

Diagnostic climatique territorialisé CERDD

Zone 2 : Côte Nord

A propos

Ce document est issu d'une livraison effectuée par Météo-France pour le compte du CERDD en 2019.

L'objectif de ce document est de permettre d'avoir l'ensemble des informations climatiques connues sur une zone climatique précise.

Avec l'accord de Météo-France, le CERDD a réalisé plusieurs documents synthétisés par zones en reprenant les éléments du Diagnostic climatique CERDD complet : <http://www.observatoireclimat-hautsdefrance.org/Les-ressources/Ressources-documentaires/Diagnostics-climatiques-Meteo-France>. Les contenus sont donc les mêmes mais ont été mis en forme.

Dans les parties « Analyse des indicateurs annuels », le CERDD a complété les informations déjà fournies par Météo-France issues des tableaux et des analyses générales, en détaillant par station et par paramètre.

Table des matières

A propos	2
I. Éléments techniques	4
A. Production des séries de données	4
1. Séries homogénéisées (SH).....	4
2. Séries quotidiennes de référence (SQR).....	5
B. Production des tendances et des tests statistiques d'évaluation	5
1. Production des tendances.....	6
2. Méthode de Monte-Carlo et significativité.....	6
C. Production des graphiques	7
D. Présentation des indicateurs annuels	8
1. Evolution de la température minimale (TN), moyenne (TM) et maximale (TX) dans les Hauts-de-France.....	8
2. Evolution du nombre de journées chaudes (TX > 25°C) dans les Hauts-de-France.....	8
3. Evolution du nombre de jours anormalement chauds (TX > Normale + 5°C) et du nombre de jours de vague de chaleur (TX > Normale + 5°C pendant au moins 5 jours consécutifs) dans les Hauts-de-France.....	9
4. Evolution du nombre de nuits tropicales (TN > 20°C) dans les Hauts-de-France.....	9
5. Evolution du nombre de jours de gel (TN ≤ 0°C) dans les Hauts-de-France.....	10
6. Evolution des cumuls annuels des hauteurs des précipitations dans les Hauts-de-France.....	10
7. Evolution du nombre de jours de fortes précipitations (cumul quotidien des précipitations ≥ 20 mm) dans les Hauts-de-France.....	11
8. Evolution du nombre de jours sans pluie (cumul quotidien des précipitations < 1 mm) et de la période de sécheresse (maximum annuel de jours consécutifs sans pluies) dans les Hauts-de-France.....	11
II. Diagnostic climatique territorialisé	12
A. Zone 2 : Côte Nord	14
1. Spécificités climatiques de la zone.....	14
2. Evolution récente du climat.....	15
3. Evolution possible pour la fin du XXI ^{ème} siècle.....	15
4. Analyse des indicateurs annuels.....	16
4.1. <i>Station de Dunkerque</i>	16

I. Éléments techniques

A. Production des séries de données

Il existe deux grandes familles de séries climatologiques nous permettant de calculer des indicateurs climatiques :

- les séries homogénéisées,
- les séries quotidiennes de référence.

Les séries homogénéisées sont des séries mensuelles ou annuelles nous les utiliserons donc pour les indicateurs mensuels.

Les indicateurs du type « nombre de jours » nécessite une information quotidienne, nous utiliserons donc les séries quotidiennes de référence.

1. Séries homogénéisées (SH)

Analyser les évolutions climatiques à partir de mesures météorologiques exige de disposer de séries climatologiques suffisamment longues et dont les valeurs soient comparables dans le temps. S'il est assez facile de constituer des séries cinquantenaires, voire centenaires, il est rare que ces dernières soient utilisables en l'état :

- la qualité des données originales n'est pas toujours irréprochable. Des erreurs de mesures ou de saisie peuvent avoir été introduites et les manques peuvent être fréquents.
- les événements susceptibles d'introduire dans les séries des ruptures d'homogénéité sont nombreux (déplacements des points de mesures, modification de leur environnement, changements de capteurs ou d'observateurs, ...). Ces ruptures peuvent être du même ordre de grandeur que les phénomènes que l'on cherche à mettre en évidence.

Il est donc indispensable avant toute analyse d'une série climatologique de s'assurer préalablement de la qualité des données, de rechercher les ruptures d'homogénéité dans la série et de les corriger.

Le processus d'homogénéisation est mis en œuvre sur des sous-parties du territoire des Hauts-de-France tous les 3 à 7 ans. La fin de la période d'homogénéisation n'est pas la même pour toutes les stations du territoire. La liste des stations homogénéisées peut sensiblement varier entre les différentes itérations du processus.

Les séries de températures minimales, de températures maximales et de précipitations sélectionnées présentent la spécificité d'avoir été homogénéisées, c'est-à-dire que les biais liés aux ruptures ont été corrigés statistiquement. Ces séries constituent donc des références pour analyser l'évolution du climat des décennies précédentes.

2. Séries quotidiennes de référence (SQR)

Les séries quotidiennes de référence sont constituées des données climatologiques quotidiennes pour une période d'une station météorologique, sélectionnée sur divers critères :

- pas ou peu de ruptures d'homogénéité dans la série mensuelle (amplitude des corrections appliquées à la série mensuelle faible),
- moins de 10 % de données manquantes sur la période,
- pas ou peu de déplacements successifs du poste de mesure (sur l'horizontale et en altitude) ,
- continuité du numéro de poste.

On constitue la SQR à partir de la date la plus récente de la série homogénéisée et on s'arrête lorsqu'un des critères n'est plus rempli.

Ces données ont subi un contrôle climatologique, cependant il n'y a pas eu de correction des biais et des ruptures.

Nous utiliserons trois types de séries quotidiennes de référence : les températures minimales, les températures maximales et les précipitations.

B. Production des tendances et des tests statistiques d'évaluation

Pour savoir s'il se dégage une tendance ou si les valeurs annuelles restent comprises dans une fourchette correspondant à la variabilité naturelle du climat, on procède à un test statistique en suivant la méthode de Monte-Carlo. Le résultat de ce test est accompagné d'un degré de certitude de 70 %, 90 %, 95 % ou 99 % appelé significativité.

1. Production des tendances

La plus simple des tendances est la moyenne mobile. Celle-ci correspond simplement à une moyenne établie sur un intervalle de temps glissant. L'intervalle choisi est 11 années. Chaque année, la valeur la plus ancienne composant la moyenne est remplacée par la valeur de la nouvelle séquence.

Elle permet de déterminer des tendances à plus ou moins long terme, d'autant plus fortes que la direction de la moyenne est ferme.

Une seconde tendance exploitée est la droite de régression linéaire du temps. La pente de cette droite permet de visualiser les évolutions de la série chronologique sur une période définie et de fournir une variation moyenne.

2. Méthode de Monte-Carlo et significativité

La méthode de Monte-Carlo nous permet d'affirmer s'il y a une tendance ou non pour les données observées.

Cette méthode est une méthode probabiliste permettant de mesurer les effets de certains changements sur le comportement du système initial.

Étapes de la méthode :

- calcul de coefficient de la régression linéaire initiale au carré noté R^2_{initial} ,
- ré-échantillonnage des données au hasard, régression linéaire et calcul du nouveau coefficient noté R^2 ,
- répétition de l'opération précédente 1000 fois,
- comptage du nombre de fois le R^2 est supérieur au R^2_{initial} .

Cette dernière opération nous permet de connaître la significativité de la tendance moyenne de variation observée à l'aide du tableau suivant :

Seuil de significativité	Non significatif	70 %	90 %	95 %	99 %
Élément de décision	$R^2 > R^2_{\text{initial}}$ dans plus de 30 % des simulations	$R^2 > R^2_{\text{initial}}$ dans moins de 30 % des simulations	$R^2 > R^2_{\text{initial}}$ dans moins de 10 % des simulations	$R^2 > R^2_{\text{initial}}$ dans moins de 5 % des simulations	$R^2 > R^2_{\text{initial}}$ dans moins de 1 % des simulations
Lecture de l'information	On peut affirmer qu'il n'y a pas de tendance temporelle	On a 30 % de chance de se tromper en affirmant qu'il y a une tendance temporelle	On a 10 % de chance de se tromper en affirmant qu'il y a une tendance temporelle	On a 5 % de chance de se tromper en affirmant qu'il y a une tendance temporelle	On a 1 % de chance de se tromper en affirmant qu'il y a une tendance temporelle

Par convention, on considérera que la tendance est significative à partir du seuil 90 %.

C. Production des graphiques

Pour chaque station et chaque indicateur du changement climatique, le graphique comporte :

- les valeurs de l'indicateur ou les anomalies (différence à la normale 1981-2010),
- la moyenne glissante sur 11 ans,
- la tendance sur la période complète 1955-2018 ou sur la période homogénéisée pour les indicateurs issus des séries homogénéisées,
- la tendance sur la période climatologique 1981-2010,
- la légende qui précise la valeur des tendances.

