



Le climat en Normandie : présentation et évolution

Un climat « variable »

La Normandie bénéficie d'un climat tempéré en raison des masses d'air en provenance majoritairement de l'Atlantique. L'océanité engendre, de plus, des précipitations en toutes saisons, diminuant globalement d'ouest en est, et une amplitude thermique relativement faible augmentant selon la même direction. L'hiver se caractérise par des types de temps le plus souvent humides, frais et venteux, conséquences du décalage vers le sud 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).

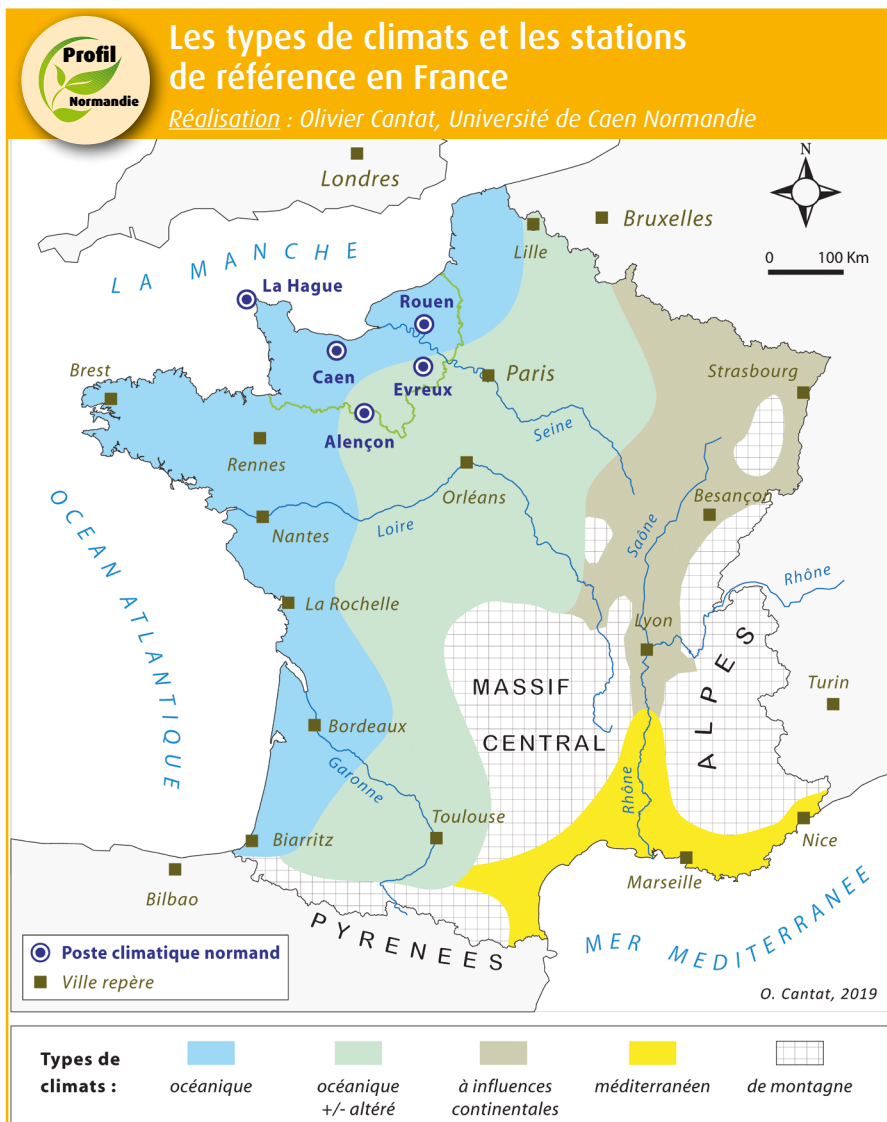
Plan du chapitre

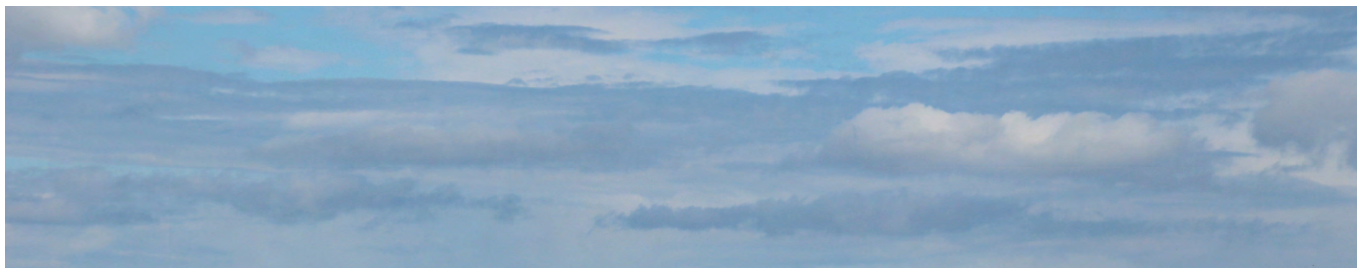
- ▶ Un climat « variable »
- ▶ La température de l'air
- ▶ Les occurrences de froid et de chaleur
- ▶ Les précipitations
- ▶ La saisonnalité des précipitations
- ▶ Le vent
- ▶ L'ensoleillement
- ▶ Le rayonnement solaire

Pourville (Seine-Maritime)



Véronique Martins/DREAL Normandie





Nina Esperas

Repères

Les projections climatiques à l'horizon 2100

Les cartes et graphiques présentés ci-après, selon les 2 scénarios les plus contrastés du GIEC, permettent de caractériser les principales évolutions possibles du climat.

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. Les précipitations totales seraient en baisse d'environ 11 %, avec une réduction plus sensible en été (-17 %) impliquant un fort assèchement des écosystèmes et des agrosystèmes, et un petit excédent en hiver source potentielle d'inondations plus fréquentes. **En revanche, si des efforts importants pour limiter les GES sont consentis (scénario RCP 2.6),** l'augmentation des températures sera moins forte (+1°C environ) et plafonnerait dans la seconde moitié du XXI^e siècle, avec des cumuls pluviométriques sensiblement équivalents à ceux de la période actuelle.

La Normandie est globalement marquée par les influences océaniques.

Trois grands types de climats se distinguent, nuancés à échelle plus fine par les facteurs géographiques locaux. Les températures et les précipitations varient principalement selon la topographie, l'exposition aux flux humides provenant 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 : 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 pluviométrique et thermique 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 au 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)

