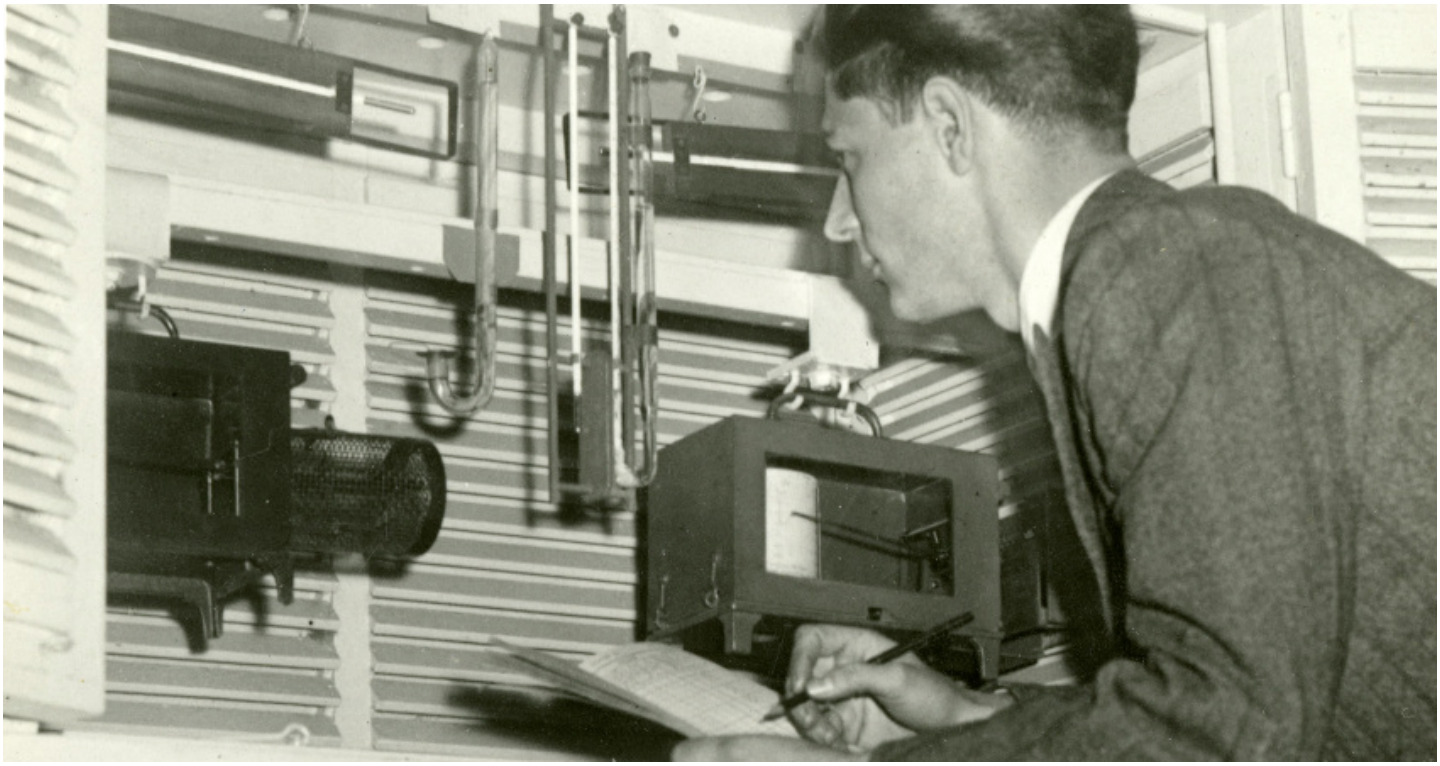
Les observations météorologiques au fil des siècles passés

Auteur :
PEPIN Marie-Hélène, Chef du département Documentation à la Direction de la communication de Météo-France.

19-09-2018



La météorologie a été une préoccupation constante du genre humain. Les premiers écrits sont riches en descriptions météorologiques, comme celle du Déluge, le mythe le plus partagé de toutes les civilisations. En Europe, au Moyen-Âge, les chroniqueurs notent les évènements météorologiques de façon directe (orages, froid, etc) ou indirecte via la date des vendanges par exemple. Ce n'est cependant qu'à la fin du XVI^{e} que sont mis au point les premiers instruments de mesure indispensables à la description scientifique de l'état de l'atmosphère. Le concept de réseau d'observation apparaît au XVII^{e}. L'objectif est de caractériser sur des bases chiffrées les climats de la terre. Dès 1860, le développement du télégraphe et plus généralement des transmissions permet d'envisager d'utiliser les observations météorologiques pour prévoir le temps. Les observations météorologiques en altitude débutent au début du XX^{e}. Leur intérêt s'accroît avec les progrès en matière de prévision. Dès 1960, les observations se font aussi à partir des satellites. Aujourd'hui, les observations météorologiques sont archivées et stockées dans des bases de données, afin d'être utilisées dans les modèles numériques de prévision du temps ou d'évolution du climat.

1. Les observations avant les mesures

1.1. Les premiers écrits

Figure 1. Arc en ciel et fin du déluge, Chapelle Palatine de Palerme [Source : © By Jean-Pierre Dalbéra from Paris, France [CC BY 2.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/2.0)], via Wikimedia Commons].

Tous les textes relatant des épisodes très anciens de l'histoire des hommes mentionnent des évènements météorologiques. Le plus fameux d'entre eux est probablement le Déluge. Le Mahâbhârata parle du choc d'une comète qui enflamme l'horizon avant une pluie torrentielle de douze ans. Dans la Bible, l'arc-en-ciel signe l'arrêt des pluies après le Déluge et la nouvelle alliance entre Dieu et les hommes (voir Figure 1).

