.\* , Payrastré O.\*\* , Auchet P.\*\*\*

\* ALICIME, 541 rue des grillons, 69400 Gleizé, France, dfaure.alicime@wanadoo.fr

\*\* CEREVE, 6-8 avenue Blaise Pascal, Champs sur Marne, F77455 Marne la Vallée cedex 2, payrastré@cereve.enpc.fr

\*\*\* Communauté Urbaine du Grand Nancy - Hydraulique Urbaine, 22 - 24 Viaduc Kennedy, C.O. 36, 54 035 Nancy cedex

### **RESUME**

Depuis janvier 2000, le réseau d'assainissement d'un bassin versant très urbanisé de la Communauté Urbaine du Grand Nancy est géré en fonction des alarmes générées par un système d'alerte d'orage exploitant les données d'un radar météorologique. Ce système d'alerte est basé sur l'identification automatique de cellules de pluies intenses au sein des images radar. Cet article rappelle les caractéristiques de ce système d'alerte et synthétise les principaux résultats de deux études complémentaires réalisées en 2002 afin d'en estimer la pertinence et l'efficacité opérationnelle.

La première étude a consisté en une analyse de près de 50 000 cellules intenses de pluie détectées sur quatre années de données radar archivées. La seconde était une analyse du retour d'expérience après deux années d'utilisation opérationnelle de ce système d'alerte. Les résultats de ces deux études sont discutés en fonction des objectifs opérationnels initialement fixés pour ce réseau d'assainissement.

### **ABSTRACT**

Since January 2000, the sewerage network of a very urbanised catchment area in the Greater Nancy Urban Community has been operated according to the alarms generated in real time by a storm alert system using weather radar data. This alert system is based on an automatic identification of intense rain cells in the radar images. This paper presents the characteristics of this alert system and synthesises the main results of two complementary studies realised in 2002 in order to estimate the relevance and the operational effectiveness of the alert system.

The first study consisted in an off-line analysis of almost 50 000 intense rain cells detected in four years of historical radar data. The second study was an analysis of the experience feedback after two years of operational use of this alert system. The results of these studies are discussed in function of the initial operational objectives.

### **KEYWORDS**

alert system, risk management, sewerage network, storm, weather radar

## 1. INTRODUCTION

La Communauté Urbaine du Grand Nancy (CUGN), qui regroupe 265 000 habitants sur 20 communes, utilise les données d'un radar météorologique depuis mars 1995 pour anticiper sur l'évolution des événements pluvieux dans la gestion quotidienne de son réseau d'assainissement. Ces données (tableau 1) sont utilisées pour assister la prise de décisions en temps réel et assurer la sécurité des interventions dans le réseau.

Depuis le début de l'année 2000, les données radar sont également utilisées pour sélectionner en temps réel le meilleur mode d'exploitation d'un bassin de stockage/décantation situé sur une partie unitaire de ce réseau d'assainissement. La sécurité repose sur un système d'alerte d'orage basé sur l'identification automatique et le suivi en temps réel de cellules de pluies intenses au sein des images radar (Faure & al, 2002). Cet article rappelle la méthodologie utilisée pour définir ce système d'alerte, puis synthétise les principaux résultats de deux études complémentaires réalisées en 2002 afin d'estimer sa pertinence et son efficacité opérationnelle :

- une analyse détaillée des cellules intenses de pluie identifiées aux environs de l'agglomération Nancéienne sur quatre années de données radar ;
- une analyse du retour d'expérience après deux années d'utilisation quotidienne du système d'alerte.

Les résultats de ces deux études sont discutés dans le cadre bien spécifique de l'utilisation de ce système d'alerte par la Communauté Urbaine du Grand Nancy.

longueur d'onde : 5 cm	résolution des images : 1 km <sup>2</sup>
fréquence des images : 5 minutes	taille des images : 256 x 256 km <sup>2</sup>
distance radar - agglomération : 30 km	valeurs utilisées : 16 niveaux de réflectivité
mesures à un seul angle d'élévation de 0.7°	traitement préalable : filtrage des échos de sol

Tableau 1 : Caractéristiques des données radar utilisées.

## 2. CARACTERISTIQUES DU SYSTEME D'ALERTE

### 2.1. Le contexte d'utilisation

Ce système d'alerte a été défini au cours du projet européen Life96Env-F-420 (Faure & al 1998) qui concernait la mise en œuvre d'un nouveau mode de gestion du bassin de stockage/décantation « Gentilly », afin de garantir deux objectifs :

- lors de précipitations intenses : assurer la protection du bassin versant de « Boudonville » contre les inondations par un écrêtement des flux les plus importants au sein des collecteurs du réseau d'assainissement unitaire ;
- pour les pluies courantes : limiter les déversements de pollution dans le milieu naturel par stockage et décantation du maximum d'effluents dans ce bassin de 12 000 m<sup>3</sup>.

