

Résumés des présentations



Réseau et produits radar : situation actuelle et perspectives

J.L. Chèze, J.-L. Champeaux et P. Tabary (Météo-France, DSO/CMR)

1. Le réseau radar

Le réseau ARAMIS comptait en 2002 18 radars. Le projet PANTHERE (Projet Aramis Nouvelles Technologies en Hydrométéorologie Extension et REnouvellement), a porté ce nombre à 24 en 2007. Outre deux renouvellements (Trappes et Toulouse), 6 nouveaux radars ont été installés dans le nord (radar de l'Avesnois), le nord-est (radars de Franche-Comté et de Bourgogne), le centre ouest (radar du Poitou) et le sud-ouest (radars des Landes et du Tarn / Aveyron). De plus, fin 2009, 10 radars seront équipés de la double polarisation. Ces radars évoluent progressivement vers des modes d'exploration volumique. En 2008, la zone de couverture « hydrologique » de la métropole, qui peut s'apprécier par le biais du concept de visibilité hydrologique, s'avère être satisfaisante en dehors des zones montagneuses et de quelques zones encore mal couvertes (Est Cotes d'Armor, Creuse, Ouest Corse, ...).

Cette évolution majeure traduit l'importance croissante prise par les radars dans le suivi météorologique et hydrologique des situations précipitantes.

L'impact des Rlan et des éoliennes est brièvement présenté.

Des indicateurs de qualité sont produits mensuellement et analysés lors des revues d'exploitation. D'autres outils de surveillance au quotidien sont utilisés.

2. Les produits radar

Trois grandes familles de produits sont décrits : les images de réflectivité (ou de signalisation), les images de lames d'eau ainsi que le produit 3D « tours d'antenne ».

Un focus important est mis sur la lame d'eau radar.

2.1. La lame d'eau radar

Par rapport aux anciennes lames d'eau mises en service en 1997, les nouvelles lames d'eau, incluent davantage de traitements visant à corriger un certain nombre d'erreurs bien identifiées :

- Les masques orographiques et anthropiques sont corrigés,
- Les échos fixes sont traités dynamiquement via un traitement sur l'écart-type du signal
- Les effets liés à l'élévation du faisceau radar avec la distance sont également corrigés au travers de l'estimation temps-réel du Profil Vertical de Réflectivité (PVR),
- Les bandes brillantes sont corrigées par le calcul du PVR à partir de l'Iso 0° du modèle
- La valeur de quantité de précipitations est déduite d'une combinaison linéaire pondérée des différentes mesures aux angles d'élévation disponibles pour chaque radar
- Enfin, chaque lame d'eau 5 minutes est accompagnée d'une carte de facteurs qualité. Ces codes qualité sont dynamiques et varient de 0 à 100 (0 = très mauvais et 100 = excellent). Actuellement, ces codes de qualité dépendent de l'altitude de la mesure et du taux de masque et peuvent donc être liés à la précision de la mesure.

Une mosaïque de lames d'eau est ensuite élaborée à partir des nouvelles lames d'eau individuelles. Le « compositage » se fait en tout point de la mosaïque par combinaison linéaire pondérée des différentes estimations disponibles, les facteurs de pondération étant précisément les codes qualité introduits plus haut. Naturellement, la mosaïque est elle aussi

accompagnée d'une carte de codes qualité. Ces nouveaux produits sont disponibles depuis l'été 2006 et archivés aux résolutions spatiale du km et temporelle de 5 minutes.

Un contrôle temps réel de la lame d'eau est effectué par la prévisionnistes par l'intermédiaire d'un symbolisme qui traduit le sens et la valeur du rapport radar/pluviomètre .

2.2 : Ajustement temps réel des lames d'eau radar par les pluviomètres

La différence entre la lame d'eau mesurée par les radars et la lame d'eau mesurée par les pluviomètres peut parfois être temporairement importante pour des raisons qui peuvent être liées à une dérive électronique ou pour des raisons physiques (variation de la loi Z/R). Dans le cas de fortes précipitations comme les épisodes cévenols par exemple, une sous-estimation des précipitations par les radars peut être critique. Une méthode a donc été mise au point pour effectuer correction rapide des mesures radar en se basant sur celles des pluviomètres.

Cet ajustement des lames d'eau radar (appelé parfois abusivement « calibration des radars ») est fait en temps réel au pas de temps horaire.

Le principe de base de cet ajustement est de multiplier les lames d'eau radar de l'heure en cours par le rapport pluviomètres/radar calculé à l'heure précédente. Il s'agit donc d'une correction très simple.

Le rapport pluviomètres/radar étant souvent très variable d'une heure à l'autre, on applique un filtrage temporel lors du calcul du coefficient d'ajustement des lames d'eau radar. Plus la donnée est ancienne, plus le poids qui lui est associé dans le filtrage est faible.

Cet ajustement est opérationnel sur les 24 radars du réseau ARAMIS depuis le 29 mars 2007.

3. Perspectives :

La période 2010 – 2012 va être marquée par la poursuite de la recherche et développement sur les sujets Doppler, lames d'eau, diversité de polarisation, réfractivité et radars bande X.

Le projet RHYTMME de mise en place, dans le sud-est, d'une plate-forme de services sur les risques hydro-météorologiques va stimuler et accélérer les développements sur l'analyse et l'exploitation opérationnelle des radars en bande X. Sur la période 2010 – 2014, en phase avec les installations des radars du projet, il est prévu de mettre au point et de valider une chaîne complète d'archivage et de traitement bande X permettant de reconstituer des champs 2D et 3D de précipitation, de vent et d'humidité à fine échelle dans les zones montagneuses en tirant parti de la redondance d'informations disponibles (« networking »).

Sur le sujet lame d'eau, l'objectif est de poursuivre les efforts sur la prise en compte de l'imagerie satellite pour l'élimination des artefacts, la prise en compte de la polarimétrie à toutes les longueurs d'onde, l'inclusion dans la mosaïque de lame d'eau des radars bande X du projet RHYTMME et de quelques radars étrangers (Jersey notamment), la combinaison optimale avec le réseau de pluviomètres temps-réel, la distinction entre zones convectives et zones stratiformes, l'estimation des incertitudes (au travers de codes qualité). Des études seront engagées notamment pour mettre au point des produits lames d'eau à résolution spatiale plus fine (250 m) sur les zones à enjeux (villes notamment) et également pour caractériser la qualité des lames d'eau actuelles à pas de temps fin (5 minutes). Il faut enfin mentionner ici le démarrage d'un travail, très ambitieux et structurant pour la recherche en hydrologie, de ré-analyse des lames d'eau sur une période d'au moins 10 ans exploitant au mieux à chaque moment de la période de ré-analyse l'ensemble des données disponibles (radars, pluviomètres quotidiens, pluviomètres horaires, , modèles, satellites, ...).

Sur le sujet Doppler, le réseau ARAMIS sera en 2010 - 2011 complètement Doppler-isé. Les informations Doppler sont assimilées opérationnellement depuis 2009 par le nouveau modèle de prévision numérique AROME. Les données Doppler sont aussi utilisées pour restituer des profils de vent (profils dits « VAD ») à la verticale des radars. Des travaux de recherche ont aussi montré qu'une fois combinées, elles pouvaient servir à reconstruire le champ de vent tri-dimensionnel sur toute la France. Le travail va se poursuivre en 2010 – 2012 sur l'amélioration de la qualité des mesures (via notamment une augmentation des cadences d'émission des radars et un travail sur le traitement du signal), la mise en opérationnel des champs de vent, de réflectivité et d'hydrométéores tri-dimensionnels sur toute la France, l'exploitation des signaux Doppler à haute résolution (< 1km) notamment pour la détection des cisaillements de vent et des phénomènes tornadiques, la valorisation des mesures Doppler en air clair, l'extraction d'informations sur la turbulence, ...