Lorsque la tendance est significative (seuil de significativité supérieure ou égale à 95%), la légende de la tendance est écrite en bleu, dans le cas contraire, elle reste noire.

Lorsqu'une année possède plus de 10 % de données manquantes, elle est considérée comme manquante et ne sera ni affichée sur les graphiques, ni prise en compte dans les calculs de moyenne et de tendance.

Si elle possède moins de 10 % de données manquantes, le symbole « * » sera présent au sommet de l'histogramme de l'année correspondante.

Pour les évolutions des températures minimales, moyennes et maximales et des cumuls des précipitations ainsi que l'évolution de leurs anomalies (différence à la normale 1981-2010), les données homogénéisées sont complétées par des données issues des séries brutes pour inclure les dernières données disponibles. Ces dernières sont représentées en couleurs pâles sur les graphiques.

D. Présentation des indicateurs annuels

1. Evolution de la température minimale (TN), moyenne (TM) et maximale (TX) dans les Hauts-de-France

La température est un marqueur important de l'évolution climatique. Si elle caractérise bien le changement climatique, elle ne caractérise pas clairement les sensations du public.

La température moyenne quotidienne est la moitié de la somme de la température minimale et de la température maximale.

La température maximale (TX) est mesurée entre le jour J à 06 h UTC et 06 h UTC le lendemain et la température minimale (TN) est mesurée entre 18 h UTC la veille et 18 h UTC le jour J. Pour mémoire, l'heure légale est égale à l'heure UTC +1h en hiver et +2h en été.

L'indicateur porte sur l'écart entre la température (minimale, moyenne ou maximale) annuelle et la température (minimale, moyenne ou maximale) moyenne sur la période climatologique 1981-2010.

Nous avons retenu huit séries homogénéisées : Saint-Quentin (02), Lille (59), Dunkerque (59), Beauvais (60), Creil (60), Boulogne-sur-Mer (62), Le Touquet (62) et Abbeville (80).

2. Evolution du nombre de journées chaudes (TX > 25°C) dans les Hauts-de-France

Les extrêmes chauds de température sont un marqueur important de l'évolution climatique. Ils sont directement reliés à la hausse des températures moyennes. Ils caractérisent aussi de façon satisfaisante les sensations du public.

Une journée chaude, avec une température maximale dépassant les 25°C, est aisément perçue par le public de façon concrète.

La température maximale (TX) est mesurée entre le jour J à 06h UTC et 06 h UTC le lendemain. Pour mémoire, l'heure légale est égale à l'heure UTC +1h en hiver et +2h en été.

L'indicateur porte sur le nombre annuel de ces journées chaudes.

Nous avons retenu six séries quotidiennes de référence (SQR) : Saint-Quentin (02), Lille (59), Cambrai (59), Beauvais (60), Boulogne-sur-Mer (62) et Le Touquet (62).

3. Evolution du nombre de jours anormalement chauds (TX > Normale + 5°C) et du nombre de jours de vague de chaleur (TX > Normale + 5°C pendant au moins 5 jours consécutifs) dans les Hauts-de-France

Les vagues de chaleur et les extrêmes chauds de température sont des marqueurs importants de l'évolution climatique. Ils sont directement reliés à la hausse des températures moyennes. Ils caractérisent aussi de façon satisfaisante les sensations du public. Pendant une vague de chaleur en été, le public perçoit aisément le phénomène de façon concrète.

L'indicateur porte sur le nombre annuel de jours anormalement chauds et sur le nombre de jours de vague de chaleur.

Une journée anormalement chaude est une journée avec une température maximale supérieure de plus de 5°C aux normales mensuelles.

Une vague de chaleur est définie ici comme une série d'au moins 5 jours consécutifs anormalement chauds.

Les normales utilisées sont issues de la climatologie 1981-2010.

Cette définition relative permet de mieux correspondre aux sensations du public. Ainsi, une période de températures élevées à Lille peut correspondre à une vague de chaleur à Lille alors que la même séquence de température à Marseille ne serait pas considérée comme une vague de chaleur car les températures normales sont plus élevées à Marseille qu'à Lille.

A noter que par définition les vagues de chaleur peuvent avoir lieu en hiver. On parle alors préférentiellement de vagues de douceur.

Nous avons retenu six séries quotidiennes de référence (SQR) : celles de Saint-Quentin (02), Lille (59), Cambrai (59), Beauvais (60), Boulogne-sur-Mer (62) et Le Touquet (62).

4. Evolution du nombre de nuits tropicales (TN > 20°C) dans les Hauts-de-France

Le nombre de nuits tropicales dans l'année est un marqueur important de l'évolution climatique. Il est directement relié à la hausse des températures moyennes.

Une nuit tropicale se produit quand la température minimale est supérieure à 20°C. La température minimale (TN) est mesurée entre 18 h UTC la veille et 18 h UTC le jour J. Pour mémoire, l'heure légale est égale à l'heure UTC +1h en hiver et +2h en été.

L'indicateur porte sur le nombre annuel de ces nuits tropicales.

Nous avons retenu cinq séries quotidiennes de référence (SQR) : Saint-Quentin (02), Cambrai (59), Boulogne-sur-mer (62), Le Touquet (62) et Abbeville (80).

5. Evolution du nombre de jours de gel ($TN \leq 0^{\circ}\text{C}$) dans les Hauts-de-France

Le nombre de jours de gel dans l'année est un marqueur important de l'évolution climatique. Il est directement relié à la hausse des températures moyennes.

Un jour de gel se produit quand la température minimale est inférieure ou égale à 0°C . La température minimale (TN) est mesurée entre 18 h UTC la veille et 18 h UTC le jour J. Pour mémoire, l'heure légale est égale à l'heure UTC +1h en hiver et +2h en été.

L'indicateur porte sur le nombre annuel de ces jours de gel.

Nous avons retenu cinq séries quotidiennes de référence (SQR) : Saint-Quentin (02), Cambrai (59), Boulogne-sur-Mer (62), Le Touquet (62) et Abbeville (80).

6. Evolution des cumuls annuels des hauteurs des précipitations dans les Hauts-de-France

Les précipitations sont une des composantes importantes du climat. La quantité de pluie a un impact sur les ressources en eau pour l'agriculture mais aussi la consommation d'eau potable.

Le cumul des précipitations ne dépend pas directement de la température, mais un air plus chaud peut contenir davantage de vapeur d'eau (loi de Clausius-Clapeyron) et un air plus riche en eau peut conduire en moyenne sur l'année à des précipitations plus abondantes (en cumul annuel et/ou en fortes précipitations).

L'indicateur porte sur le rapport entre le cumul annuel de pluies recueillies et le cumul annuel moyen sur la période climatologique 1981-2010. Ce rapport est exprimé en %, 0 % représente une égalité entre le cumul moyen et le cumul annuel, une valeur négative représente un déficit de précipitations et une valeur positive représente un excédent de précipitations.

Nous avons retenu huit séries homogénéisées : Saint-Quentin (02), Lille (59), Dunkerque (59), Beauvais (60), Creil (60), Boulogne-sur-Mer (62), Le Touquet (62) et Abbeville (80).

7. Evolution du nombre de jours de fortes précipitations (cumul quotidien des précipitations ≥ 20 mm) dans les Hauts-de-France

Les précipitations sont une des composantes importantes du climat. La quantité de pluies a un impact sur les ressources en eau pour l'agriculture mais aussi la consommation d'eau potable.

Les cumuls des précipitations ne dépendent pas directement de la température mais un air plus chaud peut contenir davantage de vapeur d'eau (loi de Clausius-Clapeyron) et un air plus riche en eau peut conduire en moyenne sur l'année à des précipitations plus abondantes (en cumul annuel et/ou en pluies fortes).

L'indicateur porte sur le nombre annuel de jours avec un cumul annuel quotidien supérieur ou égal à 20 mm soit l'équivalent de 20 litres d'eau par m².

Nous avons retenu six séries quotidiennes de référence (SQR) : Saint-Quentin (02), Dunkerque (59), Troisvilles (59), Beauvais (60), Creil (60) et Doullens (80).

8. Evolution du nombre de jours sans pluie (cumul quotidien des précipitations < 1 mm) et de la période de sécheresse (maximum annuel de jours consécutifs sans pluies) dans les Hauts-de-France

Les précipitations sont une des composantes importantes du climat. La quantité de pluies a un impact sur les ressources en eau pour l'agriculture mais aussi la consommation d'eau potable.

Les cumuls des précipitations ne dépendent pas directement de la température mais un air plus chaud peut contenir davantage de vapeur d'eau (loi de Clausius-Clapeyron) et un air plus riche en eau peut conduire en moyenne sur l'année à des précipitations plus abondantes (en cumul annuel et/ou en pluies fortes).

L'indicateur porte sur le nombre annuel de jours sans pluie, c'est-à-dire avec un cumul quotidien inférieur à 1mm (soit l'équivalent de 1 litre d'eau par m²).

