

LE CLIMAT DU DERNIER MILLÉNAIRE EN EUROPE

A.F.V. van Engelen
Institut Royal Météorologique Néerlandais (KNMI)
CP 201, 3730 AE De Bilt, Pays-Bas

1. Introduction

A la fin des années 80 et au début des années quatre-vingt-dix, nos théories sur la relative stabilité du climat et les limites dans lesquelles les phénomènes extrêmes évoluent ont quelque peu été remises en doute. Nombreux étaient ceux à penser qu'en dépit de toutes les variations climatiques, le 'comportement moyen' sur une longue période - le climat - évoluait dans des limites relativement étroites et pouvait être détaillé avec une certaine précision. Convaincus de l'incidence des conditions climatiques extrêmes sur notre société à un moment ou sur une période déterminés (la canicule de 2003 et les nombreuses victimes qu'elle fit en France et dans d'autres pays en est un exemple), force est de constater la prise de conscience générale du fait que les conséquences des perturbations de l'équilibre climatologique à long terme risquent de s'avérer bien plus catastrophiques.

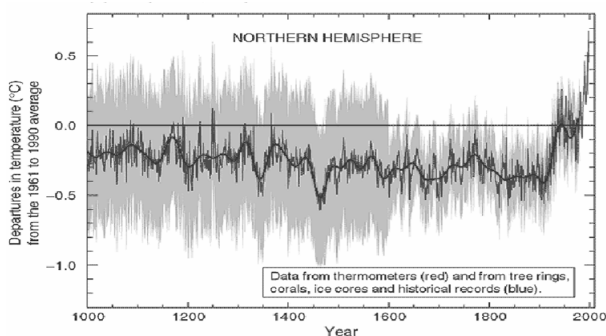
Une meilleure compréhension dans les conséquences d'un effet de serre renforcé, souvenez-vous que l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) a été fondé en 1988 en tant qu'initiative commune du PNUE (Programme des Nations Unies pur l'Environnement) et de l'OMM (Organisation Météorologique Mondiale), a renforcé cette prise de conscience.

Deux questions cruciales se posent au climatologue: où se trouvent les limites du climat actuel, vont-elles évoluer et, si oui, dans quelle mesure?

Avant de pouvoir répondre à ces questions, il convient de se faire une image claire de notre climat actuel. L'analyse des informations climatiques sur une période aussi étendue que possible permet de mieux déterminer les limites du climat, leurs évolutions et leur incidence dans le domaine socio-économique et démographique, par exemple.

La nécessité de procéder à une reconstitution climatique longue est clairement illustrée par le graphique figurant dans le troisième et dernier rapport d'estimation de l'IPCC¹ montrant la courbe des températures tout au long du dernier millénaire (parfois désignée 'crosse de hockey' du fait de l'augmentation indubitable de la température à la fin du siècle dernier).

Fig. 1. La crosse de hockey (IPCC, 3AR)



Le rapport instrumental, portant généralement sur une période de 100 à 150 ans, est bien trop réduit pour permettre des estimations fiables sur une longue durée. Les fichiers de données paléo permettent d'obtenir une meilleure connaissance empirique fiable des variations climatiques à long terme issues de l'observation d'archives naturelles sous forme d'indicateurs 'proxy' (par approche) - tels que les cernes de croissance annuelle des arbres ou les relevés sur la fonte des glaces - dans lesquels les évolutions des conditions climatiques contemporaines sont fixées et donc reconstituables.

Les données documentaires sont un complément important à ces archives naturelles. Elles ont pour avantage d'apporter des informations sur les conditions climatiques au cours de l'année, tandis que les indicateurs naturels se limitent typiquement à la période chaude de l'année (Jones² et al., 1998).

2. Climat et histoire; un exemple

Nous avons hérité du passé des descriptions météorologiques souvent extrêmement détaillées ; ceci s'explique par le fait que la société d'alors dépendait peut-être bien plus des conditions météorologiques que celle d'aujourd'hui et effectuait donc des relevés comparativement plus détaillés.

J'en veux pour illustration historique les événements de l'année 1672 appelée aux Pays-Bas 'année des catastrophes'. La guerre fut déclarée aux Pays-Bas par quatre fois : première déclaration de guerre lancée par l'Angleterre le 7 avril, suivie immédiatement par la France le 10 avril, et un peu plus tard par Münster et Cologne. La plus puissante armée d'Europe commandée par Louis XIV, Roi de France - forte de 120 000 soldats, 25 000 chevaux et 1000 canons - s'avèrera la plus dangereuse pour les riches provinces des Pays-Bas. Attaquées par l'Ouest, l'Est et le Sud la population est désespérée, l'État impuissant et le pays semble perdu.

Suite à un printemps particulièrement sec, le niveau des eaux des rivières, lacs et régions marécageuses était particulièrement bas et permettait une progression rapide de l'armée ennemie. Heureusement, l'été a connu de fortes précipitations et une importante dégradation météorologique. Une tempête prolongée empêcha toute attaque par la mer de la flotte ennemie. La progression à terre est également ralentie du fait d'une montée des eaux.

En juin, Guillaume d'Orange, Prince des Pays-Bas, fait aménager la grande ligne de défense inondable autour d'Amsterdam, capitale du royaume. Au début, la communauté agricole s'oppose à cette décision voyant ses terres rendus impropres à toute culture du fait de la salinisation due à l'eau de mer utilisée pour l'inondation de cette zone. Je tiens à remarquer à ce propos qu'une levée de boucliers très similaire a été suscitée récemment pour les mêmes raisons lorsque le gouvernement néerlandais a décidé, lors de la canicule de 2003, de faire inonder une zone de Pays-Bas occidentaux avec de l'eau saumâtre pour lutter contre la sécheresse.