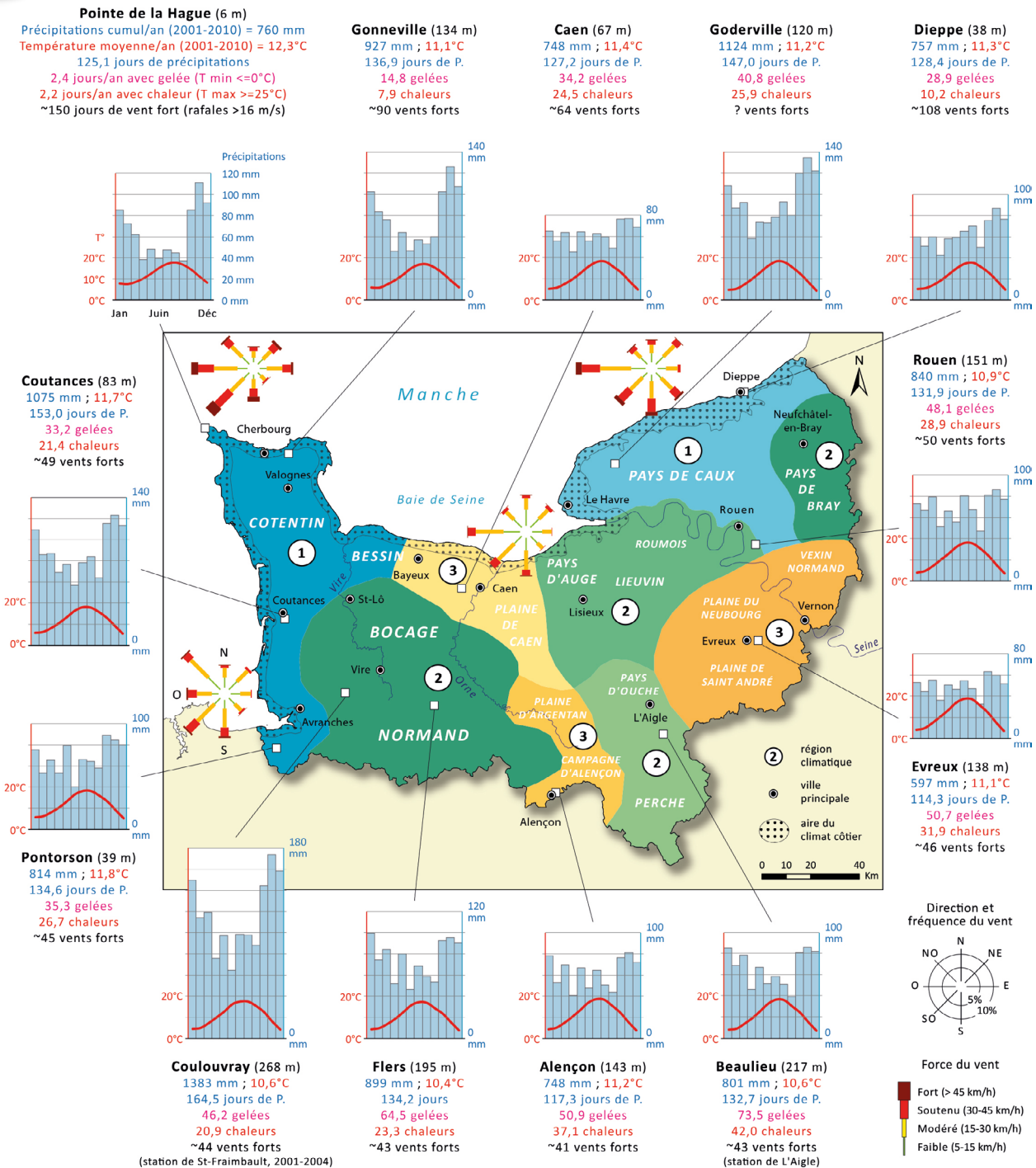
: la Plaine agricole de Caen à Falaise, sous le vent des collines de Normandie, et proche de la mer, se caractérise par une pluviométrie et des contraintes thermiques modérées (ex. : Caen). Dans la Campagne d'Alençon, par effet de continentalité, les températures sont plus contrastées, avec communément 10 à 15 jours par an de plus de froid en hiver et de chaleur en 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, LEGT Caen, UMR 6554 CNRS, 2018.

Familles de climats : (1) maritime, (2) contrasté des collines, (3) d'abri des plateaux et côtier (plus venté, moins arrosé)



Les principaux ensembles climatiques normands

Familles de climats : (1) maritime, (2) contrasté des collines, (3) d'abri des plateaux, côtier (variante 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 points de grille CNRM Météo-France (maille de 8 km) et inspiré des cartes de Jean-Paul Trzpit de l'Atlas de Normandie (1965) et de la thèse de Gisèle Escourrou (1978). Les 13 diagrammes ombrothermiques sont dessinés à partir de données Météo-France sur la période 2001-2010. Les 4 roses des vents littorales sont dessinées à partir des données du modèle Aladin de Météo-France sur la période 1999-2009.

Réalisation : Olivier Cantat, GEOPHEN, LETG Caen, UMR 6554 CNRS, Université de Caen Normandie, 2018.

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 ».

Cricqueville-en-Auge (Calvados)



Patrick Galineau

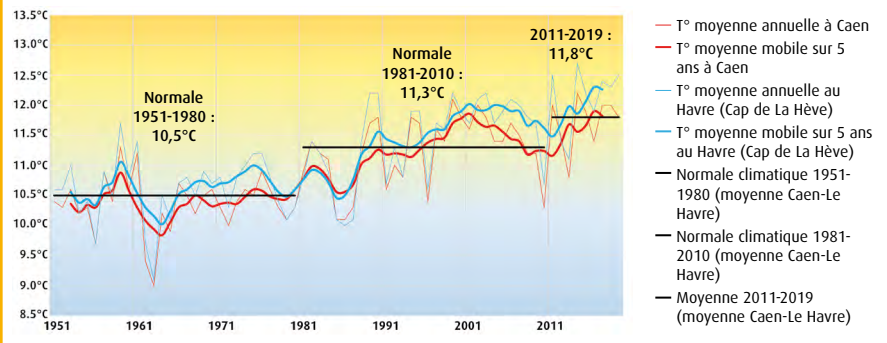
La température de l'air

■ Constat et évolution sur la période actuelle (1951-2019)

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 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, 1996, 2010) et d'années plus chaudes (1959, 1989, 2002, 2014, 2016).

Évolution des températures moyennes annuelles à Caen et au Havre de 1951 à 2019

Réalisation : Olivier Cantat - Données Météo-France



Les températures moyennes ont augmenté d'environ 0,6 à 0,9°C entre les deux Normales (1951-1980 et 1981-2010). Le réchauffement apparaît au milieu des années 1980, plafonne dans les années 2000 puis semble progresser à nouveau dans la décennie en cours. Toutes les valeurs annuelles les plus élevées se sont produites durant ce début de XXI^e siècle.

■ Projections climatiques à l'horizon 2100

Les projections montrent un « coup de chaud » important d'environ 4°C si aucune politique de réduction des GES n'est entreprise à l'échelle mondiale (scénario RCP 8.5). 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).