Les Chinois disposent de la plus longue série d'observations météorologiques. Dès 1216 av J.-C., on trouve trace de texte où sont répertoriés, tous les dix jours, les évènements météorologiques. La direction du vent est même précisée. Les mages chaldéens ou babyloniens ont laissé sur des tablettes d'argiles, des descriptions de phénomènes célestes. Les Grecs ont, quant à eux, pensé la météorologie en tant que science et, vers 334 av J.-C., Aristote rédige le premier traité de météorologie reliant les observations météorologiques à une réalité physique et non pas à une action divine [1].

1.2. En Europe, au Moyen Âge et jusqu'au XVII^{e}

Figure 2. Les dates de vendanges utilisées pour connaître le climat du passé - Manuscrit 39, Psautier, XIIIe siècle. [Source : © Bibliothèque municipale de Beaune].

L'historien Emmanuel Le Roy Ladurie a exploité les chroniques laissées par les érudits du Moyen Âge pour mettre en perspective l'histoire des hommes et les désastres climatiques qu'ils subissent. Il a utilisé les observations météorologiques qualifiées de sources directes et des sources secondaires, comme les dates des vendanges (Figure 2), des moissons ainsi que la quantité et la qualité de la production, significatives, au moins pour cette période, du temps qu'il faisait [2]. D'autres historiens utilisent également des indicateurs complémentaires comme, par exemple, les compte-rendus des procès pour modification du

temps [3].

Les dictons populaires qui prévoient le temps, dont certains datent de cette époque, témoignent aussi de la capacité des hommes à observer le ciel et à chercher à en prévoir l'évolution.

2. Les instruments d'observation

Même si l'on trouve trace de l'existence d'instruments météorologiques bien avant, la plupart des instruments nécessaires à la mesure des conditions atmosphériques ne sont mis au point qu'au cours du XVI^{e} siècle.

2.1. Le baromètre

Figure 3. Torricelli et l'expérience du vide en 1643 [Source : © D'ALENCE J. (1688) Traité des baromètres, thermomètres et notiomètres, Amsterdam].

Torricelli (1608-1647) pose le principe du premier baromètre, en prouvant, en 1644, l'existence de la pression atmosphérique grâce à un tube rempli de mercure (Figure 3). Pascal (1623-1662) montre, en 1648, que la pression atmosphérique mesurée avec les tubes de Torricelli, baisse lorsque l'altitude augmente. En 1663, il met au point un baromètre à siphon [4]. Le nom de baromètre est employé pour la première fois en 1665 par le savant anglais Robert Boyle (1627-1691) [5]. Depuis, cette époque, le baromètre a connu beaucoup d'évolutions. Une des plus importantes est celle de Lucien Vidie (1805-1866). Elle permet aux expéditions scientifiques du XIX^{e} de disposer d'un instrument portable, sans mercure : le baromètre anéroïde. Il comporte une boîte métallique déformable (ou capsule de Vidie) dans laquelle on fait un vide partiel. Son écrasement est limité par des ressorts dont la tension est fonction de la pression. La capsule de Vidie continue à être l'élément sensible d'une grande partie des baromètres actuels.

2.2. Le thermomètre

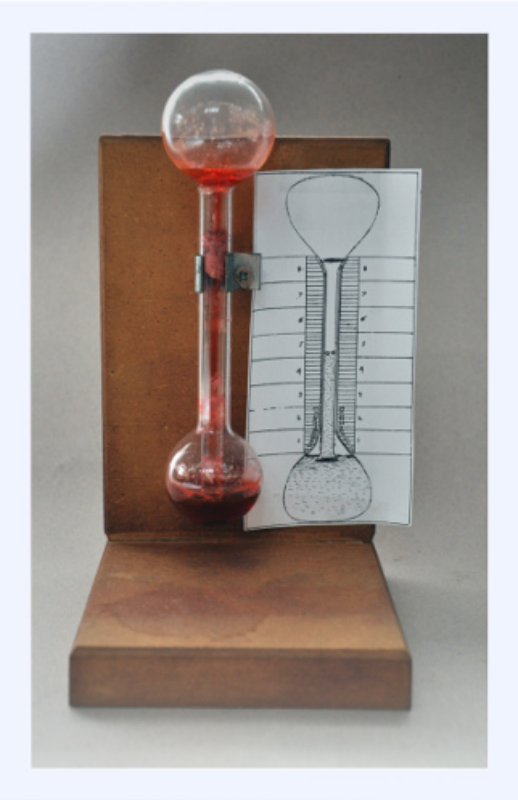


Figure 4. Reproduction du thermoscope de Telioux fabriquée en 1995 à Trappes [Source : © Météo-France].

Même si on sait que les physiciens grecs de l'Antiquité comme Philo de Byzance ou Hero d'Alexandrie, mesuraient les variations de la température de l'air, plusieurs scientifiques du XVII^{e} en revendiquent la paternité. Barlomeo Telioux décrit en 1611 le principe d'un thermoscope, qui permet d'estimer les variations de la pression et de la température de l'air en mesurant la hauteur d'une colonne d'eau (Figure 4).

Le médecin italien, Santorio Santorio (1561-1636) utilise en 1612 un thermoscope pour évaluer la fièvre d'un malade [6]. Le hollandais Cornélis Drebbel décrit, en 1621, un thermomètre au fonctionnement sommaire : un ballon de verre, muni d'un long col effilé qui plonge dans un récipient rempli d'eau. L'eau monte dans le tube. Lorsque le malade pose sa main sur la boule ; la chaleur dégagée fait se dilater l'air contenu dans la sphère et fait descendre le niveau de l'eau à une certaine hauteur. On peut suivre les variations de la température en renouvelant l'expérience à intervalles réguliers et en mesurant cette hauteur à chaque fois [7].

