

Séminaire Lames d'eau radar et applications hydrologiques : avancées et perspectives

23 JUIN 2009

L'objectif de ce séminaire est de poursuivre les échanges interdisciplinaires entre la communauté des hydrologues et des radaristes. Ceci est le 3^e séminaire de ce type dont le but est aujourd'hui d'aborder principalement les avancées dans le domaine des lames d'eau radar et de leurs applications hydrologiques.

Ce séminaire organisé sous une forme interactive doit permettre avant tout de nombreuses discussions et échanges. Il s'agit plutôt d'un groupe de travail en vue d'aboutir à la mise en place de collaborations.

La première partie de la journée de ce séminaire est dédiée aux avancées sur les produits fournis en termes de lames d'eau. La deuxième partie, l'après-midi, est consacrée aux avancées en termes de modélisation hydrologique.

Séminaire

Lames d'eau radar et applications hydrologiques : avancées et perspectives

23 JUIN 2009

L'objectif de ce séminaire est de poursuivre les échanges interdisciplinaires entre la communauté des hydrologues et des radaristes. Ceci est le 3^e séminaire de ce type dont le but est aujourd'hui d'aborder principalement les avancées dans le domaine des lames d'eau radar et de leurs applications hydrologiques.

Ce séminaire organisé sous une forme interactive doit permettre avant tout de nombreuses discussions et échanges. Il s'agit plutôt d'un groupe de travail en vue d'aboutir à la mise en place de collaborations.

La première partie de la journée de ce séminaire est dédiée aux avancées sur les produits fournis en termes de lames d'eau. La deuxième partie, l'après-midi, est consacrée aux avancées en termes de modélisation hydrologique.

Programme

9h00-9h05 Accueil/ introduction
C. Loumagne - Cemagref- Antony

9h05-13h05 Partie 1 : Avancées sur les produits fournis en termes de lames d'eau.
Animateur : **Jacques Parent du Châtelet - Météo France**

10 à 20 mn d'exposé + 15 mn questions

9h10- 9h20 **Communication 1 : Rémy GARÇON et Pierre BERNARD – EDF-DTG**
"Le radar météorologique et la prévision hydrologique opérationnelle à EDF
Retour sur les 20 dernières années"

9h20-9h55 **Communication 2 : Frédéric GOTTARDI - EDF**
"Estimation statistique et réanalyse des précipitations en montagne.
Utilisation d'ébauches par types de temps et assimilation de données
d'enneigement. Application aux grands massifs montagneux français."

9h55-10h30 **Communication 3 : Laetitia MOULIN - Météo France, Cemagref**
"Projet de réanalyses de lames d'eau pour l'hydrologie : avancées sur la
méthodologie de traitement automatisé des données, synthèse des premiers
résultats"

10h30-11h05 **Communication 4 : Guy DELRIEU, Ludovic BOUILLOUD, Brice
BOUDEVILLAIN, Pierre-Emmanuel KIRSTETTER - LTHE**
"Ré-analyses pluviométriques de l'OHM-CV, méthodologie et résultats
préliminaires "

11h05-11h40 **Communication 5 : Isabelle EMMANUEL - LCPC, Météo France**
"Evaluation des lames d'eau opérationnelles du radar de Trappes"

11h40-12h15 **Communication 6 : Stephanie DISS - Cemagref Aix-en- Provence**
"Utilisation de l'imagerie radar en bande X à double polarisation pour
l'estimation de pluie en zone montagneuse."

12h15-12h50 **Communication 7 : Emmanuel MOREAU - NOVIMET**
"Lame d'eau du radar bande X du MtVial (région PACA) dans le cadre du
projet CRISTAL."

Organisation : Météo France, Cemagref-Antony- Unité HBAN, Equipe Transfo et GIS ORACLE
<https://gisoracle.cemagref.fr>

14h00 – 17h00 Partie 2 : Avancées en termes de modélisation hydrologique
Animateur : **Vazken Andreassian – Cemagref Antony**

20mn exposé + 15mn questions

14h05-14h40 **Communication 1 - Yves NEDELEC - Cemagref Antony**

"Que peut apporter le radar à la prévention des inondations par ruissellement ? Deux exemples en territoire rural."