Sur le sujet polarimétrie, le réseau ARAMIS devrait compter à l'horizon 2010 une dizaine de radars polarimétriques et l'enjeu des années à venir est de tirer au maximum bénéfice de cette nouvelle technologie. Une première version de chaîne de traitement polarimétrique sera mise en œuvre sur les radars concernés dans l'année 2010. Cette première version inclut le suivi de la qualité des variables polarimétriques, une correction de l'atténuation par les précipitations et une correction des artefacts (échos d'air clair notamment). Quelques travaux de recherche complémentaires sont nécessaires avant de mettre en place opérationnellement l'étalonnage interne de la réflectivité radar, le typage 2D et 3D des hydrométéores (grêle, pluie, neige, ...) ainsi qu'un estimateur robuste du taux de pluie. L'horizon opérationnel sur ces deux derniers sujets se situe en 2011. Un des enjeux à venir est aussi de préparer l'assimilation de ces nouvelles données, très informatives sur la microphysique, dans le modèle AROME.

Le travail de recherche sur la réfractivité sera poursuivi en 2010 – 2012 avec comme objectif d'alimenter opérationnellement le modèle de prévision AROME en informations d'humidité de basses couches, informations essentielles à la prévision des systèmes convectifs.

Pour terminer, il convient de mentionner les études qui seront réalisées dans le domaine aéronautique sur la période 2010 – 2012 dans le but de spécifier la composante radar du système dédié d'aéroport (observation et prévision des phénomènes et paramètres pertinents pour la gestion de l'aéroport et des approches). Une expérimentation sur l'aéroport de Nice (printemps – été 2011) est envisagée associant un radar en bande X et un lidar Doppler.

Traitements régionalisés et adaptatifs de données radar pour l'hydrologie

Guy Delrieu, Brice Boudevillain, Ludovic Bouilloud, Benoît Chapon, Pierre-Emmanuel Kirstetter, John Nicol, Mohammed Tahanout, Nan Yu, Hervé Andrieu, Dominique Faure

Pour des applications hydrologiques nécessitant une modélisation à fine échelle spatiale et temporelle, le radar météorologique est un outil adapté car il permet d'estimer la pluie à pas de temps fin (environ 5 minutes) et avec une bonne résolution spatiale (de l'ordre du km²). Ses données nécessitent toutefois un certain nombre de traitements pour estimer les quantités de précipitations au sol.

TRADHy est un ensemble d'algorithmes de Traitements Régionalisés et Adaptatifs de Données radar pour l'Hydrologie. Il forme un logiciel modulaire regroupant des outils d'identification et de correction des sources d'erreurs affectant les données radar (interactions ondes radar – relief ; profil, vertical de réflectivité...); le module final permet de combiner l'information volumique en tenant compte des corrections apportées précédemment pour établir des estimations de pluie au sol.

TRADHy a été conçu au LTHE avec le soutien de la DSO/Météo France, du LCPC et de la société ALICIME. Il a été mis en oeuvre et évalué dans le cadre de l'expérience « Bollène 2002 ». L'évaluation des estimations quantitatives de pluie s'est appuyée sur les cumuls observés au sol par les réseaux pluviométriques au sol collectés, critiqués et spatialisés par l'OHM-CV à partir des réseaux opérationnels de Météo-France, Service de Prévision des Crues du Grand Delta, DTG/EDF.

Les développements récents du logiciel concernent : une version « bi-radar », un module de correction de l'atténuation par la « Mountain Reference Technique » ainsi qu'une version permettant l'optimisation de relations Z-R effectives par comparaison d'estimations radar et pluviométriques au sol. TRADHy est complété par un module d'évaluation de la distribution statistique et de la structure spatio-temporelle des erreurs, conditionnées par différents facteurs (pas de temps et surface d'intégration, distance au radar...).

Bienvenue dans la 3^{ème} dimension : les champs 3D de vent et de réflectivité

*Antoine Kergomard, Clotilde Augros,
Météo-France, DSO/CMR*

Le réseau radar de Météo France en métropole est constitué de 24 radars, dont 22 sont équipés de la technologie Doppler. La mesure Doppler fournit, pour les pixels où un signal radar est mesuré, une observation de vitesse radiale, c'est à dire de la vitesse du vent dans l'axe pixel/radar. Le principe même de cette mesure Doppler engendre une incertitude sur la valeur de vitesse, incertitude qui peut être levée de plusieurs façons grâce à la méthode de la triple PRT.

Suite au Retour d'Expérience de la tornade d'Haumont, une mosaïque de cisaillement est en cours d'élaboration ; cet été, une expérimentation devrait permettre d'évaluer la capacité de cette mosaïque de détecter les fronts de rafale et les tornades au sein de systèmes convectifs.

La chaîne 3D Nationale exploite également les données des radars Doppler, pour la reconstitution du champ de vent tridimensionnel, au moyen de l'algorithme Muscat. Les données volumiques de réflectivité de tous les radars sont également utilisées pour l'élaboration d'une mosaïque 3D de réflectivité. Ces produits 3D à la résolution de 15 mn et 2.5 km, devraient devenir opérationnels mi-2010.

**Calibration des données radar à partir de mesures au sol en hydrologie urbaine :
approche statistique.
B.Chocat¹, F.Renard²**

1. Université de Lyon

INSA-Lyon, LGCIE, F-69621, Villeurbanne, France

E-mail : bernard.chocat@insa-lyon.fr

2. Université de Lyon

UMR 5600 Environnement Ville Société CNRS, Lyon, France

E-mail : frenard@grandlyon.org

L'utilisation conjointe de données pluviométriques et de données radar est unanimement perçue par les hydrologues comme une technique efficace. On mélange en effet des données échantillonnant le phénomène pluvieux par des techniques totalement différentes :

- Prise d'échantillon sur un petit élément de surface mais en intégrant le temps pour le pluviomètre
- Prise d'échantillon à des instants particuliers, mais en intégrant l'espace pour les données radar.

La méthode la plus classique pour mélanger les données consiste à calibrer les valeurs de réflectivité mesurées par le radar à partir des valeurs d'intensité mesurées au sol.

On part ainsi d'une relation a priori entre la réflectivité Z et l'intensité de pluie R de la forme :
 $Z = a.R^b$

Par exemple

$Z = 200.R^{1.6}$ pour les pluies stratiformes

Ou

$Z = 486.R^{1.37}$ pour les pluies convectives

On multiplie ensuite les valeurs d'intensités calculées par le radar par un coefficient correctif de façon à assurer une égalité entre les cumuls d'eau mesurés sur les pluviomètres et estimés au même point par le radar. Ce coefficient correctif peut être constant pour une période donnée et sur un territoire étendu. Il peut être estimé pluie par pluie et différent d'une zone géographique à une autre. Il peut être variable dans l'espace (fonction des coordonnées spatiales) en utilisant des techniques issues de la géostatistique (krigeage) ou même dans le temps au cours d'une même pluie.

Cette procédure présente un inconvénient majeur. Le radar effectue une mesure en altitude et, même si l'intensité est correctement estimée là où est effectuée la mesure, elle n'est bien évidemment pas égale à l'intensité mesurée au même instant, au même endroit, au niveau du sol. En premier lieu les gouttes d'eau mettent un certain temps pour effectuer le trajet entre l'altitude de mesure et le sol, ensuite il existe des effets de croissance des gouttes d'eau lors de la traversée des nuages à basse altitude, ou encore des effets d'évaporation en périphérie des cellules convectives (Kirstetter, 2004) et enfin les trajectoires des gouttes ne sont généralement pas verticales du fait des effets du vent. Kirstetter (2004) cite par exemple des déplacements possibles de 2 à 5 km par km de chute pour les situations convectives.