Chaque objectif requière un mode de gestion spécifique des organes du bassin : 7 vannes sont pilotées par des algorithmes implantés localement mais sélectionnés à distance par un opérateur humain en fonction de l'objectif prioritaire. Le choix du mode de gestion est effectué en fonction de la situation pluvieuse : pour les pluies courantes, les effluents sont stockés dès le début de la pluie ; pour les pluies exceptionnelles, le bassin est vidé des effluents qu'il peut contenir en début de pluie, et le maximum de volume de stockage est préservé en attente de la pointe de crue.

Les contraintes opérationnelles sont assez sévères : le bassin versant Boudonville (660 ha) est très fortement urbanisé (37 000 habitants), et pour éviter des inondations dans la partie basse proche du centre ville le niveau d'effluent dans les collecteurs ne doit pas dépasser 70 cm en un point stratégique du réseau situé à l'aval du bassin Gentilly (point appelé « Libération » du nom de la rue concernée). Le temps de concentration entre le début de la pluie et l'augmentation des débits est de 10 minutes au point « Libération », et le temps de transfert total à l'exutoire du bassin versant est de 20 minutes. Par contre, la vidange préventive du bassin Gentilly peut prendre plusieurs heures en fonction de son taux de remplissage et des flux concomitants dans les collecteurs à l'aval du bassin. Ces contraintes nécessitent donc d'anticiper fortement sur les flux dans le réseau mais également sur les précipitations affectant l'amont du bassin versant Boudonville.

En 1999, une étude réalisée en coopération par NANCIE et le LCPC sur les limites des prévisions de pluie par radar sur de petits bassins versants urbains (Faure & al., 2002) a clairement montré que les délais de fiabilité des prévisions de lames d'eau sur ces bassins versants dépendaient très fortement du type de pluie, et pouvaient être extrêmement réduits lors de précipitations de type orageux : en particulier, pour le bassin versant drainé par le bassin Gentilly (1 km<sup>2</sup>), l'étude a montré que ces délais de fiabilités passaient de plus de 1,5 heure pour des précipitations faibles et homogènes, à **moins de 15 minutes** lors de précipitations orageuses. Cet écart entre les délais de fiabilité des prévisions quantitatives de lames d'eau au sol et le besoin opérationnel d'anticipation, ont conduit à définir pour le projet appliqué de gestion du bassin Gentilly un système d'alerte reposant sur une reconnaissance qualitative des situations à risque (on peut noter que ce type de démarche a été adopté dans plusieurs autres projets à caractère opérationnel).

## 2.2. La définition du système d'alerte

Ces situations à risque ont été définies à partir de l'étude du comportement hydraulique de l'ensemble du réseau d'assainissement unitaire du bassin versant Boudonville (Payrastra 1999). Cette analyse a utilisé un modèle hydraulique très détaillé du réseau (figure 1) et la simulation de 17 événements pluvieux historiques. La classification résultante (tableau 2), fondée sur des critères purement hydrauliques, a ensuite été utilisée pour rechercher d'autres critères permettant de distinguer ces situations à partir d'une analyse en temps réel des données radar. L'objectif était de définir un système d'alerte **sécuritaire** dans le sens où toutes les situations à risque devaient être signalées, tout en limitant le taux de fausses alertes.

Le système d'alerte fut finalement basé sur une reconnaissance et une analyse automatisée de « cellules de pluies intenses » au sein des images radar. Selon la localisation et les déplacements de ces cellules dans une large région autour de l'agglomération, deux types d'alertes sont émises (Faure & al., 2002) : une alerte de "risque potentiel" destinée à mettre le surveillant du réseau d'assainissement en éveil, et une alerte de "risque confirmé" lui imposant de sélectionner le mode de gestion assurant la protection contre les inondations, et de vider le bassin Gentilly le plus rapidement possible s'il contient des effluents.

Des simulations du fonctionnement de ce système d'alerte sur plusieurs années de données radar archivées ont été réalisées avant sa mise en service opérationnelle. Elles avaient permis d'estimer **a priori** les performances suivantes : une alerte de risque confirmé avant tous les événements à risque de type R1 et R2, et un stockage dans le bassin Gentilly de 80% des effluents annuels provenant de l'amont du bassin versant.