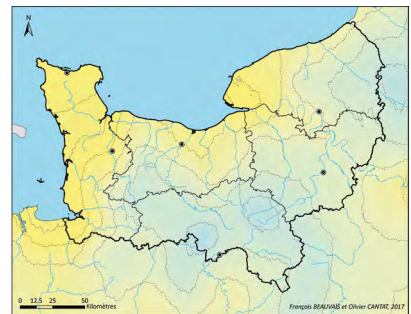
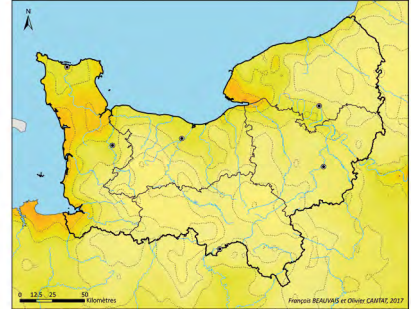
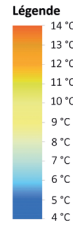
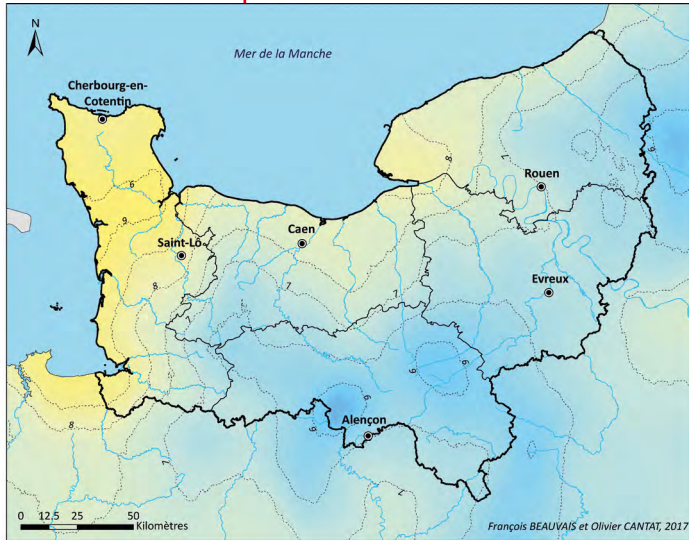
Comparaison de la température minimale annuelle Période 1976-2005 et scénarios prospectifs du GIEC (horizon 2100)

Réalisation : François Beauvais, Olivier Cantat, Université de Caen Normandie, LETG Caen GEOPHEN, 2018

Source : « Drias, données Météo-France, CERFACS, IPLS », simulations CNRM-2014

Températures minimales annuelles : moyenne des températures minimales relevées chaque jour de l'année.

RCP 8.5 : scénario sans politique climatique



RCP 2.6 : scénario avec politique climatique

RCP : Representative Concentration Pathway



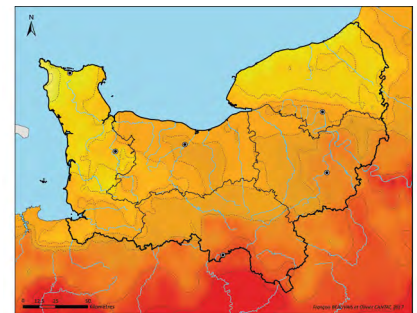
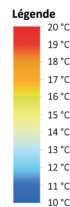
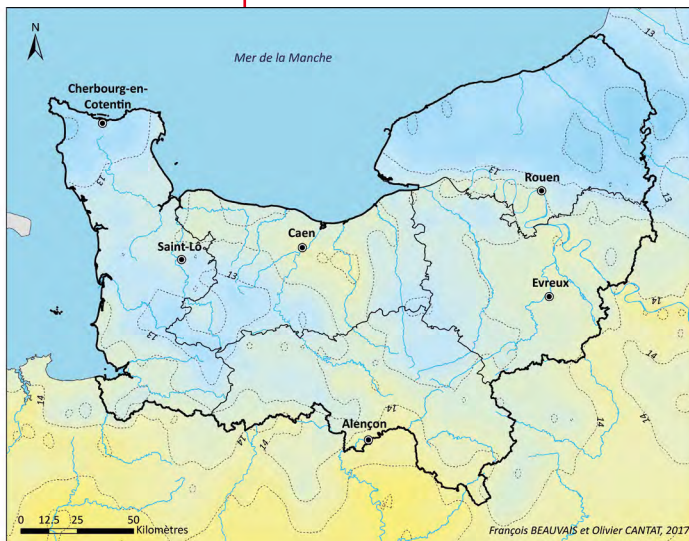
Comparaison de la température maximale annuelle Période 1976-2005 et scénarios prospectifs du GIEC (horizon 2100)

Réalisation : François Beauvais, Olivier Cantat, Université de Caen Normandie, LETG Caen GEOPHEN, 2018

Source : « Drias, données Météo-France, CERFACS, IPLS », simulations CNRM-2014

Températures maximales annuelles : moyenne des températures maximales relevées chaque jour de l'année.

RCP 8.5 : scénario sans politique climatique



RCP 2.6 : scénario avec politique climatique

RCP : Representative Concentration Pathway

Repères

Plus que la température de l'air, le nombre de jours de gelée (mini $\leq 0^{\circ}\text{C}$) et 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** : $T^{\circ} \text{ mini} \leq 0^{\circ}\text{C}$
- **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.

Les occurrences 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, dans les confins méridionaux et orientaux de la région, on enregistre communément plus de 50 jours de gelées et 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 région, 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 gelées 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 !

■ Évolution sur la période actuelle (1951-2019)

L'évolution entre les Normales 1951-1980 et 1981-2010 est marquée à Alençon par une réduction de 9 jours des gelées et une augmentation de 9 jours des chaleurs. Pour La Hague, le faible nombre d'occurrences limite la significativité de la variation observée (2 jours de gelée en moins et 1 jour de chaleur en plus). Sur le littoral, on constate l'absence de pics de gelées depuis 1991 (aucune valeur supérieure à 8 jours par an) et un caractère très légèrement plus présent des jours de chaleur dans la première décennie du XXI^e siècle.

■ Projections climatiques à l'horizon 2100

Le scénario « optimiste » RCP 2.6 se traduirait, sur la région, par des changements assez faibles dans la fréquence du froid et de la chaleur. Ces changements seraient plus sensibles dans les secteurs continentaux.

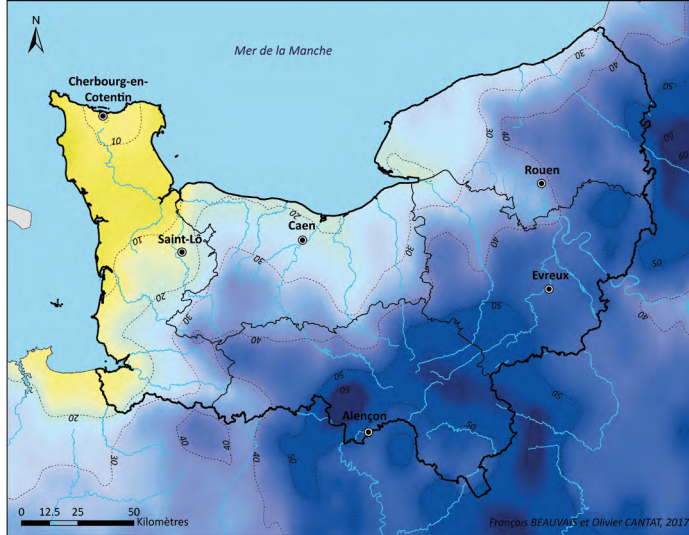
En revanche, le scénario « pessimiste » RCP 8.5 s'accompagnerait d'une diminution drastique des gelées, avec leur quasi-disparition dans le Cotentin. *Contrairement*, on assisterait à une véritable explosion des jours chauds à l'intérieur des terres où l'on pourrait atteindre des valeurs supérieures à 80 jours par an, soit l'équivalent des régions méditerranéennes françaises actuelles. Le Cotentin conserverait des conditions estivales agréables.