Certains de ces effets peuvent être diminués par l'utilisation de techniques permettant le suivi des cellules (techniques de *tracking* - logiciel Calamar), ou par la prise en compte du profil vertical de la réflectivité.

Il n'en demeure pas moins que la comparaison directe de l'intensité mesurée sur un pluviomètre avec celle mesurée en altitude aux mêmes coordonnées spatiales par le radar n'a pas vraiment de sens. En pratique, la justification principale du coefficient de correction sur les cumuls est que la variabilité spatiale des lames d'eau totales est assez faible et que, de ce fait, le cumul mesuré sur le pluviomètre doit être voisin des cumuls estimés, dans la même zone, par le radar.

A partir de ce constat, et compte tenu du fait que l'ajustement entre la réflectivité Z et l'intensité de pluie R , même s'il repose sur une base théorique, reste très empirique, nous proposons de traiter la calibration de façon totalement différente.

Le principe utilisé est que les propriétés statistiques de la distribution des intensités calculées à partir des données radar doivent être aussi proches que possible des propriétés statistiques des intensités mesurées sur les pluviomètres (avec la méthode classique, on se contente de faire en sorte que les moyennes des deux distributions soient identiques).

En pratique, on cherche à effectuer un ajustement qui garantit que, dans le voisinage des pluviomètres, la fréquence empirique de dépassement d'une valeur particulière d'intensité soit la même que l'on utilise les données pluviométriques ou les données radar transformées en intensité. Un intérêt supplémentaire de ce principe est qu'il s'applique quelle que soit la nature des données radar utilisées (réflectivité en $\text{mm}^6 \cdot \text{m}^{-3}$, classe de réflectivité en dBZ, intensités en $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ ou lames d'eau (*Hydram/Panthere*) en mm pré-calculées par Météo-France).

Avec l'hypothèse unique que la relation entre la mesure radar et l'intensité est monotone, ce principe permet de définir très simplement une relation d'équivalence entre mesure radar et intensité en utilisant la méthode suivante :

- 1) on effectue un classement fréquentiel des mesures radar sur les pixels portant des pluviomètres de la zone d'étude et un classement fréquentiel des intensités mesurées sur les pluviomètres (si le bassin versant est grand, on peut éventuellement définir plusieurs zones d'études, mais ce n'est généralement pas utile en hydrologie urbaine). La base utilisée pour le classement fréquentiel est égale au nombre de pluviomètres multiplié par la durée de la pluie en minutes. Cette approche permet d'effectuer le traitement même si le pas de temps du radar est différent du pas de temps des pluviomètres.
- 2) on obtient alors un tableau mettant directement en relation les mesures radar et celles d'intensité au sol qui correspondent aux mêmes fréquences empiriques de dépassement.
- 3) Pour vérifier le principe défini précédemment, il suffit alors d'ajuster ces deux grandeurs au moyen d'une relation empirique (en s'appuyant éventuellement sur la relation de Marshall-Palmer). En pratique, l'ajustement n'est intéressant que pour les fortes valeurs, qui sont en faible nombre et pour lesquelles les erreurs de mesure (en particulier sur la mesure pluviométrique) et d'échantillonnage sont importantes et pour les valeurs les plus faibles (inférieures à 6mm/h) pour lesquels la sensibilité du pluviomètre est très faible devant celle du radar. Pour les valeurs plus faibles, il suffit de construire une table empirique de correspondance attribuant à chaque niveau de mesure radar la moyenne des valeurs d'intensité mesurées pour ce niveau.

Cet ajustement garanti par construction que la moyenne des intensités mesurées par les pluviomètres (ou, ce qui revient au même le cumul des hauteurs) est le même que celle (celui) calculée à partir des mesures radar. Il garantit également que l'équivalence sera bonne pour tous les quantiles de dépassement.

Il est en outre extrêmement simple à mettre en œuvre.

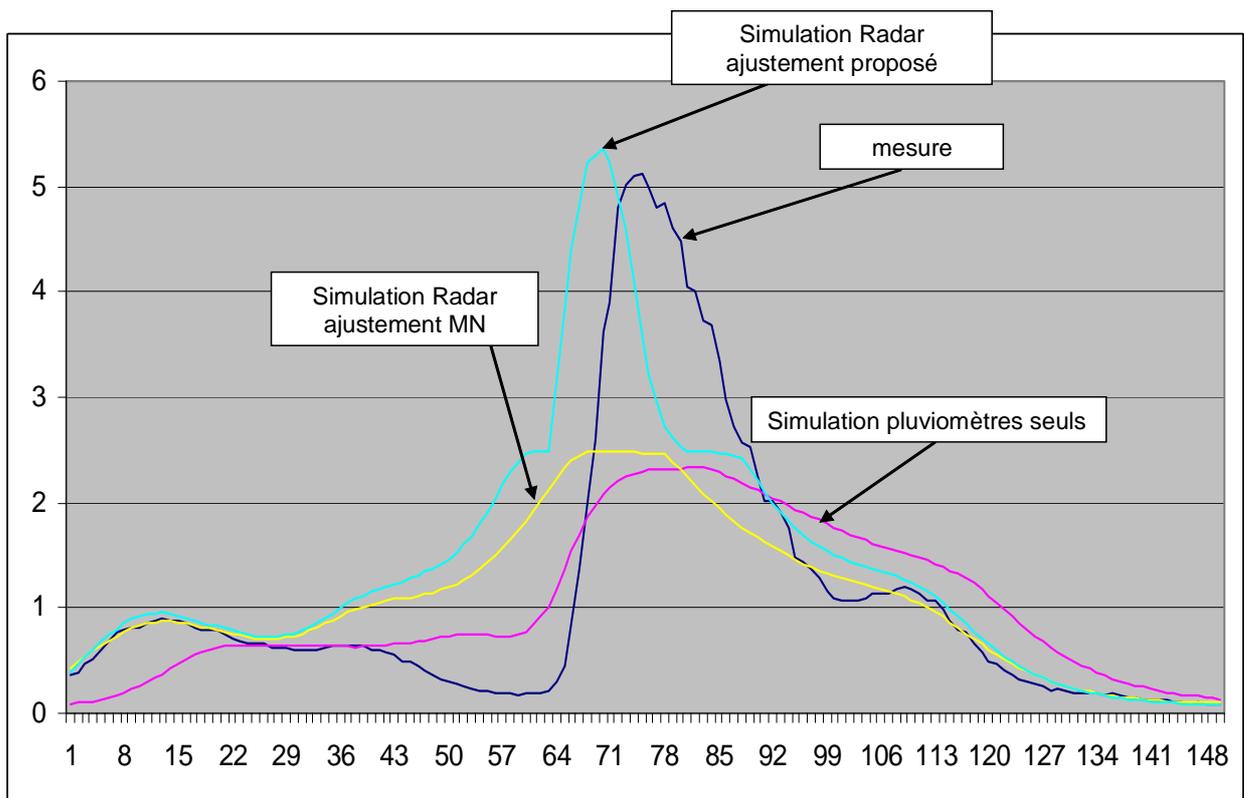
A titre d'exemple, nous illustrerons la présentation par les résultats obtenus sur la Communauté urbaine de Lyon pour les pluies de 2005 et 2006.

Les données pluviométriques utilisées sont celles du réseau de la Communauté urbaine de Lyon (28 postes en fonctionnement répartis sur un territoire de 515 km²), dépouillées avec un pas de temps de 6 minutes.

Les données radar sont des niveaux de réflectivité en dBZ (1 à 54) avec un pas de temps de 5 minutes, fournis par le radar de St Nizier situé à 40 km au nord-ouest de Lyon.