Figure 5. Le médecin italien Santorio, à l'origine de plusieurs instruments météorologiques [Source : By Giacomo Piccini [Public domain], via Wikimedia Commons].

En 1641 à Florence, sous l'égide du grand-duc de Toscane Ferdinand II, le thermoscope de Santorio est perfectionné pour s'affranchir des effets de la pression atmosphérique : l'eau est emprisonnée dans un tube hermétique. L'Allemand David Fahrenheit (1686-1736) améliore sa fiabilité en introduisant dans le tube fermé du mercure et en établissant une échelle de variations. Le Suédois Anders Celsius (1701-1744) propose une graduation où le zéro correspond à l'ébullition de l'eau et le 100 à la température de fusion de la glace. Une fois inversée, cette échelle devient peu à peu la référence. En 1954, le Kelvin devient l'unité de mesure de la température au niveau international. Pour passer du Celsius au Kelvin, il faut rajouter 273,15. L'Organisation mondiale de la météorologie (OMM) continue cependant à utiliser le Celsius pour certains messages.

2.3. L'hygromètre

Le *codex Atlanticus* de Léonard de Vinci rassemble des dessins scientifiques et techniques réalisés entre 1478 et 1518. Parmi eux, le dispositif à balance dont l'un des plateaux porte une éponge et l'autre une pierre, permet de mesurer la variation de l'humidité de l'air, puisque le poids de l'éponge varie suivant le degré d'humidité ambiant alors qu'a contrario, le poids de la pierre reste stable. C'est un des ancêtres des hygromètres utilisés en météorologie.

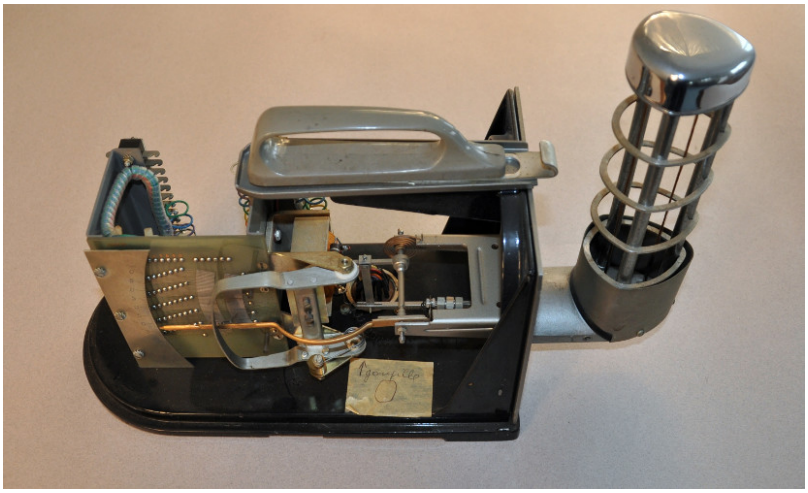


Figure 6. Hygro-transmetteur à cheveux [Source : © Météo-France].

L'Italien Santorio (Figure 5), déjà cité pour le thermomètre, identifie plusieurs méthodes possibles. Plusieurs scientifiques du XVII^{e} et XVIII^{e} proposent, à leur tour, des instruments permettant de mesurer l'humidité de l'air mais c'est au Suisse Horace Benedict de Saussure (1740-1799) que l'on doit l'hygromètre à cheveu (Figure 6), un instrument simple, bon marché, portatif qui a longtemps été utilisé dans les réseaux météorologiques [8].

2.4. L'anémomètre

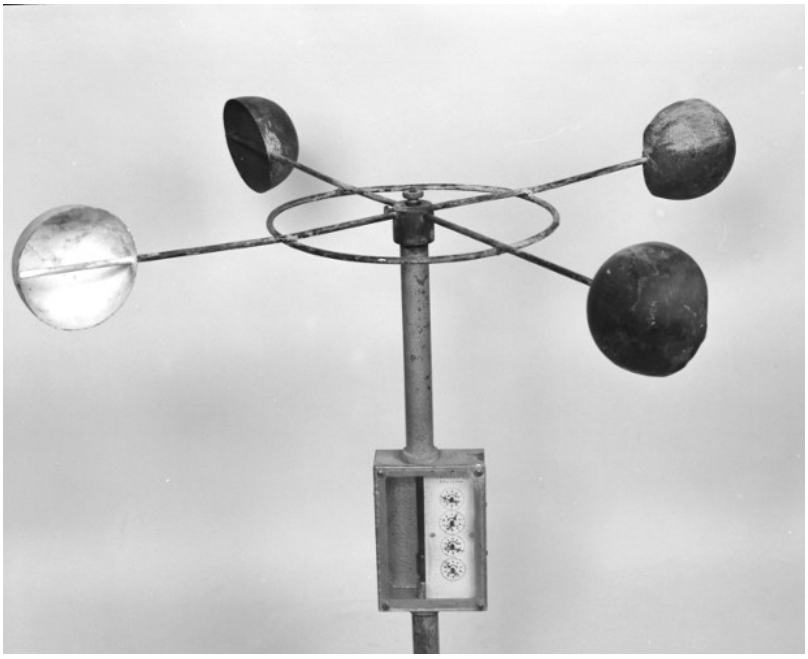


Figure 7. Anémomètre Robinson à compteurs. [Source : © Météo-France].

