



PROFIL ENVIRONNEMENTAL DE BASSE-NORMANDIE



Le climat



Emilie Jambu/ DREAL BN

“ *Le climat n'est pas immuable...* ”



Réalisation de la thématique

Ce document a été conçu grâce à la contribution de nombreux rédacteurs issus de services spécialisés dans le domaine de l'environnement. Il présente un état des lieux du climat bas-normand. Compte tenu de l'état de la connaissance et de l'importance du thème considéré, ce recueil ne peut être exhaustif. Il prend en compte les données qui ont été transmises par les acteurs mobilisés. Les services de l'État ont coordonné l'ensemble des travaux.

Une rubrique internet dédiée permet l'actualisation et l'enrichissement de ce document grâce à son réseau de contributeurs.

Directeur de publication : Jean Charbonniaud, Préfet de la région Basse-Normandie, Préfet du Calvados

Directrice de la rédaction : Caroline Guillaume, Directrice régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Basse-Normandie (DREAL)

Cadrage : Michel Guéry, Philippe Surville (DREAL)

Conception et management : Sandrine Hélicher (DREAL)

Développement graphique et mise en page : Séverine Bernard (DREAL)

Direction technique et expertise : Jean-Pierre Roptin, Emilie Jambu (DREAL)

Rédaction

Introduction : Olivier Cantat (Université de Caen Basse-Normandie, Géophen), Sandrine Hélicher (DREAL)

Analyse du climat régional, de ses caractéristiques et représentations : Olivier Cantat (Université de Caen Basse-Normandie, Géophen), Marie-Annick Bühler (Météo-France)

Prospective sur le changement climatique et ses impacts : Marie-Annick Bühler (Météo-France) et Emmanuel Caillebotte (DREAL)

Les gaz à effet de serre, les politiques d'adaptation et d'atténuation et les acteurs : Jean-François Barbot (DREAL), Karine Bossier (ADEME), Frédéric Gresselin (DREAL), Emilie Jambu (DREAL)

Cartographies : Olivier Cantat (Université de Caen) et Catherine Conseil (Météo-France)

Relecture

Conseil Economique, Social et Environnemental Régional : François Aubry

Conseil Régional de Basse-Normandie : Isabelle Bureau, Thierry Berthaux

DREAL : Michel Guéry, Karl Kulinicz, Philippe Surville, Patrice François

Ecovia : Roland Thaler

Secrétariat Général aux Affaires Régionales : Vincent Rivasseau, Jeanne de la Porte

Photographies : cet ouvrage a bénéficié de la transmission de photos de la part de nombreux contributeurs. Les droits de reproduction ont été accordés spécifiquement pour l'usage du profil environnemental. Toute reproduction complémentaire pour d'autres utilisations nécessite l'accord des auteurs.

ISBN : en cours

La réalisation de ce document a bénéficié de financements de l'Union Européenne (FEDER) et de l'État (Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie).

Le climat, une composante essentielle dans l'environnement

Le climat est le produit, dans l'espace et dans le temps, de toute une série d'échanges d'énergie, d'air et d'eau entre la surface de la Terre et l'Atmosphère. Ces interactions fournissent, à l'échelle de la planète, des conditions variées d'ensoleillement, de précipitations, de température et de vent. Ces conditions évoluent selon un cycle saisonnier propre à chaque latitude et sont nuancées régionalement par la géographie.

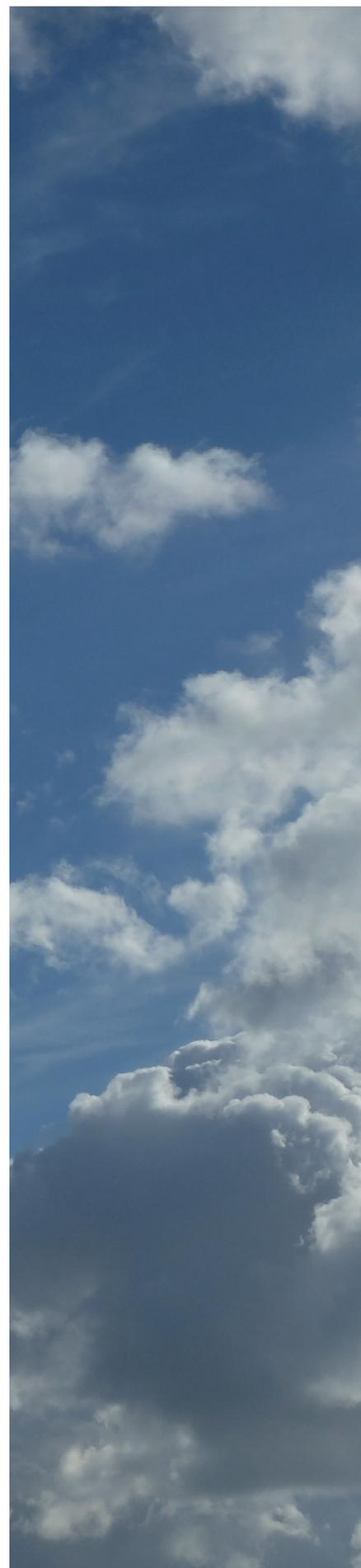
Le climat est généralement exprimé par la moyenne de ses paramètres les plus représentatifs calculés sur une période de 30 ans, appelée « Normale ». Cette approche, simple et pratique, a cependant l'inconvénient de gommer la variabilité qui est une caractéristique essentielle.

En Normandie, par exemple, le label « tempéré » se réfère aux valeurs moyennes mais il masque une importante variabilité et un grand nombre d'événements « hors normes » qui font pourtant partie intégrante de la vie climatique régionale. Ainsi, l'hiver se caractérise généralement par un temps frais, nuageux, venteux et humide mais il se produit parfois des vagues de froid sévères ou des chutes de neige paralysant les activités. De même, en été, l'ambiance habituellement douce sous des ciels changeants cède quelquefois la place à de véritables sécheresses aux conséquences environnementales et agricoles marquées, voire à des épisodes de canicules...

Le climat n'est pas immuable...

Le système climatique est en continuelle évolution. Les grandes mutations climatiques sont à mettre en relation avec les variations cycliques d'éléments astronomiques (déformation de l'orbite terrestre, changement d'inclinaison de l'axe des pôles) qui déterminent la quantité d'énergie solaire disponible. Au cours des ères Mésozoïque et Cénozoïque, depuis environ - 250 millions d'années, des ambiances tropicales ont dominé. Elles étaient propices au développement de la vie végétale et animale, comme en témoignent en Normandie les fossiles présents dans les calcaires jurassiques.

