

## BESANÇON

# Évolution du climat à Besançon de 1890 à 2010

Daniel JOLY\*, Claude GRESSET-BOURGEOIS\*\*, Bruno VERMOT-DESROCHES\*\*

\*Laboratoire THÉMA, UMR 6049 du CNRS-Université de Franche-Comté

\*\*Centre départemental de Météo-France, Besançon

**L**a chronique climatologique de Besançon débute en 1890. Archivée à Météo-France, elle fournit des informations précieuses sur l'évolution du climat au cours du XX<sup>e</sup> siècle. Cette dernière est analysée au travers de plusieurs indicateurs : moyenne annuelle des températures minimales et maximales, amplitude annuelle de température, nombre de jours de gel et nombre de jours avec une température supérieure à 25°C, abats annuels moyens et nombre de jours de précipitation, pression annuelle moyenne.

Dire que le climat change peut être, aujourd'hui, considéré comme une évidence, tant les médias nous abreuvant de communiqués, émissions, informations diverses à longueur d'année sur le fameux « changement climatique ». Il est vrai que les conclusions du GIEC, qui ont de quoi faire peur, suscitent débats et polémiques amplement repris et amplifiés par la télévision, la radio, les journaux. Pourtant cette question n'est pas vraiment simple, tout du moins, beaucoup plus complexe que ne voudraient nous le faire croire les communicants (cf. l'article de Yves FOUCART dans ce numéro).

Parlons définition. Qu'est-ce que le climat ? Un climatologue répondra que c'est « l'ambiance constituée par la série des états de l'atmosphère au-dessus d'un lieu dans leur succession habituelle ». Il y a deux éléments importants dans cette définition : en premier lieu, l'idée d'états atmosphériques qui fait explicitement référence à plusieurs éléments (température, précipitations, vent, etc.) et non pas à la seule température comme on le fait le plus souvent

en parlant de « réchauffement climatique ». Ensuite, dans cette définition, il y a l'idée claire d'une évolution (succession).

On pourrait en conclure que le « changement climatique », faisant intrinsèquement partie du climat, il n'y a pas lieu de s'y intéresser plus que ça. Justement si, car la « succession habituelle » (la norme) ne doit pas être confondue avec le changement anormal qui, lui, pose problème car il peut aboutir à des crises. De plus, cette évolution du climat doit être replacée dans un contexte temporel large. La succession des états de l'atmosphère entre hiver et été présente un changement drastique, pourtant considéré, avec raison, comme normal : la température s'élève au cours du printemps, culmine en été puis redescend en automne pour retrouver des valeurs proches de celles de l'hiver précédent. Il y a donc un changement cyclique entre deux états distincts. Une augmentation plus ou moins régulière de la température sur plusieurs années successives peut aussi être considérée comme normale, elle

redescendra après avoir passé un pic. Ces variations s'inscrivent dans ce que les climatologues appellent les normales climatiques (30 années au cours desquelles le climat est censé rester stable). En revanche, si l'on constate, hors variations saisonnières, que la température moyenne subit une tendance lourde sur des durées qui dépassent plusieurs décennies, alors, il y a changement anormal.

### Quelques repères

De tels changements ont déjà eu lieu au cours de l'histoire passée de la Terre. Durant le pléistocène, la Terre a vu se succéder plusieurs glaciations, avec des températures inférieures à 6°C par rapport à la normale 1971-2000, entrecoupées de réchauffements pendant lesquels les conditions climatiques étaient sans doute analogues à celles d'aujourd'hui quoique plus élevées d'au moins 2°C. Les causes de ces variations du climat résident pour l'essentiel dans l'astronomie ainsi que le stipule la théorie de Milankovitch (l'orbite et la rotation terrestre engendrent des variations de l'ensoleillement reçu à la surface de la Terre). Une fois que la température a amorcé sa baisse, les surfaces de neige et glace augmentent et contribuent, par effet rétroactif, à renforcer le refroidissement car une part de plus en plus importante d'énergie solaire est renvoyée dans l'espace, du fait de la forte capacité de réflexion des rayons solaires par les surfaces gelées. Le processus s'arrête puis se renverse quand les conditions initiales qui l'ont déclenché ne sont plus réalisées.