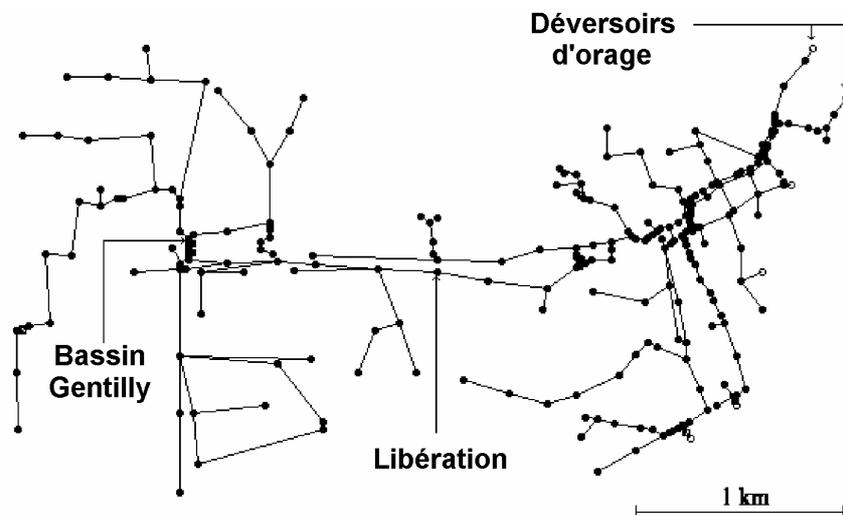


Figure 1 : Modèle hydraulique du réseau d'assainissement unitaire de Boudonville (traits = collecteurs, points = noeuds).

Types de risque	Evénements simulés	Description
NR1	6	Evénements sans aucun risque. Débits faibles dans le réseau d'assainissement.
NR2	5	Evénements sans risque. Débits plus importants mais pouvant être évacués par le réseau sans stockage du bassin Gentilly.
R1	4	Evénements pouvant représenter un risque en cas de mauvaise gestion du bassin Gentilly. Nécessité de stocker 3000 à 4000 m <sup>3</sup> dans le bassin Gentilly pour écrêter le pic de débit en aval du réseau.
R2	2	Evénements exceptionnels (fréquence décennale) nécessitant que le bassin Gentilly soit entièrement vide en début d'événement pluvieux.

Tableau 2 : Classification des situations en terme de risque pour le bassin versant et nombre d'événements pluvieux simulés en détail pour définir ces niveaux de risque.

### 3. ANALYSE DES CELLULES INTENSES DETECTEES SUR 4 ANNEES

#### 3.1. Méthodologie

Cette étude a été réalisée par ALICIME en 2002 afin de confirmer la pertinence du système d'alerte et de rechercher des améliorations potentielles. L'algorithme qui identifie les cellules intenses de pluie dans le système d'alerte opérationnel a été appliqué en temps différé sur les images du radar de Nancy archivées par la CUGN de mars 1995 à novembre 1998 soit sur près de quatre années. Ces archives correspondent à des journées pendant lesquelles des pluies significatives ont été observées à Nancy ou dans la région, et coïncident avec une période pendant laquelle les données radar archivées ont été systématiquement critiquées, avec visualisation des séquences d'images et enregistrement d'observations journalières d'incidents ou de phénomènes particuliers. Les informations issues de cette critique ont ainsi permis d'éliminer 91 journées pluvieuses correspondant à des archives soupçonnées d'être affectées par des problèmes de mesure (radar en défaut ou en

maintenance, échos fixes très importants, observation de neige ou de pluie verglaçante, bande brillante importante, réception discontinue des images).

Sur les données restantes, l'algorithme a identifié 49 689 « cellules intenses » au sein de 12 106 images radar réparties sur 167 journées pluvieuses. Ces « cellules intenses », correspondent à des structures clairement identifiables sur les images radar, mais qui doivent être interprétées avec prudence en terme de phénomène hydrométéorologique. Les structures de grande taille peuvent correspondre à un ensemble de cellules pluvieuses de très petites tailles qui sont difficilement discriminées par la résolution spatiale et les 16 niveaux de digitalisation des images radar utilisées. Les structures à longue durée de vie qui peuvent être identifiées comme une seule « cellule intense » et suivies sur plusieurs heures, sont souvent constituées de plusieurs petites cellules pluvieuses à durée de vie très courte (15 à 45 minutes). Les variations apparentes de taille, forme ou trajectoire de l'objet global sont alors dues au cycle de vie des petites cellules qui le constituent (apparition, développement, disparition). Dans cet article, on utilisera l'appellation « cellules intenses » pour nommer tous les objets identifiés par l'algorithme et utilisés pour générer des alertes.

### **3.2. Répartition temporelle des cellules intenses identifiées**

La figure 2 présente l'évolution moyenne sur quatre années du risque relatif d'observer des cellules intenses près de Nancy. On constate que plus de 95% des cellules sont observées de mai à octobre, avec 70% durant les mois de juin, juillet et août. Si on analyse plus en détail les résultats, on observe néanmoins que le mois présentant le maximum d'observations est différent chaque année.

Au cours d'une journée, les cellules intenses sont observées principalement de 12h TU à 20h TU (70% de l'ensemble des cellules, dont 40% de 14h à 17h TU). Mais 30% des cellules peuvent être identifiées hors de cette plage horaire, et cette répartition journalière moyenne cache une forte variabilité d'un événement pluvieux à un autre.