14H40-15h15 **Communication 2 - Kolbjørn ENGELAND - SINTEF Energy System**

"Use of precipitation radar in hydrologic modelling in Norway - perspectives for a new research project"

15h15-15h50 **Communication 3 – C. FOUCHIER, P. JAVELLE et P. ARNAUD - Cemagref Aix-en-Provence**

"Utilisation d'une information de pluie distribuée pour l'estimation des débits de crue par la méthode AIGA."

15h50- 16h25 **Communication 4 - Maria-Helena RAMOS et al. - Cemagref Antony**

"Peut-on prendre explicitement en compte la variabilité spatiale de la pluie à une échelle inférieure à celle de la maille hydrologique ? "

16h25- 17h00 **Communication 5 - Claire BOUSSARD - Cereve**

"Variabilité multi-échelle des précipitations."

Résumés Partie 1

-

**Avancées sur les produits fournis en termes
de lames d'eau.**

Communication 1 : " Le radar météorologique et la prévision hydrologique opérationnelle à EDF Retour sur les 20 dernières années."

Rémy GARÇON & Pierre BERNARD
EDF - DTG

Résumé

Ce 23 juin 2009, aucun des nombreux modèles de prévision hydrologique d'EDF-DTG n'utilise encore explicitement de données radar. Ce constat, objectif et pragmatique, est néanmoins très réducteur.

Les 2 centres de prévision de Grenoble et Toulouse s'appuient en effet régulièrement, depuis plus de 20 ans, sur des données radar. Cette utilisation a, certes, toujours été qualitative mais son apport ne doit pas être sous-estimé : la mise à disposition par Météo-France, sur la plate-forme METEOTEL, des images produites par les radars du réseau ARAMIS (et, parallèlement, de l'imagerie satellitaire, visible et infrarouge) a même révolutionné l'hydro-météorologie opérationnelle à EDF dans les années 1980. Ce n'est que depuis ce jour que l'hydro-météorologue peut exercer un contrôle en temps réel de la coïncidence ou des écarts entre la modélisation de l'atmosphère et son comportement réel, non plus à partir d'observations ponctuelles, mais grâce à la visualisation d'un continuum spatial d'informations.

Par contre, les résultats en termes de quantification des lames d'eau précipitées ont, dans le passé, beaucoup déçu ceux qui avaient pensé que la solution finale à ce problème d'estimation était à portée de main. Les nombreux éléments qui entrent en jeu dans la relation réflectivité-intensité pluvieuse sont à l'origine d'autant de biais qu'il est difficile de corriger. Les non-linéarités de la relation pluie-débit rendent ces biais catastrophiques pour l'hydrologue comme l'avait montré une expérimentation menée à la fin des années 1990 en partenariat avec Météo-France dans le cadre du « Projet Ardèche ». Cette expérimentation a d'autant plus refroidi EDF qu'elle avait porté sur des bassins mieux couverts par les radars qu'une grande partie des bassins surveillés par ses centres hydro-météorologiques dans les Alpes et les Pyrénées.

Les progrès accomplis depuis dans le traitement des mesures radar, la perspective de pouvoir disposer de réanalyses, les projets basés sur des radars bande X qui offrent des perspectives pour les hauts bassins cernés par les reliefs, inciteront certainement EDF à s'impliquer prochainement dans de nouveaux tests.

Communication 2 : " Estimation statistique et réanalyse des précipitations en montagne. Utilisation d'ébauches par types de temps et assimilation de données d'enneigement. Application aux grands massifs montagneux français. "

Frédéric GOTTARDI, Charles OBLED, Joël GAILHARD, Emmanuel PAQUET

EDF

Résumé

En montagne, les phénomènes météorologiques, influencés par le relief et l'altitude, possèdent une grande variabilité spatiale et rendent l'hydrométéorologie des bassins versants de montagne particulièrement complexe. Au regard de cette hétérogénéité, les postes d'observations situés en altitude sont trop peu nombreux et leurs mesures, réalisées dans des conditions parfois difficiles (neige, vent), sont souvent entachées d'incertitudes. Ces incertitudes se répercutent sur l'estimation des champs de précipitations et des stocks de neige, primordiale pour la gestion du parc hydroélectrique d'EDF (Électricité De France). Cette thèse, menée au sein de l'équipe hydrologie d'EDF-DTG, avait pour objectif le développement d'un outil d'interpolation des précipitations en zones de montagne. Celui-ci doit permettre à terme une vision spatialisée et cartographiée de la pluie et de la neige mesurées sur les bassins versants faisant l'objet d'une prévision opérationnelle.

