

# Eau : ressource et risque

Dans le domaine de l'eau, en 2008, Météo-France a poursuivi l'enrichissement de ses prestations et contribué à une meilleure gestion des risques, en étroite coopération avec les directions de son ministère de tutelle, les collectivités locales et les organismes scientifiques compétents.

Les efforts ont porté sur l'ensemble du spectre : depuis l'observation, avec à titre d'exemple une action d'équipement en région Paca, jusqu'à l'amélioration des prestations rendues pour la prévision des crues et la gestion de l'eau, sans oublier les travaux de recherche répondant aux nouvelles attentes des acteurs du secteur de l'eau. Une convention, qui devrait être signée en 2009, a été pré-

parée avec la Direction générale de la prévention des risques (DGPR) et la Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature (DGALN) pour renforcer l'appui apporté par Météo-France au Service central d'hydrométéorologie et d'appui à la prévision des inondations (Schapi) et aux services de prévision des crues.

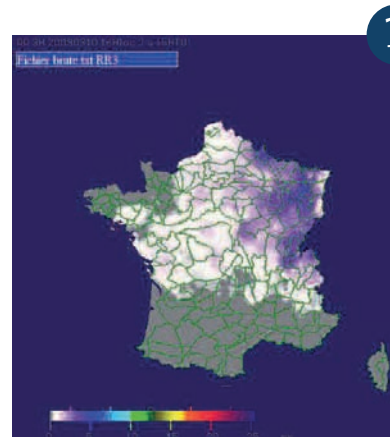
L'établissement s'est aussi préoccupé des évolutions de la ressource en eau sur le long terme en réalisant des études d'impact du changement climatique et en précisant la mémoire climatologique des conditions passées grâce à des actions de numérisation de pluviogrammes anciens et à la reconstitution de certaines situations caractéristiques, restées dans les mémoires.

## Prévision d'épaisseur de lames d'eau

Pour les besoins de la prévision des crues, la disponibilité de prévisions d'épaisseur de lames d'eau à un pas de temps adapté est un facteur prépondérant. Si pour les cours d'eau à crues lentes, des lames d'eau par pas de vingt-quatre heures peuvent suffire, il n'en va pas de même pour ceux aux temps de réaction caractéristiques courts. Des progrès très sensibles ont été accomplis dans le domaine de la prévision au cours des dernières années notamment avec la mise en œuvre opérationnelle en 2008 du modèle météorologique non-hydrostatique Arome. L'expertise humaine reste toutefois indispensable pour atteindre le niveau de qualité nécessaire à une bonne prévision des crues rapides, tout particulièrement quand celles-ci prennent un caractère menaçant.

Une production de lames d'eau par pas de trois heures, dérivées des prévisions de cumul par pas de vingt-quatre heures et des prévisions de temps sensible par pas de trois heures, est expérimentée depuis 2008 en collaboration avec le réseau de prévision des crues du Meeddat. Ces produits seront validés par comparaison aux lames d'eau déduites d'observations et notamment de l'imagerie radar. L'objectif est de déterminer les moyens les mieux adaptés et de tester leur utilisation pour divers types de cours d'eau sujets à des crues rapides sur la métropole.

1



▲ Représentation des lames d'eau (en millimètres) prévues sur la métropole par pas de temps de trois heures.

## Les produits de lames d'eau radar disponibles dans la Climathèque

Ces dernières années, l'utilisation de l'information radar s'est développée dans les applications climatologiques pour identifier les précipitations intenses de petite échelle, des applications destinées notamment aux dossiers de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle. En 2008, les fonctionnalités des outils d'expertise des lames d'eau ont continué à être enrichies avec par exemple une géolocalisation plus fine des échos radar (communes, bassins versants) ou une meilleure visualisation des épisodes précipitants intenses.