*Nous vivons aujourd'hui au Quaternaire, ère marquée par une succession irrégulière de refroidissements (glaciaires) et de réchauffements (interglaciaires), commencée il y a environ 2 millions d'années. Imaginons qu'il y a seulement 20 000 ans, la Normandie présentait encore des paysages de toundra analogues à ceux actuels des bords de l'Océan Glacial Arctique !
Le niveau des mers était une centaine de mètres plus bas, la Manche n'existait pas, le rivage se situait en Mer d'Iroise, entre Bretagne et Cornouailles...*



Emilie Jambu/DREAL BN

La période actuelle, appelée Holocène, débute avec le recul des glaces continentales qui recouvraient il y a environ 14 000 ans tout le Nord de l'Amérique et de l'Europe sur des épaisseurs considérables. Sur ces grandes oscillations, viennent se greffer des petites pulsations historiques (de plusieurs dizaines d'années à quelques siècles), comme le Petit Âge Glaciaire qui a été marqué en Europe par un refroidissement sensible entre 1600 et 1850.

Le changement climatique actuel et ses répercussions

Depuis quelques décennies, des évolutions rapides ont été mises en évidence par le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Évolution du Climat (GIEC). Ces études soulignent l'importance du réchauffement actuel lié en partie aux activités humaines. Si ces conclusions sont largement partagées aujourd'hui, les projections concernant l'évolution climatique sont difficiles compte tenu de la complexité des phénomènes qui interviennent.

Or, le climat a un impact sur toutes les composantes de notre environnement : il détermine la gestion de l'eau, la qualité de l'air respiré, la consistance des sols, la survie des espèces. Ces données impactent directement la production de nos ressources alimentaires et nos conditions de vie.

Les aléas d'origine atmosphérique et la vulnérabilité toujours plus forte de notre société (croissance démographique, urbanisation dans des secteurs sensibles...) induisent davantage de risques à gérer et anticiper.

Le changement climatique a dépassé le cadre purement scientifique pour devenir un enjeu actuel et déterminant pour les politiques publiques.

▲▲ **Quel climat pour demain ? ▲▲**

L'intérêt que chacun porte au devenir du climat témoigne de son importance pour notre vie quotidienne et nos ressources fondamentales.



Fabrice Thérèse/DREAL BN

1

La diversité et la variabilité du climat bas-normand

6

- Caractères généraux du climat bas-normand
- Les températures
- Les précipitations
- Le vent
- L'ensoleillement

2

Le climat, composante clé de l'écosystème

41

- L'impact du climat sur les rivières et les nappes d'eau souterraines
- L'impact du climat sur la végétation et les sols

3

Les impacts des activités humaines sur l'équilibre climatique

45

- L'augmentation des gaz à effet de serre
- L'origine des émissions de gaz à effet de serre
- Les possibilités de stockage de carbone
- Scenarii de consommation et d'émissions à l'horizon 2020 et 2030

4

Les risques liés au changement climatique

57

- La prospective régionale sur le changement climatique
- La modification des équilibres naturels

5

Synthèse et enjeux

64

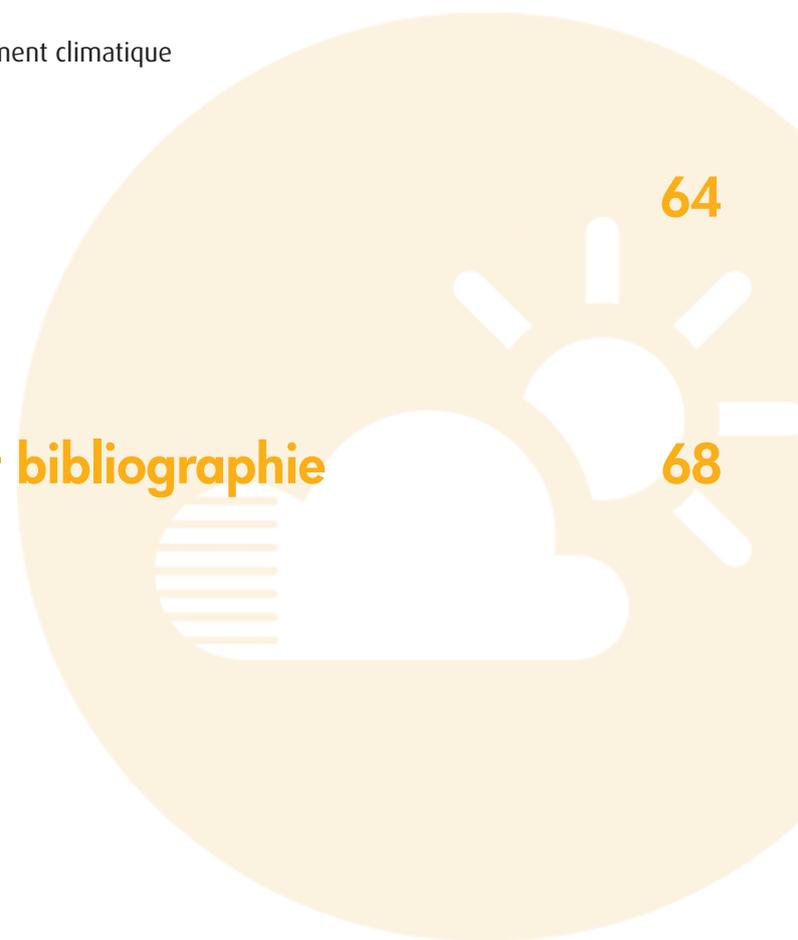
- Chiffres clés
- Grilles « AFOM »
- Enjeux et orientations

6

Acteurs régionaux et bibliographie

68

- Acteurs régionaux
- Bibliographie



1. La diversité et la variabilité du climat bas-normand

La **diversité spatiale** est une caractéristique forte du climat régional. Cependant, le climat « vécu » est parfois très différent du climat « moyen » vu à partir de ce que l'on désigne comme les « normales » (cf. encadré). C'est pourquoi, une attention particulière doit également être portée sur la **variabilité temporelle** qui traduit au mieux la pluralité des conditions atmosphériques possibles. D'une année à l'autre, d'une saison à l'autre et même d'une heure à l'autre, le « temps qu'il fait » présente en effet des visages parfois fort contrastés en Basse-Normandie. Le caractère « tempéré » propre aux latitudes moyennes océaniques n'exclut pas épisodiquement des sécheresses ou des inondations, des canicules ou des vagues de froid et même de violentes tempêtes...

