

**PLAN DE NUMERISATION DU PATRIMOINE CULTUREL ET SCIENTIFIQUE
DES ETABLISSEMENTS SCIENTIFIQUES FEDERAUX
ET DE LA CINEMATHEQUE ROYALE DE BELGIQUE**

Phase 1

RAPPORT FINAL

**BANQUE DE DONNEES D'OBSERVATIONS
CLIMATOLOGIQUES MANUSCRITES**

DI/00/06

Promoteurs

Christian TRICOT (IRM, coordinateur)

Christian MULLER (IAS)

Pascal MORMAL (IRM)

Auteurs

Christian TRICOT (IRM)

Christian MULLER (IAS)

Pascal MORMAL (IRM)

Lieven VAN GOMPEL (IRM)

Kristof VERHUMST (IRM)

Stephane DEKEYZER (IRM)

Michel JOURNEE (IRM)

Alexis MULLER (IAS)



KBR



CINEMATEK



Publié en 2012 par la Politique scientifique fédérale
Avenue Louise 231
B-1050 Bruxelles
Belgique
Tel: +32 (0)2 238 34 11 - Fax: +32 (0)2 230 59 12
<http://www.belspo.be>

Personne de contact: *Anna Calderone*
Secrétariat: +32 (0)2 238 34 65

La Politique scientifique fédérale ainsi que toute personne agissant en son nom ne peuvent être tenus pour responsables de l'éventuelle utilisation qui serait faite des informations qui suivent. Les auteurs sont responsables du contenu.

Cette publication ne peut ni être reproduite, même partiellement, ni stockée dans un système de récupération ni transmise sous aucune forme ou par aucun moyens électronique, mécanique, photocopies, enregistrement ou autres sans y avoir indiqué la référence.

Tricot Ch., Muller Ch., Mormal P., Van Gompel L., Verhumst K., Dekeyzer S., Journée M. et A. Muller, *Banque de données d'observations climatologiques* manuscrites, Rapport final, Politique scientifique fédérale (Plan de numérisation du patrimoine culturel et scientifique des Etablissements scientifiques fédéraux et de la Cinémathèque royale de Belgique – Phase 1), Bruxelles, 2012, 61 p.

TABLE DES MATIERES

RESUME

SAMENVATTING

SUMMARY

1. INTRODUCTION	1
1.1 Contexte	1
1.2 Articulation internationale	1
1.3 Objectifs	3
2. MISE EN ŒUVRE	6
2.1 Méthodologie, choix des techniques, recours à la sous-traitance.....	6
2.2 Partenariat développé entre les ESF	14
2.3 Problèmes rencontrés et points d'attention	14
2.4 Ressources (personnel et budget).....	15
2.4.1 A charge de Belspo	15
2.4.2 A charge des ESF	16
3. REALISATIONS	19
3.1 Données climatologiques manuscrites.....	19
3.2 Données d’ozone	42
4. DIFFUSION ET VALORISATION	43
4.1 Données climatologiques manuscrites.....	43
4.1.1 Les longues séries de températures extrêmes journalières	44
4.1.2 Les longues séries de précipitations journalières	51
4.2 Données d’ozone	56
5. BILAN ET PERSPECTIVES	58
6. REFERENCES	60

RESUME

Dans le cadre de la phase 1 du plan de numérisation des ESF et de la CRB initié par la Politique scientifique fédérale (BELSPO), l’Institut royal météorologique de Belgique (IRM) et l’Institut d’Aéronomie spatiale de Belgique (IAS) ont proposé un projet commun de numérisation d’anciennes données d’observations. L’objectif était de sauvegarder sous forme électronique des séries de données temporelles de grand intérêt scientifique et qui n’étaient disponibles que sous forme manuscrite ou sous forme difficilement exploitable scientifiquement dans les archives des deux institutions.

Le choix du procédé de numérisation s’est porté sur l’encodage manuel des séries d’observations retenues en priorité par l’IRM et l’IAS. Après une phase préliminaire en interne de préparation du travail d’encodage proprement dit, l’engagement de deux techniciens encodeurs a permis de mener à bien les objectifs prioritaires retenus.

Avant le lancement du projet, l’IRM disposait sous forme numérique des relevés quotidiens de températures extrêmes (températures minimum et maximum) et de quantités de précipitations effectués depuis le début des années 1950 par les observateurs du réseau climatologique belge. Avant cette date, seules quelques longues séries pluviométriques avaient déjà été encodées par la Section d’Hydrologie de l’Institut au début des années 1980. La phase 1 du plan de numérisation a été l’occasion d’étendre l’encodage des données climatologiques journalières sur la période 1881-1949 en exploitant les bulletins mensuels manuscrits disponibles dans les archives de l’Institut.

Toutes les données thermométriques existantes sur la période considérée ont été numérisées et un choix de stations pluviométriques a été opéré pour en garantir l’encodage dans les délais impartis. Au total, les données de 623 stations pluviométriques et 239 stations thermométriques ont été considérées. Plus de 4,8 millions de données climatologiques journalières ont ainsi été sauvegardées en les numérisant ; elles sont aujourd’hui disponibles dans leur état brut dans la banque de données Oracle de l’IRM.

Ce projet de sauvegarde de données climatologiques journalières est l’étape préliminaire indispensable en vue de l’étude des changements climatiques régionaux en Belgique depuis la fin du 19^{ème} siècle. Avant de pouvoir arriver à cet objectif, une deuxième étape, tout aussi importante, est cependant encore nécessaire. Il s’agit maintenant d’étudier la qualité des séries de données encodées et d’en déterminer l’homogénéité.

L’IAS est une institution scientifique plus jeune que l’IRM, issue de celui-ci dans les années 1960 au vu du développement des sciences de l’atmosphère. L’Institut dispose de relativement peu d’archives anciennes qu’il était indispensable de sauvegarder en les numérisant. Néanmoins, un ensemble de données d’observations de grand intérêt scientifique a été retenu pour être numérisé par encodage manuel dans le cadre de la phase 1 du plan de numérisation. Il s’agit des données d’ozone relevées en Antarctique de 1965 à 1967 à la base Roi Baudouin au moyen de l’instrument Dobson n°54. A l’époque, ces données avaient été récoltées à l’occasion d’une expédition commune belgo-néerlandaise. Les données originales disponibles sur les feuilles de relevé des observateurs ont été retrouvées au KNMI (De Bilt) en 1989 et ce sont celles-ci qui ont été encodées. La numérisation inclut toutes les données, y compris celles éliminées par les observateurs en raison des difficultés de la mesure. La préservation des données d’ozone est assurée sur un serveur sécurisé de l’IAS. Elles sont accessibles via le lien <http://ozonehistory.aeronomie.be/history.htm>.

Une première analyse des données encodées a confirmé les différences observées à l’époque entre les valeurs d’ozone de novembre 1965 et 1966 et a démontré que les observateurs n’avaient pas systématiquement écarté les valeurs faibles d’ozone pour le mois d’octobre. Les moyens actuels permettent de redonner une nouvelle vie à ces résultats par la comparaison avec des modèles de circulation générale et de développer des techniques qui permettront de retraiter l’ensemble des archives de l’instrument Dobson.

SAMENVATTING

In het kader van fase 1 van het digitaliseringsplan van de FWI's en de Cinematek ingeleid door het Federaal Wetenschapsbeleid (BELSPO), hebben het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België (KMI) en het Belgisch Instituut voor Ruimte Aëronomie (BIRA) een gemeenschappelijk numerisatieproject van oude waarnemingsgegevens voorgesteld. Het objectief was het bewaren onder elektronische vorm van tijdsreeksen van groot wetenschappelijk belang die op dat moment slechts onder geschreven vorm of onder een moeilijk wetenschappelijk exploiteerbare vorm beschikbaar waren in de archieven van de twee instellingen.

De keuze van het numerisatieproces kwam neer op de manuele codering van de reeksen waarnemingen, in prioriteit weerhouden door het KMI en het BIRA. Na een inleidende, interne voorbereiding van het echte coderingswerk, heeft de indienstneming van twee coderingstechniekers toegelaten de weerhouden prioriteiten op goede wijze te behalen.

Voor de lancering van dit project, beschikte het KMI onder numerieke vorm over dagelijkse waarnemingen van de uiterste temperaturen (maximum en minimumtemperaturen) en de neerslaghoeveelheid uitgevoerd sinds het begin van de jaren 1950 door de waarnemers van het Belgische klimatologische meetnet. Voor deze datum waren enkel sommige lange pluviometrische reeksen gecodeerd door de Sectie Hydrologie van het Instituut in het begin van de jaren 1980. Fase 1 van het digitaliseringsplan gaf ons de gelegenheid de codering uit te breiden met de dagelijkse klimatologische gegevens over de periode 1881–1949 door de exploitatie van de geschreven maandberichten beschikbaar in de archieven van het Instituut.

Al de bestaande thermometrische gegevens over de beschouwde periode werden genummeriseerd en een keuze van pluviometrische stations werd uitgevoerd om de codering binnen de opgelegde termijn te garanderen. In totaal werden de gegevens van 623 pluviometrische en 239 thermometrische stations uitgekozen. Meer dan 4,8 miljoen dagelijkse klimatologische gegevens werden op deze wijze genummeriseerd en bewaard; zij zijn heden beschikbaar in hun ruwe vorm in de Oracle gegevensbank van het KMI.

Dit project om de dagelijkse klimatologische gegevens te bewaren is de eerste noodzakelijke etappe voor de studie van de regionale klimaatveranderingen in België sinds het einde van de 19^e eeuw. Vooraleer wij deze doelstelling kunnen aanvatten is er echter nog een tweede, even belangrijke etappe nodig. Het komt er nu op aan om de kwaliteit en de homogeniteit van deze gecodeerde reeksen te bestuderen.

Het BIRA is een jongere wetenschappelijk instelling dan het KMI, waaruit het ontstaan is in de jaren 1960 met de bedoeling de wetenschappen van de atmosfeer te ontwikkelen. Het Instituut beschikt over relatief weinig, oude archieven waarvan de bewaring door numerisatie noodzakelijk is. Nochtans werd een geheel van zeer belangrijke wetenschappelijke waarnemingen weerhouden om genummeriseerd te worden door manuele codering in het kader van fase 1 van het digitaliseringsplan. Het betreft de ozongegevens waargenomen in Antarctica van 1965 tot 1967 op de Koning Boudewijnbasis met behulp van het Dobson N°54 instrument. Destijds werden deze gegevens verzameld ter gelegenheid van een gemeenschappelijk Belgisch-Nederlandse expeditie. De originele beschikbare gegevens op waarnemingsbladen werden terug gevonden op het KNMI (De Bilt) in 1989 en het zijn deze die werden gecodeerd. De digitalisering bevat alle gegevens, zelfs deze die door de waarnemers wegens moeilijkheden bij het waarnemen werden weggelaten. De bewaring van de ozongegevens wordt verzekerd op een beveiligde server van het BIRA. Zij zijn toegankelijk via de link <http://ozonehistory.aeronomie.be/history.htm>.

Een eerste analyse van de gecodeerde gegevens bevestigde de verschillen destijds waargenomen tussen de ozonwaarden van november 1965 en 1966 en toonde aan dat de waarnemers niet systematisch lage oktober ozonwaarden negeerden. De huidige middelen laten toe een nieuw leven te

geven aan deze resultaten door de vergelijking met globale circulatiemodellen en nieuwe technieken te ontwikkelen voor een nieuwe behandeling van de archieven van het Dobson instrument.

SUMMARY

In the frame of phase 1 of the digitization plan of the Federal Scientific Institutes and the Royal Belgian Film Archive initialized by the Belgian Science Policy (BELSPO), the Royal Meteorological Institute of Belgium (RMIB) and the Belgian Institute of Space Aeronomy (BISA) have proposed a common project for the digitization of ancient observation data. The objective was the conservation in numerical form of time series, with great scientific interest, which were at that moment only available under written format or under a difficult scientifically exploitable format in the archives of both institutes.

The choice of the digitization procedure was to be done by the manual encoding of series of observations chosen as a priority by the RMIB and the BISA. After a first intern, preliminary preparatory phase of the encoding work, two technical encoders were engaged to attain the retained priorities.

Before the start of the project, the RMIB disposed of numerical values of daily observations of temperature extremes (maximum and minimum) and the precipitation quantities carried out since the beginning of the years 1950 by the observers of the Belgian climatological network. Before that date, only some long rainfall series were already encoded by the section of Hydrology of the Institute at the beginning of the years 1980. Phase 1 of the digitization plan proved to be the occasion to extend the encoding of daily climatological data over the period 1881–1949 using and exploiting the monthly written bulletins available in the archive of the Institute.

All the existing temperature data over the considered period were numerated and a choice of rainfall stations was made to make sure that the encoding remained within the desired delays. In total, the data of 623 pluviometrical stations and 239 temperature stations were taken into account. More than 4,8 million daily climatological data were saved under numerical format; today these raw data are available in the Oracle database of the RMIB.

The project of saving the daily climatological data is the first necessary and preliminary step with regard to the study of regional climate changes in Belgium since the end of the 19th century. Before attaining that objective, a second equally important step is still necessary. We now have to study the data for their quality and we have to determine their homogeneity.

The BISA is a younger scientific institute than the RMIB, founded from it in the years 1960 with the aim to develop the sciences of the atmosphere. The Institute disposes of relatively small ancient archives which where indispensable to be saved under numerical format. Nevertheless, a whole of observations of great scientific interest were retained for digitization through manual encoding in the frame of phase 1 of the digitization plan. The considered data were the ozone observations carried out in Antarctica between 1965 and 1967 at the Roi Baudouin base by means of the Dobson n° 54 instrument. At that time these data were collected during a common Belgo-Dutch expedition. The original data available in observation sheets from the observers were discovered in the KNMI (De Bilt) archives in 1989 and consequently these data were digitized. The digitization includes all the data, even those which were eliminated by the observers due to the difficulties of the measurement technique. The conservation of these ozone data is assured by a secured server of the BISA. They are accessible through the link <http://ozonehistory.aeronomie.be/history.htm>

A first analysis confirmed the differences reported at that time between the ozone values of November 1965 and 1966 and demonstrated that the observers did not systematically ignore low ozone values during the month of October. The present means allow to give a new life to these results by the comparison with global circulation models and to develop techniques for a future retreatment of the entirety of the Dobson instrument archives.

1. INTRODUCTION

1.1 Contexte

Depuis plusieurs années, la problématique des modifications à grande échelle de l’environnement terrestre dues aux activités humaines et aux cycles naturels est un important sujet de recherche au niveau international. Elle suscite aussi régulièrement l’intérêt du public et conduit les autorités publiques à prendre, dans le cadre de politiques de prévention et d’adaptation, des mesures d’intérêt général.

A l’échelle planétaire, l’évolution du climat terrestre et celle de la chimie de l’atmosphère sont deux des principaux thèmes étudiés par la communauté scientifique. Ces deux domaines intéressent directement l’Institut royal météorologique de Belgique (IRM) et l’Institut d’aéronomie spatiale de Belgique (IAS). Leur traitement scientifique nécessite l’existence de séries de données d’observations de qualité et de durée suffisantes, à partir desquelles les influences relatives des activités humaines et des forçages naturels sur l’évolution observée de l’environnement doivent pouvoir être analysées. Cela explique que de nombreuses initiatives sont prises depuis quelques années au niveau international, et au niveau national dans plusieurs pays, pour sauvegarder et numériser des données manuscrites anciennes dont l’exploitation peut contribuer à la connaissance scientifique.

Le plan stratégique actuel de l’IRM insiste sur le renforcement de la sécurité des personnes et des biens par la connaissance du temps, du climat et de la géophysique. Un tel objectif dépend de manière cruciale de l’existence de données d’observations fiables et continues. Dans les archives manuscrites de l’Institut, les plus anciennes observations climatologiques effectuées de manière régulière dans l’ensemble du pays remontent à l’année 1880, au moment où le réseau climatologique belge a été restructuré et rapidement développé. Pour la période avant 1950, la plupart de ces données uniques n’étaient accessibles, jusqu’il y a peu de temps, que sur papier ou diagrammes. Dans le cadre de la phase 1 du plan de numérisation de BELSPO, le choix de l’IRM s’est porté sur l’encodage systématique des séries climatologiques belges disponibles depuis la fin du 19^{ème} siècle et jugées les plus intéressantes. La valorisation de ces données doit permettre à terme de caractériser l’évolution spatio-temporelle des climats régionaux dans notre pays à l’échelle de 10 à 100 ans, contribuant ainsi, d’une part, à l’objectif stratégique mentionné plus haut et, d’autre part, à l’effort international actuel de recherche dans le domaine du climat.

Les tâches principales de l’IAS concernent la recherche et les services publics dans le domaine de l’aéronomie spatiale, qui comprend la physique et la chimie de l’atmosphère de la Terre et des autres planètes, ainsi que de l’espace extra-atmosphérique. La compréhension de la chimie de la stratosphère, couche atmosphérique s’étendant entre 10 et 50 km environ, est un élément essentiel dans l’étude de la couche d’ozone et de son évolution. L’ozone stratosphérique est important car il protège la vie sur Terre de l’effet nocif des rayons ultra-violet. Dans le cadre de la phase 1 du plan de numérisation, le choix de l’IAS s’est porté sur l’encodage d’anciennes mesures d’ozone, effectuées en Antarctique à la station Roi Baudouin dans les années 1960, c’est-à-dire avant que le « trou » d’ozone ne soit observé au-dessus de ce continent. Ces données doivent donc contribuer à mieux connaître les quantités naturelles d’ozone, non perturbées par les activités humaines.

1.2 Articulation internationale

En mai 2011, le 16^{ème} Congrès météorologique mondial de l’Organisation météorologique mondiale (OMM) a reconnu la nécessité de la mise en œuvre d’un *Cadre mondial pour les services climatologiques*. L’objectif est d’organiser efficacement l’acheminement d’informations climatologiques pertinentes vers tous les utilisateurs intéressés. L’OMM précise que « la matière première d’un service climatologique est une information de qualité provenant de bases de données

nationales et internationales sur des paramètres tels la température, les précipitations, les vents, l’humidité des sols et les conditions océanographiques. Les services climatologiques s’intéressent aux configurations générales sur des périodes plus étendues : les dernières décennies, les prochains mois, les prochaines années et, même, les prochaines décennies. » (OMM, 2011)

L’importance de données d’observations de qualité est également soulignée par le *World Climate Research Programme* de l’OMM. Un de ses projets prioritaires est CLIVAR (*Climate Variability and Predictability*) dont la mission est l’observation et la simulation du système climatique terrestre pour mieux comprendre la variabilité, la prédictabilité et les modifications du système climatique. Un des objectifs plus particulier de ce projet est l’amélioration de la résolution spatio-temporelle des banques de données climatologiques et leur contrôle de qualité.

Les instituts météorologiques européens contribuent à ces objectifs internationaux dans le cadre de programmes de coopération au sein du réseau EUMETNET (*European Meteorological Network*). Dans EUMETNET, les programmes concernant le climat sont coordonnés par l’ECSN (*European Climate Support Network*). En particulier, le programme ECA&D (*European Climate Assessment and Database*), auquel contribue l’IRM, s’occupe de l’archivage, du traitement et de la diffusion de données climatologiques à haute résolution spatiale. Deux des objectifs importants de ce programme sont (i) la consolidation d’une banque de données à l’échelle de l’Europe, par l’acquisition de nouvelles données de qualité et (ii) l’interpolation sur grille, pour la période 1950-2011, de relevés climatologiques journaliers comme les températures extrêmes et la quantité de précipitation (produit E-OBS).

La banque de données de l’ECA&D a contribué récemment au projet de recherche européen MILLENIUM (EU-FP6) dont l’objectif était la mise en perspective de l’évolution climatique au 20^{ème} siècle par rapport aux variations climatiques naturelles qui se sont produites au cours du dernier millénaire. Dans le projet de recherche européen EURO4M (EU-FP7), les données de l’ECA&D seront utilisées avec des données satellitaires et des réanalyses régionales pour développer à l’échelle de l’Europe des séries climatologiques sur grille à haute résolution spatio-temporelle.

Dans le cadre des programmes EUMETNET, plusieurs pays (dont l’Allemagne, la France, la Suisse et l’Autriche en particulier) ont lancé ces dernières années des projets de sauvetage et d’encodage de séries de données climatologiques journalières qui n’étaient disponibles que sous forme manuscrite. La phase 1 du plan de numérisation donne l’occasion à l’IRM d’apporter une contribution belge aux efforts internationaux dans le domaine de la sauvegarde et de la numérisation d’anciennes données climatologiques.

Pour sa part, la question de l’ozone et de ses variations fait l’objet depuis 1927 des travaux de la CIO (*Commission Internationale de l’Ozone*) placée maintenant sous la double égide de l’ICSU (*International Council of Scientific Unions*) par l’IAMAP (*International Association of Meteorology and Atmospheric Physics*) et de l’OMM. L’étude de l’ozone a évolué au cours de ces 100 dernières années depuis un objectif purement météorologique (le suivi des variations d’ozone en tant que traceur de la circulation atmosphérique) à un objectif plus appliqué : son rôle en tant que filtre des rayonnements ultraviolets susceptibles d’effets nocifs sur les êtres vivants. Depuis 1987, des accords internationaux le protègent et sont quantifiés dans plusieurs protocoles dont le premier est celui de Montréal. La très grande majorité des Etats membres des Nations-Unies reconnaissent ces protocoles dans leur législation nationale.

Dans le cas particulier des mesures d’ozone numérisées dans le cadre du présent projet, l’instrument Dobson n°54 était la propriété de la CIO et les mesures ont été accomplies dans le cadre d’une expédition commune belgo-néerlandaise satisfaisant aux exigences de recherche souscrites par les partenaires du traité de l’Antarctique.

1.3 Objectifs

Dans le cadre de la phase 1 du plan de numérisation de BELSPO, l’IRM et l’IAS ont proposé un projet commun de numérisation d’anciennes données d’observations manuscrites. Le premier objectif était de sauvegarder sous forme électronique des séries de données temporelles de grand intérêt scientifique et qui n’étaient disponibles que sous forme manuscrite, ou sous forme difficilement exploitable numériquement, dans les archives des deux institutions. Le choix du procédé de numérisation s’est porté sur l’encodage manuel des séries de données par du personnel engagé à cet effet par l’IRM.

En Belgique, à l’heure actuelle, les seules longues séries d’observations climatologiques étudiées dans le détail sont celles issues des relevés effectués depuis 1833 en Région bruxelloise par l’Observatoire (puis l’IRM dès 1913), à Saint-Josse d’abord, puis à Uccle à partir de 1890. Les changements d’appareillage de mesures et des pratiques d’observations depuis l’origine ont conduit à un important travail d’homogénéisation des séries de données de la station d’Uccle (cf. en particulier Sneyers, 1956, 1964, 1981). L’ensemble de ces études permet entre autres de présenter des séries homogénéisées de la température en moyenne mensuelle et des précipitations mensuelles à partir de 1833 et d’exploiter ces séries pour étudier l’évolution du climat de la région bruxelloise (par ex., Tricot *et al.*, 2008 ; Sneyers *et al.*, 1990). Signalons encore ici le travail de Demarée *et al.* (2002) qui ont reconstruit, à partir de mesures à Bruxelles-Uccle et dans d’autres stations plus anciennes, des séries de températures extrêmes journalières représentatives pour la « Belgique Centrale » sur la période 1767-1998.

On peut cependant se demander si l’urbanisation de la région bruxelloise n’a pas contribué, au moins en partie, au réchauffement observé à Uccle. Une étude exhaustive à ce sujet n’a pas encore été menée jusqu’ici, même si la question a commencé à être abordée récemment par les scientifiques de l’IRM (Hamdi and Van de Vyver, 2011 ; Hamdi *et al.*, 2009). La reconstruction d’autres longues séries climatologiques de qualité suffisante dans différentes régions du pays permettrait non seulement d’étudier les climats régionaux et leur évolution, mais également de comparer les différentes séries et d’isoler ainsi des effets plus locaux, non climatiques, comme l’impact de l’urbanisation, par exemple.

Outre la station d’Uccle, depuis la fin du 19^{ème} siècle, l’Observatoire royal de Belgique, puis l’Institut royal météorologique de Belgique dès 1913, ont pu s’appuyer pour leurs tâches scientifiques et de service public sur un réseau d’observations composé de stations climatologiques disséminées sur l’ensemble du territoire. En 1828, Adolphe Quetelet est nommé premier directeur de l’Observatoire de Bruxelles (aujourd’hui, l’Observatoire royal de Belgique) et des relevés climatologiques réguliers y sont effectués dès 1833. Ailleurs dans le pays, l’établissement d’un réseau de stations climatologiques est aussi à l’origine une idée de Quetelet, mais ses nombreuses activités et obligations, ainsi que le manque de personnel attaché à l’Observatoire, le poussent à délaisser ce réseau d’observations naissant. En dehors de Bruxelles, très peu d’autres stations fonctionnent sans discontinuer. A la mort de Quetelet, en 1874, le réseau est réduit à quelques stations seulement.

En 1876, Jean-Charles Houzeau, le nouveau directeur de l’Observatoire décide de réorganiser le réseau climatologique. Il expédie une circulaire destinée à réveiller le zèle des anciens observateurs et à en appeler de nouveaux à l’œuvre. Il confie le travail de mise en place et de coordination des futures stations à Albert Lancaster qui devient météorologiste-inspecteur.

Très rapidement, le réseau se développa. Il existait déjà en 1883 près de 200 stations climatologiques dans l’ensemble du pays. Une partie des stations étaient tenues par des particuliers qui recevaient directement les instructions de l’Observatoire. Il s’agissait pour la plupart de professeurs d’écoles secondaires, de médecins, de religieux, etc. Dans le souci d’uniformiser le fonctionnement de ce réseau dont il était directement responsable, l’Observatoire outillait lui-même l’ensemble des stations. Lancaster fournit également à chacun des observateurs bénévoles les instructions à suivre pour le maniement et la lecture des instruments. Une fois par mois, les observateurs étaient tenus d’envoyer à

l’établissement un double des données journalières inscrites sur une « fiche » ou un « bulletin » mensuel.

Les autres stations étaient du ressort de l’Administration des Ponts et Chaussées. Cette administration établit sur le site des nombreuses écluses des canaux, des rivières et des fleuves un poste d’observations pluviométriques tenu par l’éclusier. Le travail de ces employés était collecté et supervisé par un ingénieur en chef directeur, lequel expédiait mensuellement à l’Observatoire un formulaire résumant les relevés quotidiens.

En 1913, l’Observatoire est scindé en deux institutions autonomes et Jean Vincent devient le premier directeur de l’Institut royal météorologique de Belgique. L’IRM est alors à la tête d’un réseau qui comporte depuis le début du 20^{ème} siècle près de 300 stations. Vincent dote ce réseau d’un pluviomètre plus simple, plus maniable et moins sujet aux accidents que ceux en usage précédemment.

La guerre de 1914-1918 porte un coup terrible au réseau climatologique (par ex., Poncelet, 1947). A la fin du conflit, le nombre de stations est à peine d’une centaine. Le réseau se reconstitue lentement par la suite, en même temps qu’un type d’abri thermométrique relativement « fermé » est finalement retenu pour les mesures des températures. La seconde guerre mondiale diminue à nouveau de manière importante le nombre de stations en activité. Après les aléas de la guerre, au début des années 1950, le réseau climatologique reçoit sa forme actuelle et en même temps les pluviomètres sont équipés d’un cône de Nipher encerclant le pluviomètre proprement dit, ce qui améliore la mesure des précipitations par temps venteux.

Dans le cadre de la phase 1 du plan de numérisation, l’IRM a décidé de donner la priorité à l’encodage de toutes les mesures journalières des températures extrêmes (maximum et minimum) qui ont été effectuées dans le réseau climatologique depuis 1881. Ces stations faisaient partie des stations directement gérées par le personnel de l’Observatoire et relevaient également les précipitations. Il a donc été décidé d’encoder en même temps les relevés de précipitations effectués par ces stations. Les données de précipitations des stations du réseau dépendant directement de l’Administration des Ponts et Chaussées n’ont quant à elles pas été encodées par manque de temps et du fait de leur qualité généralement moins bonne.

Les données ainsi sélectionnées par l’IRM pour être digitalisées dans le cadre du présent projet permettront d’offrir à terme aux chercheurs un accès aisé à une banque de données climatologiques couvrant la fin du 19^{ème} siècle et l’entièreté du 20^{ème} siècle. Des études pourront ainsi être menées sur la caractérisation des climats régionaux en Belgique et l’analyse de leur évolution pourra être entreprise.

De son côté, l’IAS est une institution scientifique plus jeune que l’IRM qui dispose de relativement peu d’archives anciennes de valeur. Néanmoins, un ensemble de données d’observations de grand intérêt scientifique a été retenu pour être numérisé dans le cadre du projet. Il s’agit de données d’ozone relevées en Antarctique de 1965 à 1967 à la base Roi Baudouin. A l’époque, ces données avaient été récoltées à l’occasion d’une expédition commune belgo-néerlandaise. Les données originales disponibles sur les feuilles de relevé des observateurs ont été retrouvées dans les archives de l’Institut météorologique national hollandais (le KNMI) en 1989 et ce sont ces données qui ont été encodées.