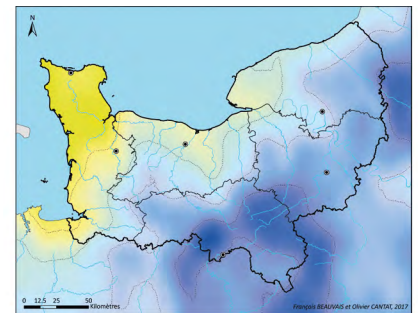
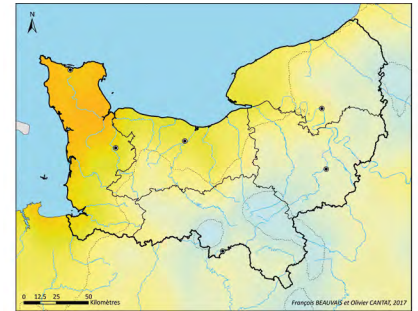
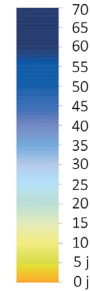
Comparaison du nombre de jours de gel annuel ($T^{\circ} \text{ mini} \leq 0^{\circ}\text{C}$) Période 1976-2005 et scénarios prospectifs du GIEC (horizon 2100)

Réalisation : François Beauvais, Olivier Cantat, Université de Caen Normandie, LETG Caen GEOPHEN, 2018
Source : « Drias, données Météo-France, CERFACS, IPLS », simulations CNRM-2014

RCP 8.5 : scénario sans politique climatique



Légende



RCP 2.6 : scénario avec politique climatique

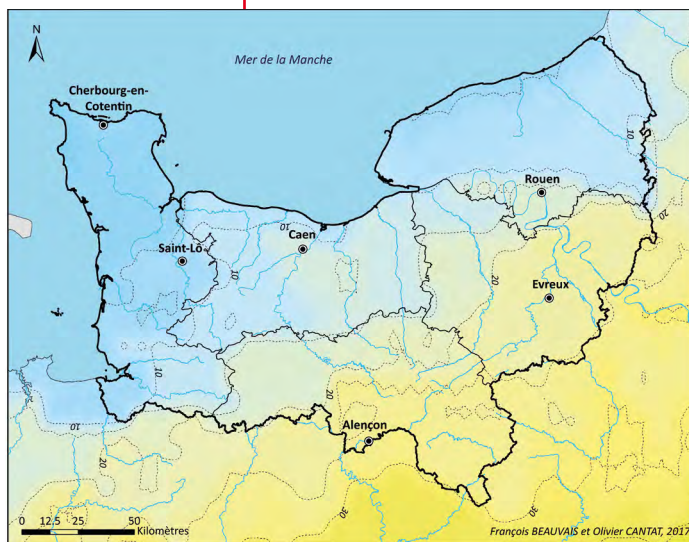
RCP : Representative Concentration Pathway



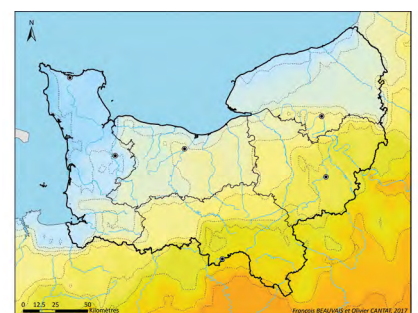
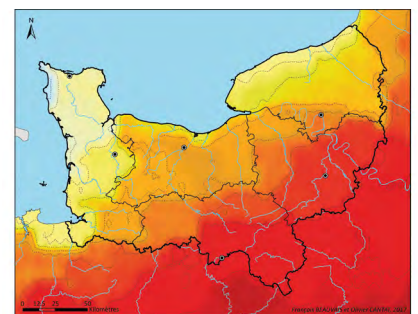
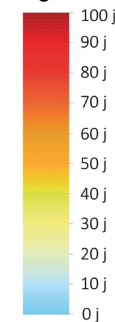
Comparaison du nombre de jours de chaleur annuel ($T^{\circ} \text{ maxi} > 25^{\circ}\text{C}$) Période 1976-2005 et scénarios prospectifs du GIEC (horizon 2100)

Réalisation : François Beauvais, Olivier Cantat, Université de Caen Normandie, LETG Caen GEOPHEN, 2018
Source : « Drias, données Météo-France, CERFACS, IPLS », simulations CNRM-2014

RCP 8.5 : scénario sans politique climatique



Légende



RCP 2.6 : scénario avec politique climatique

RCP : Representative Concentration Pathway

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.**

Lorsque les précipitations se produisent sous forme de neige, on mesure l'épaisseur de la couche sur une table à neige. On en donne aussi l'équivalent en eau liquide grâce à la fusion provoquée par une résistance chauffante placée tout autour du pluviomètre. 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 parler de précipitations significatives, 10 mm pour les précipitations fortes).

La Rouvre à la Roche d'Oëtre (Orne)



Fabrice Thérèse

Le niveau des précipitations

■ Constat actuel

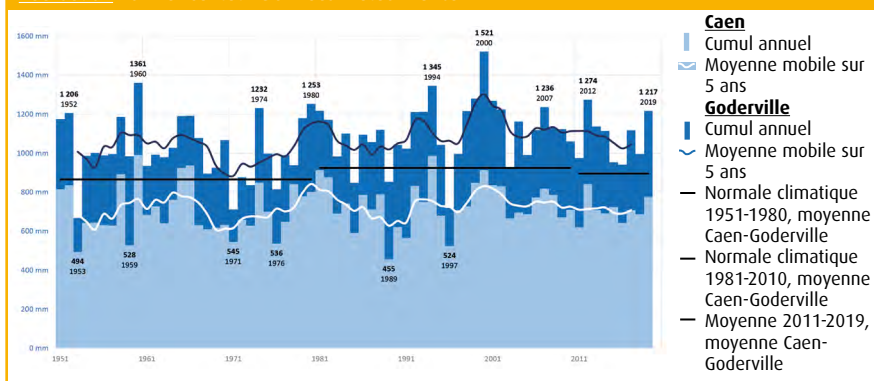
Le relief joue un rôle majeur sur les flux humides en provenance de l'Ouest. Les données mesurées mettent en évidence un cumul annuel pouvant varier du simple au double, d'un endroit à l'autre de la région. Le nombre de jours de précipitations permet de nuancer l'image pluvieuse de la Normandie. Les plus fortes 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 (Évreux : 598 mm). Le caractère le plus frappant est la très grande variabilité d'une année à l'autre. Les cumuls peuvent varier du simple au double, de façon aléatoire. Ainsi, dans les secteurs abrités, les cumuls oscillent couramment entre 400 et 1 000 mm par an. Sur les hauteurs occidentales, les cumuls fluctuent entre 800 et 1 800 mm par an.

■ Évolution sur la période actuelle (1951-2019)

Durant les dernières décennies, on observe une légère augmentation des cumuls annuels, de l'ordre de +4 à +5 % entre les deux Normales 1951-1980 et 1981-2010.