Pour développer cette méthodologie, une très vaste base de données a été constituée, regroupant des données françaises (EDF et Météo France) mais également suisses, italiennes et espagnoles, ainsi qu'un modèle numérique de terrain de maille 1km. Afin de prendre en compte les variations du gradient orographique de précipitation en fonction du type de circulation atmosphérique, une classification en types de temps est introduite. Au sein de chaque type de temps, l'orographie est représentée à travers une ébauche moyenne de précipitation sur le type de temps considéré. Celle-ci s'appuie sur les pluviomètres journaliers mais aussi, pour les zones d'altitude, sur les nivopluviomètres totalisateurs (NPT) disponibles sur la période 1957-73. Pour chaque pixel l'effet orographique est modélisé par une relation linéaire reliant les précipitations du type de temps considéré avec l'altitude. Cette relation s'appuie sur les points de mesure situés à proximité du pixel, dont le mode de sélection et de pondération a été optimisé. Ces ébauches sont ensuite appliquées jour par jour, selon le type de temps, et déformées en fonction des données disponibles pour obtenir le champ de ce jour donné.

L'utilisation de la validation croisée entre les stations permet d'abord d'évaluer le niveau de restitution du modèle aux altitudes proches du réseau d'observation. En haute montagne, la qualité des lames d'eau est évaluée par confrontation avec les mesures de l'équivalent en eau du manteau neigeux d'une part, et à travers le bilan hydrologique intégré sur des bassins versants instrumentés d'autre part.

Ces données nivologiques mensuelles ou saisonnières sont fiables, mais résultent à la fois de l'accumulation des précipitations solides et de l'ablation par la fonte. On peut

Organisation : Météo France, Cemagref-Antony- Unité HBAN, Equipe Transfo et GIS ORACLE
<https://gisoracle.cemagref.fr>

donc les comparer au cumul des précipitations solides estimées, diminué de la fonte calculée jusqu'au jour de la mesure, grâce à un modèle de neige donnant la phase des précipitations et la fonte éventuelle en fonction de la température. Ces comparaisons ont montré un fort déficit de nos estimations en altitude, attribué surtout aux problèmes de captation de la neige, et donc d'abord aux NPT.

Nous avons donc itéré notre démarche en assimilant toutes les données nivologiques disponibles, et en corrigeant les précipitations solides par un facteur allant jusqu'à 1.6, ce qui a quasiment fait disparaître les biais. De même les bilans hydrologiques annuels, même s'ils nécessitent une évaluation de l'ETP, sont devenus plausibles et ont vu disparaître les biais les plus flagrants.

Appliqué sur les Alpes Françaises, les Pyrénées et le Massif Central, ce modèle présente des résultats très encourageants de par le caractère résolument régional du mode de reconstitution et l'assimilation d'information nivologique. Cela permet de proposer un catalogue des champs journaliers de précipitations pour la période 1953-2005 sur le domaine considéré.

Mot-clé: estimation des précipitations, type de temps, spatialisation, effet orographique, gradient altimétrique, zones de montagne, relief, neige, équivalent en eau du manteau neigeux, modélisation nivale, bilan hydrologique, validation croisée, correction des pluviomètres, phase des précipitations.

Communication 3 : " Projet de ré-analyses de lames d'eau pour l'hydrologie : avancées sur la méthodologie de traitement automatisé des données, synthèse des premiers résultats "

Laetitia MOULIN
Météo France - Cemagref

Résumé

Le projet de réanalyse de lames d'eau a pour objectif de proposer, pour la France métropolitaine, une archive de données pluviométriques :

- (i) à hautes résolutions spatiale et temporelle (1km², 1heure)
- (ii) avec une profondeur d'archive suffisante pour être utilisée en hydrologie (début en 1997)
- (iii) pouvant être complétée sans discontinuité par les données les plus récentes
- (iv) basée sur des routines de traitements et d'élaboration aussi homogènes et modulaires que possible, et totalement automatisables
- (v) dont chaque valeur soit associée à un code qualité permettant d'indiquer son incertitude d'estimation et des méta-données permettant d'en tracer l'origine.