À découvrir dans ce chapitre

- ▶ Caractères généraux du climat bas-normand
- ▶ Les températures
- ▶ Les précipitations
- ▶ Le vent
- ▶ L'ensoleillement

1 Caractères généraux du climat bas-normand

La situation géographique de la Basse-Normandie lui confère des caractéristiques climatiques de type « **tempéré océanique** » : précipitations, températures, vents et ensoleillement sont fortement conditionnés par le positionnement habituel du courant perturbé atlantique autour du 50° parallèle Nord.



Définition

« **Normale** » : moyenne des principaux éléments qui composent le climat sur une période de trente ans.

Paramètres climatiques usuels en Basse-Normandie et en France (température, précipitations et vent pour 1981-2010, insolation pour 1991-2010). *Entre parenthèses sont indiquées les valeurs de l'ancienne normale 1971-2000*

	Alt. (m)	Température					Précipitations			Insolation			Vent	
		T minimale	T maximale	T moyenne	Jours / gelée	Jours / chaleur	Cumul annuel	Jours ≥ 1 mm	Jours ≥ 10 mm	% annuel	Jours < 20%	Jours ≥ 80%	Jours ≥ 16 m/s	Jours ≥ 28 m/s
La Hague	6	9,5	13,8	11,7	4,6	1,6	749	124,2	20,5	-	-	-	(144,7)	(7,5)
Caen	67	7,4	15,1	11,2	32,1	22,6	740	125,7	19,7	38,6	142,8	44,3	70,9	2,6
Alençon	143	6,6	15,3	11,0	49,0	35,2	747	119,1	21,5	38,5	150,7	53,7	43,3	1,0
Stations limitrophes de la Basse-Normandie														
Dinard	58	8,0	15,2	11,6	26,4	16,2	759	129,5	19,0	38,0	145,4	44,9	68,3	1,9
Rouen	151	6,6	14,4	10,5	48,7	26,0	852	133,6	23,8	35,5	161,6	42,5	52,7	1,7
Evreux	138	6,6	15,0	10,8	51,5	32,6	605	114,6	14,1	38,4	146,3	47,3	50,8	1,5
Stations représentatives de la diversité climatique du territoire français (d'Ouest en Est et du Nord au Sud)														
Brest	94	8,3	14,8	11,5	16,2	10,8	1 210	159,0	39,8	34,9	158,8	40,5	81,6	1,8
Lille	47	7,1	14,5	10,8	43,2	30,5	742	127,4	19,6	36,9	154,9	44,5	62,4	2,7
Strasbourg	150	6,6	15,3	10,9	65,9	57,5	665	114,9	16,4	38,6	159,9	59,8	31,3	1,1
Lyon	197	8,1	16,9	12,5	49,7	75,4	832	104,1	25,1	45,7	128,3	81,1	56,5	1,0
La Rochelle	4	9,9	16,8	13,4	19,9	43,0	767	114,1	23,6	48,0	110,6	82,5	(58,8)	(1,8)
Biarritz	71	10,4	18,1	14,3	16,3	46,3	1 451	140,5	49,0	43,1	130,9	70,9	56,3	2,1
Marseille	9	10,8	20,2	15,5	24,5	111,3	515	53,2	15,3	65,2	60,2	169,9	104,7	6,9
Nice	2	12,4	19,6	16,0	1,3	84,7	733	61,2	22,6	64,0	64,0	147,1	41,4	0,3

Des disparités importantes existent entre les régions littorales et l'intérieur des terres. Le relief, malgré des altitudes modestes, joue un rôle substantiel.



Repères

Profil Environnemental de Basse-Normandie Les types de climat et les stations de référence en France



Carte réalisée d'après la carte de l'Atlas climatique de la France édité par Météo-France (Cantat, 2012) pour le Profil environnemental de Basse-Normandie

La climatologie (d'après André Hufty, in « Introduction à la climatologie ») : « étude des échanges énergétiques et hydriques entre la surface de la Terre et l'Atmosphère, combinée avec la fréquence et la succession d'éléments météorologiques ».

D'après Lucien Dorige : la **climatologie** a pour objet l'étude du climat ou plutôt des climats de la Terre. C'est donc une « géoscience », voisine de la météorologie dans ses préoccupations mais qui s'en démarque cependant par sa finalité et ses méthodes.

En effet, la **météorologie** s'intéresse au temps « qu'il fait ». Or, le temps (météorologique) exprime l'état de l'atmosphère en un point et à un instant donnés, combinaison éphémère d'éléments aussi divers que la température, la pression atmosphérique, l'hygrométrie, la nébulosité, la vitesse et la direction du vent...

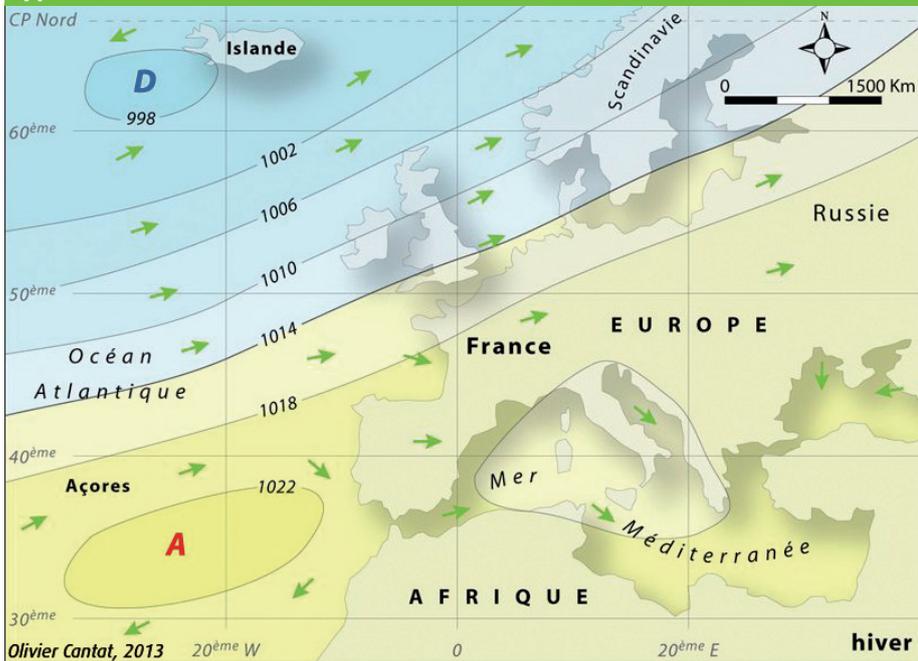
Si le temps n'est qu'un instantané, le climat suggère plutôt un film qui intègre la variété infinie de ces états successifs. Ses multiples séquences s'organisent en un scénario logique et relativement répétitif au fil des saisons. Car le climat s'inscrit dans la durée et se réalise selon un cycle annuel, celui de la révolution terrestre autour du soleil. Au cours de ce cycle, les divers points de la planète présentent une exposition plus ou moins favorable à la réception du rayonnement solaire et à l'énergie qu'il apporte. L'étymologie trouve ici sa justification physique puisque, rappelons-le, climatis, en grec, signifie « inclinaison ».



