

Le sauvetage de données climatologiques anciennes à Météo-France

De la conservation des documents à la mise à disposition des données

Sylvie Jourdain¹, Émeline Roucaute¹, Philippe Dandin², Jean-Pierre Javelle³, Isabelle Donet⁴, Sylvia Ménassère¹, Nadine Cénac³

1 Direction de la climatologie, Météo-France, Toulouse

2 Centre national de recherches météorologiques, Météo-France, Toulouse

3 Direction de la communication, Météo-France, Saint-Mandé

4 Direction de la production, Météo-France, Toulouse

sylvie.jourdain@meteo.fr

Résumé

Dans le cadre de sa mission de conservation de la mémoire du climat, Météo-France s'est engagé dans l'action de sauvetage de données anciennes climatologiques. Cette action de sauvetage suppose la recherche et la conservation des archives météorologiques, la récupération, la qualification et la mise à disposition des données et des métadonnées qu'elles contiennent. Son premier objectif est de contribuer à la recherche sur le climat et, à cette fin, d'enrichir les bases de données climatologiques nationales et internationales pour rendre accessibles les observations météorologiques historiques. Cet article présente la chaîne du sauvetage et du traitement des données anciennes, puis illustre l'apport de ces informations, souvent inédites, pour le diagnostic sur l'évolution du climat.

La France possède une riche histoire météorologique dont l'héritage se trouve encore fortement sous-exploité. Ce patrimoine compte en effet plusieurs centaines de millions d'observations météorologiques et d'informations sur les conditions de mesure disséminées au cœur de dizaines de kilomètres d'archives ou de publications climatologiques (Brunet *et al.*, 2013). Ce sauvetage de données est soutenu par l'Organisation météorologique mondiale (OMM) depuis la Première conférence mondiale sur le climat tenue à Genève en 1979. Il est mené en étroite cohérence avec les objectifs de diagnostic climatique et les questions posées par la recherche sur le climat, dont les exigences sont croissantes.

Dans le cadre de sa mission de conservation de la mémoire du climat et face aux nombreux défis scientifiques que pose le changement climatique, Météo-France s'est imposé de sauvegarder ce patrimoine et en a fait une action phare de son engagement en matière de services climatiques. Depuis 2009, le sauvetage des données figure au contrat d'objectifs et de performance signé avec son ministère de tutelle, le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie.

L'effort de recherche, d'inventaire, de conservation, d'analyse puis de récupération, par numérisation et saisie de données historiques, s'est accéléré à Météo-France depuis 2006, avec la

multiplication des programmes internationaux de recherche sur le changement climatique – dans lesquels le sauvetage de données occupe désormais une place de choix –, mais aussi grâce aux progrès technologiques constants observés dans les domaines de la numérisation et de l'informatique. L'action est pilotée par la Direction de la climatologie, à Toulouse, qui gère la base nationale de données climatologiques (BDCLIM) dans le cadre de ses missions et n'a de cesse d'améliorer les jeux de données météorologiques depuis 1750 environ.

La contribution du sauvetage de données, aujourd'hui reconnu comme une branche fondamentale des études sur le changement climatique, s'inscrit dans une logique de recherche dictée par les enjeux scientifiques visant à étendre notre connaissance de la variabilité climatique et à caractériser le climat et son évolution à l'échelle de tous les territoires régionaux. En assimilant les données climatiques instrumentales anciennes dans les modèles météorologiques reconstituant le passé ou en les utilisant pour l'ajustement statistique des projections climatiques du futur, la recherche scientifique offre une place de premier ordre au sauvetage de données. C'est pourquoi, désormais, les programmes de recherche incluent le plus souvent un lot de sauvetage de données anciennes climatologiques. La constitution de longues séries de données météorologiques de surface ou d'altitude et l'étude d'événements extrêmes sont également privilégiées

Abstract

Climate data rescued at Météo-France. From conserving historical documents to making data available

As part of its mission to preserve climate history, Météo-France has begun the process of saving ancient climate data. This rescue of historical climate data entails not only exhaustive searches and preservation efforts of such archives, but also the characterization and dissemination of the associated data and meta-data. The primary aim for this effort is to contribute to climate research, by enriching national and international climate databases with these historical meteorological observations. This paper describes comprehensively the data rescue process, from identification to analysis, and shows how the resulting, often unpublished, information contributes to the understanding of climate evolution.

pour améliorer la connaissance de la dynamique du climat : l'amélioration du diagnostic, avec des précisions spatio-temporelles ou des paramètres élargis, dicte fortement les priorités de recherche de données anciennes. La cible, pour les années à venir, est de retracer finement le climat passé : depuis 1850 pour la France et ses anciennes colonies et depuis 1900 pour le monde dans le cadre des réanalyses globales internationales.

Avant d'être en mesure de reconstituer ces évolutions passées, la chaîne de sauvetage des données climatologiques anciennes, depuis leur conservation jusqu'à leur mise à disposition, suppose de nombreuses étapes de traitement présentées dans cet article.

Conserver, rechercher et sélectionner les données climatologiques anciennes

Toutes les « mesures du temps qu'il fait » sont les héritières de l'histoire des réseaux météorologiques qui se sont organisés et professionnalisés au niveau national, avec la mise en place progressive de normes et de contrôles destinés à garantir la qualité et la standardisation des mesures (Javelle *et al.*, 2000 ; Leroy, 2002). La climatologie est l'étude de ces mesures sur une longue période. Elle nécessite une parfaite connaissance de ces évolutions historiques et des sources documentaires attachées.