Évolution des précipitations en Normandie entre 1951 et 2019

Réalisation : Olivier Cantat - Données Météo-France



■ Projections climatiques à l'horizon 2100

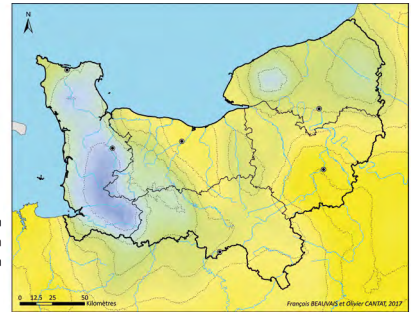
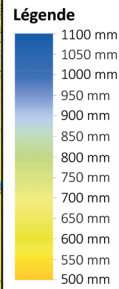
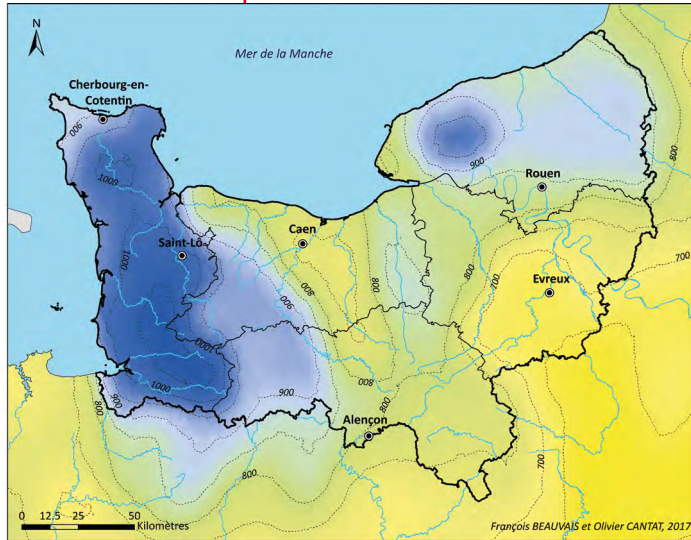
À l'échelle annuelle, les précipitations seraient très peu modifiées dans l'optique du scénario « optimiste » RCP 2.6. En revanche, avec le scénario « pessimiste » RCP 8.5, la région enregistrerait sur l'année une diminution notable des cumuls (de -50 à -150 mm) et des jours de précipitations (perte de 20 à 25 jours). Dans la région de Caen, par exemple, les données annuelles modélisées passeraient de 733 mm répartis sur 134 jours durant la période de référence actuelle, à 657 mm (-76 mm, -10 %) et 112 jours (- 22 jours, -16 %) à l'horizon 2100.



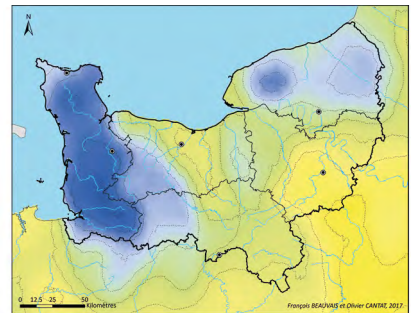
Comparaison du cumul annuel de précipitations Période 1976-2005 et scénarios prospectifs du GIEC (horizon 2100)

Réalisation : François Beauvais, Olivier Cantat, Université Normandie, LETG Caen GEOPHEN, 2018
Source : « Drias, données Météo-France, CERFACS, IPLS », simulations CNRM-2014

RCP 8.5 : scénario sans politique climatique



RCP 2.6 : scénario avec politique climatique



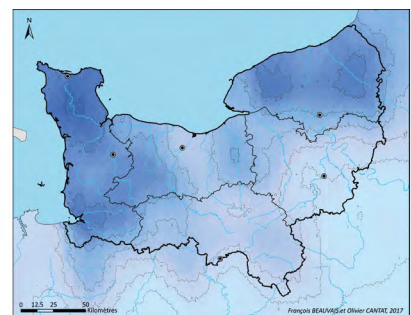
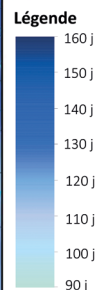
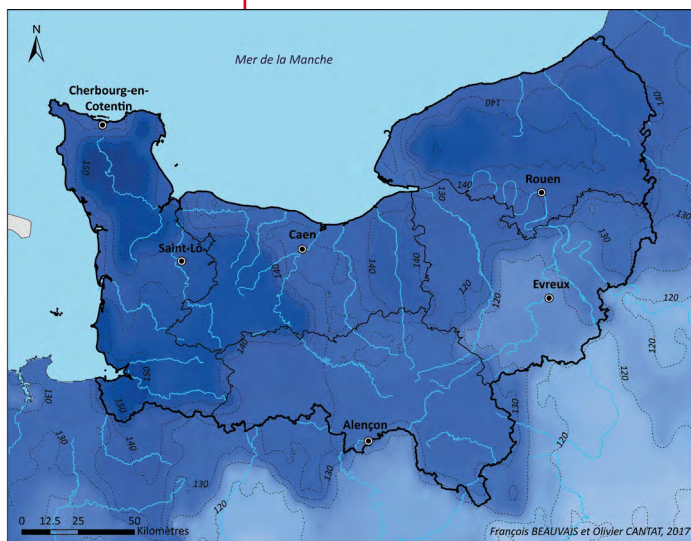
RCP : Representative Concentration Pathway



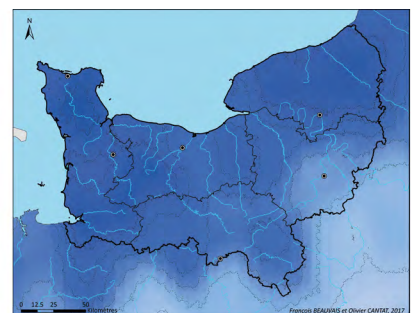
Comparaison du nombre de jours de précipitations significatives ($P \geq 1$ mm/jour) Période 1976-2005 et scénarios prospectifs du GIEC (horizon 2100)

Réalisation : François Beauvais, Olivier Cantat, Université Normandie, LETG Caen GEOPHEN, 2018
Source : « Drias, données Météo-France, CERFACS, IPLS », simulations CNRM-2014

RCP 8.5 : scénario sans politique climatique



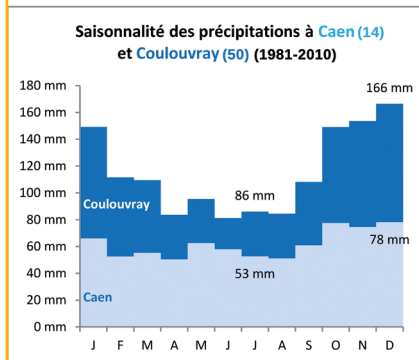
RCP 2.6 : scénario avec politique climatique



RCP : Representative Concentration Pathway

Saisonnalité des précipitations

Réalisation : Olivier Cantat



Champ de blé de la Plaine de Caen (Calvados)



Séverine Bernard/DREAL Normandie

La saisonnalité des précipitations

■ Constat actuel

Pour envisager plus concrètement les précipitations et leurs conséquences, il est usuel, en climat océanique, de décomposer l'année en deux périodes : le semestre froid d'octobre à mars (phase de repos végétatif et de surplus hydrologiques) et le semestre chaud d'avril à septembre (phase de développement des plantes et de dessèchement progressif des sols par déficit hydrique).

Les apports pluviométriques apparaissent 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 de 100 mm sur les collines les plus exposées, comparativement aux secteurs abrités. Durant la période chaude, les excédents se limitent à environ 30 mm. Sur la Normale 1981-2010, en décembre, il tombe :

- 166 mm à Coulouvray,
- 78 mm à Caen,
- et seulement 60 mm à Évreux.

■ Projections climatiques à l'horizon 2100

Si le cumul annuel est quasi stable pour le scénario « optimiste » RCP 2.6 durant l'ensemble du XXI^e siècle, sa décomposition saisonnière fait ressortir une évolution saisonnière différenciée, avec une très légère accentuation des écarts entre un semestre froid plus arrosé et un semestre chaud plus sec, à l'image de la région de Caen avec +4 % et -4 %.

