

2 Climat

et changement climatique en Normandie

Tatihou (Manche)



Nadège Basset

Plan du chapitre

- ▶ Un climat « variable », océanique et tempéré
- ▶ Les projections climatiques réalisées pour la Normandie
- ▶ La température de l'air
- ▶ Les épisodes de froid et de chaleur
- ▶ Le volume des précipitations
- ▶ La saisonnalité des précipitations
- ▶ Le vent
- ▶ L'ensoleillement
- ▶ Le rayonnement solaire

Rédacteurs



- ▶ Olivier Cantat, Nicolas Buffard et Sandrine Héricher

Pour en savoir +

- ▶ Retrouvez les cartes prospectives du changement climatique en Normandie sur le portail web du Profil environnemental : www.normandie.developpement-durable.gouv.fr/le-changement-climatique-en-normandie-prospective-a4975.html



Un climat « variable », océanique et tempéré

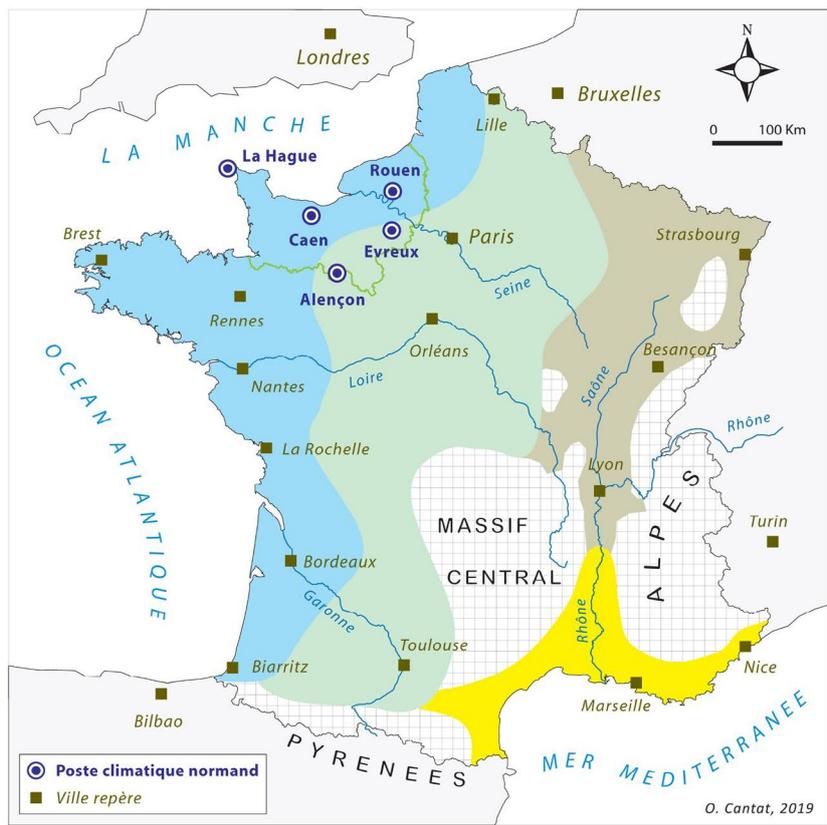
La Normandie bénéficie d'un climat tempéré en raison des masses d'air en provenance majoritairement de l'océan Atlantique.

Ces masses d'air engendrent des précipitations en toutes saisons, diminuant globalement d'ouest en est. Elles génèrent aussi une faible amplitude des températures qui s'amplifie vers l'est.

L'hiver se caractérise par des temps souvent humides, frais et venteux, conséquences des influences de la dépression d'Islande. L'été est généralement doux et moins perturbé, grâce à la remontée vers le nord de l'anticyclone des Açores et à la fréquence plus importante des temps calmes et clairs associés (Olivier Cantat, 2015).



Les types de climats en France et les principales stations de référence normandes



| Types de climats : | océanique | océanique +/- altéré | à influences continentales | méditerranéen | de montagne |
|--------------------|-----------|----------------------|----------------------------|---------------|-------------|
| | | | | | |

Travail réalisé pour le profil environnemental Normandie et coordonné par la DREAL



Réalisation : Olivier Cantat, Université de Caen Normandie, IDEES Caen Géophen, UMR 6266 CNRS, 2022

Sandrine Hélicher

Bocage normand à Tessy-sur-Vire (Manche)



Marc Heller

Le « climat normand » est fortement différencié sur le territoire. Les conditions de précipitation et d'ensoleillement créent des sous-ensembles climatiques bien marqués.

La Normandie est globalement marquée par les influences océaniques. Trois grands types de climats se distinguent, nuancés à une échelle plus fine par les facteurs géographiques locaux. Les températures et les précipitations varient principalement selon la topographie, l'exposition aux flux humides, qui provient majoritairement de l'ouest, et la distance à la mer. Enfin, le vent apparaît comme une composante particulièrement prégnante sur les littoraux.

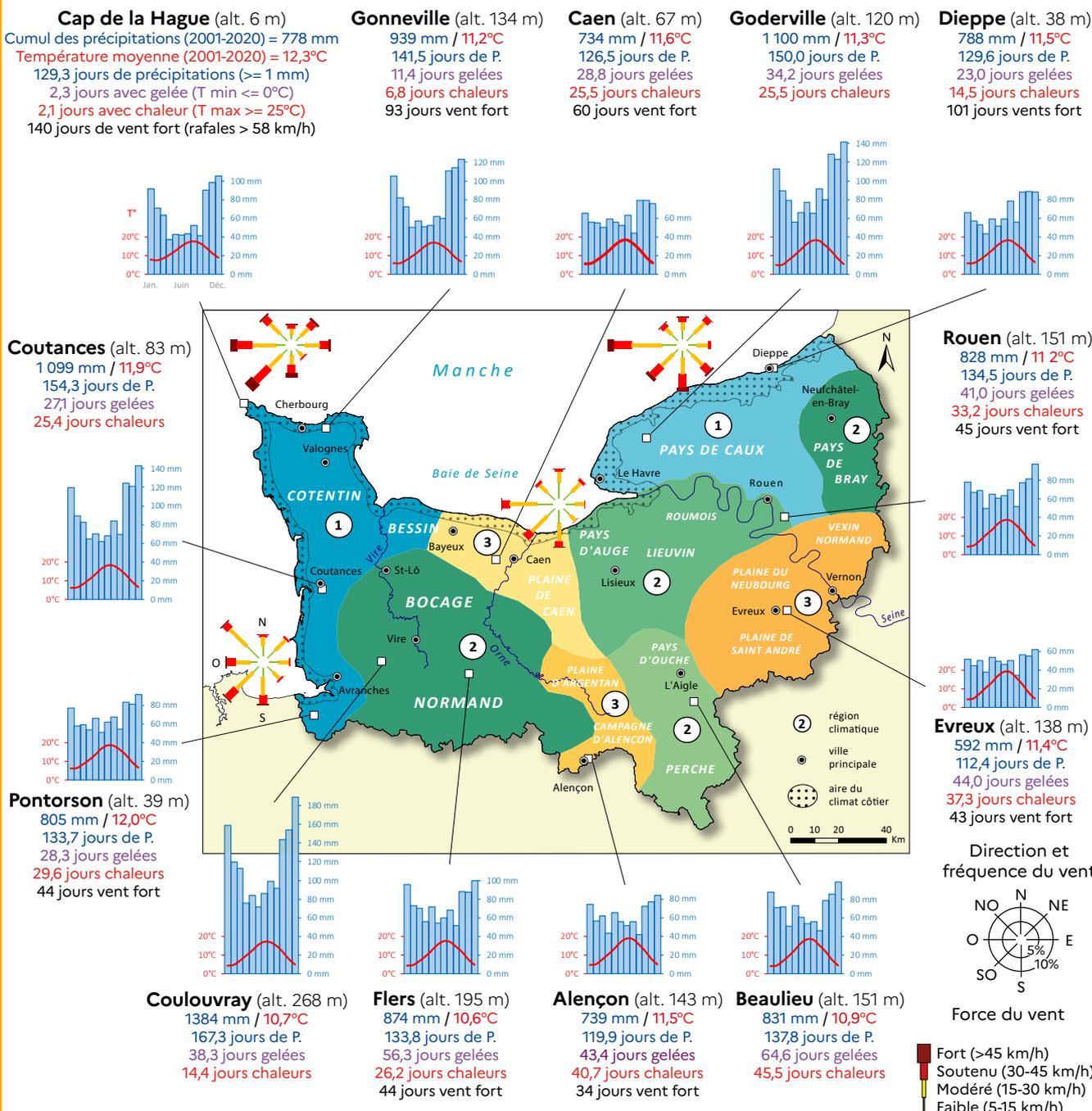
Climat maritime (Type 1, cf. carte « Les principaux ensembles climatiques de Normandie », ton bleu) : le Cotentin et l'ouest du département de la Manche forment l'ensemble le plus « océanisé » de la région : doux, humide et pluvieux. Les conditions deviennent plus douces en allant vers le sud : climat moins venteux et plus ensoleillé. La frange littorale se distingue par son caractère très éventé et tempéré : gel et chaleur rares, précipitations moins fréquentes et moins abondantes. Les contrastes pluviométriques et thermiques sont parfois très prononcés en quelques kilomètres quand le relief est marqué (ex. : La Hague sur la côte et Gonneville sur les hauteurs). Il en est de même pour le Pays de Caux, dans une ambiance globalement plus fraîche (ex. : Dieppe et Goderville).

Climat contrasté des collines (Type 2, cf. carte « Les principaux ensembles climatiques de Normandie », ton vert) : le Bocage normand est bien arrosé, voire très arrosé sur les reliefs les plus exposés aux flux d'ouest, et frais en raison de l'altitude. Cependant, il existe des contrastes notables entre les « zones basses » (fonds de vallées, dépressions... ex. : Flers) et les hauteurs très pluvieuses (ex. : Coulouvray). On retrouve globalement les mêmes types de caractères dans le Pays de Bray, en plus frais. Moins directement soumis aux flux océaniques, le Pays d'Auge, le Lieuvin et le Roumois connaissent toutefois des précipitations assez marquées en raison des reliefs collinaires qui favorisent leur formation. Plus au sud, le Pays d'Ouche et le Perche bénéficient d'un caractère continental plus affirmé : précipitations atténuées et amplitudes thermiques plus fortes (ex. : Beaulieu).

Climat des plateaux abrités (Type 3, cf. carte « Les principaux ensembles climatiques de Normandie », ton orangé) : la Plaine agricole de Caen à Falaise, sous le vent des collines de Normandie et proche de la mer, se caractérise par une pluviométrie et des contraintes thermiques modérées (ex. : Caen). Dans la Campagne d'Alençon, par effet de continentalité, les températures sont plus contrastées avec, chaque année, 10 à 15 jours de froid en plus l'hiver et 10 à 15 jours de chaleur en plus l'été. La situation thermique est semblable dans les plaines agricoles de l'Eure, mais la pluviométrie est beaucoup plus faible (localement moins de 600 mm/an) en raison du double effet d'abri provoqué par les collines du Bocage normand et par celles qui s'étendent sur un axe du Pays d'Auge au Perche (ex. : Évreux).

Les principaux ensembles climatiques de Normandie

Réalisation : Olivier Cantat, université de Caen Normandie - Données Météo-France



Familles de climats : (1) maritime ; (2) contrasté des collines ; (3) d'abris des plateaux ; côtier (partie plus éventée et moins arrosée).

Document de synthèse conçu à partir de cartes de températures et de précipitations réalisées d'après les données Drias en point de grille CNRM Météo-France (maille de 8 km) et inspiré des cartes de Trzpit de l'Atlas de Normandie (1965) et de la thèse d'Escourrou (1978). Les 13 diagrammes ombrothermiques sont dessinés à partir de données Météo-France sur la période 2001-2020. Les 4 roses des vents littorales sont dessinées à partir des données du modèle Aladin de Météo-France sur la période 1999-2009.

Travail réalisé pour le profil environnemental Normandie et coordonné par la DREAL

Réalisation : Olivier Cantat, Université de Caen Normandie, IDEES Caen Géophen, UMR 6266 CNRS, 2022





Les projections climatiques réalisées pour la Normandie

Pour en savoir +

Un ensemble de cartes des paramètres climatiques de la Normandie avec une prospective à l'horizon 2100 est consultable sur le site web du **Profil environnemental Normandie**.



www.normandie.developpement-durable.gouv.fr/le-climat-r1093.html

Présentation du modèle prospectif choisi par le GIEC normand :

https://drias-prod.meteo.fr/serveur/simulations_climatiques/Documentations/Donnees/Fiches_techiques_Atmospherique/5-DRIAS-2020/Doc_database_DRIAS-2020_CNRM-CM5_ALADIN63.pdf

Les projections climatiques à l'horizon 2100

Il existe de grandes incertitudes sur les évolutions à venir, compte tenu du nombre de phénomènes qui interviennent. En conséquence, de nombreux modèles de projection du changement climatique sont utilisés.

Les cartes et graphiques présentés dans ce chapitre, déclinent les 2 scénarios les plus contrastés du GIEC. Ils permettent de caractériser les principales évolutions possibles du climat (modèle aladin 63 de Météo-France retenu par le GIEC Normand).

Dans l'optique d'une continuité de la trajectoire actuelle des émissions de gaz à effet de serre (scénario RCP 8.5), une hausse importante des températures (+4°C environ) et du nombre de jours de chaleur pourrait avoir lieu, associée à une diminution corrélative du nombre de jours de gel et de neige.

En revanche, d'après les études du GIEC, si des efforts importants pour limiter les GES sont réalisés (scénario RCP 2.6), l'augmentation des températures sera moins forte (+1°C environ) et plafonnera dans la seconde moitié du XXI^e siècle, avec des cumuls pluviométriques sensiblement équivalents à ceux de la période actuelle.

Marais du Vergon (Manche)



Sandrine Robbe

Repères

Une prospective essentielle, dans un avenir difficilement prévisible

De nombreux phénomènes interviennent dans le système climatique. Au regard de l'importance du climat pour notre subsistance, il est essentiel d'en prendre conscience et d'atténuer le plus possible les impacts négatifs des activités humaines sur cet équilibre climatique. Comme indiqué dans la partie précédente, les connaissances restent parcellaires et évolutives.

L'impact des émissions de GES est très important et peut aussi générer des points de basculement aux effets méconnus. C'est la raison pour laquelle les éléments présentés constituent des scénarios potentiels, qui sont réévalués au fur et à mesure de l'évolution et des connaissances.

