

HyMeX : UNE CAMPAGNE DE MESURES POUR MIEUX PREVOIR LES EVENEMENTS EXTREMES DU POURTOUR MEDITERRANEEN

Conférence de presse
Jeudi 30 août 2012, à Paris

Contacts presse

CNRS | Laetitia Louis & Priscilla Dacher | T 01 44 96 51 37 / 46 06 | presse@cnrs-dir.fr

Météo-France | Anne Faye & Anne Orlac | T 01 77 94 71 32 / 36 | presse@meteo.fr



Sommaire

Les intervenants

Communiqué de presse « HyMeX : une campagne de mesures pour mieux prévoir les événements extrêmes du pourtour Méditerranéen »

Pourquoi s'intéresser à la Méditerranée ?

L'essentiel sur HyMeX

Focus sur la campagne de l'automne 2012

Éléments de référence sur les épisodes méditerranéens

HyMeX s'inscrit dans le programme MISTRALS dédié à la compréhension du bassin méditerranéen

Les principaux partenaires

Visuels disponibles





Les intervenants



Véronique Ducrocq est chercheur à Météo-France. Elle dirige depuis 2009 le groupe de recherche en météorologie de moyenne échelle au Centre national de recherches météorologiques (CNRM-GAME, Météo-France/CNRS). Elle est à l'initiative du programme HyMeX qu'elle coordonne avec Philippe Drobinski. Depuis le début de sa carrière, ses recherches ont porté sur la dynamique des orages des latitudes tempérées et leur prévisibilité. Les événements de pluie intense et crues rapides en Méditerranée sont au cœur de ses travaux. Elle a notamment étudié tous les événements majeurs qui sont survenus dans le sud de la France ces dernières années et mis en évidence différents mécanismes de formation des systèmes fortement « précipitants ». A travers son expertise en modélisation atmosphérique et assimilation de données, elle contribue aux avancées des modèles de prévision numérique du temps de Météo-France. Elle est membre du comité scientifique international du Programme de recherche sur la prévision du temps de l'Organisation mondiale de la météorologie.

Contact

T 05 61 07 96 02 / Veronique.ducrocq@meteo.fr



Philippe Drobinski est directeur de recherche CNRS au Laboratoire de météorologie dynamique (IPSL¹, CNRS/Ecole Polytechnique/ENS/UPMC) et professeur chargé de cours à l'Ecole Polytechnique. Ses travaux de recherche portent sur l'étude des processus dynamiques de la couche limite atmosphérique, de leur variabilité et évolution dans un contexte de changement climatique. Il est auteur ou co-auteur de plus de 90 articles dans des revues internationales et de chapitres d'ouvrage. Il est responsable du pôle « Climats et environnements régionaux » au sein de l'IPSL et coordonne au niveau international le projet HyMeX avec Véronique Ducrocq.

Contact

T 01 69 33 51 42 / philippe.drobinski@lmd.polytechnique.fr

¹ Institut Pierre-Simon Laplace



Directeur de recherche au CNRS, **Herlé Mercier** travaille au Laboratoire de physique des océans (CNRS / Ifremer / IRD / UBO). Ses recherches portent essentiellement sur l'observation de la variabilité des masses d'eau en Atlantique Nord, son principal objectif étant d'expliquer ces phénomènes afin d'espérer mieux les prédire. Elles s'inscrivent dans le projet international CLIVAR² qui étudie la variabilité naturelle du climat et les changements dus à l'activité humaine. Herlé Mercier participe régulièrement à des campagnes sur le terrain. Il préside le comité d'évaluation du programme interdisciplinaire MISTRALS³ dans le domaine de l'océan-atmosphère.

Contact

T 02 98 22 42 86 / herle.mercier@ifremer.fr



Isabelle Taupier-Letage est chargée de recherche CNRS à l'Institut méditerranéen d'océanologie (Aix-Marseille Université/CNRS/IRD/Université du Sud Toulon-Var). Océanographe, elle participe à la révision des schémas de circulation des masses d'eau en Méditerranée. Elle s'intéresse en particulier à l'impact des tourbillons du courant algérien et du courant libyo-égyptien. Elle supervise des programmes d'acquisition de mesures temporelles de température et de salinité, l'objectif étant d'établir l'évolution à long terme des masses d'eau en Méditerranée. Dans le cadre d'HyMeX, elle coordonne les moyens déployés à la mer.

Contact

T 04 94 30 49 13 / isabelle.taupier-letage@univ-amu.fr



Directeur de recherche CNRS, **Guy Delrieu** travaille au Laboratoire d'étude des transferts en hydrologie et environnement (CNRS/Grenoble INP/IRD/Université Joseph Fourier). Ce docteur-ingénieur en sciences de l'eau s'intéresse à l'étude de la variabilité spatio-temporelle des pluies intenses et à leur impact sur les hydro-systèmes montagneux et/ou urbains. En particulier, il a été l'un des investigateurs français sur l'utilisation du radar météorologique pour les applications en hydrométéorologie et en hydrologie. Il co-coordonne l'Observatoire hydrométéorologique méditerranéen Cévennes-Vivarais (OHM-CV) qui fédère en France les compétences pluridisciplinaires de douze équipes de recherche sur les pluies intenses et les crues éclair méditerranéennes. L'OHM-CV est l'un des piliers de la stratégie d'observation d'HyMeX : un système d'observation spécifique, fondé sur des emboîtements de bassins versants, a été mis en place dans les Cévennes. De plus, une méthodologie de retours d'expérience a été développée au cours de ces dernières années. Elle sera mise en œuvre pendant la période d'observations renforcées (EOP) d'HyMeX afin de maximiser la collecte d'information « hydro-sociologiques » sur les événements extrêmes, là où ils se produisent, et non seulement là où nous disposons de systèmes d'observation riches.

Contact

T 04 76 82 50 53 / guy.delrieu@ujf-grenoble.fr

² Créé en 1995 par le Programme mondial de recherche sur le climat, voir <http://www.wmo.ch/pages/prog/wcrp/wcrp-index.html>

³ MISTRALS est un programme dédié à la compréhension du fonctionnement du bassin Méditerranéen au sein duquel s'inscrit HyMeX. MISTRALS rassemble actuellement 13 partenaires : CNRS, IRD, Ademe, BRGM, CEA, Cirad, Irstea, CNES, Ifremer, IFP, Inra, IRSN, Météo-France. Voir <http://www.mistrals-home.org>



www.cnrs.fr



COMMUNIQUÉ DE PRESSE NATIONAL | PARIS | 30 AOUT 2012

HyMeX : lancement d'une campagne de mesures intensives pour mieux prévoir les événements extrêmes du pourtour méditerranéen

Coordonné par Météo-France et le CNRS, le programme international de recherche HyMeX vise à améliorer la compréhension du cycle de l'eau en Méditerranée afin notamment d'améliorer la prévision des risques hydrométéorologiques (pluies intenses et crues rapides, vents violents, sécheresses), qui provoquent de façon récurrente d'importants dégâts sur tout le pourtour méditerranéen. Il rassemble près de 400 scientifiques d'une vingtaine de pays. La première campagne de mesures intensives débutera le 5 septembre 2012. Jusqu'au 6 novembre, près de 200 moyens d'observation (avions, bateaux, radars...) seront déployés dans les airs, la mer et sur terre pour collecter le maximum de données sur toute la Méditerranée nord-occidentale, en France, en Italie et en Espagne.