Plus près de nous, l'holocène est la période qui couvre en gros les dix derniers milliers d'années. Le brutal réchauffement, qui mit fin à la dernière glaciation (Würm) vers -20 000 ans, atteint son apogée vers -8 000. Parallèlement, les précipitations augmentent en zone tropicale, entraînant une diminution des zones désertiques tandis que les zones habitables se décalent vers le nord. À partir de -8 000 avant l'actuel, la température commence à diminuer, cette tendance se poursuivant tout au long des millénaires sui-

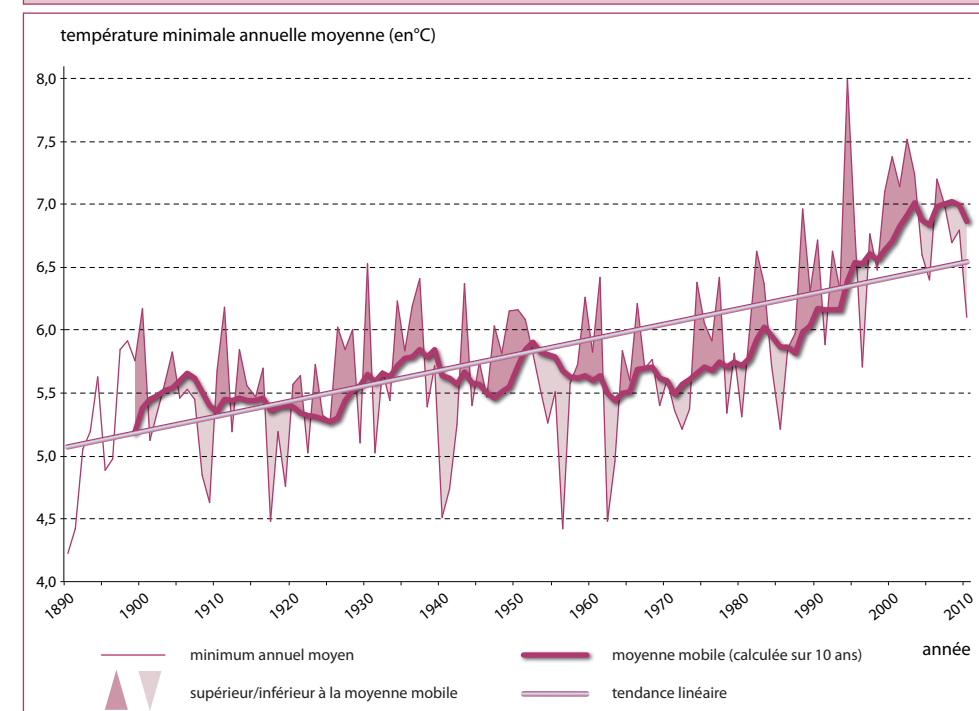
vants de manière irrégulière, avec des phases de réchauffement (l'avant dernière s'étant produite au cours du Moyen Âge) entrecoupées de phases plus froides (*le petit âge glaciaire*). Depuis 150 ans, la température est repartie à la hausse avec des caractéristiques semblables aux évolutions qui viennent d'être décrites (tendance perceptible sur le long terme, irrégularités) mais avec cette différence fondamentale que sa cause est, au moins pour partie, due à l'action que l'homme exerce sur son environnement, ce qui n'était pas le cas auparavant. On ne reviendra pas ici sur les causes de ce changement qui ont été décrites par Yves FOUCART. L'objectif de cet article est d'en montrer l'ampleur touchant trois éléments à Besançon : la température, les précipitations, la pression atmosphérique.

### Un réchauffement hétérogène et irrégulier mais indubitable

#### La moyenne annuelle des températures minimales augmente

Les températures minimales, exprimées sous la forme de moyennes annuelles, présentent une hausse spectaculaire depuis la fin de XIX<sup>e</sup> siècle jusqu'au début du XX<sup>e</sup> (figure 1). La tendance montre que les valeurs passent de 5°C à 6,5°C en 120 ans.

