

## LES TERRITOIRES À ENJEUX



### La ville

#### La modélisation du climat urbain

Aude Lemonsu - CNRM/GMME

Les villes modifient les propriétés de surface et par conséquent, les échanges radiatifs, énergétiques, hydriques et aérauliques à l'interface entre la canopée urbaine et l'atmosphère. Des modèles spécifiquement dédiés à la paramétrisation des processus urbains sont apparus au début des années 2000 et ne cessent d'évoluer. La modélisation du climat urbain intervient désormais dans différents cadres d'application : (1) A l'échelle kilométrique pour la prévision numérique du temps, comme c'est aujourd'hui le cas avec AROME. (2) En recherche, jusqu'à l'échelle hectométrique pour simuler l'îlot de chaleur urbain, et la variabilité microclimatique entre quartiers associée aux hétérogénéités paysagères. (3) Et depuis peu, en modélisation climatique couplée afin de traiter les interactions entre climat régional et climat urbain.

#### Quantification du tissu urbain pour la modélisation du climat urbain

Robert Shoetter - CNRM/GMME

La spécificité du climat urbain est due à la modification du bilan d'énergie à l'interface surface-atmosphère par les villes. En ville il y a normalement moins d'évapotranspiration qu'en campagne, un stockage de chaleur important dans les matériaux de construction et des rejets de chaleur par les activités des habitants des villes. Les paramétrisations de ville comme TEB résolvent le bilan d'énergie surface-atmosphère en ville. Ces paramétrisations nécessitent des informations spatialisées sur le tissu urbain qui portent sur la morphologie (densité et hauteur des bâtiments, ...) les matériaux de construction (matériaux de couverture des toits, présence de matériaux isolants, ...) et les comportements énergétiques (pratiques de chauffage, climatisation, ...). La présentation porte sur notre stratégie pour quantifier le tissu urbain des villes en France à partir de données administratives comme la BD TOPO de l'IGN et le Recensement de la Population de l'INSEE, une classification des typologies architecturales et des questionnaires sur les comportements énergétiques. Notre planification pour une extension de nos travaux à des villes étrangères sera détaillée.

## **Projet CLUE : un environnement de modélisation du climat urbain optimisé pour les chargés d'études et les chercheurs. Etat d'avancement du projet.**

**Bernard Chapnik** - *DIRIC/EC* et **Béatrice Pouponneau** - *DSM/EC*

Ces dix dernières années ont vu se multiplier, au CNRM ou en régions, les études relatives aux conséquences météorologiques de projets urbains. D'autres encore ont émergé, relatives à l'impact du changement climatique sur une ville ayant éventuellement évolué.

En l'absence d'outils et de méthodologies uniformisés pour les traiter, les études de ce type sont généralement très consommatrices de ressources humaines, limitant leur nombre et restreignant leur accès aux opérateurs territoriaux les plus importants.

Le projet de recherche ACCLIMAT (CNRM, CERFACS, LRA, GEODE, AUA, <http://www.cnrm.meteo.fr/acclimat/>) mené à Toulouse en 2012 a mis en évidence l'intérêt d'une plateforme intégrant, entre autres, des modèles météorologiques (MESO-NH, SURFEX), un modèle d'évolution de la ville (SLEUTH\*) et un modèle d'évolution du bâti (GENIUS).

Le projet CLUE, initié en octobre 2016 et qui se prolongera jusqu'en fin 2018, se donne pour tâche la réalisation, sur la base de cet acquis, d'un outil dédié à la modélisation en météorologie urbaine comprenant une plateforme multi modèle analogue à celle développée pour ACCLIMAT, une IHM web permettant une conception facilitée des expériences, des outils diagnostics et graphiques ainsi qu'une documentation.

Cet outil, prochainement à disposition des bureaux d'études et de la recherche sera présenté, ses performances attendues seront détaillées. Le plan prévu de déploiement de la plateforme et des formations qui y seront associées seront discutés.