Les pays du pourtour méditerranéen sont régulièrement confrontés en automne à des épisodes de fortes pluies et à des crues rapides qui mettent en danger les populations et peuvent occasionner de très importants dommages matériels. Le Midi de la France est fréquemment affecté par ces crues : on se souvient notamment des inondations qui avaient touché Vaison-la-Romaine (Vaucluse) en septembre 1992, le Gard en septembre 2002, ou encore le Var en juin 2010. L'Italie, l'Espagne et les pays d'Afrique du Nord connaissent le même phénomène. Le bassin méditerranéen est de plus une région clé sur le plan climatique. Dans son dernier rapport (2007), le GIEC¹ indique qu'il pourrait connaître une recrudescence des épisodes de sécheresses dans les décennies à venir. La fréquence des phénomènes hydrométéorologiques violents pourrait aussi augmenter. Du fait de la forte urbanisation et de la rareté en eau potable², ces changements pourraient avoir des conséquences environnementales, sociétales, économiques et politiques considérables.

Dans ce contexte, une bonne anticipation des événements hydrométéorologiques extrêmes apparaît cruciale. A ce jour, la simulation de leur évolution à différentes échelles de temps (de la journée au siècle) reste limitée. Les scientifiques manquent en effet de données d'observation et leur compréhension des processus et interactions entre l'atmosphère, la mer et les surfaces continentales demeure partielle.

En associant un très vaste programme d'observation à des travaux de modélisation, le programme HyMeX a pour ambition de progresser dans ces domaines. Pour décrypter le cycle de l'eau en Méditerranée, près

¹ Groupe d'expert intergouvernemental sur l'évolution du climat

² La moitié de la population mondiale pauvre souffrant de pénurie en eau habite sur le pourtour du bassin Méditerranéen.



www.cnrs.fr



de 400 scientifiques issus d'une vingtaine de pays³ et spécialisés dans les domaines des sciences de l'atmosphère, de l'océanographie, de l'hydrologie continentale et des sciences humaines et sociales ainsi que des acteurs opérationnels comme les services météorologiques et hydrologiques participent au programme HyMeX.

Lancé en 2010, HyMeX va se poursuivre jusqu'en 2020. La première campagne de mesures intensives se déroulera du 5 septembre au 6 novembre 2012. Une vaste panoplie de moyens d'observation sera déployée en Méditerranée nord-occidentale : mesures aéroportées, radiosondages, ballons dérivants, mesures océaniques à partir de bateaux, gliders et bouées dérivantes. En parallèle les mesures depuis le sol seront renforcées sur huit sites en France, en Italie et en Espagne grâce à la mise en place d'instruments de mesures atmosphériques et hydrologiques (radars, lidars, profileurs de vent, radiomètres, détecteurs de foudre...).

D'une envergure sans précédent en Méditerranée nord-occidentale, la campagne de l'automne 2012 permettra d'engranger des données, notamment sur les zones encore peu couvertes. Ces nouvelles données contribueront à affiner la représentation des processus dans les modèles climatiques et de prévision mais aussi à améliorer l'utilisation des données observées dans ces modèles. Cette première campagne sera également un banc d'essai pour tester de nouveaux systèmes de prévision météorologique.

Une deuxième campagne, prévue du 1^{er} février au 15 mars 2013 dans le Golfe du Lion, sera axée sur la formation des eaux denses en mer Méditerranée.

HyMeX s'inscrit dans le programme interdisciplinaire MISTRALS⁴, dédié à la compréhension du fonctionnement du bassin Méditerranéen.

Le programme HyMeX est financé en France par le CNRS, Météo-France, le CNES, Irstea, l'Inra, le programme blanc de l'ANR et la collectivité territoriale de Corse. Il bénéficie également de soutiens européens et internationaux.

Autres partenaires français : IRD, IFSTARR, IFREMER, IGN, BRGM, CEA, ONERA, Mercator-Océan, Météorage, Universités d'Aix-Marseille, Avignon, Clermont-Ferrand, Corse, Grenoble, Littoral Côte d'Opale, Montpellier, Nice Sophia-Antipolis, Perpignan, Pierre et Marie Curie, Polynésie Française, Sud Toulon-Var, Toulouse, Versailles-Saint Quentin ainsi que l'Ecole des Mines d'Alès, INP Toulouse et Grenoble INP, l'Ecole nationale supérieure des techniques avancées.

Contacts presse

CNRS | Laetitia Louis & Priscilla Dacher | T 01 44 96 51 37 / 46 06 | presse@cnrs-dir.fr
Météo-France | Anne Faye & Anne Orliac | T 01 77 94 71 32 / 36 | presse@meteo.fr

³ Notamment la France, l'Italie, l'Espagne, l'Allemagne, l'Algérie, l'Autriche, la Croatie, la Grèce, la Hongrie, le Maroc, les Etats-Unis, Israël, les Pays-Bas, le Royaume-Uni, la Serbie, la Suisse, la Tunisie, la Turquie.

⁴ MISTRALS rassemble actuellement 13 partenaires : CNRS, IRD, Météo-France, Ademe, BRGM, CEA, Cirad, Irstea, CNES, Ifremer, IFP, Inra, IRSN.



Pourquoi s'intéresser à la Méditerranée ?

Une région soumise à des aléas hydrométéorologiques extrêmes, difficiles à prévoir

La Méditerranée est une mer presque fermée, dont le pourtour présente un relief marqué. Ces singularités sont propices au développement **d'évènements extrêmes** (pluies intenses et crues, vents violents, sécheresses) dont les conséquences sont aggravées par **l'augmentation de l'urbanisation** du littoral. A titre d'exemple, les inondations d'Alger en novembre 2001 ont fait plus de 800 morts, celles du Gard en septembre 2002, 24 victimes ainsi que 1,2 milliard d'euros de dommages.

A ce jour, la capacité de prévision de ces évènements hydrométéorologiques et la simulation de leur évolution avec le changement climatique restent limitées. Les scientifiques manquent en effet de données d'observation et leur compréhension des processus et interactions entre l'atmosphère, la mer et les surfaces continentales lors de ces évènements, demeure partielle.