En liaison avec l'ancienne Direction de l'Eau, un accès aux lames d'eau Antilope (fusion entre informations radar et données de pluviomètres) a été développé sur le système

de production climatologique Okapi. Il permettra en particulier de répondre aux besoins de contrôle climatologique des précipitations et de suivi hydrologique opérationnel. Dans ce domaine, une véritable climatologie des lames d'eau à haute résolution spatio-temporelle va être établie sur la France à partir d'une réanalyse des archives radar et de leur fusion avec les données quotidiennes de précipitation. Ces produits, qui ont vocation à être largement diffusés, enrichiront une gamme dédiée à l'hydrométéorologie qui ne cesse de s'étoffer. Leur mise à disposition sur le système Climathèque est prévue en 2009.

2



▲ Représentation des cumuls de précipitations observés sur une période de deux heures, dans la région de Montélimar, le 3 septembre 2008 à 21 h.

## Réanalyse SIM 1958-2008 : 50 ans de teneur en eau des sols superficiels

La climatologie issue de la chaîne de modèles hydrométéorologiques Safran-Isba-Modcou (SIM) s'est considérablement enrichie en 2008 pour atteindre une mémoire couvrant 50 ans de données, profondeur permise par l'utilisation combinée des réanalyses atmosphériques (ERA40) du Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMET) et des données de la base climatologique nationale (BDClm).

Préalable indispensable à une étude d'impact du changement climatique sur les sécheresses, cette reconstruction, menée dans le cadre du projet ClimSec (cf. infra), permet de disposer sur la métropole de données à une échelle de 8 km pour les précipitations, température, humidité, vent, rayonnement, évapotranspiration, neige, humidité des sols, écoulements et débits. La qualité de ces séries a été évaluée au pas de temps quotidien.

Les applications potentielles en climatologie et en hydrologie sont très nombreuses, tant pour le suivi hydroclimatique que pour l'étude des impacts de l'évolution du climat. Une des premières valorisations a concerné la caractérisation des sécheresses géotechniques dans le cadre du dispositif « catastrophe naturelle ». Une étude menée en 2008 en liaison avec la Direction de la Sécurité civile et les partenaires du projet ANR Argic (Analyse du retrait gonflement des argiles et de ses incidences sur les constructions) a montré le potentiel d'utilisation des données de bilan hydrique spatialisé calculées par le modèle SIM (8 000 mailles sur la France) : il permet d'affiner le dispositif actuel d'observation qui s'appuie sur un nombre limité de stations disposant des données nécessaires à l'établissement d'une climatologie.

## Vers une prévision à dix jours du risque de crues

La chaîne Safran-Isba-Modcou (SIM) est utilisée en climatologie pour assurer un suivi quotidien de la ressource en eau et du débit des rivières sur l'ensemble de la France. En utilisant les prévisions d'ensemble atmosphériques issues du CEPMET, elle produit également une prévision d'ensemble des débits à dix jours d'échéance. Cette information est particulièrement utile pour une prévision du risque de crue à moyenne échéance et pour déclencher les mises en pré-alerte. Depuis le début de l'année 2008, ces informations sont utilisées de façon expérimentale par le Schapi, certains services de prévision des crues et plusieurs collectivités territoriales pour évaluer la chaîne et compa-

rer ses résultats à ceux du système Efas développé par le Joint Research Center (JRC, situé à Ispra en Italie) de l'Union européenne, dans la perspective d'une prochaine mise en œuvre opérationnelle.

Pour la gestion de ses équipements hydrauliques, la ville de Toulouse dispose aussi chaque jour d'un ensemble de scénarios équiprobables d'évolution du débit de la Garonne à dix jours d'échéance, ainsi que de prévisions de probabilités que le débit dépasse un seuil d'alerte donné.