Figure 1 : variation des minimas annuels moyens de 1890 à 2010



Cette évolution est assez irrégulière avec une phase de hausse de 1890 à 1900 à laquelle succède un léger refroidissement jusqu'en 1917. Ensuite, les minimales remontent jusqu'en 1930 pour se stabiliser avec des hauts (6,5°C) et des bas (4,5°C) jusqu'au début des années 1970. Notons qu'aucune moyenne annuelle des minimales inférieure à 5,3°C ne s'est produite depuis 1962, dernière année froide.

Figure 2 : variation des maximas annuels moyens de 1890 à 2010

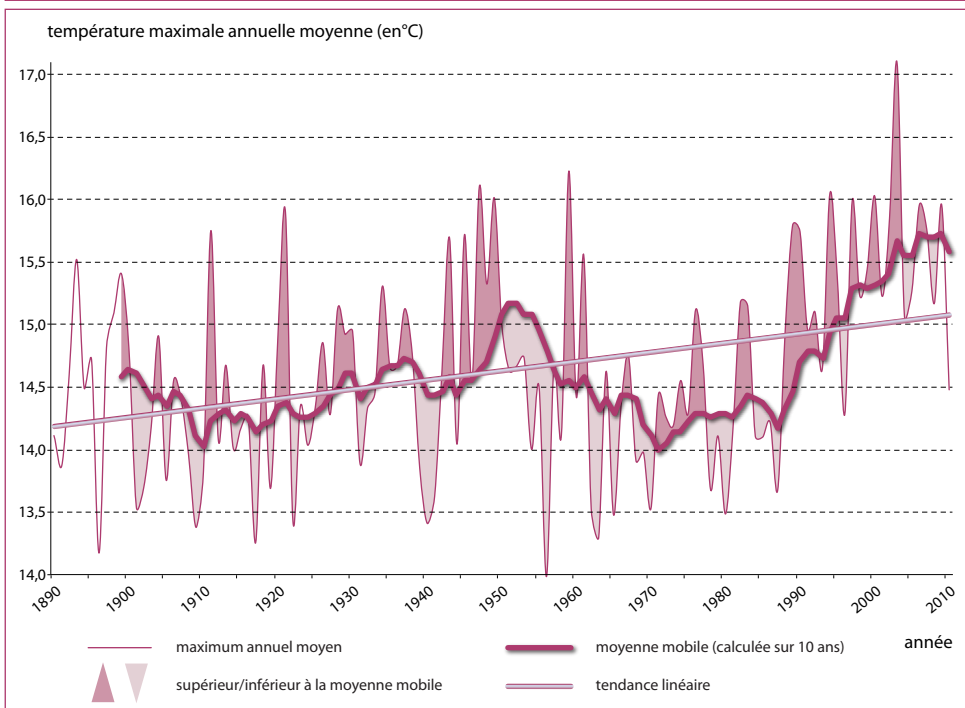
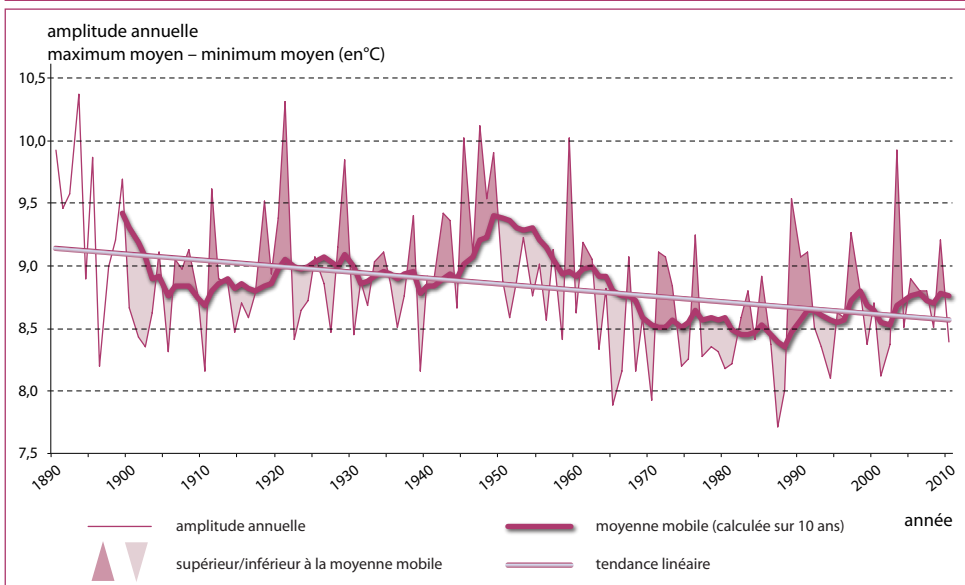