Séverine Bernard/DREAL BN

Un climat sous contrôle océanique avec la dominance des flux d'Ouest

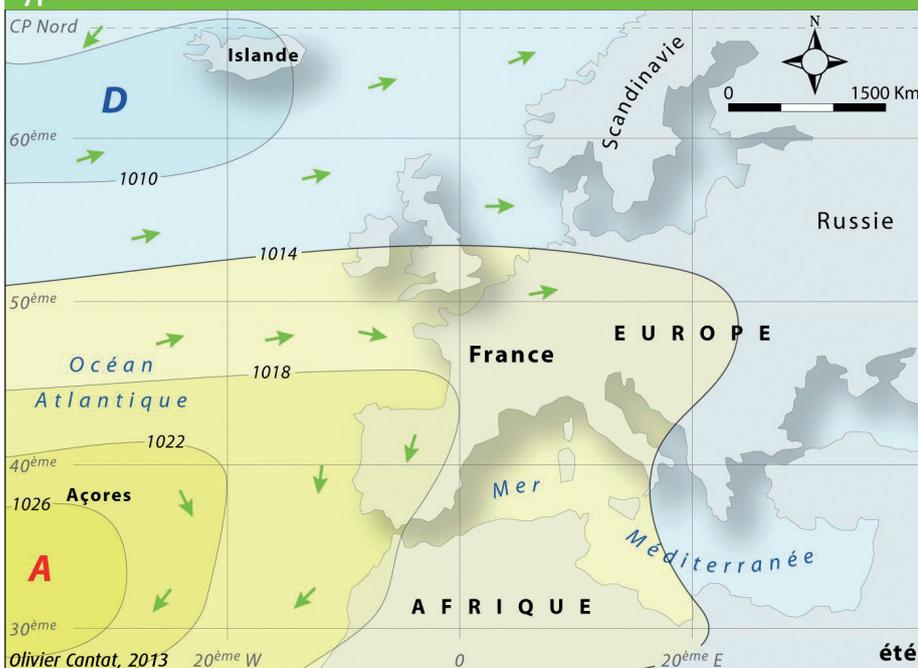
Profil Environnemental de Basse-Normandie Types de circulation dominante en hiver



A anticyclone **D** dépression 1014 pression atmosphérique (moyenne 1013 hPa) ➔ direction des vents dominants

Carte réalisée d'après diverses cartes d'ouvrages de climatologie et atlas (Cantat, 2013) pour le Profil environnemental de Basse-Normandie

Profil Environnemental de Basse-Normandie Types de circulation dominante en été



A anticyclone **D** dépression 1014 pression atmosphérique (moyenne 1013 hPa) ➔ direction des vents dominants

Carte réalisée d'après diverses cartes d'ouvrages de climatologie et atlas (Cantat, 2013) pour le Profil environnemental de Basse-Normandie

Printemps



Sandrine Hélicher / DREAL BN

Été



Sandrine Hélicher / DREAL BN

Automne



Séverine Bernard / DREAL BN

Hiver



Direction Interrégionale de la Mer Manche Est-Mer du Nord

Entre les hautes pressions subtropicales et les basses pressions subpolaires, la façade occidentale de l'Europe bénéficie en règle générale d'un flux d'Ouest provenant de l'Atlantique, rythmé par le passage de perturbations plus ou moins actives selon la saison.

En hiver, la migration vers le Sud et le creusement de la dépression d'Islande est synonyme d'un surcroît d'humidité et de vent dans une ambiance rafraîchie, alors qu'en été, la remontée vers le Nord de l'anticyclone des Açores assure un temps plus agréable. Ces conditions dynamiques expliquent les deux principales composantes de notre climat :

- (1) douceur et faible amplitude saisonnière des températures ;
- (2) régularité des précipitations, avec renforcement en automne et en début d'hiver.

▲▲
Une variabilité incessante, un caractère franchement océanique : voilà le climat normand, indéfiniment complexe et changeant. Cette complexité déconcertante résulte de la succession jamais répétée de types de temps variés ▲▲

(Trzpit, 1970)

Littoral du Cotentin (50)



Sandrine Héricher/DREAL BN

La dégradation variable des influences océaniques

Schématiquement, le climat bas-normand peut se décomposer en six grands ensembles plus une bande côtière (cf. carte).