La richesse des fonds d'archives de la météorologie française

Les archives de la météorologie française sont, pour la plupart, encore conservées dans les fonds de nombreux services départementaux ou régionaux de Météo-France, en métropole ou outre-mer (figure 1). Les dépôts effectués autrefois par l'administration centrale aux Archives nationales et d'anciens versements dans plusieurs services d'archives départementales s'y ajoutent (Jourdain *et al.*, 2008 ; Brunet *et al.*, 2013). Ces relevés originaux constituent un matériau privilégié pour étudier l'histoire du climat, auquel il convient d'adjoindre de nombreuses

publications climatologiques conservées par la bibliothèque de Météo-France.

Les fonds d'archives de Météo-France puisent leur origine dans la constitution progressive du réseau de stations d'observation météorologique mis en place en France à partir de 1855 par Urbain Le Verrier, sous l'égide de l'Observatoire de Paris (Locher, 2008). Véritable fondateur de la météorologie moderne, Urbain Le Verrier organisa le réseau des écoles normales à partir de 1864 et celui des commissions départementales en 1865, dont Météo-France est aujourd'hui légataire. Après sa mort, le Bureau central météorologique reprit le flambeau de 1878 à 1920 et se chargea de centraliser les observations des écoles normales primaires (dans lesquelles elles avaient été rendues obligatoires en 1879), des observatoires et des stations pluviométriques confiées à des bénévoles et organisées par les commissions départementales. Le réseau s'étendit aussi en mer avec des navires ou sur les côtes grâce aux sémaphores. Si les archives administratives du Bureau central météorologique sont aujourd'hui consultables aux Archives nationales de Pierrefitte-sur-Seine, les relevés d'observations se trouvent, eux, conservés aux Archives nationales de Fontainebleau ou dans les centres de Météo-France, où ils continuent d'être exploités pour la recherche. Ces relevés datent de l'époque du Bureau central météorologique, de l'Office national météorologique (créé en 1920 par regroupement du Bureau central avec le



Figure 1. La conservation des fonds d'archives climatologiques à la Direction de la climatologie de Météo-France, à Toulouse (© Météo-France).

Service météorologique de la navigation aérienne et le Service météorologique militaire créé pendant la première guerre mondiale) et de la Météorologie nationale qui, à partir de 1945, réunit les services météorologiques de France métropolitaine, d'outre-mer et des anciennes colonies d'Afrique et d'Asie.

Les Archives nationales, sur le site de Fontainebleau, conservent à elles seules deux kilomètres linéaires d'archives de la météorologie française, essentiellement constitués d'archives des services de prévision (majoritairement des cartes) et d'archives des services de climatologie (relevés météorologiques) de 1850 à 1970 (figure 2). Ces archives, versées de 1971 à 1992, font actuellement l'objet d'une valorisation scientifique dans le cadre du projet « Accès aux archives du climat » financé par la Fondation BNP Paribas, réunissant archivistes des Archives nationales et climatologues de Météo-France (Dandin *et al.*, 2012, 2013). Une dizaine d'autres kilomètres linéaires sont encore parfaitement conservés dans les centres régionaux et départementaux de Météo-France ainsi qu'au Centre d'archivage intermédiaire de Météo-France créé en 2011, à Trappes, pour gérer notamment le traitement des archives climatologiques papier des cinquante-cinq centres météorologiques amenés à fermer d'ici à 2017.

Les publications climatologiques de la bibliothèque de Météo-France

En complément des archives climatologiques, les collections de la bibliothèque de Météo-France, située à Saint-Mandé, rassemblent un grand nombre d'ouvrages et de périodiques qui regorgent d'observations météorologiques, sous forme de tableaux et de cartes, de paramètres statistiques calculés à partir de ces observations et de métadonnées. La période couverte par ces publications s'étend du XVIII^e au XX^e siècle. Avant la généralisation des réseaux informatiques et d'Internet, les publications imprimées constituaient l'unique support adapté à la diffusion et à l'échange des informations climatologiques. Au cours de la seconde moitié du XIX^e siècle, les publications climatologiques se sont multipliées, à la suite de la création des services météorologiques nationaux et des sociétés savantes à vocation météorologique et climatologique, avec par exemple