Le second indicateur porte sur la période de sécheresse, c'est-à-dire le maximum annuel de jours consécutifs sans pluie.

Nous avons retenu six séries quotidiennes de référence (SQR) : Saint-Quentin (02), Dunkerque (59), Troisvilles (59), Beauvais (60), Creil (60) et Doullens (80).

II. Diagnostic climatique territorialisé

Les Hauts-de-France connaissent un climat tempéré d'influence océanique, c'est-à-dire des températures clémentes et des précipitations régulières. Plus en détail, on constate des particularités locales dans la climatologie des territoires de la région.

Les zones côtières sont plus venteuses et l'influence de la mer rafraîchit les températures l'été mais les adoucit l'hiver. Les collines de l'Artois sont aussi une zone bien venteuse, très arrosée et assez fraîche l'hiver. Sur la frange nord-est de la région, l'Avesnois dans le Nord et la Thiérache dans l'Aisne constituent une autre zone arrosée et fraîche où l'influence du massif ardennais commence à se faire sentir. C'est aussi une zone moins ensoleillée. Le reste de la région est assez homogène. On peut simplement noter le sud picard (sud-est de l'Oise et sud de l'Aisne) qui subit l'influence du bassin parisien et qui est un peu plus chaud et plus sec l'été.

La région est souvent dans la trajectoire des perturbations atlantiques ; ce qui explique la variabilité du temps. Les tempêtes suivent ce même rail des perturbations et la région connaît un nombre de tempêtes plus important que d'autres régions. La force du vent diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne des côtes.

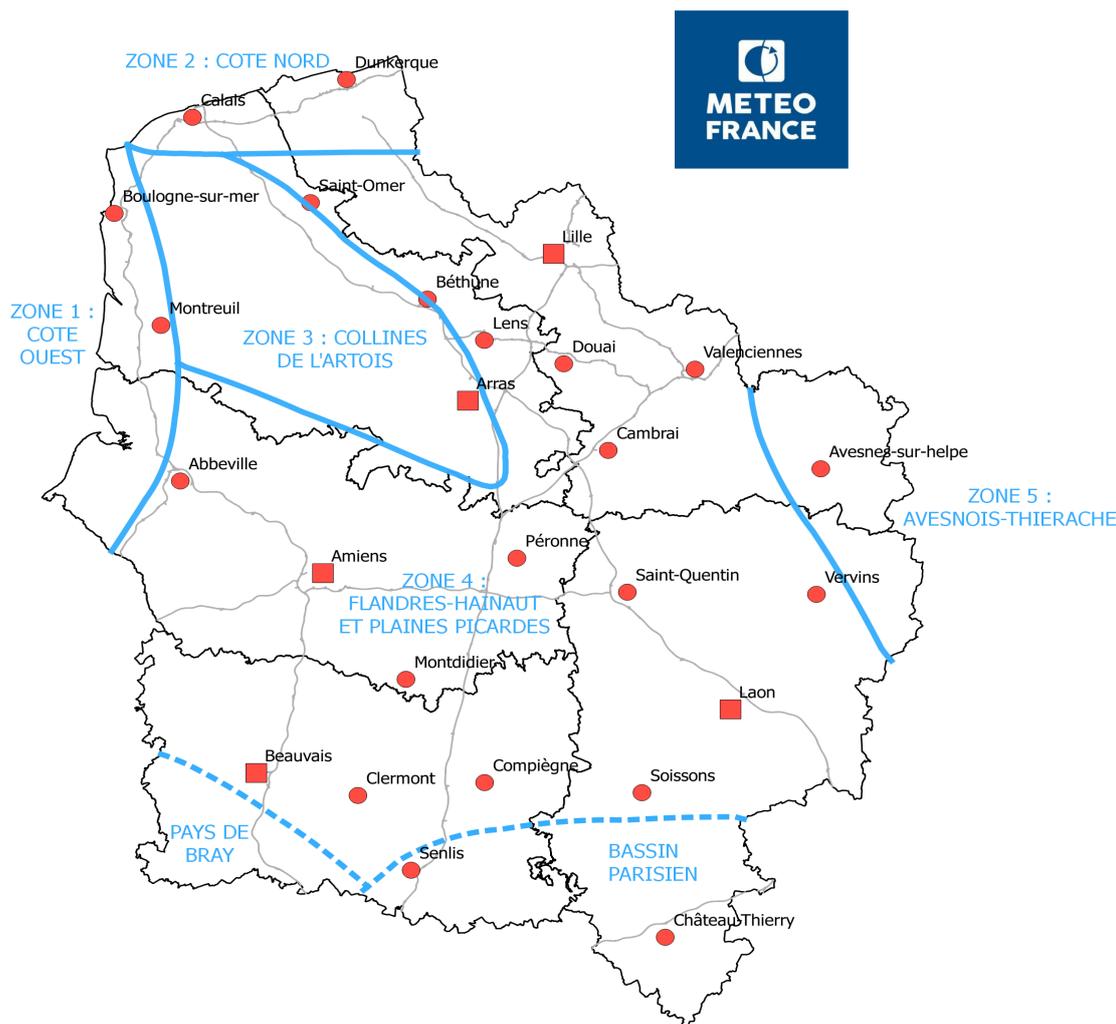


Illustration 1: Découpage climatique des Hauts-de-France

Le découpage climatologique (illustration 1) correspond assez bien au découpage géographique et géologique de la région. Il comprend différentes zones géographiques : les côtes nord et ouest, les collines de l'Artois, l'Avesnois et la Thierache et la Flandres-Hainaut et les plaines picardes. Les zones du sud de la Picardie (le pays de Bray et le bassin parisien) ne seront pas détaillées ici, car elles représentent les marges nord de ces zones et s'étendent bien au-delà de la région Hauts-de-France). On peut donc limiter le découpage régional à 5 zones.

Les projections climatiques sur lesquelles se base ce diagnostic sont celles ayant tourné pour le rapport 5 du GIEC et se rapportent aux nouveaux scénarios. Elles sont disponibles sur le site DRIAS (<http://www.drias-climat.fr>). Nous utiliserons les projections climatiques du modèle Aladin pour la fin du siècle (2071-2100) pour différents scénarios d'émission de gaz à effet de serre.

Sauf mention contraire, les valeurs ci-dessous sont issues des normales 1981-2010.

A. Zone 2 : Côte Nord

Cette zone est constituée de la plaine maritime (Calaisis, Dunkerquois) mais aussi de l'arrière-pays dunkerquois et l'on ressent encore l'influence maritime jusque Saint-Omer et Steenvoorde (le Blootland ou « pays-nu » en flamand).

La plaine maritime proprement dite est une zone de basse altitude, moins de 5 mètres en général.

1. Spécificités climatiques de la zone

Les précipitations sont un peu plus modestes que sur la côte ouest avec également un pic de septembre à janvier. A Dunkerque, le cumul annuel des précipitations est de 698 mm et le cumul d'octobre à décembre représente plus de 30 % du cumul annuel. A Calais, il pleut en moyenne 711 mm par an pour 119 jours de pluies dans l'année.

Le nombre de jours de chutes de neige est réduit, moins de 10 jours par an en moyenne, valeur similaire pour le nombre de jours d'orages et ou de chutes de grêle.

La Flandre maritime est plutôt concernée par des vents modérés à assez forts, qui occasionnent souvent un ciel couvert lorsqu'ils soufflent du nord. Les vents faibles et forts restent rares et moins fréquents que sur la côte d'Opale.

Du fait de l'influence de la mer, les températures sont douces en hiver et fraîches en été. Par ailleurs les phénomènes de brise de mer peuvent engendrer des baisses brutales de température. On compte 22 jours de gel à Dunkerque et 36 jours à Calais. En été, sur la période 1991-2010, on a recensé 9 à 14 journées chaudes par an (température maximale ≥ 25 °C) et un à deux jours par an où la température est supérieure ou égale à 30 °C.

Quelques épisodes marquants depuis 2001	
Vent fort / Tempête	25/01/2014 : 128 km/h à Calais 27/10/2002 : 122 km/h à Dunkerque lors de la tempête Jeannett
Température mini-male	18/01/2013 : -9°C à Dunkerque 08/01/2010 : -14°C à Calais
Température maxi-male	19/07/2006 : 37°C à Calais 19/07/2006 : 38,3°C à Dunkerque
Précipitations	23/07/2003 : 46,8 mm à Dunkerque 12/08/2006 : 51,1 mm à Calais
Tornade	09/11/2001 : Tornade de niveau EF3 à Dunkerque

2. Evolution récente du climat

Les mesures de la station de Dunkerque nous permettent de constater les évolutions climatiques suivantes depuis 1955 :

- une hausse significative de la température moyenne de l'ordre de 0,30°C par décennie,
- une hausse significative du cumul annuel des précipitations de l'ordre de 24,7mm par décennie.