Il s'agit donc de fusionner au mieux les données issues des différentes sources disponibles : principalement les réseaux sols quotidiens et horaires ainsi que les données des radars météorologiques, mais aussi, éventuellement des données issues des observations satellites ou de modèles.

Une contrainte supplémentaire est de garantir une cohérence des réanalyses avec les mesures ponctuelles (pluviomètres) quotidiennes qui restent, après critique de données, la référence absolue.

Des méthodologies automatisées de traitements des images radars ont été testées et seront présentées. Plusieurs pistes pour la fusion des données radar et des pluviomètres quotidiens (krigeage des résidus, utilisation d'un rapport radar/pluvio) ont également été mises en oeuvre. Ces premiers travaux seront présentés afin de proposer une discussion ouverte pour confirmer ou réorienter les choix déjà réalisées et ceux à faire pour la suite des traitements.

Communication 4 : "Ré-analyses pluviométriques de l'OHM-CV, méthodologie et résultats préliminaires "

Guy DELRIEU, Ludovic BOUILLOUD, Brice BOUDEVILLAIN, Pierre-Emmanuel KIRSTETTER
LTHE

Résumé

Le LTHE se propose de réaliser des ré-analyses pluviométriques s'appuyant sur les données radar et pluviométriques collectées par l'OHM-CV depuis 2000 dans la région Cévennes-Vivarais. Les jeux de données disponibles proviennent des radars de Nîmes et Bollène du réseau ARAMIS de Météo-France, ainsi que des réseaux pluviométriques de Météo-France, du SPC Grand Delta et d'EDF/DTG.

La critique des données pluviométriques est un premier enjeu important. Une méthode s'appuyant sur le variogramme de l'ensemble des mesures cumulées au pas de temps événementiel permet la détection de valeurs aberrantes et renvoie à l'examen des cumuls et des chroniques.

Les étapes génériques du traitement des données radar pour l'estimation des intensités de pluie sont les suivantes :

- 1) Caractérisation du domaine de détection (masques pour chaque angle de site), des échos fixes de temps sec et de la stabilité du signal radar
- 2) Identification statique ou dynamique des échos parasites
- 3) Identification couplée du type de pluie et des profils verticaux de réflectivité (si des données volumiques sont disponibles)
- 4) Estimation de facteurs correctifs des effets de masque et de PVR
- 5) Estimation de la réflectivité au voisinage du sol et conversion Z-R éventuellement conditionnée au type de pluie

Il importe ensuite de quantifier les erreurs d'estimation et leur structure spatiale et temporelle. Nous utilisons pour cela une approche géostatistique s'appuyant sur une référence établie par krigeage des mesures pluviométriques.

Une des difficultés de l'exercice de réanalyse est lié au fait que les protocoles d'exploitation des radars ont beaucoup évolué au cours de la période d'intérêt, notamment en ce qui concerne la disponibilité de données volumiques, ce qui nous amène à développer une méthodologie pragmatique pour atteindre l'objectif fixé.

On propose dans cette communication d'illustrer deux points particuliers avec : (1) la correction des effets dépendant de la distance liés à l'orographie et à la structure verticale des pluies (2) la correction du biais spatial moyen par optimisation d'une relation Z-R « effective » à l'aide des mesures pluviométriques.

Communication 5 : "Evaluation des lames d'eau opérationnelles du radar de Trappes"

Isabelle EMMANUEL
LCPC - Météo France

Résumé

L'étude porte sur l'évaluation des données radar traitées par le nouveau logiciel de traitement développé par Météo France. Cette évaluation est basée sur une comparaison de données pluviomètres / radar à 4 pas de temps différents (5, 15, 30 et 60 minutes).