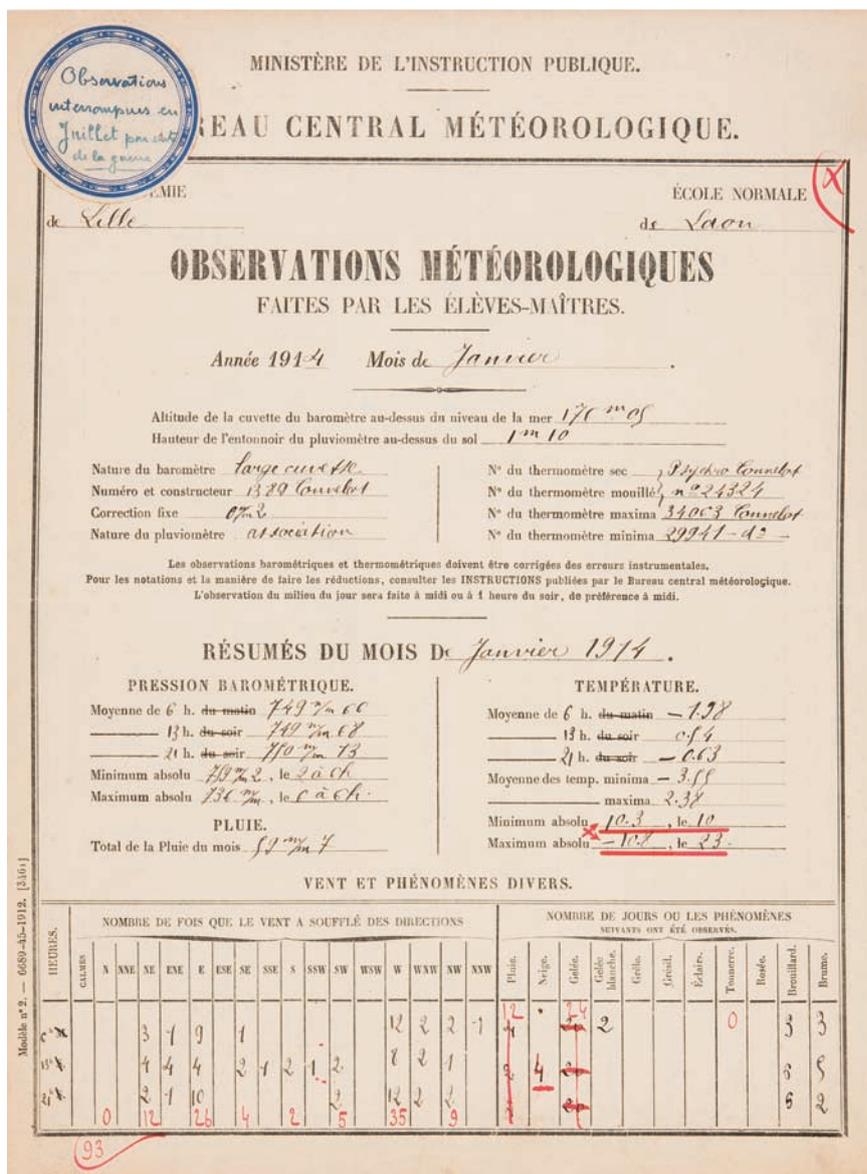


Figure 2. Relevé météorologique de l'École normale de Laon pour le mois de janvier 1914, conservé aux Archives nationales de Fontainebleau (© Archives nationales/Météo-France).

1. Le projet « Accès aux archives du climat »

Le projet « Accès aux archives du climat » a été lancé en 2011 par Météo-France et les Archives nationales, avec le soutien financier de la Fondation BNP Paribas dans le cadre de son programme *Climate initiative**. Ce projet vise à rendre communicables au public les archives versées par Météo-France aux Archives nationales (site de Fontainebleau) et jusqu'ici conservées dans d'anciens bâtiments vétustes et amiantés. Les phases de dépoussiérage, de décontamination et de reconditionnement des fonds ont été terminées en 2013. En 2014, près d'un tiers des fonds était inventorié pour une mise en ligne progressive des instruments de recherche courant 2015. Au printemps 2014, la fermeture exceptionnelle du site de Fontainebleau en raison de fissures dans les bâtiments a interrompu provisoirement la communication des archives. L'exploitation des données récupérées pour l'analyse du climat par Météo-France se poursuivra en 2015 et 2016.

Les inventaires des archives de Météo-France sont disponibles dans la salle des inventaires virtuelle des Archives nationales : <http://www.archives-nationales.culture.gouv.fr/sia/web/guest/faire-une-recherche>.

* <http://www.bnpparibas.com/fondation-bnp-paribas/recherche-changement-climatique>

L'Annuaire de la Société météorologique de France dont la première parution remonte à 1849¹ ou le *Bulletin quotidien international* depuis 1857. À partir de 1878, le Bureau central météorologique édite les *Annales du Bureau central météorologique* (trois ou quatre volumes chaque année) qui sont les héritières des publications météorologiques de l'Observatoire de Paris et qui couvrent les observations de la France et de ses anciennes colonies. Au plan local, les commissions météorologiques départementales, dont l'action est coordonnée par le Bureau central météorologique puis, à partir de 1920, par l'Office national météorologique, publient des bulletins climatiques à une fréquence généralement annuelle. À ces nombreuses publications périodiques viennent s'ajouter un grand nombre d'instructions ou de cours de météorologie, destinés aux observateurs, ainsi que les catalogues publiés par les fabricants d'instruments, qui constituent d'autres sources importantes de métadonnées pour les observations météorologiques au sol et en altitude.

Les principales étapes du sauvetage des données

C'est à la fin du XIX^e siècle que les climatologues français ont commencé à compiler les données d'observations météorologiques anciennes et à les analyser méthodologiquement et mathématiquement pour reconstituer le climat passé (Angot, 1895 ; Raulin, 1876, 1881). À partir de principes similaires, mais avec des moyens modernes, le sauvetage de données n'a, depuis, eu de cesse de valoriser l'énorme volume de documents accumulés depuis la création du service météorologique français en 1855.

Les étapes du travail de sauvetage des données climatologiques anciennes ont été formalisées pour la première fois dans un guide édité par l'OMM en 2004 (Tan *et al.*, 2004). D'un point de vue méthodologique, le sauvetage de données comprend quatre grandes étapes qui se déclinent en savoir-faire techniques précis (figure 3) :

- la conservation (conservation préventive et curative, classement et inventaire des documents climatologiques), étape qui peut inclure une recherche préalable pour identifier les sources ;

1. Sous le titre d'Annuaire météorologique de la France.

2. À la recherche de nos archives météorologiques...

Si l'historien se dirige naturellement vers les écrits privés et administratifs (tels que les livres de raison, les journaux météorologiques, les livres de compte, les délibérations d'assemblées ou de communes), le météorologue, lui, se préoccupe essentiellement des archives météorologiques qui, rattachées à la famille des archives scientifiques et techniques, rendent compte de l'activité météorologique quotidienne passée de l'Établissement. Souvent difficiles d'accès car encore détenues par les services et utilisées pour la recherche, seules les archives météorologiques versées dans les archives départementales ou nationales sont aujourd'hui consultables par le public. Le fonds le plus important, conservé par les Archives nationales, est constitué des archives des services de la prévision et des archives des services de la climatologie.