## Homogénéisation des postes d'observation hydrologique en Polynésie française

En matière d'études climatiques, l'absence d'homogénéité rend difficile l'étude des séries de données. Le déplacement de stations, le remplacement d'instruments de mesures, le changement des heures d'observation ou encore la modification de l'environnement immédiat, introduisent autant de ruptures artificielles dans les séries. Or ces ruptures peuvent être du même ordre de grandeur que le signal climatique que l'on cherche à mettre en évidence : tendances, oscillations, cycles... Il est donc indispensable de corriger ces sauts avant d'exploiter les séries de données. Depuis juillet 2008, Météo-France Polynésie a entrepris d'homogénéiser les séries de données des postes du Groupement étude et gestion du domaine public (GEGDP), une entité fonctionnelle du ministère de l'Équipe-

ment de la Polynésie française, en charge de la gestion et de l'entretien du réseau territorial d'observation hydrologique. Les données du GEGDP présentent un intérêt certain en raison de leurs localisations essentiellement en hauteur et aux abords des rivières.

Dans un premier temps, la pertinence de la méthodologie employée a été testée sur dix postes répartis le long de trois cours d'eau. Puis, les données ont été homogénéisées en utilisant les postes du réseau climatologique comme références. Les résultats sont excellents : les séries de neuf postes des dix sont homogènes ; seul le poste de la Fautaua présente une rupture inexpiquée, une information qu'il faudra prendre en compte dans toute étude sérieuse des variations du climat.

## Estimation de la fonte nivale pour la prévision des crues

Dans les zones de montagne, la fonte du manteau neigeux peut contribuer à une montée rapide des cours d'eau. Pour tenir compte de cet aspect, les bulletins de prévision de précipitations fournis aux services de prévision de crues intègrent aussi des informations sur la fonte nivale. Cependant, la connaissance du stock neigeux en moyenne et haute montagne et de son évolution est difficile et peu abordable à travers des observations directes.

La chaîne hydrométéorologique Safran-Isba-Modcou (SIM), au maillage (8x8 km<sup>2</sup>) couvrant la France entière, a été sélectionnée pour remplir cet objectif. En 2008, une première étape a consisté à évaluer la qualité de l'analyse du manteau neigeux de la chaîne SIM par comparaison à l'évolution des débits. Cette étude a montré que dans la plupart des cas, le modèle était en mesure d'apporter une information pertinente, au moins sur le plan qualitatif, de l'établissement d'un régime important de fonte. Au cours de l'hiver 2008-2009, un outil permettant d'estimer en temps réel la dynamique de la fonte sera expérimenté. En 2009, des études complémentaires seront poursuivies en collaboration avec les services de prévision des crues et le Schapi, pour préparer une utilisation opérationnelle de cette application.

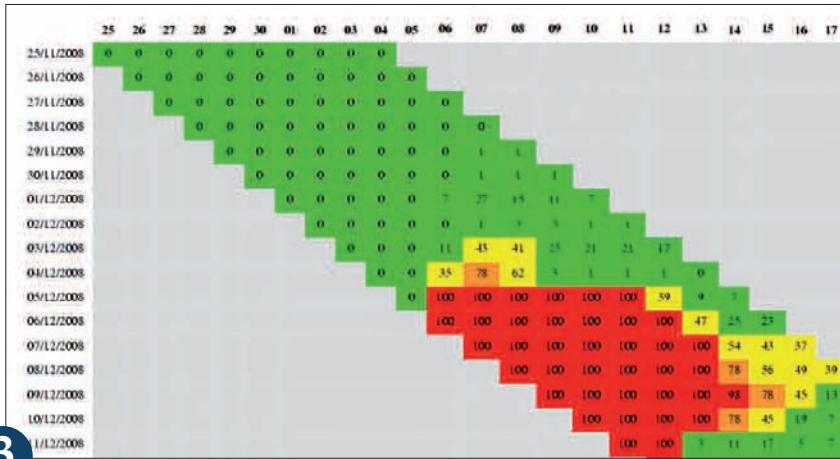
## Les crues de novembre 2008

L'indice d'humidité des sols (SWI), analysé quotidiennement par la chaîne SIM, est l'un des éléments importants pour réaliser une bonne prévision des crues. Le cas des crues de novembre 2008 en région lyonnaise en témoigne.