### **3.3. Conditions météorologiques associées aux cellules intenses**

La CUGN possède un réseau de 6 stations météorologiques implantées au sein de l'agglomération, et dont les données 1995-98 ont été critiquées dans des études climatologiques antérieures. Grâce à ces données, on a pu constater que le risque d'observer des cellules intenses sur la région dépendait étroitement des conditions de température et d'humidité relative mesurées à Nancy. Malheureusement, les conditions nécessaires à la présence de ces cellules intenses sont très fréquentes au cours d'une année, et plus encore en été. On ne peut donc pas définir de critère basé sur ces valeurs permettant de "prédire" l'apparition de cellules intenses près de Nancy, mais uniquement identifier des conditions plus ou moins propices à la formation de ces cellules dans toute la région. Cette information peut néanmoins être utilisée pour la critique automatique en temps réel des alertes de risques.

### **3.4. Répartition géographique des cellules intenses identifiées**

La détection des cellules intenses est très fortement influencée par la distance au radar : par rapport au nombre de cellules intenses détectées par pixel d'image à 20 km du radar, deux fois moins sont détectées à 80 km du radar, quatre fois moins à 110 km. Cet effet peut être directement relié à un phénomène classique en radarmétéorologie de sous-détection croissante des précipitations avec la distance au radar. Par contre, la taille moyenne des cellules identifiées par l'algorithme (15 km<sup>2</sup>) reste constante quelle que soit la distance au radar. On note également que les cellules très importantes correspondant à des événements pluvieux conséquents semblent identifiées même à grande distance du radar. La sous-détection des

cellules de moindre importance à très grande distance ne pose donc pas de problème crucial dans le cas de la ville de Nancy située à seulement 30 km du radar.

Hormis cet effet lié à la mesure radar elle-même, la fréquence d'observation des cellules intenses en chaque point de l'image radar varie largement d'une année à l'autre, et apparaît fortement influencée par les quelques événements pluvieux les plus intenses de chaque année. En moyenne sur les quatre années analysées, cette fréquence ne semble plus importante que dans une seule région : la zone située juste au nord de la confluence de la Meurthe et de la Moselle.

### 3.5. Trajectoires des cellules intenses

Les cellules identifiées sur deux images successives et supposées représenter la même structure pluvieuse ont été appariées à l'aide d'une procédure simplifiée mais assez restrictive, choisie pour réduire le risque d'appariements erronés au détriment du nombre total d'appariements effectués. 70% des cellules identifiées ont ainsi pu être mises en relation, permettant de définir près de 34 000 vecteurs déplacement entre deux images.

Les vérifications effectuées permettent d'avoir une assez bonne confiance dans la représentativité de ces vecteurs déplacements. Ils correspondent à des vitesses variant de 0 km/h à plus de 100 km/h : plus de 85% des cellules auraient des vitesses comprises entre 6 et 66 km/h, 60% entre 20 et 55 km/h. Seules 4% à 6% des cellules présenteraient des vitesses nulles, correspondant à une dangerosité maximale.

L'analyse indique également que les cellules intenses identifiées dans la région de Nancy se déplacent majoritairement autour de la direction N60° (figure 3). Ce résultat est très constant d'une année à l'autre et correspond au sens général de déplacement des zones pluvieuses sur la région. Les vecteurs déplacement ont permis de définir des « trajectoires » qui peuvent être tracées parfois sur plusieurs heures. Ces trajectoires possèdent la même orientation générale N60° et sont majoritairement de type rectiligne. Aucune influence sur ces trajectoires de la géographie locale ou des principales agglomérations n'a pu être mise en évidence (on peut remarquer que le relief est assez limité dans la proche région de Nancy).

Ces résultats sont intéressants car ils autorisent en temps réel l'extrapolation directe des déplacements des cellules existantes afin d'estimer l'emplacement probable de la plupart des cellules de l'image suivante.

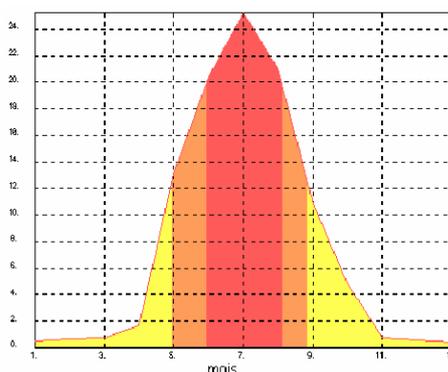


Figure 2 : Evolution annuelle du risque relatif d'observer des cellules intenses près de Nancy (moyenne sur quatre années)