L'armée française décida donc d'attendre patiemment l'hiver, spéculant sur le gel pour franchir la ligne d'eau. Le 13 décembre 1672, un violent vent d'Est provoqua le gel intégral de la ligne d'eau. Mais le 23 décembre s'ensuivit une période d'accalmie amorçant le dégel et forçant les Français à attendre. Le 24 décembre, le vent tourna de nouveau à l'Est et les troupes françaises se rassemblèrent. La traversée fut entreprise le 27 décembre.

La météorologie joua toutefois en faveur des Pays-Bas. Le vent tourna de l'Est vers l'Ouest, le dégel reprit et les forces militaires alourdies par leur équipement ne purent traverser la glace se brisant sous leurs poids. L'armée se replia et les Pays-Bas purent survivre à 'l'année des catastrophes'.

3. Reconstitution de mille ans du climat

L'Institut Royal Météorologique Néerlandais (KNMI) commença donc un projet en 1992, visant la publication d'une série de 8 ouvrages de quelque 5 000 pages sur la description et la classification des conditions météorologiques rencontrées aux Pays-Bas depuis l'an 1000 jusqu'à nos jours. Dans ces ouvrages³, l'évolution météorologique au cours des saisons d'hiver et d'été est suivie d'année en année et placée dans un contexte historique. C'est en 2000 que parut le volume IV, couvrant la période 1575-1675 et clôturant ainsi quasiment toute la période 'non-instrumentale'. Le volume V (parution prévue fin 2004, couvrant 1675-1750), le volume VI (1750-1825), le volume VII (1825-1900) et le volume VIII (1900-2000) traiteront de la 'période instrumentale' contemporaine et historique. Je souhaite ajouter que ce projet a été fortement inspiré par l'*Histoire du Climat depuis l'an mil*, une publication du professeur E. Le Roy Ladurie⁴.

La reconstitution des évolutions météorologiques aux Pays-Bas est fondée sur des sources liées à la région couverte géographiquement par les Pays-Bas contemporains et les régions voisines de la partie méridionale de la Mer du Nord : Grande Bretagne, Nord de la France, bassin aval du Rhin, Westphalie et Nord-Ouest de l'Allemagne. Les faits météorologiques marquants ou extrêmes rencontrés en Europe centrale, voire en Italie septentrionale, ont également pris en considération.

La majeure partie du texte comprend des descriptions et analyses détaillées, documentées et annotées sur la météorologie dans le passé. De nombreux recueils et classifications offrent néanmoins une base structurée pour des interprétations ultérieures. Sans être exhaustives, il est fait mention des informations suivantes : sources par époque et par région, climatologie par tranches de 25 ans, données sur les récoltes, gel des fleuves, données sur les cernes de croissance annuelle des arbres, classifications des températures hivernales et estivales, saison humide et saison sèche, orages et tempêtes.

Rédigés en néerlandais, ces ouvrages sont hélas difficiles d'accès au monde de la recherche internationale. C'est pourquoi je vous présente ici un récapitulatif succinct de certaines informations sur les sources historiques exploitées et la manière dont la preuve historique peut être répertoriée en température hivernale et estivale instrumentale.

4. Sources

Les sources offrant des informations précieuses sur la météorologie au cours du passé peuvent être réparties en deux catégories principales : les sources tangibles et les sources non-tangibles telles que les toponymes, coutumes populaires, légendes et chants traditionnels. L'analyse de la météorologie du passé s'appuie essentiellement sur les sources dites tangibles. Ces sources fournissent essentiellement deux types de données : tout d'abord les données d'observation météorologique généralement écrites et directes et ensuite, les données indirectes dites 'proxy' (par approche) Lors de l'évaluation des sources, il est important de considérer le nombre des niveaux de transmission – pouvant engendrer un parasitage – entre l'observateur et le fait historique. Une preuve issue d'une source primaire, telle que livrée par l'observateur ou un contemporain et seulement légèrement transformée du fait de la transmission, est potentiellement plus fiable que celle issue d'une source secondaire couvrant un grand intervalle d'espace ou de temps avec le fait historique.

La traduction de la source directe en météorologie de l'époque est souvent univoque. Toutefois, établir la relation entre les sources indirectes et les phénomènes météorologiques est souvent d'une grande complexité. Les sources par approche sont fondées par exemple sur des informations concernant les vendanges. On peut partir du fait qu'une bonne année de vendanges est le fruit d'un été chaud. Reste à savoir se voulait dire 'une bonne année' au 16^{ème} siècle. Nous pensons généralement à la qualité, sans tenir compte que par les siècles passés, la bière et le vin étaient considérés comme seules boissons 'sures' et que des vendanges d'un volume décevant étaient jugées comme une menace.

Les premières données annuelles sur les vendanges formant ensemble la 'série Dyon', s'avèrent une preuve par approche fiable pour la classification des chaleurs estivales jusqu'en 1349.

Les analyses de la météorologie dans l'histoire des Pays-Bas sont fondées sur les types de sources suivants:

4.1 Série d'observations instrumentale

Aux Pays-Bas, la période instrumentale historique commence aux environs de 1700 et s'achève avec la fondation en 1854 du réseau national de mesure de l'institut météorologique national néerlandais, le KNMI. Par 'période instrumentale', il convient d'entendre la prise régulière de mesures, soit au moins une fois par jour, à l'aide d'instruments météorologiques tels que thermomètre et baromètre.