Des projections possibles sur l'ensemble des territoires de la Normandie

L'ensemble des données climatiques prospectives mobilisée pour la réalisation des cartes proviennent du site « **Drias** les futurs du climat, **projections climatiques pour l'adaptation de nos sociétés** ».

A partir d'une maille de 8 km de côté, le climat de la région Normandie est décrit par un ensemble de 468 points de grille sur la base d'une trentaine de paramètres.

« **Drias** les futurs du climat » a pour vocation de mettre à disposition des projections climatiques régionalisées réalisées dans les laboratoires français de modélisation du climat (IPSL, CERFACS, CNRM). Les informations climatiques sont délivrées sous différentes formes, graphiques ou numériques. **Tous les professionnels, collectivités et bureaux d'études, peuvent directement utiliser ces données et réaliser les projections relatives au territoire qui les intéresse.**

« **Drias** les futurs du climat » propose une démarche d'appropriation en trois étapes :

1. l'**espace « Accompagnement »** présente un guide d'utilisation et de bonnes pratiques pour les projections climatiques ;
2. l'**espace « Découverte »** permet de visualiser et de géolocaliser les projections climatiques au plus près de chez soi, en métropole comme outre-mer ► accès à toutes les informations fournies par les modèles de climat, pour les scénarios les plus récents (RCP) présentés dans le dernier rapport du GIEC ;
3. l'**espace « Données et produits »** permet de télécharger ces paramètres et indicateurs climatiques sous forme de données numériques.

Le Vieux Moulin de Vernon (Eure)



Christine Nègre

Pour en savoir +

Météo-France met à disposition une grande variété de produits issus des simulations de divers modèles de climat.

Le portail Drias

« les futurs du climat » : www.drias-climat.fr/

Le portail « ClimatHD »

montre l'évolution du climat aux plans national et régional



<https://meteofrance.com/climathd>

Repères

Climadiag commune permet d'afficher pour chaque commune une quinzaine d'indicateurs aux horizons 2030, 2050 et 2100 dans une France à +4°C en 2100.

<https://meteofrance.com/climadiag-commune>



La température de l'air

Repères

Les conditions de relevés de températures

La température « officielle » est mesurée dans des conditions normalisées afin de rendre comparables entre elles les valeurs observées en différents points. Le site doit être plan et dégagé (pour éviter des effets de confinement), couvert d'herbe (pour limiter l'échauffement artificiel dû aux surfaces minérales).

Le thermomètre doit être placé dans un abri blanc, muni de persiennes et à une hauteur voisine de 1,5 m au-dessus du sol (pour protéger le capteur du rayonnement solaire et assurer une bonne circulation d'air). Pour ces diverses raisons, on parle communément de « température de l'air sous abri ».

Constat et évolution sur la période actuelle (1951-2023)

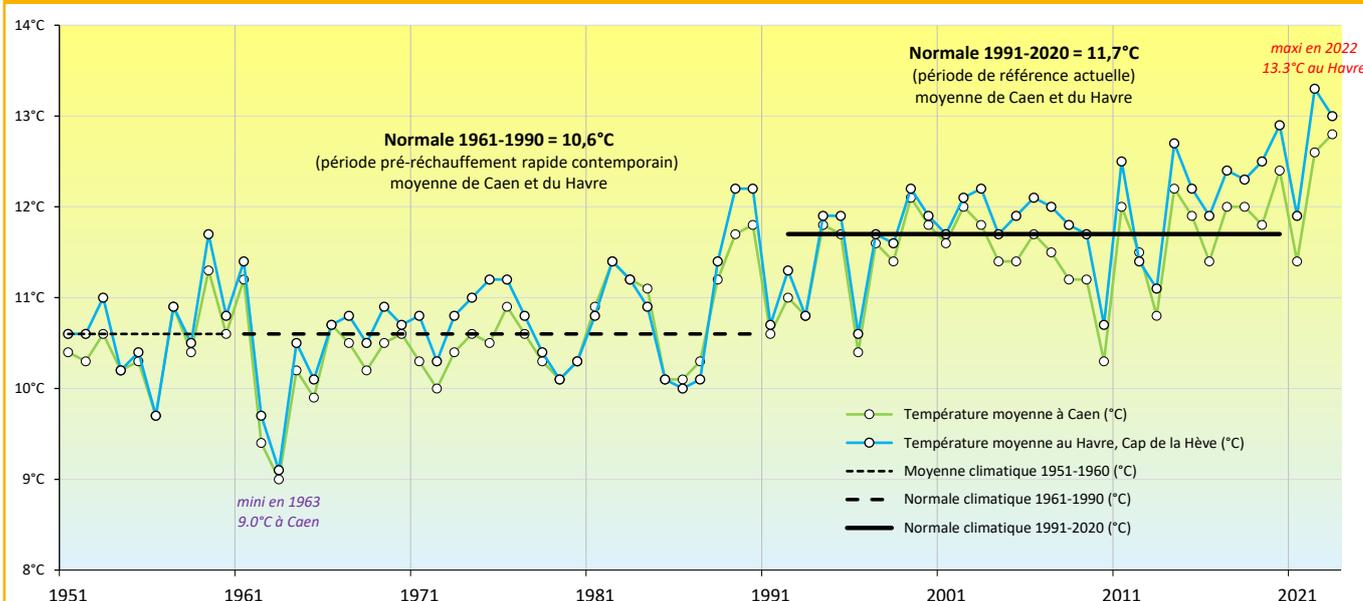
La proximité de la mer joue un rôle primordial sur les températures en donnant au climat son caractère « tempéré ». La moyenne annuelle est voisine de 11°C, avec des nuances plus fraîches se calquant sur la carte du relief (perte moyenne de 0,6°C par 100 m d'élévation) et avec des nuances plus douces le long des côtes. L'écart peut atteindre 2°C entre le littoral situé au nord de la presqu'île du Cotentin (≈ 12°C) et les plus hautes collines très arrosées et plus fraîches du Bocage normand (≈ 10°C). Les cartes et les graphiques des températures expriment le caractère tempéré des littoraux, aux hivers frais et aux étés doux, contrastant avec les amplitudes plus marquées de l'intérieur des terres aux hivers plus froids et aux étés plus chauds. Ainsi, en moyenne, une matinée d'hiver est environ 4°C plus froide à Alençon qu'à La Hague, et inversement en été avec des après-midi plus frais de 4°C sur ce littoral « finistérien », rafraîchi par les eaux de la Manche.

Une forte variabilité interannuelle naturelle caractérise la région. La chronique traduit l'existence d'années plus froides (1956, 1963, 1985-1986-1987, 1996, 2010, 2021) et d'années plus chaudes (1959, 1989-1990, 1999, 2002, 2011, 2014, 2016, 2020, 2022, 2023).

Les températures moyennes ont augmenté d'environ 1°C entre les deux normales 1961-1990 et 1991-2020. Un net réchauffement apparaît au milieu des années 1980, plafonne dans les années 2000 puis s'accroît de nouveau depuis le début des années 2010. Toutes les valeurs annuelles les plus élevées se sont produites durant ce début de XXI^e siècle, avec comme année record 2023.

Evolution des températures moyennes annuelles à Caen et au Havre de 1951 à 2023

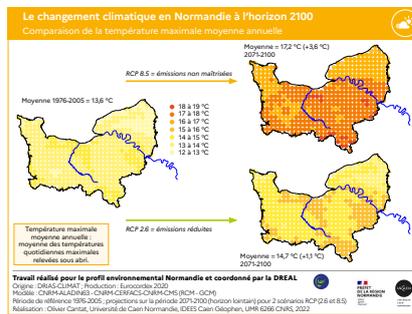
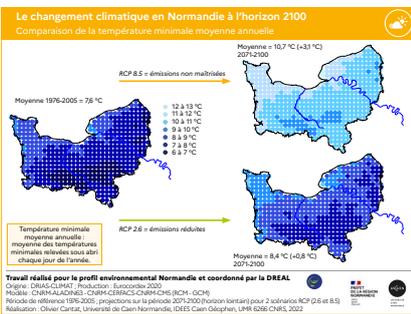
Réalisation : Olivier Cantat - Données Météo-France



Projections climatiques à l'horizon 2100

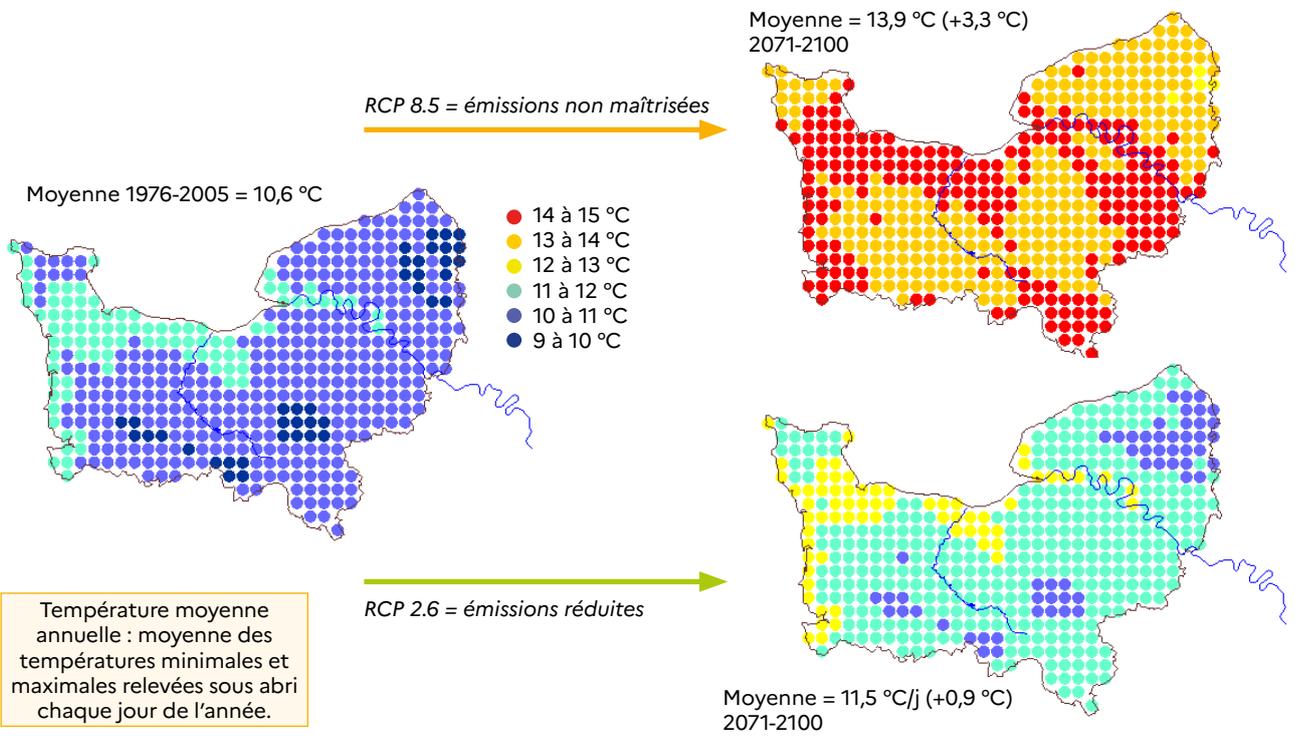
Les projections montrent un « coup de chaud » important d'environ 3,5°C si aucune politique de réduction des GES n'est entreprise à l'échelle mondiale (scénario RCP 8.5) en Normandie par rapport à la moyenne 1976-2005. Ce réchauffement serait plus marqué dans les terres que sur les littoraux, conférant à ces espaces une position privilégiée durant les étés qui pourraient prendre, dans les terres, une tournure caniculaire de façon habituelle, à l'image de l'année 2003. Dans la région d'Alençon, les maximales moyennes au mois d'août dépasseraient 30°C (6°C de plus que la Normale actuelle). Le littoral du Nord Cotentin amortirait cette hausse (4°C de plus que la Normale actuelle) avec moins de 22°C. En revanche, en cas d'application des accords de Paris 2015, le réchauffement serait limité à environ 1°C (scénario RCP 2.6).

“ Les températures moyennes les plus élevées sont les plus récentes...
Les années 2022 et 2023 sont des records.”



Le changement climatique en Normandie à l'horizon 2100

Comparaison de la température moyenne annuelle



Travail réalisé pour le profil environnemental Normandie et coordonné par la DREAL
Origine : DRIAS-CLIMAT ; Production : Eurocordex 2020
Modèle : CNRM-ALADIN63 - CNRM-CERFACS - CNRM-CM5 (RCM - GCM)
Période de référence 1976-2005 ; projections sur la période 2071-2100 (horizon lointain) pour 2 scénarios RCP (2.6 et 8.5)
Réalisation : Olivier Cantat, Université de Caen Normandie, IDEES Caen Géophen, UMR 6266 CNRS, 2022



Marais d'Annoville (Manche)



DREAL Normandie / Equipe Drone / Cyrille Bicorné et Fabrice Parais



Les épisodes de froid et de chaleur

Constat actuel

Malgré son appartenance au domaine tempéré océanique, la Normandie connaît des épisodes aux caractères thermiques bien tranchés, notamment dans les terres. Ainsi, aux extrémités du sud et de l'est de la région, on enregistre communément plus de 50 jours de gel et plus de 30 jours de chaleur par an. Ces phénomènes débordent le cœur de la saison froide et de la saison chaude. Au sud de la Normandie, les premières gelées apparaissent en moyenne dès octobre et les dernières se produisent en avril, voire en mai. Inversement, la chaleur est possible dès avril et se prolonge parfois en octobre. Une grande variabilité naturelle, d'une année à l'autre, caractérise la région. Ainsi, à Alençon, les gelées oscillent entre 19 jours en 2014 et 82 jours en 1963. Dans le Perche, la continentalité est encore plus prononcée, avec de l'ordre de 70 jours de gel et 40 jours de chaleur par an. À l'opposé, un isolat thermique doux apparaît sur le nord du Cotentin : ici, le gel et la chaleur sont véritablement exceptionnels, moins de 5 jours par an.

Evolutions récentes (1951-2023)

L'évolution entre les Normales 1961-1990 et 1991-2020 est marquée à Alençon par une réduction de 10 jours de gel (de 54,5 à 44,1 jours) et par une augmentation de 9 jours de chaleur (de 29,6 à 38,5 jours). Pour Cherbourg, l'influence adoucissante de la mer limite les évolutions : le site perd 8 jours de gel (de 21,1 à 12,6 jours) et gagne 3 jours de chaleur (de 3,4 à 6 jours). Pour La Hague, station la plus océanisée de la région, la variation observée n'est pas très significative, avec 4 jours de gel en moins (de 7,3 à 3,3 jours) et 1 jour de chaleur en plus (de 0,7 à 1,8 jours).