## **Ville et changement climatique**

**Cécile De Munck** - *CNRM/GMME*

Le réchauffement climatique au sens large et la recrudescence d'événements extrêmes peuvent avoir des conséquences écologiques, sanitaires et économiques dramatiques à l'échelle des écosystèmes urbains qui sont des territoires d'autant plus vulnérables qu'ils concentrent population, infrastructures et activités socio-économiques. De ce constat découle le besoin de mieux connaître les processus physiques qui caractérisent ces écosystèmes, et d'être en mesure, à la fois, de caractériser leur vulnérabilité face au changement climatique, et d'évaluer l'efficacité de stratégies d'adaptation pour réduire leur vulnérabilité. Les nombreux projets de recherche interdisciplinaires menés sur ces thématiques permettront de dresser un état des lieux des stratégies et méthodologies qui peuvent être mises en œuvre actuellement et des conclusions générales à retenir. Les perspectives de recherche seront présentées, notamment le développement des outils et la généralisation des méthodologies à des villes étrangères.

## **Les aéroports**

### **Programme de recherche pour l'amélioration de la prévision du brouillard sur aéroport**

**Alain Dabas** - *CNRM/GMEI*

Des progrès ont été réalisés ces dernières années dans les domaines de la modélisation et de l'observation qui laissent espérer une amélioration de la prévision des conditions de basse visibilité sur aéroport. Un programme de recherche a été lancé au CNRM visant à tester la capacité d'un AROME à 500m de résolution de prévoir le brouillard, à améliorer ses paramétrisations physiques et à évaluer l'apport d'observations permises par de nouveaux instruments de mesure.

Ce programme s'appuie sur une campagne de mesure dans le Sud-Ouest de la France pendant l'hiver 2019-2020.

### **Cisaillement de vent sur aéroport**

**Olivier Traullé** - *DSO/DOA*

L'aéroport de Clermont-Ferrand Auvergne est listé par la DSNA comme subissant régulièrement du cisaillement de vent dans l'axe d'approche des avions du fait de l'orographie et de la configuration particulière de la piste. DSO/DOA, à la demande de DSM/Aéro, a lancé une expérimentation en 2016, en collaboration avec la DIRCE. Le projet a réellement débuté en 2017 avec le déploiement à Aulnat d'un système instrumental consistant en un radar profileur de vent UHF complété par des antennes verticales tirant dans le cône ILS. Les principaux objectifs sont d'évaluer la capacité du profileur de vent à détecter les cisaillements, axiaux et transverses, de les anticiper, tout en essayant de mieux comprendre les mécanismes conduisant à ce phénomène à l'échelle locale. Au cours de l'hiver 2017-2018, le CNRM/GMEI a installé sur site un Lidar vent à balayage Doppler pour valider les mesures UHF. Une version haute résolution AROME devrait permettre d'explorer les événements recensés (CNRM/GMAP). Enfin, des analyses sur la période 2017-2018 en cours permettront de conclure sur l'intérêt pour l'Aéronautique de maintenir ou non le radar en place.

### **Expérimentation AROME 500 mètres autour de l'aéroport de Clermont-Ferrand**

**Yann Seity** - *CNRM/GMAP*

Une expérimentation est en cours autour de l'aéroport de Clermont-Ferrand, pour laquelle des simulations AROME à 500m de résolution horizontale sont réalisées. La problématique est celle de la détection et de la prévision du cisaillement de vent dans les basses couches, problématique pour les avions en phase de décollage/atterrissage. Un RADAR UHF est en test sur le site. Il sera comparé aux simulations AROME opérationnelles (à 1.3km) et expérimentales (à 500m). Des expérimentations numériques ont aussi été réalisées afin d'estimer l'apport d'un tel instrument pour les prévisions des modèles.