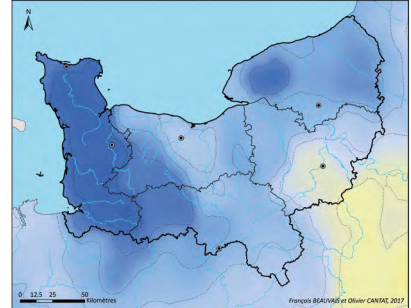
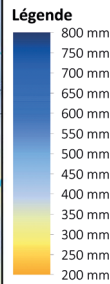
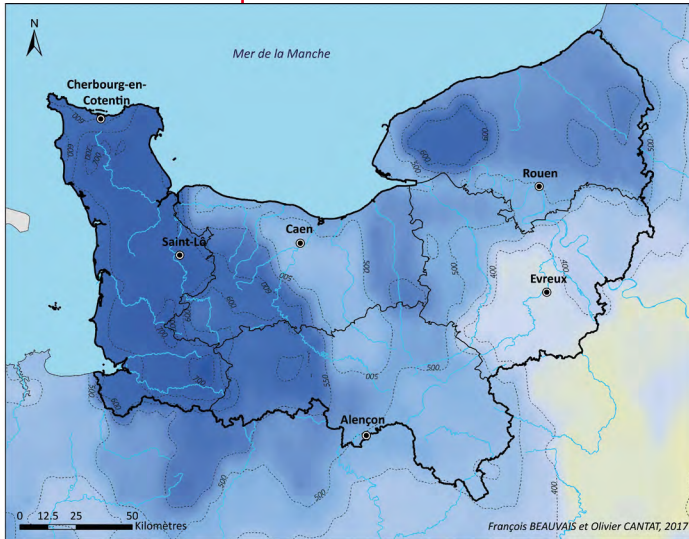
Avec le scénario « pessimiste » RCP 8.5, la fin du XXI^e siècle présenterait une évolution beaucoup plus franche (diminution globale d'environ 10 à 12 % pour le cumul annuel), liée à une forte baisse des cumuls entre avril et septembre. L'exemple de Caen est significatif : le semestre froid verrait une stabilisation des précipitations au niveau actuel (après une phase intermédiaire légèrement plus arrosée entre 2021 et 2070), alors que la chute serait très prononcée durant le semestre chaud (-22 %), entraînant possiblement des problèmes pour l'alimentation en eau à des fins agricoles, industrielles et domestiques.



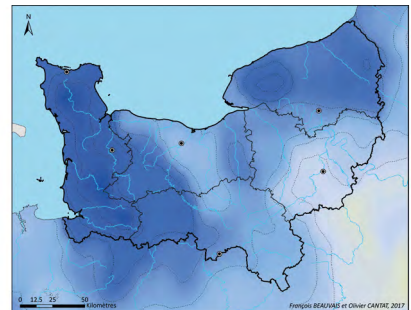
Comparaison du cumul de précipitations entre octobre et mars, « saison humide » Période 1976-2005 et scénarios prospectifs du GIEC RCP 2.6 et RCP 8.5 (horizon 2100)

Réalisation : François Beauvais, Olivier Cantat, Université de Caen Normandie, LETG Caen GEOPHEN, 2018
Source : « Drias, données Météo-France, CERFACS, IPLS », simulations CNRM-2014

RCP 8.5 : scénario sans politique climatique



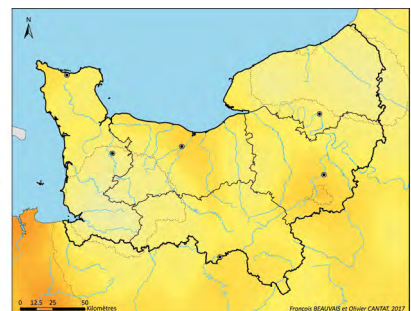
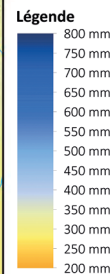
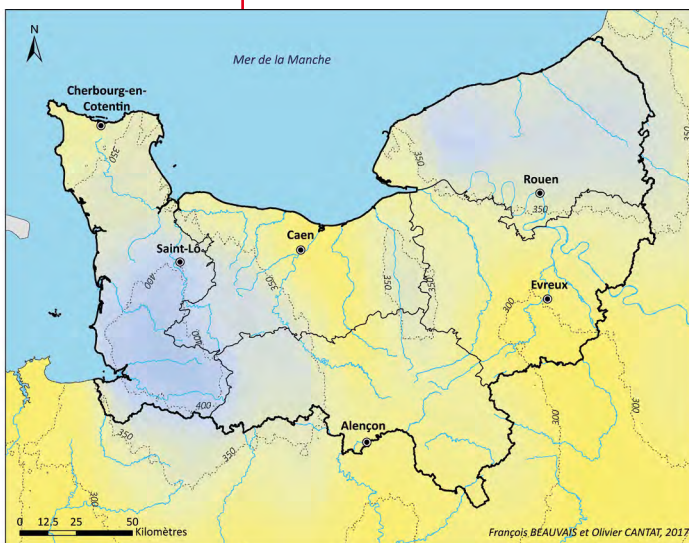
RCP 2.6 : scénario avec politique climatique



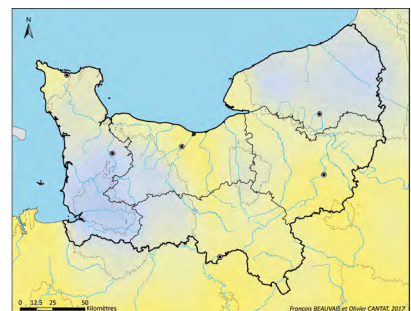
Comparaison du cumul de précipitations entre avril et septembre, « saison végétale » Période 1976-2005 et scénarios prospectifs du GIEC (horizon 2100)

Réalisation : François Beauvais, Olivier Cantat, Université de Caen Normandie, LETG Caen GEOPHEN, 2018
Source : « Drias, données Météo-France, CERFACS, IPLS », simulations CNRM-2014

RCP 8.5 : scénario sans politique climatique



RCP 2.6 : scénario avec politique climatique



Définition

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



Sandrine Hélicher/DREAL Normandie

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

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 et 1999. 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 ci-contre, 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.

■ La saisonnalité du vent

On observe 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 ornaie (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).

■ Évolution sur la période actuelle des vents forts et des tempêtes (1951-2019)

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.