Grandes dates de début des collections de tableaux d'observation du fonds de la climatologie conservé aux Archives nationales

- 1799 : observateurs privés
- 1801 : stations climatologiques françaises
- 1806 : livres de bord
- 1853 : hôpitaux coloniaux
- 1864 : écoles normales primaires
- 1868 : phares, balises et sémaphores
- 1879 : carnets de la Marine
- 1915 : carnets d'observation des Armées
- 1923 : comptes rendus quotidiens des stations professionnelles
- 1940 : observations de la Seconde Guerre mondiale
- 1948 : radiosondages

3. Doc-Météo, le portail documentaire de Météo-France

Depuis 2011, un grand nombre de publications climatologiques, d'instructions, de cours de météorologie et de catalogues d'instruments ont été numérisés par Météo-France avec le soutien de la Bibliothèque nationale de France ou dans le cadre de programmes nationaux ou internationaux de sauvetage de données. Tous ces documents numérisés sont aujourd'hui accessibles en ligne dans la bibliothèque numérique du portail documentaire de Météo-France (<http://bibliotheque.meteo.fr>) et dans Gallica, bibliothèque numérique de la Bibliothèque nationale de France (<http://gallica.bnf.fr>).

4. La sélection des données d'observations météorologiques à récupérer

La richesse des archives météorologiques françaises impose de donner une priorité à toutes les actions de récupération des données. À Météo-France, ces priorités sont actuellement définies au niveau national par la Direction de la climatologie (Toulouse), essentiellement à partir des fonds d'archives appartenant à Météo-France, et plus exceptionnellement à partir de fonds extérieurs si les besoins de la recherche le nécessitent. Généralement, la sélection des données d'observations météorologiques se concentre sur les observations mesurées, et non observées, quotidiennes ou infraquotidiennes. Les paramètres privilégiés sont les treize variables essentielles définies par le Système mondial pour l'observation de l'atmosphère (observations de surface et aérologiques). Concernant la période chronologique et les stations, le choix s'oriente prioritairement sur les mesures des stations professionnelles du XX^e siècle pour favoriser la constitution de longues séries passées en lien avec des séries d'observations de stations encore ouvertes aujourd'hui.

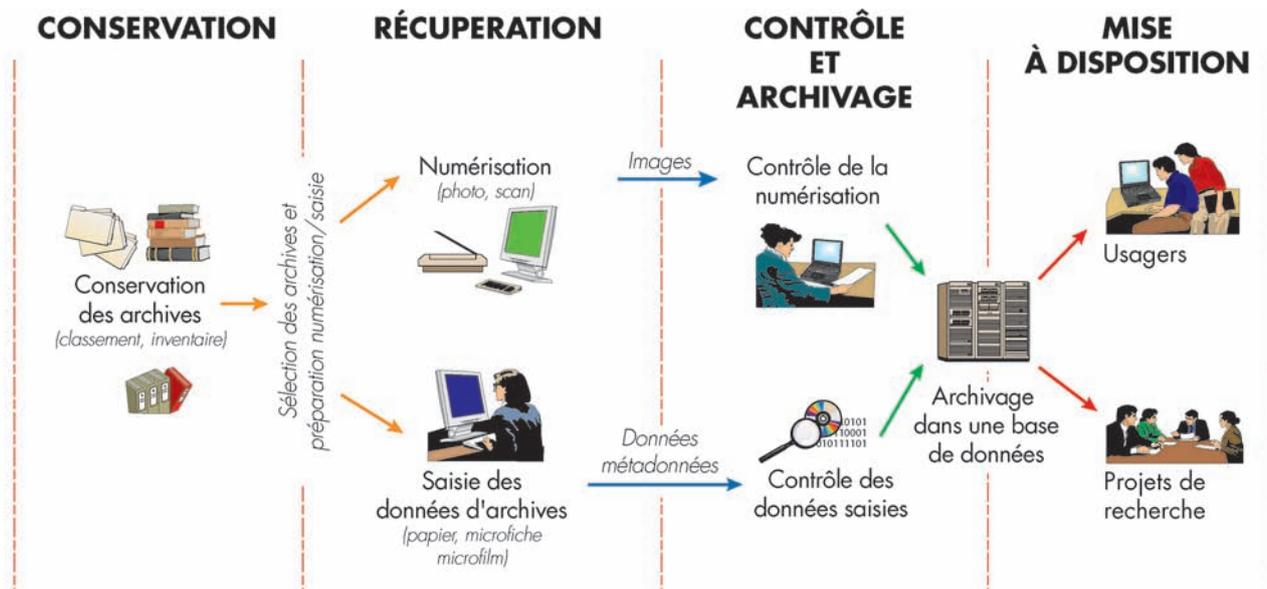


Figure 3. La chaîne de travail du sauvetage de données (© Météo-France).

- la récupération (sélection des données en quantité et en qualité, numérisation des documents, préparation de la saisie, saisie ou digitalisation des données et des métadonnées météorologiques récupérées dans les archives ou les publications climatologiques) ;
- le contrôle de la qualité des données saisies puis l’intégration dans une base de données climatologiques ;
- la mise à disposition (fourniture au public et aux programmes de recherche nationaux et internationaux des images et des données saisies, accompagnées de métadonnées).

Le coût de la saisie ou de la numérisation des données ne permettant pas de traiter l’ensemble des observations météorologiques anciennes, il est indispensable de procéder à une analyse des documents les plus intéressants, les plus rares ou les plus abîmés

pour ces étapes. La sélection est essentiellement dictée par l’intérêt des données à récupérer pour répondre aux objectifs scientifiques fixés (figure 4). En ce qui concerne la préservation des documents, Météo-France a, comme tout établissement public, le devoir de conserver toutes ses archives climatologiques pour les transmettre aux générations futures (Code du patrimoine, 2008).