Projections climatiques à l'horizon 2100

Le scénario « optimiste » RCP 2.6 (émissions maîtrisées) se traduirait sur la région par des changements assez faibles dans la fréquence du froid (perte d'environ 2 jours) et un peu plus marqués sur la chaleur (gain d'environ 11 jours). Ces changements seraient plus sensibles dans les secteurs continentaux. En revanche, le scénario « pessimiste » RCP 8.5 (émissions non réduites) s'accompagnerait d'une diminution drastique des gelées (perte d'environ 21 jours), avec leur quasi-disparition dans le Cotentin et un peu plus d'une dizaine de jours de gel par an dans l'Orne et les secteurs à l'est de l'Eure et de la Seine-Maritime. *A contrario*, on assisterait à une très forte augmentation des jours chauds (gain d'environ 34 jours), avec dans les terres des valeurs supérieures à 70, voire 80 jours chauds par an, soit des valeurs proches de celles des plaines du sud-est de la France actuellement.

Repères

Plus que la température de l'air, le nombre de jours de gel (mini $\leq 0^{\circ}\text{C}$) et le nombre de jours de chaleur (maxi $\geq 25^{\circ}\text{C}$) sont **des marqueurs concrets du climat** en raison de leurs effets sur les humains (sensations physiologiques) et sur leurs activités (agriculture, transports...).



Fabrice Thérèse / DREAL Normandie

Définitions

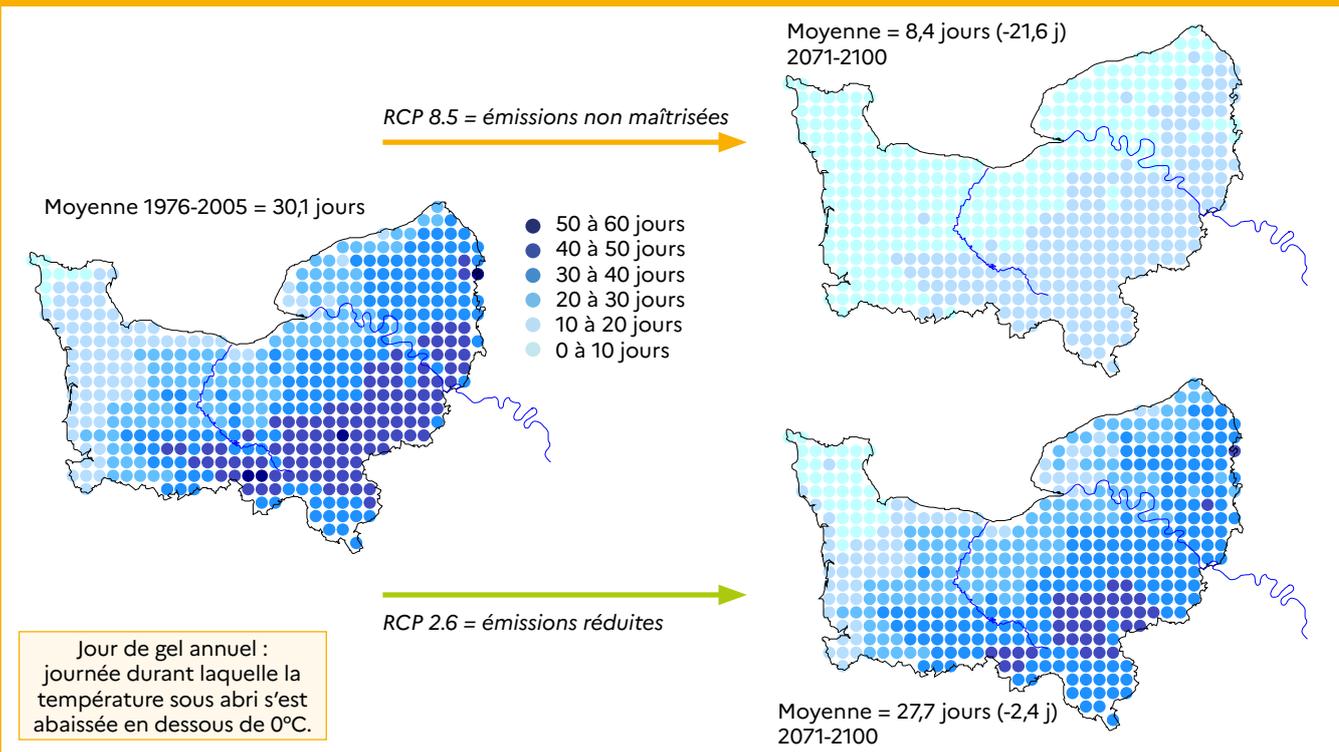
- **Jours de froid (ou jour de gel) :** $T^{\circ}\text{ mini} \leq 0^{\circ}\text{C}$
- **Jours de grand froid :** $T^{\circ}\text{ mini} \leq -5^{\circ}\text{C}$
- **Jours de très grand froid :** $T^{\circ}\text{ mini} \leq -10^{\circ}\text{C}$

Qu'est-ce qu'une vague de froid ?

C'est un épisode de temps froid caractérisé par sa persistance, son intensité et son étendue géographique. L'épisode dure au moins deux jours. Les températures atteignent des valeurs nettement inférieures aux normales saisonnières de la région concernée. Le grand froid, comme la canicule, constitue un danger pour la santé et pour les écosystèmes.

Le changement climatique en Normandie à l'horizon 2100

Comparaison du nombre de jours de gel annuel ($T^{\circ} \text{ mini} \leq 0^{\circ}\text{C}$)



Travail réalisé pour le profil environnemental Normandie et coordonné par la DREAL

Origine : DRIAS-CLIMAT ; Production : Eurocordex 2020

Modèle : CNRM-ALADIN63 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 (RCM - GCM)

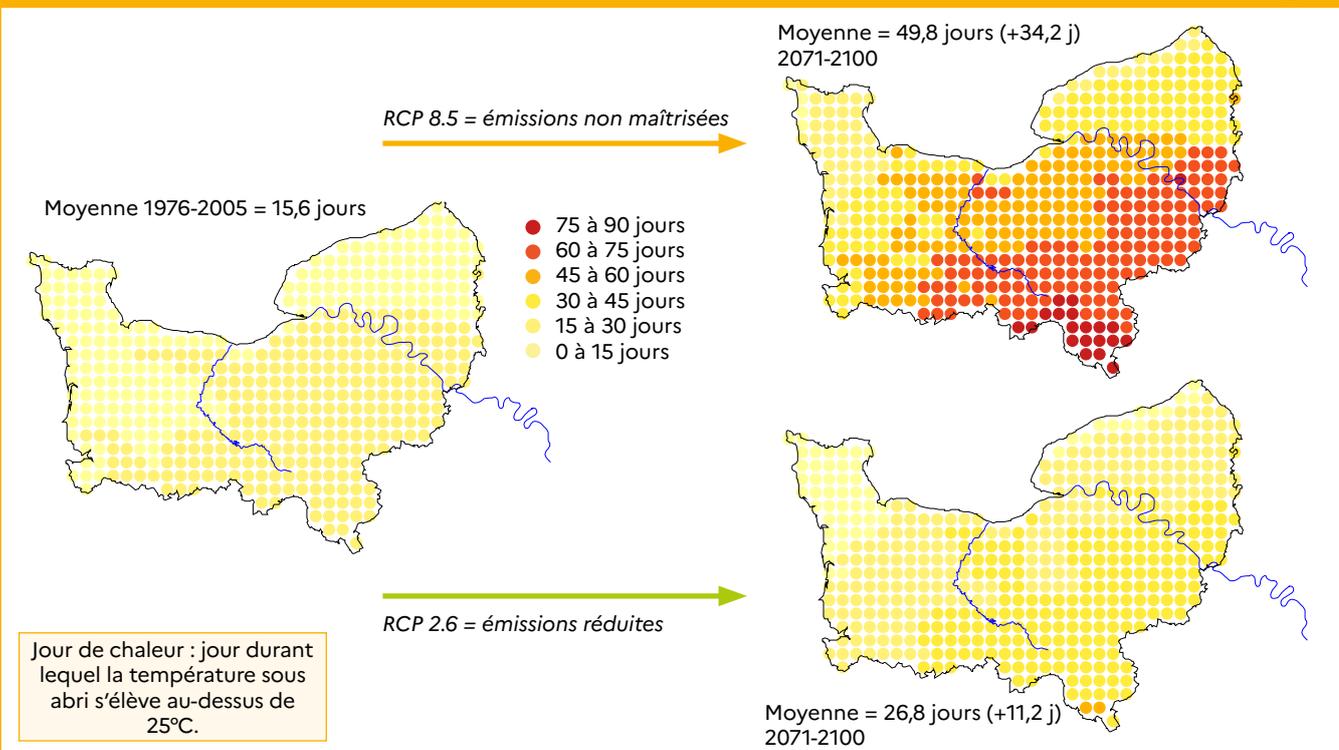
Période de référence 1976-2005 ; projections sur la période 2071-2100 (horizon lointain) pour 2 scénarios RCP (2.6 et 8.5)

Réalisation : Olivier Cantat, Université de Caen Normandie, IDEES Caen Géophen, UMR 6266 CNRS, 2022



Le changement climatique en Normandie à l'horizon 2100

Comparaison du nombre de jours de chaleur annuel ($T^{\circ} \text{ maxi} \geq 25^{\circ}\text{C}$)



Travail réalisé pour le profil environnemental Normandie et coordonné par la DREAL

Origine : DRIAS-CLIMAT ; Production : Eurocordex 2020

Modèle : CNRM-ALADIN63 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 (RCM - GCM)

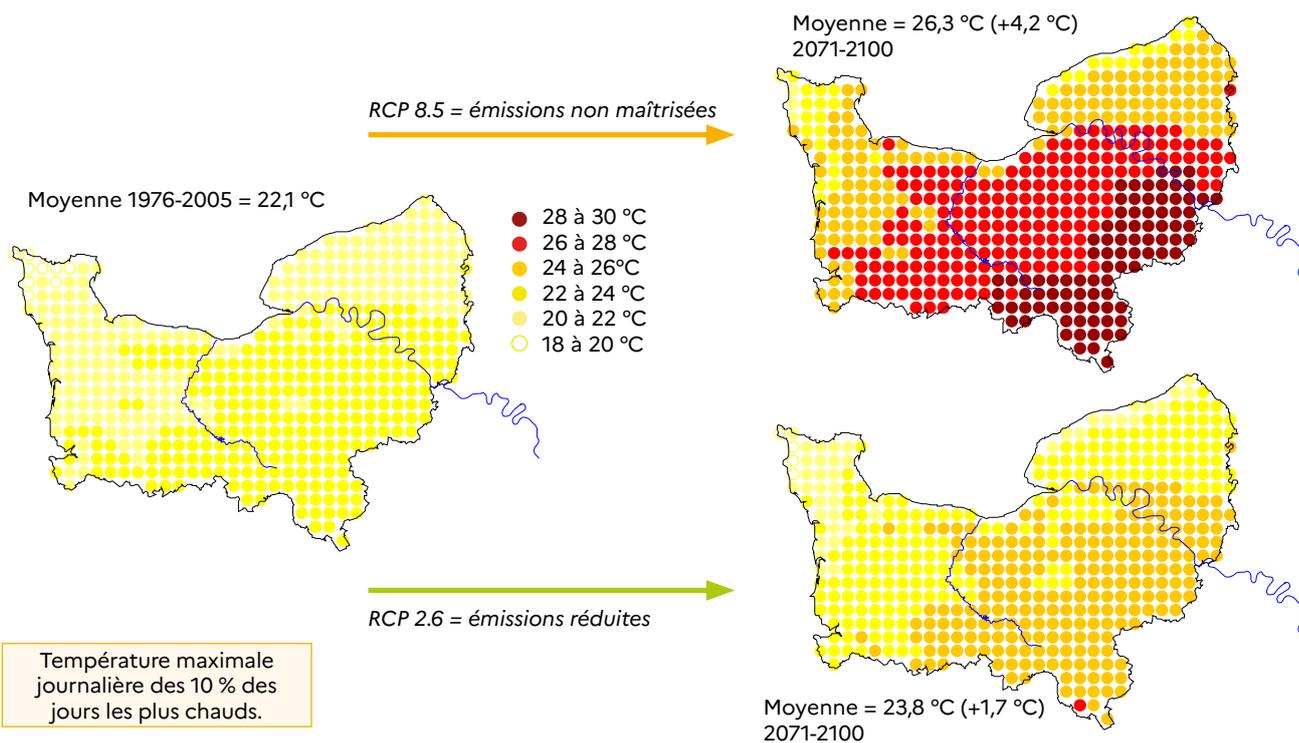
Période de référence 1976-2005 ; projections sur la période 2071-2100 (horizon lointain) pour 2 scénarios RCP (2.6 et 8.5)

Réalisation : Olivier Cantat, Université de Caen Normandie, IDEES Caen Géophen, UMR 6266 CNRS, 2022



Le changement climatique en Normandie à l'horizon 2100

Comparaison des extrêmes chauds



Travail réalisé pour le profil environnemental Normandie et coordonné par la DREAL

Origine : DRIAS-CLIMAT ; Production : Eurocordex 2020

Modèle : CNRM-ALADIN63 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 (RCM - GCM)