La validation de la méthode sera faite en comparant les hydrogrammes mesurés sur des bassins versants de l'OTHU (Observatoire de terrain en hydrologie urbaine) avec ceux calculés en utilisant en entrée différentes représentation de la pluie : pluviomètre seul, radar avec calibration classique sur les données mesurées, radar avec la calibration proposée.

La figure suivante illustre ce type de résultat sur un exemple :



Gestion des risques naturels à l'aide d'un réseau de radars dans les Alpes du sud : le projet RHYTMME¹

Samuel Westrelin (Météo-France), Jacques Lavabre, Patrice Mériaux (Cemagref)

Les 963 communes de la Région PACA sont soumises à au moins un des aléas suivants : inondations, mouvements de terrain, avalanches, feux de forêts et une centaine d'entre elles, en montagne, sont soumises aux quatre. Ces aléas naturels sont largement conditionnés par les précipitations. Afin d'améliorer la gestion des risques liés à ces aléas, Météo-France et le Cemagref ont proposé de conduire le projet RHYTMME. Ce projet pilote est co-financé par l'Europe, la Région PACA et la DGPR² du MEEDDM³ dans le cadre du Contrat de Projets Etat-Région 2007-2013.

Sur l'arc alpin, la visibilité des radars du réseau national ARAMIS⁴ est considérablement réduite par les effets de masque, d'échos fixes et d'altitude du faisceau. En conséquence, l'estimation opérationnelle des cumuls de pluie y est de qualité médiocre. Le projet RHYTMME vise à pallier ce défaut en déployant sur la période 2009-2013 un réseau de trois radars polarimétriques en bande X, en complément d'un radar expérimental, propriété du CNRS, installé dans les Alpes Maritimes. Leur localisation doit prendre en compte les aléas et enjeux locaux. La polarimétrie est une technologie nouvelle qui permet notamment d'améliorer les estimations quantitatives de précipitations et d'en distinguer le type (neige, pluie, grêle, ...). Les données brutes de ce réseau d'observation seront intégrées dans une chaîne de traitement spécifique qui produira une gamme large de produits (cumuls de pluie, champs 3D, grêle, ..) et de services hydro-météorologiques. Ils viseront à mettre en alerte le plus tôt possible les collectivités locales et les services de l'Etat concernés, face aux conséquences multi-risques des événements précipitants. Le projet vise également à définir une stratégie opérationnelle de gestion des risques naturels aussi exportable que possible vers d'autres territoires vulnérables et montagneux.

¹ RHYTMME : Risques Hydro-météorologiques en Territoires de Montagnes et Méditerranéens

² DGPR : Direction Générale de la Prévention des Risques

³ MEEDDM : Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer

⁴ ARAMIS : Application Radar à la Météorologie Infra-Synoptique (réseau opérationnel de radars de Météo-France)

DIVERSITE DE POLARISATION SITUATION ACTUELLE ET PERSPECTIVES

*Béatrice Fradon, Abdel-Amin Boumahmoud
Météo-France, DSO/CMR*

Depuis 2004, Météo-France a progressivement introduit la double polarisation dans le réseau radar ARAMIS. En octobre 2009, 10 des 24 radars métropolitains sont équipés de cette technologie. Ces radars fournissent des données beaucoup plus riches que les radars conventionnels : en plus de la réflectivité classique, ils mesurent la réflectivité différentielle (liée en particulier à la forme et donc à la taille des gouttes), la corrélation entre les voies horizontale et verticale (forte dans la pluie, plus faible dans la neige fondante ou la grêle) et la phase différentielle (liée à l'atténuation du signal par les précipitations).

Une des difficultés d'utilisation des données double-polarisation réside dans le fait qu'elles doivent être très soigneusement calibrées, car les traitements effectués sont très sensibles aux erreurs. D'autre part, l'examen des données double-polarisation des différents radars sur de longues périodes a mis en évidence un certain nombre d'anomalies dans le comportement des variables polarimétriques. Un travail important a donc été entrepris, en lien avec les équipes de maintenance, pour comprendre l'origine de ces anomalies et mettre au point des indicateurs robustes permettant un suivi de la qualité des mesures polarimétriques.

Une chaîne de traitement des données double-polarisation a été mise au point et a évolué depuis plusieurs années. Elle effectue les corrections de biais de calibration, l'identification des échos non météorologiques (échos de sol, insectes, oiseaux, ...), la détection de la bande brillante, la correction de l'atténuation par les précipitations et le typage des hydrométéores. Initialement conçue pour les radars en bande C, elle a été récemment adaptée pour pouvoir traiter les données du radar bande S de Nîmes. Cette chaîne tourne en temps réel sur les 10 radars double-polarisation depuis début octobre 2009.

Une première version de cette chaîne devrait être introduite en opérationnel au premier semestre 2010. Les données polarimétriques pourront alors alimenter la fabrication des produits conventionnels comme la lame d'eau.

En parallèle, les études se poursuivront sur l'estimation du taux de pluie, la détection de la grêle, la distinction pluie – neige au sol et la détection de l'eau surfondue. La chaîne polarimétrique sera adaptée aux radars en bande X du projet RHYTMME.



Le radar polarimétrique en bande X pour l'hydrométéorologie

Nouvelles solutions pour la gestion de l'eau, la prévision des crues, la protection civile et l'agriculture

L'imagerie radar fournie par le radar météo classique exploitée par les services météo opérationnels reste qualitative. Dans une application hydrologique qui requiert une estimation précise de la pluie au sol, il est nécessaire de combiner cette imagerie avec l'information d'un réseau de pluviomètres d'autant plus dense que la résolution spatiale recherchée est précise. Ceci a conduit certaines communautés urbaines à s'équiper d'un réseau propre de pluviomètres.

La technique polarimétrique qui se déploie depuis quelques années dans les radars météo opérationnels fournit des informations beaucoup plus riches que le radar classique (4 paramètres mesurés au lieu d'un seul). Le problème est alors d'être à même d'exploiter de façon cohérente cette richesse d'information dans un logiciel d'extraction. NOVIMET a développé une solution opérationnelle à ce propos : le logiciel ZPHI®, qui permet de mesurer le taux précipitant avec une précision comparable à celle d'un pluviomètre au sol, à partir des seules données radar. Une autre implication importante de ZPHI® est qu'il autorise le choix de la bande X pour le radar, ce qui conduit à concevoir des systèmes radar beaucoup plus compact que les bandes C ou S, avec des coûts afférents, directs ou d'infrastructure fortement réduits.

Le fait que le radar devienne un instrument autonome de mesure de la pluie a d'importantes implications :

Il n'est plus nécessaire de déployer un coûteux réseau de pluviomètres dans une application d'hydrologie urbaine.

Pour la prévision des crues, la gestion de barrages, etc. le radar peut alimenter des modèles "pluie débit" sur des bassins versants non instrumentés.

En agriculture, la capacité du radar à effectuer une mesure précise à l'échelle de la parcelle agricole, révolutionne les outils d'aide à la décision pour le traitement des plantes.

A partir du radar HYDRIX® du Mont Vial (Alpes Maritimes), premier radar en bande X polarimétrique opérationnel déployé en France, NOVIMET propose des solutions opérationnelles illustrées dans la présentation.