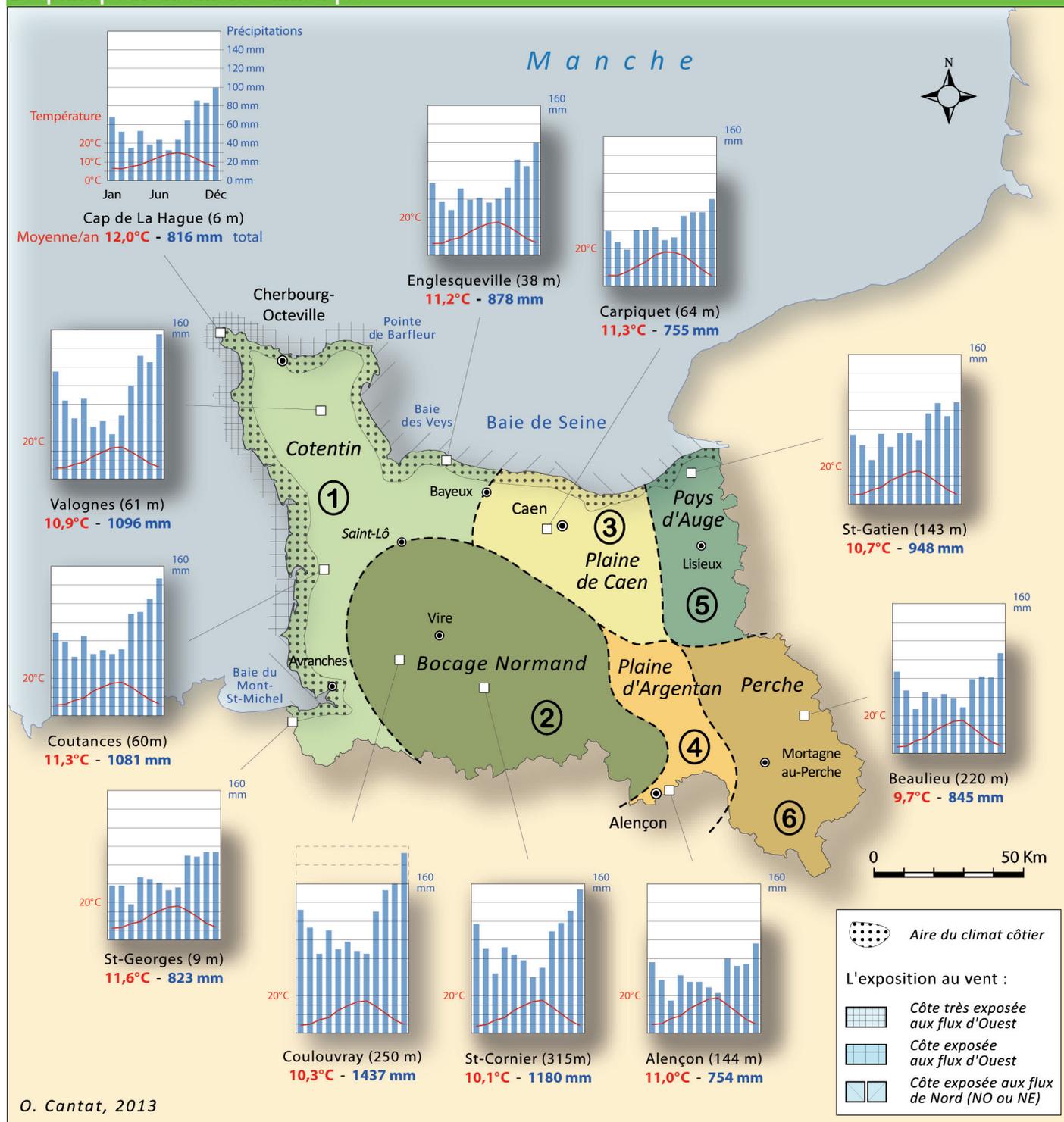
Le trait le plus marquant est la dégradation progressive des influences hyperocéaniques du Cotentin vers des nuances plus continentales dans les confins méridionaux du Perche.



Repères

La modification des influences océaniques prend de multiples formes, en fonction des effets combinés : de la diversité des expositions de façade, de la distance au littoral et de l'altitude.

Profil Environnemental de Basse-Normandie Les principaux ensembles climatiques



Carte de synthèse réalisée pour le Profil environnemental de Basse-Normandie d'après les cartes de l'Atlas de Normandie (1970), de la thèse de Gisèle Escourrou (1978) et du traitement de données Météo-France sur la période 1991-2000 pour les diagrammes ombro-thermiques (Olivier Cantat, 2013)

① **La partie occidentale de la région, avec le Cotentin**, est dominée par les effets climatiques de la Manche. La mer assure des températures tempérées en toutes saisons (douceur hivernale et fraîcheur estivale) et une humidité toujours bien présente (se transformant en précipitations abondantes sur les hauteurs). Ces caractères très maritimes se prolongent vers l'Est jusque dans la région de Bayeux, alors qu'ils s'effacent quelque peu vers le Sud au profit de conditions plus lumineuses et moins arrosées dans la région d'Avranches.

② Au Sud-Est de ce domaine fortement océanisé, **le Bocage** constitue une variante climatique marquée par l'abondance des précipitations et des températures plus faibles, en raison de l'altitude et de l'exposition. Cependant, il convient de distinguer les hauteurs très fortement exposées les plus à l'Ouest (plus de 1 400 mm de pluies annuelles vers Coulouvray Bois-Bénâtre), des fonds de vallées sensiblement moins arrosés.

Ceux-ci bénéficient de conditions thermiques souvent plus contrastées : gel plus précoce en automne et plus tardif au printemps, forte chaleur possible en été. Des transitions à tendance « méridionale » apparaissent plus au Sud (versant Sud des hauteurs de la Forêt d'Andaines et du Massif d'Ecouvès). Ces différences d'échelle fine entraînent localement des originalités biogéographiques remarquables, comme la présence d'espèces de type basse montagne sur les hauteurs du Mont-Pinçon et, à moins de vingt kilomètres de ce site, la présence ponctuelle d'espèces à affinités méditerranéennes sur les escarpements rocheux des bords de la Rouvre.

En de nombreux points les caractères climatiques du Bocage se retrouvent dans le **Pays d'Auge** ⑤ et sur le **Perche** ⑥ en raison d'une topographie aussi tout en contrastes. La plus forte continentalité du Perche accentue toutefois les caractères thermiques (hivers plus froids, étés plus chauds) et amoindrit les précipitations (généralement inférieures à 900 mm).

Entre ces différents ensembles, un large espace, voué à la culture céréalière est fortement influencé par sa position sous le vent des collines de Normandie. Tout au long de cette diagonale de Bayeux à Alençon, l'effet d'abri entraîne moins de précipitations que sur le reste de la région (de l'ordre de 650 à 750 mm). Cependant, les caractéristiques topographiques et la proximité de la Manche individualisent deux sous-ensembles distincts. Au Nord, la **Plaine de Caen** ③ bénéficie de températures plus douces en hiver et plus fraîches en été que les cuvettes intérieures des **campagnes d'Argentan à Alençon** ④, situées plus au Sud. Celles-ci ne sont pas autant tempérées par les entrées récurrentes de masses d'air maritime.