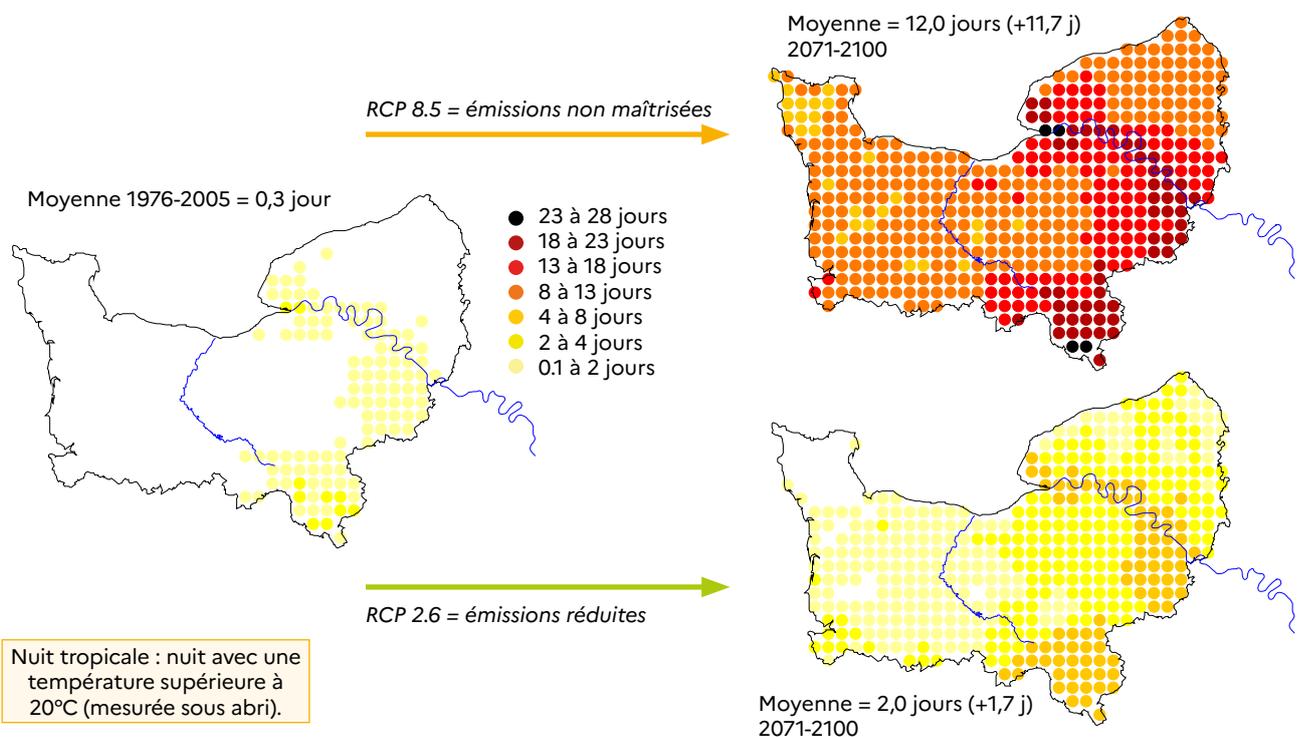
Période de référence 1976-2005 ; projections sur la période 2071-2100 (horizon lointain) pour 2 scénarios RCP (2.6 et 8.5)

Réalisation : Olivier Cantat, Université de Caen Normandie, IDEES Caen Géophen, UMR 6266 CNRS, 2022



Le changement climatique en Normandie à l'horizon 2100

Comparaison du nombre de nuits tropicales



Travail réalisé pour le profil environnemental Normandie et coordonné par la DREAL

Origine : DRIAS-CLIMAT ; Production : Eurocordex 2020

Modèle : CNRM-ALADIN63 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 (RCM - GCM)

Période de référence 1976-2005 ; projections sur la période 2071-2100 (horizon lointain) pour 2 scénarios RCP (2.6 et 8.5)

Réalisation : Olivier Cantat, Université de Caen Normandie, IDEES Caen Géophen, UMR 6266 CNRS, 2022





Le volume des précipitations

Définitions

Les précipitations, exprimées en mm, correspondent à l'épaisseur de la lame d'eau tombée au sol, mesurée après une averse ou un épisode pluvieux. **Une valeur de 1 mm représente 1 litre d'eau pour 1 m².**

Sous nos climats, **1 cm de neige** produit généralement 1 mm d'eau liquide (moins si la neige est « poudreuse », remplie d'air, plus si la neige est « lourde », gorgée d'eau).

Le nombre de jours de précipitations correspond au nombre de fois où, dans le cadre de 24 heures, le cumul a atteint ou dépassé certains seuils (1 mm pour des précipitations significatives, 10 mm pour des précipitations fortes).

Constat actuel

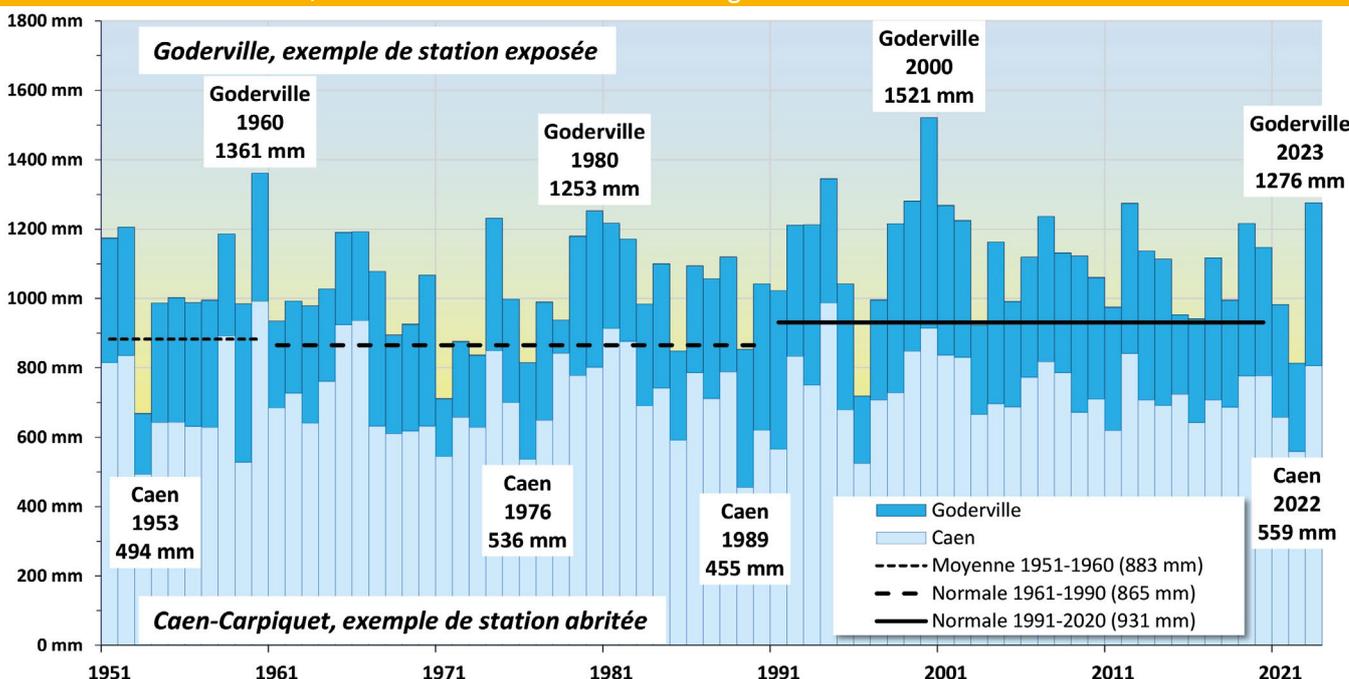
Le relief joue un rôle majeur sur les flux humides en provenance de l'Ouest. Les données mesurées mettent en évidence un cumul annuel pouvant varier du simple au double, d'un endroit à l'autre de la région. Le nombre de jours de précipitations permet de nuancer l'image pluvieuse de la Normandie. Les plus importantes précipitations s'observent sur les hauteurs les plus exposées à l'extrémité ouest du Bocage, avec des cumuls pouvant ponctuellement dépasser 1 300 mm par an. Les hauteurs du Nord Cotentin et de l'ouest du Pays de Caux bénéficient, elles aussi, d'un arrosage important (entre 900 et 1 100 mm). Le Pays d'Auge et le Pays de Bray sont légèrement moins arrosés. Les secteurs les plus secs correspondent à des positions d'abri, notamment sous les collines de Normandie, « diagonale sèche » allant de Caen à Argentan, et plus encore à l'est de la région, dans les plaines du Neubourg et de Saint-André (Evreux : 598 mm). La très grande variabilité d'une année à l'autre est tout aussi remarquable. Les cumuls peuvent varier du simple au double, de façon aléatoire. Ainsi, dans les secteurs abrités, ils oscillent couramment entre 400 et 1 000 mm par an. Sur les hauteurs occidentales, ils fluctuent entre 800 et 1 800 mm par an.

Evolutions récentes (1951-2023)

Les précipitations en Normandie présentent une grande variabilité dans le temps. Entre une année pluvieuse et une année sèche, les cumuls varient du simple au double. Cette variabilité est aussi très forte dans l'espace : les valeurs relevées oscillent aussi du simple au double entre une

Evolution des précipitations en Normandie entre 1951 et 2023

Réalisation : Olivier Cantat, université de Caen-Normandie - Origine : Données Météo-France

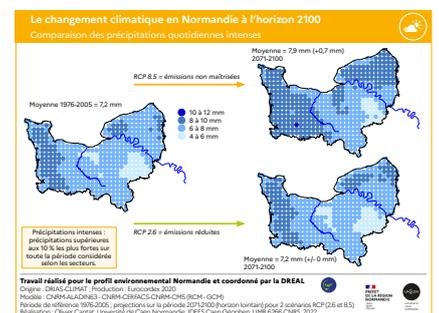
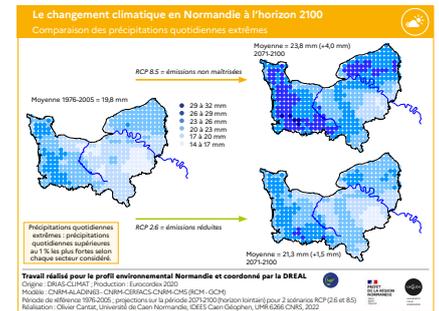


station abritée et une station exposée. Sur les sept dernières décennies, on observe notamment une légère augmentation des cumuls annuels, de l'ordre de 7 % entre les deux normales 1961-1990 et 1991-2020.

Projections climatiques à l'horizon 2100

Il est important ici de souligner, dans le cadre des différents scénarios, l'incertitude qui pèse sur les projections climatiques liées aux précipitations en Normandie.

A l'échelle annuelle, les précipitations seraient peu modifiées dans l'optique du scénario « optimiste » RCP 2.6 (5 jours de pluie en moins sur un total moyen de 137 et un volume global identique). Pour le scénario « pessimiste » RCP 8.5, les jours de pluie seraient également moins fréquents (perte d'environ 7 jours) mais le cumul annuel légèrement plus fort (gain d'environ 70 mm, soit 8 %). Cette projection DRIAS 2020 va donc à l'encontre de la précédente simulation DRIAS 2014 qui se différenciait par une perte notable des précipitations annuelles tant en volume (de l'ordre de 10 %, avec -50 à -150 mm) qu'en fréquence (de 20 à 25 jours de moins).



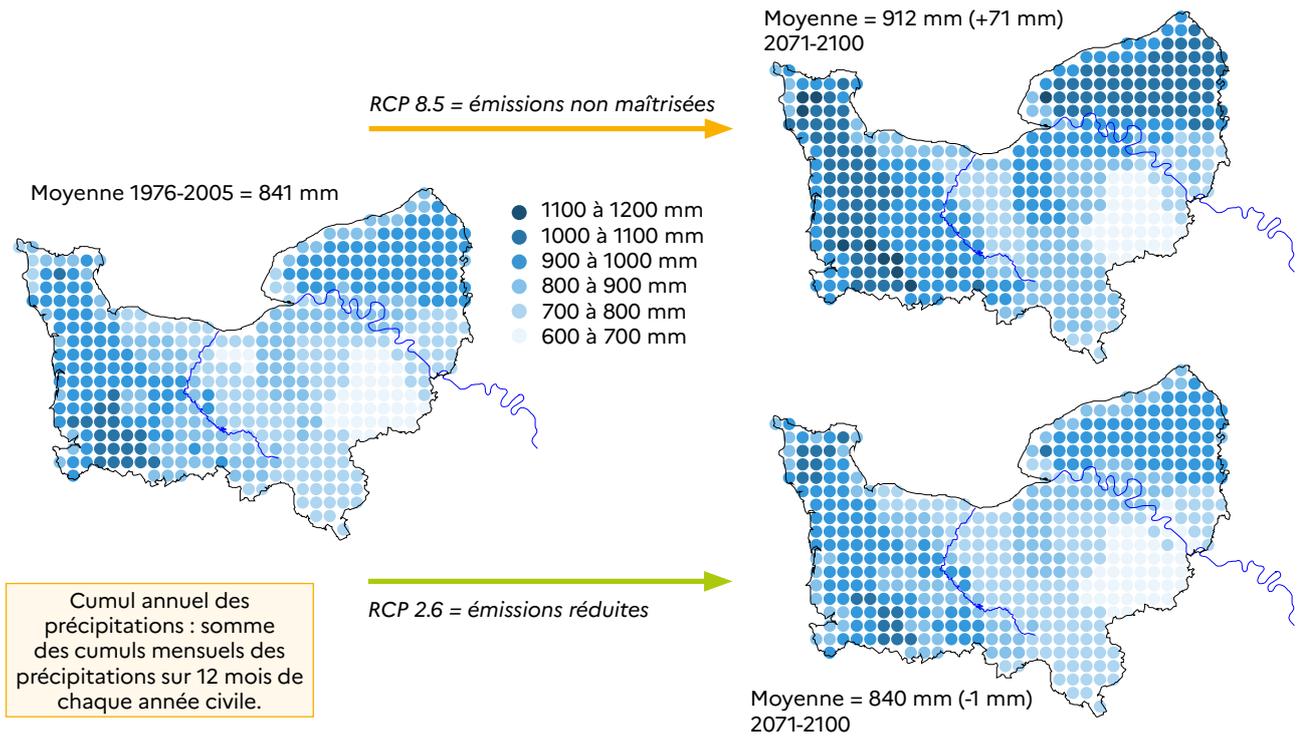
La Rouvre à la Roche d'Oëtre (Orne)



Fabrice Thérèse

Le changement climatique en Normandie à l'horizon 2100

Comparaison du cumul annuel de précipitations



Travail réalisé pour le profil environnemental Normandie et coordonné par la DREAL

Origine : DRIAS-CLIMAT ; Production : Eurocordex 2020

Modèle : CNRM-ALADIN63 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 (RCM - GCM)