Un hot-spot du changement climatique

Une région est qualifiée de « hot-spot » du changement climatique lorsque les effets attendus de ce changement sont particulièrement marqués ou bien que ses impacts sur l'environnement ou différents secteurs d'activité risquent d'être très prononcés.

La Méditerranée cumule ces deux caractéristiques. Les modèles climatiques s'accordent sur **un assèchement et un réchauffement futurs importants** à l'échelle du bassin. Le nombre et la durée des vagues de chaleur et des sécheresses pourraient ainsi augmenter dans les décennies à venir. **Ces évolutions exerceront une pression forte sur les ressources en eau**, déjà durement sollicitées : le pourtour méditerranéen regroupe aujourd'hui plus de la moitié de la population mondiale qualifiée de « pauvre en eau ». Les scientifiques estiment aussi que le changement climatique modifiera la circulation océanique en Méditerranée et plus particulièrement la formation d'eaux denses, moteurs de cette circulation. Les eaux denses se forment sous l'effet des coups de vent répétés (mistral et tramontane dans le Golfe du Lion) : à cause du brassage éolien, les eaux en surface deviennent plus froides et leur salinité augmente par évaporation. A la fin de l'hiver, ces eaux de surface plus denses peuvent plonger jusqu'au fond de la mer, et y apporter de l'oxygène, alors que les substances nutritives, abondantes dans le fond, sont remontées vers la surface. Ce phénomène, dont l'occurrence et l'amplitude sont très variables d'une année sur l'autre, influence largement la dynamique des écosystèmes marins, la chaîne alimentaire marine et les ressources de pêche. Celles-ci pourraient donc être significativement impactées par le changement climatique.

La Méditerranée figure parmi les « hot-spots » du changement climatique les plus marqués au monde. Mais les effets du changement climatique à l'échelle locale y sont encore mal décrits, notamment en raison d'une représentation parcellaire des processus et des interactions mis en jeu dans les modèles climatiques.



L'essentiel sur HyMeX

Lancé en 2010, le programme HyMeX se poursuivra jusqu'en 2020. Il cherche à améliorer la compréhension et la modélisation du cycle de l'eau en Méditerranée, avec un intérêt particulier pour les événements hydrométéorologiques intenses qui touchent le pourtour méditerranéen.

Pour progresser sur ces questions, la stratégie d'HyMeX est d'observer et de modéliser le système atmosphère / mer / surfaces continentales ainsi que sa variabilité à des échelles de temps allant de quelques heures à plusieurs années.

Chiffres-clés

- Programme sur 10 ans
- Plus de 400 scientifiques (chercheurs, ingénieurs, techniciens) dont 300 sur le terrain
- Une vingtaine de pays
- Financement (2010-2014) : plus de 8 millions d'euros (dont 2 millions d'euros financés par le programme MISTRALS depuis 2010)
- Contribution française en personnel (2010-2014) : environ 22 millions d'euros
- Près de 200 instruments déployés pendant la campagne intensive d'automne
- 11 modèles climatiques couplés utilisés pour effectuer des simulations climatiques régionales
- 25 modèles atmosphériques, hydrologiques ou océaniques fournissant des prévisions pour la réalisation de la campagne intensive d'automne

Une stratégie d'observations multi-échelles...

Le programme HyMeX repose sur un vaste volet d'observations simultanées de l'atmosphère, de la mer et des surfaces continentales, qui se décline en trois phases :

- Une **longue période d'observation (LOP) sur tout le bassin méditerranéen**, qui a débuté en 2010 et se poursuivra jusqu'en 2020. Elle vise à étudier la variabilité saisonnière et annuelle des événements hydrométéorologiques et à réaliser des bilans sur le transport et les transformations (évaporation, condensation) de l'eau. Les données des réseaux d'observation opérationnels et des observatoires de recherche existants répartis sur tout le bassin sont collectées et mises à disposition des scientifiques. Des mesures sont aussi effectuées régulièrement afin d'assurer un suivi sur les dix ans des caractéristiques de la mer Méditerranée et des surfaces continentales (végétation, débits...).
- Une **période d'observations renforcées (EOP) dans trois régions (bassin nord-occidental, bassin sud-oriental, mer Adriatique)**. Elle consiste à renforcer par des mesures spécifiques les réseaux opérationnels et de recherche existants. Par exemple, des observations sont effectuées depuis des navires marchands et des bassins versants sont instrumentés (notamment sur le Gard et l'Ardèche). L'objectif est d'étudier le bilan d'eau et certains processus couplés atmosphère / mer / surfaces continentales susceptibles de jouer un rôle important dans la formation de phénomènes hydrométéorologiques extrêmes. Ces observations sont collectées depuis septembre 2011 et se poursuivront jusqu'en août 2015, avec un renfort de moyens déployés de septembre 2012 à novembre 2013.

- Enfin, le cœur du dispositif HyMeX : **deux périodes d'observations spéciales (SOP) dans le bassin nord-occidental** de plusieurs semaines chacune. Cette zone présente l'avantage de regrouper la majorité des objets d'étude d'HyMeX : pluies intenses et crues rapides (fréquentes sur les Cévennes mais susceptibles d'affecter toutes les régions de l'arc méditerranéen), vents forts et convection océanique (Golfe du Lion), grand fleuve (Rhône) et rivières coulant par intermittence (nombreuses notamment dans les Cévennes), etc. Ces deux campagnes sont dédiées essentiellement à des études de processus qui requièrent le déploiement d'instruments de recherche spécifiques, embarqués à bord d'avions, de bateaux, de ballons, etc. **La première, organisée du 5 septembre au 6 novembre 2012, s'intéressera aux événements de pluies intenses et aux crues rapides.** La seconde, prévue du 1^{er} février au 15 mars 2013, sera axée sur la formation d'eaux denses dans le Golfe du Lion sous l'effet des vents régionaux comme le mistral et la tramontane.



Carte du bassin méditerranéen ©P. Drobinski / CNRS

... pour mieux modéliser les épisodes hydrométéorologiques extrêmes et améliorer leur prévision

Une des originalités d'HyMeX est de s'intéresser simultanément à l'atmosphère, à la mer et aux surfaces continentales. Les données récoltées pendant les différentes périodes de mesures seront utilisées pour **affiner la représentation des processus couplés aussi bien dans les modèles de prévision du temps que dans les modèles climatiques régionaux et pour les valider.** Améliorer cette représentation est indispensable pour mieux prévoir les événements hydrométéorologiques extrêmes et l'évolution du cycle de l'eau aux échelles saisonnières, annuelles et décennales, dans le cadre du changement climatique.