Ces mesures avaient des motifs variés. Pour des raisons physico-théologiques, de nombreux ecclésiastiques notaient chaque jour la météorologie afin de mieux comprendre la météorologie et, par là-même, Dieu. Les experts en Ponts et Chaussées étaient quant à eux intéressés par les volumes de précipitations et l'évaporation car cela leur permettait de calculer le volume d'eau à éliminer pour les grands ouvrages d'assèchement pour les polders. Il existait également des motifs de nature purement économique. La famille Honig, célèbre fabricant de produit à base de farine, entretenait un état détaillé de la météorologie qui était comparé à la récolte des champs d'expérimentation. Ils pouvaient ainsi identifier les céréales qui pousseraient le mieux dans les conditions néerlandaises.

Dans le cadre d'un grand projet, les mesures météorologiques historiques néerlandaises du 18^{ème} et 19^{ème} siècle issues généralement d'archives publiques et privées ont été collectées, numérisées et stockées dans une base de données. Actuellement, cette base de données comprend plus de 2,5 millions de relevés effectués trois fois par jour dans 12 stations d'observation historique sur la température de l'air, la pression atmosphérique, la vitesse et la direction des vents, les précipitations, l'aspect du ciel et certaines observations astronomiques. Des 'dictionnaires de station' comportant des descriptions détaillées des instruments utilisés, des observateurs, des conditions d'observation et d'autres métadonnées importantes, ont été réalisés pour ces stations et 125 autres sites d'observation aux Pays-Bas⁵. Des descriptions à partir de 1900 seront désormais produites par les systèmes informatiques performants du KNMI. Pour la période entre 1850-1900, les informations n'étant pas encore numérisées et issues des annales dites KNMI Yearbooks sont utilisées comme source.

La comparaison des résultats quantitatifs dits 'en dur' des mesures instrumentales avec les descriptions météorologiques qualitatives simultanées issues de notre matériel de source historique nous a permis de traduire ces descriptions météorologiques qualitatives en termes instrumentaux. Ces termes se sont avérés adaptés en tant qu'entrées pour une recherche climatologique détaillée.

4.2 Journaux et bulletins météorologiques

Les journaux météorologiques, qui offrent des descriptions qualitatives quotidiennes des conditions météorologiques, deviennent populaires dès le début du 17^{ème} siècle. Au cours de la période instrumentale, ils sont souvent combinés à des relevés instrumentaux. Le plus ancien journal météorologique – pour autant que connu de l'auteur – a été rédigé par William Merle⁶ d'Angleterre, couvrant la période 1337-1344. L'ecclésiastique David Fabricius⁷ (1564-1617), originaire de Frise Orientale, a rédigé quant à lui le plus ancien bulletin météorologique des Pays-Bas.

Anthonis Duyck⁸, avocat néerlandais en droit fiscal et assistant du Prince Maurice et de son armée, est l'auteur d'un important bulletin météorologique quotidien avec des notes concernant les conditions météorologiques de 1590 à 1602. D'autres sources précieuses et richement documentées sont les bulletins d'Isaac Beeckman⁹, mentionnant les conditions météorologiques quotidiennes en Zélande (1612-1615) et les observations météorologiques réalisées à l'observatoire météorologique de Dordrecht, probablement le plus ancien des Pays-Bas (1627-1637).

Fabio Chigi (1599-1667), nonce du Pape à Cologne, Münster et Aix-la-Chapelle, est devenu célèbre en tant que Pape Alexandre VII. D'origine italienne, il était fasciné par le froid climat septentrional et a relevé toutes les périodes de gel, glace, neige, faisant totalement l'impasse sur les journées ensoleillées et chaudes. Nous lui devons un riche héritage de descriptions des conditions météorologiques sur plus de 2600 jours¹⁰.

4.3 Relevés de comptes

Les séries de relevés de comptes des municipalités, des chargements de navires, de l'agriculture, des moulins à vent et à eau et plus particulièrement ceux des péages des voies fluviales sont des données 'proxy' précieuses pour déduire les conditions météorologiques.

Dès le Moyen-Age, et longtemps après cette période, le commerce et le trafic des marchandises faisaient l'objet de droits de péage sur les voies routières et fluviales. Les péages étaient plutôt nombreux, tout au moins sur le continent, car en Angleterre ils avaient été abolis sur l'ordre de la Magna Carta (1215). Introduits par les propriétaires, ils avaient pour but de tirer profit du commerce fluvial et maritime et ont été légalisés par les prérogatives sur les cours d'eau royaux (*royal stream prerogatives*). Les plus anciens relevés de comptes de péage¹¹ dont nous disposons datent du 14^{ème} siècle. Ils nous livrent des informations précieuses sur les obstacles à la navigation tels que glace, faible niveau des eaux et conditions météorologiques extrêmes telles que les tempêtes.

Les plus importants péages se trouvaient le long du Rhin (Cologne, Lobith, Arnhem), de la Meuse (Roermond), de l'IJssel (Zutphen) et sur le Waal (Nimègue, Tiel, Zaltbommel). Des informations similaires figurent dans les registres des compagnies de canaux de navigation.

Aux Pays-Bas, les remorqueurs étaient couramment utilisés en tant que transport public à partir du 16^{ème} siècle. L'économiste De Vries¹² a comparé les données de canaux de navigation avec les températures enregistrées à De Bilt pendant les périodes 1634-1757 et 1814-1839, réalisant une reconstitution des températures hivernales jusqu'à 1634.

Au cours des siècles passés, les Pays-Bas possédaient un dense réseau de 10 000 moulins environ. Nombreux d'entre eux étaient des moulins à vent destinés au pompage de l'eau et des moulins à eau. Une série très complète de relevés de comptes (1445-1540) comportant de nombreuses annotations sur les conditions météorologiques a été trouvée dans les archives municipales de la ville de Zutphen¹³, qui exploitait alors les moulins à eau sur la petite rivière Berkel.