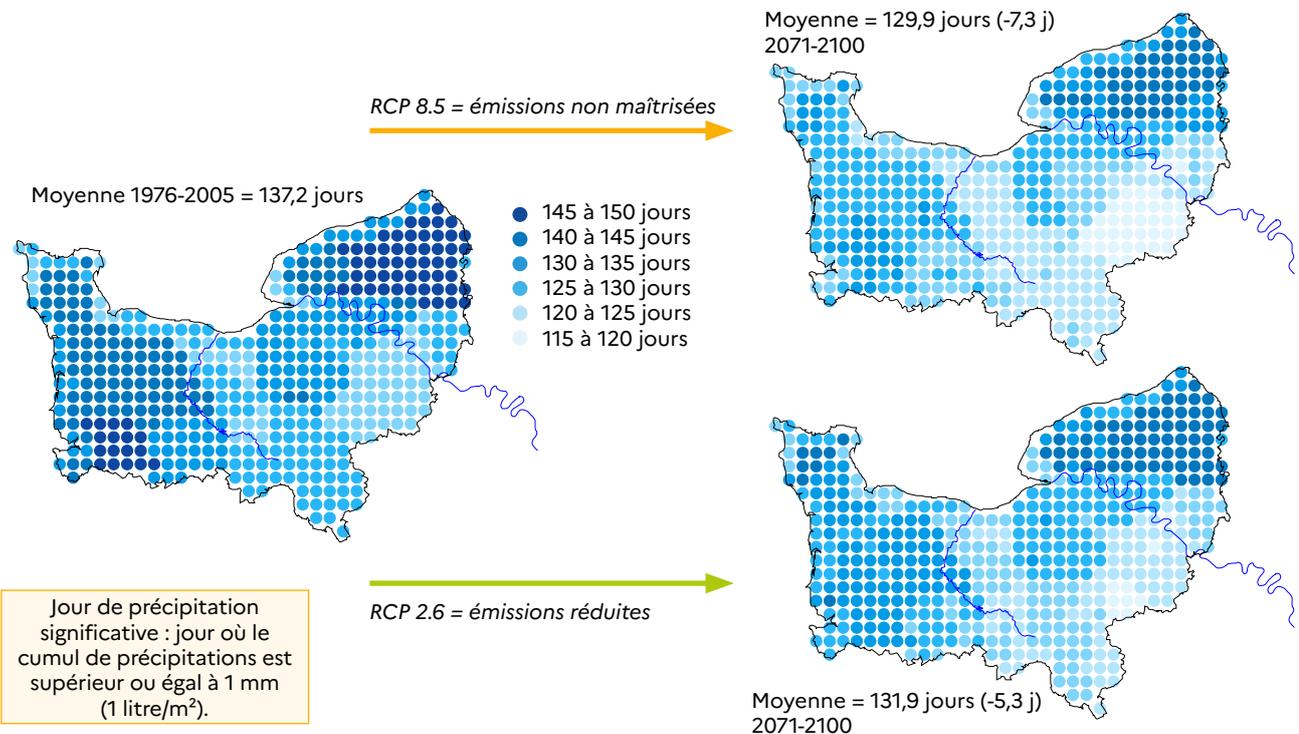
Période de référence 1976-2005 ; projections sur la période 2071-2100 (horizon lointain) pour 2 scénarios RCP (2.6 et 8.5)

Réalisation : Olivier Cantat, Université de Caen Normandie, IDEES Caen Géophen, UMR 6266 CNRS, 2022



Le changement climatique en Normandie à l'horizon 2100

Comparaison du nombre de jours de précipitations significatives ($P \geq 1$ mm/jour)



Travail réalisé pour le profil environnemental Normandie et coordonné par la DREAL

Origine : DRIAS-CLIMAT ; Production : Eurocordex 2020

Modèle : CNRM-ALADIN63 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 (RCM - GCM)

Période de référence 1976-2005 ; projections sur la période 2071-2100 (horizon lointain) pour 2 scénarios RCP (2.6 et 8.5)

Réalisation : Olivier Cantat, Université de Caen Normandie, IDEES Caen Géophen, UMR 6266 CNRS, 2022





La saisonnalité des précipitations

Constat actuel

Pour envisager plus concrètement les précipitations et leurs conséquences, il est usuel, en climat océanique tempéré, de décomposer l'année en deux périodes :

- le semestre froid, d'octobre à mars, qui correspond à la phase de repos végétatif et de surplus hydrologiques ;
- et le semestre chaud, d'avril à septembre, qui correspond à la phase de développement des plantes et de dessèchement progressif des sols.

Les apports pluviométriques sont plus importants durant le semestre froid que durant le semestre chaud. Le contraste géographique saisonnier est nettement plus fort durant la période froide. Les cumuls mensuels peuvent être supérieurs à 150 mm sur les collines les plus exposées (Coulouvray), comparativement aux secteurs abrités où ils sont inférieurs à 80 mm (Caen), voire inférieurs à 60 mm (Evreux). Durant la période chaude, les contrastes entre secteurs plus arrosés et secteurs plus secs se limitent à environ 30 mm.

Sur la Normale 1991-2020, les cumuls mensuels de précipitations s'élèvent ainsi respectivement à :

- 191 mm à Coulouvray en décembre et autour de 80 à 90 mm entre avril et août ;
- 81 mm à Caen en décembre et de 50 à 63 mm entre janvier et septembre ;
- 65 mm à Evreux en décembre et de 40 à 50 mm entre janvier et septembre.

Champ de blé de la Plaine de Caen (Calvados)

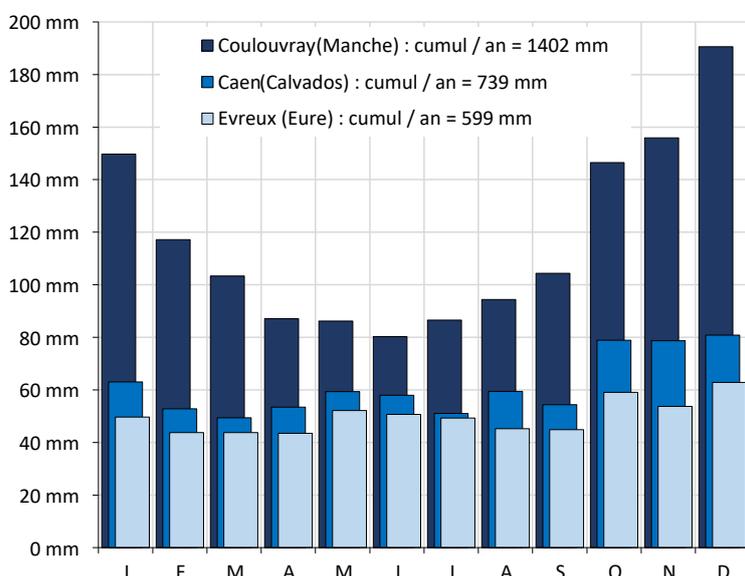


Séverine Bernard / DREAL Normandie

Saisonnalité des précipitations

Réalisation : Olivier Cantat

Saisonnalité des précipitations sur la Normale 1991-2020

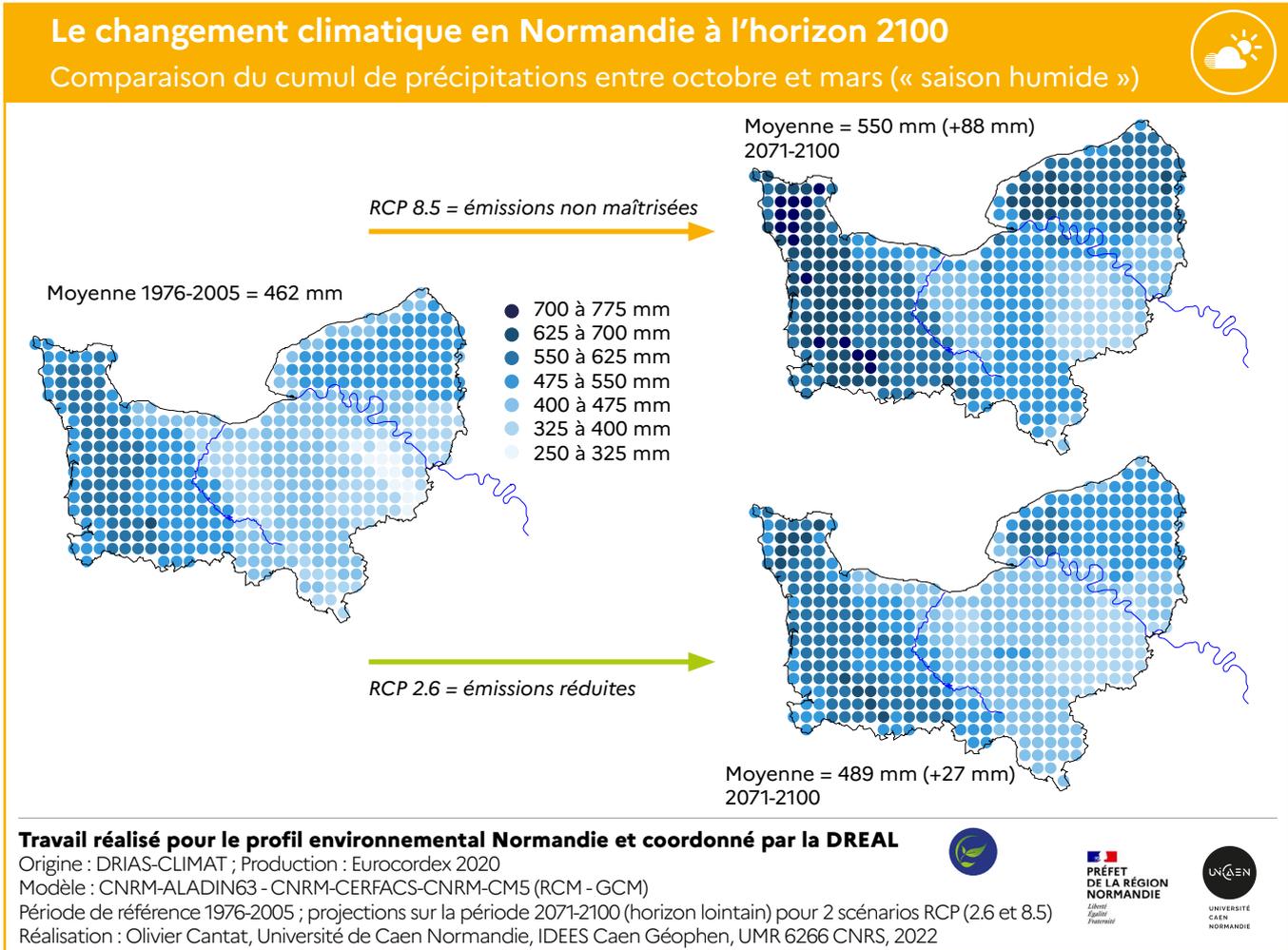
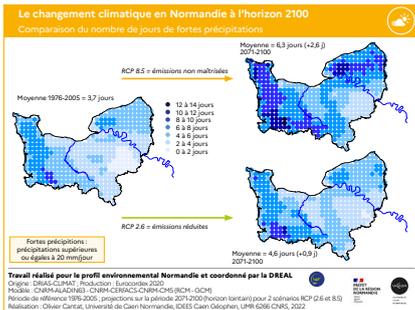


Des pénuries d'eau et des inondations

Projections climatiques à l'horizon 2100

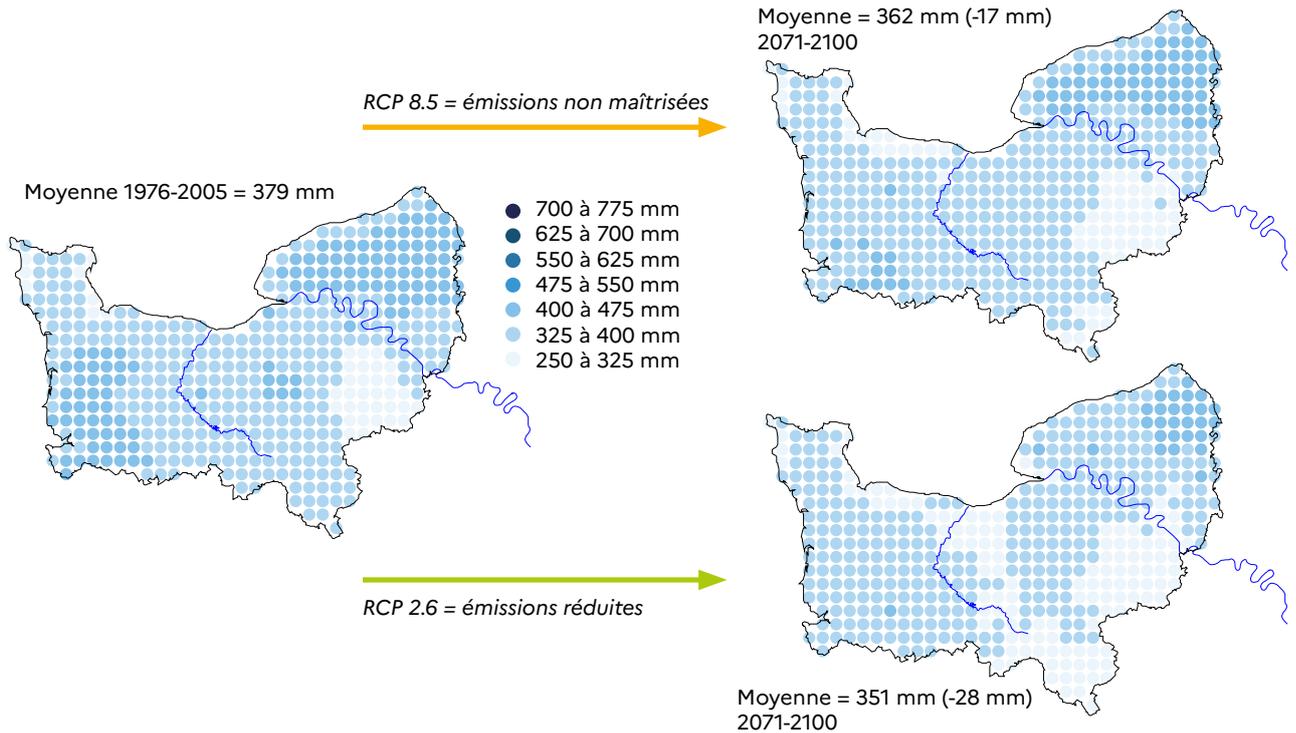
Si le cumul annuel est quasi stable pour le scénario « optimiste » RCP 2.6, sa décomposition saisonnière fait en revanche ressortir une évolution différenciée, marquée par une accentuation des écarts entre un semestre froid plus arrosé (environ +6 % d'octobre à mars) et un semestre chaud plus sec (environ -7 % d'avril à septembre).

Pour le scénario « pessimiste » RCP 8.5, l'augmentation globale du cumul annuel masque une faible baisse durant le semestre chaud (environ -5 %) et une très forte hausse des précipitations hivernales (environ +19 %). Dans un contexte de réchauffement marqué, donc d'une atmosphère plus évaporatoire, la réduction des apports pluviométriques en saison chaude auraient des conséquences sensibles sur le fonctionnement des écosystèmes avec des sécheresses plus prononcées et, en corollaire, des pénuries d'eau impactant notamment l'agriculture, l'industrie et, plus largement, l'ensemble des activités humaines. Inversement, les surplus d'eau en saison froide pourraient être la cause d'inondations plus fréquentes et marquées. Cependant, il faut notamment préciser que les différents modèles climatiques restent assez incertains sur l'évolution des précipitations en Normandie.