Enfin, **le climat côtier** s'établit sur une bande de quelques kilomètres de large le long des 850 km du littoral bas-normand. L'ambiance climatique y est marquée par la présence de masses d'air constamment chargées d'humidité, pas nécessairement plus pluvieuses. Les précipitations se déversent généralement plus en arrière de la côte, dès les premiers reliefs qui font office de révélateur. Les températures subissent ici très fortement l'effet modérateur de la Manche : les hivers sont beaucoup plus doux (gelées très rares) et les étés nettement moins chauds (peu de fortes chaleurs). Le vent est souvent omniprésent, particulièrement sur la façade Ouest du Cotentin ouverte aux grands flux d'Ouest. La Baie de Seine bénéficie d'une position d'abri sauf lors des coups de vent de Nord-Est.

Gateville (50) dans le Cotentin



Patrick Galineau/DREAL BN

Bocage normand (61)



Laurent Mignaux/MEDDE-MLETR

Bretoncelles dans le Perche (61)



Roméo India

Honfleur dans le Pays d'Auge (14)



Patrick Galineau/DREAL BN

Plaine de Caen (14)

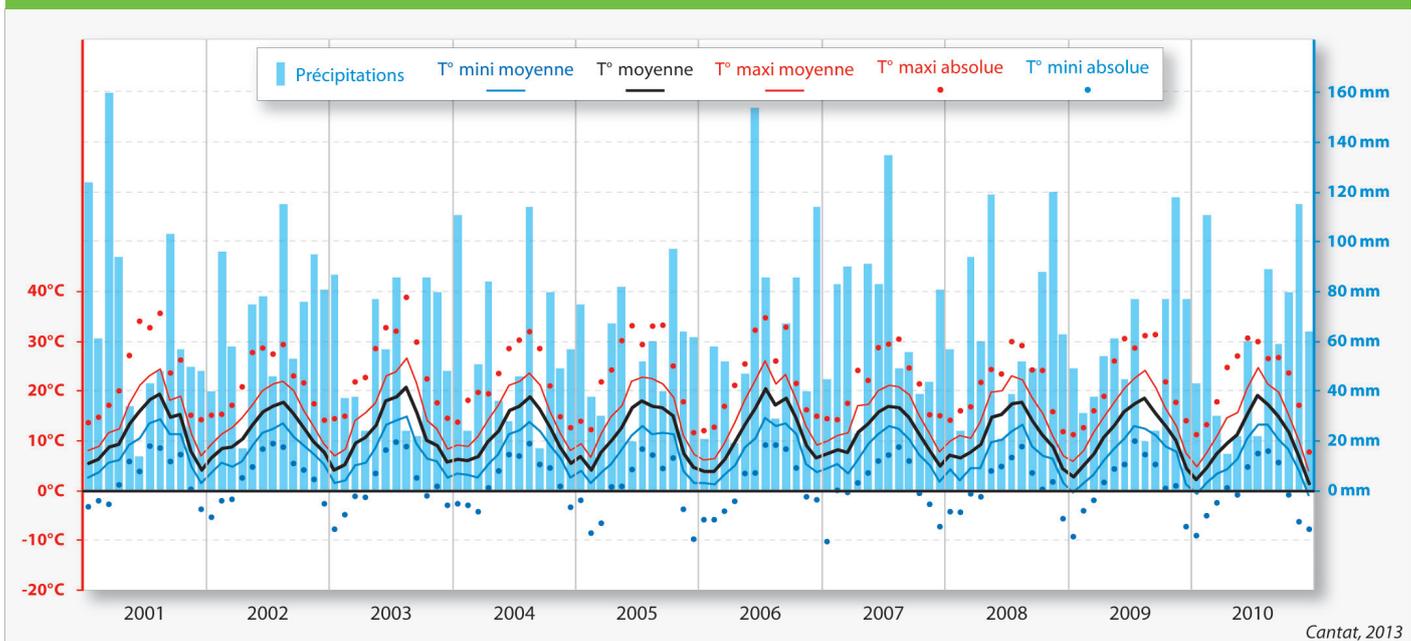


Sandrine Hélicher/DREAL BN

Un climat tempéré, « non dénué d'excès »

Par delà cette image « moyenne » du climat bas-normand et ses différentes variantes locales, la réalité apparaît plus contrastée. Dans une même station, les températures moyennes annuelles peuvent fluctuer couramment de plus de 2°C entre une année fraîche et une année douce. **Les précipitations peuvent varier encore plus fortement du simple au double entre une année sèche et une année pluvieuse !**

Variabilité des températures et des précipitations dans la Plaine de Caen entre 2001 et 2010

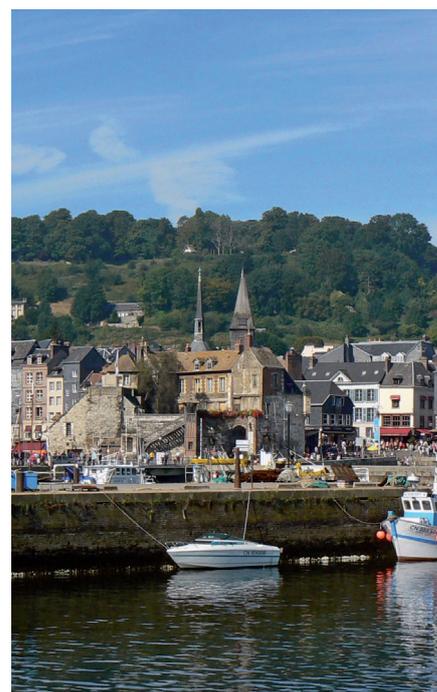


Graphique réalisé d'après les données Météo-France de Caen-Carpiquet (Cantat, 2012) pour le Profil environnemental de Basse-Normandie

Sur des périodes de quelques heures à quelques jours, les « caprices » de l'atmosphère sont quelquefois très prononcés. La région subit des événements météo-climatiques extrêmes, même si ceux-ci ne présentent pas un caractère aussi intense que ceux observés dans le Sud-Est de la France. Les sécheresses (1976, 1990...), inondations (1995, 2001...), vagues de froid (1956, 1963, 1979, 1985, 2012...), fortes chaleurs (1959, 1976, 1989, 2003...) ne sont pas inconnues, comme les tempêtes dévastatrices en automne et en hiver (octobre 1987 et décembre 1999) avec des rafales supérieures à 150 km/h...