Figure 3 : variation de l'amplitude annuelle (maximum moyen - minimum moyen) de 1890 à 2010



La dernière hausse se produit entre le début des années 1970 et 2002. Depuis une dizaine d'années, les valeurs décroissent à nouveau.

Mais le fait majeur à noter est la variation, parfois très importante, des minimales d'une année à l'autre. Ainsi, entre 1961 (6,4°C) et 1962 (4,5°C), les minima décroissent de presque 2°C. Inversement, on gagne 1,7°C entre 1993 (6,3°C) et 1994 (8°C), ce qui est du même ordre que la tendance observée sur la période.

### La moyenne annuelle des températures maximales croît également

Les maximales ont subi, ainsi que les minimales, une tendance marquée au cours des 120 dernières années (figure 2). Toutefois, les variations, d'ampleur moindre, ne se produisent pas de la même manière. Nous notons une période de relative stabilité jusqu'en 1920 suivie d'un accroissement des valeurs jusqu'en 1950 (16,2°C). À partir de cette date (et malgré l'année 1959 avec 16,3°C), les maximales diminuent jusqu'au début des années 1970, se stabilisent, puis repartent à la hausse dans le milieu des années 1980, jusqu'en 2003, année record (17,16°C). Ici aussi, c'est bien la variation interannuelle qui est la principale caractéristique des maximales annuelles : on perd 2,5°C entre 1921 et 1922, on gagne 2,1°C entre 1958 et 1959, et même 3,3°C entre 1956 et 1959. La variation interannuelle moyenne est de 1,75°C.

Précisons enfin que, même si les variations qui ont été mises en évidence au travers des minimums et des maximums semblent périodiques, nous ne parlerons pas de cycles afin de ne pas laisser supposer qu'elles sont dues à des influences clairement identifiées se répétant de manière régulière. Certaines phases d'échauffement et de refroidissement se produisant au

même moment, il est probable qu'elles sont dues aux mêmes causes (El Niño, La Niña, activité volcanique, activités humaines) mais il est difficile d'en dire beaucoup plus.

### Amplitude thermique

Le changement qui apparaît avec les amplitudes annuelles moyennes (maximum moyen - minimum moyen, figure 3) est plutôt spectaculaire puisqu'elles perdent 0,7°C sur la période. La perte est surtout sensible à partir du milieu des années 1950 jusqu'en 1970. Plus tard, les valeurs se stabilisent autour d'une amplitude moyenne d'environ 8,7°C, variant, selon les années, entre 7,7°C (1987) et 9,9°C (2003).