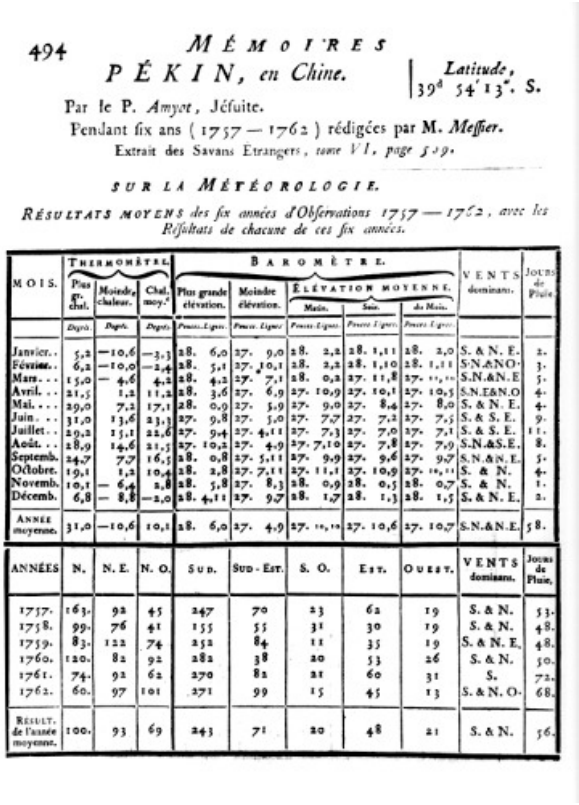
Si observer la direction du vent est courant dès l'Antiquité, il faut attendre 1450 pour que Leone Battista Alberti (1414-1472) propose une girouette améliorée qui estime la force du vent d'après l'angle que fait une plaque mobile autour d'un axe horizontal. En 1664, l'Anglais Robert Hooke (1635-1703) met au point un anémomètre capable de mesurer à la fois la direction et la force du vent. En 1806, l'amiral anglais Sir Francis Beaufort (1774-1857) introduit une échelle numérique très simple, basée sur l'observation de la voilure d'une frégate à trois mâts [9]. Ce n'est qu'à partir de 1846, avec l'invention de l'anémomètre à coupelles (Figure 7) par Thomas Romney Robinson (1792-1882) que les mesures de la force du vent peuvent être considérées comme relativement fiables, même s'il est important de connaître comment elles ont été réalisées, car le vent est un paramètre extrêmement variable dans le temps et dans l'espace.

3. Les réseaux d'observation

Figure 8. Ferdinand II crée le premier réseau d'observations météorologiques. [Source : attribué à Giusto Sustermans [Public domain], via Wikimedia Commons.]

La mise au point d'instruments de mesure permet aux scientifiques de l'époque de comparer leurs mesures afin de caractériser les climats des régions où elles sont faites. Ferdinand II (Figure 8), grand duc de Toscane, équipe en baromètre et thermomètre, onze villes (Florence, Pise, Vallombrosa, Curtigliano, Bologne, Milan, Parme, Oaris, Osnabrück, Innsbruck, Varsovie) et recueille, sous l'égide de l'Académia del Cimento, pendant dix ans leurs observations. L'hostilité de l'Église Catholique met fin à ce premier réseau météorologique en 1667 [10].

En 1776, en France, la Société royale de médecine crée un réseau d'observations météorologiques afin d'étudier le lien entre les conditions météorologiques ambiantes et les maladies. Louis Cotte (1740-1815), prêtre oratorien, en organise le fonctionnement : il liste les instruments à utiliser, fixe leurs conditions d'installation et de maintenance, fournit les imprimés à remplir et en organise la collecte et l'archivage. En 1784, le réseau comporte soixante-seize observatoires du monde entier. La société météorologique du Palatinat, à Mannheim, sélectionne, quant à elle, cinquante-sept institutions avec lesquelles elle échange, à partir de 1780, des observations météorologiques. La révolution française met fin au fonctionnement de ces réseaux dès 1792 mais les relevés recueillis par Cotte [11] (Figure 9) et par la Société Palatine [12] ont été conservés.



494 MÉMOIRES

PÉKIN, en Chine. Latitude, 39d 54′ 13″. S.

Par le P. *Amyot*, Jéfuite.

Pendant fix ans (1757 — 1762) rédigées par M. *Meſſier*.

Extrait des Savans Etrangers, *tome VI, page 509.*

SUR LA MÉTÉOROLOGIE.

RÉSULTATS MOYENS des fix années d'Obſervations 1757 — 1762, avec les Réſultats de chacune de ces fix années.