La station de Dunkerque n'est pas une série quotidienne de référence, les autres indicateurs (nombre de journées chaudes, nombre de jours de gel, ...) ne sont donc pas disponibles.

3. Evolution possible pour la fin du XXI^{ème} siècle

Les évolutions ci-dessous sont données sous forme de fourchette entre le scénario optimiste (RCP 2,6) et le scénario pessimiste (RCP 8,5).

La fourchette va de la valeur minimale du scénario optimiste jusqu'à la valeur maximale du scénario pessimiste.

On attend :

- une augmentation des températures moyennes annuelles de 0,9°C à 3,4°C par rapport à la période de référence 1976-2005,
- une diminution de 6 jours à 19 jours de gel par an par rapport à la période de référence 1976-2005,
- une augmentation de 3 jours à 43 jours de vagues de chaleur par an par rapport à la période de référence 1976-2005,
- une augmentation de 1 jour à 22 jours de nuits tropicales par an par rapport à la période de référence 1976-2005,
- une variation de +10 mm à -55 mm des précipitations estivales par rapport à la période de référence 1976-2005.

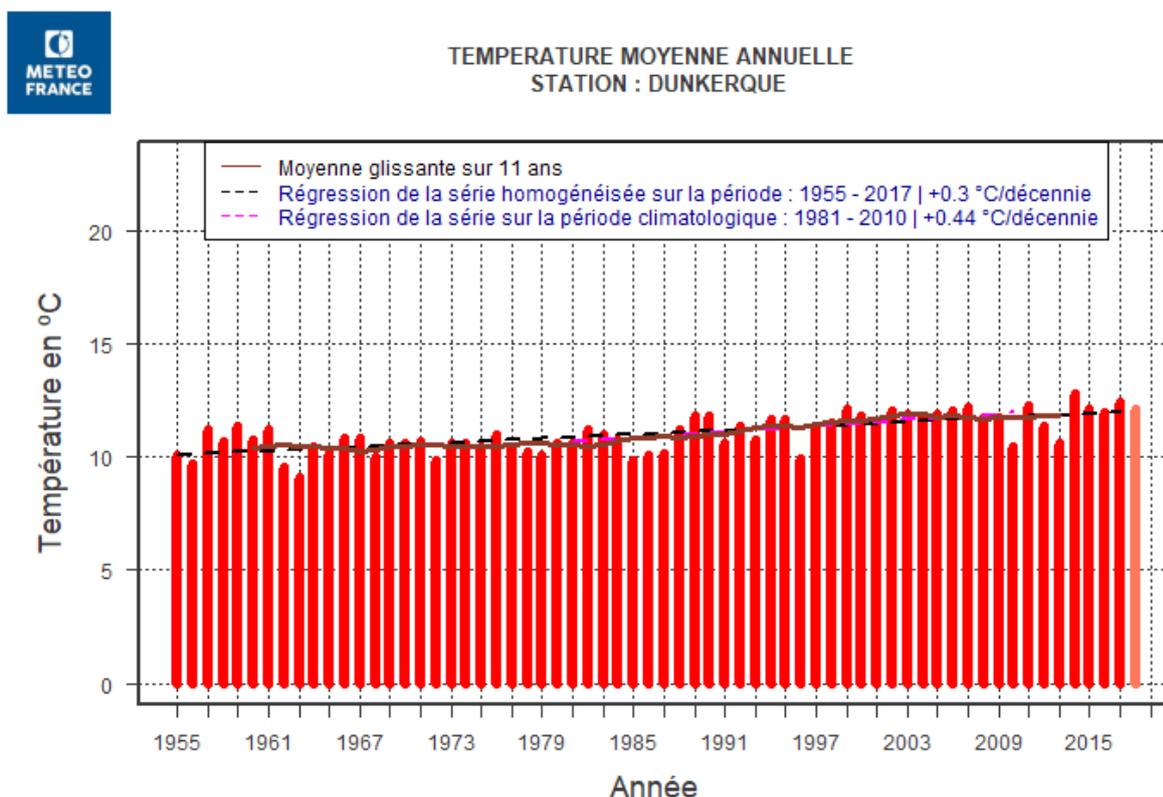
4. Analyse des indicateurs annuels

Dans la zone 2 (Côte Nord) il y a 1 station météorologique avec un historique conséquent : Dunkerque (59).

4.1. Station de Dunkerque

a) Température moyenne

Le graphe suivant présente la température moyenne annuelle de la station de Dunkerque sur la période 1955-2018.



Les résultats pour la **température moyenne** sur la **période homogénéisée** sont présentés dans le tableau ci-dessous :

	Période homogénéisée	Température moyenne moyenne sur la période homogénéisée	Tendance de la température moyenne sur la période homogénéisée	Seuil de confiance (70, 90, 95 % ou 99%)
Dunkerque	1955-2017	11 °C	+0,30°C/décennie	99 %

A Dunkerque la tendance est à la hausse significative des températures moyennes avec + 0,30 °C par décennie en moyenne depuis 1955 (11,0°C en moyenne), soit une augmentation de + 1,9°C sur la période homogénéisée 1955-2017.

Cette tendance est affirmée avec une certitude de 99 % en traçant une tendance linéaire entre les années et les températures moyennes (test statistique de la méthode de Monte-Carlo), **ce qui indique que les variations annuelles des températures moyennes ne sont pas dues à la variabilité naturelle du climat.**

La température moyenne mondiale s'est élevée de 1,5°C (hors océan) sur la période 1955-2017, soit une augmentation de 0,24°C par décennie. Cette tendance à la hausse apparaît ainsi plus rapide en région.

En outre, sur les 11 dernières années de la période homogénéisée (dans le cas présent il s'agit de la période 2007-2017), la température moyenne annuelle pour Dunkerque a, chaque année, été supérieure à la moyenne de la période homogénéisée, sauf en 2010 et en 2013.

Pour information, des données sont également disponibles pour l'année 2018 mais cette année n'est pas intégrée dans la période homogénéisée de Météo-France (cf. explications dans partie I. Éléments techniques page 5).

A titre indicatif la température moyenne de 2018 est inférieure à celle de 2017 pour la station de Dunkerque.

Les résultats pour la **température moyenne** sur la **période climatologique 1981-2010** sont présentés dans le tableau ci-dessous :

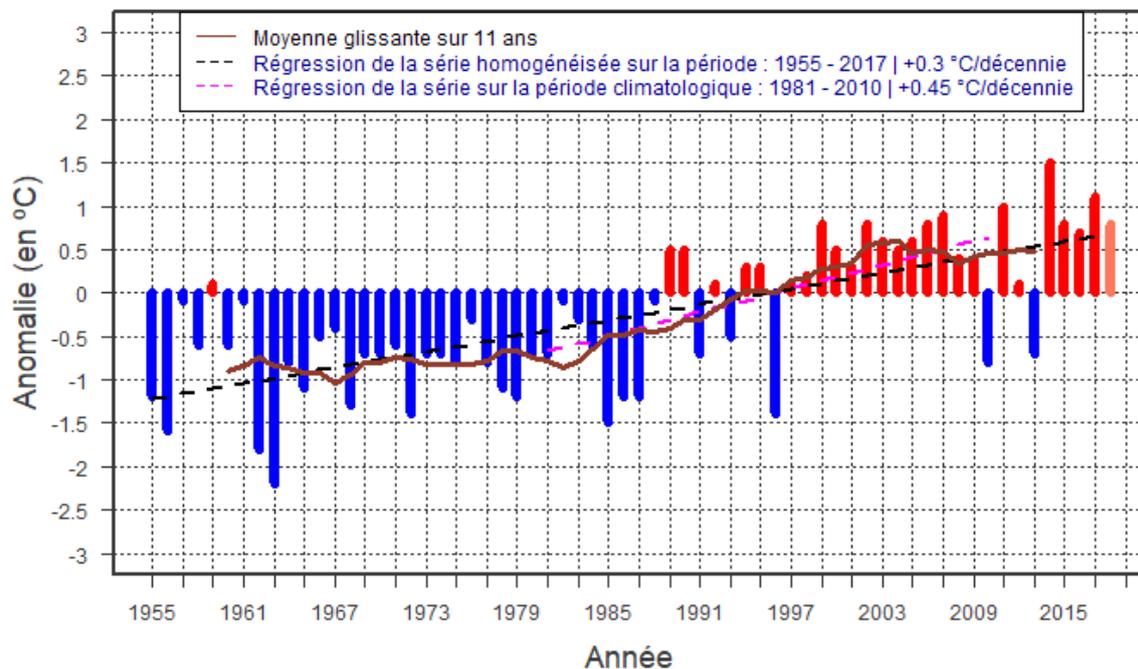
	Période climatologique	Température moyenne moyenne sur la période climatologique	Tendance de la température moyenne sur la période climatologique	Seuil de confiance (70, 90, 95 % ou 99%)
Dunkerque	1981-2010	11,3 °C	+0,44°C/décennie	99 %

Sur la période climatologique 1981-2010, la hausse est plus marquée pour la station de Dunkerque.