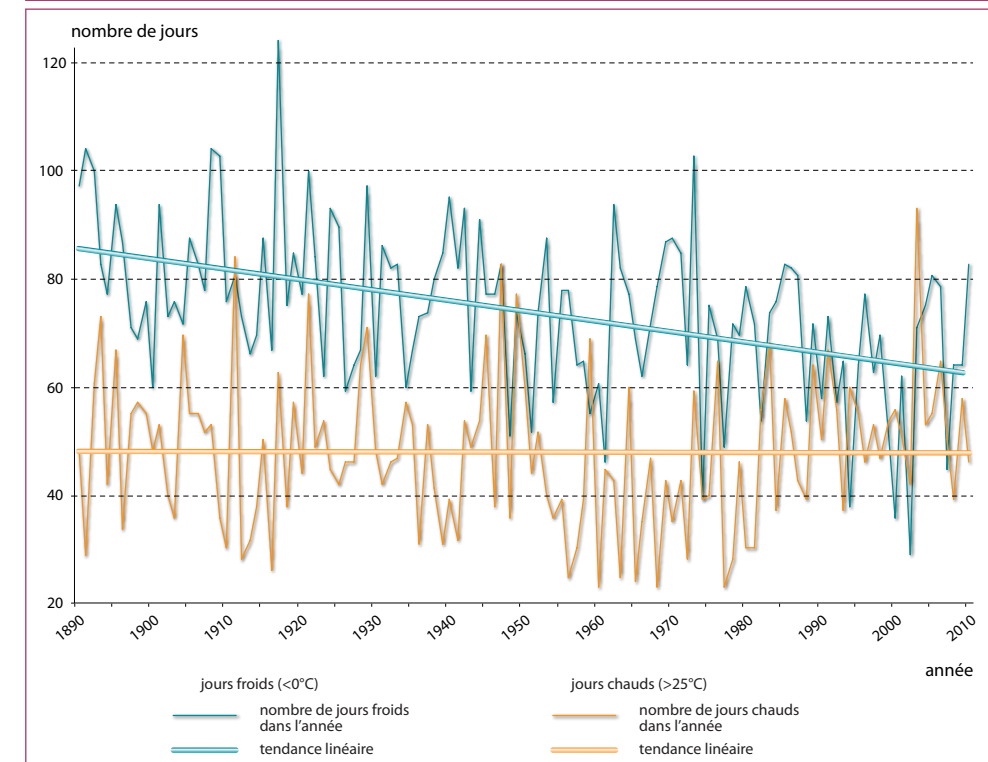
### Nombre de jours froids et chauds

Le nombre de jours froids annuel (température inférieure à 0°C) confirme l'adoucissement des minimales (figure 4) : la tendance linéaire montre que l'on passe de 85 à environ 60 jours annuels de gel entre 1890 et 2010 (moyenne = 74). Des occurrences supérieures à 90 jours par an sont régulièrement observées jusqu'en 1973 (l'année record est 1917 avec 124 jours de gel) et plus jamais après. Les hivers doux comptabilisent environ 60 jours de gel avant 1950, 40 à 60 jours entre 1950 et 1990, et moins de 40 jours à partir de 1994 (36 en 2000, 29 en 2002). Cette double évolution traduit bien le radoucissement du climat bisontin.

Le nombre de jours chauds (température supérieure à 25°C) ne présente aucune tendance claire : leur nombre moyen (48 par an) reste stable du début à la fin de la période d'observation. Les occurrences supérieures à 60 apparaissent à tout moment de la chronique (notamment en 1911 : 84 jours, 1947 : 83 jours et 2003 : 93 jours) tandis que les années sans grandes chaleurs (20-25 jours par an) sont peut-être à peine plus fréquentes entre 1960 et 1980, moins par la suite.

\*En statistique descriptive, un quintile est chacune des quatre valeurs qui divisent les données triées en cinq parts égales, de sorte que chaque partie contient 20 % de l'échantillon ; la médiane, quant à elle est la valeur qui divise l'effectif en deux parties égales.

Figure 4 : variation annuelle du nombre de jours froids (< 0°C) et chauds (> 25°C) de 1890 à 2010



### Durée de la saison froide

Le nombre de jours froids a considérablement diminué. Ce constat est-il dû à une hausse généralisée des températures de la saison froide ou à une réduction de la durée de cette dernière ? Si nous définissons la saison froide comme la période comprise entre le premier jour de gel (en automne) et la dernière gelée du printemps, il est facile de contrôler la validité de cette dernière hypothèse. Au cours de la normale 1891-1920 (tableau 1), la première occurrence de gel se produit une année sur deux à partir du 23 octobre. Mais les gels précoces se produisent plus tôt, dès le 10 octobre une année sur cinq et de manière tardive, après le 9 novembre, une

Tableau 1: la saison froide de 1890 à 1920

	quintile 1*	médiane	quintile 4
première occurrence de gel	10 octobre	23 octobre	9 novembre
dernière occurrence de gel	8 avril	19 avril	3 mai
durée de la saison froide	158	181	194
nombre de jours consécutifs avec une température négative	13	18	32
nombre de jours avec une température négative	72	81	97