### **PEIP, le modèle de température et contaminants de pistes d'aéroport et ses dernières évolutions.**

**Pauline Jaunet** - *DSM/AERO*

Un modèle de prévision de l'état de surfaces des pistes d'aéroports a été développé pour les besoins de plate-forme aéronautiques à partir de la chaîne de prévision d'état de chaussée. Il donne la température des pistes ainsi que la hauteur d'eau, de glace, de neige sur piste. Les prévisions sont rafraîchies toutes les heures et s'échelonnent jusqu'à une échéance de trente heures. Une bonne prévision de la température des pistes est cruciale pour la gestion des opérations sur plate-forme aéronautique, en particulier en période de viabilité hivernale. Afin que les données mises à disposition soient à la hauteur de ces exigences, des évolutions du modèle PEIP et de l'interface graphique proposée aux prévisionnistes et utilisateurs aéronautiques ont été effectuées durant la dernière période de viabilité hivernale.

## **Impact du changement climatique sur la plateforme aéroportuaire Roissy-CDG en période de viabilité hivernale.**

**Frédéric Long et Raphaëlle Kounkou-Arnaud - *DIRIC/EC***

Le Pôle Viabilité Hivernale d'Aéroports De Paris-Roissy a souhaité disposer d'informations relatives aux impacts du changement climatique sur la plate-forme aéroportuaire Roissy-CDG, en vue d'une réflexion sur le renouvellement total ou partiel du parc technique dédié à la viabilité hivernale (VH) et sur le dimensionnement des infrastructures. L'horizon souhaité était entre 2030 et 2050, pour tenir compte à la fois des renouvellements programmés du matériel et de leur durée de vie. L'étude proposée s'est donc appuyée sur les données du climat passé et les données disponibles sur la plateforme Drias : indicateurs climatiques à l'échelle annuelle mais également à des échelles saisonnières et mensuelles, afin de bien mettre en évidence l'impact des évolutions climatiques sur la période opérationnelle de veille hivernale, à partir de paramètres standards mais aussi spécifiques (neige) ou combinés (risque de glace au sol, risque de givrage).

## **Le littoral**

### **Nearshore video-based monitoring**

**Erwin Bergsma - *LEGOS***

This talk focusses on the use of a video-based remote sensing technique to obtain nearshore depth profiles and ultimately capturing storm morphology. Video-data has been collected over a period of 1.5 years and covers one of the most energetic European winters ever measured (2013-2014). The video-data is used to invert depths in the nearshore every hour. A spectral technique to determine wave number and frequency is used to estimate celerity and invert to depth using the linear dispersion relation for free surface waves. With conventional methods, depth measuring instruments won't last under extremely powerful wave conditions during storms. The application of this video-based remote sensing technique during storms give a first quantitative measure for storm morphology. In addition, the 1.5 year hourly bathymetries result in a unique dataset of nearshore morphology under calm and extreme storm conditions, the data shows great morphological impact (erosion) of the extreme winter and subsequent recovery.

### **Observation et modélisation de l'hydrodynamique récifale à La Réunion**

**Emmanuel Cordier - *OSU-Réunion***

Les travaux présentés s'intéressent aux conditions de transfert d'énergie de la houle du large vers la côte au travers d'un récif corallien frangeant à La Réunion. Le récif joue-t-il son rôle protecteur en servant de filtre passe-bas ? Quel est le rôle du récif sur les vagues qui atteignent la côte et sur le setup ?

Cette étude présentera les premiers résultats obtenus en observation et en modélisation ainsi que les perspectives dans le cadre de programmes de recherche européens.

## **Le modèle CROCO : cas d'étude sur le delta du Mekong**

**Rachid Benshila** - *LEGOS*

Le delta du Mekong est la troisième zone de delta au monde. Il a représenté un apport en sédiment important depuis l'holocène qui a conduit à la formation de la péninsule sud-vietnamienne. Cependant, depuis les années 1970, la ligne de côte sud vietnamienne a été fortement érodée. Cette étude vise à caractériser les facteurs d'érosion et à faire la part entre variabilité naturelle et pression anthropique.

## **Les interactions vagues/courants en zone côtière**

**Lotfi Aouf** - *DIROP/MAR*

A l'approche de la côte, les vagues subissent des effets cinématique et dynamique liés principalement à la présence de courants de surface et à la diminution de la profondeur d'eau. Dans cette présentation nous montrerons les récents développements effectués à DirOP/MAR pour améliorer de la prévision des vagues en côtier. Nous analyserons l'impact des interactions vagues/courants pour les cas de tempêtes en manche.