MOIS.	THERMOMÈTRE. Plus gr. chal.	Moindre chaleur.	Chal. moy.	BAROMÈTRE. Plus grande élevation.	Moindre élevation.	ÉLÉVATION MOYENNE. Matin.	Soir.	du Mois.	VENTS dominans.	Jours de Pluie.
	Degrés.	Degrés.	Degrés.	Pouces. Lignes.	Pouces. Lignes.	Pouces. Lignes.	Pouces. Lignes.	Pouces. Lignes.		
Janvier..	5,2	—10,6	—2,3	28. 6,0	27. 9,0	28. 2,2	28. 1,11	28. 2,0	S. & N. E.	2.
Février..	6,2	—10,0	—2,4	28. 5,1	27. 10,1	28. 2,2	28. 1,10	28. 1,11	S.N.&NO.	3.
Mars...	15,0	— 4,6	4,2	28. 4,2	27. 7,1	28. 0,2	27. 11,8	27. 11,10	S.N.&N.E	5.
Avril...	21,5	1,2	11,2	28. 3,6	27. 6,9	27. 10,9	27. 10,1	27. 10,5	S.N.E&N.O	4.
Mai....	29,0	7,2	17,1	28. 0,9	27. 5,9	27. 9,0	27. 8,4	27. 8,0	S. & N. E.	4.
Juin...	31,0	13,6	23,3	27. 9,8	27. 5,0	27. 7,7	27. 7,2	27. 7,5	S. & S. E.	9.
Juillet..	29,2	15,1	22,6	27. 9,4	27. 4,11	27. 7,3	27. 7,0	27. 7,1	S. & S. E.	11.
Août...	28,9	14,6	21,5	27. 10,2	27. 4,9	27. 7,10	27. 7,8	27. 7,9	S.N.&S.E.	8.
Septemb.	24,7	7,7	16,5	28. 0,8	27. 5,11	27. 9,9	27. 9,6	27. 9,7	S.N.&N.E.	5.
Octobre.	19,1	1,2	10,4	28. 2,8	27. 7,11	27. 11,1	27. 10,9	27. 11,11	S. & N.	4.
Novemb.	10,1	— 6,4	2,8	28. 5,8	27. 8,3	28. 0,9	28. 0,5	28. 0,7	S. & N.	1.
Décemb.	6,8	— 8,8	—2,0	28. 4,11	27. 9,7	28. 1,7	28. 1,3	28. 1,5	S. & N. E.	2.
ANNÉE moyenne.	31,0	—10,6	10,1	28. 6,0	27. 4,9	27. 11,10	27. 10,6	27. 10,7	S.N.&N.E.	58.

ANNÉES	N.	N. E.	N. O.	SUD.	SUD-EST.	S. O.	EST.	OUEST.	VENTS dominans.	Jours de Pluie.
1757.	163.	92	45	247	70	23	62	19	S. & N.	53.
1758.	99.	76	41	155	55	31	30	19	S. & N.	48.
1759.	83.	122	74	252	84	11	35	19	S. & N. E.	48.
1760.	120.	82	92	282	38	20	53	26	S. & N.	50.
1761.	74.	92	62	270	82	21	60	31	S.	72.
1762.	60.	97	101	271	99	15	45	13	S. & N. O.	68.
RÉSULT. de l'année moyenne.	100.	93	69	243	71	20	48	21	S. & N.	56.

Figure 9. Observations de Pékin (1757-1762) recueillies par Louis Cotte [Source : © Météo-France]

Les mesures ont cependant été poursuivies par les passionnés, notamment les agriculteurs et les médecins. En France, ce n'est qu'en 1848 qu'est publié le premier Annuaire météorologique de la France qui rassemble les observations météorologiques bénévoles. Charles Sainte-Claire Deville (1814-1876) et Emilien Renou (1815-1902) s'approprient l'idée et fondent, en 1852, la Société météorologique de France (SMF) qui reprend à son compte la publication de l'annuaire.

La création de services météorologiques professionnels apporte aux différents réseaux la cohérence nécessaire à une utilisation opérationnelle des observations. En France, en 1864, Urbain Le Verrier (1811-1877) s'appuie sur le réseau des écoles normales primaires pour assurer l'observation météorologique de la France. Des commissions météorologiques départementales sont créées en 1865. En 1914, elles gèrent un réseau de plus de 2000 observateurs bénévoles (Figure 10).

Figure 10. Observation pluviométrique à Noisy le Sec en 1897 [Source : © Météo-France].

En Allemagne, à l'Institut météorologique prussien créé en 1847, le climatologue Wilhem Mahlmann (1812-1848) définit la notion de climat local et organise le réseau d'observation. À l'Observatoire de Bruxelles créé en 1833, les relevés météorologiques sont quotidiens et Adolphe Quetelet (1796-1874) les exploite de manière statistique pour tenter d'en dégager des lois physiques sur l'évolution du temps. La Société royale météorologique de Londres, créée en 1850, fédère les observations anglaises déjà disponibles puisque, dès 1848, le journal britannique *Daily News* publie un tableau du temps observé dans différentes villes. Dès 1853, l'Amiral Robert Fitzroy propose des règles de prévision basées sur les observations recueillies en mer mais c'est l'Américain Matthew Fontaine Maury qui obtient en 1853 l'uniformisation des observations maritimes afin qu'elles puissent être utilisées par tous.

James Pollard Espy (1785-1860) obtient du Congrès américain que chaque comté soit équipé d'un poste météorologique comprenant un baromètre, des thermomètres et un pluviomètre. Ces observations lui permettent d'établir des cartes synoptiques dès 1841. Le Weather Bureau n'est cependant créé que le 9 Février 1870.

Figure 11. C.-H. Buys-Ballot, premier président de l'Organisation Météorologique internationale [Source : © Météo-France].

L'organisation météorologique internationale est fondée à Vienne en 1873. Son président est l'Anglais Charles-Henri Buys Ballot (1817-1890) (Figure 11). Elle a pour principal objectif, l'échange des observations météorologiques et s'attache donc à les standardiser et à en définir le codage.

4. La transmission des données d'observation

En 1851, à l'occasion de l'exposition universelle de Londres, la compagnie du télégraphe expose une carte sur laquelle on affiche au fur et à mesure de leur réception l'état du temps la pression et la direction du vent en vingt-deux points.

La possibilité d'échanger rapidement les observations météorologiques, avec le télégraphe ou la radio, donne à ces réseaux une importance accrue car l'analyse des observations reçues quelques heures après avoir été faites permet de prévoir le temps et non plus seulement d'étudier le climat.