Ré-analyses de lames d'eau

C. Merlier (Météo-France, DSO/CEP)

C. Guéguen, P. Dupuy, G. L'Henaff, P. Tabary (Météo-France, CMR/DEP)

J.-M. Souberyrroux (Météo-France, DCLIM)

La qualité des produits lames d'eau temps réel s'est considérablement améliorée au fil des ans et ces produits sont de plus en plus utilisés dans le domaine de la prévision pour le suivi des situations hydrométéorologiques. Des perspectives de nouvelles améliorations techniques sont envisagées à court et moyen terme (double polarisation) mais leur utilisation, pour les applications de modélisation hydro-climatique, reste souvent freinée par l'absence d'archives directement exploitables. Ainsi, récemment, les laboratoires de recherche et les services opérationnels du domaine de l'hydrologie en France ont clairement exprimé le souhait de disposer de séries temporelles relativement longues (> 10 ans) et si possible homogènes de manière à calibrer les modèles hydrologiques, analyser l'impact de la variabilité spatiale, quantifier les dépendances aux données d'entrée, quantifier les processus purement hydrologiques des modèles, ...

Dans ce contexte, Météo France s'est engagé dans un travail visant à faire exister une base de données de mosaïques de cumuls de précipitation qui soit une référence :

- 1) évolutive,
- 2) facilement accessible,
- 3) au pas de temps au moins horaire,
- 4) à la résolution kilométrique,
- 5) sur toute la métropole hors Corse,
- 6) sans trous,
- 7) sur une période d'au moins 10 ans.

L'objectif est, à partir de toutes les données disponibles (radar, satellite, pluviomètres, modèles, ...), d'obtenir la meilleure estimation possible des cumuls de précipitation en tout point du territoire métropolitain. L'ambition est de promouvoir l'exploitation des cumuls spatialisés de précipitation en hydrologie, de faire progresser la connaissance et les services opérationnels en hydrométéorologie et de contribuer à la caractérisation du climat actuel et de son évolution. Les développements seront menés en collaboration avec les experts du domaine et en associant les futurs utilisateurs (hydrologues et climatologues) de la base de données.

Les ingrédients des ré-analyses sont les suivants :

- ❑ produits radar opérationnels ;
- ❑ cumuls pluviométriques horaires;
- ❑ cumuls pluviométriques quotidiens;
- ❑ (éventuellement) images satellite (pour élimination des artefacts);
- ❑ (éventuellement) ré-analyses de modèles (isotherme 0°C notamment);

Le travail a commencé en 2009 au travers du post-doc de Laetitia Moulin (convention Météo France – CEMAGREF) et de différents stages en se concentrant sur une sous-partie du réseau radar constituée de Trappes, Bourges et Arcis. Des images de réflectivité 5 minutes ont été desarchivées pour les années 1997 et 2008. Des données pluviométriques horaires et

quotidiennes ont aussi été desarchivées. Des algorithmes ont été mis au point et testés pour traiter les points suivants :

- échos fixes (utilisation d'un masque d'occurrences);
- masques (analyse de l'hétérogénéité azimutale des cumuls de longue durée);
- advection (calcul par corrélation d'images successives et sur-échantillonnage des images);
- correction spatialisée des biais par comparaison des cumuls quotidiens (6h – 6h) avec les postes du réseau climatologiques d'état (calcul d'un biais normalisé sur une fenêtre glissante de 30 – 60 km).

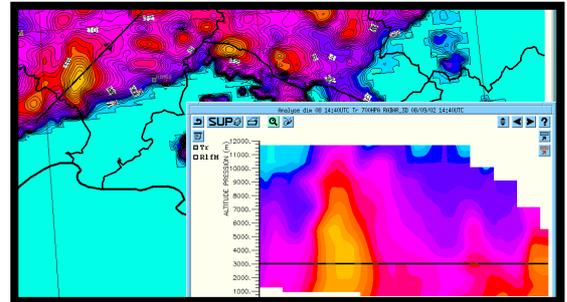
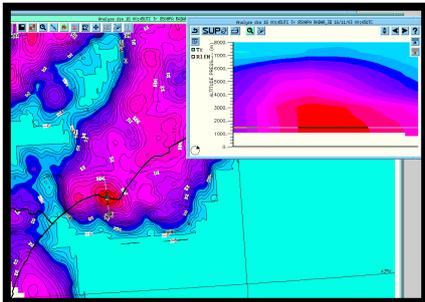
Des outils de visualisation ont aussi été développés. Les actions qui restent à traiter sont les suivantes :

- correction de l'air clair (utilisation des textures du champ de réflectivité)
- correction des conditions de propagation anormale
- désagrégation temporelle (production de cumuls horaires),
- définition de codes qualité au pas de temps horaire et 5 minutes ;
- compositage entre radars (qui passe par l'utilisation des codes qualité défini précédemment).

Apport des champs 3D réflectivité et vent en prévision opérationnelle :

Cas particulier des forts épisodes convectifs

O. Bousquet et F. Saix (Météo-France)



Jusqu'à très récemment, pour des raisons d'ordre mécanique et de puissance de calcul, les radars opérationnels de Météo France n'effectuaient que des balayages sur trois sites tous inférieurs à 2 ou 3 degrés. Les produits radar résultant de ces mesures (images instantanées et cumul de lame d'eau) étaient alors purement bidimensionnels (2D). D'autre part, les utilisateurs et les prévisionnistes en particulier, étaient peu sensibilisés à l'apport et à l'intérêt des images radar volumiques.

C'est dans ce contexte que des premières expérimentations en mode volumique pour les radars de Nîmes et de Bollène ont été menées dans le sud-est de la France. Un produit tridimensionnel a été fourni aux prévisionnistes en temps réel. Ceux-ci pour la première fois par l'intermédiaire de coupes verticales et horizontales ont pu disposer sur une station de travail Synergie d'une vision détaillée de l'atmosphère en 3D. Ils ont ainsi pu mettre en évidence plusieurs domaines pour lesquels la valeur ajoutée de ces nouvelles données était importante.

En premier lieu, les images radar 2D de par leur mode d'élaboration sont des images à l'altitude hétérogène. En revanche, les coupes horizontales issues des images 3D fournissent une vision de l'atmosphère à altitude constante. Une coupe horizontale proche du sol conduit également à une approche plus réaliste de la structure des précipitations, des zones de forte activité et de leur évolution.

Les avancées sur la convection et la prévision immédiate ont permis ces dernières années de valider plusieurs schémas conceptuels de cellules orageuses à forte activité. L'exploration volumique favorise aussi une reconnaissance rapide de ces cellules orageuses. Nous verrons ainsi comment les coupes verticales et horizontales permettent de mieux identifier les systèmes multicellulaires régénératifs ainsi que les super cellules.

Cette discrimination des différents types d'orage est essentielle pour une bonne compréhension des phénomènes météorologiques en jeu, pour prévoir leur évolution et les conséquences en terme de temps sensible.

C'est dans le courant de cette année 2010 que les prévisionnistes auront en temps réel accès sur leurs stations de travail à l'ensemble des images radar 3D.

Utilisation des données radar calibrées et pixélisées dans les modèles de prévision de crue du SPC GD

(Y. Laborda, F. Mannesiez, B. Bambagiotti, F. Bressand)

Le Service de Prévision des Crues du Grand Delta a acquis une certaine expérience dans l'utilisation opérationnelle de la donnée radar par l'intermédiaire du Système Calamar de la société RHEA. Commencée en 1992 dans le cadre de l'ancien SAC du Gard, elle se poursuit actuellement et s'accroît du fait notamment de la place prépondérante que prend cette nouvelle source d'information dans la connaissance de la pluviométrie en temps réel.

Tout d'abord utilisée sur le plan qualitatif pour la détection des systèmes convectifs méso-échelle, principaux responsables des catastrophes dans le sud méditerranéen, l'imagerie radar, préalablement calibrée en temps réel par un réseau pluviographique au sol, constitue maintenant la donnée principale d'entrée des modèles de prévision pluie/débit utilisés en opérationnel par le SPC GD.