Les données radar sont mesurées par le radar bande C de Trappes (30 km au sud ouest de Paris). Les données pluviométriques proviennent quant à elle de 87 pluviomètres situées entre 0 et 135 km du radar. Un total de 50 jours de données variées en 2007 et 2008 ont été utilisées pour mener à bien cette comparaison pluviomètres / radar. Pour les 4 pas de temps considérés, les résultats ont été étudiés en fonction de la distance au radar, de la qualité de la mesure radar et de la nature de l'événement (saison, stratiforme/convectif ou mixte).

Communication 6 : Utilisation de l'imagerie radar en bande X à double polarisation pour l'estimation de pluie en zone montagneuse.

Stéphanie DISS

Cemagref - Groupement d'AIX-EN-PROVENCE

Résumé

Dans le cadre du projet européen FRAMEA (Flood forecasting using Radar in Alpine and Mediterranean Areas) une information spatialisée de la pluie obtenue à partir d'un radar en bande X est évaluée. Deux radars étaient placés près de Collobrières dans le Sud Est de la France. Le premier est un radar en bande X à double polarisation (Hydrix®) associé à l'algorithme ZPHI®. Le second est un radar en bande S (Météo France). Les performances sur les estimations des lames d'eau du radar en bande X sont étudiées. La pertinence des lames d'eau obtenue avec les radars en bande S et en bande X diminue de manière significative à plus de 60 km des radars, en particulier pour le radar en bande X. Pour des distances entre 30 et 60 km, les radars en bande S et en bande X donnent des résultats similaires avec un critère de Nash de l'ordre de 0.8 pour le radar en bande X et de 0.75 pour le radar en bande S, lorsque l'on considère un pas de temps horaire. Le radar en bande X ne nécessite pas de recalage avec les mesures au sol, ce qui est utile pour des zones sans réseau de pluviomètres. Au vue de ces résultats, le projet Etat Région RHYTMME (Risques Hydro-météorologiques en Territoires de Montagne et Méditerranéens) prévoit la mise en place d'un réseau de 4 radars en bande X dans la zone alpine (les départements 04, 05 et 06). Cette zone est encore mal couverte par le réseau de radar ARAMIS (Météo France) mais nécessite des estimations de pluie pertinence pour les utiliser dans une modélisation hydrologique.

Mots clés : Estimation des lames d'eau, Radar en bande X, réseau radar.

Communication 7 : "Lame d'eau du radar bande X du MtVial (région PACA) dans le cadre du projet CRISTAL."

Emmanuel MOREAU
NOVIMET

Résumé

Le projet CRISTAL a pour objectif d'utiliser l'information de pluie radar météorologique dans une modélisation de débits pour une application opérationnelle en temps réel de prévision des crues des rivières alpines. Dans ce cadre, nous présenterons la lame d'eau radar Hydrix, son élaboration, les dernières améliorations (gestion de l'isotherme zéro, suivi automatique de l'étalonnage de la réflectivité), sa mise à disposition en temps réel, les comparaisons avec les mesures sols et enfin les futurs développements pour l'estimation de la neige.

Résumés Partie 2

-

Avancées en termes de modélisation hydrologique.

Communication 1 : "Que peut apporter le radar à la prévention des inondations par ruissellement ? Deux exemples en territoire rural."

Yves NEDELEC

Cemagref - Groupement d'ANTONY

Résumé

Les inondations ont généralement pour origine la proximité d'une rivière. Toutefois des précipitations importantes peuvent occasionner la submersion, par le ruissellement, de territoires à l'écart de tout cours d'eau. Les conséquences peuvent être tout aussi graves, et l'enjeu est de taille. Pourtant les connaissances sur ce type d'inondations restent modestes, tant la variété et le caractère imprévisibles des événements sont grands. A travers deux exemples, nous faisons ressortir des éléments utiles à l'analyse du phénomène, la prise en compte dans les règles d'aménagement de l'espace, ainsi que des questions à approfondir à travers de nouveaux programmes de recherche. Il apparaît que la mesure radar jouera un rôle primordial parmi ces éléments.