La campagne de l'automne 2012 sera l'occasion d'évaluer la pertinence d'utiliser dans les modèles de nouvelles données, issues d'instruments de recherche comme les lidars¹ ou des réseaux opérationnels radar (par exemple, des données qui permettent de distinguer la grêle de la pluie ou de la neige). Les scientifiques s'intéresseront plus particulièrement aux zones où les observations intégrées

¹ Le lidar (Light Detection and Ranging) est un appareil de télédétection qui émet des ondes laser et enregistre le signal retour de ces impulsions.



dans les modèles sont actuellement moins nombreuses : la mer ainsi que les zones nuageuses et précipitantes.

De nouvelles simulations climatiques régionalisées (résolution 50 km ou plus fine), tenant compte des interactions atmosphère / mer / surfaces continentales, seront réalisées à partir des simulations globales (résolution typique de 200 ou 300 km) remises au GIEC en février 2012. Les simulations régionalisées sont essentielles pour étudier les impacts du changement climatique à l'échelle locale et construire des stratégies d'adaptation. Dans le cadre d'HyMeX, elles seront utilisées pour estimer plus finement l'évolution des débits extrêmes (crues, étiage²) en Méditerranée et des ressources en eau à l'échelle régionale. Elles seront aussi mises à disposition de la communauté scientifique pour des études d'impact et d'adaptation, notamment des écosystèmes marins et terrestres.

Cette première période d'observations intensives (SOP) constituera aussi un banc d'essais pour de futurs systèmes de prévision, comme le système de prévision d'ensemble Arome de Météo-France. Météo-France utilise pour ses prévisions deux techniques, la prévision déterministe et la prévision d'ensemble. La prévision déterministe consiste à établir, à partir des observations, une simulation numérique des conditions météorologiques à venir. Mais les observations et le modèle ne sont pas parfaits (erreurs de mesure, zones sans données, hypothèses de modélisation...). La prévision d'ensemble permet de tenir compte de ces imperfections. Le temps prévu n'est plus décrit par une seule simulation, mais par plusieurs. Au lieu d'un seul scénario obtenu avec la prévision déterministe, les prévisionnistes disposent donc d'une palette de scénarios possibles. Aujourd'hui, Météo-France réalise des prévisions déterministes avec ses trois modèles Arpège, Aladin et Arome (*voir encadré*), et des prévisions d'ensemble uniquement avec Arpège. A l'horizon de 2015, le prévisionniste devrait disposer aussi de prévisions d'ensemble avec le modèle Arome, dont la maille est beaucoup plus fine. La campagne HyMeX permettra de tester et d'évaluer l'apport de cette version d'Arome pour la prévision des événements de pluie intense, notamment en termes de localisation et d'évaluation de l'intensité des phénomènes. Les prévisions d'ensemble Arome alimenteront également les modèles hydrologiques afin d'estimer leur apport pour prévoir des crues sur les bassins des Cévennes et du Var.

En savoir plus sur les modèles de prévision et de climat de Météo-France

Un modèle de prévision est un logiciel qui simule l'évolution de l'atmosphère qu'il découpe en « mailles » plus ou moins larges sur une portion du globe donnée. Il permet d'effectuer des prévisions sur le temps qu'il fera dans les jours à venir. Pour les échéances plus longues (mois, saison, année future), les variations des océans, des fleuves, des nappes phréatiques, de la végétation, des gaz et des poussières ont des influences non négligeables sur l'atmosphère : il faut en tenir compte dans les modèles. Les systèmes de modélisation du climat sont ainsi constitués de plusieurs modèles (atmosphériques, océaniques, modèles de banquise...) couplés.

Météo-France dispose de trois modèles imbriqués les uns dans les autres :

- Arpège, qui couvre le globe entier. Il se décline en une version climat (résolution d'environ 100 km) et une version prévision (maille plus ou moins fine selon la zone, 10 km sur la France à 60 km sur le Pacifique Sud) ;
- Aladin, utilisé pour la prévision en Outre-Mer et les simulations climatiques régionales avec des mailles d'une dizaine de kilomètres ;
- Arome, utilisé pour la prévision, qui couvre la France métropolitaine avec une maille de 2,5 km.

² Niveau le plus bas du débit d'un cours d'eau



... pour mieux connaître les facteurs de vulnérabilité et construire des stratégies d'adaptation au changement climatique

Dans le cadre du programme d'observation à long terme (LOP), des **retours d'expériences hydrologiques et sociologiques** seront conduits au moins une fois par an après un événement de crue majeure. Les études menées lors des années passées ont concerné la crue du Var en juin 2010 et les inondations dans la région de Cinque Terre en Italie en octobre 2011.

- Les retours d'expériences hydrologiques reposent sur des enquêtes de terrain après l'évènement (laisses de crue³, témoignages...) couplées à de la modélisation hydrologique pour estimer de façon détaillée la hauteur et le débit du cours d'eau en crue.
- Ces informations sont essentielles pour mener les retours d'expérience sociologiques qui, sur la base d'entretiens, visent à analyser le comportement des individus, leur mobilité routière lors des épisodes intenses et la chaîne d'alerte en situation de crue. Il s'agit d'établir des diagnostics de vulnérabilité et d'adaptabilité des populations et des territoires aux perturbations hydrométéorologiques.

³ Traces laissées par le niveau des eaux les plus hautes en cas de crue



Focus sur la campagne de l'automne 2012

D'une envergure sans précédent en Méditerranée nord-occidentale, la première campagne d'observations spéciales (5 septembre – 6 novembre 2012) mobilisera en tout près de **300 scientifiques** français, italiens, allemands, espagnols, américains, suisses, néerlandais, croates et grecs. Le déploiement des moyens d'observation sera coordonné depuis le centre des opérations localisé en France à La Grande Motte, à proximité de l'aéroport de Montpellier, où les avions de recherche français seront basés durant la campagne.

Quatre composantes du cycle de l'eau sous l'œil des instruments

Le dispositif expérimental déployé pendant cette campagne vise à étudier les quatre composantes clés de la formation des précipitations intenses et des crues rapides :

- la circulation atmosphérique au-dessus de la mer, qui transporte les masses d'air humides vers la côte et ses reliefs ;
- la mer Méditerranée, source d'humidité ;
- les systèmes orageux fortement précipitants sur le pourtour méditerranéen ;
- et au sol, les processus hydrologiques déclenchés par les précipitations orageuses.