Au soir de la Toussaint, entre Loire et Rhône, alors que les modèles prévoient une diminution rapide des précipitations et malgré des quantités qui n'avaient rien d'exceptionnel, les services de prévision prévenaient le Centre opérationnel zonal d'un fort risque d'inondations. La vigilance « pluie inondations » passait à l'orange à 2 h du matin.

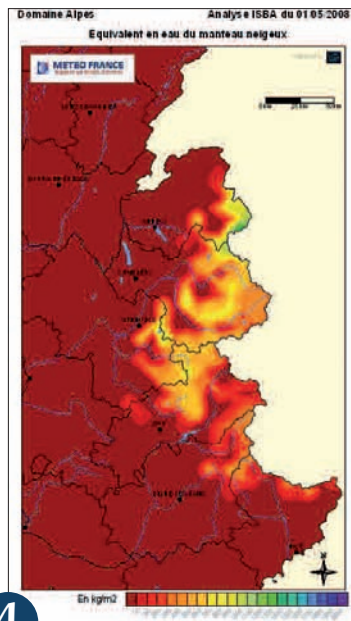
En quantité de pluie, cet épisode était pourtant comparable à celui du 21 octobre 2008 qui avait fortement saturé les sols et n'avait occasionné aucun dégât remarquable. Mais cette fois, alors que le cumul pluviométrique n'a pas dépassé 40 mm, les pluies ont aussitôt ruisselé sur des sols préalablement saturés. Elles ont également été à l'origine d'une crue de la Saône à Lyon, aussi rapide que celle de ses affluents, ce qui est tout à fait exceptionnel. Dans le seul département de la Loire, les demandes de reconnaissance en catastrophe naturelle ont concerné cent cinquante communes.





3

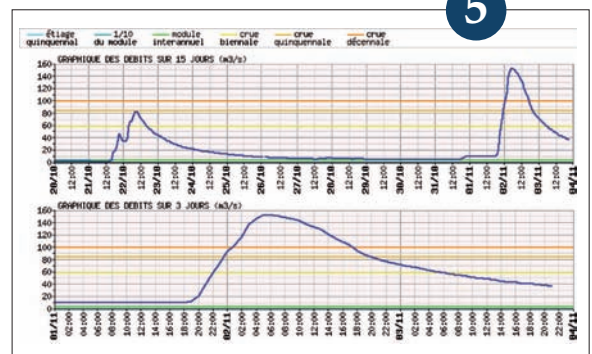
◀ Probabilités (en pourcents) à dix jours d'échéances de dépassement de seuil d'alerte pour la Garonne à Toulouse. Cette information est évaluée chaque jour (repérée en ordonnée) pour les dix prochains jours (repérés en abscisse).



4

▲ Équivalent en eau du manteau neigeux couvrant les Alpes, d'après une analyse issue du modèle Isba (chaîne SIM), pour le 1<sup>er</sup> mai 2008.

▶ Débits (en m³/s) sur trois jours (courbe du bas) et sur quinze jours (courbe du haut) de la rivière Azergues, enregistrés à la station de Châtillon d'Azergues (Rhône), mettant en évidence la forte crue du 2 novembre 2008.



5

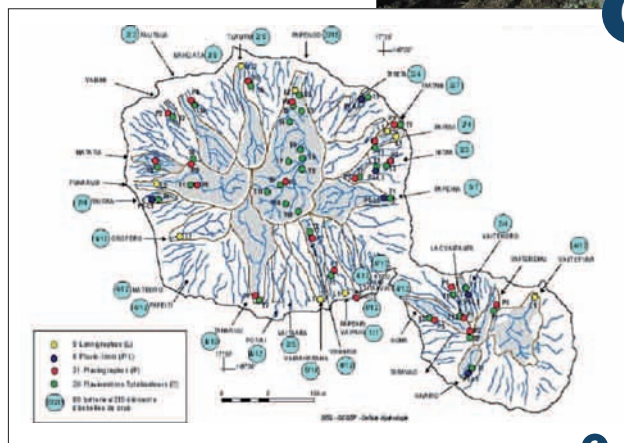


a

◀ Capteurs de précipitations du poste de Punaaru, en Polynésie française. (© GEGDP).



b



c

▲ Réseau territorial d'observations hydrologiques du Groupement études gestion du domaine public (GEGDP) à Tahiti.