Communication 2: ""Use of precipitation radar in hydrologic modelling in Norway - perspectives for a new research project"

Kolbjørn ENGELAND

SINTEF Energy System, Norvège

Résumé

Ce projet est une coopération entre Sintef et Meteo Norway financé par le Norwegian Research Council et en association avec les producteurs d'hydroélectricité. Meteo Norway se concentrera sur l'utilisation de données radar assimilées sur des modèles météorologiques de prévision tandis que Sintef se concentrera sur l'estimation des pluies *via* des données de pluviomètres et radar optimisées. Nous emploierons les modèles espace-temps statistiques et emploierons des méthodes basées sur l'interpolation et la simulation.

Communication 3 : "Utilisation d'une information de pluie distribuée pour l'estimation des débits de crue par la méthode AIGA."

Catherine FOUCHIER, Pierre JAVELLE et Patrick ARNAUD

Cemagref - Groupement d'Aix-en-Provence

Résumé

L'objectif de cette présentation est de montrer l'apport d'une information de pluie spatialisée pour la modélisation des crues en site non-jaugé. Le modèle hydrologique mis en œuvre est un modèle distribué simple événementiel, où la pluie tombant sur chaque pixel est transformée à l'aide d'une fonction de production et transfert (type modèle GR du Cemagref). Dans un premier temps on s'intéresse à la capacité du modèle à retrouver l'information sur des bassins non jaugés. Ce travail a été testé sur les données de 60 événements de crue du BVRE du Réal Collobrier (70 km²). Dans ce cas, une pluie spatiale a été reconstituée par interpolation des pluviomètres au sol. Le modèle est alors calé à l'aide des débits mesurés à l'aval du bassin, et l'on contrôle ses performances sur des points jaugés plus en amont, mais n'ayant pas participé au calage. Ce premier point permet de justifier l'intérêt d'une modélisation distribuée, prenant en compte l'information spatiale de la pluie pour une utilisation en prévision des crues en site non-jaugé. Ce même modèle est ensuite appliqué de façon opérationnelle sur le quart Sud-Est de la France, où l'information spatiale sur la pluie est disponible depuis 2005 (mosaïque radar de Météo-France). Ses performances sont alors contrôlées sur un grand nombre de bassins (plus de 200). Dans cette seconde application les paramètres du modèle ne sont pas calés. On note alors l'importance de la connaissance des conditions initiales (état d'humidité des sols) et on propose l'utilisation d'un indice calculé en continu pour leur estimation. L'analyse des performances de cette application permet de juger la capacité du modèle à proposer des mises en alerte, sur l'ensemble du territoire, basées uniquement sur l'exploitation hydrologique de l'information des radars météorologiques.

Communication 4 : "Peut-on prendre explicitement en compte la variabilité spatiale de la pluie à une échelle inférieure à celle de la maille hydrologique ? "

Maria-Helena RAMOS¹, Vazken ANDREASSIAN¹, Marie BOURQUI^{1,2}, Julien LERAT^{1,3}, Annie RANDRIANASOLO¹, Charles PERRIN¹, Cécile LOUMAGNE¹

¹ Cemagref, Unité de Recherche HBAN, Antony, France

² Affectation actuelle : EDF-R&D Chatou, France

³ Affectation actuelle : CSIRO, Australie

Résumé

La modélisation globale de la transformation pluie-débit a souvent été considérée comme une approche qui néglige la variabilité spatiale des entrées météorologiques, puisque les variables de forçage ne sont ici considérées que par leurs valeurs moyennes spatiales (e.g., pluies de bassin) : *"(...) many models of the rainfall-runoff process (...) treat the precipitation input as uniform over the watershed and ignore the internal spatial variation of watershed flow."* (Chow *et al.*, 1988, *Applied Hydrology*, p.10). La variabilité moyenne des forçages météorologiques dans le temps et dans l'espace est cependant partiellement prise en compte dans les modèles globaux lors de leur calage (recherche de paramètres optimaux). En effet, les paramètres calés sur un bassin versant s'adaptent en partie à la diversité spatio-temporelle que l'on y retrouve. Ceci expliquerait, par exemple, que dans certains cas les modèles globaux restent performants sur une gamme variée d'événements de crue et s'avèrent adaptés à la simulation d'hydrogrammes de forme et dynamique diverses.