La variabilité des températures et des précipitations apparaît sur la chronique de 2001 à 2010. Les températures mensuelles extrêmes (points rouges et bleus de l'illustration) soulignent l'existence d'épisodes fort éloignés des conditions habituelles. Le tracé « en dents de scie » des précipitations exprime la possibilité de sérieux problèmes, tant pour l'agriculture que pour les espaces urbains (sécheresses, inondations). **Mais le risque tient aussi au fait que d'un mois à l'autre la situation peut totalement s'inverser** : en 2011, le printemps avait été marqué par l'absence de pluie et le spectre d'une profonde sécheresse semblait s'annoncer, alors que c'est un été très pluvieux qui s'en est suivi (près de 100 mm en juillet et en août)... D'un excès à l'autre, telle est la réalité de notre climat...

Port de Honfleur

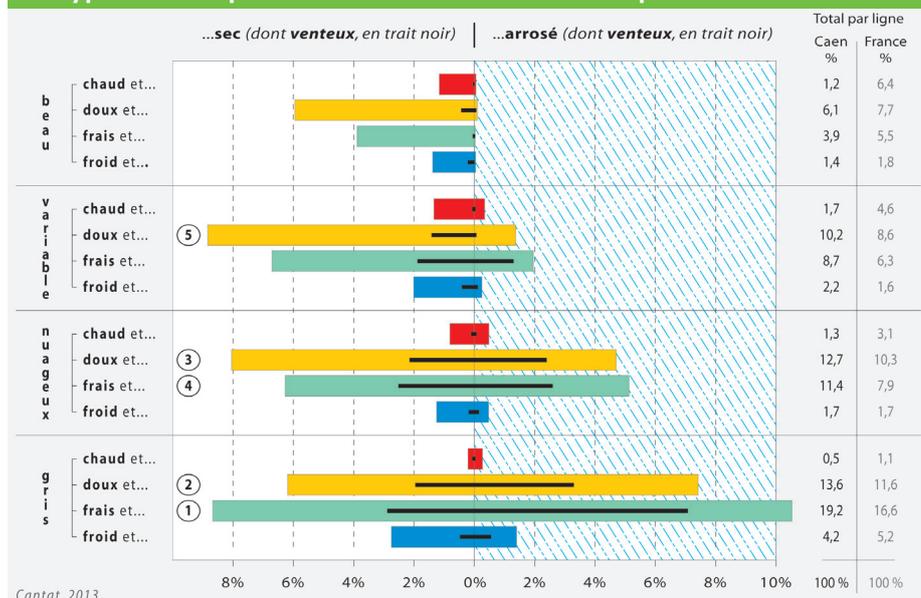


Patrick Galineau / DREAL BN

La diversité des types de temps en Basse-Normandie

En complément des approches usuelles du climat, la notion de « types de temps » permet de saisir concrètement la réalité météorologique. On peut ainsi croiser 4 paramètres : l'ensoleillement, la température, les précipitations et le vent pour la région de Caen entre 1991 et 2010. La typologie ci-dessous présente la diversité des types de temps dans la région.

Les types de temps dans la Plaine de Caen sur la période 1981-2010



Cantat, 2013

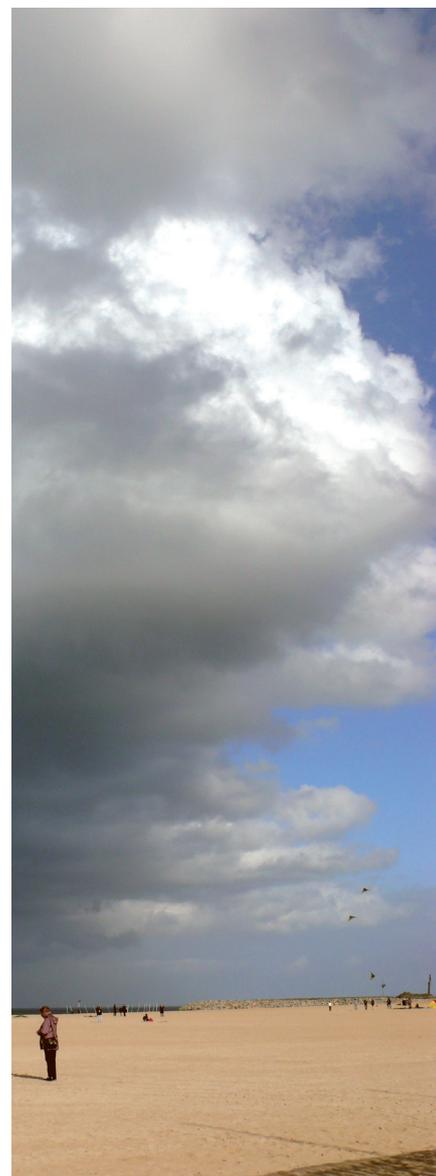
Graphique réalisé d'après données Météo-France de Caen-Carpiquet (Olivier Cantat, 2013)

Les combinaisons sont très variées : 5 types de temps ont une fréquence supérieure à 10 % (soit 36 jours par an). La plus commune est constituée par le temps « **gris et frais** ① » (19,2 %), arrosé plus d'une fois sur deux et très souvent venteux... Cette combinaison est suivie sans surprise par quatre types de temps également classiques dans notre région : « **gris et doux** ② » (13,6 %), avec une légère dominante pluvieuse et venteuse, « **nuageux et doux** ③ » (12,7 %), préférentiellement sec et moins venté, « **nuageux et frais** ④ » (11,4 %), avec un partage assez équitable entre sec et pluvieux et entre venteux ou non venteux, et enfin « **variable et doux** ⑤ » (10,2 %) à très forte dominante sèche et non venteuse. La dominance des flux d'Ouest se traduit par la **sur-représentation des ambiances douces et fraîches** qui occupent à elles seules les 7 premiers rangs du classement et représentent plus de 81 % des types de temps. Autre caractère typiquement océanique, la couverture nuageuse est bien présente comme en témoignent les ciels gris ou nuageux à près de 65 %. Cette valeur est toutefois à nuancer car même durant ces journées couvertes, il arrive que le soleil se montre fugitivement. À Caen, seulement 13 % de jours sont totalement gris (20 % à Brest, Rouen, Lille ou Strasbourg). Ces conditions habituelles n'excluent pas cependant des épisodes courts aux caractères plus marqués, liés à des configurations météorologiques plus rares, propices notamment à des advections d'air d'origine tropical en été ou polaire en hiver.