## Risques hydrométéorologiques en région Paca

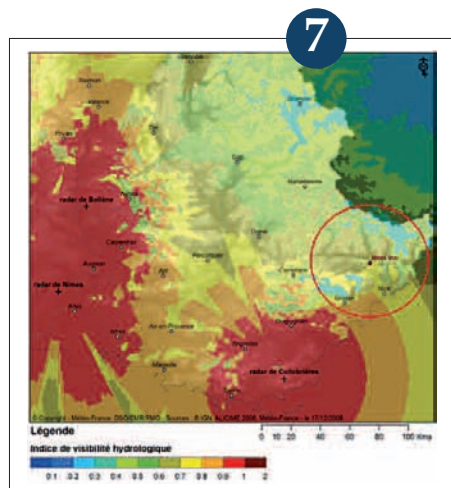
Les communes de la Région Paca sont régulièrement soumises à au moins un des aléas suivants : inondation, mouvement de terrain, avalanche, feux de forêt ; et, en montagne, une centaine d'entre elles sont sensibles aux quatre. Chacun de ces aléas étant largement conditionné par les précipitations, Météo-France et le Cemagref ont collaboré à travers le projet Rhythme pour adapter leurs réseaux d'observation aux contraintes parfois difficiles rencontrées dans un milieu souvent accidenté. Le projet a été cofinancé par la Commission européenne, la Région Paca et la Direction générale de la prévention des risques (DGPR) du Meeddat.

Sur l'arc alpin, la visibilité des radars étant considérablement réduite par les effets de masque et d'échos fixes, il était nécessaire de compléter le réseau Aramis pour améliorer l'estimation des cumuls de pluie. Dans ce but, un radar polarimétrique en bande X a été

installé à titre expérimental dans les Alpes-Maritimes et trois radars supplémentaires devraient être déployés, dans le cadre du projet Rhythme, sur la période 2009-2013. Les données de ce réseau seront intégrées dans une chaîne de traitement spécifique destinée à fournir une gamme large de produits (cumuls de pluie, champs 3D, grêle, ..) et de services hydrométéorologiques qui viseront à mettre en alerte les collectivités locales et les services de l'État concernés, face aux conséquences possibles des événements précipitants.

En 2008, une simulation des mesures en bande X a été réalisée en se plaçant dans le cas extrême des précipitations qui ont affecté le département du Gard, les 8 et 9 septembre 2002. Cette étude a mis en évidence qu'en bande X le signal pouvait être très atténué et ne plus être détectable au-delà de 30 km dans le cas des précipitations les plus intenses. Elle a aussi montré qu'une partie au moins de l'atténuation pouvait être corrigée grâce aux techniques de diversité de polarisation (ou polarimétrie), et qu'une bonne couverture géographique nécessitait la mise en place d'un réseau dans lequel la distance entre radars voisins ne dépasse pas une soixantaine de kilomètres.

◀ Simulation de l'indice de visibilité du réseau de radars Aramis sur la région Paca. (Sources : IGN, Alicime 2006). La visibilité du radar expérimental, installé par le CNRS sur le Mont Vial, n'est pas représentée.