Repères

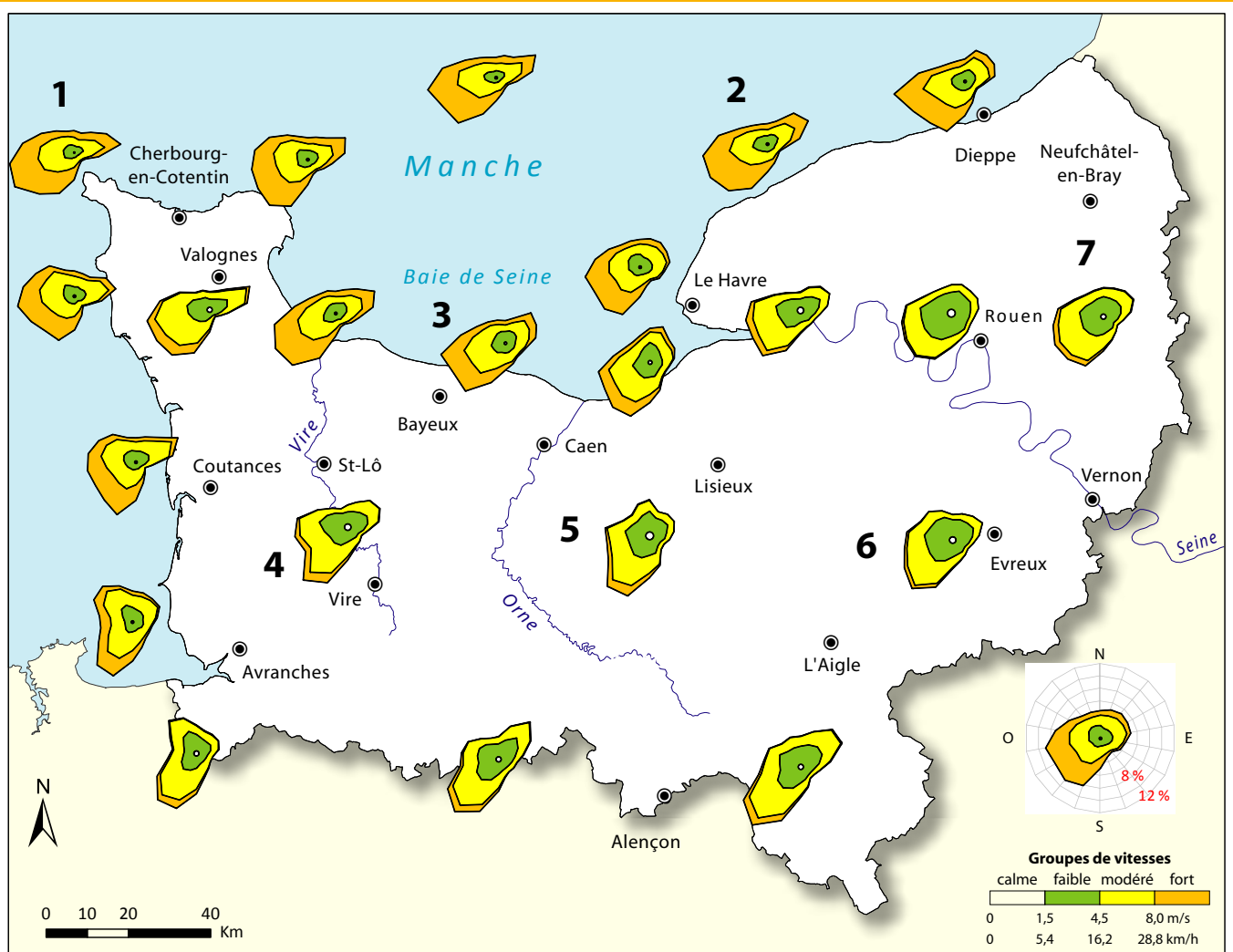
Sur la Normale 1981-2010, on relève ainsi plus de 140 jours de vents forts à la Pointe de La Hague, 129 au Cap de La Hève et 110 à Granville, contre seulement 74 jours à Caen, 53 à Rouen, 51 à Évreux et 45 à Alençon.



Le vent en Normandie

Carte et tableau de synthèse établis à partir des vents tri-horaires modélisés du modèle « Aladin » de Météo-France sur la période 1999-2009

Réalisation : Olivier Cantat, Université de Caen Normandie, LETG Caen GEOPHEN, 2018



		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%

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 ≥ 80 %
- « Temps gris » : fraction d'ensoleillement < 20 %
- « Temps totalement couvert » : fraction d'ensoleillement = 0 %

Primevères des jardins (*Rimula vulgaris*)



Sandrine Héricher/DREAL Normandie

L'ensoleillement

Pour traduire plus 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. À 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.

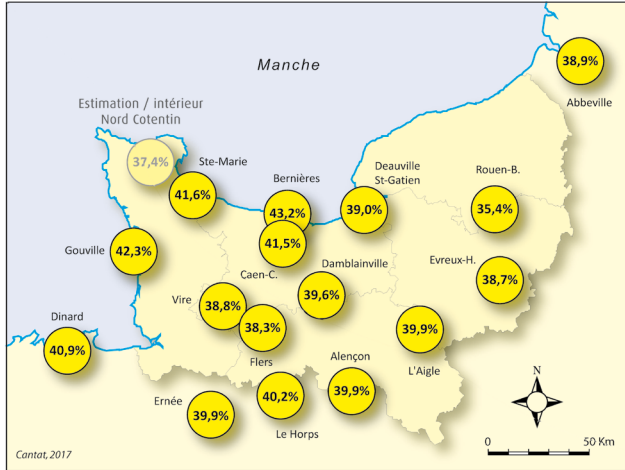
■ La saisonnalité de l'ensoleillement

Selon la Normale 1981-2010, 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.

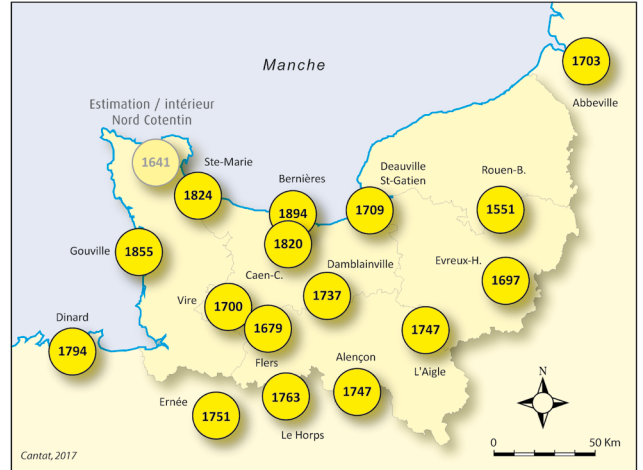
■ Évolution sur la période actuelle

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 opposera 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.

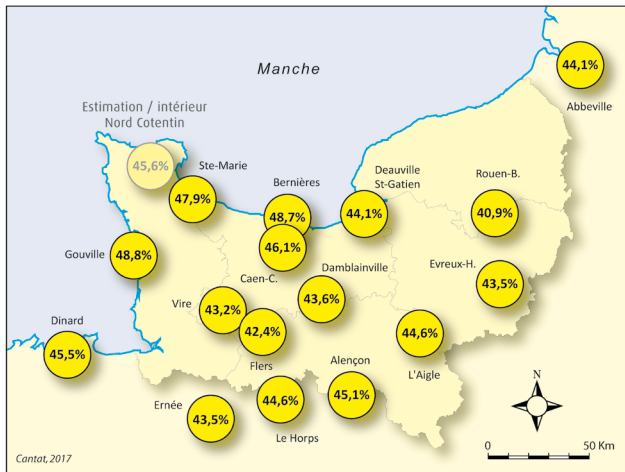
Fraction annuelle de l'ensoleillement en Normandie (données Météo-France, moyenne sur la période 2006-2015)



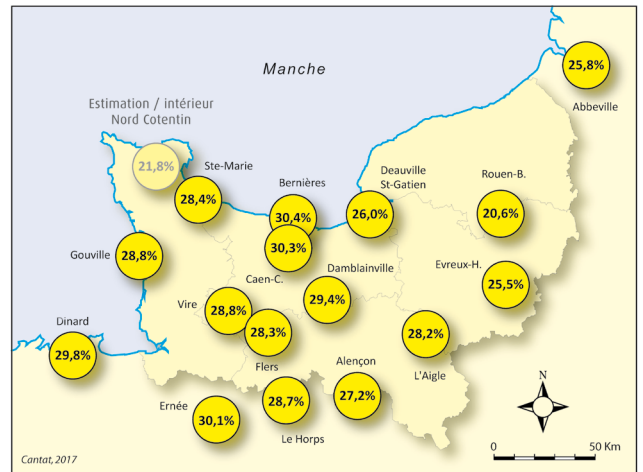
Durée totale annuelle de l'ensoleillement en Normandie (données Météo-France, valeurs exprimées en heures, moyenne sur la période 2006-2015)



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)



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).

