

# **Diagnostic climatique territorialisé CERDD**

**Zone 3 : Collines de l'Artois**

## 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

<b>A propos.....</b>	<b>2</b>
<b>I. Éléments techniques.....</b>	<b>4</b>
<b>A. Production des séries de données.....</b>	<b>4</b>
1. Séries homogénéisées (SH).....	4
2. Séries quotidiennes de référence (SQR).....	5
<b>B. Production des tendances et des tests statistiques d'évaluation.....</b>	<b>5</b>
1. Production des tendances.....	6
2. Méthode de Monte-Carlo et significativité.....	6
<b>C. Production des graphiques.....</b>	<b>7</b>
<b>D. Présentation des indicateurs annuels.....</b>	<b>8</b>
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
<b>II. Diagnostic climatique territorialisé.....</b>	<b>12</b>
<b>A. Zone 3 : Collines de l'Artois.....</b>	<b>14</b>
1. Spécificités climatiques de la zone.....	14
2. Evolution récente du climat.....	15
3. Evolution possible pour la fin du XXI <sup>ème</sup> siècle.....	15
4. Analyse des indicateurs annuels.....	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  $R^2_{\text{initial}}$ ,
- 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  $R^2_{\text{initial}}$ .

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  $0^{\circ}\text{C}$ . 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 $\geq 20$ 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  $m^2$ .

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  $m^2$ ).

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.