Avec le développement de techniques de mesure capables de fournir des entrées météorologiques au format grille (données radar, satellites), ainsi que l'utilisation de plus en plus courante de sorties de modèles météorologique par mailles de calcul (réanalyses, prévisions) ou de modèles de simulation stochastique pixélisés (champs pluviométriques simulés), des questions se posent en modélisation hydrologique :

- quelle est la meilleure résolution des entrées pour une performance optimale du modèle hydrologique (simulation de débits, notamment), sans pourtant compromettre le temps de calcul et trop complexifier la modélisation ?
- comment l'information délivrée par le modèle hydrologique peut-elle prendre en compte la variabilité spatiale des forçages météorologiques à une échelle inférieure à celle de la maille hydrologique ?

D'un côté, dans la littérature, les modèles hydrologiques distribués se présentent comme un outil privilégié pour examiner la première question et étudier la relation entre la résolution des entrées météorologiques et la précision des sorties hydrologiques. De l'autre côté, au regard de la deuxième question, on peut chercher à comprendre comment un modèle global, à l'échelle de la maille hydrologique, traduit l'information des entrées (pluie) et états (humidité des sols) qui se répartissent dans l'espace dans ses

sorties localisées à l'exutoire du bassin versant. La question se pose à toutes les échelles puisqu'il s'agit de la variabilité "sous-maille".

Dans ce contexte, cette présentation vise à offrir un aperçu des travaux menés au sein de l'équipe hydrologie du Cemagref Antony concernant l'impact de la variabilité spatiale de la pluie sur les débits modélisés à l'exutoire. Le but est de faire le point sur les éléments et résultats déjà examinés, ainsi que de réfléchir sur les chemins futurs à parcourir. Pour cela, nous nous focalisons sur les travaux concernant :

- a) *l'analyse de sensibilité des modèles à la variabilité spatiale des pluies* ^[1,2]
- b) *la recherche d'indicateurs permettant a priori de valoriser l'information pluviométrique spatialisée et l'étude de leurs impacts sur les critères de performance des modèles* ^[3]
- c) *la quantification du gain apporté par une spatialisation du modèle hydrologique GR, dans le cadre d'une approche semi-distribuée de la transformation pluie-débit (couplage hydrologie-hydraulique)* ^[4]
- d) *l'étude préliminaire de l'impact des prévisions probabilistes de pluies disponibles par mailles atmosphériques carrées sur la qualité des prévisions hydrologiques d'ensemble GR* ^[5].

¹ Loumagne, C., Michel, C., Palagos, B., Baudez, J.C., Bartoli, F. (1999). D'une approche globale vers une approche semi-distribuée en modélisation pluie-débit. *La Houille Blanche* (6), 81-88.

² Andréassian, V., Oddos, A., Michel, C., Anctil, F., Perrin, C., Loumagne, C. (2004). Impact of spatial aggregation of inputs and parameters on the efficiency of rainfall-runoff models: A theoretical study using chimera watersheds. *Water Resources Research* 40(5), W05209, doi:10.1029/2003WR002854.

³ Bourqui, M. (2008) *Impact de la variabilité spatiale des pluies sur les performances des modèles hydrologiques*. Thèse de Doctorat ENGREF, AgroParisTech, Cemagref, 250p + Annexes.

⁴ Lerat, J. (2009) *Quels apports hydrologiques pour les modèles hydrauliques ? Vers un modèle intégré de simulation de crues*. Thèse de Doctorat Université Pierre et Marie Curie, Cemagref, 190p + Annexes.

⁵ Randrianasolo, A. (2009) *Evaluation de la qualité des prévisions pour l'alerte aux crues*. Masters ENGREF, AgroParisTech, Cemagref, en cours.

Communication 5 : " Analyse multi-échelle d'évènements pluvieux à partir d'images radar."

Claire BOUSSARD, Daniel SCHERTZER

CEREVE, ENPC, France

Résumé

Les champs de précipitation sont des champs complexes, présentant une très grande variabilité sur une large gamme d'échelles spatio-temporelles. L'analyse multi-échelle permet de quantifier cette dynamique non linéaire grâce à la détermination de trois paramètres multifractals universels : H le degré de non conservation, $C1$ l'intermittence moyenne et α l'indice de multifractalité.