Les données retenues par l’IAS apportent leur contribution à la problématique de l’évolution dans le temps de la couche d’ozone en Antarctique. L’objectif premier est de préserver ces données, ainsi que leur contexte météorologique, car elles contiennent une information unique sur les phénomènes de l’ozone et de la circulation Antarctique avant l’apparition du trou de l’ozone Antarctique révélé pour la première fois par une équipe japonaise en 1984. La préservation des données brutes permet une relecture future à la lumière de nouveaux phénomènes. Par exemple, on s’est rendu compte récemment que le réchauffement climatique de la troposphère entraînait un refroidissement correspondant de la stratosphère renforçant le vortex Antarctique et donc les conditions d’apparition

du trou d’ozone. De même, les productions naturelles de brome peuvent maintenant être quantifiées et leur éventuel effet sur l’ozone pourrait être étudié. Ce type de découvertes demande, pour vérifier les conséquences qui peuvent en être déduites, une base de mesure la plus étendue possible.

2. MISE EN ŒUVRE

2.1 Méthodologie, choix des techniques, recours à la sous-traitance

L’encodage manuel des données retenues s’est effectué après une première phase d’analyse des documents concernés par la numérisation. Cette étape du travail est indispensable pour permettre ensuite un encodage rapide des séries de données. Nous décrivons tout d’abord le travail effectué lors de cette première étape du projet dans le cas des données climatologiques. Pour les données d’ozone, le travail préliminaire fut beaucoup plus simple car les informations à digitaliser étaient rassemblées dès le départ dans un ensemble de feuilles d’observations et de documents explicatifs et leur encodage n’a pas posé de problème particulier.

Depuis la fin du 19^{ème} siècle, toutes les stations du réseau climatologique ont effectué quotidiennement, le matin vers 8h, parfois sur de très longues périodes, les relevés d’un certain nombre de paramètres météorologiques dont, au minimum, la quantité journalière de précipitations. Certaines stations relevaient également les températures extrêmes journalières (maximale et minimale), ainsi que d’autres informations (comme l’épaisseur de la couche de neige, par exemple). Les données manuscrites d’origine figurant sur les bulletins envoyés mensuellement par les observateurs à l’Observatoire (puis à l’IRM à partir de 1913) ont toujours été contrôlées dès leur réception, mais à des degrés divers selon les époques, et archivées.

Ces données ont été encodées de manière régulière vers le milieu des années 1950 et étaient, au départ du présent projet, accessibles intégralement sur support informatique depuis 1950 pour les quantités de précipitations et les températures extrêmes journalières. Parallèlement, un fichier informatique, appelé « fichier historique » avait été constitué fournissant pour chaque station un certain nombre d’informations utiles permettant sa caractérisation. On y trouvait le code climatologique rattachant chaque station à une région climatologique définie du pays, le code numérique d’encodage des données, les dates d’ouverture et de fermeture en précipitations et températures, les coordonnées (latitude et longitude), l’altitude de la station, le type d’établissement où est installé la station (écluse, gare, abbaye, particulier, etc.), le nom de l’observateur, ainsi que quelques particularités propres à chaque station comme les différents types d’appareils utilisés.

Pour la période couvrant la fin du 19^{ème} siècle et la première moitié du 20^{ème} siècle, exception faite de quelques longues séries pluviométriques encodées il y a déjà plusieurs années par l’ex-section «Hydrologie» de l’IRM, seuls les bulletins originaux d’observations ou des copies de ceux-ci étaient jusqu’à présent disponibles dans les archives de l’IRM, rendant malaisée l’exploitation des données qui s’y trouvaient contenues.

Afin d’entamer le travail d’encodage des données antérieures à 1950, il était préalablement indispensable de pouvoir disposer d’un fichier historique complet, recensant l’intégralité des stations ayant fonctionné depuis 1881. La première étape du projet s’est donc attachée à améliorer et compléter le fichier historique existant, notamment en l’étendant à la période antérieure à 1950. Il convenait en particulier d’affecter un code spécifique à chacune des stations en opération avant cette date, en vue de préparer l’étape suivante d’encodage des données.

Inventaire des archives disponibles

L’élaboration de la partie antérieure à 1950 du fichier historique a d’abord nécessité de se plonger dans les archives de l’IRM afin de dépouiller les dizaines de milliers de fiches d’observations manuscrites conservées depuis 1881¹ (cf. figure 1). La consultation de cette source principale

¹ À ce sujet, il faut préciser que si un embryon de réseau climatologique existait déjà avant cette date, les rares données qui nous sont parvenues sont celles qui ont été publiées en leur temps dans les Annales de l’Observatoire Royal de Belgique. Celles-ci ne livrent des valeurs journalières que pour un nombre très limité de stations.

d’information a permis de dresser un inventaire précis de toutes les stations ayant existé et de retirer un maximum d’éléments susceptibles de reconstituer l’historique de chacune d’elles.

A cet égard, il faut souligner que la toute grande majorité des bulletins d’observations regroupés dans des fardes mensuelles ont pu être retrouvés. Seule une trentaine de fardes mensuelles semblent aujourd’hui avoir disparu. La majorité de ces fardes, aujourd’hui perdues, avait heureusement pu faire l’objet, il y a une vingtaine d’années, d’un transfert sur support microfilmé avant leur disparition. Une copie microfilmée de l’intégralité des bulletins est disponible à l’IRM pour la période de janvier 1900 à février 1941, tandis que les bulletins mensuels des années 1939 à 1990 sont quant à eux consultables en grande majorité sous forme de microfiches.

En définitive, les mois de mai à décembre 1941, ainsi que les mois de mars et avril 1948, sont les seuls pour lesquels les bulletins d’observations manuscrits (ou une copie de ceux-ci) sont manquants. Toutefois, pour ces rares mois intégralement absents dans les archives, les données journalières de températures et de précipitations subsistent encore pour une sélection parmi les principales stations du pays grâce à leur publication dans le bulletin climatologique mensuel (dont le premier numéro date de janvier 1928).

Signalons enfin que les fardes mensuelles contenant les bulletins couvrant les années 1900 à 1930 ont été mises en dépôt aux Archives générales du Royaume et qu’en plus d’une copie microfilmée, cette période est également disponible sous forme de photocopies.

Localisation géographique des stations figurant dans le fichier historique

Une étape importante dans le projet consistait à situer géographiquement l’ensemble des stations du réseau climatologique avec le plus de précision possible. Si l’emplacement des postes de mesure est assez bien documenté pour la seconde moitié du 20^{ème} siècle, il n’en va malheureusement pas de même pour la période antérieure pour laquelle relativement peu d’informations permettant de localiser les stations ont été conservées. Ce sont donc souvent les bulletins d’observations eux-mêmes qui fournissent les plus précieuses indications. Ainsi, tel observateur apposant son cachet ou une inscription manuscrite sur le bulletin y fait figurer son adresse.

Koninklijk Meteorologisch Instituut **EA2** Waarnemingspost van **Haacht**
 van België (Gemeente) Nummer **245 EA'**
 Jaar **1947** Juni 1947 a.o. 2022/1944

Datum	Temperatuur			Gemeten water		Kenmerken van het weer (1)				Eovertige verschijnselen																																																												
	M	m	$\frac{M+m}{2}$	oor. opvang	stille. meter	V	N	Nc																																																														
						7u	13u	18u	7u	13u	18u																																																											
1	33.0	14.7	23.8			5	5	5	3	7	10	R in ingedrukt schrijven																																																										
2	32.1	13.4	22.8			0	5	5	0	1	1	mits bijzonder																																																										
3	32.2	16.3	24.6			0	5	5	0	2	1	id.																																																										
4	34.0	18.3	26.2			2.8	5	5	5	7	10	R te 6.20 u in 3 lange 0. tot 6.45 u. + te 13.45																																																										
5	29.7	13.2	21.4			3.3	5	5	10	10	10	o. in soor. in namiddag W. 6.57																																																										
6	17.5	10.1	13.9			2.3	5	5	5	9	7	op verschiedene mom. Z.W. 6.57																																																										
7	17.2	11.1	14.2			4.2	5	5	9	10	9	op te 12.45 u. 16.30 u. W. 6.57																																																										
8	15.9	10.3	13.1			0	5	5	10	10	9	W. 6.57																																																										
9	16.8	12.2	14.5			0	5	5	9	9	10	W. 6.57. te 8.40 u.																																																										
10	18.0	8.6	12.3			0	5	5	1	6	1	mits bijzonder																																																										
Summen	247.0	127.3	160.7			20.8																																																																
11	21.1	6.6	13.9			0	5	5	9	3	4	druppels rond 10 u.																																																										
12	23.2	5.6	14.4			0	5	5	4	3	1	mits bijzonder																																																										
13	21.0	4.0	12.5			3.1	5	5	1	0	3	id.																																																										
14	21.8	9.9	15.8			2.6	5	5	10	8	10	te 5 u. o. gevolgd van 7 tot 7.30 u. o. te 16.30.																																																										
15	22.0	10.3	16.2			5.1	5	5	9	9	10	regenvlagen in soor. en namid. Z.W. 6.57																																																										
16	19.0	10.3	14.6			0	5	5	3	6	8	mits bijzonder																																																										
17	21.6	8.7	15.2			0	5	5	0	0	0	id.																																																										
18	26.5	11.1	19.8			1.5	5	5	0	1	7	id.																																																										
19	30.0	15.5	22.8			0	5	5	10	7	9	o. soor. 8 u.																																																										
20	24.1	10.8	17.4			1.5	5	5	4	7	10	op te 15.30 u. 19 u. en later																																																										
Summen	230.3	93.8	161.5			19.4																																																																
21	23.8	14.7	19.2			1.1	5	5	9	9	9	druppels te 18 u.																																																										
22	22.0	10.2	16.1			3.1	5	5	10	9	10	R te 11.25 u. N.W. lange 0. o. te 12 u. tot 12.40 u.																																																										
23	19.8	11.6	15.7			0	5	5	9	7	10	mits bijzonder																																																										
24	22.3	9.3	15.8			0	5	5	2	0	0	id.																																																										
25	27.0	12.7	19.9			0	5	5	0	1	0	id.																																																										
26	31.0	12.0	21.5			0	5	5	1	0	2	id.																																																										
27	35.0	18.4	26.7			0	5	5	2	4	1	id.																																																										
28	38.7	17.3	28.0			4.2	5	5	0	6	0	te 22 u. R in o. stormacht busige. + windig.																																																										
29	36.4	21.3	28.9			0	5	5	4	10	8	mits bijzonder																																																										
30	29.3	13.9	21.6			0	5	5	3	6	7	id.																																																										
31																																																																						
Summen	285.3	141.4	223.7			46.5						aanmerkingen:																																																										
Totaal	762.6	362.4	561.4			ΣR	86.7																																																															
<table border="1"> <tr><td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>RM</td><td>datum</td></tr> <tr><td>20.8</td><td>19.4</td><td>46.5</td><td>42.3</td><td>28°</td></tr> <tr><td colspan="5">NR ></td></tr> <tr><td colspan="5">0.1 1.0 5.0 10.0 20.0</td></tr> <tr><td>13</td><td>13</td><td>4</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td colspan="5">.</td></tr> <tr><td>13</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td></tr> <tr><td>13</td><td>1</td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>∞</td><td>≡</td><td>≡</td><td>≡</td><td>≡</td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td>H</td><td></td><td>7</td></tr> <tr><td>□</td><td>○</td><td>*</td><td>*</td><td>datum x</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>7</td><td>1</td><td></td></tr> </table>											I	II	III	RM	datum	20.8	19.4	46.5	42.3	28°	NR >					0.1 1.0 5.0 10.0 20.0					13	13	4	1	1	.					13	*	*	*	*	13	1			1	∞	≡	≡	≡	≡	1		H		7	□	○	*	*	datum x			7	1	
I	II	III	RM	datum																																																																		
20.8	19.4	46.5	42.3	28°																																																																		
NR >																																																																						
0.1 1.0 5.0 10.0 20.0																																																																						
13	13	4	1	1																																																																		
.																																																																						
13	*	*	*	*																																																																		
13	1			1																																																																		
∞	≡	≡	≡	≡																																																																		
1		H		7																																																																		
□	○	*	*	datum x																																																																		
		7	1																																																																			
<table border="1"> <tr><td>0</td><td>T_M</td><td>T_m</td><td>T_{M-T_m}</td></tr> <tr><td>1</td><td>T_M/datum</td><td>T_m/datum</td><td>T_{M-T_m}/datum</td></tr> <tr><td>2</td><td>38.7</td><td>15.9</td><td>21.3</td></tr> <tr><td>3</td><td>T_M-T_m</td><td>T_M ≥ 20°</td><td>≥ 25°</td></tr> <tr><td>4</td><td>54.7</td><td>23</td><td>19</td></tr> <tr><td>5</td><td>T_M < 5°</td><td>< 10°</td><td>< 15°</td></tr> <tr><td>6</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>7</td><td>T_M > 5°</td><td>> 10°</td><td>> 15°</td></tr> <tr><td>8</td><td>50</td><td>30</td><td>21</td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>											0	T _M	T _m	T _{M-T_m}	1	T _M /datum	T _m /datum	T _{M-T_m} /datum	2	38.7	15.9	21.3	3	T _M -T _m	T _M ≥ 20°	≥ 25°	4	54.7	23	19	5	T _M < 5°	< 10°	< 15°	6	1	0	1	7	T _M > 5°	> 10°	> 15°	8	50	30	21	9				10																			
0	T _M	T _m	T _{M-T_m}																																																																			
1	T _M /datum	T _m /datum	T _{M-T_m} /datum																																																																			
2	38.7	15.9	21.3																																																																			
3	T _M -T _m	T _M ≥ 20°	≥ 25°																																																																			
4	54.7	23	19																																																																			
5	T _M < 5°	< 10°	< 15°																																																																			
6	1	0	1																																																																			
7	T _M > 5°	> 10°	> 15°																																																																			
8	50	30	21																																																																			
9																																																																						
10																																																																						
De Waarnemer, H. Cools																																																																						

(1) Nc = bewolking bij de avondschemering, zie B2. o. Jan de "Richtlijn- en..."

Figure 1. Exemple du bulletin climatologique de juin 1947 pour la station de Haacht (code climatologique EA2). Pour chaque jour, les premières colonnes reprennent les relevés thermométriques (températures maximum M, minimum m et moyenne (estimée par (M+m)/2), puis on trouve le cumul de précipitations et ensuite d'autres renseignements comme la visibilité (V) et la nébulosité (N) à 7h, 13h et 18h. Une série de renseignements sur des phénomènes météorologiques observés sont encore signalés dans la dernière colonne. On remarquera la température maximale de 38,7°C indiquée au 28 juin (la date du relevé), mais qui correspond au maximum de la veille, le 27 juin. Ce jour fut l'un des jours les plus chauds dans le pays depuis la réorganisation du réseau climatologique au début des années 1880.

Une piste supplémentaire pour l’obtention d’informations pouvait provenir des publications de l’IRM ayant traité du réseau climatologique. Parmi les rares publications s’étant intéressées au sujet, il faut mentionner *l’Esquisse climatographique de la Belgique*, publiée en 1947, publication dans laquelle Poncelet et Martin dispensent quelques informations au sujet d’une centaine de stations ayant fonctionné entre 1900-1930 (période de référence pour leur étude) complétées des coordonnées de ces stations et parfois d’une indication de l’emplacement de celles-ci.

Les Annuaire météorologiques annuels sont également une autre source documentaire. Englobant la période 1900-1919, ils comprenaient pour chaque année la liste des stations en fonction, mais l’emplacement exact où étaient réalisées les observations n’était pas mentionné de manière systématique, notamment lorsque celles-ci étaient effectuées chez un particulier. Paradoxalement, ce sont les vingt dernières années du 19^{ème} siècle qui sont les mieux documentées grâce aux Annales de l’Observatoire Royal de Belgique, publications dans lesquelles figuraient, outre la liste des stations en service, des informations relatives aux observateurs, aux lieux où étaient effectuées les observations et même aux types d’appareils utilisés. En revanche, les informations couvrant la période 1920-1949 sont extrêmement ténues.

En ce qui concerne les coordonnées des stations en fonction avant 1951, année à partir de laquelle toutes les stations possèdent des latitudes et longitudes connues, celles qui ont poursuivi des observations jusqu’à cette date conservent les coordonnées alors en vigueur. Si aucune information ne permettait de situer avec précision une station fermée avant 1951 (si ce n’est le nom de l’observateur éventuellement inscrit sur le bulletin original), ce sont les coordonnées de la maison communale de la ville ou du village le plus proche qui lui ont été attribuées. Ces coordonnées composées de quatre chiffres pour les latitudes et de trois chiffres pour les longitudes ont été ponctuées du nombre 99 pour indiquer clairement que l’emplacement exact est inconnu. Dans le cas où deux ou plusieurs stations figurant dans la même entité disposaient de coordonnées inconnues, la première s’est vue attribuer les coordonnées suivies de 99, la deuxième de 98 et ainsi de suite.

Pour les stations présentant une interruption des relevés relativement longue, si la localisation la plus ancienne est incertaine mais que l’on peut raisonnablement penser qu’il n’y a pas eu de déplacement entre les deux périodes de mesure, la localisation la plus ancienne est identifiée par les coordonnées les plus récentes ponctuées du chiffre 89. De nombreuses stations de l’Administration des Ponts et Chaussées installées dans des écluses ou des gares, fermées entre 1914 et 1929, sont dans ce cas. Parfois, les archives ont conservé le nom de l’établissement ou de la rue où étaient effectuées les observations sans plus de précision. Les coordonnées sont alors également ponctuées du chiffre 89.

Concernant la dénomination officielle de chaque station figurant dans le fichier historique, il n’a pas toujours été possible de retenir le nom inscrit sur la fiche d’observations d’origine. Les indications fournies par l’observateur sont en effet parfois approximatives quant à la dénomination exacte de la station et, quelques fois même, très variables d’un mois à l’autre pour un même poste d’observation. En priorité, il a été décidé d’attribuer à une station le nom de la ville ou du village dans laquelle elle est située ou, le cas échéant, de la ville ou du village le plus proche.

Concernant les hameaux, ceux-ci sont soit repris sous la dénomination de la ville ou du village le plus proche, soit ils conservent leur propre nom. Signalons ici que pour établir la distinction entre villages et hameaux, la référence utilisée est la liste dressée par l’Institut géographique national des 2760 entités communales de Belgique existantes avant la fusion des communes de 1976. Les localités ne figurant pas dans ce répertoire sont considérées comme des hameaux. Dans le cas particulier des lieux dits isolés, il a été décidé de baptiser la station du nom du lieu-dit. À titre d’exemple, dans la commune de Jalhay, deux stations ont été installées dans des endroits très spécifiques et ont été dénommées chacune en utilisant le nom original de l’endroit : la *Baraque Michel*, située sur le plateau des Hautes-Fagnes et le *barrage de la Gileppe*, localisé en lisière de la forêt de l’Hertogenwald.

Autre particularité : le français était jusqu’en 1914 la langue dans laquelle une grande majorité d’observateurs rédigeaient leurs bulletins d’observations, y compris dans la partie néerlandophone du pays. Cela explique que les stations situées en Flandre voyaient presque toujours leur nom original francisé. L’usage veut cependant que dans le fichier historique le nom officiel de la station soit celui de la région linguistique dans laquelle celle-ci se trouve (en utilisant l’orthographe moderne des noms de lieux). Il a donc fallu rebaptiser en néerlandais les stations situées en Flandre et ouvertes à la fin du 19^{ème} siècle ou au début du 20^{ème} siècle. Certaines traductions se sont révélées déroutantes, comme l’illustre l’exemple de la station située dans le village de Jeuk (commune de Gingelom) figurant sur le bulletin original sous la dénomination de Goyer. Au cours du siècle, quelques cas de ce type ont également été recensés dans la partie germanophone du pays. Une rubrique du fichier historique a cependant été prévue afin d’indiquer le nom original de la station tel qu’il figurait à l’époque sur le bulletin (cf. point 3 *Réalisations*, rubrique n°40 du nouveau fichier historique des stations).

Le code climatologique alphanumérique des stations

Lorsque l’étape initiale, parfois complexe, de débroussaillage des centaines de stations composant le réseau avant 1950 est terminée, chacune d’elles peut dès lors être localisée géographiquement avec la meilleure précision possible. Le stade suivant consiste à insérer chaque station dans la région climatologique la mieux adaptée. Cette opération fut facilitée par le fait que toutes les stations ayant fonctionné depuis 1881 possédaient déjà un code climatologique défini, inscrit manuellement sur chaque fiche d’observation mensuelle.

À l’origine, les stations étaient simplement classées dans les archives par ordre alphabétique, ce qui n’était certainement pas la manière la plus aisée permettant de faire ressortir les nuances climatiques entre les différentes régions du pays. Les anciennes reliures conservées à l’IRM, contenant l’intégralité des fiches d’observations couvrant la période 1881-1899, témoignent encore de ce classement alphabétique.

C’est pourquoi, dans l’optique d’une classification cohérente des différentes stations, en fonction de leur localisation géographique dans le pays, le Service de climatologie de l’IRM a adopté peu avant la seconde guerre mondiale (probablement en 1938)² un nouveau système de classement des stations (cf. tableau 1). Celui-ci confère à chaque station un code climatologique propre permettant de la situer dans l’une des 14 régions climatologiques principales de Belgique (cf. première lettre majuscule dans le tableau 1) et, au sein de certaines de ces régions, dans l’une des sous-régions climatologiques (cf. groupe de deux lettres majuscules dans le tableau 1).

Les stations existantes avant 1938 ne disposant pas à l’origine d’un code climatologique spécifique, celui-ci leur a été attribué a posteriori au moment de l’introduction de ces codes. Ceux-ci ont été retranscrits sur les feuilles mensuelles des observateurs depuis l’origine du réseau climatologique, a posteriori pour les feuilles antérieures à 1938 et ensuite systématiquement sur les feuilles ultérieures.

Une région climatologique est définie principalement par la combinaison d’éléments d’ordre géologique, pédologique, topographique et hydrographique. Pour visualiser les délimitations géographiques de chaque région climatologique, on se reportera à la figure 2.

Comme on peut le constater à l’examen du tableau 1, les différentes régions climatologiques sont définies par une lettre de l’alphabet. Le classement commence avec la lettre A (correspondant à la région côtière) pour se terminer à la lettre O (pour la Lorraine belge). Remarquons que la lettre J, par le risque de confusion avec la lettre I, n’a été attribuée à aucune région climatologique. On découvre également qu’à ce groupe principal de quatorze régions se sont greffées plusieurs sous-régions. En

² 1938 marque un certain nombre de changements au sein du Service de climatologie : apparition des codes climatologiques, nouvelle présentation du bulletin climatologique mensuel dans lequel figure désormais sous forme de tableau les totaux pluviométriques mensuels en fonction des différentes régions climatologiques, nouvelle présentation de la fiche d’observation à remplir par l’observateur.

Campine, par exemple, la lettre E se subdivise en deux sous-régions : la Campine anversoise définie par le code EA et la Campine limbourgeoise reprise sous le code EL. Signalons encore que pour les régions G, H, I, K, M et N, les codes des stations incluant un V concernent des stations de vallée.

Tableau 1. Les régions et sous-régions climatologiques de Belgique, avec leurs codes climatologiques.

A = LITTORAL
B = POLDERS
BL = Polders (ouest)
BW = Polders (est) Waas
C = FLANDRES
CS = Flandre sablonneuse
CL = Flandre limoneuse
D = TOURNAISIS
E = CAMPINE
EA = Campine anversoise
EL = Campine limbourgeoise
F = BRABANT
FL = Brabant limoneux
FS = Brabant sablonneux
G = HESBAYE
GV = Hesbaye (vallée)
H = BORINAGE
HV = Borinage (vallée)
I = ENTRE-SAMBRE ET MEUSE
IV = Entre-Sambre-et-Meuse (vallée)
K = CONDROZ ET FAMENNE
KV = Condroz et Famenne (vallée)
L = PAYS DE HERVE
M = GILEPPE-WARCHE ET HAUTES-FAGNES
MS = Gileppe-Warche et Hautes-Fagnes (sud)
MV = Gileppe-Warche et Hautes-Fagnes (vallée)
N = ARDENNE
NN = Nord de l’Ardenne
NP = Plateau ardennais
NM = Sud de l’Ardenne
NV = Ardenne (vallée)
O = LORRAINE BELGE

Il est important de noter que le nom donné ci-dessus à une région climatologique ne doit pas être pris dans un sens trop restrictif. On citera l’exemple de la région FS (Brabant sablonneux) englobant quelques stations situées dans des provinces limitrophes et sur des types de sols différents. Ce qui explique que la station de Gembloux, bien que localisée en province de Namur sur un type de sol limoneux, ait été rattachée à la région FS.

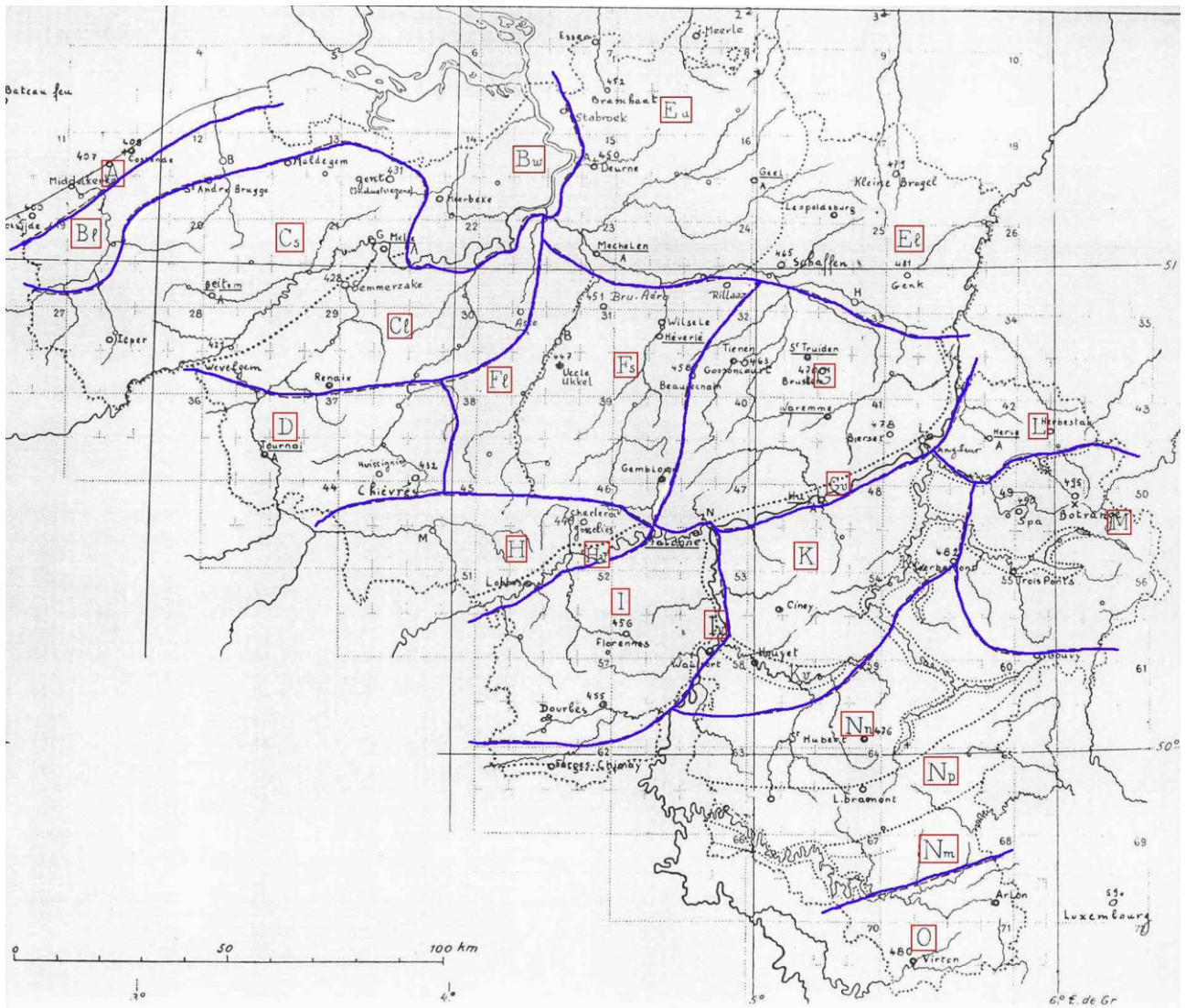


Figure 2. Les régions climatologiques de Belgique.

En complément à ces codes climatologiques, nous présenterons dans le point 3 (*Réalisations*) les codes *numériques* qui ont également été attribués aux stations anciennes, pour permettre de les distinguer lors de l’étape d’encodage proprement dit.