Le changement climatique en Normandie à l'horizon 2100

Comparaison du cumul de précipitations entre avril et septembre (« saison végétale »)



Travail réalisé pour le profil environnemental Normandie et coordonné par la DREAL

Origine : DRIAS-CLIMAT ; Production : Eurocordex 2020

Modèle : CNRM-ALADIN63 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 (RCM - GCM)

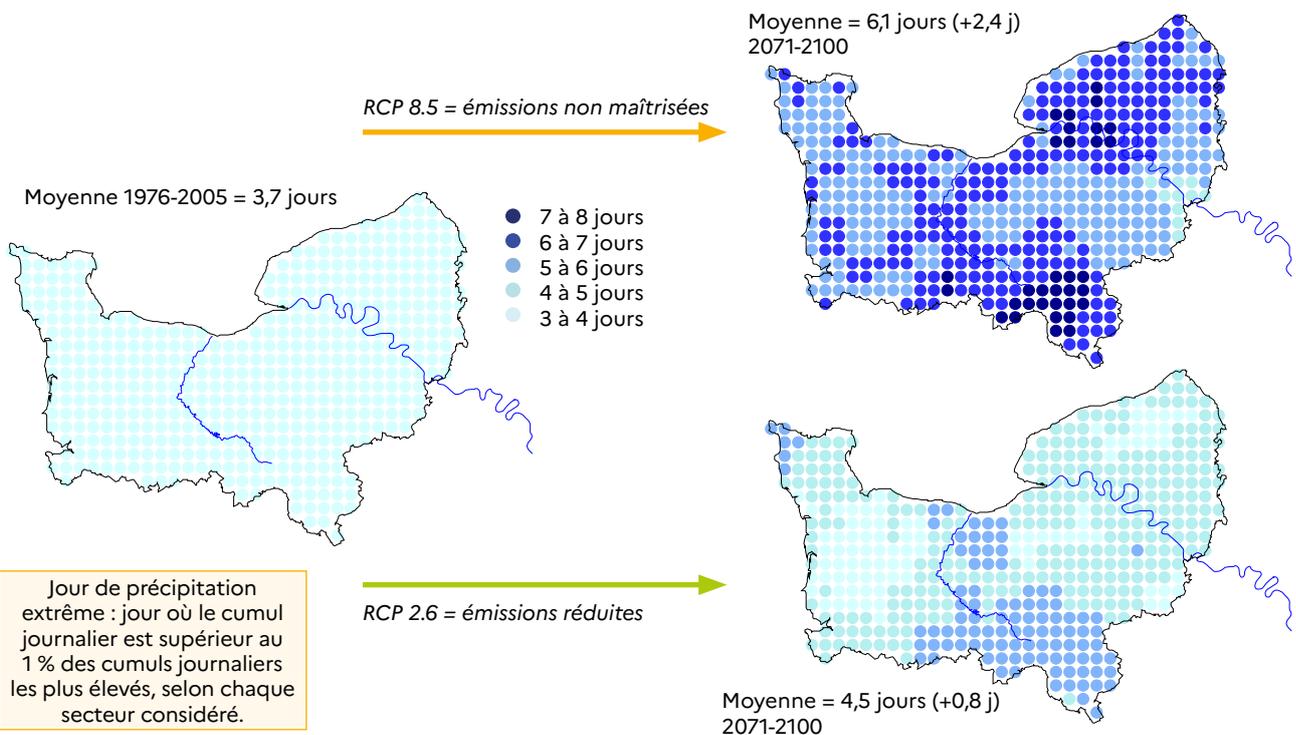
Période de référence 1976-2005 ; projections sur la période 2071-2100 (horizon lointain) pour 2 scénarios RCP (2.6 et 8.5)

Réalisation : Olivier Cantat, Université de Caen Normandie, IDEES Caen Géophen, UMR 6266 CNRS, 2022



Le changement climatique en Normandie à l'horizon 2100

Comparaison du nombre de jours de précipitations extrêmes



Jour de précipitation extrême : jour où le cumul journalier est supérieur au 1 % des cumuls journaliers les plus élevés, selon chaque secteur considéré.

Travail réalisé pour le profil environnemental Normandie et coordonné par la DREAL

Origine : DRIAS-CLIMAT ; Production : Eurocordex 2020

Modèle : CNRM-ALADIN63 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 (RCM - GCM)

Période de référence 1976-2005 ; projections sur la période 2071-2100 (horizon lointain) pour 2 scénarios RCP (2.6 et 8.5)

Réalisation : Olivier Cantat, Université de Caen Normandie, IDEES Caen Géophen, UMR 6266 CNRS, 2022



Le vent

Définition

Le vent est la composante horizontale du déplacement de l'air dans l'atmosphère.



Sandrine Héricher

Le vent est une des composantes marquantes du climat normand, particulièrement sur le littoral où rien ne vient freiner sa course. Simple brise rafraîchissante en été, il peut devenir dévastateur lors des grandes tempêtes, comme ce fut le cas en 1987, 1999 et 2023. Sur la région, le régime de vent dominant est de secteur ouest à sud-ouest, en relation avec la position moyenne des basses pressions subpolaires au Nord (dépression d'Islande) et des hautes pressions subtropicales au Sud (anticyclone des Açores).

La géographie du vent

La force du vent présente des contrastes très importants entre le littoral, d'une part, et les plaines et cuvettes intérieures abritées, d'autre part. Fort logiquement, ce sont les côtes ouest et nord du Cotentin, ainsi que le littoral cauchois, qui enregistrent les vents les plus forts, notamment l'hiver.

Les côtes calvadosiennes sont en partie protégées des vents d'ouest les plus violents par la presqu'île du Cotentin. Sur ces côtes basses densément urbanisées, les risques de submersions marines associés aux tempêtes sont davantage le fait des vents forts de nord-est, dont la fréquence est moindre.

La fréquence des temps calmes et des vents faibles augmente significativement loin de la mer et dans les secteurs protégés par le relief. Sur les roses des vents de la carte en page suivante, le passage d'un ton orangé à vert en atteste. La direction du vent est affectée par les grands dispositifs topographiques, avec une canalisation ouest sud-ouest dans l'axe de la Manche et, plus localement, un redressement méridien des flux en Baie du Mont-Saint-Michel.

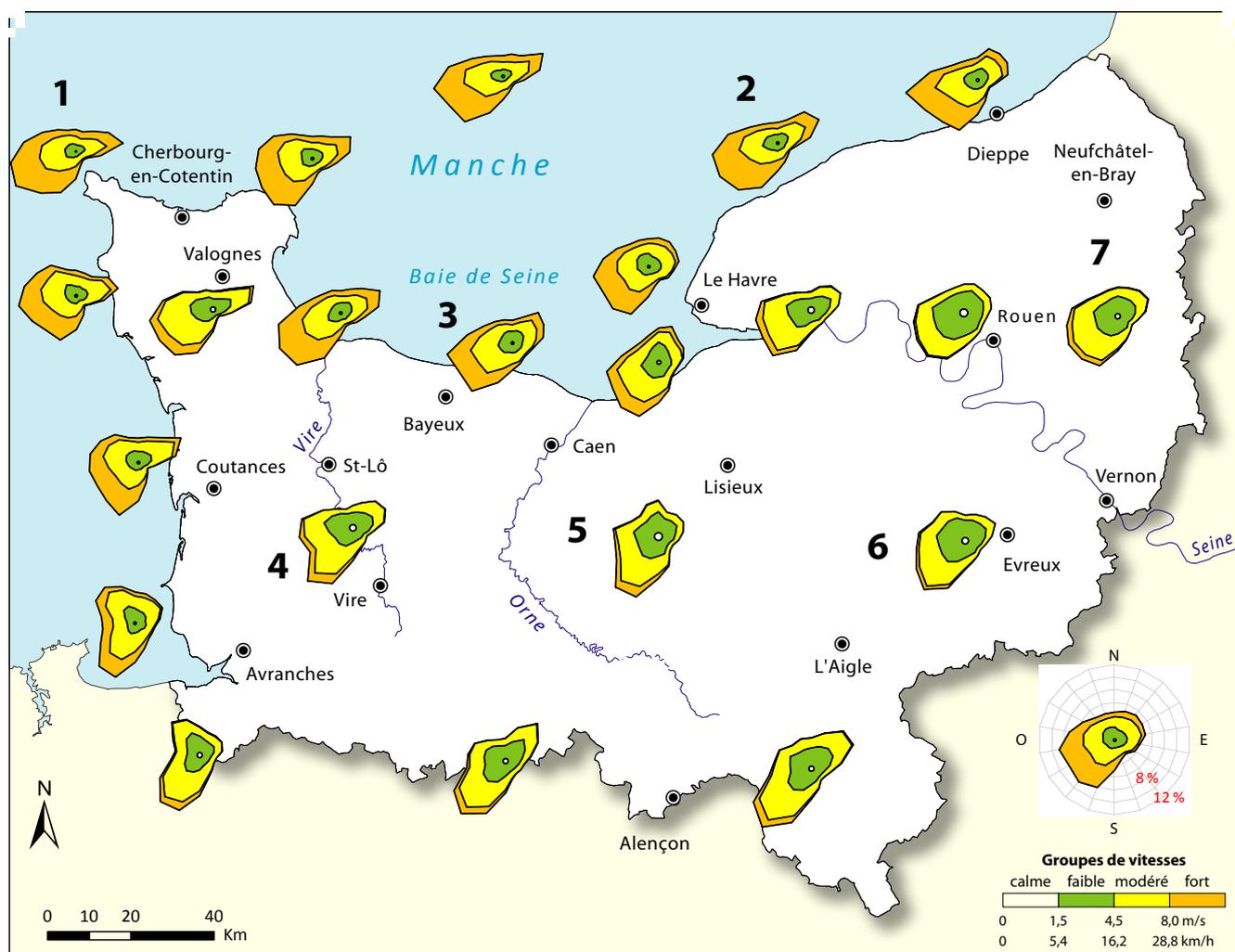
Repères

Le vent est le paramètre météorologique le plus sensible aux effets de site. Il est mesuré dans sa composante horizontale. Pour être la plus représentative des conditions régionales, sa mesure est effectuée au sommet d'un mât de 10 mètres, placé dans un environnement dégagé le plus possible de tout obstacle naturel et de toute construction. Le vent est connu par 2 grandeurs : sa force (en m/s, nœuds ou km/h) et sa direction (en degré ou points cardinaux).

Le mode de représentation le plus classique est la rose des vents. Le graphique transcrit les fréquences moyennes annuelles des directions du vent (en pourcentage) par groupes de vitesses. Les statistiques sont réalisées à partir des valeurs tri-horaires de direction et de vitesse du vent.

Le vent en Normandie : directions et forces moyennes

Réalisation : Olivier Cantat, université de Caen Normandie - Source : données Météo-France



| | | littoral | | | région intérieure | | | |
|---------|-----------|-----------------|----------------|-------------------------|-------------------|----------------|-----------------|--------------|
| | | exposé La Hague | exposé Etretat | abrité (baie) Bernières | Bocage de Vire | Plaine de Caen | Plaine d'Evreux | Pays de Bray |
| classes | m/s | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| calme | < 1,5 | 2.6% | 3.6% | 3.9% | 8.8% | 10.1% | 8.6% | 7.2% |
| faible | [1,5;4,5[| 20.5% | 24.0% | 30.1% | 44.6% | 46.4% | 53.5% | 47.2% |
| modéré | [4,5;8,0[| 39.0% | 35.9% | 40.4% | 39.7% | 37.7% | 34.8% | 40.3% |
| fort | > 8 | 37.9% | 36.5% | 25.6% | 6.9% | 5.8% | 3.1% | 5.3% |

Travail réalisé pour le profil environnemental Normandie et coordonné par la DREAL

Réalisation : Olivier Cantat, Université de Caen Normandie, IDEES Caen Géophen, UMR 6266 CNRS, 2022



Repères

Sur la Normale 1981-2010, on relève plus de 140 jours de vents forts à la Pointe de La Hague, 129 au Cap de La Hève et 110 à Granville, contre seulement 74 jours à Caen, 53 à Rouen, 51 à Évreux et 45 à Alençon.

Ripisylve des marais du Cotentin et du Bessin (Manche)



Sandrine Hélicher

La saisonnalité du vent

Il y a un fort contraste entre la saison froide venteuse et la saison chaude, plus calme. Ce régime s'accompagne toujours d'un gradient marqué entre les littoraux éventés et les intérieurs abrités. Ainsi, sur les hauteurs dominant Cherbourg, de novembre à mars, le vent souffle fort de 10 à 15 jours par mois, alors que dans les grandes plaines abritées du Sud ornaï (Alençon), cette fréquence tombe à des valeurs situées entre 3 et 6 jours. De juin à septembre, la fréquence des vents forts est au plus bas et s'homogénéise (de 2 à 4 jours par mois).

Evolutions récentes des vents forts et des tempêtes (1951-2023)

Sur le long terme, le caractère chaotique de la distribution n'indique pas de tendance affirmée. La période actuelle moins éventée connaît un équivalent dans la fin des années 1960 et le début des années 1970. L'année 1990 se distingue par des vents forts et des tempêtes, notamment en février, accompagnés d'une mer agitée et de submersions sur le littoral.

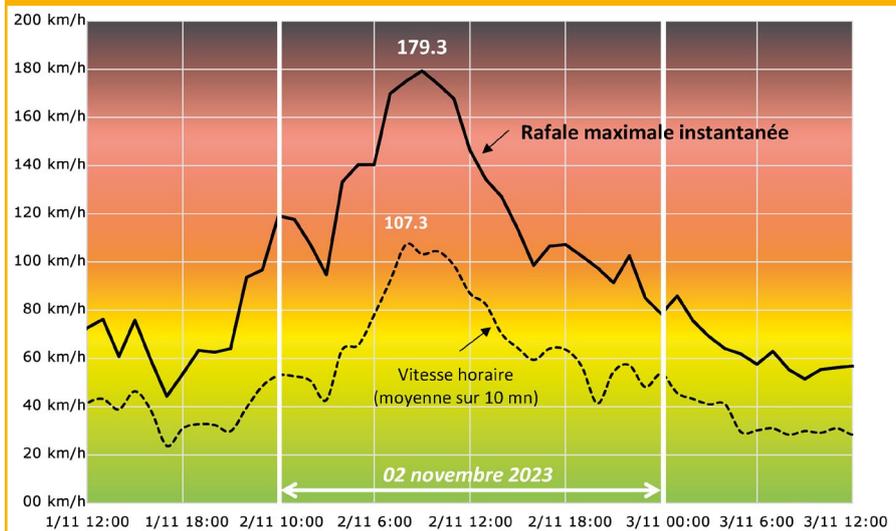
Pour les tempêtes, la série est également très irrégulière. Il semble toutefois que ces événements extrêmes sont moins fréquents depuis la dernière décennie du XX^e siècle. Les données modélisées sur le futur n'indiquent pas de tendance significative.