➤ *La circulation atmosphérique au-dessus de la mer*

Les flux atmosphériques au-dessus de la Méditerranée ont une influence considérable sur la formation et l'évolution des cellules orageuses sur le continent. Pour les étudier, divers instruments seront utilisés :

- des instruments de recherche (**lidars vapeur d'eau et aérosols, radars profileurs de vent et radars de nuage**) ont été installés en Corse et à Minorque (dans les Baléares), afin de mesurer vent, humidité et concentration en aérosols des flux marins ;
- des **ballons dérivants**, opérés depuis Minorque par le CNES, seront lâchés pour sonder les basses couches de l'atmosphère ;
- l'**avion de recherche ATR42** opéré par l'unité Safire⁴ (Météo-France/CNRS/CNES) et équipé d'un lidar mesurant le contenu en vapeur d'eau sous la trace de l'avion, effectuera des vols au-dessus de la mer ;
- des **dropsondes**, sondant toute la troposphère⁵, seront larguées depuis le Falcon F20 de Safire.

Enfin, la description de l'atmosphère à plus grande échelle sur la Méditerranée et l'Europe, fournie par les moyens opérationnels d'observations depuis le sol ou par satellite, sera renforcée par :

- l'**augmentation de la fréquence des radiosondages⁶ opérationnels** sur terre (trois à quatre par jour au lieu d'un ou deux) **et depuis des navires**
- ainsi que l'acquisition de données à bord des **avions de lignes commerciaux**.

⁴ Service des avions français pour la recherche en environnement (<http://www.safire.fr>)

⁵ Basse couche de l'atmosphère, située entre le sol et une altitude de 8 à 16km selon la latitude et la saison

⁶ Un radiosondage consiste à lâcher depuis le sol un ballon équipé de capteurs qui mesurent notamment la pression, la température, l'humidité, la force et la direction du vent. L'ascension dure en général une à deux heures et permet de tracer des profils verticaux des données mesurées dans l'atmosphère.



➤ **La mer**

D'importants moyens seront mis en œuvre pour décrire les échanges à l'interface air-mer, l'état de la surface de la mer ainsi que les conditions en température et salinité des premiers 1 000 mètres de profondeur :

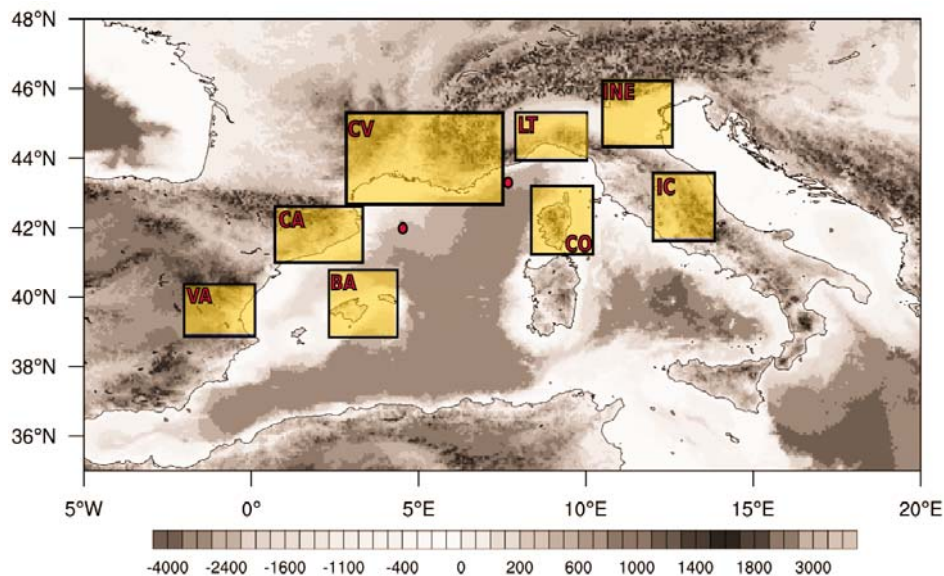
- les **deux bouées fixes** de Météo-France, dans le Golfe du Lion et au large de Nice, ont été équipées de capteurs supplémentaires afin de mesurer plus de grandeurs atmosphériques en surface et la température et la salinité jusqu'à 200 mètres de profondeur ;
- **une quinzaine de bouées dérivantes et plusieurs profileurs Argo⁷** seront déployés en Méditerranée occidentale ;
- **un réseau de sondages océaniques** sera effectué en début de campagne à partir du navire de recherches océaniques *La Thélys II* du CNRS ;
- **six gliders** (engins sous-marins autonomes), opérés par les scientifiques français et espagnols, réaliseront des plongées entre le pourtour nord-occidental, la Corse, les Baléares et la Sardaigne ;
- en fonction des prévisions météorologiques, **un navire** pourra aussi être envoyé sur zone. Des **radiosondages** seront lancés depuis le pont, **un mât instrumenté et un houlographe** mesureront les flux air-mer et l'état de la mer. Des sondages océaniques seront également réalisés. L'**avion allemand DO128**, basé en Corse, et l'**ATR 42 de Safire** pourront être envoyés près du navire pour compléter les mesures des flux air-mer.

➤ **Les cellules orageuses**

Les cellules orageuses se développant sur les huit régions (*voir carte ci-dessous*) les plus propices à la formation de précipitations intenses, seront observées par **les radars météorologiques opérationnels et des instruments de recherche spécifiques** (radars de recherche, profileurs de vent, sodar⁸ de vent, lidars, radiomètres détecteurs de foudre, récepteur GPS mesurant le contenu en vapeur d'eau, mât instrumenté...), déployés sur des sites répartis en France, dans le Sud-est et en Corse, ainsi qu'en Italie, dans la région de Rome et au Nord-est. Ces observations permettront notamment de déterminer les caractéristiques des systèmes orageux qui produisent les pluies intenses ainsi que les conditions météorologiques dans leur voisinage immédiat. Elles seront complétées par des mesures effectuées depuis le **Falcon 20 de Safire, équipé d'un radar nuage et d'un ensemble de capteurs microphysiques**. Ces mesures permettront de décrire les propriétés des particules, de glace notamment, constituant les systèmes orageux et la circulation en leur sein.

⁷ Flotteurs dérivant avec la masse d'eau dans laquelle ils sont immergés, capables de mesurer la température et la salinité jusqu'à 2 000 mètres de profondeur.

⁸ Le sodar (Sonic Detection and Ranging) est un appareil de télédétection qui émet des ondes sonores et enregistre le signal retour de ces impulsions.



Carte des huit régions d'étude : Le Sud-est de la France et plus particulièrement la région Cévennes-Vivarais (CV), la Corse (CO), la région centrale de l'Italie (IC), le Nord-est de l'Italie (INE), la Ligurie et Toscane (LT), la région de Valence en Espagne (VA), la Catalogne (CA) et les îles Baléares (BA). Des instruments de recherche seront déployés spécialement pour la campagne d'automne sur les sites CV, CO, IC, BA, INE.