Pour faciliter cet encodage, une interface d’introduction des données climatologiques manuscrites dans la banque de données Oracle de l’IRM a été développée par les informaticiens de l’Institut dans le cadre du présent projet. La figure 3 illustre cette interface d’encodage.

Les étapes préliminaires (examen des documents, établissement des métadonnées des stations et développement d’une interface d’encodage) terminées, la phase d’encodage des données pouvait commencer.

Code RR: 1006 Code TT: 311 (CS26) - SOMERGEM - 06/1902

Date	Temp Max	Temp Min	Temp Gr or 8H	Origin 1 Precip 8H	Precip Quantity 8H	Origin Precip 16H	Precip Quantity 16H	Accidental Phenomena
01/06/1902	25.3	15			0.1			
02/06/1902	26.2	11.3			0			
03/06/1902	20.7	11.2			0.7			
04/06/1902	25.7	13			0			
05/06/1902	17.6	7.8			0			
06/06/1902	20	8.9			5.8			
07/06/1902	19.7	11.5			6			
08/06/1902	17.3	8.2			2			
09/06/1902	14.7	8			0.2			
10/06/1902	15.1	6.7			0.1			
11/06/1902	14.7	5.7			0			
12/06/1902	17.7	12.1			1			
13/06/1902	19.8	6.3			1			
14/06/1902	20.1	5			3.3			
15/06/1902	13	8.4			8.1			
16/06/1902	18.7	9			11.5			
17/06/1902	15	7.8			6.7			
18/06/1902	20.1	8.5			0			
19/06/1902	19.6	12			0			
20/06/1902	24.2	10.9			4.3			
21/06/1902	21.6	10.5			0			
22/06/1902	21.8	13.2			0.5			
23/06/1902	23.2	11.5			0			
24/06/1902	26.3	11.8			0			
25/06/1902	24.6	10.9			0			
26/06/1902	24.4	11.5			0			
27/06/1902	26.1	11.3			0			
28/06/1902	27.1	15.4			0			
29/06/1902	30.7	11			0			
30/06/1902	27.5				17			
31/06/1902								

Save

Figure 3. L’interface d’encodage des données climatologiques anciennes. Les données de températures et de quantités de précipitation du mois de juin 1902 pour la station de Somergem (code climatologique CS26) illustrent ici l’utilisation de l’interface.

Concernant les données d’ozone au-dessus de l’Antarctique, elles ont été retrouvées dans le cadre d’un projet européen belgo-néerlandais initié entre 1990 et 1992. Elles étaient archivées avec d’autres archives historiques à l’Institut météorologique des Pays-Bas (le KNMI à De Bilt) dans une réserve de documents rapportés de l’Antarctique dans des boîtes en carton non inventoriées. Heureusement, les différents carnets et feuilles suivaient les formats définis lors de l’année géophysique internationale et ont été reproduits par photocopie après identification par le service des archives du KNMI. Tout le travail d’analyse subséquent a été effectué sur la base de ces copies.

Sous-traitance

Il n’y a pas eu de sous-traitance dans le cadre du projet. Le personnel nécessaire pour l’encodage manuel des données a été engagé par l’IRM (à charge de BELSPO) et formé par le personnel de l’IRM.

Une sous-traitance pour le travail d’encodage aurait été difficile, vu la nécessité de nombreuses interactions en cours de travail entre les encodeurs et le personnel de l’IRM. Ces interactions étaient liées à l’évolution continue du réseau des stations climatologiques (fréquentes ambiguïtés d’attribution de données aux stations) et à des problèmes de lisibilité sur certains bulletins.

2.2 Partenariat développé entre les ESF

Le caractère similaire des données d’ozone avec les données climatologiques de l’IRM a conduit les deux Instituts à soumettre ensemble un projet de numérisation de données scientifiques manuscrites. Dans le cadre de ce partenariat, les deux instituts ont décidé que tout le travail d’encodage sera réalisé par du personnel recruté dans ce but par l’IRM et encadré par du personnel permanent de l’Institution, avec l’aide d’un scientifique de l’IAS pour ce qui concernait les données d’ozone.

2.3 Problèmes rencontrés et points d'attention

Le projet a débuté plus tard que prévu initialement. D’une part, son démarrage a été ralenti par une longue maladie du coordinateur en 2006. Ensuite, l’ampleur du travail préparatoire à l’encodage proprement dit avait été sous-estimée. L’examen préliminaire des archives climatologiques disponibles et la réalisation d’un fichier de métadonnées reprenant les informations nécessaires à l’encodage des données des stations étaient cependant des étapes initiales indispensables au projet. Il a fallu étaler sur la période 2006-2007 ce travail à charge du personnel de l’IRM. De ce fait, l’encodage proprement-dit n’a pas pu débuter aussi rapidement que prévu initialement.

La sélection des deux premiers encodeurs en 2007, via les procédures du SELOR, a également été plus longue que prévu et le démarrage de l’encodage n’a pu avoir lieu qu’au début 2008. En cours de projet, il est apparu que la vitesse du travail d’encodage avait aussi été quelque peu sous-estimée au départ, car des difficultés inhérentes aux bulletins climatologiques anciens n’avaient pas toujours pu être anticipées à l’origine. Par exemple, de fréquentes ambiguïtés d’attribution de données aux stations nécessitaient un examen approfondi des données du réseau pour le mois concerné, ce qui ralentissait le travail. Pour rattraper le retard sur le planning prévu, du personnel IRM a renforcé temporairement l’équipe d’encodage (en particulier, un UTB CT1 a pu être engagé pour ce travail d’appui en 2010).

Il faut aussi signaler la difficulté de conserver le personnel engagé dans ce genre de projet, à partir du moment où la poursuite du projet, année après année, devient incertaine, ce qui fut le cas après la date théorique de fin du projet en décembre 2008. Du personnel a dû être réengagé en 2010 pour parer aux départs enregistrés des encodeurs dans le courant 2009.

Le projet a également montré l’importance de l’expertise progressivement développée par les encodeurs, sous la supervision du personnel interne de l’IRM, dans l’interprétation correcte de certaines données climatologiques anciennes. Il aurait été difficile, si pas impossible, de réaliser ce genre d’encodage dans de bonnes conditions en sous-traitant le travail à du personnel extérieur, puisque la solution des problèmes nécessitait souvent une interaction entre les encodeurs et le personnel de l’IRM.

Enfin, l’exploitation des données climatologiques encodées n’a encore été que très partielle et sa valorisation, prévue initialement dans le cadre du projet, a dû être reportée après la fin du projet.

En ce qui concerne les données d’ozone de l’IAS, certains documents, notamment des rapports de calibration, n’ont pas pu être retrouvés, ni aux Pays-Bas, ni à l’ETH (Zürich) (gardienne de l’instrument pour le compte de l’OMM). On a dû donc accepter les déclarations d’époque suivant lesquelles la recalibration de l’instrument ne justifiait pas une révision des résultats calculés par les premiers observateurs. La digitalisation effectuée devrait permettre une réanalyse complète au cas où ces

rapports seraient retrouvés. L’instrument lui-même n’a pas été préservé car il a été utilisé à une étude de l’automatisation des procédures de mesures au début des années 1970 sans qu’il y ait eu un suivi de ses propriétés optiques.

2.4 Ressources (personnel et budget)

Nous résumons ici les ressources qui ont été mobilisées pour le projet en termes de personnel et de moyens financiers.

En ce qui concerne le personnel, le projet a mobilisé d’une part du personnel en interne à l’IRM et à l’IAS et d’autre part a nécessité l’engagement de personnel spécifique à charge de BELSPO pour l’encodage manuel des données sélectionnées. Le personnel mobilisé en interne dans les deux institutions a préparé les outils nécessaires pour permettre l’encodage le plus efficace possible, a assuré le suivi du travail des encodeurs, a commencé l’examen et la valorisation des données numérisées et a rédigé les rapports.

En ce qui concerne les budgets, on présente d’abord les budgets à charge de BELSPO, puis à charge des ESF (IRM et IAS). Dans les deux cas, on donne les budgets globaux (IRM+IAS) et les budgets séparés pour chacun des ESF. Les budgets de fonctionnement sont égaux à 10 % des budgets pour les salaires (sauf en 2011 et 2012 pour les budgets à charge de BELSPO) et les overheads sont égaux à 5% des budgets pour les salaires. Les valeurs dans les tableaux sont arrondies à l’unité.

2.4.1 A charge de Belspo

- Personnel

Entre janvier 2008 et mars 2012, des **assistants techniciens CT1** (encodeurs) ont été engagés par l’IRM pour assurer le travail d’encodage manuel des données. Vu le très faible volume de données à encoder pour l’IAS (moins d’1 % du total), il a été décidé que les encodeurs travailleraient en permanence à l’IRM. Le nombre d’hommes/mois (H/M) pour le travail d’encodage est donné sur l’ensemble du projet dans les tableaux suivants.

Global (IRM + IAS)	
Personnel (Catégorie, Spécialité)	Nombre d’H/M
Assistants techniques CT1 (encodeurs)	82
TOTAL	82
IRM	
Personnel (Catégorie, Spécialité)	Nombre d’H/M
Assistants techniques CT1 (encodeurs)	82
TOTAL	82
IAS	
Personnel (Catégorie, Spécialité)	Nombre d’H/M
-	-
	-

- Budget

Global (IRM + IAS)	
(EUR)	TOTAL
Personnel	216.182
Fonctionnement	16.609
Overheads	10.809
Equipement	0
Sous-traitance	0
TOTAL	243.600

IRM	
(EUR)	TOTAL
Personnel	216.182
Fonctionnement	16.609
Overheads	10.809
Equipement	0
Sous-traitance	0
TOTAL	243.600

IAS	
(EUR)	TOTAL
Personnel	0
Fonctionnement	0
Overheads	0
Equipement	0
Sous-traitance	0
TOTAL	0

2.4.2 A charge des ESF**- Personnel**

En interne, à l’IRM et à l’IAS, plusieurs personnes ont été impliquées dans le projet de numérisation.

A l’IRM, sept personnes ont été concernées :

- 1 scientifique SW3, comme coordinateur et promoteur IRM du projet et comme rédacteur principal des rapports.
- 1 scientifique SW1, pour l’analyse des données encodées et comme rédacteur secondaire du rapport final.
- 2 analystes de programmation, pour la mise au point des interfaces d’encodage et le suivi des données encodées dans la banque de données Oracle.
- 1 assistant technique de la recherche CT1, comme promoteur IRM, pour la préparation des métadonnées des stations du réseau climatologique ouvertes sur la période 1881-1949, pour la sélection et la préparation des données à encoder, pour le suivi du travail des encodeurs et comme rédacteur secondaire des rapports.
- 2 assistants techniques CT1, comme encodeurs temporaires.

A l’IAS, deux personnes ont été concernées :

- 1 scientifique SW2, comme promoteur IAS du projet, pour la sélection et la préparation des données à encoder, pour l’analyse des données encodées et comme rédacteur secondaire des rapports.
- 1 assistant technique de la recherche CT1, pour la préparation des pages du site web dédié à la présentation des données IAS encodées.

Le tableau suivant indique sur l’ensemble du projet, en H/M, le volume de travail du personnel ayant contribué en interne au projet, pour l’IRM et pour l’IAS.

Global (IRM + IAS)	
Personnel (Catégorie, Spécialité)	Nombre d’H/M
Scientifique, SW3	3,2
Scientifique, SW2	2,4
Scientifique, SW1	1,2
Analystes de programmation, A1	1,2
Assistants techniques de la recherche, CT1	8,4
Assistant administratif, CT1 (webmaster junior, pages du site web)	2,0
Assistants techniques, CT1 (encodeurs)	14,4
TOTAL	32,8

IRM	
Personnel (Catégorie, Spécialité)	Nombre d’H/M
Scientifique, SW3	3,2
Scientifique, SW1	1,2
Analystes de programmation, A1	1,2
Assistants techniques de la recherche	8,4
Assistants techniques, CT1 (encodeurs)	14,4
TOTAL	28,4

IAS	
Personnel (Catégorie, Spécialité)	Nombre d’H/M
Scientifique, SW2	2,4
Assistant administratif, CT1 (webmaster junior, pages du site web)	2,0
TOTAL	4,4

- Budget

Global (IRM + IAS)	
(EUR)	TOTAL
Personnel	114.102
Fonctionnement	11.410
Overheads	5.705
Equipement	2.998
Sous-traitance	0
TOTAL	134.215

IRM	
(EUR)	TOTAL
Personnel	94.924
Fonctionnement	9.492
Overheads	4.746
Equipement	2.998
Sous-traitance	0
TOTAL	112.161

IAS	
(EUR)	TOTAL
Personnel	19.177
Fonctionnement	1.918
Overheads	959
Equipement	0
Sous-traitance	0
TOTAL	22.054

3. REALISATIONS

3.1 Données climatologiques manuscrites

Concernant les données climatologiques, les principales réalisations sont de trois types. Tout d’abord, le travail préliminaire décrit précédemment au point 2.1 a permis la réalisation d’un nouveau fichier historique contenant un ensemble de métadonnées pour toutes les stations du réseau climatologique qui furent en activité à partir de 1881. A ce sujet, on discutera ici plus en détail de l’attribution des codes numériques aux anciennes stations, étape cruciale avant la phase d’encodage des données retenues. Le second résultat concerne l’encodage proprement dit des données. Enfin, un examen préliminaire des séries encodées a permis de mettre en évidence l’existence potentiel d’un premier ensemble de longues séries régionales de référence qui pourraient être utilisées dans le futur dans le cadre de l’étude des changements climatiques régionaux en Belgique (ce dernier point sera brièvement abordé dans le point 4. *Valorisation*).

Le nouveau fichier historique du réseau climatologique

Le nouveau fichier historique, préparé pour toutes les stations climatologiques ayant fourni des données de 1881 à aujourd’hui, se compose de 45 rubriques différentes (les rubriques indispensables sont indiquées avec un astérisque (*)), les autres rubriques sont complétées au mieux des possibilités) :

- 1.(*). Le code numérique des précipitations : code RR.
- 2.(*). Le code numérique des températures : code TT.
- 3.(*). Le code climatologique (code alphanumérique).
- 4.(*). Le nom officiel de la station.
- 5.(*). La commune sur le territoire de laquelle la station est située.
6. Le village dans lequel, ou proche duquel, la station est située.
7. Le lieu-dit ou le hameau dans lequel la station est située.
8. Le « propriétaire » de la station.
10. Le type de station.
11. Le type de mesures.
12. L’« institution » abritant la station: il peut s’agir d’une école, d’une gare, d’un couvent, etc.
13. Le nom de l’observateur.
14. L’adresse de la station.
15. Le numéro de la rue dans laquelle se trouve la station.
16. Le code postal de la commune de la station.
17. Le numéro de téléphone de l’observateur.
18. Un second numéro de téléphone de l’observateur.
20. Un troisième numéro de téléphone de l’observateur.
21. Le numéro de fax de l’observateur.
22. L’adresse e-mail de l’observateur.
23. L’adresse courrier de l’observateur, c’est-à-dire l’adresse privée de l’observateur (celle-ci pouvant parfois être différente de l’adresse de la station d’observations).
24. Le numéro de la rue dans laquelle se trouve l’adresse privée de l’observateur.
25. Le code postal de l’adresse courrier.
26. Le village ou la commune de l’adresse courrier.
27. La province dans laquelle se trouve la station.
- 28.(*). Les coordonnées de la station : latitude, en degrés-minutes-secondes.

- 29.(*) Les coordonnées de la station : longitude, en degrés-minutes-secondes.
- 30.(*) Les coordonnées de la station : Lambert X.
- 31.(*) Les coordonnées de la station : Lambert Y.
- 32.(*) L’altitude de la station, en mètres.
- 33.(*) La date d’ouverture de la station (pour la mesure des précipitations).
34. La date de début d’encodage (pour la mesure des précipitations).
- 35.(*) La date de fermeture (pour la mesure des précipitations).
- 36.(*) La date d’ouverture de la station (pour la mesure des températures).
37. La date de début d’encodage (pour la mesure des températures).
- 38.(*) La date de fermeture (pour la mesure des températures).
39. Déplacement: lorsqu’une station a connu un déménagement en conservant toutefois le même code numérique, indication de la date du déplacement ainsi que de la distance kilométrique séparant les postes d’observations.
40. Le nom historique de la station : c’est le nom de la station tel qu’il figure sur les bulletins originaux.
41. Particularités: informations diverses concernant la station, telles que les types d’appareils utilisés, les dates de changement de ceux-ci, etc.
42. Le code numérique des précipitations figurant sur les anciens bulletins.
43. Le code numérique des températures figurant sur les anciens bulletins.
44. Le code IGN correspondant à la partie de la carte IGN au 1/50 000 où se trouve la station.
45. La langue de la région linguistique dans laquelle se trouve la station.

En outre, une annexe du fichier historique permet également de visualiser mensuellement pour chaque station la présence ou non du bulletin d’observations et de repérer ainsi rapidement les dates d’ouverture et de fermeture, les périodes d’interruption éventuelles et les mois manquants isolés (cf. figure 4).

Vers 1955, lorsque l’IRM a entamé l’encodage régulier des données climatologiques, la méthodologie du classement des stations a été adaptée et c’est ainsi, qu’en plus du code climatologique alphanumérique (cf. point 2.1), chaque station s’est aussi vue désigner un code numérique, élément essentiel pour l’encodage des données.

Le code numérique des stations

Les codes numériques, composés de quatre chiffres, permettent de situer chacune des stations dans une région climatologique bien définie. Toutes les stations disposent d’un code numérique pour les précipitations (code RR). Ce code a probablement été défini au milieu des années 50, peu de temps après la restructuration du réseau pluviométrique par le responsable du Service de climatologie, Lucien Poncelet, pour permettre le lancement de l’encodage mensuel systématique des données. Au début du présent projet, toutes les stations ayant fourni des données journalières de précipitations à une époque postérieure à 1949 s’étaient déjà vues attribuer un code RR (disponible dans le fichier informatique avec les mesures elles-mêmes).

Parameter	Open RR	Close RR	Open TT	Close TT	Code Clim	Code RR	Code TT	Original name	Observer	Final name	Community	Institute
Value	1881/01/01	1918/06/30	1900/01/01	1918/06/30	CS26	1006	311	SOMERGEM	VERTRIEST	ZOMERGEM	ZOMERGEM	

Select date:

Date: 06 / 1902

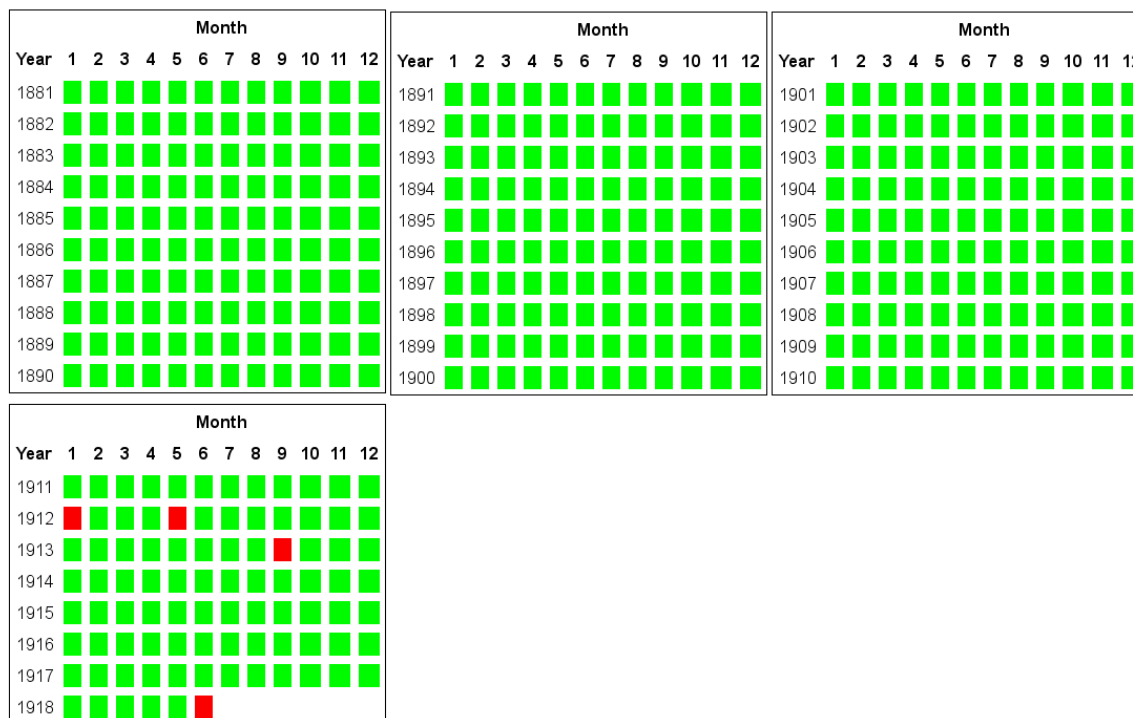


Figure 4. Visualisation des mois pour lesquels il existe des données journalières de précipitations et éventuellement de températures extrêmes pour la station de Somergem sur la période de fonctionnement de la station (janvier 1881 à juin 1918). Les mois indiqués en rouge sont les mois pour lesquels aucune donnée journalière de précipitations et éventuellement de température n’est disponible dans les archives manuscrites.

D’autre part, les stations fournissant en plus des données de températures sont dotées également d’un code numérique distinct (code TT). Chaque station ayant livré après 1949 des relevés journaliers pour les températures extrêmes disposait déjà au départ du projet d’un tel code (disponible également dans le fichier informatique avec les mesures elles-mêmes).

Toutefois, il faut noter que ce n’est que depuis le début des années 70 que les deux codes numériques (code RR et éventuellement code TT) figurent sur les bulletins mensuels d’observations, à côté du code climatologique alphanumérique.

À l’instar des stations en service depuis 1950, il restait à attribuer un code numérique spécifique à chacune des stations ayant fonctionné avant cette date. Le tableau 2 reprend la liste des régions climatologiques avec, pour chacune d’elles, le code climatologique complété des fourchettes pour les codes numériques correspondants (code RR et code TT).

Tableau 2. Classement des stations en fonction du code climatologique et correspondance avec les codes RR (pour les précipitations) et TT (pour les températures extrêmes).

CODE CLIMATOLOGIQUE	CODE RR	CODE TT
A = LITTORAL	100-299	100-199
B = POLDERS		
BL = Polders (ouest)	300-499	200-299
BW = Polders (est) Waas	500-699	200-299
C = FLANDRES		
CS = Flandre sablonneuse	700-1199	300-399
CL = Flandre limoneuse	1200-1499	400-499
D = TOURNAISIS	1500-1899	500-599
E = CAMPINE		
EA = Campine anversoise	1900-2399	700-799
EL = Campine limbourgeois	2400-2699	800-899
F = BRABANT		
FL = Brabant limoneux	2700-2899	900-999
FS = Brabant sablonneux	2900-3399	1000-1099
G = HESBAYE	3400-3699	1100-1199
GV = Hesbaye vallée	3700-3999	1200-1299
H = BORINAGE	4000-4399	600-699
HV = Borinage(vallée)	4400-4499	600-699
I = ENTRE-SAMBRE ET MEUSE	4500-4799	1300-1399
IV = Entre-Sambre-et-Meuse (vallée)	4800-4999	1300-1399
K = CONDROZ ET FAMENNE	5000-5299	1400-1499
KV = Condroz et Famenne (vallée)	5300-5399	1400-1499
L = PAYS DE HERVE	5400-5499	1500-1599
M = GILEPPE-WARCHE ET HAUTES-FAGNES	5500-5799	1600-1699
MS = Gileppe-Warche et Hautes-Fagnes (sud)	5800-5999	1600-1699
MV = Gileppe-Warche Hautes-Fagnes (vallée)	6000-6099	1600-1699
N = ARDENNE		
NN = Nord de l’Ardenne	6100-6299	1700-1799
NP = Plateau ardennais	6300-6599	1700-1799
NM = Sud de l’Ardenne	6600-6699	1700-1799
NV = Ardenne (vallée)	6700-6799	1800-1900
O = LORRAINE BELGE	6800-7000	1800-1900

Le code numérique des précipitations (code RR)

Sa numérotation débute au Littoral (code RR 100→299), dans la région correspondant à la lettre A des codes climatologiques, pour se terminer en Lorraine belge (RR 6800→7000), dans la zone O des régions climatologiques.

En règle générale, les stations dont les données figuraient dans le fichier de données de 1950 à aujourd’hui s’étaient déjà vues décerner un code numérique en fonction de leur code climatologique. Cette règle souffre toutefois un certain nombre d’exceptions. Ainsi la station de Stembert (L11), qui se trouve dans la région climatologique du pays de Herve (zone L), mais dont le code numérique (RR 5502) correspond à celui de la région voisine Gileppe-Warche et Hautes Fagnes (zone M). Dans cette dernière région climatologique composée de deux sous-régions (MS et MV), l’attribution des codes numériques n’a pas toujours répondu à une classification idéale. Ailleurs dans le pays, quelques autres cas de ce type sont aussi à signaler. Toutefois, étant donné, comme indiqué plus haut, que les codes numériques figurent sur les bulletins originaux d’observation depuis les années 70, il a été décidé dans la mesure du possible de ne pas les modifier, pour diminuer les risques de confusion. En revanche, pour les stations en fonction avant 1950, directement concernées par le présent projet, la classification selon le tableau 2 a été appliquée avec le plus de rigueur possible.

Par souci de préserver suffisamment d’emplacements libres en vue de permettre la création dans le futur de nouveaux codes numériques pour de nouvelles stations, il a été décidé de réserver, pour chaque centaine, l’espace compris dans la zone des 50, 60, 70 et 80 pour toutes les stations ayant fonctionné à la fin du 19^{ème} siècle et dans la première partie du 20^{ème} siècle et dont les observations ont cessé avant 1951.

En règle générale, ces nouveaux codes ont été attribués en fonction de la date de fermeture des stations, en commençant par celles ayant fonctionné jusqu’à une date la plus proche de 1950³. Ainsi, pour la Lorraine belge, le premier code créé en précipitations avant 1950 (RR 6851) est attribué à la station Baranzy (fermée en 1946), ensuite à Etalle (RR 6852) qui cesse ses observations en 1940 et ainsi de suite.

Toutefois, dans certains cas, il n’a pas toujours été possible de respecter à la lettre cette chronologie. La plupart du temps, les stations fermées avant 1950 possèdent un code numérique inédit. Cependant, si une station fermée avant cette date a « rouvert ses portes » dans la seconde moitié du 20^{ème} siècle, dans la même entité mais sur un nouveau site, le code numérique existant après 1951 sera généralement d’application également pour la période antérieure. Ceci à condition cependant que la distance entre les deux emplacements soit relativement faible et que les sites d’observations présentent des caractéristiques jugées suffisamment proches d’un point de vue climatologique. Ainsi, une différence d’altitude inférieure à 50 mètres et une distance de deux kilomètres ont généralement été considérées comme acceptables pour considérer les sites comme « équivalents » d’un point de vue climatologique. Tel est, par exemple, le cas du poste météorologique installé à Donstiennes de 1899 à 1908, qui conserve le même code numérique (RR 4705) que la station située dans le même village et qui a fonctionné de 1971 à 1989.

Soulignons encore que lorsqu’une station existant avant 1950 a poursuivi ses observations sur le même site après cette date, le code numérique attribué à partir de 1950 a bien évidemment été conservé pour les dates antérieures.

Le code numérique des températures (code TT)

Le principe est globalement le même pour la détermination des codes numériques de température qui débutent au Littoral (code TT 100→199) englobant la région climatologique A pour s’achever en Lorraine belge (TT 1800→1900) délimitant la zone climatologique O. Le nombre plus réduit de codes numériques attribués aux stations réalisant des relevés thermométriques s’explique simplement par le développement plus restreint du réseau de stations effectuant ce type de mesures.

On constate cependant quelques particularités spécifiques au fichier des températures. À la différence du fichier des précipitations, le code numérique des températures de la région climatologique H (Borinage) se classe directement après la région D (Tournaisis). D’autre part, les stations NV (vallée ardennaise) sont rattachées ici à la Lorraine belge (code climatologique O).

Notons encore que, ici aussi, quelques stations du fichier 1950 à aujourd’hui n’ont pas reçu le code numérique le plus judicieux. Nous pensons à plusieurs stations de la région Gileppe-Warthe et Hautes Fagnes (code climatologique M), auxquelles on a attribué le code numérique de la région du pays de Herve (code climatologique L). De même, alors qu’auparavant, les stations situées dans les zones climatologiques FL (Brabant limoneux) et FS (Brabant sablonneux) se voyaient indistinctement attribuer des codes dans les fourchettes 900→999 ou 1000→1099, il a été décidé que dorénavant, lors la création d’une nouvelle station, ainsi que pour les stations antérieures à 1950, le code TT 900→999 serait réservé à la région FL, alors que le code 1000→1099 serait quant à lui consacré à la zone FS.