Pendant la nuit du 1^{er} au 2 novembre et dans la journée du 2 novembre 2023, la tempête Ciarán a provoqué sur la Normandie des rafales de vents localement supérieures à 160 km/h.

D'après Météo-France, en termes d'intensité totale, Ciarán est comparable à la tempête Lothar de 1999 sur les départements côtiers qui ont été mis en vigilance en rouge.

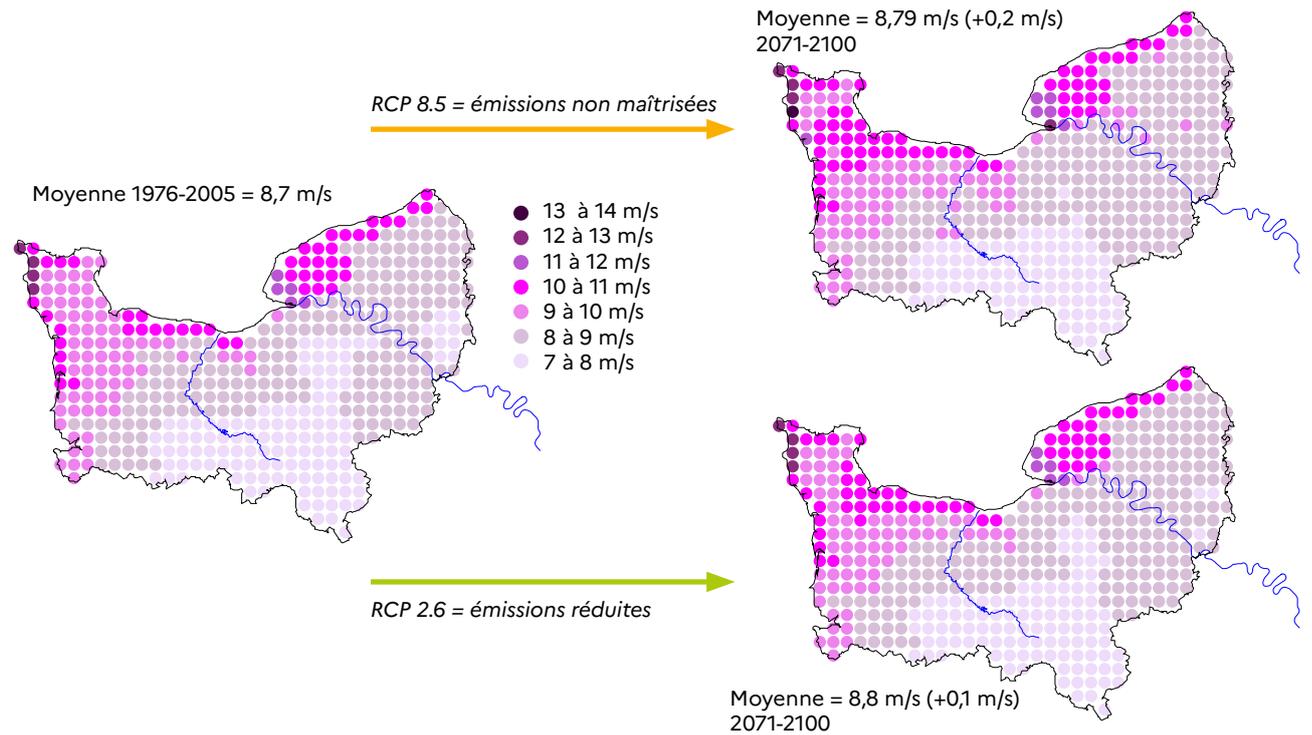
Le passage de la tempête Ciarán à Fécamp en 2023

Réalisation : Olivier Cantat



Le changement climatique en Normandie à l'horizon 2100

Comparaison de l'intensité des vents forts



Travail réalisé pour le profil environnemental Normandie et coordonné par la DREAL

Origine : DRIAS-CLIMAT ; Production : Eurocordex 2020

Modèle : CNRM-ALADIN63 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 (RCM - GCM)

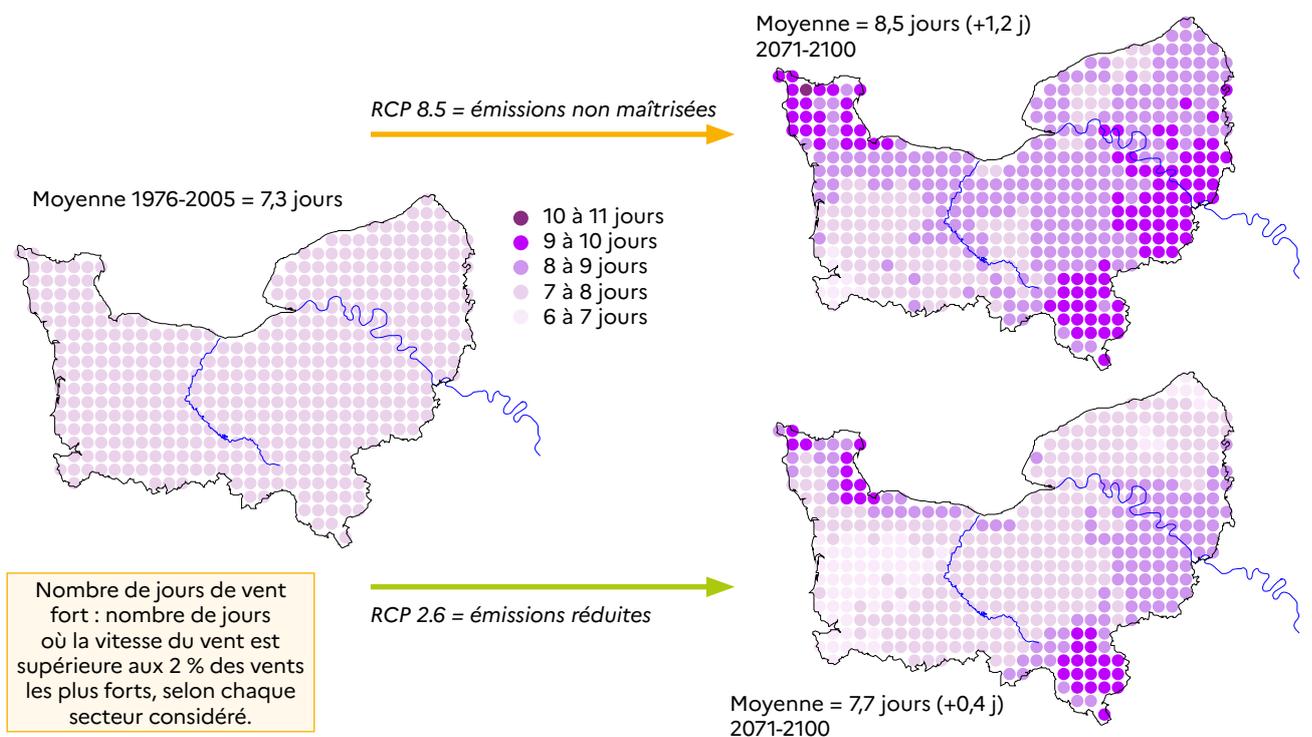
Période de référence 1976-2005 ; projections sur la période 2071-2100 (horizon lointain) pour 2 scénarios RCP (2.6 et 8.5)

Réalisation : Olivier Cantat, Université de Caen Normandie, IDEES Caen Géophen, UMR 6266 CNRS, 2022



Le changement climatique en Normandie à l'horizon 2100

Comparaison du nombre de jours de vent fort



Travail réalisé pour le profil environnemental Normandie et coordonné par la DREAL

Origine : DRIAS-CLIMAT ; Production : Eurocordex 2020

Modèle : CNRM-ALADIN63 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 (RCM - GCM)

Période de référence 1976-2005 ; projections sur la période 2071-2100 (horizon lointain) pour 2 scénarios RCP (2.6 et 8.5)

Réalisation : Olivier Cantat, Université de Caen Normandie, IDEES Caen Géophen, UMR 6266 CNRS, 2022



L'ensoleillement

Définition

L'ensoleillement correspond approximativement au temps pendant lequel le soleil brille suffisamment fort pour projeter sur le sol une ombre aux contours nets.

Repères

- « **Beau temps** » : fraction d'ensoleillement $\geq 80\%$
- « **Temps gris** » : fraction d'ensoleillement $< 20\%$
- « **Temps totalement couvert** » : fraction d'ensoleillement = 0%

Primevères des jardins
(*Rimula vulgaris*)



Sandrine Hélicher / DREAL Normandie

Pour traduire concrètement, à travers les saisons, les impressions de temps clair ou couvert, il est souvent fait appel au concept de fraction d'insolation : il s'agit du rapport entre la durée du jour et la durée d'ensoleillement. A titre d'exemple, 50% d'insolation représente chaque jour environ 4 heures de soleil direct au 21 décembre et 8 heures au 21 juin.

La géographie de l'ensoleillement

L'ensoleillement annuel varie d'environ 300 heures sur la région, allant de moins de 1 600 heures à près de 1 900 heures (de 36% à 43% d'insolation environ). Les secteurs les plus couverts se trouvent dans le nord du Cotentin et sur les hauteurs de la Seine-Maritime. Les plus ensoleillés se situent le long des littoraux sud de la façade du département de la Manche et de la Baie de Seine. Ils bénéficient d'un brassage de l'air plus fort, dispersant plus rapidement les brumes et les nuages. Dans les terres, l'ensoleillement est intermédiaire, avec des nuances entre les secteurs de plaines abritées et les hauteurs bocagères qui « accrochent » davantage les nuages.

La saisonnalité de l'ensoleillement

Selon la Normale 1991-2020, la durée d'ensoleillement triple entre les mois de novembre à janvier et les mois lumineux de mai à août. Cet accroissement s'explique par la concomitance de l'allongement de la durée du jour et de la diminution de la couverture nuageuse. En termes de fraction d'insolation, on observe des fluctuations de 20% à 30% en hiver et de 40% à 50% en été.

Evolutions récentes

Le nombre de jours de beau temps et de temps couvert souligne de grandes fluctuations sur la Normandie. La tendance, sur les six dernières décennies, semble légèrement plus nuageuse mais ce qui domine est avant tout la variabilité interannuelle : on oppose classiquement des années plus ensoleillées comme 1959, 1976, 1989-1990, 2003, à des années plus nuageuses comme 1968, 1981 ou 1994. Les fluctuations de la circulation atmosphérique expliquent ces situations différentes. Il n'existe pas de données modélisées pour l'ensoleillement à l'horizon 2100.

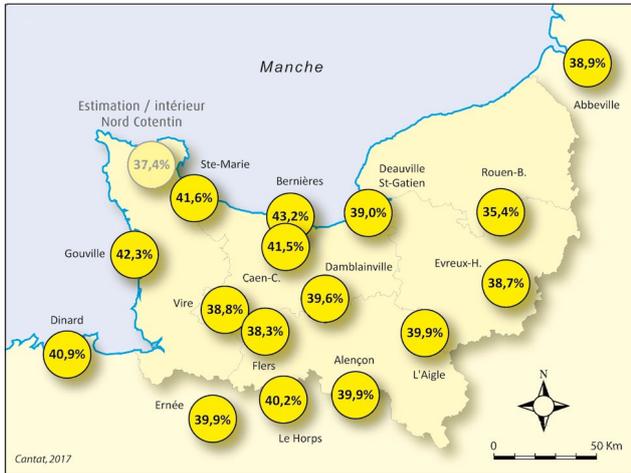
Comparaison de l'ensoleillement saisonnier mesuré sur la période 2006-2015

Réalisation : Olivier Cantat, université de Caen Normandie - Source : Météo-France



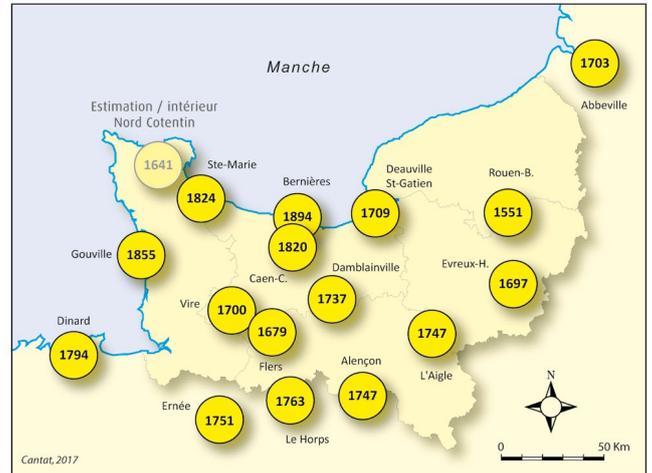
Fraction annuelle de l'ensoleillement en Normandie

(données Météo-France, moyenne sur la période 2006-2015)



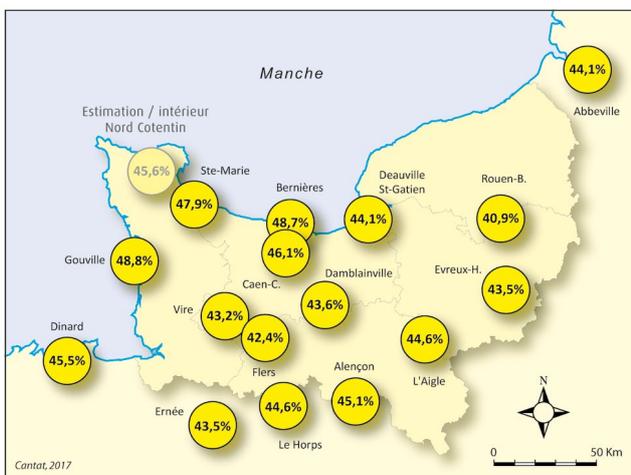
Durée totale annuelle de l'ensoleillement en Normandie

(données Météo-France, valeurs exprimées en heures, moyenne sur la période 2006-2015)



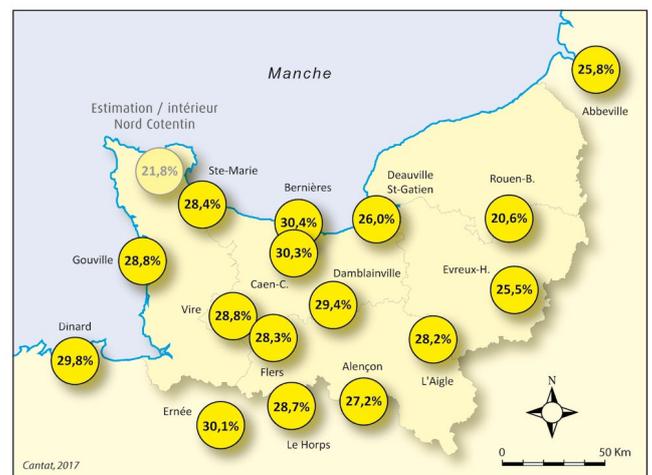
Fraction estivale d'ensoleillement en Normandie

(données Météo-France, moyenne sur la période 2006-2015)



Fraction hivernale d'ensoleillement en Normandie

(données Météo-France, moyenne sur la période 2006-2015)



Données de Rouen-Boos sous-estimées en raison d'un masque vers le SO et le SE (défaut corrigé sur le nouveau site, opérationnel depuis le 08/01/2022)

Travail réalisé pour le profil environnemental Normandie et coordonné par la DREAL

Réalisation : Olivier Cantat, Université de Caen Normandie, IDEES Caen Géophen, UMR 6266 CNRS, 2022



Le rayonnement solaire

Définition

Le rayonnement solaire est la quantité d'énergie solaire parvenant à la surface du sol.