Dans le but d'optimiser l'information que fournit l'image radar sur la répartition spatiale des pluies qui est généralement très fortement hétérogène lors de phénomènes orageux intenses, le SPC GD a développé un modèle déterministe de prévision pluie/débit totalement distribué dénommé AHLTAÏR. Il prend en compte les caractéristiques spatiales des précipitations et du bassin versant (dans ses aspects infiltration de la pluie dans le sol et propagation des débits grâce notamment à l'utilisation d'un modèle numérique de terrain) et offre une prévision de débit à une échéance compatible avec les crues rapides.

Ce modèle est utilisé en temps réel par le SPC et ses résultats sont d'ores et déjà exploités en opérationnel dans les secteurs où il a été validé pour la diffusion de l'information sur vigicrue. A plus grande échelle ce modèle est accouplé à des modèles de propagations débits/débits pour la détermination des apports intermédiaires. Le processus de validation a nécessité la mise en œuvre d'une assimilation de données permettant de mieux prendre en compte les conditions initiales d'infiltration. Le nombre de bassins couverts par une prévision a pu ainsi être augmenté grâce à cette exploitation fine de la pluie spatialisée.

Utilisation des données radar à travers le service CALAMAR

Alain Kapfer et Guy Jacquet, RHEA

Bernadette Pister, Conseil Général des Hauts de Seine, représentant les collectivités urbaines de la région parisienne utilisant les données radar primaires via CALAMAR

Pierre Bourgogne, Communauté Urbaine de Bordeaux, représentant une collectivité du Sud de la Loire utilisant les données radar primaires via CALAMAR

Les données radar utilisées par CALAMAR doivent présenter une homogénéité parfaite de manière à permettre la calibration avec les données sol d'une zone de taille beaucoup plus faible que les 40000km² de couverture hydrologique d'un radar. Cette zone est dite "zone de calibration " et, sa taille va varier de quelques centaines de km² à quelques milliers de km² suivant le type de mesurande recherché (quantité de pluie sur plusieurs heures et plus d'une centaine de km², intensité de pluie sur une durée qui ne dépasse pas quelques dizaines de minutes et sur au plus une dizaine de km²).

Cette qualité du signal radar, qui ne peut varier d'un point à l'autre de la zone, permet d'atteindre la qualité de reproductibilité des mesures d'un réseau dense au sol ; un des exemples suivants d'intérêt de l'homogénéité du signal radar sera présenté.

- mesures sur une zone sans perturbations (ni échos de sol, ni masques,...) sur le faisceau radar utilisé (Boulogne sur Mer)
- mesures sur une zone perturbée par des masques corrigés sur un faisceau radar dont l'angle de site ne varie pas (Val de Marne)
- mesures sur une zone perturbée par des échos de sol sur le faisceau principal sans propagations anormales (Bordeaux)
- mesures sur une zone perturbée par l'atténuation du signal due à la pluie sur le radôme (Indianapolis)
- mesures dans une atmosphère présentant une inversion de couche atmosphérique et donc une propagation anormale du faisceau radar (SIAAP)

Dès que le signal radar se départit de cette homogénéité, il devient difficile de donner une mesure reproductible du réseau sol ; un exemple de perturbation de l'homogénéité du signal radar sera présenté:

Il est donc tout à fait essentiel que Météo-france garantisse que la réflectivité des données radar primaires présente la qualité d'un signal fidèle parfaitement adapté à son utilisation pour une mesure de précipitation qui sera ensuite utilisée dans des modèles pluie-débit. Aujourd'hui, la seule exception à cette homogénéité du signal se produit deux ou trois fois par an lors de situations d'atténuation due à des précipitations de très forte intensité, et ce uniquement sur le signal des radars en bande C ; elles ne représentent que quelques minutes par an au Nord de la Loire. Il n'y a pas d'exception sur les radars en bande S, qui sont placés au Sud de la Loire

Il paraît important que le fournisseur de ces données qu'est METEOTRANCE s'inscrive dans un plan d'assurances qualité qui permette l'usage de ces données à la fois en entrée du service CALAMAR et également en entrée d'autres services qui les utiliseraient. Ce plan devrait expliciter les niveaux de service correspondants pour chacune des principales caractéristiques techniques opérationnelles, reprenant les garanties apportées jusqu'ici et intégrant les besoins complémentaires qui ont été mis à jour et avérés dans la période récente.



RHEA
Région des Hauts de Seine

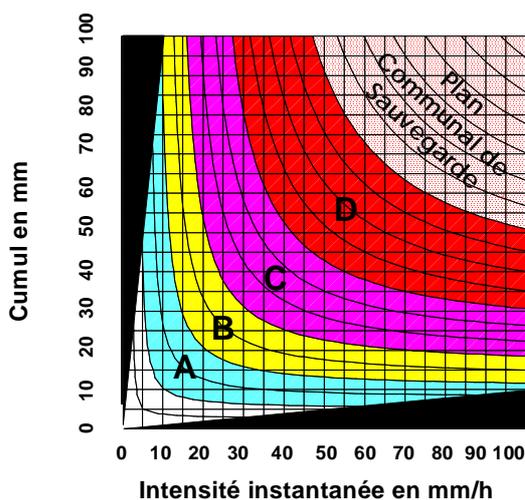
S.A.S. au capital de 70 127 € - Siret 342 912 656 000 44
Green Park - 11 rue du Vieux Pont - 92000 - Nanterre - France
Tél. : + 33 1 41 20 92 00 - Fax : + 33 1 41 20 92 29 - www.rhea.tm.fr

Utilisation du radar météorologique à Marseille : du risque sanitaire au risque inondation

Dominique Laplace SERAM et Jean Yves Guivarch MPM

Pour répondre à la problématique du ruissellement urbain, la communauté urbaine, la ville de Marseille et la SERAM ont mis en place un système de surveillance et d'interventions, adapté à l'intensité de chaque événement pluvieux. Ce système repose sur une surveillance hydro-météorologique recourant à l'imagerie radar, assurée au quotidien par l'exploitant du réseau d'assainissement et sur une évaluation en temps réel du niveau de gravité de l'évènement. Il permet l'information et la mobilisation des moyens d'intervention, adaptés à la situation selon des niveaux de gravité : SERAM exploitant le réseau d'assainissement, Direction de l'Eau et de l'Assainissement, élus, services de secours, marins pompiers, police municipale, services municipaux.

L'abaque utilisé pour l'évaluation du risque par rapport aux caractéristiques des pluies prévues, permet de déclencher des scénarios de gestion du réseau d'assainissement et des plans d'interventions sur le terrain, en fonction des enjeux. Il est enrichi par les événements survenus ce qui renforce au fil des années sa précision.



La démarche menée sur l'agglomération de Marseille répond en fait à deux objectifs distincts. Il s'agit de prévenir les risques liés aux inondations torrentielles mais également de protéger la qualité des eaux de baignade dans des zones de plages. Basé sur l'anticipation par la mesure radar, le système de gestion en temps réel mis en place assure un couplage de ces deux objectifs en évitant les rejets en milieu naturel lors des pluies faibles, et en assurant la pleine capacité des ouvrages de décharge et le déploiement de plans d'interventions sur le terrain lors des pluies intenses. La surveillance radar de la pluie et de ses conséquences sur les ouvrages permet également d'informer les autorités municipales de façon ciblée sur les risques de pollution des plages ainsi que sur les risques d'inondations, et de leur permettre ainsi de mettre en œuvre les mesures nécessaires pour la protection du public.