Le graphe suivant présente l'écart à la référence 1981-2010 de la température moyenne annuelle de Dunkerque sur la période 1955-2018.

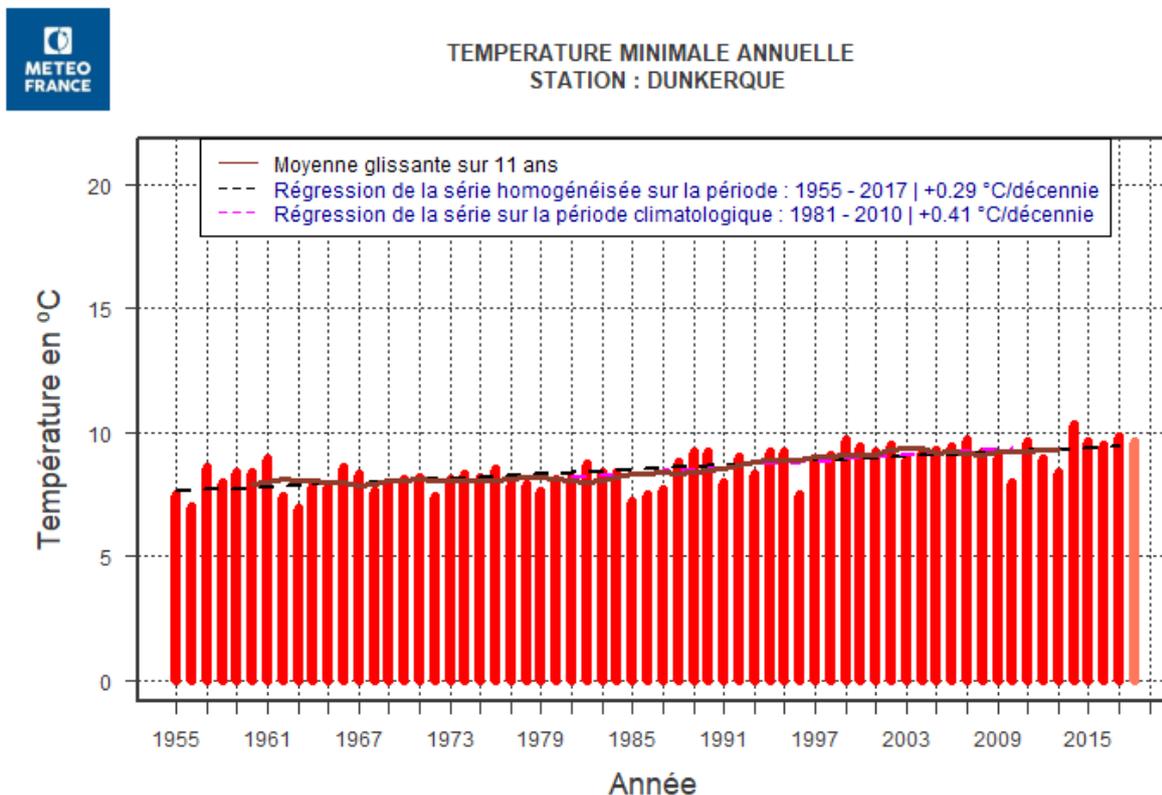


TEMPERATURE MOYENNE ANNUELLE : ECART A LA REFERENCE 1981 - 2010
STATION : DUNKERQUE



b) Température minimale

Le graphe suivant présente la température minimale annuelle de la station de Dunkerque sur la période 1955-2018.



Les résultats pour la **température minimale** sur la **période homogénéisée** sont présentés dans le tableau ci-dessous :

	Période homogénéisée	Température minimale moyennée sur la période homogénéisée	Tendance de la température minimale sur la période homogénéisée	Seuil de confiance (70, 90, 95 % ou 99%)
Dunkerque	1955-2017	8,5 °C	+0,29°C/décennie	99 %

Les résultats sont cohérents avec ceux sur la température moyenne.

A Dunkerque la tendance est à la hausse significative des températures minimales avec + 0,29 °C par décennie en moyenne depuis 1955 (8,5°C en moyenne), soit une augmentation de + 1,8°C sur la période homogénéisée 1955-2017.

Cette tendance est affirmée avec une certitude de 99 % en traçant une tendance linéaire entre les années et les températures minimales (test statistique de la méthode de

Monte-Carlo), ce qui indique que les variations annuelles des températures minimales ne sont pas dues à la variabilité naturelle du climat.

Sur les 20 dernières années de la période homogénéisée (soit depuis 1998), deux années (2010 et 2013) se trouvent sous la moyenne des températures minimales comptabilisées sur la période homogénéisée pour la station de Dunkerque alors qu'entre 1955 et 1997 la situation est inversée, il n'y a eu que 11 années au-dessus de la moyenne.

L'année où les températures minimales ont été les plus élevées est 2014.

Pour information, des données sont également disponibles pour l'année 2018 mais cette année n'est pas intégrée dans la période homogénéisée de Météo-France (cf. explications dans partie I. Éléments techniques page 5).

Les résultats pour la **température minimale** sur la **période climatologique 1981-2010** sont présentés dans le tableau ci-dessous :

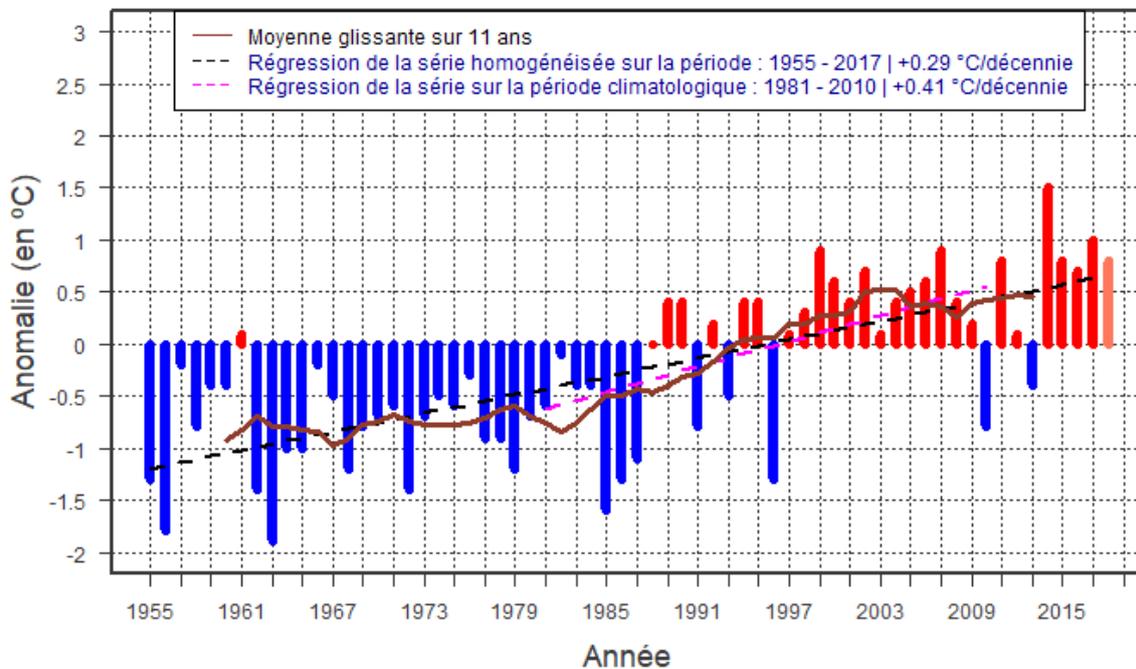
	Période climatologique	Température minimale moyennée sur la période climatologique	Tendance de la température minimale sur la période climatologique	Seuil de confiance (70, 90, 95 % ou 99%)
Dunkerque	1981-2010	8,8 °C	+0,41°C/décennie	99 %

Sur la période climatologique 1981-2010, la hausse est plus marquée pour la station de Dunkerque.

Le graphe suivant présente l'écart à la référence 1981-2010 de la température minimale annuelle de la station de Dunkerque sur la période 1955-2018.