³ Les dates officielles d’ouverture et de fermeture d’une station sont la plupart du temps données par le premier ou le dernier jour d’un mois de données complet. Par exemple, une station qui entame les relevés le 15 mai verra sa date d’ouverture officielle inscrite au 1^{er} juin dans le nouveau fichier historique. Toutefois, la date d’ouverture réelle figure dans la colonne « Particularités » du fichier historique (cf. rubrique n°41).

Pour les quelques autres cas litigieux ailleurs dans le pays, il a été convenu, à l’instar des précipitations, de ne pas modifier l’actuel code numérique, mais de veiller dans le futur, lors de la création de nouvelles stations, à se conformer le plus fidèlement possible à la liste prédéfinie. Par ailleurs, Il faut mentionner les très rares cas où deux abris thermométriques différents ont fourni des données sur un même site. Citons ainsi la station de Maleizen (Overijse) où deux abris ont fonctionné parallèlement entre 1917 et 1922. Dans ce cas, ce sont deux codes spécifiques qui ont été créés.

Concernant la création de nouveaux codes numériques pour les stations ayant relevé des températures durant la première moitié du 20^e siècle, nous avons essayé, à l’instar des précipitations, de respecter de la façon la plus cohérente possible la correspondance entre code climatologique et code TT, en réservant ici la zone des 60, 70 et 80 de chaque centaine pour la création des codes antérieurement à 1950.

L’encodage manuel des données

L’achèvement de la première étape du présent projet, en présentant une vision claire de l’évolution du réseau climatologique depuis la fin du 19^e siècle et en offrant un code numérique spécifique à chacune des stations ayant existé, autorisait dans de bonnes conditions le passage à l’étape suivante : l’encodage des données.

Avant le lancement du projet, l’IRM disposait déjà sous forme numérique des relevés quotidiens de températures extrêmes (températures minimum et maximum) et de quantité de précipitations effectués depuis le début des années 1950 par les observateurs du réseau climatologique belge. Le projet a été l’occasion d’étendre l’encodage des données climatologiques journalières sur la période 1881-1949 en exploitant une partie des bulletins mensuels manuscrits disponibles dans les archives de l’Institut.

Toutes les données thermométriques existantes sur la période ancienne considérée ont été numérisées et un choix de stations pluviométriques a été opéré pour garantir l’encodage d’un ensemble cohérent de données de précipitations dans les délais impartis au projet. On a exclu du présent projet les données pluviométriques journalières issues des stations qui appartenaient au sous-réseau d’observations de l’Administration des Ponts et Chaussées. Ce choix a été pris d’une part, vu l’impossibilité d’encoder toutes les données disponibles dans le cadre du présent projet et d’autre part, du fait que les pluviomètres utilisés par ce sous-réseau au 19^{ème} siècle et au début du 20^{ème} siècle étaient moins fiables, et parfois moins bien positionnés, que ceux utilisés dans le sous-réseau des stations dépendant directement de l’Observatoire (puis de l’IRM, à partir de 1913). De plus, la première guerre mondiale a conduit à l’interruption de quasi toutes les stations du réseau des Ponts et Chaussées, tandis que l’impact de la guerre sur les autres stations, s’il fut également dramatique sur le nombre de ces stations qui restèrent en activité, le fut de manière relativement moindre.

Au total, les données de 623 stations pluviométriques, dont 239 stations étaient également des stations thermométriques, ont été encodées sur la période 1881-1949. La figure 5 donne mensuellement le nombre de stations pluviométriques et thermométriques ouvertes sur l’ensemble de la période d’encodage. Au total, plus de 4,8 millions de données climatologiques journalières manuscrites ont ainsi été sauvegardées en les numérisant ; elles sont aujourd’hui disponibles dans leur état brut dans la banque de données Oracle de l’IRM. Pour les précipitations, on a encodé 87215 bulletins mensuels complets (99,5 %) et 472 bulletins incomplets (0,5 %). Pour les températures extrêmes (maximum et minimum), ces chiffres s’élèvent à 33378 bulletins complets (92,9 %) et 2533 incomplets (7,1 %). Le nombre plus élevé de données thermométriques manquantes s’explique par le fait qu’un thermomètre abîmé, et donc souvent inutilisable, doit être remplacé, ce qui entraîne un délai généralement de quelques jours avant que l’observateur ne puisse disposer d’un nouvel appareil et reprendre les relevés.

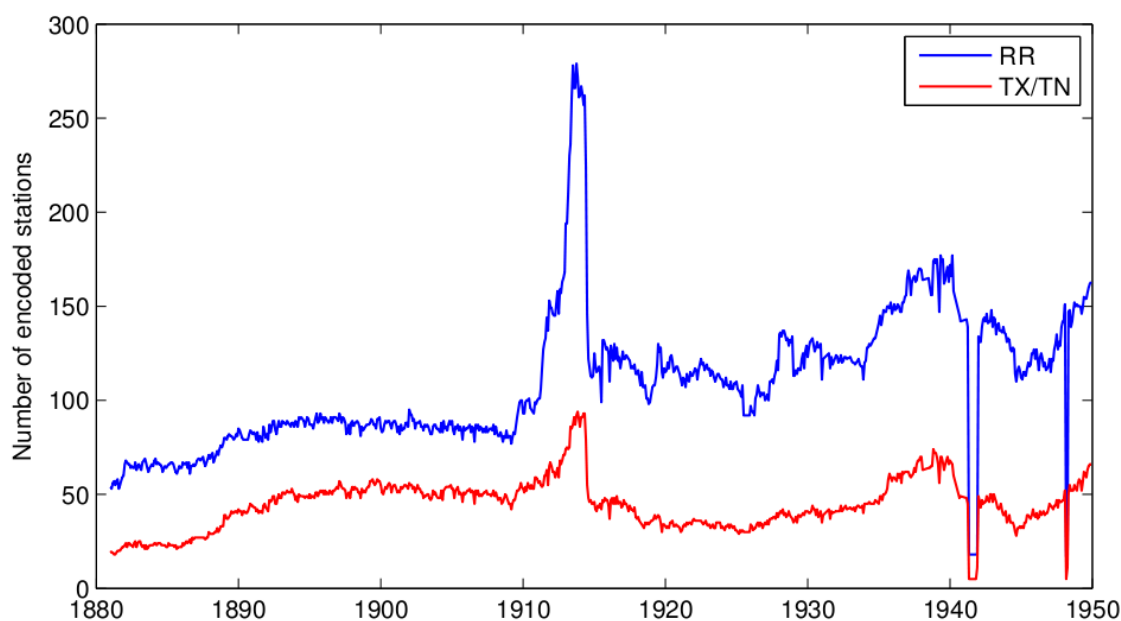


Figure 5. Evolution entre 1881 et 1949 du nombre mensuel de stations du réseau climatologique dont les données journalières ont été encodées durant le projet de numérisation. En bleu, pour les stations avec des mesures pluviométriques et en rouge pour les stations relevant (également) les températures.

Le travail d’encodage effectué a permis d’obtenir des résultats significatifs aussi bien pour les précipitations que pour les températures. Au niveau des précipitations, la liste des longues séries encodées antérieurement par l’ex-section Hydrologie de l’IRM (Dupriez et Demarée, 1988) a été sensiblement étoffée par l’apport de nouvelles stations, certaines séculaires, sans tenir compte des innombrables séries plus courtes. En ce qui concerne les températures extrêmes, l’encodage de plusieurs longues séries, parfois centenaires, est sans doute plus intéressant encore. Car concernant ces paramètres, aucune station n’avait fait auparavant l’objet d’un encodage pour la période antérieure à 1950, exception faite de la station d’Uccle et de la station de Thimister (André, 1991 ; André *et al.*, 1991).

Les deux figures suivantes résument, par station et par mois, les périodes au cours desquelles des données journalières ont été encodées à l’occasion du présent projet, respectivement pour les précipitations (cf. figure 6) et les températures extrêmes (cf. figure 7). Pour chaque station, on a indiqué à gauche son code numérique (code RR pour la figure 6 et code TT pour la figure 7) et les plages en vert indiquent à quels moments la station fut active durant la période concernée par l’encodage, c’est-à-dire entre 1881 et 1949. Cette présentation met en relief les plus longues séries et donne aussi une idée du pourcentage de données manquantes dans une séquence verte, lorsque la station était supposée « ouverte ». Les interstices verticaux blancs à l’intérieur d’une séquence verte signifient en effet qu’aucune donnée n’a été retrouvée dans les archives pour les mois en question.

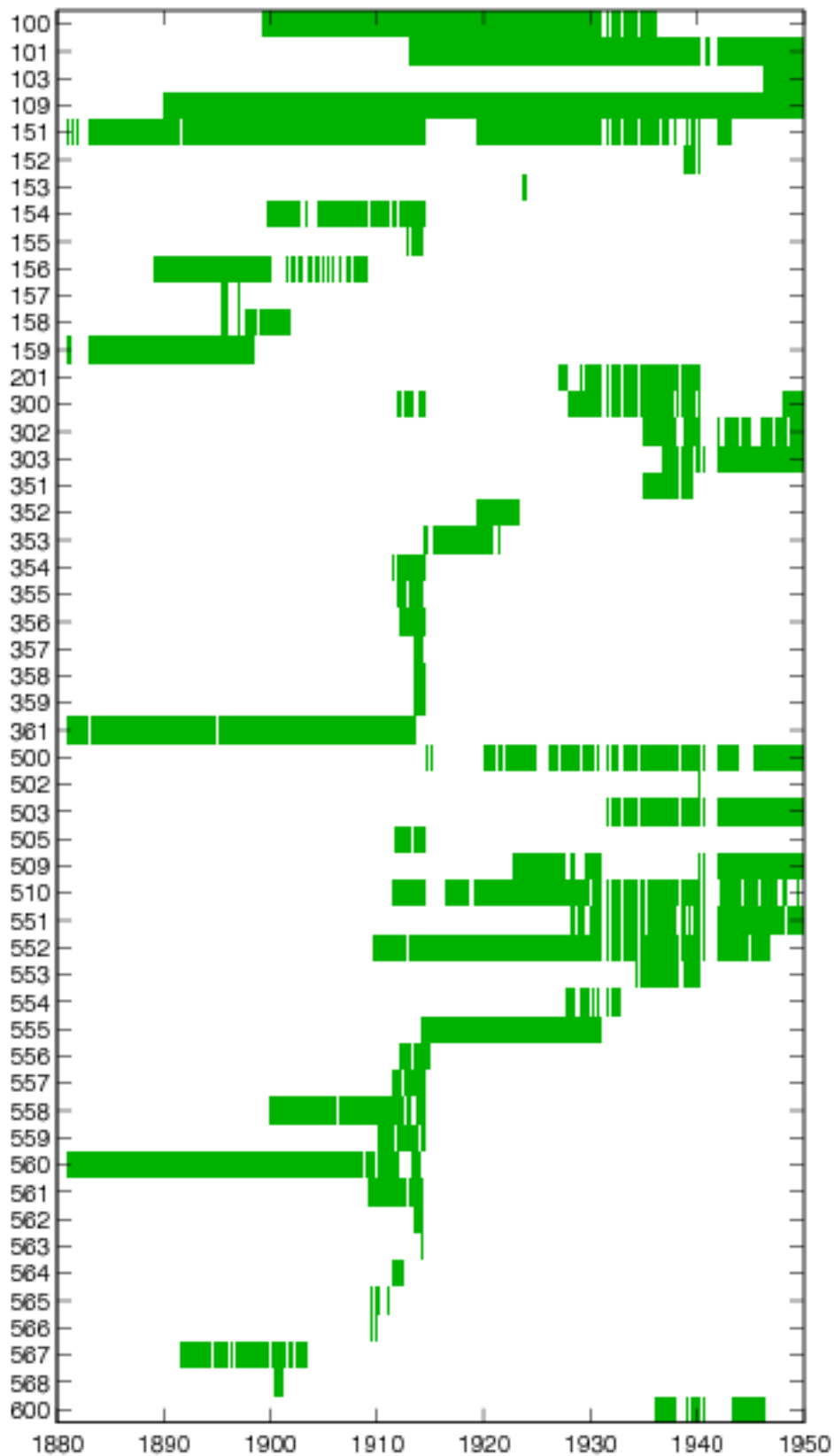


Figure 6. Résumé par station des données de précipitations encodées entre 1881 et 1949. Les stations sont classées selon leur code numérique RR (à gauche) et les plages en vert indiquent les périodes au cours desquelles les données mensuelles disponibles dans les archives ont été encodées (début).

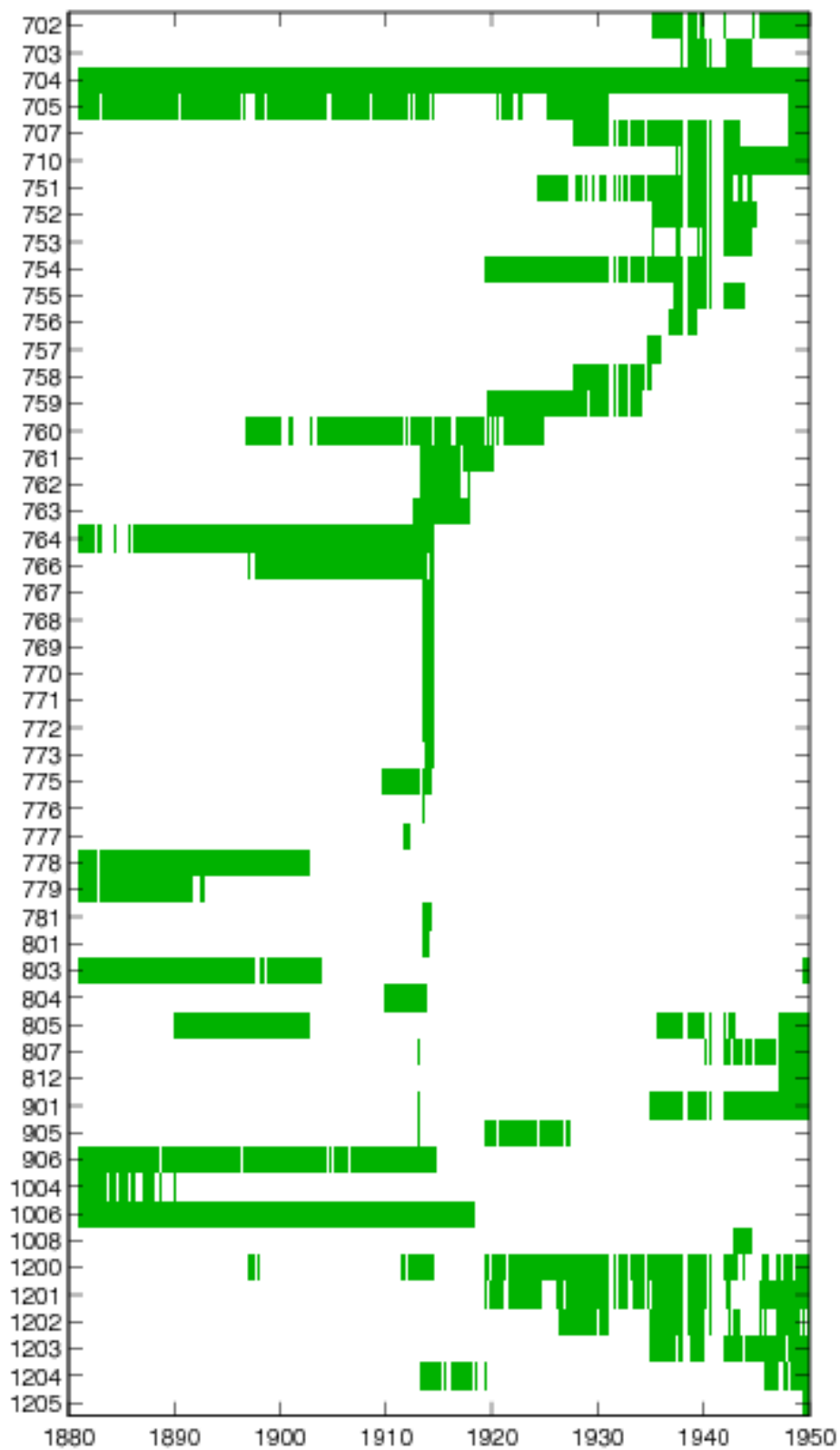


Figure 6. (suite)

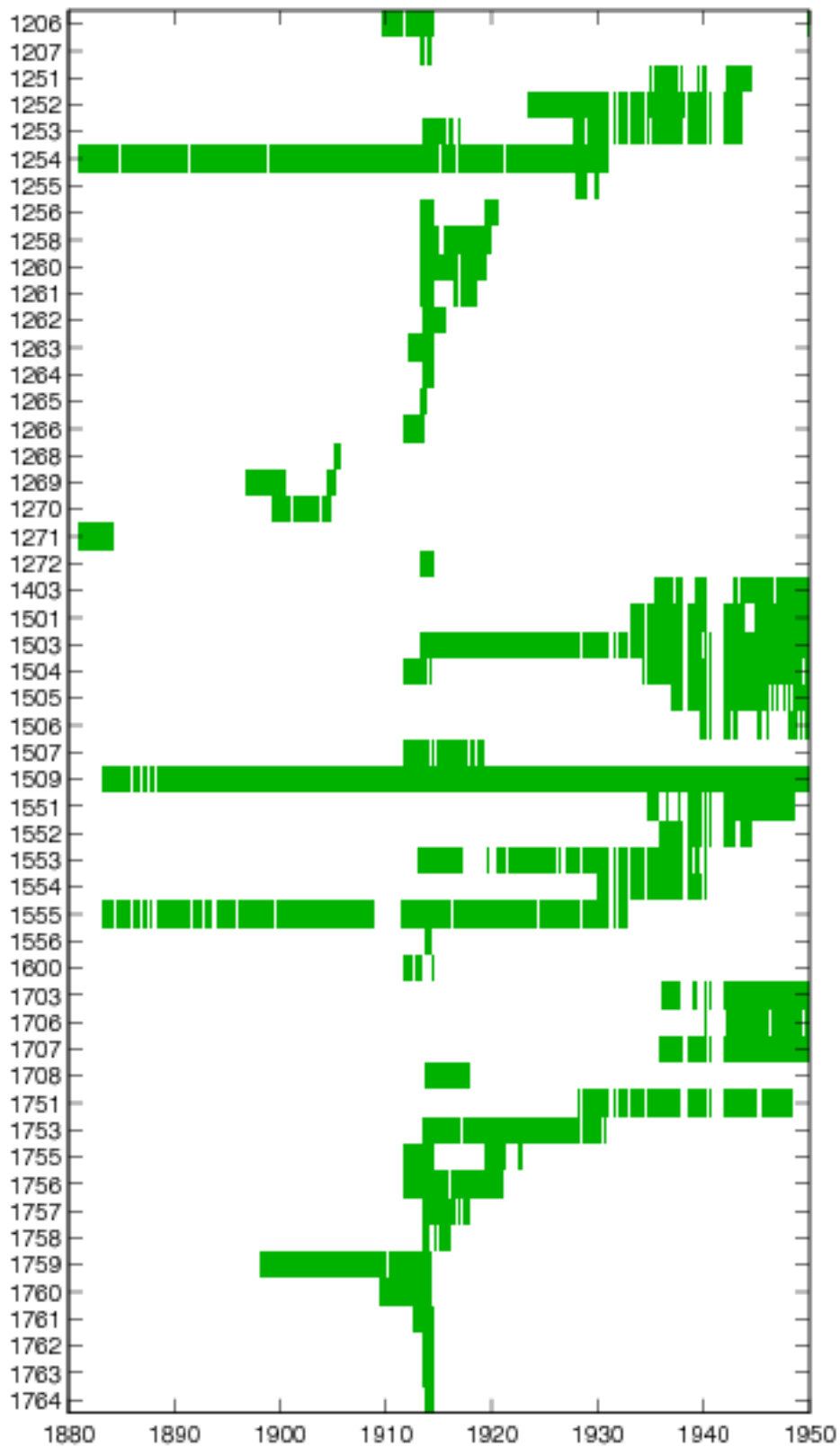


Figure 6. (suite)

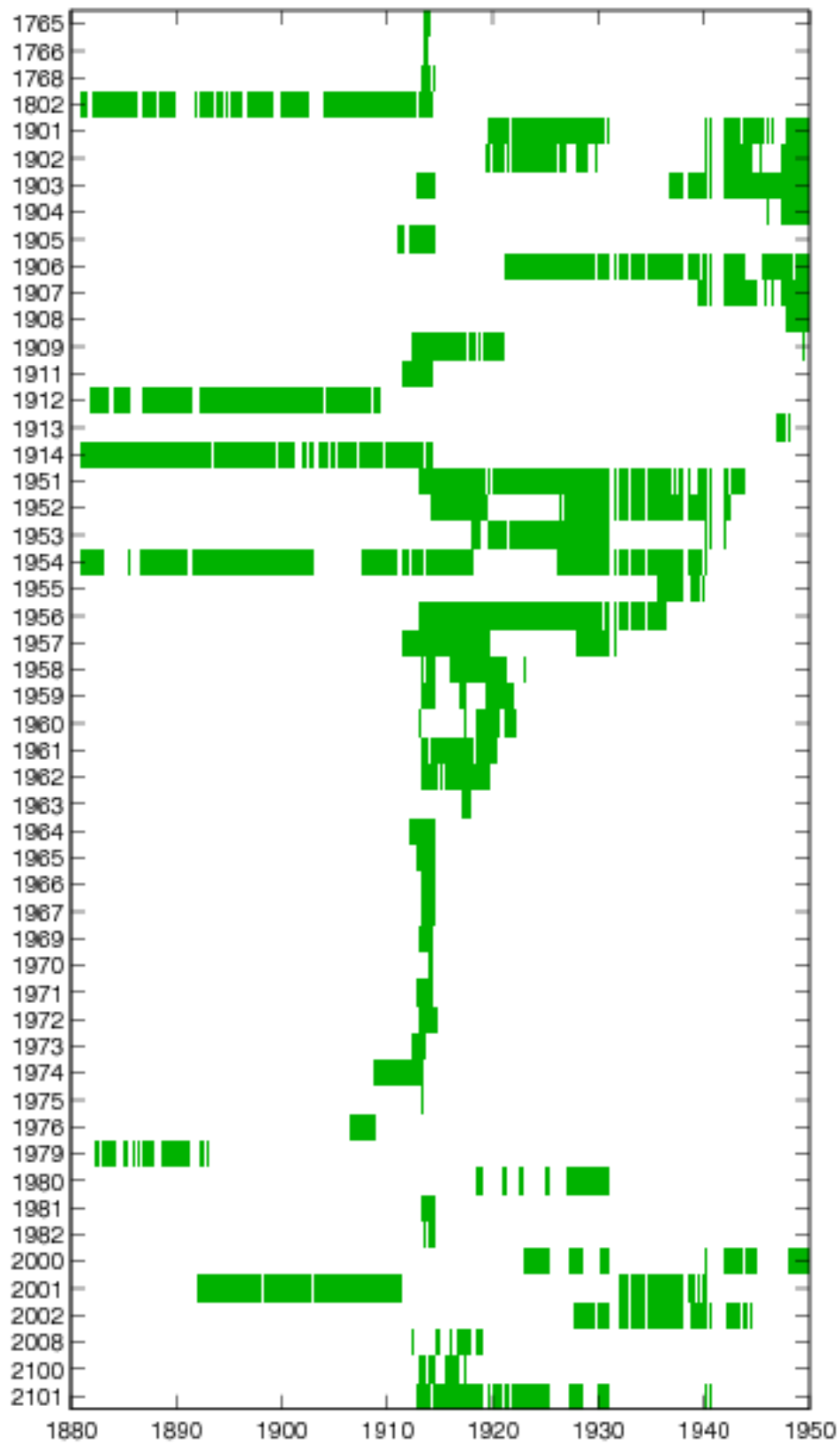


Figure 6. (suite)

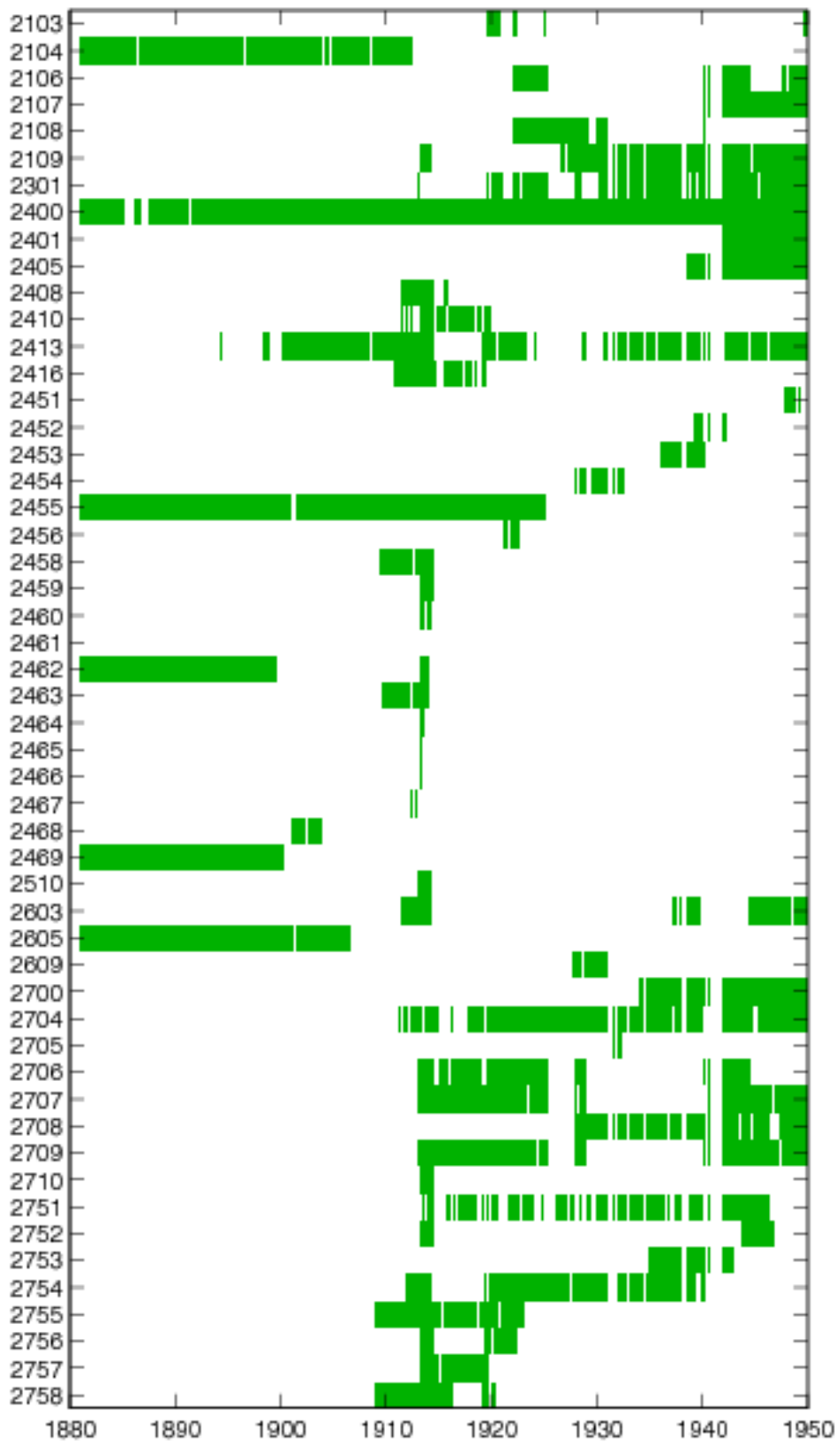


Figure 6. (suite)