©V. Ducrocq / Météo-France

➤ **Les processus hydrologiques**

Les bassins versants du Gard (1 850 km²) et de l'Ardèche (2 250 km²) verront leur instrumentation renforcée, notamment les quatre sous-bassins de Valescure, Tourgueille, Avène pour le Gard et Gazel pour l'Ardèche. Les capteurs serviront à mesurer l'humidité des sols, leurs capacités à laisser s'infiltrer les précipitations, le ruissellement à la surface et les transferts latéraux d'eau sous la surface.

Le réseau opérationnel de mesures de débits sera aussi renforcé par un réseau de limnimètres (pour la mesure des hauteurs d'eau des rivières) et de mesures sans contact par radar ou caméra.

Afin de tracer l'origine des eaux dans les rivières en crue, des mesures des isotopes seront réalisées en automne par prélèvement des eaux de pluie et dans le cours d'eau.

Des outils de prévision sur mesure pour guider les observations

En amont de la campagne, des modèles atmosphériques et océaniques de recherche (maille de l'ordre du kilomètre) ont été utilisés pour préciser la stratégie d'observation, notamment pour définir le lieu et la nature des instruments à déployer au sol ainsi que les zones à échantillonner avec les avions, bateaux et gliders, les zones de largage des bouées dérivantes, etc.

Pendant la campagne, un prévisionniste de Météo-France sera présent 7 jours sur 7 au centre des opérations pour fournir la prévision des événements d'intérêts dans les jours à venir. En effet, un certain nombre de plateformes instrumentées ne seront activées que pendant des événements intenses. Des prévisions sur mesure seront donc élaborées tous les matins pour les deux jours à venir, grâce à une version dédiée du modèle de prévision Arome.



Eléments de référence sur les épisodes méditerranéens

Le climat méditerranéen est caractérisé par un faible nombre annuel de jours de pluie, cachant des épisodes pluvieux relativement courts et intenses : les épisodes méditerranéens. En France, l'Ardèche, le Gard et l'Hérault sont les départements où la fréquence de ces événements est la plus élevée. Localement, les précipitations y dépassent au moins sept fois par an les 100 l/m² et une fois par an les 200 l/m², soit environ le tiers de ce qui tombe en moyenne à Paris en un an. Le maximum de précipitations en un jour peut même dépasser les 500 l/m² (voir *tableau des événements marquants*). Ces forts cumuls de précipitations peuvent tomber en seulement quelques heures, engendrant des crues rapides.

Le phénomène météorologique

Les épisodes de précipitations intenses sont principalement rencontrés à la fin de l'été et à l'automne. A cette époque, la mer est encore chaude, constituant un réservoir de vapeur d'eau et d'énergie, alors que la région subit les premières descentes d'air froid venu du nord. La présence d'air chaud et humide dans les basses couches et d'air froid plus dense en altitude rend instables les masses d'air au-dessus de la mer. En les ramenant vers les terres, les flux marins se heurtent au relief. Celui-ci les contraint à se soulever (par exemple au-dessus des Cévennes) ou les oblige à le contourner (par exemple pour les Alpes du sud, le long du littoral du Var et des Alpes maritimes), créant des zones où les flux convergent et soulèvent à leur tour les nouvelles masses d'air venues du large. En s'élevant dans l'atmosphère, la vapeur d'eau qu'elles contiennent se refroidit, engendrant des précipitations. Les flux marins apportant continuellement de nouvelles masses d'air humides et instables au-dessus des terres, des orages se déclenchent de manière répétée au même endroit, ce qui entraîne de forts cumuls de pluie.

Des conséquences dévastatrices : les crues rapides

Plus de la moitié de la superficie du pourtour Méditerranéen est constituée de bassins versants dont la superficie ne dépasse pas les 2 000 km², avec des pentes prononcées dans leur partie amont notamment. Lorsque d'importantes quantités d'eau tombent sur des bassins pentus et de petite taille, la montée des eaux dans les rivières est rapide, typiquement de l'ordre de plusieurs mètres en une heure. Les vitesses d'écoulement atteignent plusieurs mètres par seconde, et les débits plusieurs milliers de mètres cubes par seconde. Ces phénomènes sont appelés crues rapides ou crues éclairs, par opposition aux crues lentes ou de plaine qui affectent des cours d'eau et des bassins versants de taille plus importante, comme celui du Rhône par exemple. Les crues rapides peuvent engendrer inondations, coulées de boues, glissements de terrain, etc. Dans le cas de Vaison-La-Romaine par exemple, l'Ouvèze a vu le 22 septembre 1992 son débit multiplié par 100 par rapport à son niveau habituel. Au niveau du pont romain, les eaux sont montées d'un mètre toutes les 10 minutes au plus fort de la crue et ont finalement atteint une hauteur de 17 mètres au-dessus du niveau moyen.



Evénements marquants

Date	Valeurs remarquables de précipitations	Victimes/dégâts
En France		
Vaison-La-Romaine (22 septembre 1992)	300 l/m ² à Entrechaux (Vaucluse) en pratiquement 4 heures	47 victimes 245 communes sinistrées 500 millions d'euros de dommages
Corse (31 octobre et 1 ^{er} novembre 1993)	780 l/m ² au col de Bavella (Corse) le 31 octobre 1993 906 l/m ² sur tout l'épisode	6 victimes 133 communes sinistrées
Corbières (12-13 novembre 1999)	551 l/m ² à Lézignan-Corbières (Aude) le 12 novembre 1999 662 l/m ² sur l'évènement	36 victimes 438 communes sinistrées 533 millions d'euros de dommages
Gard (8-9 septembre 2002)	543 l/m ² à Saint-Cristol-les-Ales (Gard) le 8 septembre 2002 près de 700 l/m ² sur la totalité de l'évènement	24 victimes 419 communes sinistrées 1,2 milliard d'euros de dommages
Draguignan (15 juin 2010)	397 l/m ² aux Arcs (Var), 460 l/m ² à Lorgues	25 victimes 1,2 milliard d'euros de dommages
Ailleurs en Méditerranée		
Espagne (3-4 novembre 1987)	800 l/m ² à Gandia le 3 novembre 1987 1000 l/m ² sur tout l'épisode	16 victimes 800 millions d'euros de dégâts
Italie (4-6 novembre 1994)	300 l/m ² sur l'épisode de 36 heures dans la région du Piémont	64 victimes 9,6 milliards d'euros de dégâts
Algérie (10 novembre 2001)	260 l/m ² à Alger	Plus de 800 victimes 3,2 milliards d'euros de dégâts
Italie (25 octobre 2011)	539 l/m ² à Brugnato, dont 511 l/m ² en 12h	13 victimes

Sources : Pluies extrêmes en France métropolitaine (<http://pluiesextremes.meteo.fr/>) Météo-France et Ministère du Développement durable ; <http://www.prim.net/> pour les événements en France