Repères

Pour avoir une idée précise du **potentiel solaire**, la mesure d'insolation est complétée par la quantification du rayonnement solaire sur une surface horizontale, exprimé en énergie (Joules/cm²) ou en puissance (W/m²).

Panneaux solaires



Nadège Basset

La connaissance du rayonnement solaire permet d'évaluer le gisement solaire d'une région ou d'expliquer la croissance des plantes. La hauteur du soleil et la transparence du ciel jouent beaucoup dans l'apport solaire. **Aux latitudes moyennes, une heure d'ensoleillement en hiver apporte ainsi beaucoup moins d'énergie qu'en été. En Normandie, l'ordre de grandeur est d'environ 1 à 3** : sous un ciel clair à midi, sur la côte calvadosienne, on enregistre, par exemple, 920 W/m² le 2 juillet 2017, contre seulement 350 W/m² le 20 janvier de la même année.

La géographie du rayonnement solaire

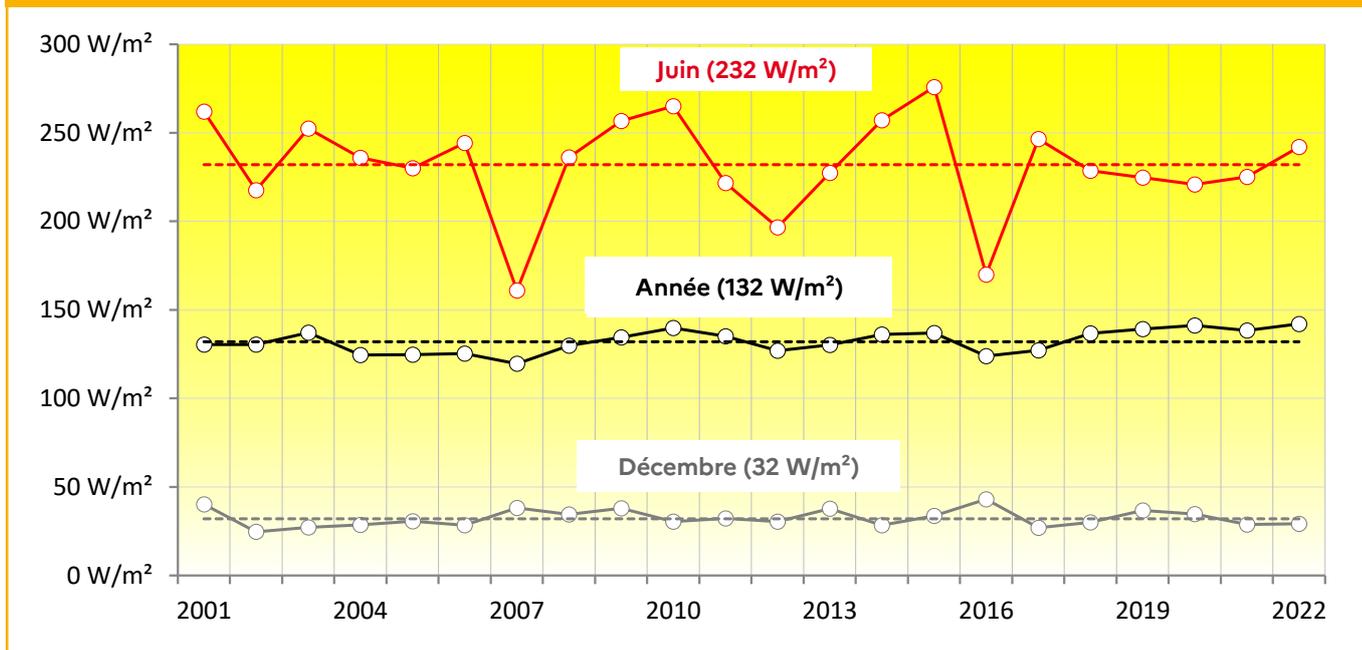
Les stations de mesure du rayonnement solaire sont peu nombreuses et assez récentes. Pour une approche globale, l'analyse reprend ici les données modélisées Drias sur la période 1976-2005 pour 7 points représentatifs de la diversité climatique régionale et correspondant aux secteurs de Cherbourg, Avranches, Caen, Alençon, Dieppe, Rouen et Evreux. De manière générale, le rayonnement solaire augmente selon un gradient est/ouest, en accord avec des influences anticycloniques plus fréquentes et marquées vers l'Atlantique. A échelle plus fine, cette caractéristique d'ensemble doit aussi tenir compte de la topographie. L'exposition et la pente génèrent des contrastes d'éclairement importants dans le Bocage. Le relief diminue les apports solaires sur les collines faisant face aux flux humides et dans les fonds de vallées humides (formation et stagnation des brumes et brouillards). *A contrario*, la frange littorale est souvent plus lumineuse car son ouverture à tous les vents contribue à la dispersion des nuages.

La saisonnalité et la variabilité du rayonnement solaire

Les données régionales traduisent un **éclairement solaire moyen dont la puissance quintuple entre la période hivernale** (≈ 40 W/m² sur décembre-janvier-février) et **la période estivale** (≈ 200 W/m² sur juin-juillet-août). Ceci s'explique par la concomitance, en été, d'une diminution de la couverture nuageuse et d'un soleil haut dans le ciel. Parallèlement au cycle saisonnier, les données mesurées de Caen-Carpique de 2001 à 2022 permettent de visualiser une forte variabilité interannuelle en été : les écarts sont parfois considérables, comme entre le « beau » mois de juin 2015 (276 W/m² et 288 h d'ensoleillement) et le « sombre » mois de juin 2016 (170 W/m² et 105 h d'ensoleillement, soit moins qu'un mois d'octobre habituel).

Puissance moyenne du rayonnement solaire mesuré à Caen-Carpiquet entre 2001 et 2022

Réalisation : Olivier Cantat, université de Caen Normandie - Source : Météo-France



Projections climatiques à l'horizon 2100

D'après les projections réalisées, le rayonnement solaire devrait se renforcer dans les décennies à venir. Cette augmentation est très marquée dans la seconde moitié du XXI^e siècle, notamment pour le scénario RCP 8.5. Elle est présente aussi dans le scénario RCP 2.6. Cette évolution, au pas de temps annuel, masque des différences saisonnières. Pour les scénarios « optimiste » et « pessimiste », on enregistre une très forte augmentation du rayonnement solaire en été, de l'ordre de +20 % (puissance moyenne passant d'environ 205 à 247 W/m²), signe probable de temps anticycloniques plus fréquents. En automne et au printemps, l'augmentation est également présente mais dans une moindre mesure (de l'ordre de +10 %). En revanche, en hiver, les variations sont très faibles, voire nulles pour le scénario RCP 8.5.

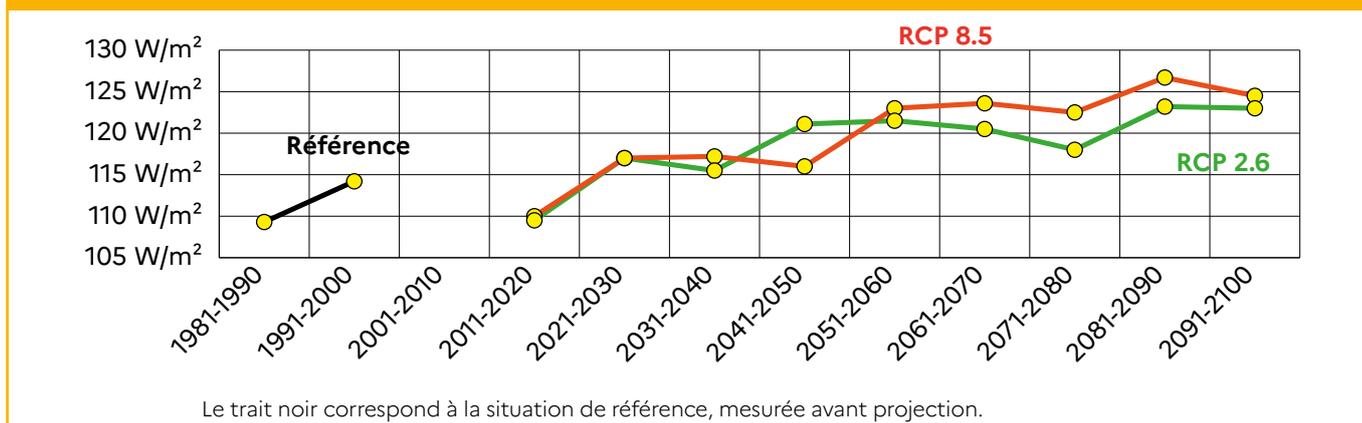
Myrtil (*Maniola jurtina*)



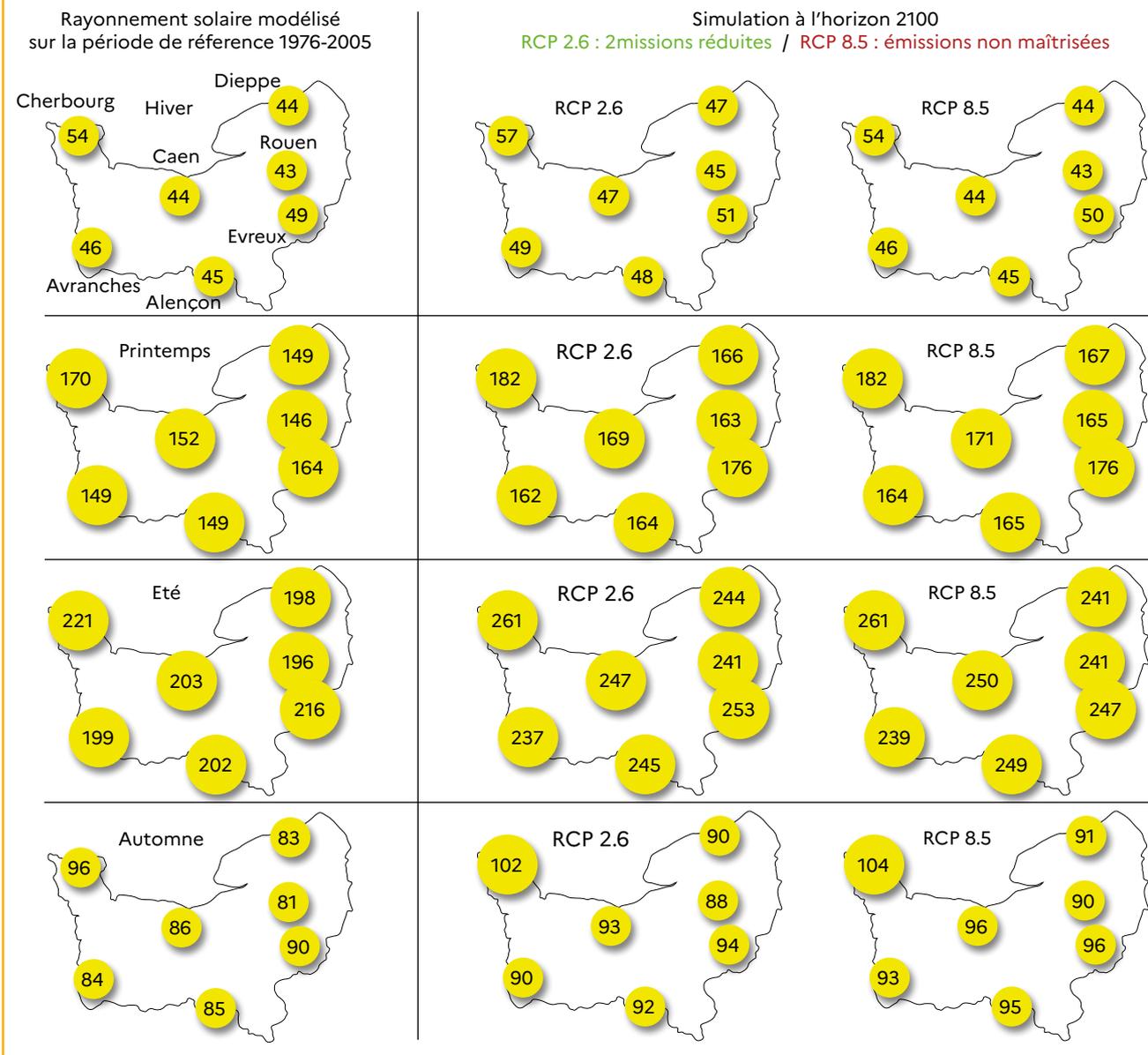
Sandrine Hélicher

Projection de la puissance moyenne du rayonnement solaire annuel vers Caen

Réalisation : Olivier Cantat, université de Caen Normandie - Données : Drias Météo-France



Comparaison du rayonnement solaire saisonnier modélisé sur la période 1976-2005 avec les scénarios prospectifs du GIEC à l'horizon 2100 (puissance en W/m²)



Travail réalisé pour le profil environnemental Normandie et coordonné par la DREAL

Origine : DRIAS-CLIMAT ; Production : Eurocordex 2020

Modèle : CNRM-ALADIN63 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 (RCM - GCM)

Période de référence 1976-2005 ; projections sur la période 2071-2100 (horizon lointain) pour 2 scénarios RCP (2.6 et 8.5)

Réalisation : Olivier Cantat, Université de Caen Normandie, IDEES Caen Géophen, UMR 6266 CNRS, 2022