Impact des traitements effectués sur les données des radars hydrométéorologiques sur la simulation de la réponse hydrologique en contexte de crue éclair

Braud, I. (1), Anquetin, S. (2), Boudevillain, B. (1), Vannier, O. (2), Viallet, P. (3), Creutin, J.D. (1)

(1) Cemagref, UR HHLY, CP 220, 3bis Quai Chauveau, 69336 Lyon Cédex 9, France

(2) Grenoble Université, LTHE (CNRS, UJF, IRD, INPG), BP53, 38041 Grenoble Cedex, France

(3) HYDROWIDE, 1025 Rue de la Piscine, Domaine Universitaire, 38420 St-Martin D'Hères, France

Les crues éclair représentent un risque majeur dans le Sud-Est de la France, qui peut être soumis, essentiellement en automne, à des épisodes pluvieux intenses. Certaines crues ont marqué les mémoires et ont eu des conséquences dramatiques (Nîmes, 1988 ; Vaison la Romaine, 1992 ; Gard, Septembre 2002). Afin de progresser dans la compréhension des processus couplés à l'origine de ces épisodes intenses et d'améliorer les modélisations hydrométéorologiques correspondantes, l'Observatoire Hydrométéorologique Cévennes-Vivarais (OHM-CV) collecte depuis une dizaine d'années les données hydrométéorologiques sur la zone d'étude. Parmi ces données, celles issues des radars hydrométéorologiques jouent un rôle central. Des travaux récents ont en effet montré que les bassins les plus vulnérables étaient souvent des bassins versants de petite taille (<20 km²), le plus souvent non jaugés (Ruin et al., 2008). Les derniers progrès sur la mesure quantitative des pluies par radar permettent maintenant de fournir des estimations pluviométriques pertinentes pour la simulation de la réponse de ces bassins à l'aide de modélisations hydrologiques spatialisées (Borga et al., 2008 ; Sangatti et al., 2009). La disponibilité de données radar permet aussi une meilleure interprétation et exploitation de retours d'expériences menés après des épisodes majeurs (Gaume et al., 2004 ; Bor a et al., 2008) qui fournissent, de manière spatialisée, des estimations des pics de débit, ainsi que des informations sur les heures de ces pics grâce au recueil de témoignages auprès des populations affectées.

Nous proposons dans cette communication une synthèse des développements récents d'une modélisation hydrologique spatialisée, adaptée à la simulation régionale des crues éclair et s'appuyant sur l'utilisation de données radar. Nous présenterons rapidement les principes de la modélisation qui s'appuie sur un découpage de l'espace en hydro-paysages (Dehotin et Braud, 2008) sur lesquels est évaluée l'eau disponible au ruissellement, avant son routage dans le réseau hydrographique. Dans un second temps, nous présenterons les résultats d'une analyse de sensibilité au forçage pluviométrique s'appuyant sur différents traitements des données pluviométriques :

champs horaires de pluie au sol krigées, champs à 5min de pluies radar selon différents traitements :

radar opérationnels, traitements selon les méthodes de Delrieu et al. (2009). L'évaluation de la qualité de la modélisation a été réalisée en comparant les simulations des débits de pointe avec les estimations du retour d'expérience présentées par Gaume et Bouvier (2004) sur une trentaine de bassins de superficie variant de 5 à 100 km². Cette évaluation montre l'intérêt des données radar pour la simulation de ces bassins non jaugés. Les valeurs spatialisées de débits simulés ont aussi été exploitées pour analyser la vulnérabilité des populations, notamment en terme de déplacements.

Références

- Borga, M., Gaume, E., Creutin, J.-D. and Marchi, L., 2008. Surveying flash floods: gauging the ungauged extremes. *Hydrological Processes*, 22: 3883-3885.
- Dehotin, J. and Braud, I., 2008. Which spatial discretization for distributed hydrological models? Proposition of a methodology and illustration for medium to large scale catchments. *Hydrology and Earth System Sciences*, 12: 769-796.
- Delrieu, G., Boudevillain, B., Nicol, J., Chapon, B., Kirstetter, P.E., Andrieu, H., Faure, D., 2009, Bollène 2002 experiment: radar rainfall estimation in the Cevennes-Vivarais region. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*: DOI: 10.1175/2008JAMC1987.1.
- Gaume, E. and Bouvier, C., 2004. Analyse hydro-pluviométrique des crues du Gard et du Vidourle des 8 et 9 Septembre 2002. *La Houille Blanche - Revue Internationale de l'eau*, 6: 99-106.
- Gaume, E., Livet, M., Desbordes, M. and Villeneuve, J.-P., 2004. Hydrological analysis of the river Aude, France, flash flood on 12 and 13 November 1999. *Journal of Hydrology*, 286(1-4): 135-154.
- Ruin, I., Creutin, J.-D., Anquetin, S. and Lutoff, C., 2008. Human exposure to flash-floods-relation between flood parameters and human vulnerability during a storm of September 2002 in Southern France. *Journal of Hydrology*, 361: 199-213.
- Sangati, M., Borga, M., Rabuffeti, D. and Bechini, R., 2009. Influence of rainfall and soil properties spatial aggregation on extreme flash flood response modelling: an evaluation based on the Sesia river basin, North Western Italy. *Advances in Water Resources*, 32: 1090-1106.

Apport des images radar pour l'analyse de la crue du 4 mai 2007 sur la Nivelle

R. Martinet, I. Muraro – F. Brouquisse, D. Lirot

Les 3 et 4 mai 2007, d'importantes précipitations s'abattaient sur l'Ouest du Pays Basque, sous la forme de 2 épisodes distincts :

- Le premier, le 3 mai, sur le secteur d'Arcangues, Ustaritz, Cambo, Espelette et la limite entre le bassin de l'Uhabia et de la Nivelle
- Le second, essentiellement sur le bassin de la Nivelle, lors de la nuit du 3 au 4 mai

Ce 2^{ème} épisode, a généré d'importants dégâts sur un bassin inclus dans le périmètre de la surveillance et de la prévision des crues assurées par l'Etat (Service de Prévisions des Crues de l'Adour). Il a conduit à de nombreux questionnements pour lesquels le Service (SPC) a sollicité l'aide et l'assistance du CETE Sud Ouest.

Une première phase d'étude, intitulée « Etude et caractérisation de la crue du 4 mai 2007 sur la Nivelle » a été remise en décembre 2008.

Celle-ci est constituée des principales étapes suivantes :

- Analyse des données de pluies (stations météorologiques traditionnelles, stations hydrométéorologiques du SPC)
- Analyse des images radar obtenues grâce au radar de Momuy, nouvellement mis en service dans le département des Landes quelques mois avant l'évènement
- Analyse hydrologique et hydraulique de la crue, entre le haut du bassin, en Espagne, et le port de St Jean de Luz-Ciboure
- Analyse comparative entre les données de pluies observées et les effets de la crue constatés sur le terrain

La réflexion en cours concerne les évolutions envisageables de l'actuel système de surveillance des crues, basé sur une propagation classique « amont-aval », à enrichir avec des critères « pluies dispersées de manière hétérogène sur un même bassin », pour lesquels l'image radar météorologique peut constituer un outil majeur.

L'intervention proposée pour le forum du 2 février 2010 consiste à présenter la méthodologie utilisée par le CETE pour exploiter les images radar et les conclusions et perspectives de cette 1^{ère} phase d'étude.

Gestion des crues sur Saint Etienne Métropole

*Mireille Raymond (Egis Eau), Nelly Peyron (Egis Eau), Sophie Martinoni (Météo France),
Alyette Magnouloux (Météo France), Frédéric Alfonsi (CS)*

Saint Etienne Métropole (SEM) a lancé en janvier 2009 une mission de définition et de mise en œuvre d'un dispositif d'alerte aux crues sur les bassins versants du territoire de la communauté d'agglomération qui comprend 42 communes réparties sur 3 bassins versants : le Giers, le Furan et l'Ondaine.

Le groupement Egis Eau – Météo France – CS a été retenu pour concevoir et développer le système SAPHYRAS qui sera dédié à SEM.