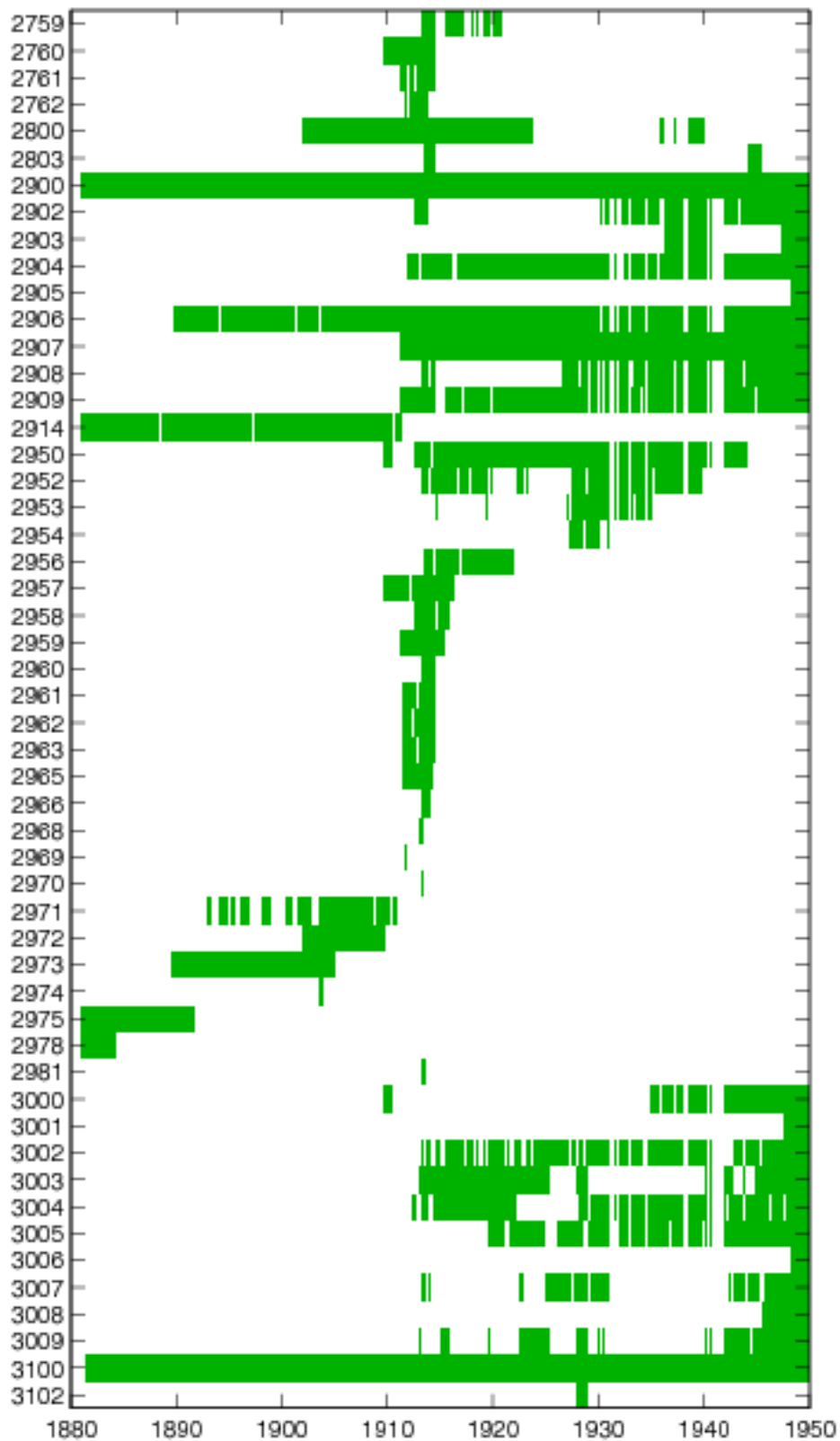


Figure 6. (suite)

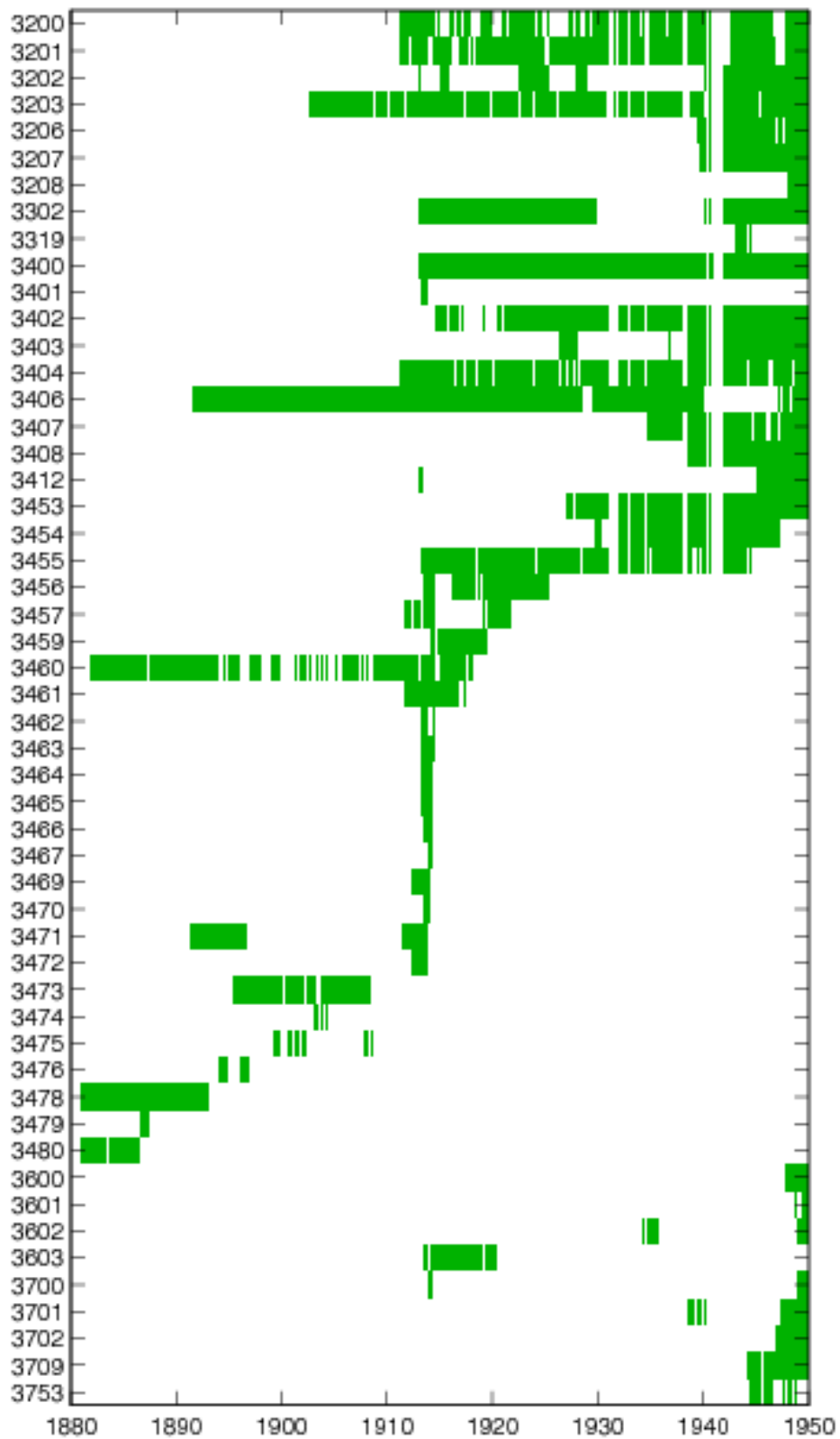


Figure 6. (suite)

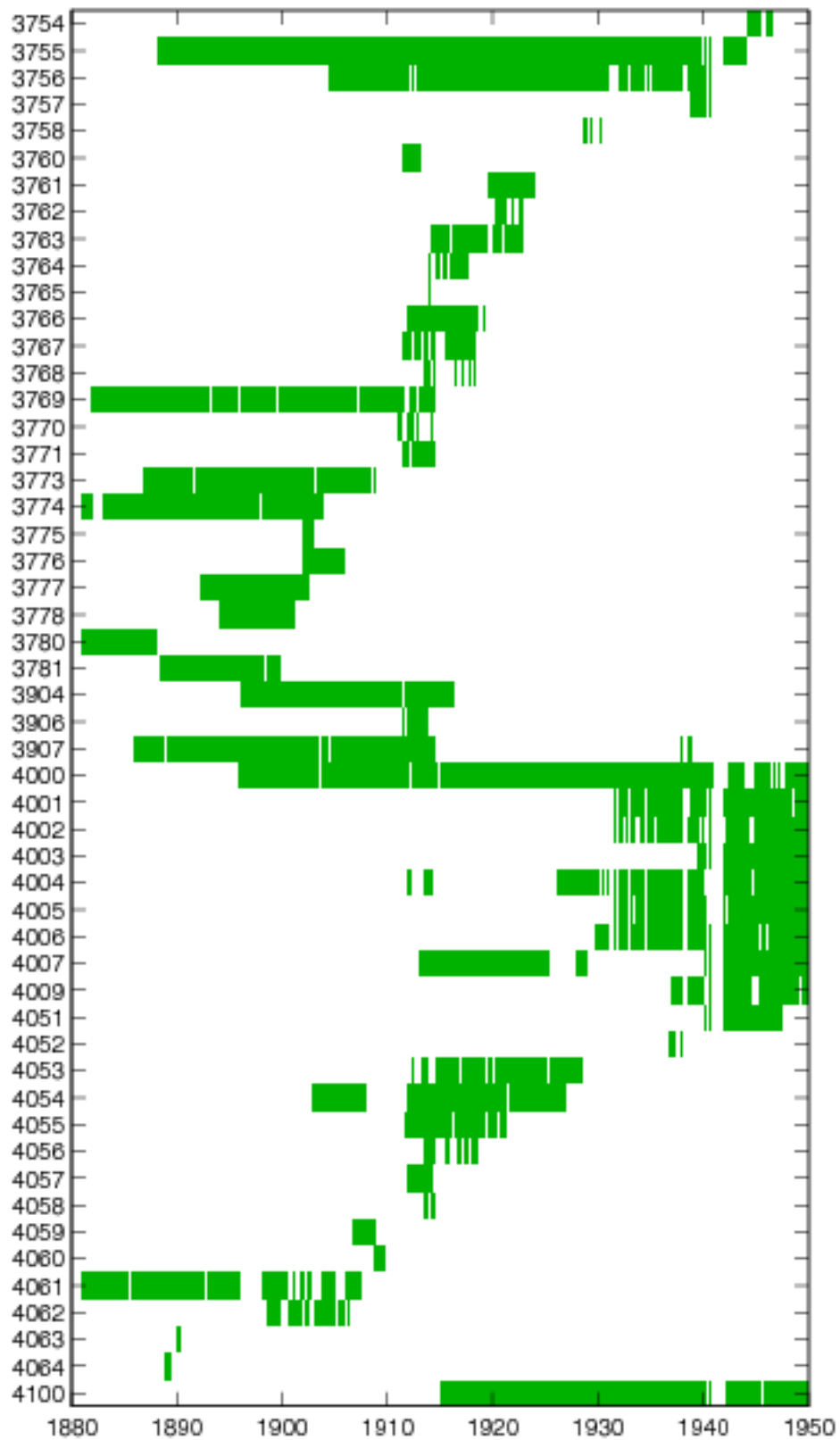


Figure 6. (suite)

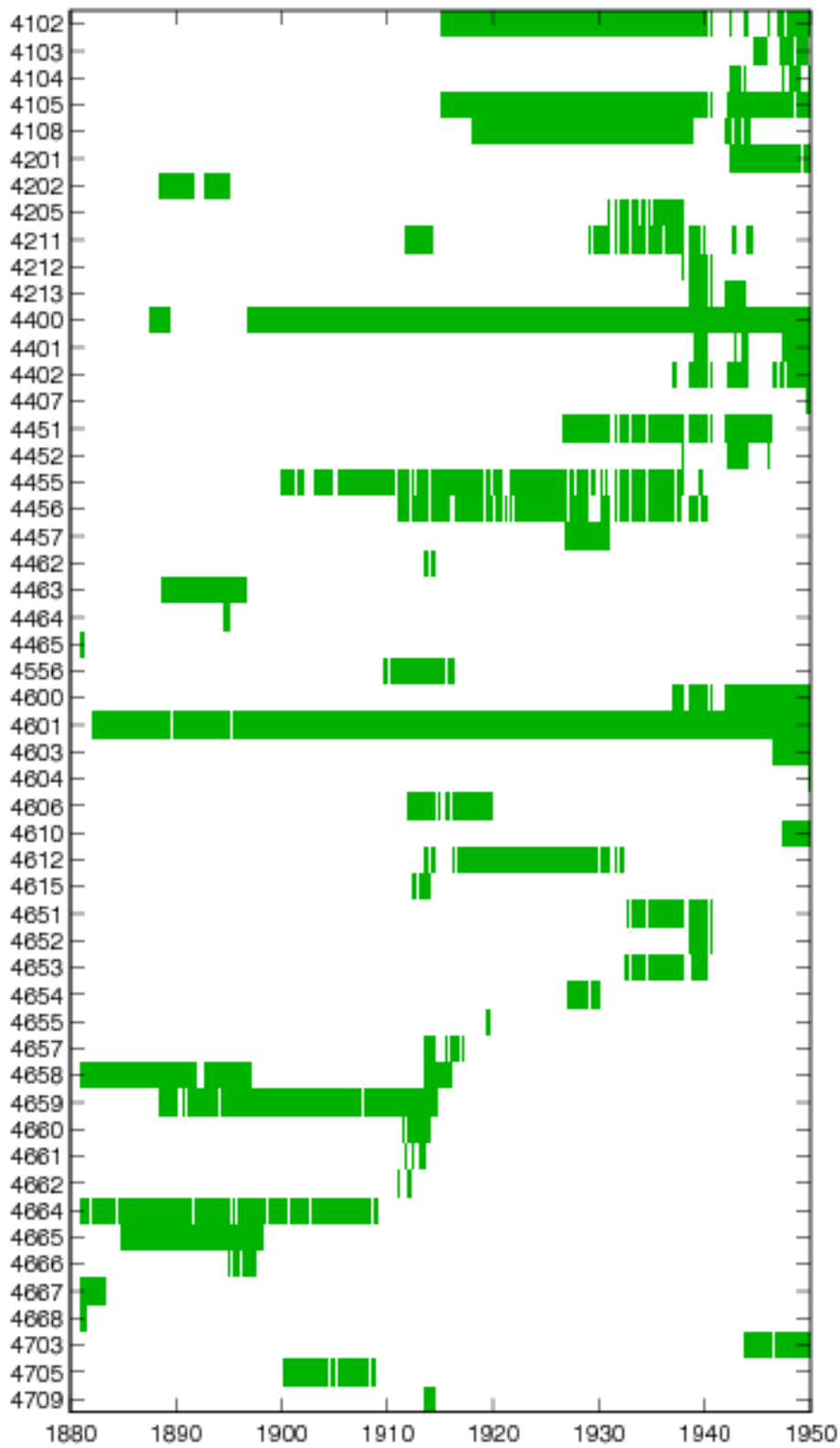


Figure 6. (suite)

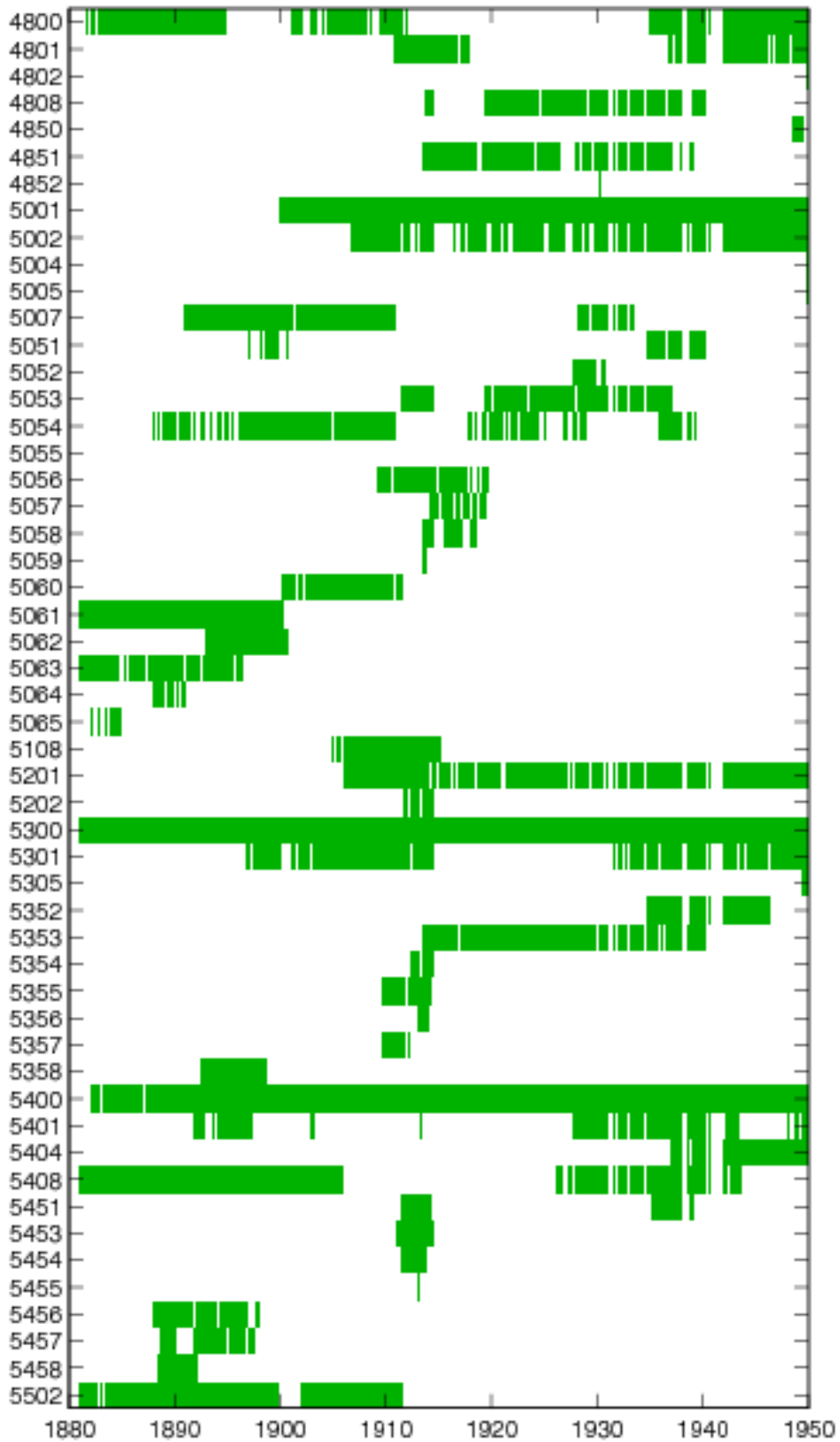


Figure 6. (suite)

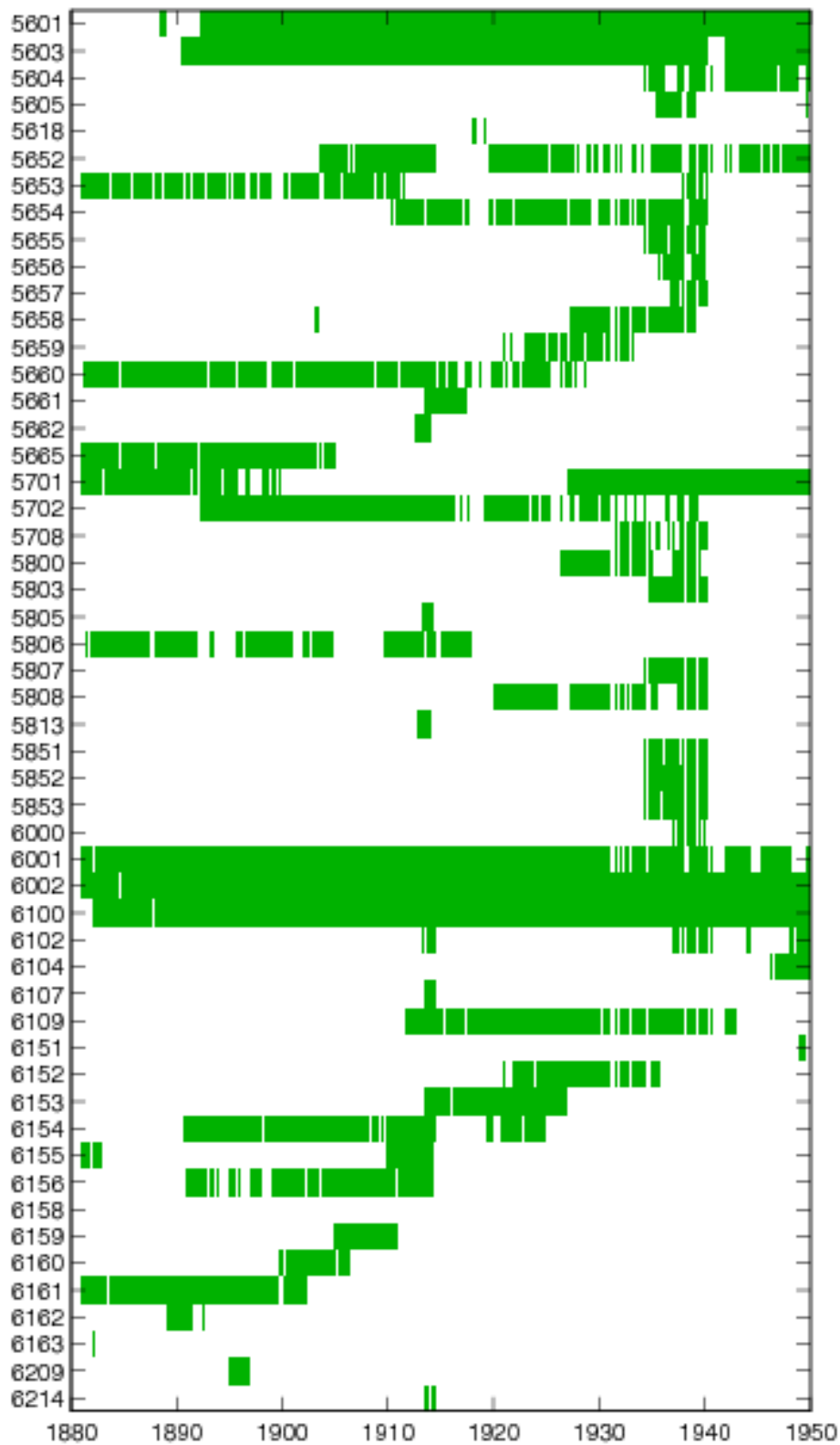


Figure 6. (suite)

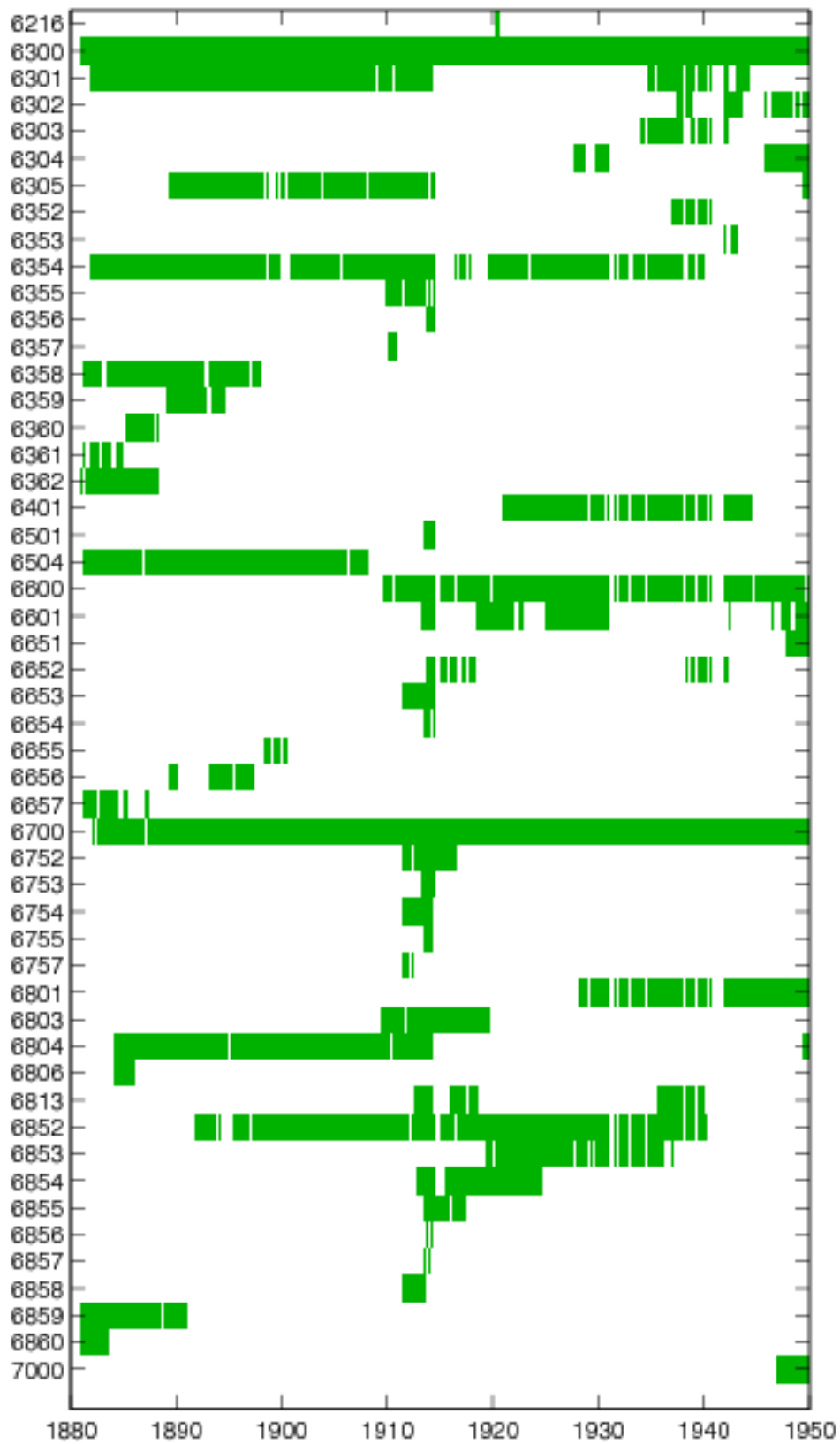


Figure 6. (suite et fin)

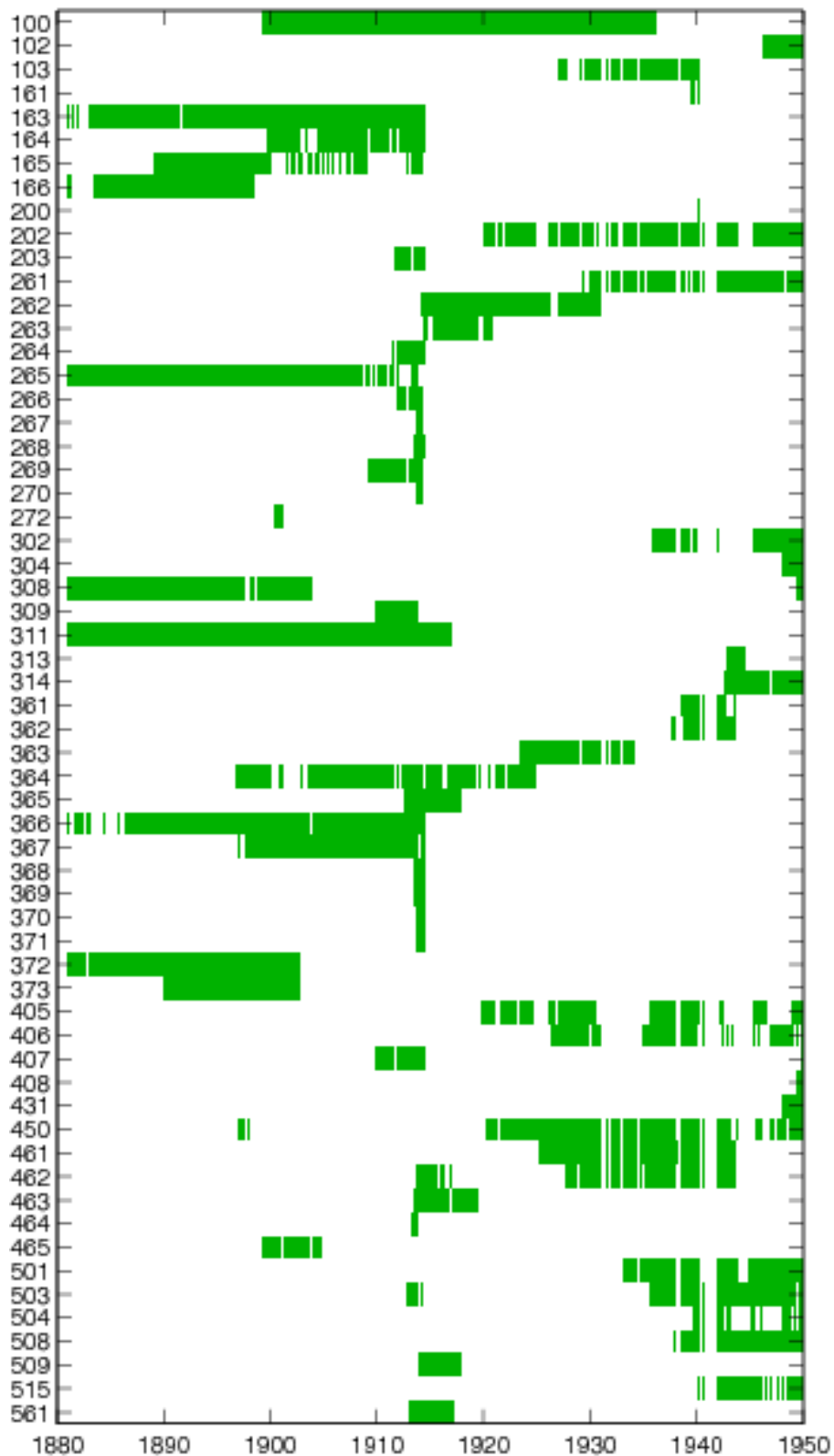


Figure 7. Résumé par station des données de températures extrêmes encodées entre 1881 et 1949. Les stations sont classées selon leur code numérique TT (à gauche) et les plages en vert indiquent les périodes au cours desquelles les données mensuelles disponibles dans les archives ont été encodées (début).