Figure 12. Statue d'Urbain Le Verrier par Henri Chapu devant l'Observatoire de Paris [Source : © P.Taburet Météo-France]

En France, en 1855, U. Le Verrier (Figure 12) démontre à Napoléon III que l'existence d'un réseau météorologique télégraphique lui aurait permis d'éviter le désastre de Sébastopol.

La tempête qui a causé la perte d'une grande partie de la flotte française le 14 novembre 1854, était, en effet, prévisible, si on avait disposé du réseau d'observations adéquat.

La décision de création d'un service météorologique international avec transmission télégraphique des observations est prise en 1856.

Le 2 novembre 1857, un tableau d'observations météorologiques est publié dans le Bulletin international de l'Observatoire de Paris.

Le 7 septembre 1863, la première carte isobarique de la situation de la veille sur l'Europe y est présentée (Figure 13).

Wilhem Brandes (1777-1834) avait montré la voie en illustrant de

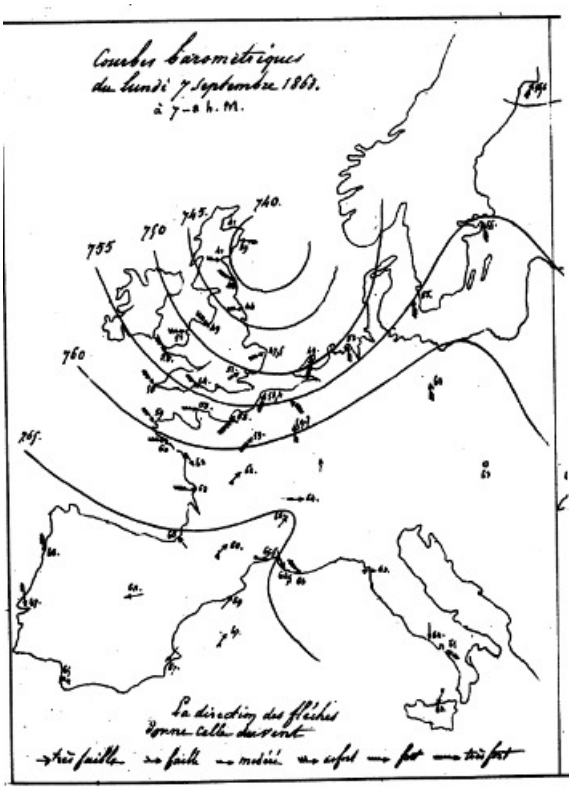


Figure 13. La première carte isobarique publiée en France en 1863 [Source : © Météo-France].

quatre cartes sa thèse de 1826 sur le trajet de la forte dépression depuis l'Angleterre jusqu'à la Norvège entre le 24 et le 26 décembre 1821 [13].

5. Les observations en altitude

5.1. Les ballons-sonde

En 1898, Léon Teisserenc De Bort (1855-1913) débute l'exploration verticale de l'atmosphère à l'aide de cerfs-volants puis de ballons-sonde. En 1899, il met en évidence l'existence de la stratosphère. Mais c'est avec la première guerre mondiale que l'intérêt majeur de ces observations est reconnu et qu'un réseau de stations de sondages est mis en place.

En 1927, Robert Bureau (1892-1965)et Pierre Idrac (1885-1935) mettent au point la radiosonde qui permet de recevoir au sol, par radio, les mesures des instruments emportés par le ballon-sonde (Figure 14).

Figure 14. Premiers radiosondages à Trappes vers 1930. [Source : © Météo-France].
Extrait du dossier Fonctionnement de l'ONM rapport et correspondances 1925-1953/Observatoire de Trappes.

Ces observations sont, jusqu'à l'arrivée des données satellites, les principales observations assimilées dans les modèles numériques de prévision.

5.2. Les satellites

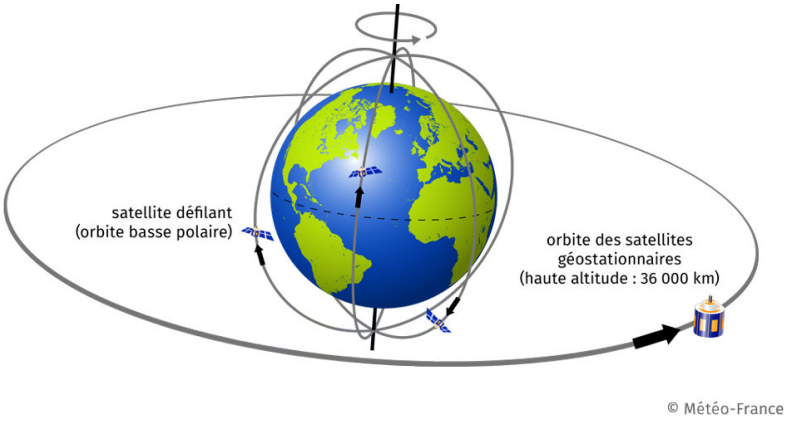


Figure 15. Observation météorologique de la Terre par satellites [Source : © Météo-France].

Le premier satellite météorologique, TIROS-1 est lancé le 1er avril 1960. En 1966, le satellite géostationnaire ATS1 fournit des images spectaculaires de la Terre et des formations nuageuses de l'atmosphère. La décision d'assurer une couverture météorologique de la planète est prise. Le premier satellite géostationnaire, américain, est lancé en 1974. Le satellite européen, Météosat, est lancé en 1977. Des satellites à défilement complètent le dispositif (Figure 15).

5.3. Les observations radar

Figure 16. Un des premiers radars de précipitations français, le Melodi, à Dammartin, en 1974 [Source : © Météo-France].