Enrichir la base nationale de données climatologiques

Les climatologues ont toujours eu besoin de disposer de nombreuses données pour établir les statistiques sur le temps. Dès 1935, le service météorologique français s’est d’ailleurs équipé de

machines électromécaniques pour saisir les données de la climatologie sur cartes perforées (figure 5). En 1963, ces cartes ont été transférées vers un ordinateur électronique et, au cours des années 1980, l’automatisation progressive des stations météorologiques professionnelles a permis l’archivage automatique des données sans passer par une saisie manuelle. En 1989, la BDCLIM, sur disque à accès immédiat, a été créée afin d’enregistrer les données météorologiques en temps réel et d’héberger les mesures du passé, dont les plus anciennes remontent à ce jour à la fin du XVIII^e siècle (pluviométrie, pression et température de surface).

Récupérer des données et des métadonnées

La BDCLIM contient les observations météorologiques instrumentales de métropole, d’outre-mer et des Terres australes et antarctiques françaises, mesurées au sol par le réseau des stations automatiques et des postes climatologiques, en mer par des bouées fixes ou en altitude par des lâchers de ballons.

Aujourd’hui, ces données proviennent de plus de cinq cents stations météorologiques de Météo-France et de partenaires, de deux mille cinq cents stations automatiques, de trois mille points de mesure tenus par des bénévoles et de douze centres de radiosondages pour les mesures en altitude.

Des observations à différents pas de temps sont collectées. Les mesures en provenance des stations automatiques sont récupérées en temps réel : cumuls de précipitations sur six minutes et



Figure 4. Le pôle de numérisation de Météo-France, installé depuis 2012 au Centre d’archivage intermédiaire de Météo-France, à Trappes (© Météo-France).



Figure 5. La salle des trieuses et tabulatrices du Service météorologique de métropole et d'Afrique du Nord – Climatologie (avenue Rapp, Paris) en 1950 (© Météo-France).

données horaires. Celles des postes climatologiques alimentent la base en temps différé à une fréquence mensuelle : relevés quotidiens de précipitations et de températures minimale et maximale réalisés par le réseau des observateurs bénévoles. Toutes ces données sont contrôlées de manière automatique ou humaine. Plus de deux cents contrôles testent ainsi la variation temporelle, la cohérence entre paramètres, le non-dépassement de seuils de vraisemblance ou la cohérence spatiale. À chaque donnée est ensuite associé un code qualité qui indique le degré de confiance qu'on lui attribue. L'expertise humaine est assurée par les climatologues qui surveillent l'acquisition des données, vérifient leur qualité (traitement des anomalies détectées par les programmes de contrôle) et s'assurent du bon fonctionnement des stations.

Les données anciennes recueillies dans le cadre du sauvetage de données – essentiellement la température, les précipitations, l'humidité, la pression, le vent et l'insolation – ont leur propre chaîne de traitement. Cette chaîne reprend, autant que possible, les protocoles opérationnels en vigueur pour les observations actuelles : c'est une des forces et une originalité du travail de sauvetage de données mené à Météo-France.

Aujourd'hui, seules 10 à 20 % des observations réalisées depuis la création du service météorologique français, en 1855, sont disponibles dans la BDCLIM, et la présence des données météorologiques observées de 1900 à 1961 est encore nettement insuffisante. Mais collecter aveuglément de grands volumes de données ne sert à rien et les exigences liées à la qualité du diagnostic climatique imposent un travail de qualification poussé.

La bonne interprétation des mesures nécessite ainsi de prendre en compte les conditions dans lesquelles ces mesures ont été effectuées, information d'autant plus difficile à retrouver que l'on remonte dans le passé. Pour la température, par exemple, c'est à la fin du XVIII^e siècle que le thermomètre à mercure vient remplacer le thermomètre à esprit-de-vin, insuffisamment fiable, et au siècle suivant que la mesure s'effectue sous abri, de façon à assurer la ventilation et la protection des thermomètres (Beaurepaire, 1994 ; Leroy et Lefebvre, 2000). Les abris eux-mêmes évoluent : l'abri français ouvert, dit de Montsouris, est installé dans les stations principales vers 1874 (Renou, 1874), avant d'être progressivement remplacé dans les stations professionnelles par un abri fermé de type anglais à partir de 1918, existant en petit ou grand modèle, d'abord en bois, puis en plastique à partir de la fin des années 1960 (Perrin de Brichambaut et Leroy, 1995). Mais cette homogénéité toute relative ne vaut pas pour les stations tenues par des bénévoles, dans lesquelles on trouve une multitude d'abris de modèles différents, et ce jusqu'à des périodes relativement récentes (figures 6 et 7).



Figure 7. L'abri anglais (à double toit et à persiennes) de la station de Perpignan en 1956 (© Météo-France).

La BDCLIM intègre également ces nombreuses informations, appelées métadonnées, qui permettent de caractériser le site de mesures (identifiant, coordonnées géographiques, période de fonctionnement, paramètres disponibles) et les conditions de l'observation (environnement du site, instruments de mesure, observation automatique ou humaine). Ces métadonnées permettent de traiter les données pour pouvoir les comparer à d'autres ou les intégrer dans une longue série temporelle homogénéisée (Gibelin *et al.*, 2014). Un guide listant précisément les métadonnées à récupérer a d'ailleurs été édité par l'OMM en 2003 (Aguilar *et al.*, 2003).



Figure 6. L'abri français ouvert, dit de Montsouris, de la station météorologique de Saint-Cyr l'École en 1899. Photo extraite d'un album de photographies des postes météorologiques de la région parisienne à la fin du XIX^e siècle, conservé à la bibliothèque de Météo-France (© Météo-France).