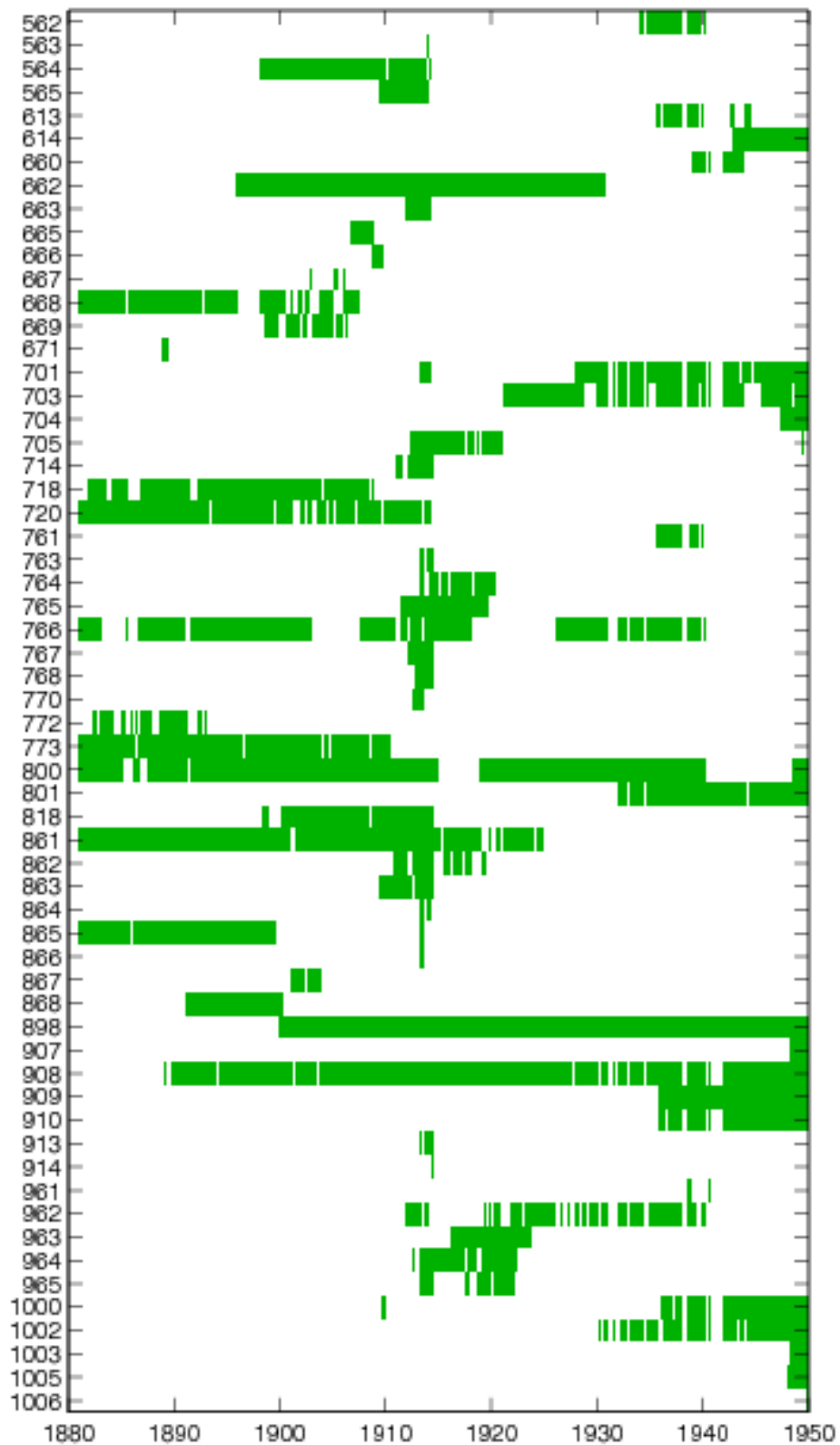


Figure 7. (suite)

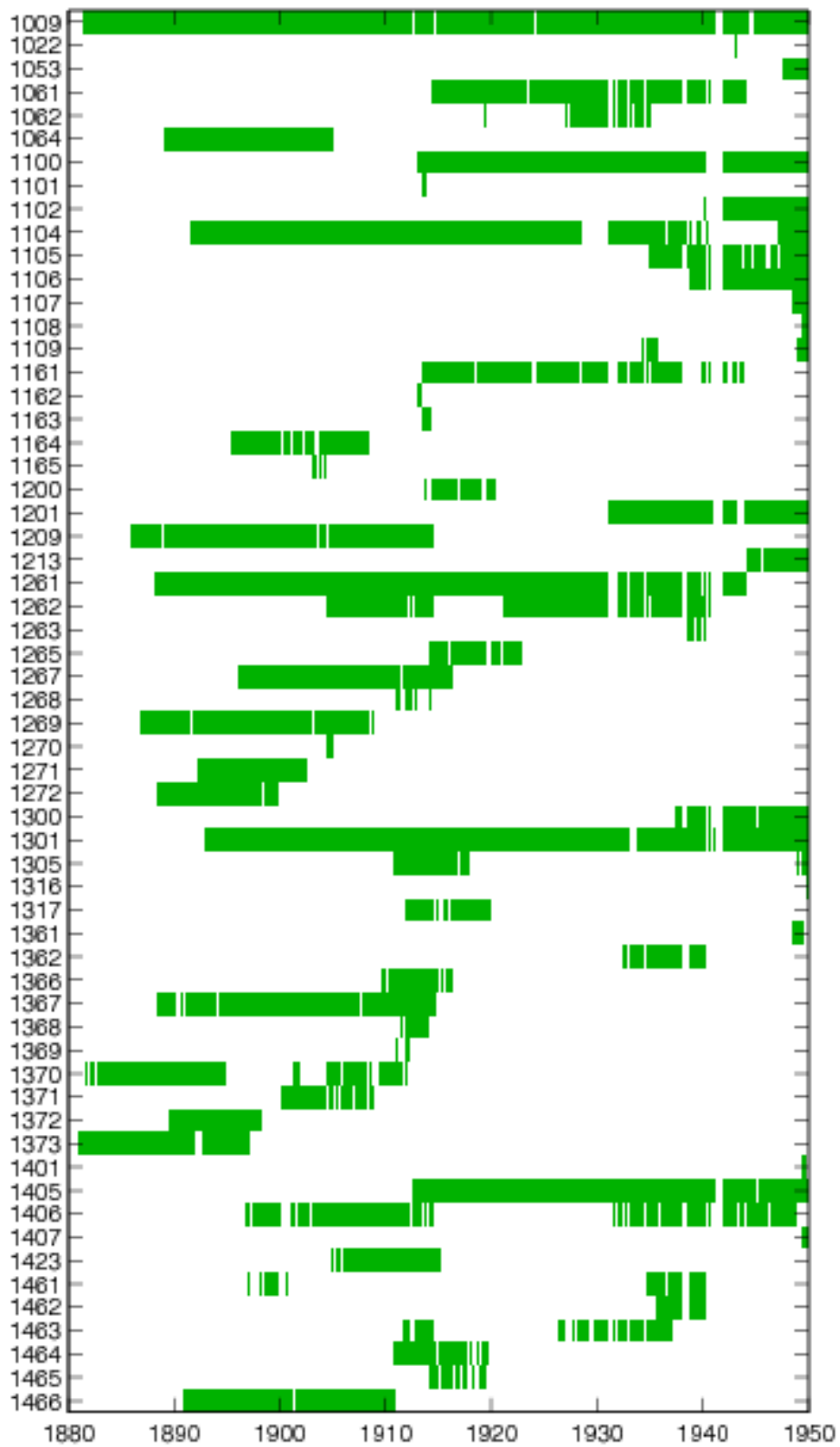


Figure 7. (suite)

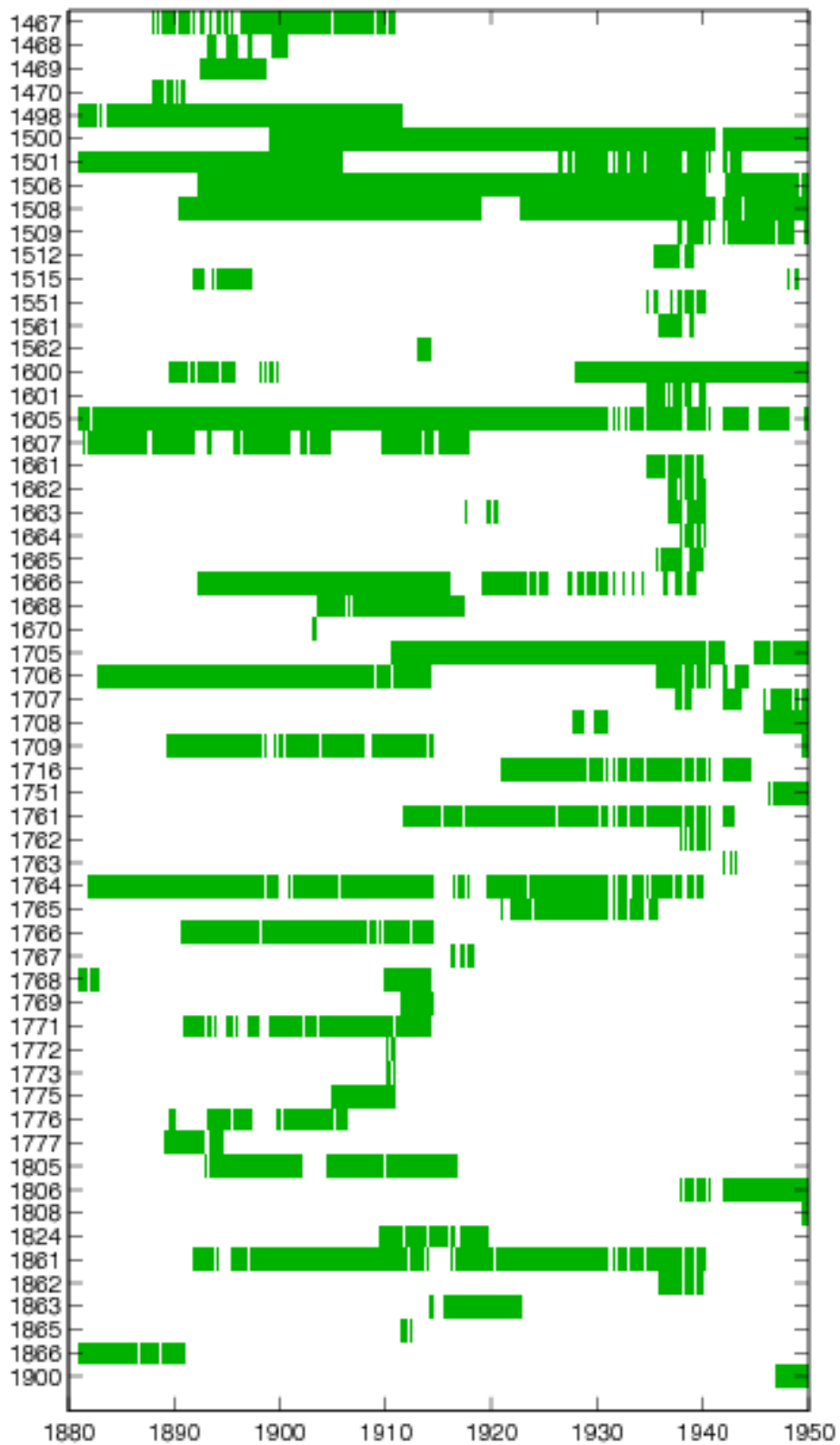


Figure 7. (suite et fin)

3.2 Données d’ozone

Concernant les données d’ozone au-dessus de l’Antarctique, toutes les données obtenues de 1965 à 1967 au moyen de l’instrument Dobson n°54 à partir de la base Roi Baudouin lors de l’expédition commune belgo-néerlandaise ont pu être digitalisées directement à partir des données originales (les feuilles des observateurs) retrouvées au KNMI (De Bilt) en 1989.

Ces données sont importantes si on les compare aux informations disponibles dans les rapports finaux archivés à l’« Ozone Data Centre » de l’OMM situé à Toronto. La digitalisation dans le cadre du présent projet inclut toutes les données, y compris celles éliminées par les observateurs en raison des difficultés de la mesure. Les données archivées à Toronto le sont uniquement sous la forme de moyennes journalières et l’accès au total des résultats permettra d’analyser les événements qui ont précédé l’apparition du trou d’ozone dans l’atmosphère Antarctique. Une première analyse faite par les observateurs eux-mêmes avait démontré que malgré des situations dynamiques très différentes en 1965 et 1966, aucun phénomène semblable au trou d’ozone observé après 1982 ne s’était produit. Une première réanalyse effectuée en 1982 avait confirmé ces conclusions et un examen rapide des données éliminées avait permis de constater qu’elles n’étaient pas systématiquement trop faibles.

L’archive digitalisée permet de reprendre cette analyse de manière fine. On peut rappeler ici que les premières mesures satellitaires de la NASA du trou d’ozone ont été éliminées car elles étaient hors limites et que ce sont les observateurs japonais de la base de Syowa, et plus tard les observateurs anglais, qui ont révélé le phénomène en utilisant aussi des instruments Dobson situés à des stations Antarctiques actives depuis l’année géophysique internationale de 1957-1958.

Les moyens actuels permettent de redonner une nouvelle vie à ces résultats par la comparaison avec des modèles de circulation générale et de développer des techniques qui permettront de retraiter l’ensemble des archives de l’instrument Dobson.

La préservation de toutes les données d’ozone encodées est assurée sur un serveur sécurisé de l’Institut d’Aéronomie Spatiale de Belgique. Elles sont accessibles par <http://ozonehistory.aeronomie.be/history.htm>. Les données reproduisent finalement le format utilisé par les observateurs et sont accessibles dans les formats PDF et Microsoft Office (word et excel). Ces formats sont d’un usage général depuis environ trente ans et peuvent actuellement être lus par des programmes libres de droit, on peut donc faire l’hypothèse que ces formats correspondent à une longue préservation et seront accessibles aux chercheurs du futur se spécialisant dans les 20^{ème} et 21^{ème} siècles.

L’ensemble des données d’ozone a été numérisé et systématiquement analysé pour rechercher un biais correspondant à l’élimination des valeurs faibles. Ce biais n’a pas pu être mis en évidence, confirmant que l’ozone n’a pas présenté de minimum anormal ni en octobre 1965 ni en octobre 1966, malgré des conditions météorologiques très différentes au cours de ces mois du printemps austral. A partir du début des années 1980, c’est précisément à cette période de l’année que le « trou » d’ozone a été régulièrement observé, avec une variabilité interannuelle qui dépendait fortement des conditions météorologiques.

4. DIFFUSION ET VALORISATION

4.1 Données climatologiques manuscrites

La sauvegarde numérique d’anciennes données climatologiques journalières, rendue possible grâce à la phase 1 du plan de numérisation de BELSPO, est l’étape préliminaire indispensable en vue de l’étude des changements climatiques régionaux en Belgique depuis la fin du 19^{ème} siècle.

L’évolution du climat d’un pays ou d’une région est généralement étudiée en priorité à partir de l’évolution des trois paramètres essentiels que sont les températures extrêmes (maximum et minimum) et la quantité de précipitations. A la suite du travail d’encodage proprement dit, c’est donc pour ces paramètres principaux que nous avons essayé de définir un certain nombre de longues séries pour différentes régions climatologiques du pays. Ces longues séries pourraient devenir à terme des séries de référence à l’échelle séculaire permettant d’aborder l’étude des changements climatiques à l’échelle régionale en Belgique.

Pour un code numérique, le volume de données dont on dispose pour une station (ayant éventuellement subi un (ou quelques) court(s) déplacement(s)) s’avère souvent restrictif quant à la longueur de la période sur laquelle ces données peuvent être exploitées pour une étude régionale des changements climatiques. En revanche, si l’on intègre ces données à celles de stations relativement proches (jusqu’à 10 kilomètres environ pour la période 1951-2000 et parfois plus encore pour la période précédente) en vue de reconstruire une série climatologique régionale de référence, on peut envisager l’étude du climat régional concerné sur une longue période (de l’ordre de 100 ans).

Pour illustrer le potentiel des données aujourd’hui disponibles sous forme numérique, nous présentons ici le résultat d’un premier examen rapide de ces données pour déterminer à terme les séries les plus aptes pour la reconstruction de longues séries climatologiques de référence dans différentes régions du pays. En premier lieu, la figure 8 indique, pour la période 1881-1949, le nombre de stations pluviométriques et thermométriques en fonction de leur durée de fonctionnement (par intervalles de 5 en 5 ans). On remarque le nombre élevé de séries de relativement courtes durées et le faible nombre de stations avec une durée de vie au moins égale à la moitié de la période considérée (soit 35 ans). Actuellement, sur la période 1881-1949, sans prendre en compte les données manquantes possibles à certains moments, il existe déjà dans la banque de données 22 séries pluviométriques et 11 séries thermométriques d’une durée au moins égale à 50 ans.

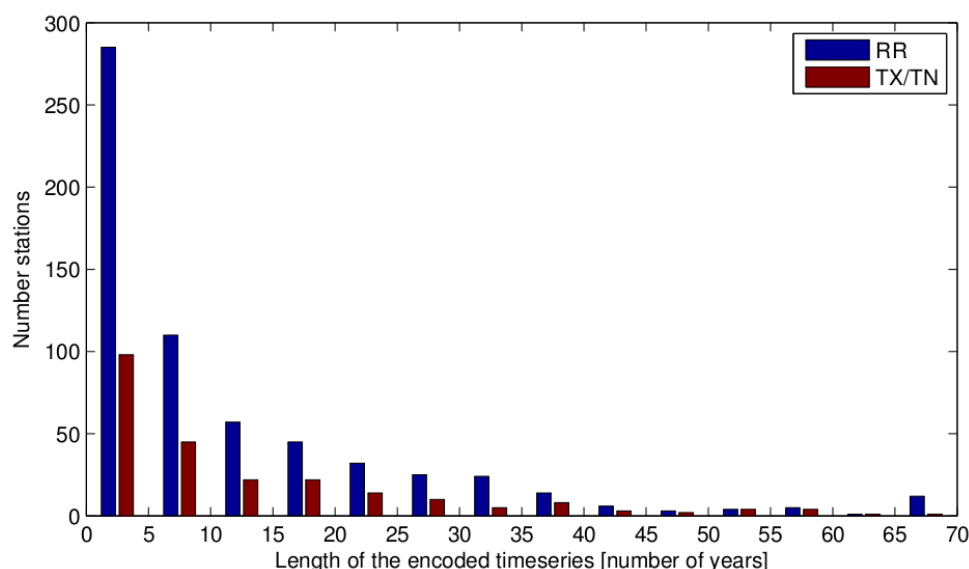


Figure 8. Distribution de la longueur des séries de données encodées sur la période 1881-1949 (en bleu pour les stations pluviométriques et en rouge pour les stations (également) thermométriques).

Notons que de manière à distinguer clairement les plus longues séries, il a été décidé de créer dans le futur un code numérique spécifique qui leur sera réservé, aussi bien en températures qu’en précipitations. Le choix d’un code numérique particulier pour ces séries appelées « longues séries » est motivé par le fait qu’elles sont ou seront composées le plus souvent à partir d’un assemblage de différentes stations conservant chacune leur code numérique propre dans le fichier historique. A ce sujet, la reconstruction déjà de quelques longues séries à partir des données de stations proches explique le nombre relativement plus élevé de séries pluviométriques mentionnées dans le dernier intervalle (65-70 ans) de la figure 8. Comme nous l’avons signalé précédemment, le travail de reconstruction des longues séries régionales n’en est qu’à ses débuts. Dans le futur, d’autres séries de ce genre pourront sans doute encore être assemblées à partir de la combinaison de séries plus courtes.

4.1.1 Les longues séries de températures extrêmes journalières

L’encodage de toutes les séries thermométriques disponibles dans les archives climatologiques depuis 1881 fournit un ensemble de données thermométriques sous forme digitale dont certaines sont potentiellement très intéressantes.

L’intérêt d’un examen approfondi de l’évolution des températures à l’échelon régional est évident. Outre le fait qu’il permettra de corroborer ou non le réchauffement du climat déjà constaté à Uccle, il devrait contribuer à mieux faire ressortir les différences régionales et à voir si l’évolution est similaire dans les différentes régions, ou si des différences notables existent entre certaines régions, par exemple entre les régions plus urbaines et les zones plus rurales.

La figure 9 fournit un exemple de longues séries thermométriques disponibles entre 1881 et 2006. Dans cette figure, il faut signaler que les moyennes annuelles ont été obtenues à partir de données journalières dont l’étude d’homogénéité n’a pas encore été réalisée. La comparaison de l’évolution temporelle des séries est donc délicate à ce stade.

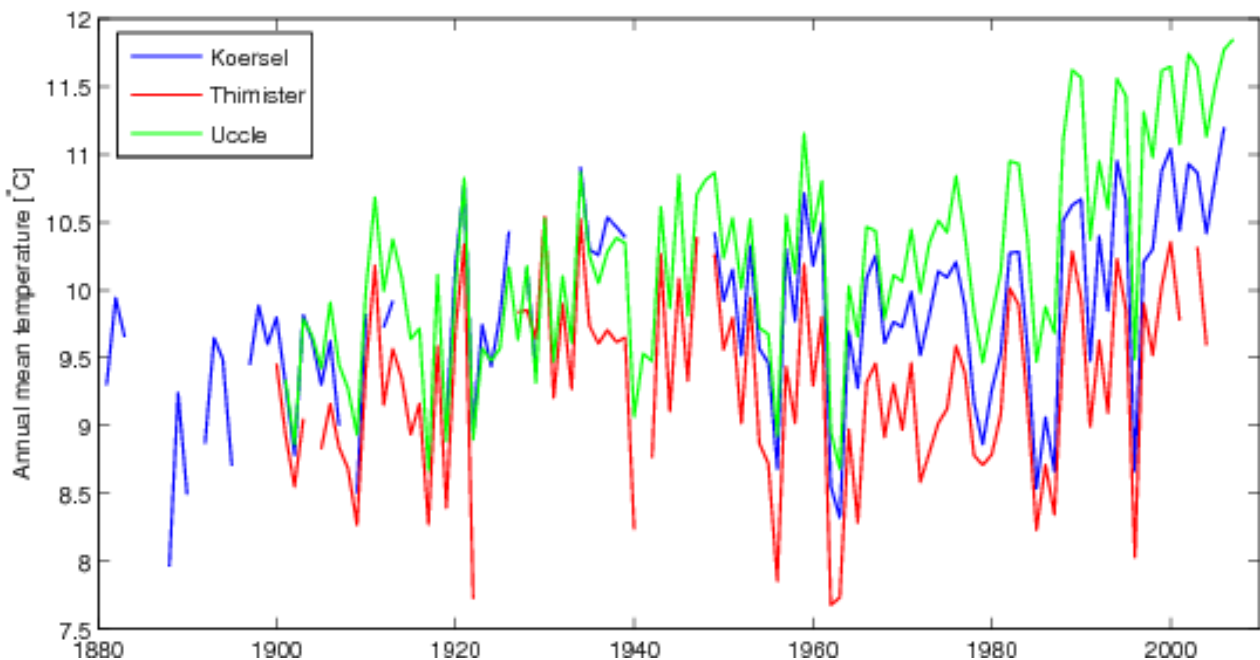


Figure 9. Evolution entre 1881 et 2006 de la température moyenne annuelle (estimée par la moyenne des températures extrêmes annuelles) pour les stations d’Uccle (abri ouvert, en vert), Koersel (en bleu) et Thimister (en rouge). Les années avec plus de 25 jours sans observation sont considérées comme manquantes dans la figure.

A ce jour, aucune étude d'évolution des températures n'existe pour la Belgique à l'échelle du siècle et à l'échelle régionale⁴. Ceci à la différence des précipitations où une étude sur les statistiques des cumuls extrêmes pour des durées de 1 à 30 jours a été réalisée dans le passé par l'ex-service Hydrologie de l'IRM pour une dizaine de séries pluviométriques d'une durée d'au moins 80 ans (Dupriez et Demarée, 1988).

Pour en revenir aux températures, il convient de signaler une fois encore, parmi les rares études publiées sur le climat de la Belgique, la publication de Poncelet et Martin (1947). Elle reprend, pour un certain nombre de stations de province, des informations intéressantes concernant les températures moyennes pour la période 1901-1930. La tâche de débroussaillage nécessaire en vue d'une sélection parmi un vaste choix des stations thermométriques qualitativement les meilleures pour le début du siècle est ainsi grandement facilitée par cette publication.

On ne saurait cependant passer sous silence les deux écueils majeurs qui peuvent entraver l'étude d'une longue série thermométrique. A l'exception d'Uccle, aucune station régionale n'a conservé son emplacement d'origine. Or chaque changement de site implique la modification de nombreux paramètres comme l'altitude de la station, l'exposition, le confinement, la proximité d'habitations ou de plantations. Autant d'éléments donc susceptibles de modifier de manière assez sensible l'observation des températures et cela même si la distance du déplacement est très faible.

En dépit d'une sélection aussi rigoureuse que possible des sites d'observations, il n'est pas toujours envisageable de trouver un emplacement optimal, étant donné que la plupart de lieux d'observations se trouvent dans le jardin de particuliers ou d'institutions ne bénéficiant pas nécessairement de conditions de dégagement idéal. De plus, pour certaines stations faute d'archives suffisantes, nous n'avons pas été en mesure de déterminer, ni la date exacte du déplacement, ni le nombre de ceux-ci.

Enfin, le deuxième écueil réside dans le fait que les abris thermométriques ont varié parfois de manière considérable sur une période d'un siècle. De plus, l'installation des différents types d'abris ne s'est pas toujours effectuée de manière simultanée dans le pays. Ce qui explique qu'à une même époque plusieurs sortes d'abris différents pouvaient être en fonction. Quand on sait que la différence entre deux types d'abris peut atteindre parfois quelques degrés, on comprendra mieux la difficulté d'homogénéisation d'une longue série construite en agrégeant les données de plusieurs stations.

Après ces remarques, nous allons présenter les séries ou les stations qui présentent le plus d'atouts pour servir de base à la reconstruction de longues séries régionales de référence pour les températures extrêmes (maximum et minimum). Nous n'envisageons ici que les séries qui semblent a priori les plus prometteuses, après analyse des métadonnées des stations et examen sommaire des données.

Les longues séries thermométriques potentiellement les meilleures (hors Uccle)

On retrouve ici des stations qui n'ont connu que très peu de déplacements, en se maintenant au sein d'une même ville ou d'un même village, ou à leur proximité immédiate.

Gembloux

Code climatologique FS2 puis FS0

Les observations régulières ont débuté en 1888 dans cette localité située dans le nord de la province de Namur en 1888. Elles s'y sont maintenues, toujours dans l'enceinte de la faculté agronomique, jusqu'en décembre 1962. La station qui est transférée en janvier 1963 à Ernage située à deux kilomètres de l'ancien site ferme ses portes en décembre 1999. Si l'on excepte un petit déplacement au sein même de la faculté en 1908, la station n'a donc connu qu'un seul déménagement assez important. Les données manquantes avant 1940 pourront être comblées par les stations de Malonne, ouverte de 1910 à 1917 et de Saint-Trond (code G7), présente de 1891 à 1939. Après 1940, nous

⁴ Signalons cependant à ce sujet l'étude récente de H. Van de Vijver (2012), scientifique à l'IRM, qui a analysé l'évolution des températures extrêmes au cours des 60 dernières années en analysant les données de 9 stations dispersées dans le pays.

disposons des stations voisines de Beauvechain (code G2), ouverte depuis 1953, de Thorembais les Béguines (code G4), présente de 1941 à 1984, de Blanmont Chastre (code FS31), ouverte depuis 1959, qui pourront éventuellement pallier à l'absence de certaines données.

Les Forges Chimay

Code climatologique NP1

Située à l'abbaye de la Trappe dans le sud de la province de Hainaut, cette station a été installée en août 1910 et est toujours en fonction à l'heure actuelle. Comme souvent pour les établissements religieux, les observations ont été effectuées par de nombreux observateurs différents. Une seule interruption importante a été constatée entre mars 1942 et octobre 1944. La difficulté majeure étant ici que nous ne disposons pas d'une autre station suffisamment proche permettant de couvrir la période avant 1910, et de compléter les mois manquants.

Rochefort

Code climatologique KV1

Cette station est située à l'abbaye de Saint-Rémy dans la province de Namur à proximité de la Lesse. Sa localisation dans un fond de vallée lui confère des caractéristiques climatologiques particulières. C'est en effet ici que l'on a relevé la température minimale sous abri la plus basse jamais enregistrée en Belgique (-30,1°C, le 20 janvier 1940).