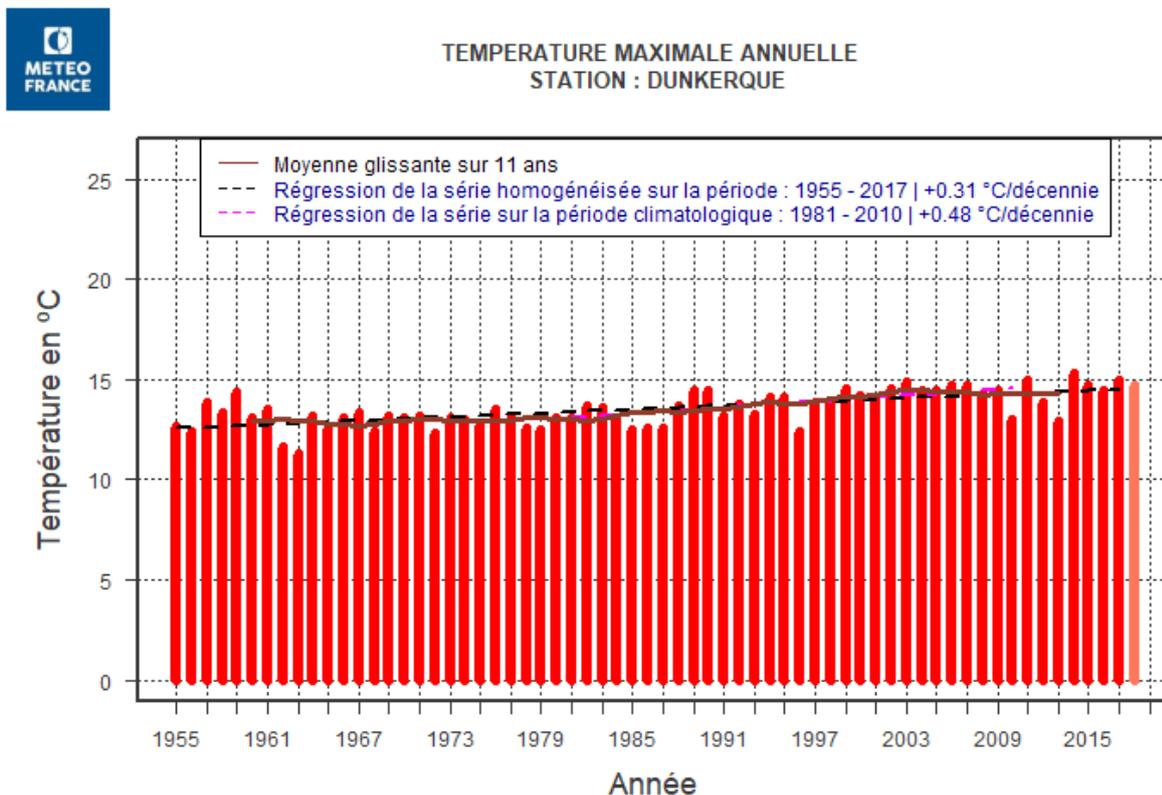


TEMPERATURE MINIMALE ANNUELLE : ECART A LA REFERENCE 1981 - 2010
STATION : DUNKERQUE



c) Température maximale

Le graphe suivant présente la température maximale annuelle de la station de Dunkerque sur la période 1955-2018.



Les résultats pour la **température maximale** sur la **période homogénéisée** sont présentés dans le tableau ci-dessous :

	Période homogénéisée	Température maximale moyennée sur la période homogénéisée	Tendance de la température maximale sur la période homogénéisée	Seuil de confiance (70, 90, 95 % ou 99%)
Dunkerque	1955-2017	13,5 °C	+0,31°C/décennie	99 %

Les résultats sont cohérents avec ceux sur la température moyenne.

A Dunkerque la tendance est à la hausse significative des températures maximales avec + 0,31 °C par décennie en moyenne depuis 1955 (13,5°C en moyenne), soit une augmentation de + 2,0°C sur la période homogénéisée 1955-2017.

Cette tendance est affirmée avec une certitude de 99 % en traçant une tendance linéaire entre les années et les températures maximales (test statistique de la méthode de Monte-Carlo), ce qui indique que les variations annuelles des températures maximales ne sont pas dues à la variabilité naturelle du climat.

En outre, sur les 11 dernières années de la période homogénéisée (dans le cas présent il s'agit de la période 2007-2017), la température maximale annuelle pour Dunkerque a, chaque année, été supérieure à la moyenne de la période homogénéisée, sauf en 2010 et 2013.

L'année où les températures maximales ont été les plus élevées est 2014.

Pour information, des données sont également disponibles pour l'année 2018 mais cette année n'est pas intégrée dans la période homogénéisée de Météo-France (cf. explications dans partie I. Éléments techniques page 5).

Les résultats pour la **température maximale** sur la **période climatologique 1981-2010** sont présentés dans le tableau ci-dessous :

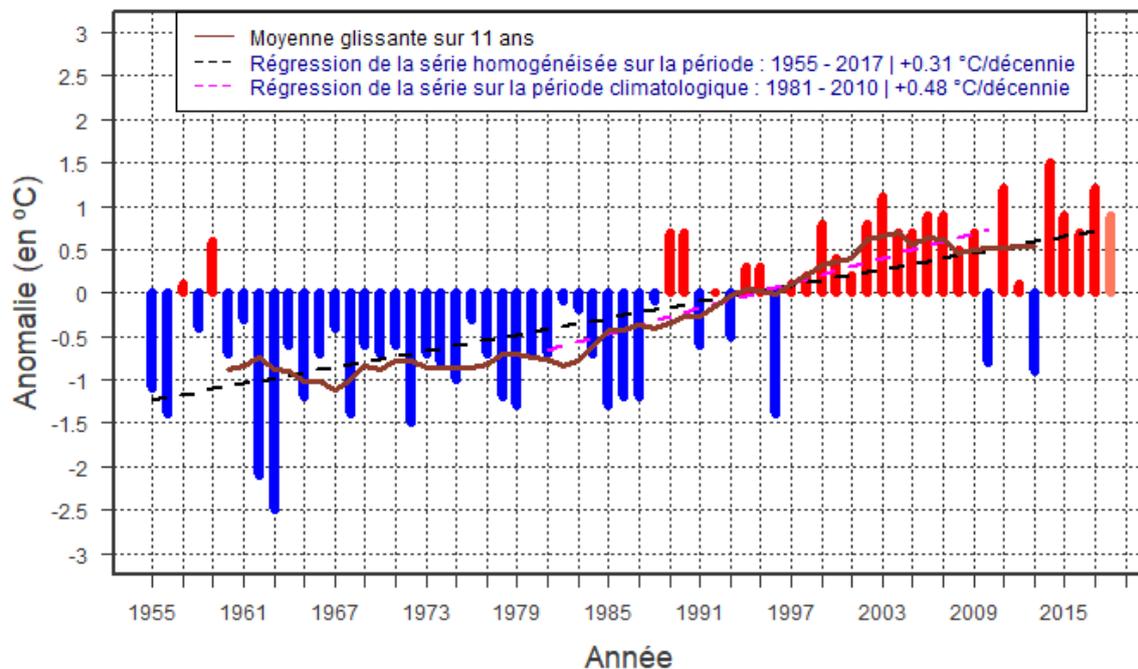
	Période climatologique	Température maximale moyennée sur la période climatologique	Tendance de la température maximale sur la période climatologique	Seuil de confiance (70, 90, 95 % ou 99%)
Dunkerque	1981-2010	13,8 °C	+0,48°C/décennie	99 %

Sur la période climatologique 1981-2010, la hausse est plus marquée et atteint même une augmentation de 0,48°C par décennie pour la station de Dunkerque.

Le graphe suivant présente l'écart à la référence 1981-2010 de la température maximale annuelle de la station de Dunkerque sur la période 1955-2018.