Produire des longues séries de référence

Disposer de longues séries d'observations météorologiques de bonne qualité constitue une étape indispensable pour comprendre la variabilité climatique. L'obtention de longues séries de données homogénéisées est un processus long et complexe, qui nécessite le recensement et la saisie de données anciennes, l'exploitation des archives des postes et l'utilisation de techniques statistiques permettant de détecter et corriger l'effet des changements dans les conditions de mesure (Mestre *et al.*, 2013). La pluviométrie, la pression, la durée d'insolation, le vent et la température sont les observations les plus anciennement mesurées. Mais les séries de mesures de bonne qualité effectuées à un même poste pendant plus de cinquante ans sont très rares et il est, par conséquent, nécessaire d'aboutir des séquences plus courtes d'observations réalisées dans des lieux différents mais relativement proches géographiquement. Le déplacement des postes climatologiques au cours du temps, la modification des sites de mesure, de l'instrumentation, des méthodes de mesure et les changements d'observateurs peuvent se

traduire par des ruptures dans les séries de données. Des méthodes statistiques permettent de repérer ces ruptures d'homogénéité, par comparaison avec des séries appartenant à la même zone climatique. L'analyse des métadonnées permet ensuite aux climatologues de confirmer que ce sont bien des ruptures liées à la mesure et non au climat. Les séries sont ensuite corrigées, ou « homogénéisées », afin d'éliminer autant que possible l'effet des changements cités ci-dessus (Moisselin *et al.*, 2002 ; Gibelin *et al.*, 2014). Ces séries servent ensuite au travail de détection et de quantification des changements climatiques en France (Ribes *et al.*, 2010).

Mettre à disposition et valoriser les données météorologiques françaises pour la recherche

Toutes les données anciennes (depuis le XVIII^e siècle), récupérées dans le cadre du vaste programme de sauvetage de

données, sont archivées dans la BDCLIM. Ces données, qui ont été produites ou collectées par le réseau météorologique national, doivent être tenues à disposition du public et de la recherche.

Le portail des données publiques de Météo-France

Pour permettre l'accès à ces données, Météo-France a mis en place un portail internet qui recense toutes les données disponibles². Les données climatologiques de base, actuelles et anciennes (données d'observation *in situ*), y sont accessibles. Elles sont aujourd'hui considérées comme des données publiques soumises à redevance, mais cette politique est amenée à évoluer à court terme. De plus, le portail met à disposition de nombreux produits climatologiques, dont les longues séries homogénéisées mensuelles de métropole ou d'outre-mer, ainsi que toutes sortes de statistiques élaborées à partir des données (moyennes, cumuls et records mensuels, durées de retour ou normales). Depuis septembre 2014 sont également accessibles gratuitement des informations sur les stations qui réalisent l'acquisition des données

Tableau 1. Données météorologiques de dix séries françaises méditerranéennes sélectionnées par Météo-France pour WMO-Medare.

	Stations	Statut de la station	Date d'ouverture de la station	Période		
				Précipitations quotidiennes (cumul)	Températures quotidiennes (maxima et minima)	Pressions au niveau de la mer (3 obs./jour)
1	AJACCIO Campo dell Oro	Ouverte	Oct. 1949	Oct. 1949-2013	Oct. 1949-2013	Nov. 1949-2013*
	AJACCIO Aspretto	Fermée	1921	Mai 1921-sept. 1949	Mai 1921-sept. 1949	1921-sept. 1949*
	AJACCIO École normale	Fermée	Sept. 1872	Sept. 1872-avril 1921*	1874-avril 1921*	Sept. 1872-avril 1921*
2	BASTIA Poretta	Ouverte	Mai 1944	Mai 1947-2013	1947-2013	1948-2013*
	BASTIA Vieux-Port	Fermée	Avril 1864	1880-1920*	1881-1911*	1880-1920*
3	CARCASSONNE Salvaza	Ouverte	1948	1948-2013	1948-2013	1949-2013*
	CARCASSONNE École normale	Fermée	Juin 1865	Août 1872-1924*	1872-1924*	1872-1924*
4	LE LUC Cannet-des-Maures	Ouverte	1946	1946-2013	1946-2013	1946-2013*
5	MARIGNANE Aéroport	Ouverte	1920	1921-2013	1921-2013	1921-2013*
6	MONTPELLIER Fréjorgues	Ouverte	1939	1946-2013	1946-2013	1946-2013*
	MONTPELLIER Ensam	Fermée	1921	1921-nov. 1942*	Déc. 1923-nov. 1942*	1921-1942*
	MONTPELLIER École normale	Fermée	Sept. 1864	Sept. 1864-1937*	Sept. 1864-1937*	Sept. 1864-1937*
7	MONTÉLIMAR Aérodrome	Ouverte	Juin 1920	Août 1920-2013	Août 1920-2013	Août 1920-2013*
8	NICE Aéroport	Ouverte	Juillet 1942	Juillet 1942-1945* 1946-2013	Juillet 1942-1945* 1946-2013	Juillet 1942-2013*
	NICE Villa Masséna	Fermée	1928	1928-1935*	1928-1935*	1928-1935*
	NICE École normale	Fermée	Avril 1865	Avril 1865-1924*	Avril 1865-1924*	Avril 1865-1924*
9	NÎMES Courbessac	Ouverte	1921	1923-2013	1923-2013	1923-2013*
	NÎMES École normale	Fermée	Juin 1865	1872-juin 1939*	1872-juin 1939*	1872-juin 1939*
10	PERPIGNAN Aérodrome	Ouverte	Nov. 1924	Déc. 1924-2013	Déc. 1924-2013	Déc. 1924-2013*
	PERPIGNAN École normale	Fermée	1850	1850-1924*	1850-1924*	1850-1924*
	PERPIGNAN Observatoire	Fermée	1882	1882-avril 1932*	1882-avril 1932*	1882-avril 1932*

* Données en cours de récupération

météorologiques en temps réel (localisation, emplacements successifs, instrumentation, catalogue des mesures, etc.).