C'est à partir de juillet 1912 que des mesures de températures, en général de bonne qualité, y sont réalisées ; elles s'y poursuivent encore aujourd'hui. L'emplacement des abris thermométriques a subi peu de modifications : nous avons seulement connaissance d'un déplacement de 200 mètres fin juin début juillet 1987. Il faut cependant signaler, outre l'absence de quelque mois isolés, une interruption assez longue de décembre 1944 à mars 1945. Le problème principal auquel nous sommes confrontés ici réside, à l'instar de la station des Forges, dans l'absence de station suffisamment proche permettant de compléter les données manquantes.

Stavelot

Code climatologique M7

La station est située en province de Liège. Les observations se sont déroulées à l'Institut Saint-Remacle de 1890 jusqu'en décembre 1984. Les quelques lacunes constatées pourront être comblées, pour la période 1936-1980 par la station Spa ville (code M5).

Après trois mois d'absence, la station redémarre en mai 1985 sur un nouvel emplacement, toujours à Stavelot. Pour le recouvrement entre les deux stations de Stavelot, on consultera avec intérêt les données de la station de Bevercé (code MS8), distante d'environ 9 kilomètres, qui a relevé des températures de 1954 à novembre 1992.

Thimister

Code climatologique L1

Station située dans la province de Liège.

Les observations débutent en mars 1899 jusqu'en mai 1902 sur un premier site. Les relevés sont poursuivis ensuite sur un nouvel emplacement à partir de juin 1904 jusqu'en 1975 (cf. figure 10). La station déménage toutefois à deux reprises durant cette période, en 1923 et 1945. Un nouvel observateur reprend les relevés en 1975 entraînant un nouveau déplacement. Ensuite, de juillet 1987 à mars 1989, le poste météorologique déménage à Froidthier, petit hameau situé à deux kilomètres de Thimister avec un nouvel observateur. Enfin, jusqu'en 2009, la station est de nouveau abritée au cœur de Thimister, jusqu'au décès de l'observateur.⁵

Enfin, nous disposons encore des relevés de températures effectués à Verviers au champ de tir de Stembert (code L3, L10), situé à six kilomètres de Thimister. Les observations qui y furent réalisées de 1880 environ à novembre 1911 pourraient autoriser la prolongation de cette longue série avant 1899.

⁵ L' historique de la station de Thimister a fait l'objet d' une étude assez détaillée dans le mémoire que lui a consacré Pascale André en 1991 dans le cadre d'une comparaison préliminaire de l'évolution des températures mesurées dans un site « rural » (Thimister) et dans un site « urbain » (Uccle).

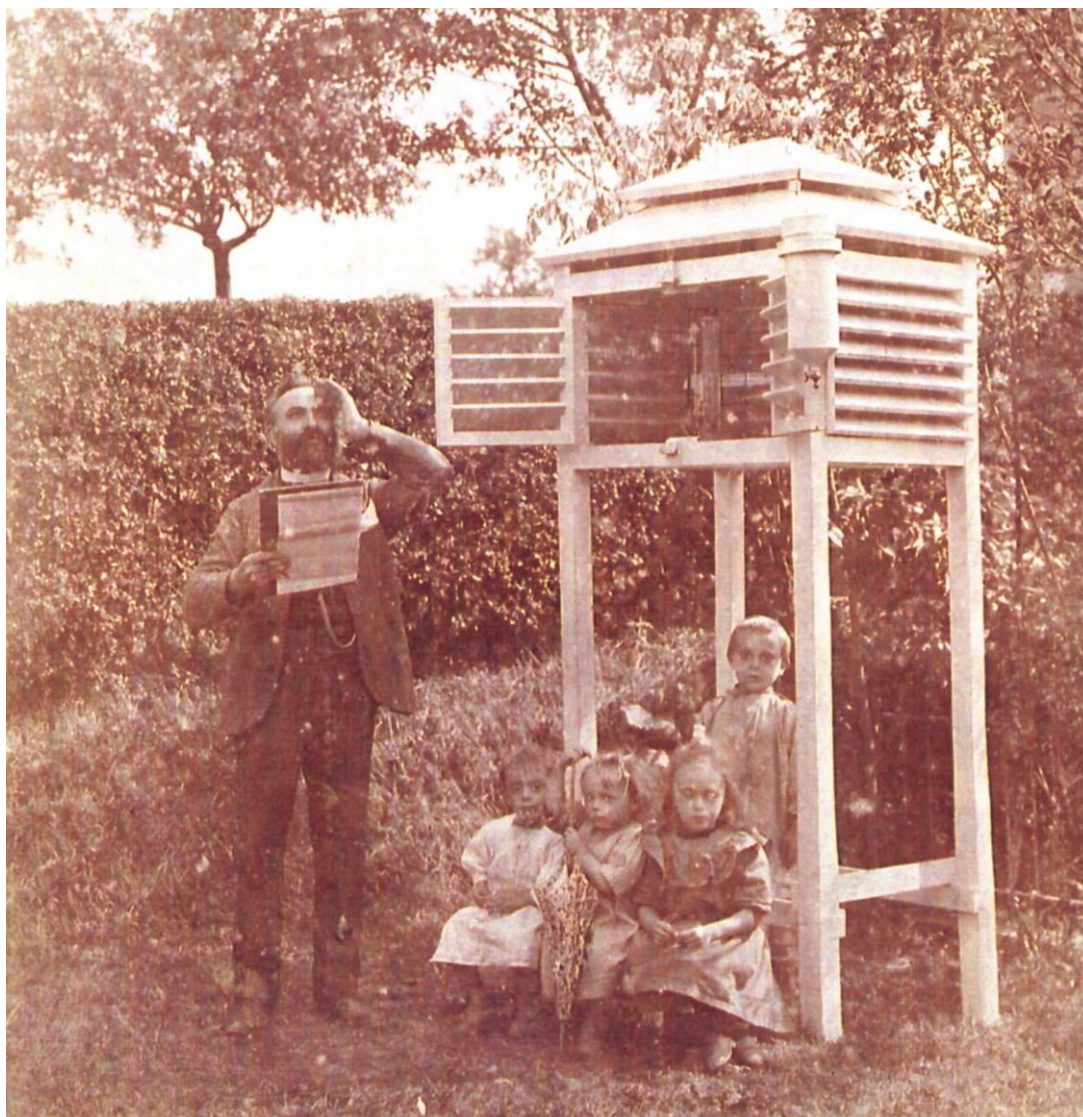


Figure 10. Photographie en 1904 de la famille Lacrosse près de l'abri thermométrique à la station de Thimister. De 1900 à 1988, cette famille a donné plusieurs générations d'observateurs.

Les longues séries avec plusieurs sites mais comportant des recouvrements importants

On retrouve ici des stations qui n'ont pas conservé leur site d'origine, ayant connu au moins un déplacement important (n'excédant toutefois pas quinze kilomètres) et qui sont restées ouvertes suffisamment longtemps que pour permettre un recouvrement avec les observations d'une autre station proche.

Denée-Maredsous

Code climatologique I2

Cette station située dans l'Entre-Sambre-et-Meuse en province de Namur s'est ouverte en décembre 1892 à l'abbaye bénédictine de Maredsous. Les observations s'y sont poursuivies jusqu'en décembre 1981 et n'ont été interrompues qu'à de rares reprises, dont une seule, de durée relativement longue, de mars à novembre 1933. Cette période pourra être complétée par les données du poste météorologique de Doische (code I4), situé plus au sud de la province de Namur. Il a fonctionné de 1930 à 1940.

La station voisine de Mettet (code I51) permettrait de poursuivre cette longue série pour les années 1982-1991 puisqu'elle possède une période de recouvrement qui va de 1969 à 1981. Ensuite, à la fermeture de la station de Mettet en octobre 1991, lui a succédé, à partir du mois de novembre de la même année, la station de Saint-Gérard (code I50), qui est toujours ouverte aujourd'hui. Mettet et

Saint-Gérard ne possédant pas de période de recouvrement, on pourra utilement exploiter les données de la station de Florennes qui a ouvert ses portes en 1947 et qui est toujours en cours. Toutefois, pour cette dernière station, seule les températures observées depuis 1968 peuvent être réellement utilisées.

Sint-Truiden/Gorseme

Code climatologique G7

Les observations à la station de Saint-Trond ont débuté en juillet 1891 au séminaire et s'y sont poursuivies jusqu'en mars 1939. Une nouvelle station s'est ouverte à Gorseme, dans les environs immédiats de Saint-Trond, en 1947; elle fonctionne encore actuellement. Une autre station, relativement proche, située à Ezemael (code G1) et qui a fonctionné d'avril 1913 à fin 1996, permettrait de combler la partie manquante 1939-1947 en offrant de plus une période de recouvrement appréciable. Cette station n'a connu qu'un seul observateur de 1913 à 1959. A partir de mars 1959, les observations furent prolongées sur deux autres sites proches. Il faut cependant signaler que malgré le soin évident apporté au relevé des températures par l'observateur pendant la période 1913-1959, certaines différences considérables, de l'ordre de deux degrés, ont été constatées avec les stations voisines. A ce jour, ce problème n'a pu être éclairci avec certitude. Il semblerait cependant qu'une anomalie au niveau de l'abri puisse peut-être expliquer cette différence.

Les longues séries avec plusieurs sites et des recouvrements plus faibles

Il s'agit ici d'envisager des stations qui ont connu des déplacements plus importants et qui possèdent des périodes de recouvrement plus faibles avec d'autres stations proches.

Jalhay Gileppe

Code climatologique M2, puis MV51 à partir de janvier 1951

La station est située en province de Liège aux abords du barrage de la Gileppe. Elle s'y est maintenue depuis sa création en 1878 jusqu'à sa fermeture en 1996. Toutefois dans l'enceinte même des installations du barrage, d'éventuels petits déplacements ont pu avoir lieu dont l'un qui nous est documenté, datant de novembre 1967. Les observations qui y ont été effectuées sont dans l'ensemble de bonne qualité avec cependant une dégradation dans les dernières années. A noter encore, un certain nombre de mois manquants, couvrant parfois des périodes relativement longues, notamment, mai à août 1940, mai 1944 à mai 1945, ou encore août 1948 à juin 1949.

Il est donc important de pouvoir bénéficier de stations voisines de qualité pour aider au comblement de ces lacunes. Spa ville (code M5) semble répondre à cette exigence, comme elle avait déjà répondu à cette attente dans le cadre de la récupération de certaines données manquantes à Stavelot.

Leopoldsburg/Koersel

Code climatologique EL1

Cette station limbourgeoise est installée en Campine, région caractérisée par un sol sablonneux entraînant d'importants contrastes thermiques : températures minimales basses en hiver, températures maximales élevées en été.

Les relevés des températures ont commencé vers 1880 au camp militaire de Beverloo et se sont poursuivis jusqu'en 1981. Malheureusement, deux longues périodes d'interruption sont à signaler : la première de janvier 1915 à décembre 1918, la seconde d'octobre 1940 à juin 1948. Ces deux périodes manquantes pourront être comblées par les données en provenance de la station de Gerdingen Bree (code EL2), distante cependant de plus de vingt kilomètres et ouverte de 1913 à 1966. Pour continuer cette longue série au delà de 1981, les mesures des températures effectuées par la station de Koersel, qui débute en janvier 1982 et qui est toujours ouverte aujourd'hui, peuvent être utilisées. Le recouvrement de la période charnière 1981-1982 pourra s'effectuer en utilisant les données de la station synoptique de Kleine-Brogel (code EL6), ouverte en 1953 et qui fonctionne encore actuellement.

Etalle/Virton

Code climatologique 01, 02

Ces deux stations situées dans le sud de la province de Luxembourg, bien que distantes d'une douzaine de kilomètres, et ne possédant qu'une période de recouvrement assez faible, semblent néanmoins intéressantes à retenir dans la sélection, étant particulièrement représentatives d'une région typique du pays, la Gaume.

A Etalle, les observations ont débuté en octobre 1891 et s'y sont maintenues jusqu'en mai 1940. En ce qui concerne la station de Virton, bien que des données partielles existent pour le début du 20^{ème} siècle, elles ne deviennent exploitables qu'à partir du milieu des années trente et sont effectuées par le même observateur jusqu'en 1983.

Une autre station, ouverte en novembre 1952 au collège de Virton, a fermé ses portes tout récemment. La station d'Arlon, enfin, qui débute en mai 1949 et qui toujours en cours actuellement autorise une période de recouvrement suffisante autour de 1983.

Anvers

Code climatologique BW1, BW2

Avec Anvers, nous abordons le délicat problème des stations qui, pour rendre possible la création d'une longue série, nécessitent l'emploi de sites multiples, avec parfois des durées d'ouverture réduites et des périodes de recouvrement faibles.

Nous rencontrons une première station se situant à l'école de pyrotechnie d'Anvers qui s'ouvre vers 1880 et s'arrête en juin 1914. Une nouvelle station débute à Antwerpen Haven en juillet 1914 et ferme ses portes en décembre 1966. Outre des observations de qualité parfois douteuses, il faut noter deux interruptions importantes de juillet 1915 à mai 1919 et de décembre 1943 à mai 1945. La première période manquante pourra être comblée par les données de la station de Doel (code BW14), ouverte de mars 1914 à février 1931. La station Antwerpen (code BW2), ouverte de février 1928 à septembre 1950, pourra permettre de combler le trou de la fin de la guerre.

Ensuite, pour l'après-guerre, nous disposons d'une part des données de la station synoptique située à l'aérodrome de Deurne (code BW3), ouverte en 1947, toujours en service et d'autre part de la station d'Oorderen (code BW51), ouverte de 1947 à 1986.

Oostende

Code climatologique A1, A2

Des mesures des températures sont effectuées dans la station côtière depuis 1880 environ mais ne sont exploitables que depuis mars 1899, date à laquelle des observations régulières débutent à l'orphelinat Saint-Vincent. Elles s'y poursuivront jusqu'en 1931. De 1927 à 1940, des relevés des températures sont aussi réalisés à l'aérodrome d'Oostende Steen. Il faudra attendre l'après-guerre pour voir des observations se dérouler à nouveau dans la cité balnéaire, avec la présence d'une station de 1950 à 1982. En outre à partir de 1955, des observations sont également effectuées à l'aérodrome de Middelkerke et s'y poursuivent encore actuellement.

Le principal problème auquel nous sommes retrouvés confrontés ici est l'absence de données pour la période 1940-1950. La seule station disponible pour essayer de combler ce trou est celle de Brugge Saint-Andries (code CS3), distante toutefois d'environ vingt kilomètres, qui débute ses relevés de températures à partir de novembre 1935 et les poursuit jusqu'en 1983.

Saint-Hubert

Code climatologique NP8

Nous souhaitons savoir s'il était possible de créer des longues séries de températures extrêmes pour une autre région intéressante à étudier du point de vue climatologique, à savoir l'Ardenne. Pour ce faire, nous disposons des relevés effectués au couvent des Pères Rédemptoristes de Beauplateau (code NM10), qui s'y sont déroulés de janvier 1890 à juillet 1914 et d'avril 1919 à mars 1925. On peut tenter de poursuivre avec le poste météorologique de Wardin (code NP7), ouvert de janvier 1921 à juin 1944, qui a effectué des observations de bonne qualité durant cette période. Enfin, en octobre

1945⁶, s’ouvrait la station synoptique de Saint-Hubert, à l’emplacement de l’aérodrome et toujours en fonction aujourd’hui.

Malheureusement, il faut constater tout d’abord l’absence de données couvrant la première guerre mondiale, ainsi que la période juin 1944 à octobre 1945, charnière entre Wardin et Saint-Hubert. De plus, les périodes de recouvrement entre les stations sont faibles ou inexistantes et la distance entre les différents sites assez importante, de l’ordre de 30 kilomètres entre Saint-Hubert et Wardin. La piste d’une longue série ardennaise en température semble donc ne pas aboutir.

Pour terminer, nous donnons deux exemples de combinaison potentielle entre des séries de mesures effectuées dans différentes stations. Le premier exemple concerne la reconstruction d’une longue série régionale de référence (cf. figure 11). Les stations de Chimay et de Carlsbourg ont fonctionné de concert entre 1960 et 1984, ce qui pourrait permettre de comparer leur climat thermométrique. Ensuite, éventuellement, la longue série de Chimay pourrait être prolongée en considérant les données de Carlsbourg sur la période 1881-1909, époque à laquelle seule cette station était ouverte.

Le second exemple illustre l’intérêt potentiel de données d’une station suffisamment proche d’une autre station ayant fonctionné sur une très longue période de temps et que l’on voudrait dès lors utiliser comme station utile à la reconstruction d’une série de référence régionale. Si cette station de longue durée présente quelques lacunes, elles pourraient alors peut-être être comblées à l’aide des données d’une station proche, ouverte sur une plus courte période mais disposant de données pour la période où la station principale présente des lacunes (cf. figure 12).

Il faut enfin signaler qu’il existe quelques stations très intéressantes car un seul observateur y a effectué les relevés pendant plusieurs décennies. Si les données sont de bonne qualité, elles peuvent être particulièrement utiles dans les études de comparaison et d’homogénéisation de plus longues séries.

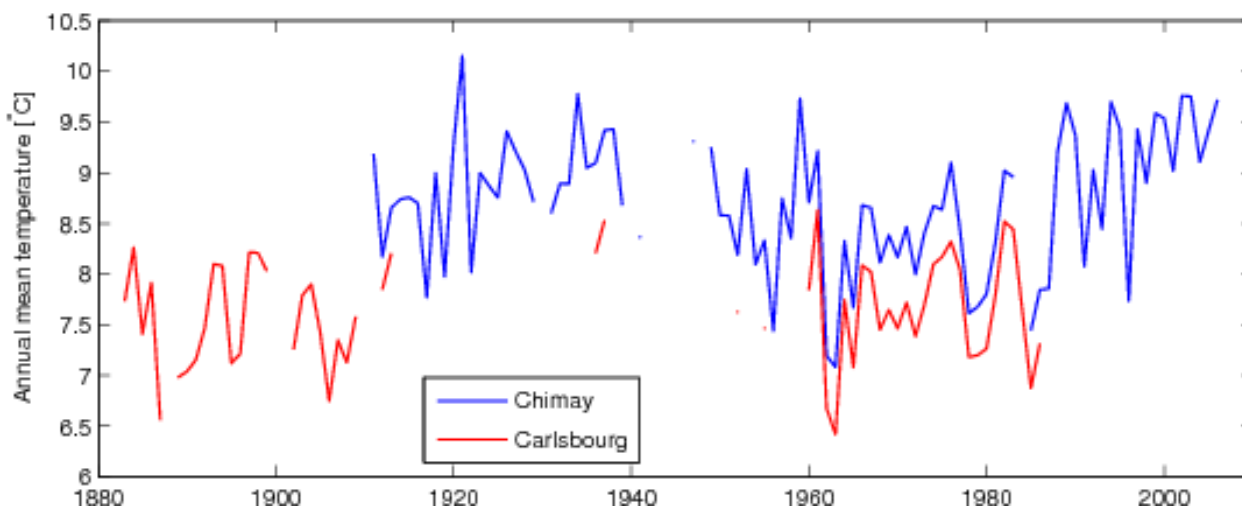


Figure 11. Exemple de combinaison potentielle entre des séries de température annuelle pour des stations proches. Evolution entre 1881 et 2006 de la température moyenne annuelle pour les stations relativement proches de Chimay (en bleu) et de Carlsbourg (en rouge). Les années avec plus de 35 jours sans observation sont considérées comme manquantes dans la figure.

⁶ Saint-Hubert étant une station synoptique, même remarque que pour Florennes (cf. la série de Denée-Maredsous).

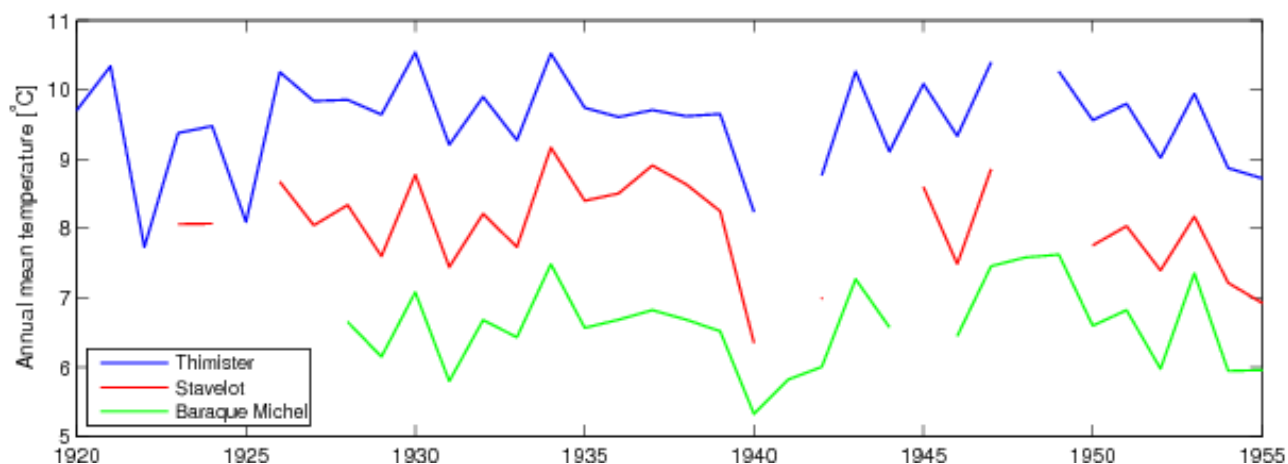


Figure 12. Autre exemple de combinaison potentielle entre des séries de température annuelle pour des stations proches. Evolution entre 1920 et 1955 de la température moyenne annuelle pour les stations de Thimister (en bleu), de Stavelot (en rouge) et de la Baraque Michel (en vert). Les années avec plus de 35 jours sans observation sont considérées comme manquantes dans la figure.

4.1.2 Les longues séries de précipitations journalières

La connaissance de la quantité d’eau recueillie dans une région déterminée peut s’avérer d’une grande utilité dans bon nombre de domaines, que ce soit la maîtrise des risques d’inondations, la gestion des ressources en eau potable et la prévention des sécheresses ou encore l’aménagement de voies navigables et l’édification d’ouvrages d’art tels les barrages. Autant de secteurs pour lesquels une vision à long terme s’impose et où il est indispensable de pouvoir bénéficier de données pour une période aussi étendue que possible, d’où l’utilité évidente d’une étude des longues séries.

La sélection de longues séries en précipitation semblait devoir poser moins de problèmes que dans le cas des températures. En effet, tout au long de son histoire, le réseau climatologique a pu s’appuyer sur un ensemble de stations relevant les pluies sensiblement plus élevé que celui des stations relevant à la fois les précipitations et les températures. Il a pu en outre bénéficier de l’apport, dès la fin du 19^{ème} siècle, de nombreux postes pluviométriques dépendant de l’Administration des Ponts et Chaussées qui ont permis de contribuer à une meilleure connaissance de la distribution des précipitations sur le territoire belge. Ces dernières stations ont d’ailleurs été progressivement intégrées au réseau climatologique de l’IRM après la première guerre mondiale. De plus comme nous l’avons signalé plus haut, à la différence des températures, un certain nombre de longues séries en précipitations ont déjà été étudiées de manière détaillée par l’ex-section d’Hydrologie de l’IRM.

Toutefois, en ce qui concerne les instruments de mesure utilisés, une mise en garde s’impose. Les pluviomètres permettant de mesurer la quantité d’eau recueillie ont considérablement varié au cours du temps. Comme cela a été signalé précédemment, de notables différences existent par exemple, au début du 20^{ème} siècle, entre les pluviomètres en fonction dans les stations du sous-réseau géré directement par l’Observatoire (puis par l’IRM) et ceux, plus grands, utilisés dans le sous-réseau des Ponts et Chaussées. Il faudra attendre 1921 pour voir installer progressivement dans l’ensemble du réseau pluviométrique le type général de pluviomètre encore utilisé de nos jours.

Les longues séries de précipitations déjà encodées par l’ex-section d’Hydrologie

Ces séries couvrent pour la plupart tout le 20^{ème} siècle et leur construction a déjà été brièvement décrite dans Dupriez et Demarée (1988). Nous les rappelons donc simplement ici, en omettant Uccle:

Brugge

Code climatologique CS3

Ath/Lanquesaint

Code climatologique D52

Leopoldsbuurg/Koersel

Code climatologique EL1

Gembloux

Code climatologique FS2, FS0

Denée-Maredsous

Code climatologique I2

Rochefort

Code climatologique KV1

Thimister

Code climatologique L1

Stavelot

Code climatologique M7

Hives

Code climatologique NN1

Les Forges Chimay

Code climatologique NP1

Chiny

Code climatologique NV1

La figure 13 fournit un exemple parmi les plus longues séries pluviométriques disponibles actuellement entre 1881 et 2006. Dans cette figure, il faut signaler que les cumuls annuels ont été obtenus à partir de données journalières dont l’étude d’homogénéité n’a pas encore été réalisée (sauf dans le cas d’Uccle). Comme pour les températures, la comparaison de l’évolution temporelle des séries est donc délicate à ce stade.

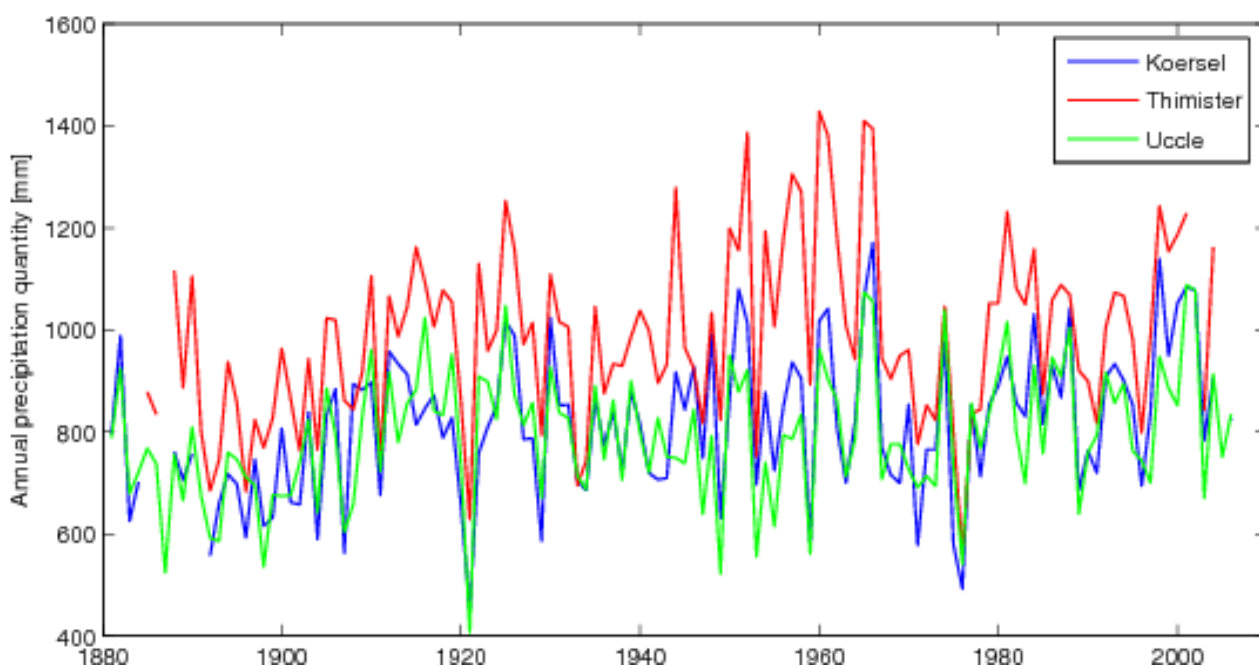


Figure 13. Evolution entre 1881 et 2006 de la quantité annuelle de précipitations (en mm) pour les stations de Thimister (en rouge), de Koersel (en bleu) et d’Uccle (en vert). Les années avec plus de 5 jours sans observation sont considérées comme manquantes dans la figure.

Autres longues séries de précipitations potentiellement intéressantes

Il est maintenant possible de compléter cette dizaine de longues séries et d'étoffer ainsi la couverture régionale. Les archives disponibles et l'analyse des métadonnées de l'ensemble des stations autorisent à envisager encore la création de quelques longues séries supplémentaires. Dans la suite, nous considérerons à la fois les stations propres à l'Observatoire (puis à l'IRM à partir de 1913), dont les données ont été encodées à l'occasion du présent projet, et les stations du réseau des Ponts et Chaussées (dont les données sont disponibles dans les archives de l'IRM mais non encore encodées).

Dans une première catégorie, nous regroupons les séries qui ont déjà fait l'objet d'une analyse pour les températures et qui sont également susceptibles d'être utilisées à l'échelle régionale pour les précipitations. Comme les informations relatives à ces séries ont déjà été données plus haut, nous nous bornerons ici à rappeler le nom des séries concernées :

Anvers

Code climatologique BW1, BW2

Sint-Truiden/Gorseme

Code climatologique G7

Jalhay Gileppe

Code climatologique M2, MV51

Etalle/Virton

Code climatologique O1, O2

Saint-Hubert

Code climatologique NP8

Considérant précédemment les séries de températures, en ce qui concerne la création de longues séries ardennaises, nous avons dû constater que nous ne disposons pas de stations couvrant la période du premier conflit mondial. En ce qui concerne les précipitations par contre, nous pourrions combler ce trou en utilisant les observations de la station de Lavacherie (code NP17), ouverte de 1913 à 1926. Il serait aussi possible de tirer profit des relevés du poste pluviométrique de Bastogne, dépendant des Ponts et Chaussées, ouvert de 1880 environ à 1950, avec ici aussi une interruption de 1914 à 1929.