MISTRALS (Mediterranean Integrated STudies at Regional And Local Scales) : un programme interdisciplinaire d'observation et de recherche dédié à la Méditerranée

Initié en 2008, MISTRALS est un « chantier » décennal d'observations systématiques et de recherches dédié à la compréhension du fonctionnement environnemental du Bassin Méditerranéen sous la pression du changement global. Il vise à coordonner, à l'échelle du bassin méditerranéen et des contrées limitrophes, des programmes interdisciplinaires de recherche et d'étude de l'atmosphère, de l'hydrosphère, de la lithosphère, des paléoclimats, incluant l'écologie des environnements et les sciences humaines et sociales. L'objectif est de parvenir à une meilleure compréhension et maîtrise des mécanismes modelant et influençant les paysages, l'environnement et l'anthropisation de cette région du monde. A partir d'une analyse interdisciplinaire menée sur la décennie 2010-2020, il s'agit d'anticiper le comportement de ce système sur un siècle, avec pour objectif ultime de prédire l'évolution des conditions d'habitabilité dans cette écorégion, afin de répondre aux politiques publiques en matière de ressources et d'environnement, d'anticiper l'évolution des sociétés, et de préconiser les mesures d'adaptation et de mitigation qui permettraient d'optimiser celles-ci.

MISTRALS France rassemble les principaux organismes de recherches français - ADEME, BRGM, CEA, CEMAGREF, CIRAD, CNES, CNRS, IFP, IFREMER, INRA, IRD, IRSN, Météo-France -, ainsi que plusieurs universités, et a vocation à être partagé par co-construction et agrégation de thématiques nouvelles avec tous les pays méditerranéens. MISTRALS s'étend dès à présent, selon une démarche bottom-up, à d'autres pays concernés, en Europe et sur l'ensemble du Bassin Méditerranéen.

Afin d'avoir une vision intégrative du système méditerranéen, MISTRALS est fondé sur des programmes thématiques autonomes, qui matérialisent les éléments opérationnels autour desquels les observations sont réalisées et les outils de modélisation mis en œuvre. Ces programmes sont actuellement au nombre de 7, et d'autres s'apprêtent à rejoindre MISTRALS dans un avenir proche.

- ▶ La gouvernance générale est assurée par un Comité de Pilotage International et d'un Comité de Pilotage Inter-Organisme, qui valident les directions scientifiques générales de chaque programme thématique et procurent un fond de roulement financier.
- ▶ La direction scientifique et exécutive est assurée par un management bi-partite, pour une période de 4 ans. Elle est actuellement assurée conjointement par le CNRS et l'IRD.
- ▶ Des comités de suivis et d'évaluation encadrent les actions de chaque programme.
- ▶ Plus de 1000 scientifiques de presque tous les pays du pourtour méditerranéen et européens sont, à l'heure actuelle, impliqués dans le programme interdisciplinaire MISTRALS, avec environ 150 à 400 scientifiques par programme thématique. Les programmes spécifiques de MISTRALS s'étendent aujourd'hui, selon une démarche bottom-up, à d'autres pays concernés, en Europe et sur l'ensemble du Bassin Méditerranéen. MISTRALS est ouvert à collaboration avec les universités, instituts de recherche, et autres laboratoires méditerranéens et internationaux, qui souhaitent s'impliquer dans le programme.
- ▶ La structuration internationale a fait l'objet, à Malte, d'une déclaration commune à l'issue d'un workshop international MISTRALS, du 30 mars au 1er avril 2011, qui a réuni près de 200 participants sur invitation (décideurs scientifiques et politiques), puis d'une assemblée générale, le 13 mars 2012.

Pour en savoir plus : www.mistrals-home.org



www.mistrals-home.org



Les principaux partenaires :

Partenaires français :



Collectivité
Territoriale
de Corse







Partenaires étrangers participant à la campagne 2012:

Allemagne : l'*Institut de technologie de Karlsruhe* (KIT), le DLR, le centre national de recherche en Géosciences (GFZ), l'université de Braunschweig.

Italie : le Centre National de Recherche italien (CNR), les universités de L'Aquila, Padoue et Rome, les agences régionales pour la protection de l'environnement (ARPA), la protection civile italienne (DPC), la fondation de recherche CIMA, l'agence nationale des nouvelles technologies, de l'énergie et du développement durable (ENEA), le laboratoire de surveillance et modélisation de l'environnement de la région Toscane (LaMMA).

Espagne : l'agence nationale de météorologie (AEMET), le service météorologique catalan (Meteocat), IMEDEA, les universités de Barcelone, des Baléares et du Pays Basque.

Etats-Unis : la NASA, l'institut de technologie du New Mexico (NMT), NOAA, l'Université du Connecticut.

Suisse : l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), l'institut technologique de Zurich (ETH).

Pays-Bas : les universités de Delft et de Wageningen.

Autriche : Association autrichienne d'électrotechnique (OVE), l'Université de Technologie de Vienne, EUCLID.

Grèce : l'Observatoire National d'Athènes (NOA).

Croatie: le Service météorologique et hydrologique (DHZ).

Organisme européen : EUMETNET, CIESM.

Et avec le concours pour la France du service de prévision des crues du Grand Delta, de la direction générale de l'armement, de l'armée de l'air, de la direction générale de l'aviation civile, du ministère de l'agriculture, du Service Départemental d'Incendie et de Secours de Haute-Corse, de l'Office du Développement Agricole et Rural de la Corse, de la STARESO, la communauté de commune du pays de l'or, les mairies de Quissac, de Saint- Etienne-de-Font-Bellon, de Banne, de Lussas, de Lavilledieu, de Saint-Germain, de Mirabel, la compagnie Marfret, VEOLIA aéroport de Perpignan, et à l'étranger de EUMETSAT, CEPMMT, Météosuisse, Météo-Maroc, Met-Office, le service météorologique italien, la confédération hydrographique de l'Ebre, nowcastGmbH.



Planche photos

Crues/inondations



Crue de l'Ardèche – 20 octobre 2001
© Michel Lang (IRSTEA).



Crue de l'Ardèche – 20 octobre 2001 : Pont-de-Labeaume
© Michel Lang (IRSTEA).

Visuels disponibles sur demande auprès de la photothèque du CNRS :
phototheque@cnrs-bellevue.fr



Crue de l'Ardèche – 20 octobre 2001 : Pont-de-Labeaume
© Michel Lang (IRSTEA).



Crue de l'Ardèche – 20 octobre 2001
© Michel Lang (IRSTEA).

Visuels disponibles sur demande auprès de la photothèque du CNRS :
phototheque@cnrs-bellevue.fr



Gorges de l'Ardèche – 22 octobre 2008
© Guillaume Dramais (IRSTEA).