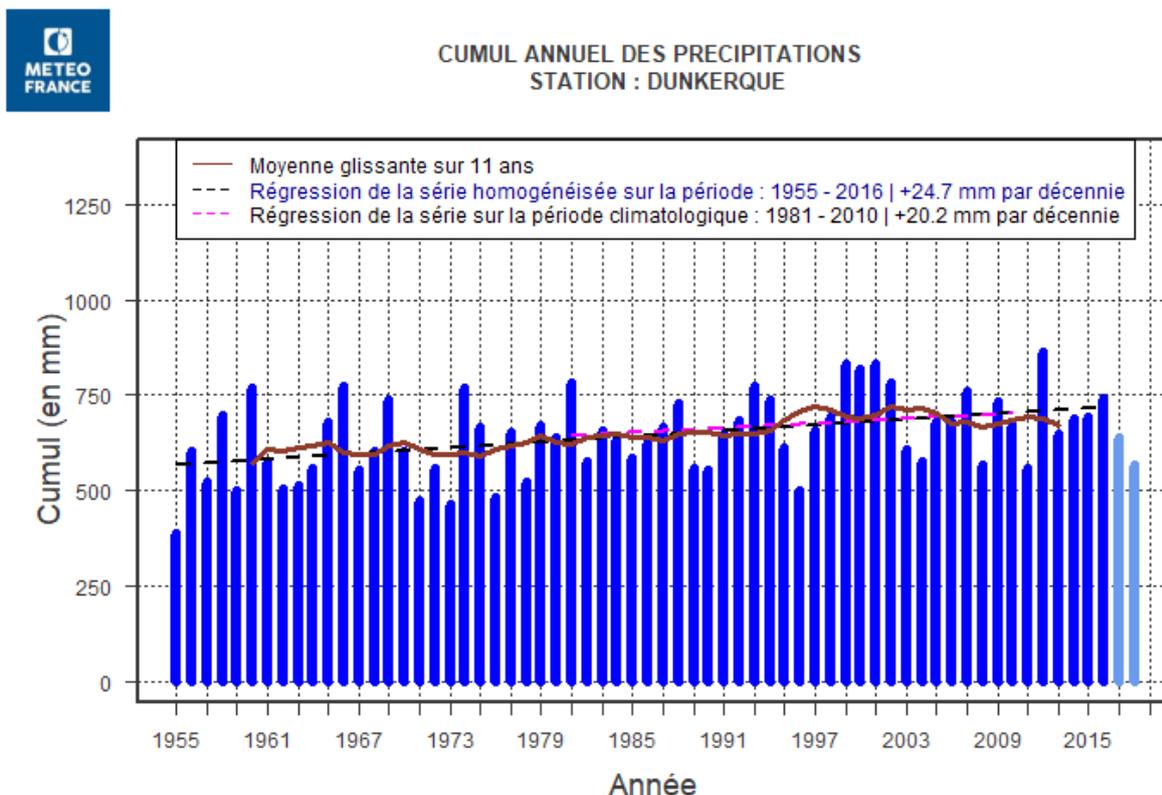


TEMPERATURE MAXIMALE ANNUELLE : ECART A LA REFERENCE 1981 - 2010
STATION : DUNKERQUE



d) Cumul de précipitations

Le graphe suivant présente le cumul annuel des précipitations de la station de Dunkerque sur la période 1955-2018.



Les résultats pour le **cumul annuel des précipitations** sur la **période homogénéisée** sont présentés dans le tableau ci-dessous :

	Période homogénéisée	Cumul annuel moyen sur la période homogénéisée	Tendance du cumul annuel sur la période homogénéisée	Seuil de confiance (70, 90, 95 % ou 99%)
Dunkerque	1955-2016	643,6 mm	+24,7 mm/décennie	99 %

A Dunkerque la tendance est à la hausse significative du cumul annuel moyen de précipitations avec + 24,7 mm par décennie en moyenne depuis 1955 (643,6 mm en moyenne), soit une hausse de 153,1 mm sur la période homogénéisée 1955-2016.

Cette tendance est affirmée avec une certitude de 99 % en traçant une tendance linéaire entre les années et les cumuls de précipitations moyennes (test statistique de la méthode de Monte-Carlo), **ce qui indique que les variations annuelles des cumuls de précipitations moyennes ne sont pas dues à la variabilité naturelle du climat mais relèvent bien d'une tendance de fond et que le cumul de précipitations change effectivement au cours des années.**

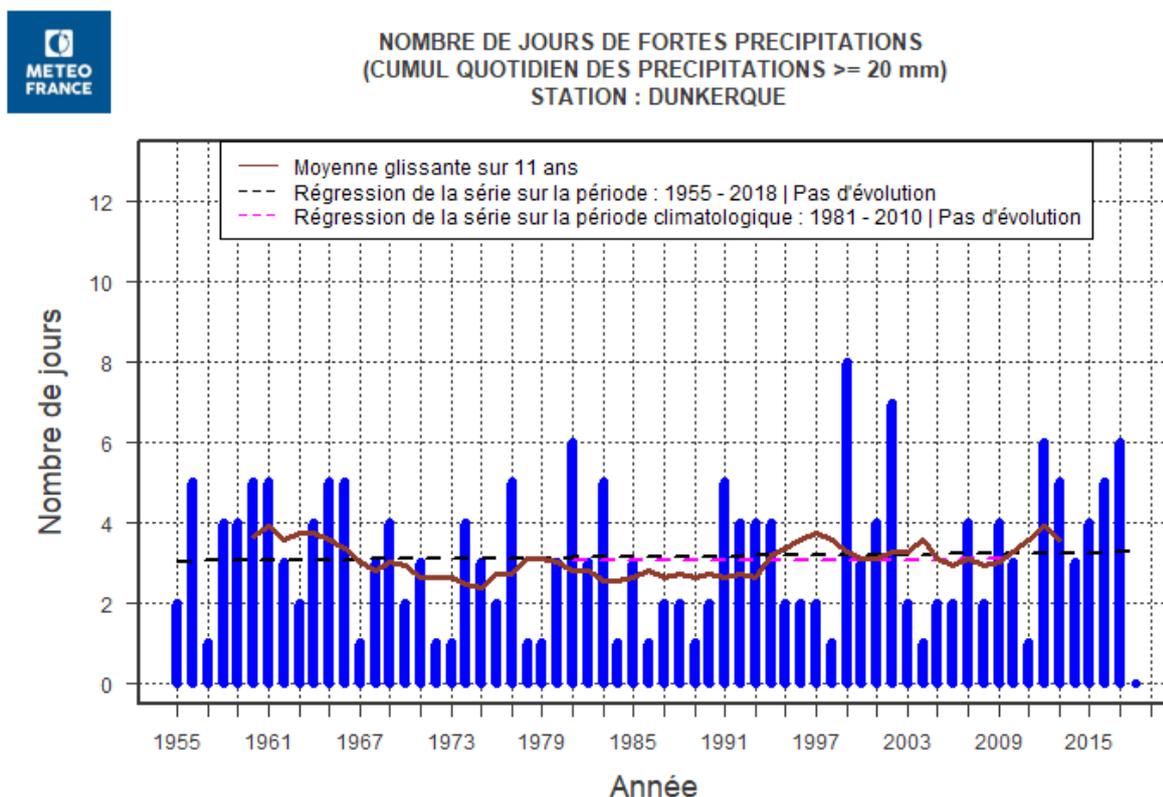
Les résultats pour le **cumul annuel des précipitations** sur la **période climatologique 1981-2010** sont présentés dans le tableau ci-dessous :

	Période climatologique	Cumul annuel moyen sur la période climatologique	Tendance du cumul annuel sur la période climatologique	Seuil de confiance (70, 90, 95 % ou 99%)
Dunkerque	1981-2010	674 mm	+20,2 mm/décennie	Non significatif

Sur la période climatologique 1981-2010, les résultats ne sont pas significatifs sur la station de Dunkerque, **il est donc impossible de conclure sur une potentielle évolution du cumul de précipitations** au cours de cette période.

e) Nombre de jours de fortes précipitations

Le graphe suivant présente le nombre annuel de jours de fortes précipitations de la station de Dunkerque sur la période 1955-2018.



D'une façon générale, on constate que les évolutions concernant les précipitations sont moins certaines que celles concernant les températures.

Les résultats pour le **nombre annuel de jours de fortes précipitations** sur la **période complète 1955-2018** sont présentés dans le tableau ci-dessous :

	Période complète	Nombre annuel moyen de jours de fortes précipitations sur la période complète	Tendance du nombre annuel de jours de fortes précipitations sur la période complète	Seuil de confiance (70, 90, 95 % ou 99%)
Dunkerque	1955-2018	3,1 jours	Pas d'évolution	Non significatif

A Dunkerque le seuil de confiance n'est pas significatif, sur la période complète 1955-2018, il est donc impossible de conclure sur une potentielle évolution du nombre de jours de fortes précipitations au cours de cette période. Le nombre annuel moyen de fortes pluies sur la station de Dunkerque est de 3,1 jours.