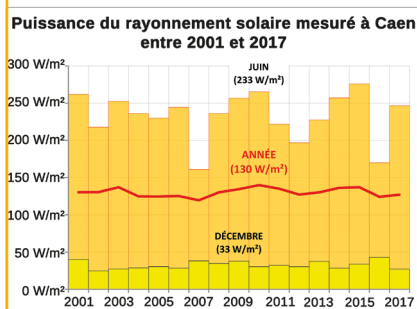
Panneaux solaires



Nadège Basset

Puissance du rayonnement solaire

Réalisation : Olivier Cantat



Le rayonnement solaire

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 enregistrait, 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 de Météo-France sur la période 1976-2005 pour 9 points représentatifs de la diversité climatique régionale. **De manière générale, le rayonnement solaire augmente selon un gradient nord-est/sud-ouest**, en accord avec des influences anticycloniques plus fréquentes et marquées vers l'Atlantique.

À 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 **éclairage 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-Carpiguet de 2001 à 2017 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).

■ Projections climatiques à l'horizon 2100

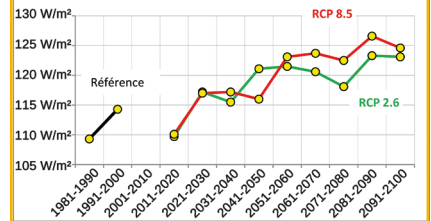
D'après les projections réalisées, le rayonnement solaire devrait se renforcer dans les décennies à venir. Cette augmentation est très marquée dans la seconde moitié du XXI^e siècle, notamment pour le scénario RCP 8.5, mais elle est présente aussi dans le scénario RCP 2.6.

Cette évolution, au pas de temps annuel, masque des différences saisonnières. Elle résulte d'une forte augmentation en été, dès 2041-2050, alors qu'en hiver on n'observe pas de tendance significative, voire un léger fléchissement sur le RCP 8.5 (en lien avec plus de nébulosité et de précipitations pour ce scénario à cette saison).

Projection de la puissance moyenne du rayonnement solaire annuel vers Caen

Réalisation : Olivier Cantat

Données : Drias Météo-France



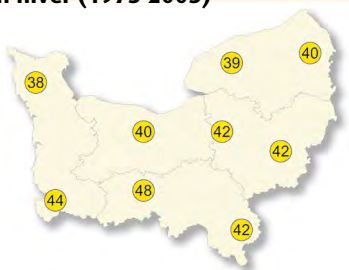
Le trait noir correspond à la situation de référence, mesurée avant projection.



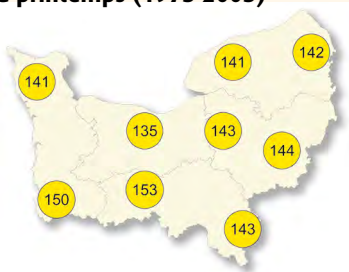
Comparaison du rayonnement solaire saisonnier modélisé sur la période 1975-2005 avec les scénarios prospectifs du GIEC à l'horizon 2100 (puissance en W/m²)

Réalisation : Olivier Cantat, Université de Caen Normandie, LETG Caen GEOPHEN, 2018

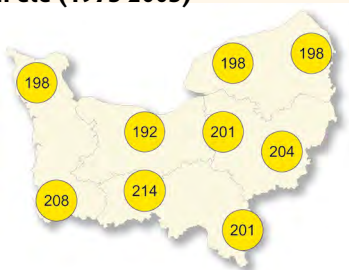
Rayonnement solaire modélisé en hiver (1975-2005)



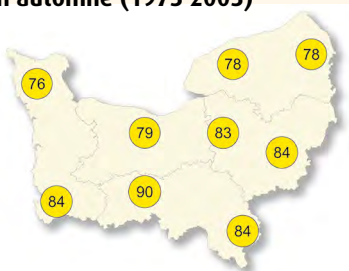
Rayonnement solaire modélisé au printemps (1975-2005)



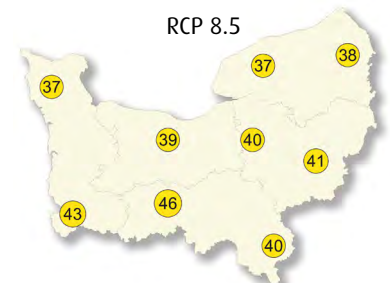
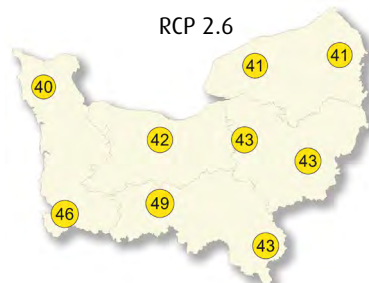
Rayonnement solaire modélisé en été (1975-2005)



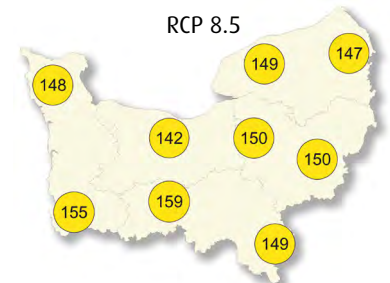
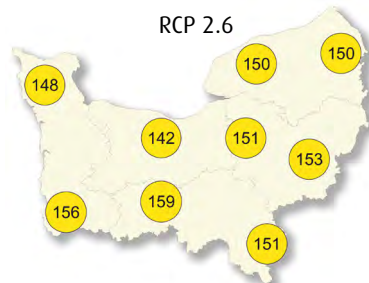
Rayonnement solaire modélisé en automne (1975-2005)



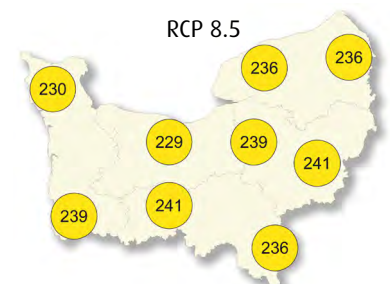
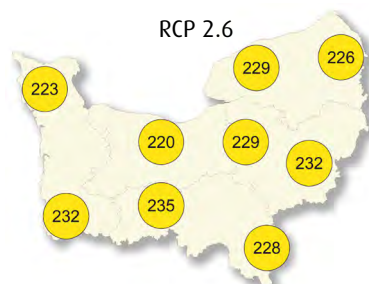
Simulation à l'horizon 2100 (hiver)



Simulation à l'horizon 2100 (printemps)



Simulation à l'horizon 2100 (été)



Simulation à l'horizon 2100 (automne)