4.4 Lettres

La majorité des auteurs des milliers de lettres compulsées considérait les conditions météorologiques comme un thème trop trivial et n'a donc pas jugé opportun de le traiter en détail. Il existe toutefois quelques exceptions notables. Les lettres de M^e Adriaen van der Goes¹⁴ (1619-1686), avocat à la Cour de Hollande, sont l'une des sources majeures des descriptions des conditions météorologiques pour la période 1659-1673. En tant qu'exploitant agricole, il portait un grand intérêt aux moissons et travaux de la terre. Les informations liées aux conditions météorologiques étaient très importantes pour lui et il les a souvent décrites en détails.

4.5 Journaux et bulletins

Les journaux présentent un caractère surtout personnel, tandis que les bulletins peuvent être considérés comme des notes plus ou moins officielles. Ces témoignages de l'époque sont généralement dominés par l'intérêt personnel ou professionnel de l'auteur. Bien que couvrant une période relativement réduite (1491-1498), le bulletin de Rombout de Doppere (dit le Courageux), registraire à la Cathédrale de Saint-Donatien¹⁵ (Bruges), fournit des informations très importantes et bien détaillées sur les conditions météorologiques.

Les journaux de bord des bateaux sont également une source réputée d'informations météorologiques du passé (vitesse et direction des vents, aspect du ciel). Les Pays-Bas étant devenu au cours du 17^{ème} siècle la nation commerciale la plus importante, des milliers de journaux ont été officiellement tenus par les capitaines de navires tels ceux travaillant par exemple au service de la *Compagnie des Indes Orientales* (VOC, 1602). Bien que ces journaux de bord contiennent en grande partie des informations concernant des contrées éloignées (Indes Orientales et Occidentales, côtes africaines) moins importantes pour le contexte du climat aux Pays-Bas, de nombreuses notes spécifient les périodes parfois longues que les navires passaient aux Pays-Bas, dans l'île néerlandaise de Texel en attendant des vents favorables ou la fonte des glaces bloquant la navigation pendant l'hiver.

Les journaux de bord des navires de guerre offrent des informations comparables. De nombreux rapports militaires sont disponibles sur les conflits maritimes livrés entre l'Angleterre et les Pays-Bas tels que ceux de 1652-1654, 1665-1667 et 1672-1674. Il est très probable qu'une reconstitution complète et détaillée des vents et de l'aspect du ciel, couvrant le littoral de Hollande et Zélande et la partie méridionale de la Mer du Nord pourrait se fonder sur ces journaux de bord.

Les journaux d'agriculteurs mentionnent les gelées tardives ou précoces, la neige, les périodes sèches et pluvieuses, les tempêtes, les orages, les rafales de vent et les chutes de grêle, toutes les informations liées aux cultures, aux récoltes et aux prix. Les données liées aux récoltes présentent un fort potentiel en tant que données 'proxy'.

Du fait que bien des gens au cours du 16^{ème} et 17^{ème} siècle avaient tendance à expliquer l'évolution météorologique par la constellation du soleil, la lune et les étoiles, leurs journaux astro-météorologiques peuvent être considérés comme des bulletins météorologiques, y compris les éphémérides. Un exemple très connu est celui d'Isaac Beeckman⁹.

4.6 Annales et chroniques

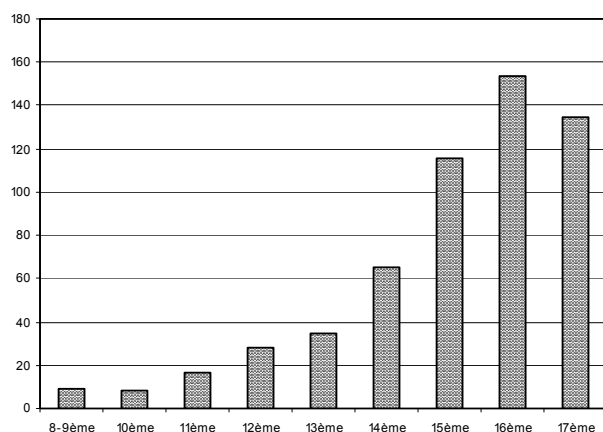
Les annales et les chroniques sont des formes relativement simples d'historiographie. Les annales originaires des tableaux de Pâques, les tableaux longs des dates de Pâques, illustrés avec des annotations concernant différents événements survenus au cours des années. Les annales et les chroniques sont particulièrement en vogue à partir du Moyen-Age. Contrairement aux sources susmentionnées, elles ne témoignent généralement que partiellement des propres observations et expériences de l'auteur. Elles se distinguent en ce sens que les annales sont généralement des listes tabulaires anonymes sur les dates et événements (tremblements de terre, tempêtes, comètes) et sont composées par différents auteurs surtout pour un usage propre, tandis que les chroniques sont souvent (mais pas toujours) rédigées par un seul auteur, plus détaillées et souvent plus populaires comme on peut le déduire d'après les nombreux tirages et copies.

Les chroniques municipales, principalement celles des communes proches des grands fleuves relatent de nombreux événements liés à la météorologie tels que périodes de famine, tempête, niveaux bas et haut des eaux, et glace.

5. Nombre de sources disponibles

Le diagramme 1 montre le nombre de sources disponibles utilisées pour la reconstitution du climat. Avant le 13^{ème} siècle, seulement 24 % des saisons sont concernées par des données sur la moyenne.