Une telle analyse a été menée sur des simulations numériques effectuées avec le modèle méso-NH et des images radar composite sur un évènement pluvieux de type Cévenol ayant eu lieu dans le sud de la France du 5 au 9 septembre 2009 (A.Gires, stage de M2). Cette étude a montré entre autres qu'il y avait une rupture de comportement scalant pour les deux types de données à une échelle comprise entre 15 et 40 km et que deux jeux de paramètres, à grande et petite échelle, devaient être déterminés. Afin d'élargir ces informations à d'autres types d'évènements pluvieux (autres que Cévenol) des analyses multifractales sont actuellement menées sur des images radar composite pour des épisodes pluvieux ayant affectés la région parisienne (11 janvier 2008, 13 février 2009, 09 février 2009, 29 octobre 2007). Les résultats préliminaires obtenus pourront être présentés lors du séminaire.

Liste des Participants

Nom	Etablissement	Courriel	Présentation
Andreassian Vazken	Cemagref - Antony	vazken.andreassian@cemagref.fr	
Ansart Patrick	Cemagref - Antony	patrick.ansart@cemagref.fr	
Bonnifait Laurent	LTHE	laurent.bonnifait@hmg.inpg.fr	
Bouilloud Ludovic	LTHE	ludovic.bouilloud@hmg.inpg.fr	
Boussard Claire	Cereve -ENPC	claire.boussard@cereve.enpc.fr	
Delrieu Guy	LTHE	guy.delrieu@hmg.inpg.fr	Partie 1
Diss Stephanie.	Cemagref - Aix	stephanie.diss@aix.cemagref.fr	Partie 1
Emmanuel Isabelle	LCPC	isabelle.emmanuel@lcpc.fr	
Ernie Yves	Météo France	Yves.ernie@meteo.fr	
Fouchier Catherine	Cemagref -Aix	catherine.fouchier@cemagref.fr	Partie 2
Garçon Remi	EDF	remy.garcon@edf.fr	Partie 1
Gottardi Frédéric	EDF	frederic.gottardi@edf.fr	Partie 1
Javelle Pierre	Cemagref -Aix	pierre.javelle@cemagref.fr	Partie 2
Kolbjørn Engeland	SINTEF	Kolbjorn.Engeland@sintef.no	Partie 2
Loumagne Cécile	Cemagref - Antony	cecile.loumagne@cemagref.fr	
Le Moine Nicolas	Cemagref - Antony	nicolas.le-moine@cemagref.fr	
Maugis Pascal	LSCE	pascal.maugis@lsce.ipsl.fr	
Moreau Emmanuel	NOVIMET	emoreau@novimet.com	Partie 1

Nom	Etablissement	Courriel	Présentation
Moulin Laetitia	Météo France	laetitia.moulin@meteo.fr	Partie 1
Nedelec Yves	Cemagref - Antony	yves.nedelec@cemagref.fr	Partie 2
Parent-du-chatelet Jacques	Météo France	jacques.parent-du-chatelet@meteo.fr	Partie 1
Perrin Charles	Cemagref - Antony	charles.perrin@cemagref.fr	
Rambaldelli Bruno	Météo France	Bruno.rambaldelli@meteo.fr	
Ramos Maria-Helena	Cemagref - Antony	maria-helena.ramos@cemagref.fr	Partie 2
Ribstein pierre	UMR Sisyphe	pierre.ribstein@upmc.fr	
Sarralde Réginald	SCHAPI	reginald.sarralde@schapi.ecologie.gouv.fr	
Schertzer Daniel	Cereve - ENPC	Daniel.schertzer@cereve.enpc.fr	
Soubeyroux Jean-Michel	Météo France	Jean-michel.soubeyroux@meteo.fr	
Tabary Pierre	Météo France	pierre.tabary@meteo.fr	
Talleg Gaëlle	Cemagref - Antony	gaelle.talleg@cemagref.fr	
Tangara Mamoutou	Cemagref - Antony	mamoutou.tangara@cemagref.fr	
Testud Jacques	CETP/NOVIMET	Jacques.Testud@cetp.ipsl.fr / jtestud@novimet.com	
Valery Audrey	Cemagref - Antony	Audrey.valery@cemagref.fr	