Gorges de l'Ardèche – 22 octobre 2008
© Guillaume Dramais (IRSTEA).

Visuels disponibles sur demande auprès de la photothèque du CNRS :
phototheque@cnrs-bellevue.fr



Crue de l'Ardèche – 20 octobre 2001 – route coupée à Vogüé
© Michel Lang (IRSTEA).



Crue de l'Ardèche - 20 octobre 2001 : Le pont de Sampzon
© Michel Lang (IRSTEA).

Visuels disponibles sur demande auprès de la photothèque du CNRS :
phototheque@cnrs-bellevue.fr



Gardon de St Jean- Pont d'Arenas - 3/11/2011 11h30

Le Gardon de Saint Jean au pont d'Arenas lors de la crue du 3 novembre 2011
© Jean-François Didon-Lescot (UMR ESPACE).



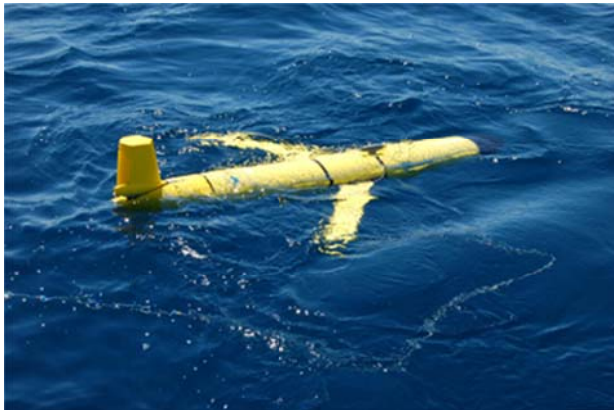
Gardon de St Jean - 3/11/2011 14h15

Le Gardon de St Jean en crue (le 3 novembre 2011)
© Jean-François Didon-Lescot (UMR ESPACE).

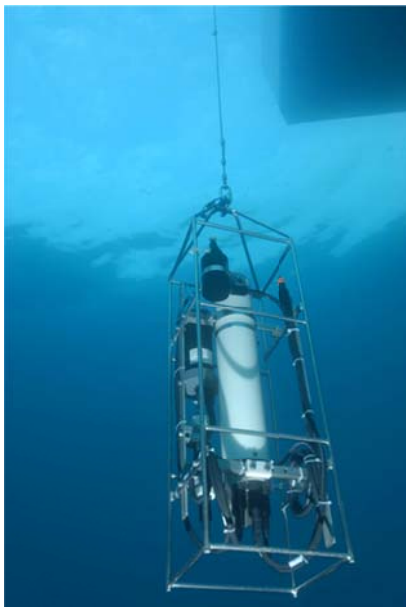
Visuels disponibles sur demande auprès de la photothèque du CNRS :
phototheque@cnrs-bellevue.fr



Instruments



Glider. Un glider est un appareil autonome sous-marin qui réalise des mesures de température et de salinité sur les premiers 1000 mètres de la mer. Selon les capteurs installés, des mesures biogéochimiques ou de vitesses sont aussi possibles. © CNRS Photothèque / John PUSCEDDU.



Sonde CTD (conductivité, température, profondeur). Cette sonde enregistre différents paramètres physicochimiques permettant d'établir un "profil" des eaux.
© CNRS Photothèque - ZUBERER Frédéric.

Visuels disponibles sur demande auprès de la photothèque du CNRS :
phototheque@cnrs-bellevue.fr



Le Thétys II, un navire océanographique côtier du CNRS-INSU. Les mesures effectuées sur ce navire contribuent aux observations long-terme du programme HyMeX et de l'observatoire de recherche MOOSE.
© CNRS Photothèque/SBR - CARIOU Thierry.



Pluviomètre précis mécanique (à gauche) du Laboratoire d'Etude des Transferts en Hydrologie et Environnement et spectropluviomètre optique OTT Parsivel (à droite) de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne en Suisse, installés en Ardèche. Le spectropluviomètre mesure la taille et la vitesse des hydrométéores (gouttes de pluie ou particule de glace) à l'aide d'un petit faisceau laser dont le signal est atténué lorsqu'il est intercepté par ces hydrométéores. Le pluviomètre mesure de manière directe l'intensité de la pluie à l'aide d'un cône et d'un système d'augets : le volume de l'auget est connu et chaque basculement est horodaté.
© Brice Boudevillain (LTHE) et Alexis Berne (EPFL).

Visuels disponibles sur demande auprès de la photothèque du CNRS :
phototheque@cnrs-bellevue.fr



Profileur de vent UHF de Météo-France installé sur l'île du Levant.

Les profileurs de vent UHF (Ultra high Frequency) sont des radars émettant des ondes dans les bandes de fréquences allant de 300 à 3000 MHz, soit une longueur d'onde comprise entre 10 cm et 1 m. Le profileur UHF fournit des observations du vent allant de 100 m à 6 km d'altitude environ, à la cadence de 5 à 15 minutes. La mesure par un profileur de vent repose sur l'émission d'une onde électromagnétique. En traversant une zone de turbulence créée par le vent, cette onde subit une diffusion dans toutes les directions à cause de la variation de l'indice de réfraction. Les propriétés des ondes électromagnétiques rétro-diffusées vers le radar sont modifiées. La différence de fréquence entre l'onde émise et l'onde reçue (ou effet Doppler) permet de calculer la vitesse et la direction du vent sur la verticale.

© Olivier Garrouste (Météo-France).



Une partie des instruments de l'institut technologique de Karlsruhe (Allemagne) installés sur le site de Corte. De droite à gauche, un radar nuage et deux lidars. En arrière-plan gauche, on aperçoit un mat météorologique.

© Martin Kohler et Norbert Kalthoff (Institut Technologique de Karlsruhe).

Visuels disponibles sur demande auprès de la photothèque du CNRS :
phototheque@cnrs-bellevue.fr



San Giuliano

Une partie des instruments de l'institut technologique de Karlsruhe (Allemagne) installés sur le site de San Giuliano. A gauche un radar précipitation bande X et à droite une station de mesure de flux turbulents.

© Martin Kohler et Norbert Kalthoff (Institut Technologique de Karlsruhe).



Sonde CTD et capteurs annexes. La sonde mesure la pression, la température et la conductivité (pour obtenir la salinité) avec un pas d'échantillonnage de quelques centimètres. On obtient ainsi les profils de température et de salinité en fonction de la profondeur. Mise à l'eau à partir d'un navire en station, elle permet d'obtenir les données/profils en temps réel à bord.

© Isabelle Taupier-Letage (CNRS).

Visuels disponibles sur demande auprès de la photothèque du CNRS : phototheque@cnrs-bellevue.fr