Diagramme 1. Nombre de sources par siècle

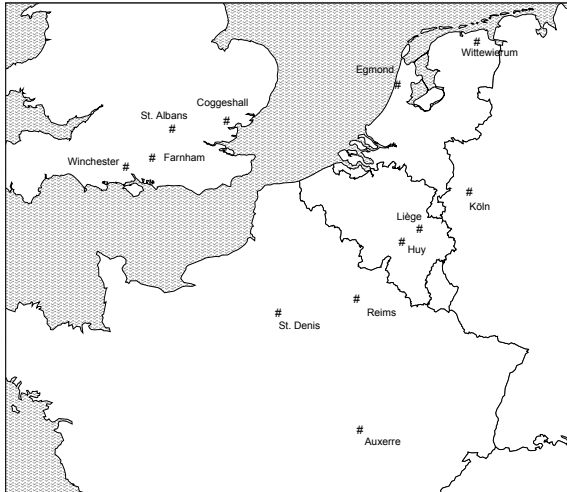


En outre, les témoignages existants sont souvent trop rares pour permettre une reconstitution précise. Ce nombre augmente rapidement, passant de quelques-unes au

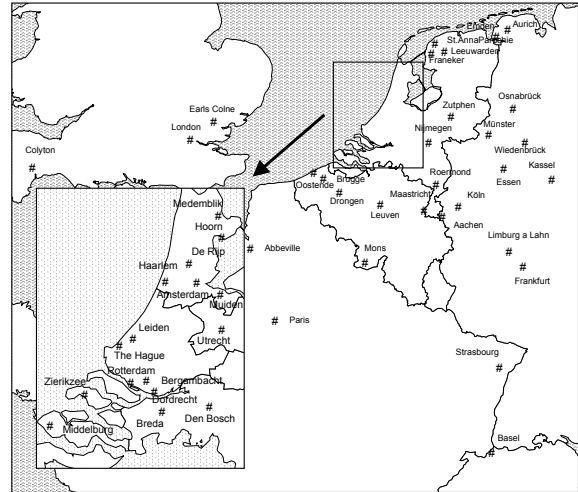
commencement de la reconstitution jusqu'à un maximum de 153 au 16^{ème} siècle. Le diagramme suggère – ce qui a été vérifié par des analyses statistiques des températures – que la reconstitution peut être considérée comme relativement précise à partir du 14^{ème} siècle. Pour de nombreuses saisons de cette période correctement documentées, la reconstitution peut être faite en détail.

Les cartes 1. illustrent la géographie des sources majeures pour deux sous-périodes: 1200-1250 et 1600-1650. Y figurent les sites où les documents, décrivant les conditions météorologiques aux Pays-Bas ont été trouvés. La nette augmentation du nombre de sources au cours de la période qui suit est due aux provinces côtières des Pays-Bas.

Cartes 1. Géographie des sources majeures



Géographie des sources majeures Pays-Bas et environs, 1200-1250



Géographie des sources majeures Pays-Bas et environs, 1600-1650

6. Classification des hivers

Souvent, la preuve historique quantitative du froid en hiver est apportée par les descriptions sur la longueur de la période de gel ou l'absence de gel, de glaces sur les voies fluviales, ou le nombre de jours où aucun droit de péage n'a pu être encaissé.

Dans les livres du KNMI, la méthode d'IJnsen¹⁶ a été adoptée pour une classification quantitative des températures hivernales fondée sur le nombre de jours de gel (v , $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$), jours de glace (y , $T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$) et jours de froid extrême (z , $T_{min} < -10^{\circ}\text{C}$). Sur la base des chiffres connus pour la saison hivernale (novembre-mars) à De Bilt (Centre des Pays-Bas) à partir de 1850, l'indice dit *indice de gel*¹⁷ (V) est calculé comme suit:

$$V = 33 \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{v^2}{12100} + \frac{y}{50} + \frac{z}{30} \right)$$

Pour la période instrumentale 1706-1850 seules des températures mensuelles pour De Bilt étaient disponibles¹⁸ et il n'a pas été possible de calculer directement l'indice de gel. De ce fait, IJnsen a développé une formule pour ce qu'il a appelé *numéro d'hiver* (H) qui caractérise le froid de la saison hivernale, Novembre-Mars. Cette formule est fondée sur T_f : température moyenne Novembre-Mars, T_h : température moyenne Décembre-Février et T_k : température moyenne du mois le plus froid, ce par quoi:

$$H = 74,88 - 4,61 \cdot T_f - 3,32 \cdot T_h - 2,3 \cdot T_k$$

H a été calculé pour la période 1707-1990. Sur la période chevauchante 1851-1990 H et V sont fonctionnellement liés par l'équation:

$$V = \exp[5,1592 \cdot \tanh(0,01346 \cdot H)], 0 \leq H \leq 100,$$

avec le coefficient de rapport 0,97. Cela permet de repousser V de 1850 à 1706.

V n'a aucune dimension et porte de $V=0$: hiver sans gel à $V=100$ hiver le plus rigoureux. L'avantage est que, bien que calculé par des chiffres pour De Bilt, V représente l'estimation de caractère régional d'un hiver pour une région présentant des caractéristiques climatologiques correspondantes, à savoir les Pays-Bas.

Tableau 1. Classification des hivers d'après IJnsen

Catégorie C_V	Index de gel V	Définition	Fréquence en %	Temp. °C hiver (DJF)	Temp. °C Nov.-Mars
1	≤ 3.2	Extrêmement doux	1.0	6.2	6.8
2	3.3-5.7	Très doux	3.8	5.4	5.6
3	5.8-9.7	Doux	11.1	4.3	4.9
4	9.8-16.6	Plutôt doux	21.0	3.3	4.2
5	16.7-28.4	Normal	26.2	2.3	3.5
6	28.5-44.3	Froid	21.0	1.2	2.7
7	44.4-73.0	Rigoureux	11.1	-0.1	1.7
8	73.1-82.0	Très rigoureux	3.8	-1.8	0.5
9	≥ 82.1	Extrêmement rigoureux	1.0	-2.4	0.1

La médiane V équivaut à 21.51, la catégorie "normal" peut être subdivisée en sous catégories '5-' pour : $[16.7 \leq V \leq 21.5]$ et '5+' pour $[21.6 \leq V \leq 28.4]$, respectivement "tendance doux et tendance froid"

D'après la répartition de fréquence des indices de gel des 284 hivers couvrant la période 1707-1990, une division symétrique en 9 catégories (1-9), avec 5 comme centre, est faite dans laquelle les indices de gel sont regroupés et marqués d'une définition.