Les vents en côtier ont une forte variabilité et leur qualité constitue une source d'incertitude significatif sur la prévision des vagues près des côtes. Dans ce contexte nous montrerons des résultats sur l'utilisation des vents à haute résolution issus de radar à ouverture synthétique (SAR) du satellite Sentinel-1 pour améliorer la prévision des paramètres intégrés de l'état de la mer en Méditerranée. Dans cette présentation nous montrerons l'impact lié à l'utilisation d'un système couplé océan/vagues sur les côtes européennes (domaine Iberian Biscay Irish). Les résultats ont montré un impact positif sur les paramètres clés comme la température et les courants de surface et l'élévation de surface. Nous analyserons un exemple d'amélioration de la surcote pendant un événement de tempête en 2014.

Par ailleurs nous discuterons l'apport de l'assimilation des données altimétriques dans un modèle de vagues côtier. Des exemples d'impact seront montrés pour les cas de vigilance vagues submersion.

## **Vers une prévision intégrée en Méditerranée : impact des rivières et couplage atmosphère-vagues-océan**

**Cindy Lebeaupin** - *CNRM/GMME*

La région méditerranéenne est régulièrement touchée par des épisodes de fortes précipitations avec des cumuls de pluie dépassant les 100 mm en moins de 24 heures. Ces pluies induisent fréquemment des crues rapides et inondations. Le fort vent marin souvent associé, en plus d'alimenter les systèmes précipitants, perturbe la circulation océanique superficielle en zone côtière et peut provoquer de fortes vagues ainsi qu'une surcote qui s'oppose alors à l'écoulement des rivières en crue. Ce travail vise à mieux comprendre et modéliser les interactions entre les trois compartiments terrestres - l'atmosphère, l'océan et l'hydrologie continentale - qui interviennent pendant ces épisodes de fortes précipitations, à partir de simulations couplées à résolution kilométrique. Tout d'abord, l'impact d'un forçage réaliste de débit des fleuves sur le compartiment océanique a été examiné. Les résultats montrent une forte sensibilité de la couche océanique superficielle en salinité, mais aussi en température. Les conséquences possibles pour la prévision seront exposées pendant la présentation, ainsi que les futurs développements du système couplé qui visent désormais à inclure un modèle de vagues.

## La mer monte

David Salas - CNRM/GMGEC

Pratiquement stable en moyenne sur les deux derniers millénaires, le niveau moyen des mers a augmenté d'environ 0,2 m depuis le début du XXe siècle. Depuis le début de la période altimétrique en 1993, la hausse est proche de 3 mm/an. Elle est désormais bien expliquée par les contributions de différents processus (dilatation, fonte des glaces continentales et transferts d'eaux liquides continentales vers les océans) évaluées de manière indépendante. Cette compréhension des composantes de la hausse du niveau marin sur la période récente permet de fournir des projections pour le futur. Ainsi, selon le 5e rapport du Giec (2013), le niveau des mers devrait être plus élevé de 0,26 à 0,98 m en 2100 par rapport à la référence 1986-2005, tous scénarios climatiques confondus. Depuis, il a été suggéré que la déstabilisation de l'Antarctique pourrait élever le niveau des océans d'un mètre supplémentaire dans le cas du scénario RCP8.5. Il apparaît désormais que l'évolution future de la calotte glaciaire antarctique représente la principale source d'incertitude dans l'évaluation de la hausse du niveau marin pour les siècles à venir. Face à la menace que cette évolution possible fait peser sur la plupart des régions côtières, l'amélioration de la représentation de la calotte antarctique dans les modèles de climat est un enjeu scientifique majeur.