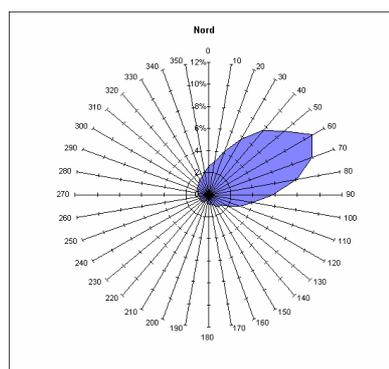


Figure 3 : Orientation des vecteurs déplacements entre deux images. (moyenne sur quatre années)

### 3.6. Interdistances entre cellules intenses

Ces interdistances ont été étudiées entre cellules identifiées au sein d'une même image radar, ou entre cellules identifiées sur deux images successives. Les résultats étant très similaires, nous ne distinguerons pas ces situations dans ce qui suit.

Pour chaque cellule intense identifiée, nous avons estimé la distance entre son centre de gravité et le bord le plus proche des autres cellules identifiées. A partir de ces valeurs, trois types d'interdistances ont été étudiée :

- la distance entre chaque cellule et sa plus proche voisine (MinCCI) ;
- la distance entre chaque cellule et sa plus lointaine voisine (MaxCCI) ;
- la distance entre la cellule la plus isolée de chaque image et sa plus proche voisine (ICCMax);

Même si les cellules identifiées présentent une forte tendance à être regroupées, on observe que :

- 20 % des cellules intenses se trouvent (leur centre de gravité) à plus de 37 km de leur plus proche voisine, et 10% à plus de 65 km (critère MinCCI).
- 50 % des cellules intenses se trouvent (leur centre de gravité) à plus de 125 km de leur plus lointaine voisine, et 20% à plus de 175 km (critère MaxCCI).
- 50 % des images avec plus d'une cellule intense présentent au moins une cellule isolée à plus de 50 km de sa plus proche voisine ; 20% des images présentent au moins une cellule isolée à plus de 95 km, et 10% à plus de 125 km de sa plus proche voisine (critère ICCmax).

Ces résultats doivent être mis en relation avec la taille des images radar utilisées dans cette étude : 256 x 256 km. La conséquence de ces derniers résultats est qu'il n'est pas possible à partir de l'observation d'une série d'images radar, de définir avec certitude les zones géographiques où des cellules intenses seront observées dans les images suivantes. Pour une majorité de cellules existantes, leur position future peut être estimée dans les quelques pas de temps qui suivent avec une bonne précision, par extrapolation des déplacements identifiés (conclusion du § 3.5). Pour quelques unes, elles disparaîtront où sembleront se scinder en plusieurs cellules filles. Enfin, un nombre non négligeable de cellules nouvelles apparaîtront, pour certaines à distance très respectable des cellules préexistantes.

### 3.7. Implications sur la pertinence du système d'alerte d'orage

**Les résultats obtenus sont uniquement vérifiés pour la région de Nancy.**

Dans cette région, on peut définir une période de l'année présentant un risque maximal d'observer des cellules intenses : de mai à octobre, ce qui est en accord avec les observations historiques de dégâts causés par les orages. 2 450 cellules intenses ont néanmoins été identifiées hors de cette période en quatre années.

Aucun critère de risque pertinent à très court terme n'a pu être proposé sur des bases horaires, de mesures météorologiques, ou de localisation des cellules détectées. Si de tels critères étaient utilisés à Nancy, il seraient mis en échec régulièrement. Ces observations justifient pleinement le principe du système d'alerte utilisé par la CUGN qui est basé sur l'identification et l'analyse de toutes les cellules intenses détectées dans une large région autour de l'agglomération, et sur la génération d'alertes de « risque » graduées sans passer par l'estimation de lames d'eau sur le bassin versant à protéger.

A titre d'exemple, on peut citer l'événement pluvieux exceptionnel du 14 juin 2003 qui a causé des dégâts significatifs sur l'ensemble du territoire de la CUGN en raison d'intensités pluvieuses inhabituelles. La cellule pluvieuse directement responsable de

ces dégâts est apparue sur les images radar moins de 5 minutes avant le début de la pluie sur Nancy, et à quelques kilomètres seulement de l'agglomération : une alerte de « risque confirmé » était heureusement en cours au moment de l'événement. Le 23 juillet 2001 (cité au § 4.2.1), avec un développement orageux stationnaire qui s'est produit directement au dessus du bassin à protéger, représente un autre type de situation où les démarches basées sur la prévision de lames d'eau au sol sont en échec.

#### **4. EFFICACITE OPERATIONNELLE DU SYSTEME D'ALERTE**

A partir des données recueillies de janvier 2000 à octobre 2001, le LRPC de Nancy a réalisé une évaluation **a posteriori** de l'efficacité réelle du système d'alerte vis-à-vis des deux objectifs opérationnel fixés a priori :

- assurer la sécurité du bassin versant Boudonville contre des inondations ;
- limiter le plus possible les déversements de pollution dans le milieu naturel par stockage et décantation des effluents dans le bassin Gentilly.