La participation de Météo-France aux projets internationaux

Météo-France est également engagé dans plusieurs projets internationaux de recherche et de sauvegarde de données anciennes, car les valorisations scientifiques du sauvetage de données alimentent les réanalyses de modèles ou les reconstructions d'événements passés. Les trois exemples qui suivent s'inscrivent dans le cadre de ces activités de sauvegarde engagées par la communauté d'étude du climat au niveau mondial. Ils illustrent les efforts entrepris pour consolider la mémoire du passé et améliorer le diagnostic sur l'évolution du climat.

- L'initiative WMO-Medare (*Mediterranean Data Rescue*) de l'OMM relative au sauvetage de données dans le bassin de la Méditerranée est un effort coopératif des services météorologiques et des universités, qui vise à améliorer la disponibilité et l'accessibilité des données climatologiques observées dans le bassin méditerranéen. Cette initiative a pour objectif de développer les activités de sauvetage des données climatiques et des métadonnées, afin d'élaborer des jeux de données climatologiques de surface de haute qualité. Météo-France participe activement à cette initiative et s'est engagé à récupérer, à contrôler et à fournir les données de cumuls quotidiens de précipitations, de températures quotidiennes, de pressions infraquotidiennes de surface et les métadonnées de dix très longues séries de l'arc méditerranéen (Jourdain *et al.*, 2008). En 2014, 831 935 données de précipitations et de températures quotidiennes ont été fournies au projet WMO-Medare (tableau 1).

- Le programme international ACRE (*Atmospheric Circulation Reconstructions over the Earth*) a pour objectif de favoriser la recherche et la sauvegarde des données météorologiques anciennes sur l'ensemble du globe, et de faciliter les interactions entre les équipes travaillant sur les projets de sauvetage de données et les services météorologiques produisant des réanalyses (Allan *et al.*, 2011). Il associe des services météorologiques, des universités, des organismes internationaux et des services d'archives

publiques. Les efforts portés par ACRE ont notamment bénéficié à la réanalyse globale du xx^e siècle, réalisée par la National Oceanic and Atmospheric Administration (Noaa) américaine. Cette réanalyse fournit un jeu de cartes de la circulation générale atmosphérique globale depuis 1871 en assimilant les données de pression de surface et en utilisant la température de la mer et des informations sur la banquise en condition aux limites. Associé à ce programme depuis son lancement, Météo-France y contribue en enrichissant régulièrement la base de données internationale de pression de surface. Des mesures françaises inédites remontant à 1783, récupérées du fonds météorologique des archives de la Société royale de médecine et numérisées dans le cadre d'un projet soutenu par l'Agence nationale de la recherche, ont été livrées en 2013. En 2014 et 2015, l'accent sera mis sur les territoires d'outre-mer, d'un apport essentiel pour les reconstructions de circulation atmosphérique globales de par leur position géographique.

- Depuis 2011, Météo-France s'est également engagé dans le projet international ERA-Clim (*European Reanalysis of Global Climate Observations*), poursuivi en 2014 sous le nom ERA-Clim 2, aux côtés du Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme. Ce projet vise la reconstruction des évolutions de l'atmosphère tout au long du xx^e siècle et constitue donc une nouvelle opportunité de recherche pour les climatologues de Météo-France, déjà fortement impliqués pour les observations de surface. Une contribution majeure est apportée par la France avec la mise à disposition de données inédites d'altitude antérieures à 1957 pour la métropole, l'outre-mer et les anciennes colonies françaises. Après un méticuleux travail de recherche et d'inventaire, quarante-deux longues séries d'observations en altitude ont été mises au jour sur la métropole, dont une quinzaine a été sélectionnée pour la numérisation et la saisie, en fonction de la longueur, la complétude et la répartition spatiale de chacune. Avec ERA-Clim 2, les régions polaires et tropicales seront particulièrement ciblées en raison de leur position dans des zones géographiques où les points de mesure sont rares. Météo-France y a relevé douze longues séries. Toutes ces séries seront ensuite intégrées dans la BDCLIM et fournies au Centre européen pour être utilisées dans les systèmes de modélisation et d'assimilation modernes produisant des réanalyses de l'évolution de

l'atmosphère. La réanalyse ERA-20C, sur le xx^e siècle, devrait être d'une grande qualité de par la résolution spatiale fine délimitée et le nombre élevé de niveaux d'altitude concernés (Stickler *et al.*, 2013, 2014).

Conclusion

Les bénéfices du sauvetage de données portent principalement sur l'enrichissement en longues séries météorologiques de référence, la reconstruction d'événements extrêmes passés et la fourniture de données de mesures instrumentées anciennes pour alimenter les réanalyses climatiques. La tâche est vaste, car il existe des centaines de millions de données à récupérer et à sauvegarder, en France comme partout dans le monde, c'est pourquoi elle doit d'abord se concentrer sur des besoins particuliers, circonscrits par des projets nationaux ou internationaux de recherche.

Ce vaste programme de collecte et de préservation des documents anciens suppose un savoir-faire technique et météorologique qui nécessite un rapprochement de la climatologie avec d'autres disciplines, en particulier l'archivistique et l'histoire. Le changement climatique invite d'autant plus à cette union qui n'a de cesse d'améliorer la connaissance du passé et de conserver, pour l'avenir, notre patrimoine scientifique écrit.

Météo-France, en s'appuyant sur la richesse et l'ancienneté des réseaux d'observations, et par son investissement massif aux niveaux national et international, a beaucoup contribué à l'élaboration de ce savoir-faire pluridisciplinaire. Plus largement, l'Établissement œuvre chaque jour à la consolidation d'une mémoire du climat et des risques, car les climatologues ont aussi le devoir de protéger, de partager et de transmettre leur discipline et leur patrimoine.

Remerciements

La restauration des archives de la météorologie française conservées aux Archives nationales et leur valorisation pour l'étude du climat ont reçu le soutien de la Fondation BNP Paribas dans le cadre du projet « Accès aux archives du climat ». Les projets ERA-Clim et ERA-Clim 2 ont été financés par le septième programme cadre (FP7) de la Commission européenne pour la recherche.