L'un des objectifs principaux du système est de déterminer avec une anticipation maximale le dépassement de différents seuils de débordement des rivières associés à des zones à enjeux. Pour répondre aux fortes contraintes liées à la rapidité des crues sur les cours d'eau de SEM, SAPHYRAS exploite au mieux l'ensemble des informations temps réel disponibles à différentes échelles et échéances, notamment au travers des outils Météo France.

Plus particulièrement, SAPHYRAS se base sur les niveaux suivants :

- **Vigilance** : à l'échelle des bassins versants, le risque de crue est évalué sur la base des prévisions de précipitation Météo France à échéance 24 heures et de l'indice d'humidité des sols.
- **Pré-alerte et alerte** : à l'échelle de la commune, sur la base de hauteurs d'eau observées ou prévues par le modèle.

Une modélisation pluie-débit est mise en œuvre en temps réel en utilisant en données d'entrées les lames d'eau radar Météo France, les indices d'humidité des sols et les hauteurs d'eau observées en rivière. Les seuils d'alerte sont définis en débit et hauteur d'eau, en différents points caractéristiques des cours d'eau. Ces seuils sont utilisés par les communes pour gérer les actions du plan communal de sauvegarde.

Un exemple de la performance du système sera présenté à partir des résultats obtenus lors du jeu de l'événement marquant qui a touché le territoire en novembre 2008.

L'utilisation de la donnée radar dans les produits de prévision immédiate

P. Brovelli (Météo-France, DPrévi/PI)

- Aïga-Pluvio-Metro : Le produit Aïga-Pluvio-Méto (ex CARIPLU), cartographie du risque pluviométrique à l'échelle de la métropole, fournit à cadence élevée (15') et à échelle kilométrique des cartes de classe de la durée de retour du cumul pluviométrique, et ce pour diverses durées de cumul (avec une carte par durée de cumul, plus une carte de synthèse)
- Alerte Pluie : produit grand public rafraîchi toutes les 5', basé 2piR qui renseigne sur le risque de pluie à l'échelle de la commune (le produit est qualifié sur 2/3 des communes). La pluie est décrite de manière qualitative selon 4 classes (sec + pluie faible, modérée, forte)
- Alerte Orage: produit à destination des professionnels pour alerter avec un préavis maximal d'une heure du risque d'orage ou d'orage violent en un point ou sur une zone (petite : commune, canton). Un suivi de l'alerte est effectué pour annoncer les aggravations ou la fin du risque. Le produit comprend des messages d'avertissement aux formats mail et SMS et un produit graphique de suivi des orages disponible sur internet et sur un panel de téléphones mobiles

Les besoins en données pluviométriques pour les crues en zone montagneuse, et les attentes vis-à-vis de la météorologie radar

A. Gautheron (SPC Alpes du Nord)

Les secteurs de montagne présentent de nombreuses difficultés en terme d'observations météorologiques. La combinaison du relief et de l'altitude engendre un climat rigoureux marqué par la présence en continue de neige durant une longue période de l'année, et par une forte variabilité spatiale sous l'influence des effets orographiques.

Les conditions difficiles impliquent souvent une inadaptation du matériel de mesure adopté en plaine et une quasi absence de réseau de mesure au dessus de 2 000 m d'altitude.

Cependant la mesure de cumul de précipitations par le gardien du refuge de la Pra lors des crues de Belledonne a montré l'intérêt d'une mesure au dessus de 2 000 mètres d'altitude pour l'estimation des gradients orographiques de précipitations. Ces réseaux de mesure présentent un intérêt pour l'évaluation du risque d'avalanches, de glissements de terrain et d'inondations, mais aussi pour l'estimation de la ressource en eau.

Malgré les fortes variabilités spatiales, les réseaux d'observation météorologiques en montagne restent d'une densité comparable à la moyenne nationale. De plus le réseau de radar météorologiques Aramis ne couvrent pas les Pyrénées et les Alpes en raison des problématiques d'échos fixes et de masques générés par le relief.

Ce bilan sombre des réseaux de montagne ne doit pas rester qu'un constat et les évolutions récentes sur les matériels de mesure laissent apparaître de nouvelles perspectives que ce soit sur les réseaux sols ou sur l'imagerie radar.

Le SPC Alpes du Nord a mené une première analyse des réseaux sols opérationnels sur la base de paramètres géographiques afin de mieux identifier les secteurs lacunes. Une réflexion a été menée sur la prise en compte des effets du relief en s'appuyant sur le MNT. Cette analyse reste à compléter notamment en s'appuyant sur des classifications à partir des données observées.

Une recherche de complémentarité des différentes observations notamment sur les zones à forte variabilité est indispensable, et l'apport de l'imagerie bande X sera mis en avant sur le secteur de la Haute-Maurienne.

Par ailleurs, l'apport de l'imagerie satellite semble de plus en plus applicable en opérationnel sur la connaissance du manteau neigeux (couverture neigeuse, albédo, équivalent en eau, couverture nuageuse, ...).

Utilisation d'un radar mobile bande X

P. Thomas (Météo-France, DIRIC)

Utilisation d'un radar mobile bande X pour l'assistance météorologique aux manifestations externes de type Roland Garros, 24Heures du Mans, F1 :

- Caractéristiques et performances
- Aspects liés à la mobilité
- Des exemples d'images radar produites (neige, orages, très faibles précipitations)
- Comparaison bande X – bande S (problème de l'atténuation)
- Domaines d'utilisation, perspectives

Le projet aéronautique SESAR : un nouveau stimulus pour les développements

Pierre TABARY (Météo-France, DSO/CMR)

Le programme SESAR vise à moderniser l'organisation du trafic aérien (Air Traffic Management, ATM) en Europe à l'horizon 2020 et au-delà. Les objectifs à l'horizon 2020 sont de tripler la capacité, diviser les coûts ATM par 2, augmenter la sécurité d'un facteur 10, réduire les retards et accroître la flexibilité, réduire les impacts environnementaux de 10% pour chaque vol. L'atteinte de ces objectifs de haut niveau passe par une amélioration significative des produits et services météorologiques. Dans le domaine de l'observation, les radars météorologiques, et les produits qu'on en tire, sont appelés à jouer un rôle central.

Quelques exemples :

- Les champs 3D de réflectivité, de vent et d'hydrométéores nationaux pour l'optimisation des trajectoires (notamment profils de descente) et pour la gestion au sol et à bord des risques;
- Les produits radar pour l'assimilation (Doppler, polarimétrie, réflectivité) pour l'amélioration des prévisions à courte échéance ;
- Les radars polarimétriques, éventuellement en visée verticale, pour l'identification des grosses gouttes d'eau surfondues (propices au givrage) ;
- La distinction pluie / neige au sol réalisée par des radars situés à proximité des aéroports en liaison avec des mesures de surface pour la gestion de l'aéroport;
- Les cartes de grêle et de cisaillement de vent issues de la polarimétrie et du Doppler ;
- ...

En sus de tous ces produits issus des radars existants, les besoins futurs des aéroports pourraient justifier l'installation de radars dédiés dont les caractéristiques techniques et le mode de fonctionnement seraient optimisés. Ces radars permettraient d'assurer une meilleure couverture des basses couches avec une meilleure résolution spatio-temporelle. Ils viendraient alimenter des modèles de prévision à haute résolution (< 1 km) centré sur l'aéroport.

Création graphique Nicolas Naudet DSO/COM
© Météo-France 2010

Organisé par

Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer
Direction générale de la Prévention des Risques
Service des Risques naturels et hydrauliques
Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévision des Inondations
42, avenue G. Coriolis
31057 Toulouse Cedex 1

www.developpement-durable.gouv.fr

et

Météo-France
42, avenue G. Coriolis
31057 Toulouse Cedex 1

www.meteofrance.com