Cette évaluation a été réalisée en confrontant le niveau de risque hydraulique représenté par les différents événements pluvieux observés durant cette période, aux alertes générées en temps réel par le système. Seules les alertes de « risque confirmé » ont été analysées dans cette étude.

Il faut noter que les données radar utilisées n'ont pas été validées et qu'elles peuvent comporter des problèmes ou des omissions : une panne radar s'est notamment traduite par une forte surestimation systématique des mesures durant le mois d'avril 2001, ce qui a généré 28 alertes de risque confirmé au cours de ce seul mois peu pluvieux (34 mm de cumul). Météo-France ayant rapidement prévenu la CUGN, ces données n'ont pas été prises en compte pour la gestion opérationnelle du bassin Gentilly : elles n'ont donc pas été utilisées dans l'évaluation du fonctionnement du système d'alerte.

##### **4.1. Caractérisation du niveau de risque des événements pluvieux**

Pour l'évaluation du système d'alerte, chaque événement pluvieux observé de janvier 2000 à octobre 2001 a été replacé sur l'échelle à quatre niveaux de risque définie par le tableau 1. Les mesures de débit enregistrées par la CUGN étant influencées par les décisions de gestion, cette qualification des événements pluvieux a reposé sur les mesures pluviométriques.

Les enregistrements des deux pluviomètres les plus représentatifs pour le bassin versant Boudonville ont permis d'estimer un cumul pluviométrique total de 1621 mm pendant cette période (mois d'avril 2001 exclu). Dans ce cumul, on a distingué 192 mm de précipitations très faibles et diffuses, et près de 500 événements pluvieux correspondant à des précipitations continues sans interruption supérieure à 15 minutes, et produisant un cumul supérieur à 0.5 mm. Le niveau de risque de chaque événement a ensuite été déterminé en comparant les cumuls pluviométriques obtenus sur divers pas de temps avec ceux des 17 événements de référence utilisés pour définir l'échelle de risque (cumuls max. sur 15 et 30 minutes et cumul total). Cette méthode a été jugée suffisamment pertinente, et a permis d'identifier quatre événements pluvieux correspondant aux niveaux de risque R1 et R2 pour lesquels la réalité du risque a pu être validée par les mesures limnimétriques au point « Libération » archivées par la CUGN. Les autres événements ont tous été classés dans les niveaux NR2 (21 événements) ou NR1.

##### **4.2. Analyse des alertes de « risque confirmé »**

Au total 65 alertes de risque confirmé se sont produites de janvier 2000 à octobre 2001 (mois d'avril 2001 exclu). Chacun de ces événements a été analysé en détail

avec estimation du cumul pluviométrique au sol, et pour 61 d'entre eux avec visualisation des images radar (tableau 3).

	Nombre d'alertes	Cumul pluviométrique	Fraction annuelle
Événements avec risque hydraulique confirmé (4 événements)	4	127 mm	7.8%
Événements avec risque potentiel (cellules intenses confirmées)	42	43 mm	2.6%
Événements sans données radar archivées	4	0 mm	0%
Événements sans risque (cellules non confirmées) ayant généré une alerte	15	9 mm	0.6%
Événements n'ayant pas généré d'alerte	0	1442 mm	89%

Tableau 3 : Efficacité du système d'alerte : analyse des 65 alertes de "risque confirmé" générées par le système de Janvier 2000 à Octobre 2001 (Avril 2001 excepté)

#### 4.2.1. Efficacité pour la protection contre les pluies intenses

Les quatre événements présentant un risque pour le réseau d'assainissement (type R1 et R2) ont tous été précédés d'une alerte de risque confirmé, alerte émise plus de deux heures avant le début de la pluie pour les deux événements les plus intenses. De plus, ces alarmes de « risque confirmé » ont été précédées d'alarmes de « risque potentiel » attirant l'attention du personnel sur les cellules intenses identifiées sur les images radar. Le système d'alerte a donc parfaitement assuré son rôle sur le plan de la sécurité hydraulique du réseau.

En revanche, 61 autres alertes de risque confirmé ont été générées sans être suivies par des précipitations pouvant poser des problèmes au réseau d'assainissement concerné. On constate néanmoins que dans 42 cas, les alertes ont été déclenchées par la détection dans la région de cellules intenses très marquées, ces cellules n'ayant finalement pas atteint le petit bassin versant collecté par le bassin Gentilly. D'un point de vue sécuritaire, on peut donc considérer que ces cas correspondaient à un risque potentiel qui ne s'est pas concrétisé.