Tableau 2 : la saison froide de 1981 à 2010

	quintile 1	médiane	quintile 4
première occurrence de gel	22 octobre	6 novembre	13 novembre
dernière occurrence de gel	2 avril	12 avril	22 avril
durée de la saison froide	148	161	173
nombre de jours consécutifs avec une température négative	11	16	23
nombre de jours avec une température négative	53	65	80

année sur cinq également. La dernière occurrence de gel de printemps se manifeste entre le 8 avril et le 3 mai trois années sur cinq. La durée de la saison froide varie ainsi, dans 60 % des cas, entre 158 et 194 jours selon la date d'apparition et de fin du gel.

La durée la plus longue avec des minimales journalières consécutives inférieures à 0°C est au moins de 18 jours pour 50 % des années mais elle peut atteindre plus d'un mois dans 20 % des cas. Le nombre médian de jours de gel est de 81.

La normale 1981-2010 (tableau 2) montre une saison hivernale tout à la fois moins longue et moins fréquemment froide que 100 ans plus tôt : la première occurrence de gel se produisant 12 jours plus tard et la dernière survenant une semaine plus tôt, la durée de la saison froide est raccourcie d'environ trois semaines. Les occurrences de gel sont également réduites d'environ 20 jours. Toutefois, à l'intérieur d'une période froide plus courte, la fréquence du gel est étonnamment stable : il gela 44 jours d'hiver sur 100 au début du XX<sup>e</sup> siècle et 40 jours sur 100 au siècle plus tard.

### Des précipitations en très légère hausse

Les précipitations sont un autre élément du climat dont la prise en compte est fondamentale. La quantité et le rythme de pluie (ou de neige) qui s'abat sur un territoire conditionne, à jeu égal avec les températures, l'ensemble de la vie végétale et animale. La variation séculaire de ce paramètre est ainsi très instructive. La figure 5 nous indique que les précipitations ont légèrement augmenté durant la chronique puisqu'elles passent de 1080 mm à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle à 1150 mm 120 ans plus tard ; la moyenne s'inscrivant à 1110 mm. Dans le détail, on remarquera que le nombre d'années peu arrosées (moins de 900 mm) a diminué après 1971 ; mais les années

humides (plus de 1300 mm) apparaissent d'un bout à l'autre de la chronique. Cela accredit l'idée que les écarts interannuels ne sont pas stables. De fait, ils semblent un peu plus modestes après les années 1930, sans qu'il soit possible d'en tirer une quelconque conclusion quant à une modification du rythme des précipitations.

Le nombre moyen annuel de jours avec une précipitation supérieure à 5 mm augmente également de façon très modérée : on passe de 70 à 77 jours par an de 1890 à 2010 (figure 6). Pour le reste, on peut considérer que les deux courbes sont synchrones : les années humides étant le plus souvent caractérisées par un nombre élevé de jours de précipitation. De fait, le coefficient de corrélation entre abats et nombre de jours de précipitation est de 0,88. On peut en conclure que l'intensité moyenne des précipitations est à peu près stable tout au long des 120 années considérées.

### Les pressions tendent à augmenter

La pression atmosphérique est un élément du climat rarement pris en compte car, contrairement à la température et aux précipitations, ou encore au vent ou à l'insolation, elle n'est pas accessible aux sens sans instrument de mesure. Mais sa variation peut instruire le débat du changement climatique de manière intéressante car la pression moyenne rend compte de la fréquence avec laquelle un site est soumis

aux flux d'ouest et ses dépressions (pression plutôt faible) ou, au contraire, aux systèmes anticycloniques (pression plutôt élevée). Les valeurs de ce paramètre présentent une belle tendance (figure 7). Les valeurs passent de 1016,5 à 1017,8 hPa du début à la fin de la période d'observation.