Bibliographie

- Aguilar E., Auer I., Brunet M., Peterson T.C., Wieringa J., 2003. *Guidelines on climate metadata and homogenization*. WMO/TD n° 1186, 1-50.
- Allan R., Brohan P., Compo G.P., Stone R., Luterbacher J., Brönnimann S., 2011. The International atmospheric circulation reconstructions over the Earth (ACRE) initiative. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 92, 1421-1425. doi: 10.1175/2011BAMS3218.1
- Angot A., 1895. Premier catalogue des observations météorologiques depuis l'origine jusqu'en 1850. *Annales du Bureau central météorologique. Mémoires*, B89-146.
- Beaurepaire M., 1994. *L'observation thermique de l'atmosphère en France et dans les pays proches aux XVII^e et XVIII^e siècles : l'invention du thermomètre, le traitement des données anciennes*. Thèse de l'université Paris Sorbonne-Paris IV, Paris, 498 p. Disponible à l'adresse : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00962194>
- Brunet M., Jones P.D., Jourdain S., Efthymiadis D., Kerrouche M., Boroneant C., 2013. Data sources for rescuing the rich heritage of Mediterranean historical surface climate data. *Geosci. Data J.*, 1, 61-73. doi: 10.1002/gdj3.4
- Dandin P., Aressy P., Deaux N., Dubuisson B., Fleuter G., Gibelin A.-L., Jourdain S., Laval L., Ménassère S., Roucaute E., Wiczorek A.-M., 2012. Data rescue: a necessary look at climate. In: Griffith J., Rowlands C., Witthaus M., eds. *Climate Exchange*, WMO, Tudor Rose, 266-269.
- Dandin P., Fleuter G., Javelle J.-P., Jourdain S., Roucaute E., Schneider M., 2013. Recherche et sauvetage d'informations météorologiques anciennes : un apport et un regard nécessaires sur le climat. *La Gazette des archives*, 230, 43-63.
- Gibelin A.-L., Dubuisson B., Corre L., Deaux N., Jourdain S., Laval L., Piquemal J.-M., Mestre O., Denetière D., Desmidt S., Tamburini A., 2014. Évolution de la température en France depuis 1959. Constitution d'un nouveau jeu de séries homogénéisées de référence. *La Météorologie*, 87, 45-53.
- Javelle J.-P., Rochas M., Pastre C., Hontarrède M., Beaurepaire M., Jacomy B., 2000. *La météorologie du baromètre au satellite*. Paris, Delachaux et Niestlé, 180 p.
- Jourdain S., Canellas C., Dubuisson B., Pery M.-O., 2008. Data rescue activities at Météo-France, MEDARE proceedings of international Workshop on data rescue and digitization of climate records in Mediterranean Basin. WMO TD n° 1432, 113-120.
- Leroy M., Lefebvre G., 2000. Caractérisation de l'abri du XIX^e siècle. *La Météorologie*, 31, 69-70.
- Leroy M., 2002. La mesure au sol de la température et des précipitations. *La Météorologie*, 39, 52-56.
- Locher F., 2008. *Le savant et la tempête : étudier l'atmosphère et prévoir le temps au XIX^e siècle*. Rennes, Presses universitaires de Rennes, 195 p.
- Mestre O., Domonkos P., Picard F., Auer I., Robin S., Lebarbier E., Böhm R., Aguilar E., Guijarro J., Vertachnik G., Klancar M., Dubuisson B., Stepanek P., 2013. HOMER: a homogenization software – methods and applications. *Időjárás*, 117, 47-67.
- Moisselin J.-M., Schneider M., Canellas C., Mestre O., 2002. Changements climatiques en France au 20^e siècle. Étude des longues séries de données homogénéisées françaises de précipitations et de températures. *La Météorologie*, 38, 45-56.
- Perrin de Brichambaut C., Leroy M., 1995. La mesure de la température de l'air. *La Météorologie*, 12, 14-30.
- Raulin V., 1876. *Observations pluviométriques faites dans la France méridionale (Sud-Ouest, Centre et Sud-Est) de 1704 à 1870 avec les grandes séries de Paris, Genève et le Grand-Saint-Bernard*. Veuve Chaumas, Bordeaux.
- Raulin V., 1881. *Observations pluviométriques faites dans la France septentrionale (Est, Neustrie et Bretagne) de 1688 à 1870*. Veuve Chaumas, Bordeaux.
- Renou E., 1874. Note sur les instruments de météorologie et les méthodes d'observation. Bulletin des séances du 7 avril 1874. *Annuaire de la Société météorologique de France*, 22, 138-144.
- Ribes A, Azais J.-M., Planton S., 2010. A method for regional climate change using smooth temporal patterns. *Clim. Dyn.*, 35, 391-406. doi: 10.1007/s00382-009-0670-0
- Stickler A, Brönnimann S., Jourdain S., Roucaute E., Sterin A., Valente A.M., Dee D., 2013. Description of the ERA-CLIM historical upper-air dataset. *Earth Syst. Sci. Data*, 6, 29-48.
- Stickler A., Brönnimann S., Valente A.M., Bethke J., Sterin A., Jourdain S., Roucaute E., Vasquez M.V., Reyes D.A. Guzman, Allan R., Dee D., 2014. ERA-CLIM: Historical surface and upper-air data for future reanalyses. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 95, 1419-1430. doi: 10.1175/BAMS-D-13-00147.1
- Tan L.S., Burton S., Crouthamel R., Van Engelen A., Hutchinson R., Nicodemus L., Peterson T.C., Rahimzadeh F., 2004. *Guidelines on climate data rescue*. WMO/TD n° 1210, 1-12.