Dans le tableau 1, la classification est donnée avec la fréquence présumée de l'apparition (en %) des différentes forces de l'hiver. Pour permettre des informations thermiques, la température moyenne prévue de l'hiver climatologique – des mois Décembre, Janvier et Février – et celle de la saison froide Novembre à Mars, y compris pour De Bilt, sont données dans chaque catégorie.

A l'aide de cette classification en catégories, il est désormais possible de caractériser les hivers grâce aux informations non-instrumentales. Pour cela, on utilise une procédure fondée sur les marques de valeur aux trois aspects suivants significatifs pour de nombreux hivers

- A_t : *aspect thermique*. La totalité de la saison froide (Novembre-Mars) est si possible étudiée avec un accent sur les mois d'hiver climatologique Décembre, Janvier et Février avec attention particulière sur le mois le plus froid.
- A_d : *aspect de durée*. Une mesure de la durée correspond au nombre de jour de gel à partir de Novembre jusqu'à Mars ou un paramètre comparable; dans de nombreux cas, seule une estimation approximative s'avèrera possible.
- A_i : *aspect d'intensité*. L'intensité est basse si seulement quelques jours de gel sont constatés (ou un paramètre comparable), haute si plusieurs jours de grand gel sont constatés. Au cours de la période instrumentale, l'intensité est comprise comme signifiant l'indice de gel et le nombre de jours avec une température minimale inférieure à 0 °C.

Tenant compte des nombreuses incertitudes et du caractère souvent approximatif et concis des témoignages historiques, les intervalles de sous-division des trois aspects devraient être larges. Le tableau de résultats (tableau 2) est fondé sur la preuve historique d'hiver connus à partir de 1850. Les résultats obtenus sont testés pour la période 1901-1987. La somme des résultats pour les trois aspects dans la majorité (84 %) des hivers équivaut au nombre de la catégorie (C_V) de l'hiver concerné.

Fondées sur les descriptions historiques qualitatives des conditions météorologiques, les catégories ont été évaluées indépendamment par Buisman et IJnsen. Les deux séries s'avèrent très comparables.

Tableau 2. Estimation des catégories de la saison hivernale grâce aux aspects

Aspect thermique (A_t)	Points	Index de gel (V)
Très doux	1	$\leq 5,0$
Doux	2	5,0 – 15,0
Normal	3	15,1 – 30,0
Froid	4	30,1 – 75,0
Très froid	5	$\geq 75,0$
Aspect de durée (A_d)	Points	Nombre de jours de gel (v)
Bref	0	≤ 47
Moyen	1	48-88
Long	2	≥ 89
Aspect d'intensité (A_i)	Points	Intensité (V/v)
Faible	0	$\leq 0,18$
Moyen	1	0,19 – 0,55
Forte	2	$\geq 0,56$

Les séries ont été comparées à d'autres séries différentes pour des périodes chevauchantes: généralement, elles présentent un excellent rapport (plage de coefficients de rapport de 0,79 à 0,98, IJnsen¹⁹). Pour cette raison, les séries suivantes ont contribué à l'estimation des index de gel:

- 1591-1613 Nombre de jours avec gel en Frise orientale d'après David Fabricius⁷
- 1613-1626 Notes du journal d'Isaac Beeckman⁹
- 1621-1650 Nombre de jours avec gel et longue période avec gel par hiver dans la série de Cassel d'Hermann van Hessen²⁰
- 1634-1706 Nombre de jours de gel des canaux Harlem-Amsterdam et Harlem-Leyde¹²
- 1660-1706 Températures mensuelles du centre de l'Angleterre de Manley²¹

7. Classification des étés

Les preuves historiques concernant la chaleur au cours de l'été sont moins abondantes que celle concernant le froid en hiver. Dans l'histoire, les conditions météorologiques estivales – aux Pays-Bas – avaient un impact moins important sur la société que les conditions météorologiques hivernales. Par ailleurs, les témoins étaient généralement plus intéressés par la sécheresse que par la chaleur estivale. Un niveau thermique observable et distinct – tel que la glaciation lors de températures inférieures à °C – est également inexistant en été.

La classification qui a été développée pour les températures d'été (IJnsen^{22,23}) est fondée sur un paramètre simple – le *nombre été* S qui dépend, comme pour le nombre hiver H , de la somme de températures (soit la température mensuelle multipliée par le nombre de jours par mois) S_w de la saison Mai-Septembre, la somme des températures S_z de l'été climatologique (Juin-Août) et la somme des températures des mois les plus chauds S_m :

$$S = 0,0489 \cdot S_w + 0,0670 \cdot S_z + 0,1573 \cdot S_m - 246,2$$

Sur la base de la répartition de la fréquence de S calculée à partir de températures mensuelles enregistrées à De Bilt pendant la période 1706-1990, les étés ont été classés en 9 catégories C_s (1-9), 5 étant le milieu. Le tableau 3 montre cette classification avec la fréquence estimée d'apparition (en %).