En 1889, Heinrich Hertz (1857-1894) pose les principes de la détection des surfaces métalliques par ondes électromagnétiques. Au cours de la seconde guerre mondiale, alors que les opérateurs utilisent en routine les radars pour détecter les avions, l'existence d'échos liés à des précipitations est mise en évidence. Le lien entre la réflectivité mesurée par le radar et l'intensité des précipitations (loi Z-R) est établie. Le premier radar de détection des précipitations, le WSR-57, est développé par le service météorologique américain. En France, le réseau Aramis qui assure la couverture météorologique radar de la France voit le jour dans les années 80 [14], après l'installation de radars pilotes, comme le radar Melodi de Dammartin (Figure 16).

6. Utilisation dans les modèles de prévision du temps et d'évolution du climat

6.1. Les modèles de prévision numériques

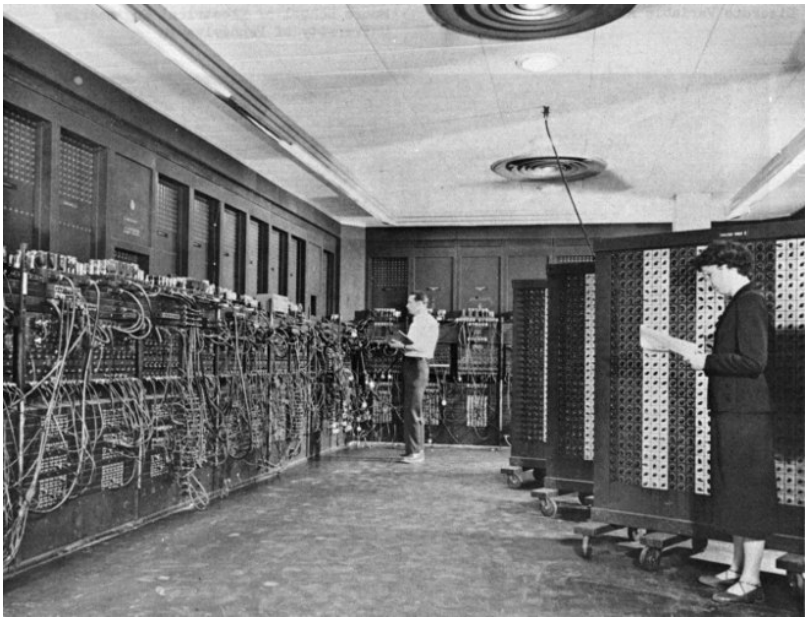


Figure 17. L'ENIAC est l'ordinateur sur lequel a été réalisée la première prévision numérique du temps en 1950 [See page for author [Public domain], via Wikimedia Commons © U. S. Army].

Lewis Fry Richardson (1881-1953) établit, en 1922, comment à partir d'un jeu d'observations météorologiques, il est possible de

calculer son évolution [15]. En 1938 Carl-Gustav Rossby (1898-1957) propose des équations plus simples afin de calculer aux latitudes tempérées le déplacement des perturbations. En août 1946, John von Neuman(1903-1957) organise à Princeton la première conférence sur « la météorologie dynamique et le calcul électronique automatique à grande vitesse ». Jule Charney (1917-1981) conçoit le premier modèle et le teste, en mars 1950, à Aberdeen, sur l'ENIAC (Figure 17), un des premiers ordinateurs électroniques. Même s'il lui faut cinq semaines pour réaliser trois prévisions concluantes, la prévision numérique est lancée [16].

Le premier jeu de prévisions à 24 heures est publié en 1954 par le *Weather Bureau.* Il se nourrit d'une analyse humaine des observations météorologiques. En France, il faut attendre les années 70 et la mise au point du modèle de prévision Améthyste pour que la prévision numérique, avec, en données d'entrée, des observations de radiosondages, devienne opérationnelle [17] . Les prévisions sont limitées à la métropole avec une échéance de trois heures [18].

6.2. Les modèles climatiques

[caption id="attachment_5984" align="alignright" width="500"]

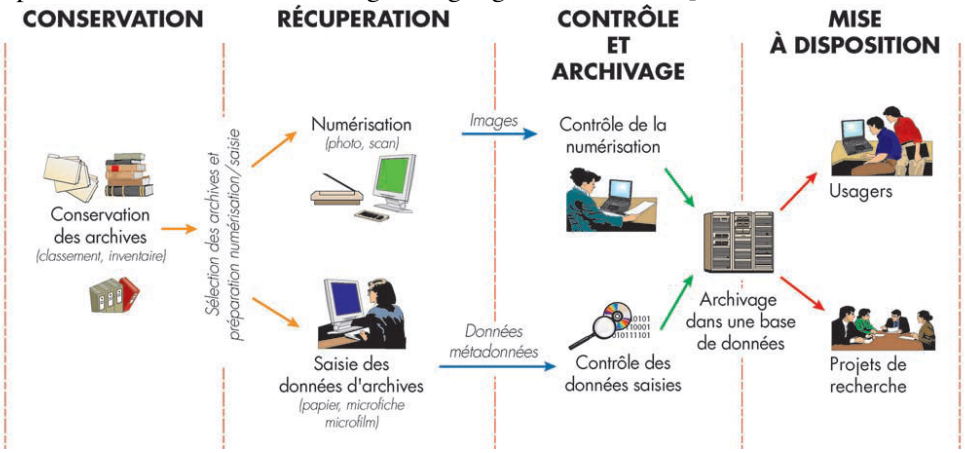


Figure 18. Le projet de Data Rescue des observations météorologiques [Source : © Météo-France][/caption]Contrairement aux modèles de prévision, les modèles climatiques ne sont pas nourris en permanence par des observations météorologiques. Celles-ci sont utilisées pour définir un état initial de l'atmosphère, puis, le modèle calcule son évolution, suivant les règles définies et les hypothèses fixées comme, par exemple, la teneur en gaz à effet de serre à échéance de 100 ans [19]. Les observations servent aussi à vérifier la capacité du modèle à reconstituer le climat passé afin de conclure sur sa pertinence à simuler le climat de demain. Les observations utilisées sont des observations météorologiques homogénéisées pour prendre en compte la variabilité des conditions dans lesquelles elles ont été faites. L'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) a lancé un vaste programme de récupération d'archives météorologiques (Data Rescue) afin de pouvoir mettre à disposition des chercheurs (Figure 18) les observations permettant de reconstituer les climats passés récents de la Terre [20].