Les alertes résiduelles correspondent aux 4 événements qui n'ont pu être vérifiés faute d'images radar, et à 15 événements pour lesquels le déclenchement de l'alerte a été jugé non pertinent. Ces 15 cas peuvent donc être considérés comme des fausses alertes.

On peut aussi remarquer que pour les 4 événements classés « à risque », les cellules intenses qui ont déclenché les alarmes n'étaient pas obligatoirement celles qui ont provoqué les précipitations importantes sur le bassin versant à protéger. Cela a été particulièrement bénéfique le 23 juillet 2001 (l'événement le plus intense) car la cellule de pluie responsable des fortes précipitations s'est formée directement sur le bassin de Boudonville sans se déplacer (d'où les cumuls au sol très importants).

#### 4.2.2. Efficacité vis à vis de la limitation des déversements

Le tableau 3 montre que les événements pluvieux pour lesquels aucune alerte n'a été générée représentent 89% du cumul total de pluie observé sur le bassin versant. Lors de ces événements, le bassin Gentilly était totalement disponible pour stocker et décanter les effluents afin de limiter les déversements au milieu naturel : en faisant l'hypothèse que ce taux pluviométrique correspond à un taux équivalent de flux véhiculé par le réseau d'assainissement, on peut estimer que ce résultat dépasse l'objectif de 80% défini a priori.

Parmi les 11% de cumul pluviométrique restant, près de 8% correspondent aux 4 événements qui représentaient un réel risque d'inondation. Lors de ces événements, le bassin Gentilly a été utilisé selon sa vocation première en bassin d'orage, pour écrêter les débits de pointe au sein du réseau d'assainissement.

Les 3% restant correspondent aux alertes non suivies de risque réel, et représentent donc la marge de progression maximale pour un système d'alerte sur ce bassin versant Boudonville. Il faut noter que la réduction des fausses alertes en ciblant l'alerte sur les cellules menaçant plus directement l'agglomération s'accompagnerait d'une réduction importante du délai de préavis des alertes.

## 5. CONCLUSION

Un système d'alerte représente le plus souvent un compromis défini en fonction des risques encourus en cas de non détection d'un événement dangereux, des conséquences en cas de fausse alerte, et du délai d'anticipation nécessaire à la mise en sécurité des personnes et/ou des installations. Il doit être jugé en fonction de ces contraintes. Dans le cas du bassin de Gentilly, le délai d'alerte nécessaire est estimé supérieur à une heure, le risque de non détection d'événements dangereux jugé non admissible, et les conséquences de fausses alertes se réduisent à la non disponibilité du bassin pour traiter les effluents en fonction d'objectifs de dépollution (le bassin contenant rarement une grande quantité d'effluents en début d'événement, la vidange préventive se révèle rare).

On peut mettre en avant deux avantages importants de ce système d'alertes graduées : la possibilité d'identifier une situation potentiellement risquée très tôt avant le début de la pluie, et la possibilité d'utiliser des données radar qui ne sont pas de qualité maximale (16 niveaux de digitalisation, traitements succincts des sources d'erreurs classiques de la mesure de pluie par radar, non utilisation des prévisions quantitatives de lames d'eau sur le bassin d'intérêt).

Les résultats de la première étude permettent de conclure à une bonne pertinence de ce système d'alerte vis-à-vis du risque représenté par les cellules de pluies intenses. Aucun autre critère d'alerte présentant une fiabilité suffisante en regard des risques opérationnels n'a pu être proposé.

La seconde étude permet de conclure à une très bonne efficacité opérationnelle du système d'alerte pour la protection contre les inondations, et à une efficacité suffisante (et difficilement améliorable) pour garantir le respect des objectifs définis a priori concernant la réduction des déversements de pollution. De plus, les alertes de « risque confirmé » non suivies d'effet se sont produites en majorité lors de risques potentiels qui ne se sont pas concrétisés : elles n'ont donc pas réduit la confiance des utilisateurs dans le système.

A l'issue de ces deux études, le système a été légèrement modifié et étendu à l'ensemble des bassins versants de la CUGN : en plus des alertes de risque potentiel et confirmé, une « alerte d'impact » est émise lorsque le passage d'une cellule intense est prévu sur un bassin versant dans les 30 prochaines minutes. Un outil convivial facilite également le suivi et l'analyse de chaque cellule détectée (figure 4). Le schéma de la figure 5 présente de manière synthétique la hiérarchie des alertes dont dispose aujourd'hui le responsable de la gestion du réseau d'assainissement.

En conclusion, on peut estimer que ce système d'alerte donne satisfaction et répond entièrement aux objectifs fixés dans le cadre des utilisations qui en sont faites à Nancy, et pour lesquelles il a été défini. Il serait très intéressant de le confronter à d'autres conditions d'utilisation opérationnelle, et à d'autres contextes régionaux.