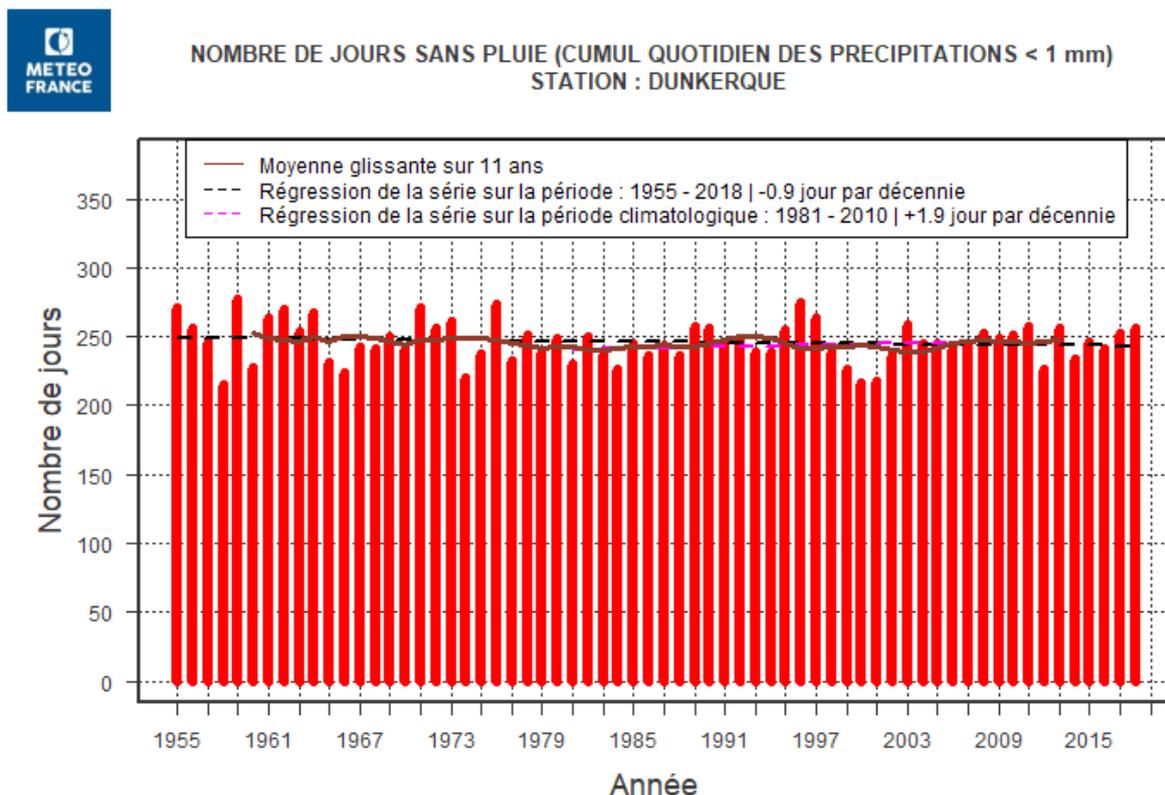
Les résultats pour le **nombre annuel de jours de fortes précipitations** sur la **période climatologique 1981-2010** sont présentés dans le tableau ci-dessous :

	Période climatologique	Nombre annuel moyen de jours de fortes précipitations sur la période climatologique	Tendance du nombre annuel de jours de fortes précipitations sur la période climatologique	Seuil de confiance (70, 90, 95 % ou 99%)
Dunkerque	1981-2010	3,1 jours	Pas d'évolution	Non significatif

De la même façon il est impossible de conclure à une tendance du nombre de jours de fortes précipitations au cours de la période climatologique 1981-2010 sur la station de Dunkerque.

f) Nombre de jours sans pluie

Le graphe suivant présente le nombre annuel de jours sans pluie de la station de Dunkerque sur la période 1955-2018.



D'une façon générale, on constate que les évolutions concernant les précipitations sont moins certaines que celles concernant les températures. Globalement, les indicateurs de températures confirment tous un réchauffement et avec un degré de certitude bien marqué (seuil de confiance de 99 %). Pour les précipitations en revanche, le bilan est plus contrasté.

Les résultats pour le **nombre annuel de jours sans pluie** sur la **période complète 1955-2010** sont présentés dans le tableau ci-dessous :

	Période complète	Nombre annuel moyen de jours sans pluie sur la période complète	Tendance du nombre annuel de jours sans pluie sur la période complète	Seuil de confiance (70, 90, 95 % ou 99%)
Dunkerque	1955-2018	246,2 jours	-0,9 jour/décennie	Non significatif

A Dunkerque le seuil de confiance n'est pas significatif, il est donc impossible de conclure sur une potentielle évolution de ce nombre de jours sans pluie au cours de la période 1955-2018. Le nombre annuel moyen de jours sans pluie est de 246,2 jours sur cette période.

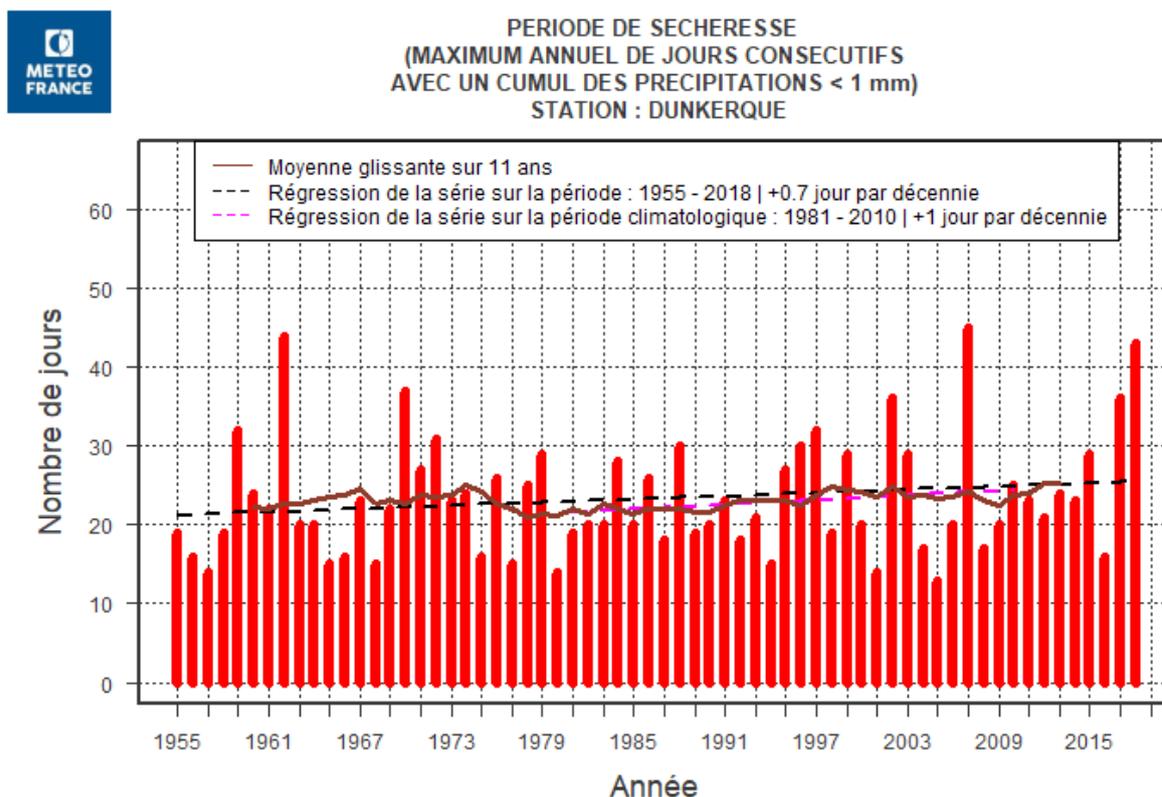
Les résultats pour le **nombre annuel de jours sans pluie** sur la **période climatologique 1981-2010** sont présentés dans le tableau ci-dessous :

	Période climatologique	Nombre annuel moyen de jours sans pluie sur la période climatologique	Tendance du nombre annuel de jours sans pluie sur la période climatologique	Seuil de confiance (70, 90, 95 % ou 99%)
Dunkerque	1981-2010	243,6 jours	+1,9 jour/décennie	Non significatif

Sur la période climatologique 1981-2010 le seuil de confiance n'est pas significatif, il est donc impossible de conclure sur une potentielle évolution de ce nombre de jours sans pluie au cours de cette période sur la station de Dunkerque.

g) Nombre de jours en période de sécheresse

Le graphe suivant présente le nombre annuel de jours en période de sécheresse de la station de Dunkerque sur la période 1955-2018.



Les résultats pour la **période de sécheresse annuelle** sur la **période complète 1955-2018** sont présentés dans le tableau ci-dessous :

	Période complète	Période de sécheresse moyenne annuelle sur la période complète	Tendance de la période de sécheresse moyenne annuelle sur la période complète	Seuil de confiance (70, 90, 95 % ou 99%)
Dunkerque	1955-2018	23,3 jours	+0,7 jour/décennie	70 %

A Dunkerque la tendance est à la hausse du nombre annuel moyen en période de sécheresse avec + 0,7 jour par décennie en moyenne depuis 1955 (23,3 jours en moyenne), soit une hausse de 4,5 jours sur la période complète 1955-2018.

Cette tendance n'est affirmée qu'avec une certitude de 70 % en traçant une tendance linéaire entre les années et le nombre de jours annuels en période de sécheresse (test statistique de la méthode de Monte-Carlo), **ce qui indique qu'il y a donc 30 % de risque de se tromper en affirmant qu'il y a une tendance temporelle .**

Les résultats pour la **période de sécheresse annuelle** sur la **période climatologique 1981-2010** sont présentés dans le tableau ci-dessous :

	Période climatologique	Période de sécheresse moyenne annuelle sur la période climatologique	Tendance de la période de sécheresse moyenne annuelle sur la période climatologique	Seuil de confiance (70, 90, 95 % ou 99%)
Dunkerque	1981-2010	23 jours	+1 jour/décennie	Non significatif

Sur la période climatologique 1981-2010, l'évolution de la période de sécheresse annuelle n'est pas significative sur la station de Dunkerque.