## Poster : **DIRAG. R&D sur les états de mer aux Antilles Guyane : études en cours, difficultés et enjeux dans le contexte du changement climatique**

L'année 2016 a été marquée par le déploiement en outremer d'une nouvelle génération de modèles développés dans le cadre du projet Homonim. Cette opportunité a été saisie par DIRAG-EC pour renforcer ses compétences sur le volet mer avec le soutien de Dirop/Mar. Depuis, cet effort a été poursuivi et permet aujourd'hui de commencer à apporter des réponses adaptées aux enjeux littoraux aux Antilles-Guyane. Les conséquences du changement climatique, la submersion à fine échelle et la prévision probabiliste constituent les principaux axes de travail qui seront approfondis dans les années à venir. Ces travaux, adossés au projet Homonim, continueront de bénéficier des progrès des productions opérationnelles, des collaborations avec les autres DIROM, ainsi que des synergies trouvées avec les acteurs scientifiques des Antilles-Guyane.

## La montagne

### Nouvelles perspectives sur l'exploitation des données radar polarimétriques en montagne

Nan Yu et Tony Le Bastard - DSO/CMR

La mesure des précipitations en milieu montagneux est particulièrement complexe. Afin d'améliorer la qualité de lame d'eau estimée, Météo-France a déployé un réseau de radars double polarisation en bande X (projet RHyTMME) sur les Alpes. Cependant, d'importantes difficultés inhérentes à la mesure radar persistent : altitude de la mesure, masques, variabilité spatio-temporelle des précipitations, bande brillante...

Au sein de la chaîne de traitement des données radar SERVAT, différentes corrections sont ainsi appliquées. Dans ce cadre, des travaux d'évaluation de l'atténuation du faisceau dans la couche de fusion et de la structure verticale des précipitations ont été menés. Ils s'appuient sur les données du radar opérationnel de Moucherotte (1913m) et de celui de l'IGE situé plus bas dans la vallée, à Grenoble (226m). Par ailleurs, aujourd'hui peu exploités, les profils de précipitation simulés par le

modèle AROME et s'appuyant sur des processus microphysiques complexes, sont susceptibles d'apporter un complément d'information essentiel pour l'évaluation de la lame d'eau au sol.

### **3P et la prévision en montagne**

**Lucie Gonard** – *DIROP/MPA*

La présentation se compose de 3 parties:

- un rappel sur la production généraliste actuelle (centrée sur le secteur de la Montagne);
- une courte présentation de 3P;
- les difficultés présentées par le secteur de la Montagne dans le cadre de 3P.

### **Dynamique à fine échelle en terrain complexe et impact sur les phénomènes à enjeux**

**Alexandre Paci** - *CNRM/GMEI*

Une thématique de recherche est développée au CNRM depuis quelques années sur les écoulements locaux en terrain complexe et leur impact sur différents phénomènes à enjeux: qualité de l'air dans la vallée de l'Arve; températures minimales extrêmes en Cerdagne; brouillard dans des vallons du nord-est de la France ou anglais; cisaillements de vent sur l'aéroport de Clermont-Ferrand ou encore échanges entre une zone de montagne et la zone de plaine (campagne en cours dans la vallée de l'Aure).

Cette présentation donnera un aperçu des différents travaux en cours ainsi que de ceux prévus sur le sujet.

### **Montagne et changement climatique**

**Samuel Morin** - *CNRM/CEN*

Le changement climatique en montagne s'exprime spécifiquement par rapport à d'autres territoires. D'une part, le relief induit une réaction météorologique et climatique spécifique, lié en partie à la présence de neige et de glaciers, et des rétroactions locales qui y sont associées. D'autre part, les secteurs socio-éco systémiques de montagne sont assez spécifiques, qu'il s'agisse d'enjeux de risques naturels (risques gravitaires, y compris avalanches), mais aussi d'écosystèmes de montagne, de ressources en eau et de tourisme (notamment hivernal). La présentation récapitulera l'état des connaissances à ce sujet, ainsi que les projets en cours. Cette présentation sera aussi l'occasion de présenter les outils et informations disponibles à Météo-France pour répondre aux sollicitations internes et externes à ce sujet.