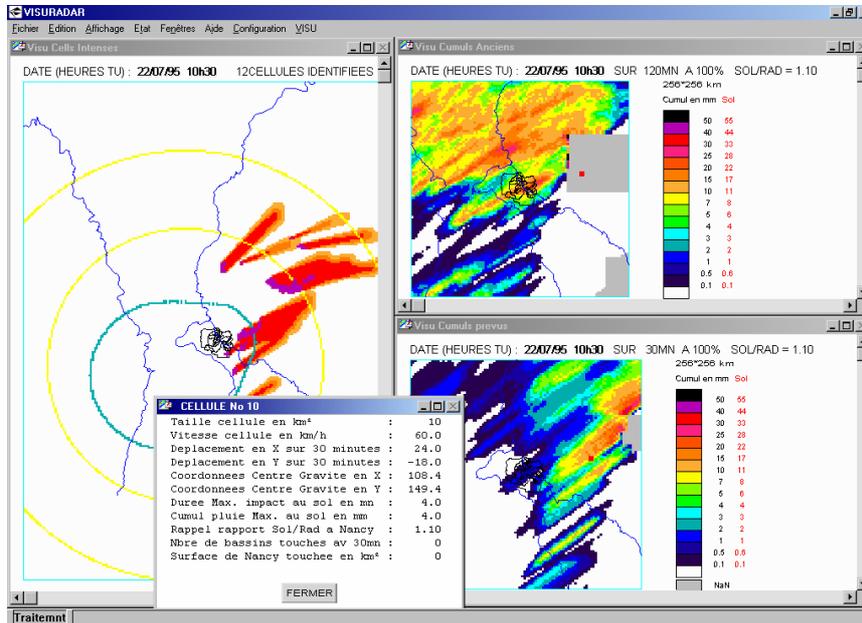


Figure 4 : logiciel VISURADAR permettant le suivi et l'analyse des cellules intenses et des lames d'eau au sol en temps réel.

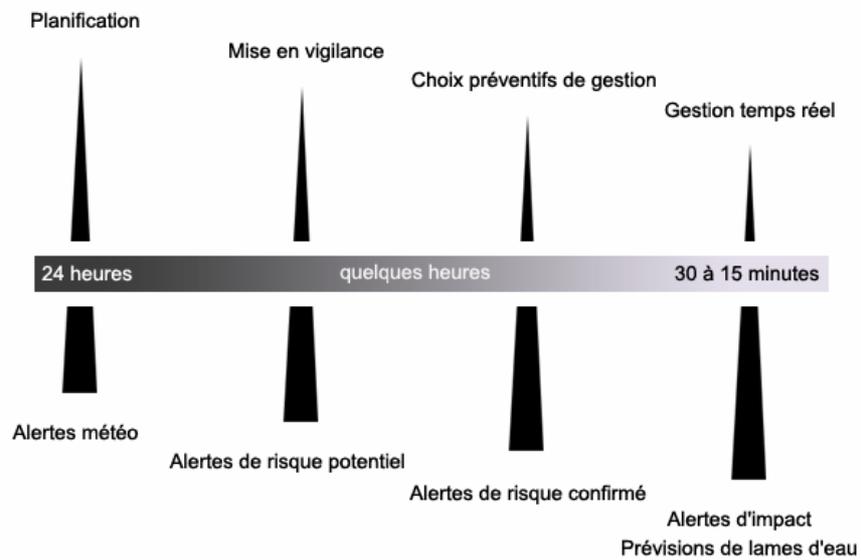


Figure 5 : Hiérarchie des alertes disponibles lors d'événements pluvieux de type orageux et type d'actions engagées.

## BIBLIOGRAPHIE

- Faure, D., Schmitt, J.P., Badot, R. (1998). Réduction des déversements de pollution par temps de pluie par une stratégie globale pollution/inondation de gestion d'un réseau d'assainissement, 3ème conférence Internationale sur les nouvelles technologies en assainissement pluvial, Novatech98, Lyon, 4-6 mai 1998, proceedings Vol 2, pp. 287-294. (voir aussi le site <http://www.nancie.asso.fr/Projets/life96Env-F-420/index.htm>)
- Faure, D., Schmitt, J.P., Auchet P. (1999). Limits of radar rainfall forecasting for sewage system management : results and application in Nancy, 8th ICUSD, 30 August 1999, Sydney/Australia, proceeding Vol. 1, pp. 441-449
- Faure, D., Auchet, P., Payrastra O. (2002). Management of a detention-settling basin using radar data and risk notion, Water Science & Technology, Vol. 45, No 2, pp. 19–26.
- Payrastra, O. (1999). Utilisation du radar météorologique pour l'aide à la gestion en temps réel d'un bassin de retenue : Exemple du bassin de Gentilly à Nancy, Mémoire de DEA Mécanique et Ingénierie option Sciences de l'Eau, Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg (ENGEES), 81p.