7. Messages à retenir

L'arrivée des instruments météorologiques au XVI^{e} permet de disposer des mesures.

La constitution de réseaux météorologiques qui normalisent les mesures permet de transformer les mesures en observations climatologiques et de comparer les climats de la Terre.

L'arrivée du télégraphe qui permet des échanges rapides des observations permettent dans la deuxième partie du XIX^{e} d'envisager de prévoir le temps.

Le développement de l'aviation et les moyens donnés à la météorologie pendant les deux grandes guerres du XX^{e} permettent des avancées majeures dans la connaissance du fonctionnement de l'atmosphère.

Le développement des moyens de calcul et des satellites dans les années 70 marque un tournant décisif dans les domaines de l'observation météorologique et de son utilisation pour prévoir le temps et pour étudier les évolutions climatiques.

Références et notes

Image de couverture. Observation météorologique dans les années 50. [Source : © Météo-France]

[1] FIERRO A. (1991). *Histoire de la météorologie*. Paris : Denoël

[2] LE ROY LADURIE E. (1967) *Histoire du climat depuis l'an mil.* Paris : Flammarion

[3] LITZENBURGER L. (2015), *Une Ville face* au *climat : Metz à la fin du Moyen Âge*, Nancy : PUN

[4] PASCAL B. (1663) *Traités de l'équilibre des liqueurs, et de la pesanteur de la masse de l'air…*Paris : Guillaume Desprez

[5] JAVELLE JP, ROCHAS M., PASTRE C., HONTARREDE M., BEAUREPAIRE M., JACOMY B. (2000), *Du baromètre au satellite,* Paris : Delachaux & Nestlé

[6] JAVELLE JP, ROCHAS M., PASTRE C., HONTARREDE M., BEAUREPAIRE M., JACOMY B. (2000), *Du baromètre au satellite,* Paris : Delachaux & Nestlé

[7] RENOU E. (1876), Histoire du thermomètre, A*nnuaire de la Société météorologique de France*, n°24, http://bibliotheque.meteo.fr/exl-php/oaidoc/DOC00028778.html

[8] AVELLE JP, ROCHAS M., PASTRE C., HONTARREDE M., BEAUREPAIRE M., JACOMY B. (2000), *Du baromètre au satellite,* Paris : Delachaux & Nestlé

[9] JAVELLE JP, ROCHAS M., PASTRE C., HONTARREDE M., BEAUREPAIRE M., JACOMY B. (2000), *Du baromètre au satellite,* Paris : Delachaux & Nestlé

[10] FIERRO A. (1991). *Histoire de la météorologie,* Paris : Denoël

[11] COTTE L (1774),*Traité de météorologie*, Paris: Imprimerie Royale http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k94863w

[12] SOCIETAS METEOROLOGICA PALATINA (1781-1786), Ephemerides Societatis meteorologicae palatinae, Manheim : Schwan, http://bibliotheque.meteo.fr/exl-php/vue-consult/mf_-_recherche_avancee/ISO00008104

[13] PARROCHIA D. (1998), *Météores – Essai sur le ciel et la cité,* Paris:ChampVallon

[14] PARENT DU CHATELET J. (2003), Aramis, le réseau français de radars pour la surveillance des précipitations, *La Météorologie*, n°40, http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/36263

[15] RICHARDSON LF. (1922), *Weather prediction by natural process*, Cambridge University Press, https://archive.org/details/weatherpredictio00richrich

[16] ROCHAS M., JAVELLE .-P. (1993), La météorologie : la prévision numérique du temps et du climat, Aubenas : Syros

[17] PAILLEUX J., (2002), Les besoins en observations pour la prévision numérique du temps, *La Météorologie*, n°39, p29-35, http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/36244/meteo_2002_39_29.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[18] ROUSSEAU D., LE PHAM H, JUVANON DU VACHAT R. (1995) , Vingt-cinq ans de prévision numérique du temps, *La Météorologie*, n°spécial, p129-134. http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/52038/meteo_1995_SP_129.pdf

[19] PLANTON S., DUFRESNE J.-L..(2007), Description d'un organigramme générique, *Le climat à découvert*, p150-153, https:https://books.openedition.org/editionscnrs/11431?lang=fr

[20] JOURDAIN S., ROUCAUTE E., DANDIN P., JAVELLE JP, DONET I., MENASSERE S., CENAC N., (2015), Le sauvetage de données climatologiques, *La Météorologie*, N°89, p47-55

L'Encyclopédie de l'environnement est publiée par l'Université Grenoble Alpes - www.univ-grenoble-alpes.fr

Pour citer cet article: **Auteur :** PEPIN Marie-Hélène (2018), Les observations météorologiques au fil des siècles passés, Encyclopédie de l'Environnement, [en ligne ISSN 2555-0950] url : http://www.encyclopedie-environnement.org/?p=5954

Les articles de l'Encyclopédie de l'environnement sont mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons

Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.