Dans une seconde catégorie, nous mentionnons ci-après les stations pluviométriques dont on peut raisonnablement espérer pouvoir exploiter les données sur une centaine d'années et qui n'ont pas été reprises dans le cadre des longues séries consacrées aux températures.

Heist aan Zee

Code climatologique A4, A55

Une station du réseau des Ponts et Chaussées dans la cité côtière a fonctionné de 1880 environ jusqu'en 1930. Parallèlement, une autre station démarre dans la même localité en janvier 1913. En juin 1956, la station est transférée à Zeebrugge où elle connaîtra encore un petit déplacement après 1976.

Klemskerke De Haan

Code climatologique A3

Un poste pluviométrique appartenant aux Ponts et Chaussées fonctionne à Klemskerke de 1890 environ jusqu'en 1914. Cependant dès janvier 1913 s'ouvre dans la même localité une nouvelle station pluviométrique qui restera en fonction jusqu'en décembre 1974, avec toutefois une interruption importante de novembre 1963 à novembre 1966.

Cette période manquante pourrait être complétée par les données de la station de Middelkerke (code A2), qui autorise de plus la poursuite de la série jusqu'à aujourd'hui.

Pâturages

Code climatologique H3

Les relevés de cette station hennuyère débutent en décembre 1895. Un observateur y effectue des relevés de bonne qualité jusqu’en septembre 1930. Les observations reprennent dans la même localité, à l’Institut Saint-Michel, dès le mois de décembre 1930 et se terminent en octobre 1977. Pour poursuivre cette série au delà de 1977, on peut utiliser la station de Cuesmes (code A4) qui subit toutefois un léger déplacement à Wasmuel en octobre 1972. Cette dernière station a été fermée récemment.

Mont sur Marchienne

Code climatologique HV1

Bien que des données fragmentaires existent depuis 1887 pour cette station située dans la province de Hainaut, des relevés réguliers et de bonne qualité ne sont effectués qu’à partir de novembre 1896, et cela jusqu’en 1941. Une nouvelle station ouvre à nouveau dans la même localité dès le mois de septembre 1942. Elle a fermé définitivement ses portes en décembre 1952. Parallèlement, non loin de là, un poste pluviométrique a fonctionné à Charleroi (code HV3) de 1900 environ à 1941. A partir de décembre 1937 débute la station d’Anderlues (code H14) qui fonctionne encore actuellement. Enfin, depuis 1970, on dispose également des données de la station synoptique située à l’aérodrome de Gosselies (code H0), toujours en activité.

Spontin

Code climatologique K3

Ce poste pluviométrique situé dans la province de Namur a été ouvert en février 1900. A l’exception d’une interruption relativement importante d’août 1983 à juillet 1987, il a toujours été en service. Le comblement des données manquantes et le recouvrement des séries sont possibles du fait de la présence d’une station dans la localité voisine de Crupet (code K4), ouverte de 1919 à 1937 et d’août 1956 à aujourd’hui.

Baraque Michel

Code climatologique M1

Cette station située en province de Liège sur le plateau des Hautes Fagnes, région la plus élevée du pays, est localisée dans un environnement particulièrement remarquable d’un point de vue climatologique, en particulier par l’abondance des précipitations qui s’y produisent en moyenne.

Les premières mesures des précipitations débutent dans la station fagnarde vers 1880. Celle-ci dispose d’emblée de deux postes pluviométriques, l’un dépendant du réseau climatologique de l’Observatoire, l’autre relevant du réseau des Ponts et Chaussées. Le premier effectuera des observations jusqu’en 1975, interrompues cependant à plusieurs reprises. On notera une première période assez longue sans relevés de 1906 à 1910, puis une deuxième de 1916 à 1919. Enfin, de 1926 à 1937, les archives n’ont conservé que de manière très incomplète les données relatives à la station alors que curieusement, celles-ci ont, dès 1928, été publiées dans le bulletin climatologique mensuel de l’IRM. Quand à la station des Ponts et Chaussées, elle a fonctionné jusqu’en 1950, subissant malheureusement une importante interruption de 1914 à 1929.

Une partie des données manquantes pour la première moitié du siècle pourrait être comblée par la station de Drossart (code M4), distante d’environ quatre kilomètres, ouverte d’avril 1910 à avril 1940. Pour continuer cette série après 1975, nous disposons des relevés effectués à la station synoptique du signal de Botrange (code M3), située au point culminant de la Belgique. Ce poste météorologique a été ouvert d’août 1951 à décembre 1984. D’autre part, nous pourrions aussi tirer profit des observations de la station de Mont Rigi (distante d’à peine un kilomètre de la Baraque Michel), réalisées de 1975 à 1984 et de 1989 à décembre 1998. Signalons encore que des relevés ont repris dans cette station en janvier 2000. L’année sans données pourrait être comblée grâce aux observations de la station de Hockai (code M 57).

On trouvera une description plus complète de l’historique des observations climatologiques dans la région des Hautes Fagnes dans Mormal et Tricot (2004).

Spa

Code climatologique M5

Bien que quelques observations aient été réalisées dans cette station de la province de Liège dès les années 1880, elles ne deviennent régulières qu’à partir de mai 1890, à l’école communale, où elles sont interrompues en mai 1935. Des observations reprennent en juin 1936 dans la même localité, mais sur un autre site, jusqu’en 1980. Un même observateur effectuera les relevés pendant près de 44 ans... Par la suite, la cité spadoise abritera encore brièvement quelques postes pluviométriques, mais qui auront une durée de vie trop brève que pour pouvoir envisager l’exploitation de leurs données.

Cependant, depuis 1950, des observations sont effectuées par le poste météorologique de l’aérodrome de Spa-Malchamps (code M6), situé sur les hauteurs de la cité thermale à quatre kilomètres de celle-ci environ. Il devrait donc être possible de continuer la longue série de 1980 jusqu’à nos jours. Le problème de l’absence de données pour la période 1988-1990 semble pouvoir être contourné par l’utilisation des relevés pluviométriques de la station voisine de La Reid (code M59), ouverte de 1929 à 1992.

Hockai

Code climatologique M57

La station, voisine du plateau des Hautes Fagnes, a été ouverte vers 1880 et est toujours en service actuellement. Dépendant dès ses débuts de l’administration des Ponts et Chaussées et localisée pendant de nombreuses années à la gare, elle a connu une interruption importante de 1914 à 1929. Une autre station abritée dans la même localité (code M23) a entamé des relevés à partir de janvier 1903 et les a poursuivis jusqu’en 1950. Il faut cependant constater que la qualité des données de cette dernière station est parfois douteuse. Les observations manquantes pourront être complétées par la station de Drossart (code M4), ouverte d’avril 1910 à avril 1940, ainsi que par la station d’Hestieux (code M3), ouverte de décembre 1891 à juillet 1939 et d’août 1951 à aujourd’hui.

Erezée

Code climatologique NN53

Située dans le nord de la province de Luxembourg et relevant des « Ponts et Chaussées », la station débute ses relevés vers 1882 environ et s’interrompt en juin 1914. Après son redémarrage en juin 1929, elle sera en fonctionnement jusqu’il y a peu. Toutefois, cette station, située à l’origine à la gare, a subi plusieurs déplacements dont le premier qui est documenté se situe en mai 1962. En mai 1971, la station subit un nouveau déplacement, puis à partir d’avril 1973, elle s’installe à son dernier emplacement.

Plusieurs autres postes pluviométriques ont également réalisé des relevés dans la localité, tous regroupés sous le code climatologique NN3. Une station a notamment fonctionné entre 1909 et 1927. La localité luxembourgeoise a ensuite abrité une station de 1937 à septembre 1968, située à l’école communale. Après une brève interruption, le même observateur a poursuivi les observations de février 1969 à décembre 1980 dans le village d’Amonines, distant d’environ trois kilomètres. De 1985 jusqu’à récemment, des observations avaient repris au hameau de Sadzot, situé à deux kilomètres d’Erezée.

Pour le recouvrement de certaines périodes charnières, on pourrait également utiliser les données de la station de Hives (La Roche, code NN1), ouverte depuis 1909 et toujours en activité aujourd’hui.

Longlier

Code climatologique NP52

Dépendant des « Ponts et Chaussées », cette station située en province de Luxembourg a entamé des relevés pluviométriques vers 1890. A l’instar de beaucoup d’autres stations, elle a connu une interruption de 1914 à 1929. Depuis sa réouverture à cette dernière date, elle a poursuivi des observations régulières qui se sont maintenues jusqu’à l’heure actuelle. Signalons encore que la station a connu un déménagement en janvier 1984.

L’importante période manquante de 1914 à 1929 pourrait être comblée par les relevés du poste pluviométrique de Witry, en fonction depuis mai 1911 et toujours ouvert actuellement.

4.2 Données d’ozone

La préservation des données d’ozone est assurée sur un serveur sécurisé de l’IAS. Elles sont aussi accessibles librement via le lien suivant : <http://ozonehistory.aeronomie.be/history.htm>.

Les données sont présentes en même temps que des pages de contexte et d’introduction. Ce site reproduit aussi les notes des observateurs originaux, en néerlandais pour les données brutes, en néerlandais et anglais pour les données récapitulatives transmises au World Ozone data Centre à Toronto. Les abréviations et le format des données et notes sont en conformité parfaite avec les procédures définies à l’occasion de l’Année Géophysique Internationale (Dobson, G.M.B., Observers' handbook for the ozone spectrophotometer, Ann. Int. Geophys. Yr., 5, part 1, 46-114, 1957). Elles sont donc accessibles à tout scientifique intéressé à la réinterprétation des données de l’instrument moyennant l’effort intellectuel de reconstitution des opérations de l’instrument à des époques où tous les instruments Dobson seront remplacés par les spectromètres de type « Brewer » utilisés depuis environ 1980.

L’interprétation des données retrouvées avait fait l’objet de communications dans le cadre du symposium quadriennal de l’ozone de 1992 et des conférences correspondant au centenaire de l’expédition de la Belgica en 1998.

La figure 14 donne les quantités journalières moyennes d’ozone au-dessus de la base Roi Baudouin entre septembre et décembre 1965 et 1966, recalculées à partir des données encodées à l’occasion du présent projet. Quant à elle, la figure 15 compare les données mensuelles d’ozone au-dessus de la « Base Roi Baudouin » en octobre 65 et en octobre 66 avec les données mensuelles relevées aux mêmes moments aux stations Antarctique de Halley Bay et de Syowa series.

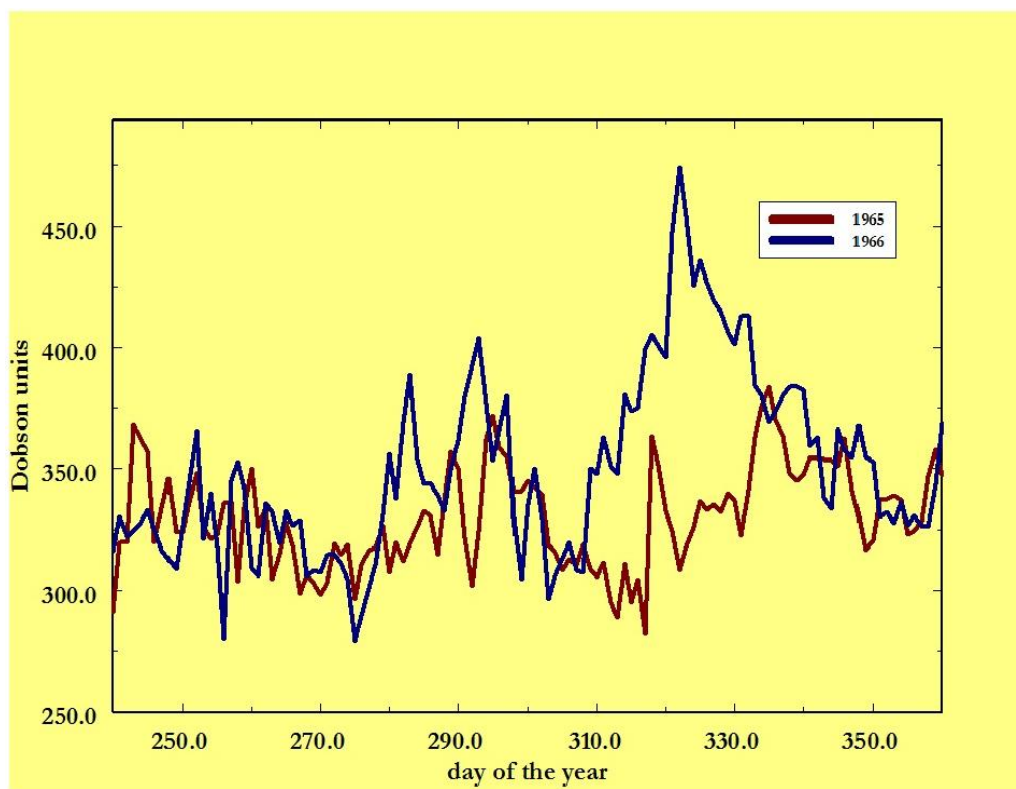


Figure 14. Moyennes journalières des colonnes d’ozone (en unités Dobson) au-dessus de la base Roi Baudouin en 1965 et 1966, sur la période septembre-décembre. Le maximum de l’ozone de novembre 1966 correspond à la dissipation d’un vortex antarctique particulièrement fort conduisant à une stratosphère très froide. Si les réactifs chimiques actuels avaient été présents, 1966 aurait été une année où le trou d’ozone aurait été important.

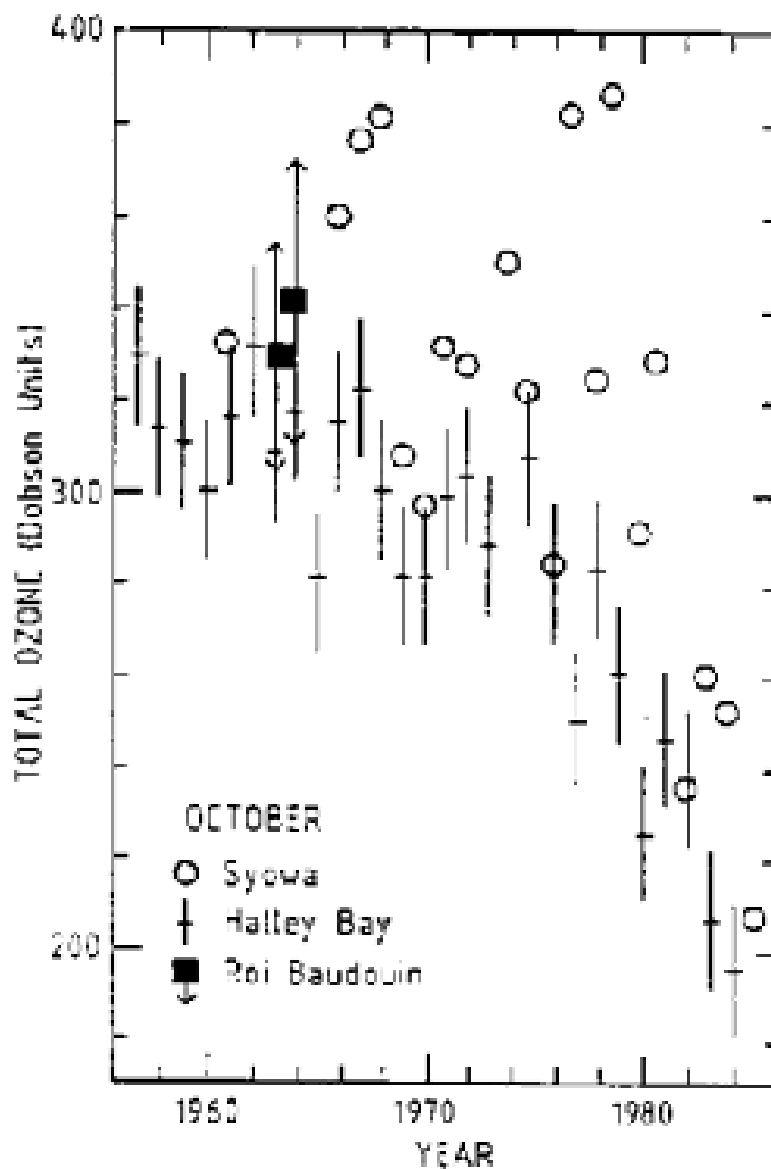


Figure 15. Comparaison des données mensuelles d’ozone en octobre 65 et octobre 66 de la « Base Roi Baudouin » avec les données de Halley Bay et de Syowa series. Ces deux groupes d’observateurs revendiquent la découverte du trou d’ozone Antarctique, la publication japonaise antérieure n’étant pas reconnue par les auteurs Britanniques.

La présente digitalisation a été présentée dans le cadre de la conférence PV-2011 (Standards for Archives and Interoperability enabling new added value services) organisée par le CNES (Centre National d’Etudes Spatiales) à Toulouse dans le cadre d’un projet général sur la gestion de données Antarctique.

5. BILAN ET PERSPECTIVES

Pour l’IRM, ce projet a été l’occasion d’acquérir une expérience, très limitée jusqu’alors, dans la numérisation de données d’archives. Malgré les difficultés décrites plus loin, le projet de numérisation des données climatologiques anciennes a tout d’abord permis d’acquérir une connaissance approfondie de l’évolution du réseau climatologique belge depuis la fin du 19^{ème} siècle. La première partie du projet a consisté à répertorier et caractériser toutes les stations ayant existé dans le réseau climatologique depuis la réorganisation du réseau climatologique au début des années 1880. Le travail nécessaire à l’accomplissement de cette tâche a pris une ampleur insoupçonnée de prime abord. Cependant pour la suite du projet, il était essentiel de mener à bien ce travail délicat. On dispose maintenant d’un nouveau fichier de métadonnées pour l’ensemble des stations du réseau climatologique depuis 1881.

Le travail d’encodage proprement dit a été effectué sur la période 1881-1949 pour toutes les stations thermométriques et une liste de stations pluviométriques jugées prioritaires. Cependant, un important travail d’encodage reste encore à faire si l’on souhaite informatiser l’ensemble de toutes les données pluviométriques disponibles sous forme manuscrite dans les archives de l’IRM (cela concerne en particulier les données du sous-réseau pluviométrique des Ponts et Chaussées à la fin du 19^{ème} siècle et au début du 20^{ème} siècle). Il est à espérer que ce travail pourra être accompli dans les années futures grâce à l’intérêt manifesté actuellement à l’échelle nationale et internationale pour la sauvegarde du patrimoine scientifique des institutions scientifiques fédérales ou nationales, ainsi que pour la mise à disposition électronique à la communauté scientifique et au public des archives de ces institutions.

Il faut cependant souligner que, s’il incombe à l’IRM de conserver l’intégralité des archives composées par les dizaines de milliers de fiches d’observations complétées depuis la fin du 19^{ème} siècle, il n’en demeure pas moins, qu’au-delà d’un intérêt purement historique, il est apparu qu’un certain nombre de stations figurant dans le fichier historique ne présentait toutefois pas les qualités requises pour devoir faire l’objet d’un encodage. Les raisons en sont multiples : données manifestement de mauvaise qualité, trop imprécises, incomplètes, irrégulières ou encore observations de trop courte durée.

À cet égard, il faut se rappeler l’impact désastreux causé par les deux conflits mondiaux qui ont à chaque fois perturbé gravement le développement du réseau climatologique belge. En particulier, la guerre de 1914-1918 a provoqué brutalement la fermeture des trois quarts des postes météorologiques du royaume. Un fait d’autant plus regrettable que depuis 1911, date à laquelle un appel aux observateurs avait été lancé dans la presse nationale, le réseau n’avait cessé de croître pour connaître son apogée précisément au début de l’année 1914. À cette date, environ 400 stations quadrillaient le pays, chiffre le plus élevé de toute l’histoire du réseau climatologique. Mais bon nombre d’entre elles qui venaient d’entamer des relevés, parfois depuis quelques mois seulement, furent contraintes de les interrompre dès le début des hostilités en août 1914 n’ayant eu le temps de transmettre à l’IRM qu’un nombre très limité de bulletins d’observations. Que l’on pense par exemple à la station de Meldert (Hoegaarden) où l’observateur n’a pu envoyer à l’IRM que le seul bulletin d’observations de juin 1914 avant la fermeture définitive de la station pour les raisons que l’on devine...

Aussi, concernant plus particulièrement toutes ces stations n’ayant connu qu’une durée de fonctionnement éphémère, l’encodage ne semble pas devoir se justifier, dans un premier temps en tout cas. Une période d’ouverture d’au moins quelques années semble le minimum requis pour qu’une station fasse dès que possible l’objet d’un transfert de données sur support informatique.

Néanmoins, les données déjà sauvegardées sous forme électronique à l’occasion du présent projet permettent dès maintenant d’envisager l’étude scientifique des changements climatiques régionaux dans notre pays depuis la fin du 19^{ème} siècle. En vue de cet objectif, il restera tout d’abord à poursuivre l’indispensable travail de contrôle de qualité des données antérieures à 1950, qui n’a pu être qu’esquivé jusqu’ici. À ce sujet, insistons sur le fait que les données les plus anciennes proviennent d’appareils de mesure qui ne furent pas toujours « homogènes », aussi bien en températures qu’en

précipitations. Ce qui explique que de nombreuses valeurs réellement observées et inscrites telles quelles par les observateurs les plus consciencieux ne sont pas toujours nécessairement ou totalement fiables.

Ainsi, pour l’observation des températures durant la première moitié du 20^{ème} siècle, plusieurs types d’abris thermométriques furent en fonction au même moment dans le pays. Parfois sur un même site d’observations se sont succédé plusieurs sortes d’abris. Lorsque l’on sait que la différence de température observée suivant le type d’abri utilisé peut atteindre quelques degrés dans certaines situations météorologiques, on comprendra la prudence avec laquelle il faudra traiter et comparer ces valeurs. Dans ce cadre, la possibilité d’homogénéiser les séries temporelles est rendue difficile du fait de la méconnaissance du type d’abri utilisé précisément à tel ou tel moment. Un problème identique se pose aussi pour la mesure des précipitations du fait de l’emploi de plusieurs modèles de pluviomètres au cours du temps.

Néanmoins, l’encodage des données journalières qui a été réalisé dans le présent projet pour un nombre déjà important de stations (de qualité acceptable) devrait permettre de progresser vers l’étude des climats régionaux. Le volume de données disponibles permettra dans un premier temps de détecter les valeurs douteuses ou aberrantes dans les séries numérisées. Ensuite, l’analyse comparative des données des stations proches pourrait permettre de détecter les hétérogénéités dans les séries et ensuite de finaliser la reconstruction de plusieurs longues séries régionales homogènes de référence (complémentaires à celles de la station d’Uccle). In fine, la comparaison de ces séries de référence permettra l’étude comparative de l’évolution des climats régionaux.

En ce qui concerne l’ozone, la recherche belge sur l’ozone Antarctique après 1967 a continué par des moyens satellitaires et notamment depuis 2002 par l’instrument trinational (De, NI, Be) SCIAMACHY sur le satellite de l’ESA ENVISAT. Cet ensemble de données spatiales est archivé et distribué par le Centre des observations de la Terre de l’ESA situé à l’ESRIN (Frascati) et en ce qui concerne les satellites METOP par EUMETSAT. La recherche au sol a repris avec l’ouverture de la station Princesse Elisabeth en 2009, l’instrument de mesure d’ozone y est un spectromètre « Brewer » commun au KNMI et à l’IRM et déployé avec d’autres instruments météorologiques de l’IAS et de la K.U.Leuven. Ces données sont digitales à l’origine et la politique scientifique fédérale envisage le développement de téléopérations et d’une archive centralisée dans un proche avenir. Ce projet pourrait être étendu aux archives historiques et développer l’étude dans une perspective climatologique à long terme.

6. REFERENCES

- André, P., Mabilie, G. et Ericum, M., 1991. Comparaison des températures mesurées en Belgique dans un site urbain (Uccle) et un site rural (Thimister). *Proceedings de l’Association Internationale de Climatologie*, 4, 37-42.
- André, P., 1991. Uccle et Thimister. Evolution comparative des températures mesurées dans un site rural et dans un site urbain. Université de Liège, Mémoire de fin d’études en Sciences géographiques, 138 p.
- Demarée, G. R., Lachaert, P.-J., Verhoeve, T. and Thoen, E., 2002. The Long-Term Daily Central Belgium Temperature (CBT) Series (1767-1998) and Early Instrumental Meteorological Observations in Belgium. *Climatic Change*, 53, 269-293.
- Dupriez, G. L. et Demarée, G. R., 1988. Totaux pluviométriques sur des périodes continues de 1 à 30 jours. I. Analyse de 11 séries pluviométriques de plus de 80 ans. Institut royal météorologique de Belgique, Miscellanea Série A., N° 8, Bruxelles, 53 p.
- Hamdi, R., Deckmyn, A., Termonia, P., Demarée, G. R., Baguis, P., Vanhuysse, S. and Wolff, E., 2009. Effects of historical urbanization in the Brussels Capital Region on surface air temperature time series : a model study. *J. Appl. Meteor. and Clim.*, 48, 2181-2196.
- Hamdi, R. and Van de Vyver, H., 2011. Estimating urban heat island effects on near-surface temperature records of Uccle (Brussels, Belgium) : an observational and modeling study. *Advances in Science and Research*, 6, 27-34.
- Kelder, H. and Muller, C., 1994. Reinterpretation of ozone data from « Base Roi Baudouin » In « Ozone in the Troposphere and Stratosphere », *NASA Conference publication 3266*, Goddard Space Flight Center, 557-561.
- Mormal, P. et Tricot, Ch., 2004. Aperçu climatique des Hautes-Fagnes. Institut royal météorologique de Belgique, Publication scientifique et technique n°36, 26 p.
- Muller, C. et Kelder, H., 1999. L’ozone antarctique: les observations de la base « Roi Baudouin » en 1965-1967. *Ciel et Terre*, 115, 146-151.
- Muller, C. and Kelder, H., 2001. Antarctic ozone observations from « Base Roi Baudouin »: 1965-1967, in: Declerq, H. et al. (Ed.). *The Belgica Expedition Centennial: perspectives on Antarctic science and history: Proceedings of the Belgica Centennial Symposium*, 14-16 May 1998, Brussels, 223-228, 2001.
- Muller, C. and Moreau, D., 2012. The status and evolution of Antarctic archives, PV-2011, Ensuring long-term data preservation and adding value to scientific and technical data, Toulouse, France, November 16-17, 2011, Proceedings to be published in 2012.
- OMM, 2011. Connaître le climat pour agir : un cadre mondial pour les services climatologiques afin de renforcer la position des plus vulnérables. Rapport de l’équipe spéciale de haut niveau, *Publication OMM N° 1065*, 261 p.
- Poncelet, L., 1947. Sur l’étude du climat en Belgique. *Ciel et Terre*, 63, 1-22.
- Poncelet, L. en Martin, H., 1947. Hoofdtrekken van het Belgisch Klimaat. Koninklijk Meteorologisch Instituut van België, *Verhandelingen*, dl. 26, Brussel, 265 p.

Poncelet, L. et Martin, H., 1947. Esquisses climatographiques de la Belgique. Institut royal météorologique de Belgique, Mémoires, 27, 265 p.

Sneyers, R., 1956. Sur quelques propriétés statistiques de la température de l'air en Belgique. Institut royal météorologique de Belgique, Pub. Série A, 4, 62 p.

Sneyers, R., 1964. La statistique des précipitations à Bruxelles-Uccle. Institut royal météorologique de Belgique, Contributions, 94, Bruxelles, 22 p.

Sneyers, R., 1981. Les séries climatologiques de Bruxelles-Uccle. La température de l'air. Institut royal météorologique de Belgique, Pub. Série B, 110, Bruxelles, 39 p.

Sneyers, R., Vandiepenbeeck, M., Vanlierde, R. and Demarée, G.R., 1990. Climatic changes in Belgium as appearing from the homogenized series of observations made in Brussels-Uccle (1833-1988). Institut royal météorologique de Belgique, Pub. Série A, 124, 17-20.

Tricot, Ch., Debontridder, L., Delcloo, A. et Vandiepenbeeck, M., 2008. L'évolution du climat en Belgique. In : *Vigilance climatique*, Publication IRM, 6-24.

Tricot, Ch., Debontridder, L., Delcloo, A. en Vandiepenbeeck, M., 2008. De evolutie van het klimaat in België. *Oog voor het klimaat*, Publicatie KMI, 6-24.

Van de Vyver, H., 2012. Evolution of extreme temperatures in Belgium since the 1950s. *Theor. Appl. Climatol.*, accepted for publication.