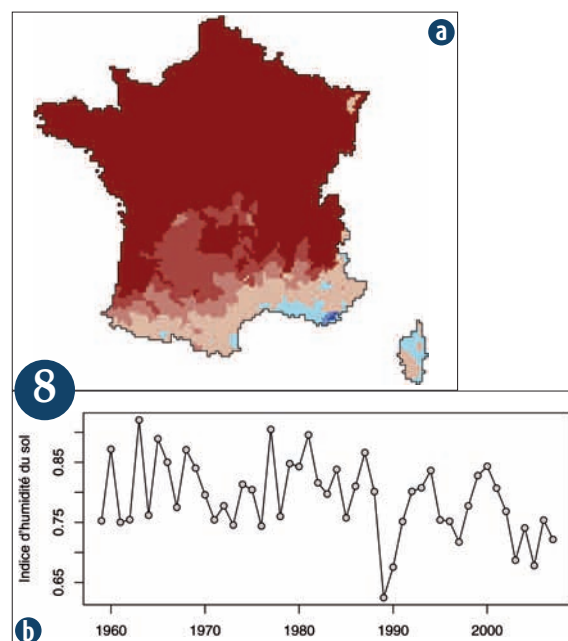


## Impact du changement climatique sur les sécheresses

Une étude de l'impact du changement climatique sur la sécheresse et l'eau du sol a été initiée en 2008 avec un soutien financier de la Fondation Maif. La première année de ce projet, baptisé ClimSec, a été consacrée à une réanalyse avec la chaîne de modélisation des sols et débits Safran-Isba-Modcou (SIM) sur la période 1958-2008, au calcul d'une climatologie de l'humidité des sols et à la caractérisation des sécheresses dans le climat actuel. Plusieurs indicateurs de sécheresse (Standardized Precipitation Index et Palmer Drought Severity Index) ont été comparés avant d'aboutir à la mise au point d'un indicateur spécifique basé sur une standardisation au pas de temps mensuel de l'indice SWI (Soil Wetness Index) utilisé par le modèle SIM. Cet indicateur s'avère notamment bien adapté pour la détermination des typologies de sécheresses (durée, sévérité, magnitude, extension spatiale) à l'échelle régionale et nationale.

La deuxième année du projet visera à évaluer l'évolution de cet indicateur au cours du XXI<sup>e</sup> siècle et les incertitudes associées au choix des scénarios socio-économiques, des modèles climatiques et des méthodes de désagrégation. De nombreuses applications sont envisagées, comme la mise en œuvre d'un monitoring des sécheresses à l'attention de la DGALN (Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature) ou des Comités nationaux et régionaux de suivi des effets de la sécheresse.

Carte du « Standardized Precipitation Index » sur trois mois (SPI-3), dans le cas typique du mois de juin 1976. La couleur rouge foncé représente un état de sécheresse extrême.



▲ Depuis 1958, l'indice d'humidité du sol (SWI) annuel moyen met en évidence un léger assèchement sur la France.

## Les précipitations attendues en région méditerranéenne au cours du XXI<sup>e</sup> siècle

L'évolution des précipitations intenses dans la zone méditerranéenne au cours du XXI<sup>e</sup> siècle est une question primordiale, eu égard aux dégâts engendrés par les crues automnales, un des thèmes d'étude du projet Cyprim (Cyclogenèse et précipitations intenses en Méditerranée). Des méthodes (dites de descente en échelle) ont été développées pour extrapoler à l'échelle de la région les résultats obtenus à plus grande échelle par les modèles climatiques globaux sur l'évolution prévisible de la fréquence et de l'intensité des événements de pluie intense.

Ces données météorologiques ont été utilisées en entrée du modèle hydrométéorologique Safran-Isba-Modcou pour calculer l'évolution des flux d'eau à la surface et dans le sol ainsi que celle des débits associés. Le

réchauffement attendu, accompagné d'une baisse des pluies moyennes, entraînerait un fort assèchement du sol et une forte baisse des débits moyens. Concernant les pluies et les débits extrêmes, il apparaît que dans certains bassins, les plus hauts débits pourraient être du même ordre, voire supérieurs à ceux constatés aujourd'hui. Ceci est cohérent avec l'analyse d'autres scénarios climatiques conduisant à une augmentation de la variabilité des précipitations. En revanche, la comparaison des résultats obtenus avec des méthodes de descente en échelle différentes donnent des résultats divergents sur la localisation future des zones à fortes précipitations. Ces travaux seront poursuivis avec l'étude de nouveaux scénarios et l'amélioration des méthodes de descente d'échelle.