Tableau 3. Classification des étés selon IJnsen

Catégorie Cs	Été Numéro S	Définition	Fréquence en %	Temp. °C été (JJA)	Temp. °C Mai-Sept.
1	≤ 13.7	Extrêmement frais	1.0	14.0	13.1
2	13.8-24.1	Très frais	3.8	14.6	13.6
3	24.2-34.5	Frais	11.1	15.1	14.1
4	34.6-44.8	Plutôt frais	21.0	15.6	14.5
5	44.9-55.2	Normal	26.2	16.2	15.0
6	55.3-65.5	Chaud	21.0	16.7	15.4
7	65.6-75.9	Plutôt chaud	11.1	17.3	15.9
8	76.0-86.3	Très chaud	3.8	17.8	16.4
9	≥ 86.4	Extrêmement chaud	1.0	18.3	16.8

Pour la période pré-instrumentale (antérieure à 1706), la catégorie d'un été est évaluée directement d'après la preuve documentaire. Ces évaluations sont étayées par des évaluations fondées sur les séries suivantes comparées à la série de De Bilt pour la période instrumentale correspondante (IJnsen¹⁹):

1354-1836 Date de début de vendange à Beaune et Dijon²⁴

1659-1705 Températures mensuelles dans le centre de l'Angleterre de Manley²¹

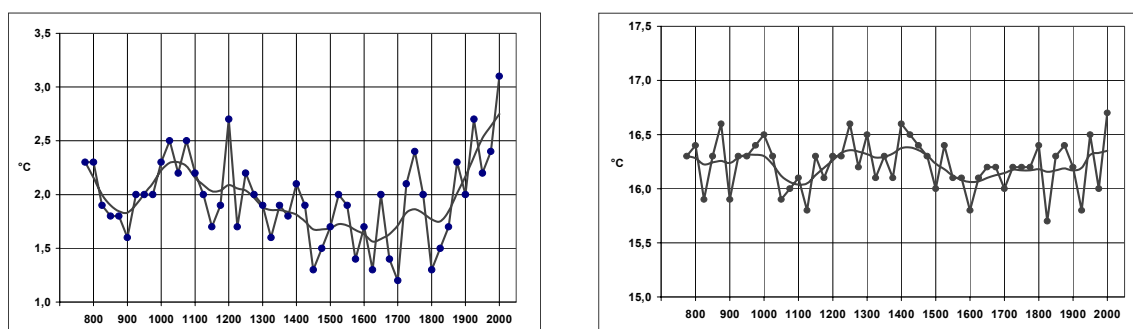
8. Séries hiver et été

Toutes les évaluations ont été combinées à des séries continues de catégories pour les hivers et les étés pré-instrumentaux qui ont été rapportées à la série de De Bilt pour la période instrumentale. D'après lesdites séries, une série de températures d'été et d'hiver annuelles pour De Bilt a été calculée pour la période 800-à nos jours.

Dans la période antérieure à 1300 environ, les preuves sont souvent trop rares pour permettre une sous-division en 9 catégories. Pour la classification des hivers et des étés avec des données insuffisantes les catégories C_v de la saison hivernale ont été groupées par trois dans les trois catégories principales I (*manifestement très doux*), II (*à peu près normal*) et III (*manifestement très froid*) et les catégories C_s de la saison estivale dans les trois catégories principales I (*manifestement froid*), II (*à peu près normal*) et III (*manifestement chaud*).

Les graphiques 1 montrent les moyennes de températures d'hiver respectivement d'été sur 25 ans aux Pays-Bas présentées comme températures pour De Bilt pour la période 800-à nos jours. Toutes les catégories annuelles pour la période 751-2000 ont été publiées²⁵

Graphiques 1. Températures d'hiver (gauche) et d'été (droite) aux Pays-Bas



Récemment, la reconstitution de la température (en tant que LCT: *Low Countries Temperature* - Température des Pays-Bas) a été analysée et comparée à des données

importantes. On peut conclure que sur la période de retour jusqu'au 14^{ème} siècle, la reconstitution LCT est conforme à plusieurs reconstitutions de température européennes²².

En dernier lieu (tableau 4), je tiens à comparer les températures d'été et d'hiver pour les décades estivales les plus chaudes (c'est-à-dire tranche de 10 années) de la période 1200-1400, également nommées optimum-climat moyenâgeux avec celle de l'optimum-climat contemporain; les chaudes années 90. D'après la comparaison de cela, nous devons néanmoins tenir compte du fait que l'erreur de mesure des évaluations de températures du passé sera plus importantes que les mesures de températures instrumentales actuelles. La température estivale moyenne sur la décade 1991-2000 est donc élevée avec 17,0 degrés Celsius et se trouve environ 0,8 degrés au-dessus de la moyenne de la période antérieure de 30 ans 1961-1990. Mais du point de vue historique, cela n'est pas exceptionnel ; en effet, la décade 1381-1390 a également connu une température estivale moyenne de 17 degrés et est environ autant plus chaude que la période 1351-1380 d'environ autant.

Tableau 4. Comparaison des températures (en °C)

	été	hiver
1261-1290	16.6	2.0
1291-1300	16.8	1.6
1351-1380	16.1	1.8
1381-1390	17.0	2.4
1961-1990	16.2	2.6
1991-2000	17.0	3.5

Un réchauffement est constaté explicitement dans la température hivernale. La moyenne de la période 1991-2000 ainsi que le contraste avec les 30 années antérieures est élevée et inégalée avec respectivement 3,5 degrés et 0,9 degrés.

La conclusion pourrait donc être que les effets de serre amplifiés se répercutent sur les températures à partir des années 1990 du siècle passé, mais ceci est à relativiser pour certains aspects, comme le contraste des températures moyennes d'été qu'est égalé à l'optimum climatique médiéval.