### Le climat de Besançon devient-il plus océanique ?

Si l'on considère le double jeu des températures et des précipitations qui augmentent, il est tentant d'en conclure que le climat de Besançon, et d'une bonne partie de la Franche-Comté sans doute, est devenu plus océanique depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Le gel et l'amplitude thermique qui diminuent renforcent cette idée. Toutefois, d'autres indicateurs s'inscrivent en faux dans ce schéma : des températures élevées et les pressions qui augmentent. On évolue donc vers un climat moins froid l'hiver, plus chaud l'été et un peu plus humide ■

Figure 5 : abats annuels de précipitations de 1890 à 2010

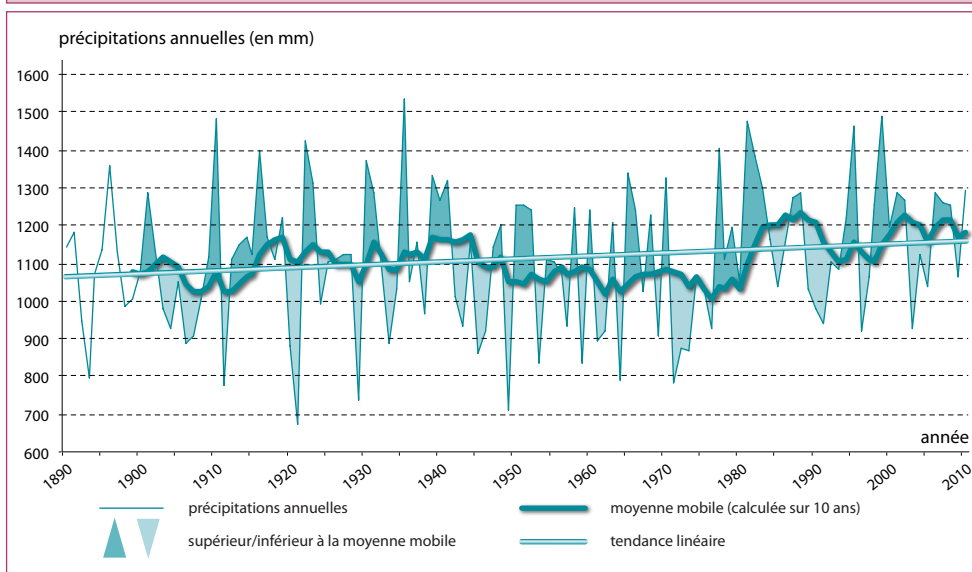


Figure 6 : nombre de jours avec une précipitation supérieure à 5 mm de 1890 à 2010

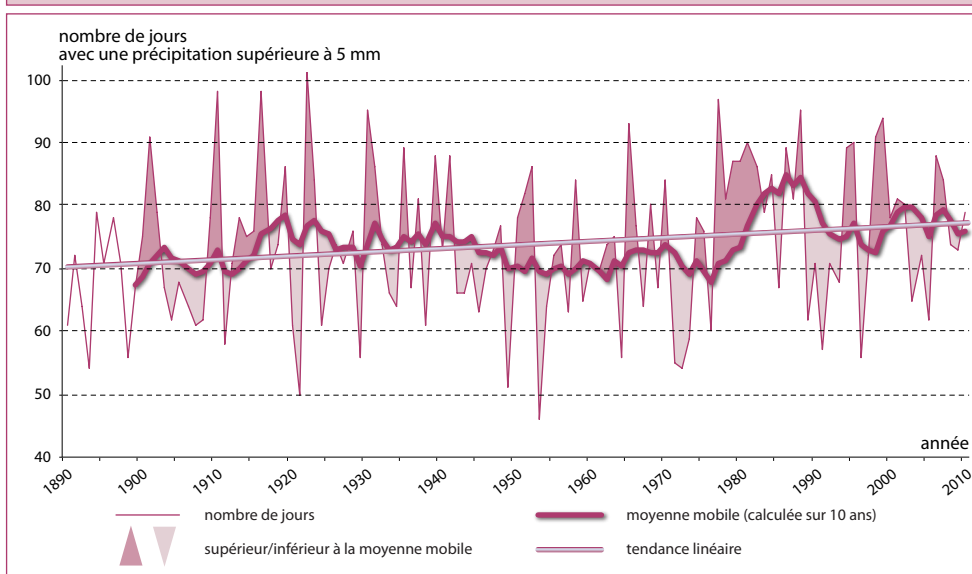


Figure 7 : pression annuelle moyenne de 1890 à 2010