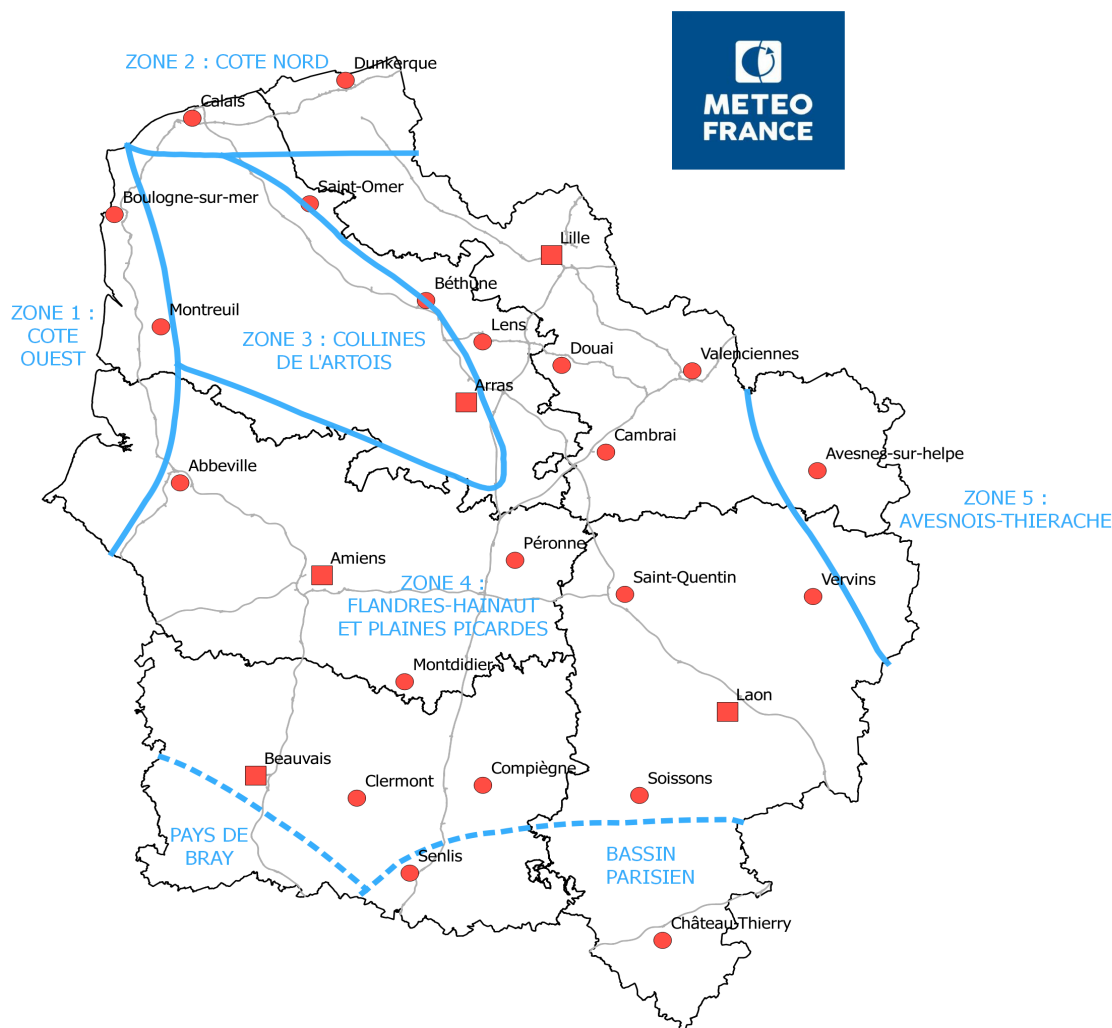


Illustration 1: Découpage climatique des Hauts-de-France

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 3 : Collines de l'Artois

Elles s'étendent du Boulonnais à Arras selon un axe nord-ouest/sud-est. Le relief est modeste et atteint au maximum 208 m près de Desvres et descend jusqu'à Arras (65m). Ce relief est suffisant pour bloquer les pluies qui arrivent du sud-ouest et les « sommets » de la région sont la zone la plus arrosée.

### 1. Spécificités climatiques de la zone

Cette zone connaît les plus forts cumuls de précipitations de la région, jusqu'à 1100 mm par an. Le nombre de jours de précipitations dépasse souvent les 140 par an et même les 150 par an en moyenne dans la région de Desvres-Licques.

Côté température, le nombre de jours de gel est assez conséquent, entre 40 et 50 jours par an en moyenne.

Les brouillards sont également assez fréquents, entre 40 et 55 jours par an en moyenne.

Les vents de sud-ouest et de nord-est sont dominants avec un nombre de jours de vents forts assez important, notamment sur les hauteurs. On relève 1 jour sur 5 avec des vents moyens supérieur à 29 km/h à Desvres.

Quelques épisodes marquants depuis 2001	
<b>Vent fort / Tempête</b>	10/03/2019 : 125 km/h à Arras 18/01/2007 : 127 km/h à Radinghem 18/01/2001 : 138 km/h à Lillers
<b>Température minimale</b>	25/01/2013 : -12,4°C à Arras 04/02/2012 : -16,3°C à Lillers 04/02/2012 : -14,6°C à Radinghem
<b>Température maximale</b>	10/08/2003 : 36,7°C à Radinghem 06/08/2003 : 37,5°C à Lillers 06/08/2003 : 37,6°C à Arras
<b>Précipitations</b>	03/07/2005 : 123 mm à Fiefs 03/07/2005 : 97,4 mm à Arras 03/07/2005 : 87,8 mm à Lillers
<b>Tornado</b>	23/08/2010 : Tornado de niveau EF2 à Humbert

## 2. Evolution récente du climat

On peut considérer que les tendances climatiques depuis 1955 sont semblables à celles diagnostiquées au Touquet (§ Erreur : source de la référence non trouvée).

A titre illustratif, on notera les caractéristiques locales suivantes issue de la station de Radinghem, qui n'est pas une longue série climatologique :

- Depuis 2001, on compte plus d'une année sur deux avec moins de 40 jours de gel,
- Depuis 2001, le seuil de 30°C a été atteint chaque été.

## 3. Evolution possible pour la fin du XXI<sup>ème</sup> 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 1°C à 3,5°C par rapport à la période de référence 1976-2005,
- une diminution de 9 jours à 32 jours de gel par an par rapport à la période de référence 1976-2005,
- une augmentation de 8 jours à 85 jours de vagues de chaleur par an par rapport à la période de référence 1976-2005,
- une augmentation de 0 jour à 16 jours de nuits tropicales par an par rapport à la période de référence 1976-2005,
- une variation de +15 mm à -80 mm des précipitations estivales par rapport à la période de référence 1976-2005.

#### 4. Analyse des indicateurs annuels

Dans la zone 3 (Collines de l'Artois) il n'y a aucune station météorologique avec un historique conséquent.