Références

1. T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden et D. Xiaosu (Eds), 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC, Cambridge, Univ. Press, UK, pp944
2. P.D. Jones, K.R. Briffa, T.P. Barnett et S.F.B. Tett, *High-Resolution Palaeoclimatic Records for the Last Millennium: Interpretation, Integration and Comparison with General Circulation Model Control-Run Temperatures*, *The Holocene*, 8.4, 455-471 (1998)
3. J. Buisman, A.F.V. van Engelen (edt), *Duizend jaar weer wind en water in de Lage Landen*, Van Wijnen, Franeker (Pays-Bas). Vol. I, 763-1300, 1995, Vol. II, 1300-1450, 1996, Vol. III, 1450-1575, 1998, Vol. IV, 1575-1675, 2000
4. E. Le Roy Ladurie, *Histoire du climat depuis l'an mil II*, ed. 2, Paris, 1983
5. A.F.V. van Engelen et H.A.M. Geurts., *Historische Weerkundige Waarnemingen*, I-V, I: *Geschiedenis van weerkundige waarnemingen in het bijzonder in Nederland vóór de oprichting van het KNMI*, II *Vooruitstrevende ideeën over de meteorologie en klimatologie van Petrus van Musschenbroek – 1692-1761* IIa: *Inleidende tekst bij de meteorologische waarnemingsreeks Utrecht/Leiden 1729-1758*, *Petrus van Musschenbroek*, III: *Een rekenmodel dat het verloop van de temperatuur over een etmaal berekent uit drie termijnmetingen van de temperatuur*, IV: *Nicolaus Cruquius (1678-1754) and his meteorological observations*, V: *Beschrijving antieke meetreeksen*, KNMI publ. 165-I, II, IIa, III, IV, V, (De Bilt. 1983-1992)
6. Merle's MS, *Considerationes temperiei pro 7 annis..the earliest known Journal of Weather, kept by the Rev. William Merle, rector of Driby, Linc., repr...*G.J. Symons (Londres 1891).
7. David Fabricius, *Calendarium Historicum, Wettertagebuch, Resterhafe and Osteel, Ostfriesland*, Statsarchiv Aurich
8. *Journael van tgene daegelykz gepasseert is in den oorloghe der Staeten Generael tegen de Spangiaerden ende andere vianden van de Vereenichde Nederlanden; Journaal van Anthonis Duyck, Advokaat-Fiscaal van den Raad van State, 1591-1602, ed. op last van het Dept. Van Oorlog, incl. en aant.* By Lodewijk Mulder, 3 volumes (Arnhem 1862-1866)
9. *Isaac Jacobus Beeckman, Journaal, hs. 6471*, Archives Publiques Middelburg; trad. A.C. Meyer avec corrections par P. Moors. Cf. *Journal tenu par Is. Beeckman de 1604 à 1634*, ed. C. de Waard, 4 volumes (La Haye 1939-1953)
10. Fabio Chigi, *Acta pacis Westphalicae*, Rheinisch Westfalischen Akad. Der Eissenschaften, Seies III, Abt. C. Dianien, Band 1: *Diarum Chigi, K. 39-1651*, 1 Teil, Text, Bearb. K. Reppen (Munster, 1984)
11. Relevés publiques à Tiel, Zaltbommel, Nijmegen, IJsseloord etc. Archives Ducals, Archives Publiques de Gelderland à Arnhem
12. J. de Vries, *Histoire du climat et économie: des faits nouveaux, une interpretation differente*. In: *Annales Economies Sociétés Civilisations*, 32, 198-226 (1977).
13. Relevés d'intendant, Archives Anciennes de Zutphen, Archives Publiques Zutphen.
14. *Briefwisseling tusschen de Gebroeders Van der Goes (1659-1673)* ed. G.J. Gonnet, 2 volumes (Amsterdam 1899, 1909)
15. *Rombout de Doppere, [...] Chronique brugeoise de 1491-1498, découverte dans un ms de Jacques de Meyere*, publ. H. Dussart S.J. (Bruxelles, 1892)
16. F. IJnsen, *Onderzoek naar het optreden van winterweer in Nederland* (1981), KNMI publ. WR74-2
17. F. IJnsen, *Karaktergetallen van de winters vanaf 1706* in *Zenit*, 69-73 Febr. 1991
18. Récemment KNMI à commencé une reconstitution des temperatures quotidiennes à De Bilt à base d'une database des observations instrumentaux quotidiennes fait à 12 locations pendant le 17ième et 18ième siecle.
19. F. IJnsen, *Karaktergetallen en temperaturen voor winters en zomers, 1591-1705/1706*, priv. memo 1992,1994
20. *Observationes, Klimadaten von 1621-1650 nach Beobachtungen des Landgrafen Hermann IV von Hessen*, (Kassel) by Walter Lenke, en *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* Nr. 63, Band 9, (Offenbach am M. 1960)
21. G. Manley, *Central England temperatures, monthly means 1659-1973* en *Quart. Journ. Met. Soc.* 100 389 (1974)
22. F. IJnsen, *De zomers in Nederland vanaf 1706, thermisch bekeken* KNMI publ. W.R. 76-15 (De Bilt, 1976)
23. F. IJnsen, *Karaktergetallen voor de zomers vanaf 1706* en *Zenit*, 313-315 Sept. 1991
24. H. Dubois, *Les foires de Chalon et le commerce dans la vallée de la Saône à la fin du Moyen-Age (vers 1280-vers 1430)*, Paris, 1976 et J. Lavalley, *Histoire et statistique de la vigne et de grands vins de la Côte d'Or*, Dijon, 1855
25. A.F.V. van Engelen, J. Buisman et F. IJnsen, *A millennium of Weather, Winds and Water in the Low Countries*, en *History and Climate, Memories of the Future* (edt P.D. Jones et al), Kluwer Academic / Plenum Publishers, NY, 2001.
26. Shabalova, M.V., and A.F.V. van Engelen, *Evaluation of a reconstruction of temperature in the Low Countries AD 764-1998*, *Climatic Change*, 58, 219-242, Kluwer Academic / Plenum Publishers, NY, 2003