Ainsi, le type « beau et chaud », parfois à l'origine de canicule et de sécheresse, représente en moyenne 1,21 % des situations (4,4 jours par an) et le type « gris, froid et arrosé », avec les risques de phénomènes glissants associés, intervient pour 1,4 % (5,1 jours par an).

La juxtaposition de quatre qualificatifs exprime l'état journalier des conditions atmosphériques. La figure ci-contre montre les 16 grandes combinaisons possibles de température et d'ensoleillement, discriminées par l'occurrence de précipitations (sec à gauche et pluvieux à droite) et nuancées par la présence ou non de vent soutenu (trait noir superposé aux bandes). Les valeurs caennaises sont comparées à droite du graphique à une valeur indicative française (moyenne des stations de Brest, La Rochelle, Lille, Orléans, Strasbourg, Lyon, Toulouse et Marseille).

Plage du Calvados



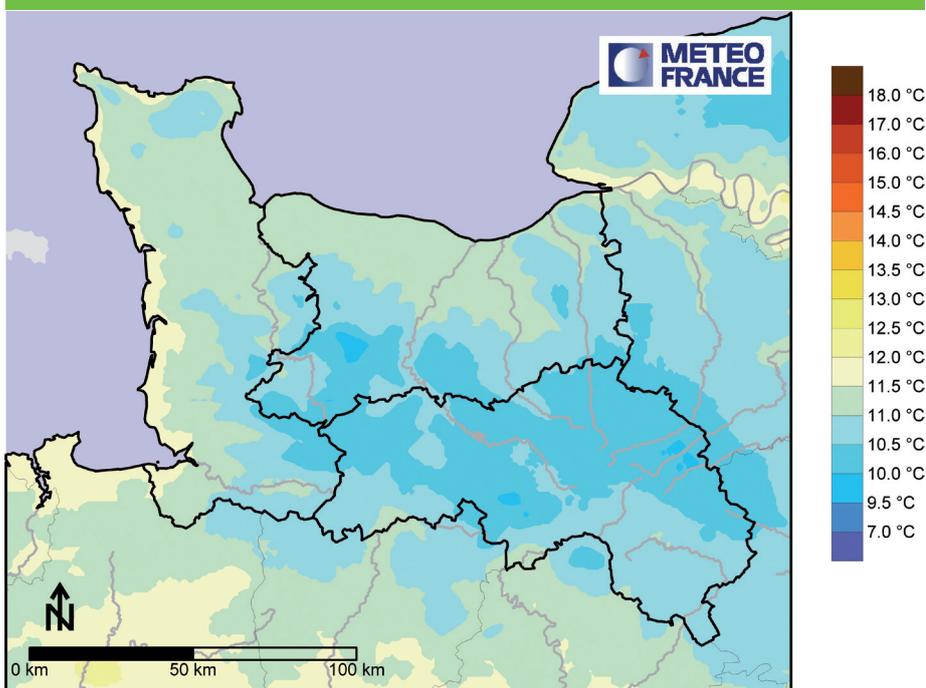
Sandrine Hélicher/ DREAL BN

2 Les températures

En Basse-Normandie, la proximité marine joue un rôle primordial sur les conditions thermiques en donnant au climat son caractère « tempéré ». La température moyenne annuelle présente des valeurs voisines de 11°C. L'organisation régionale se calque avant tout sur la carte du relief. **Le refroidissement est de l'ordre de -0,6°C pour 100 mètres d'élévation.** Cette carte est nuancée dans le détail par un adoucissement pour les positions les plus occidentales et les plus méridionales de la région.

Globalement, **l'écart est d'environ 2°C** entre le littoral hyperocéanique, au Nord de la presqu'île du Cotentin (12°C), et les plus hautes collines s'étendant de part et d'autre de la limite administrative entre Calvados et Orne (10°C).

Température moyenne annuelle en Basse-Normandie (1981-2010)



Ciel gris et neigeux en Basse-Normandie



Sandrine Héricher / DREAL BN



Repères

Les conditions de relevés de températures

La température « officielle » est relevée 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 ».



Définitions

Sous nos climats, un « **jour de chaleur** » se définit comme un jour où la température maximale relevée sous abri a atteint ou dépassé 25°C. Un « **jour de froid** » est un jour où la température minimale relevée sous abri a été égale ou inférieure à 0°C.

Température moyenne : moyenne des valeurs minimales et maximales relevées sous abri.

Diversité régionale et saisonnalité des températures : de la modération du Nord-Ouest aux contrastes du Sud-Est

Gelées hivernales



Sandrine Héricher / DREAL BN

L'inertie thermique de la mer atténue fortement la rigueur hivernale sur les côtes où la température moyenne évolue entre 6 et 7°C l'hiver. Cet effet s'estompe à mesure que l'on s'éloigne dans les terres et que les reliefs font obstacle à la pénétration d'air marin (température moyenne hivernale entre 3 et 5°C). **En été, pour les mêmes raisons, les températures plafonnent au contraire sur le littoral** à des valeurs modestes (voisines de 16°C). L'extrémité Sud-Est de la région bénéficie l'été d'un peu plus de chaleur en raison de sa continentalité plus forte (18°C dans le Sud du Perche).

A contrario, les hauteurs du Nord pâtissent des effets combinés de la proximité de la Manche et de l'altitude (localement moins de 15°C sur le Pré Bocage, le Nord Cotentin et le Pays d'Auge).

Les effets combinés et parfois antagonistes des facteurs géographiques apparaissent très clairement dans la répartition régionale du nombre de **jours froids** (minimum $\leq 0^\circ\text{C}$) et de **jours chauds** (maximum $\geq 25^\circ\text{C}$).

Le gel épargne presque totalement les régions côtières du Nord du Cotentin (4 jours par an à La Hague) et à un degré moindre celles du Nord de la Baie du Mont Saint-Michel (15 jours à Granville).

Il touche généralement moins de 20 à 30 jours par an l'ensemble du littoral bas-normand.

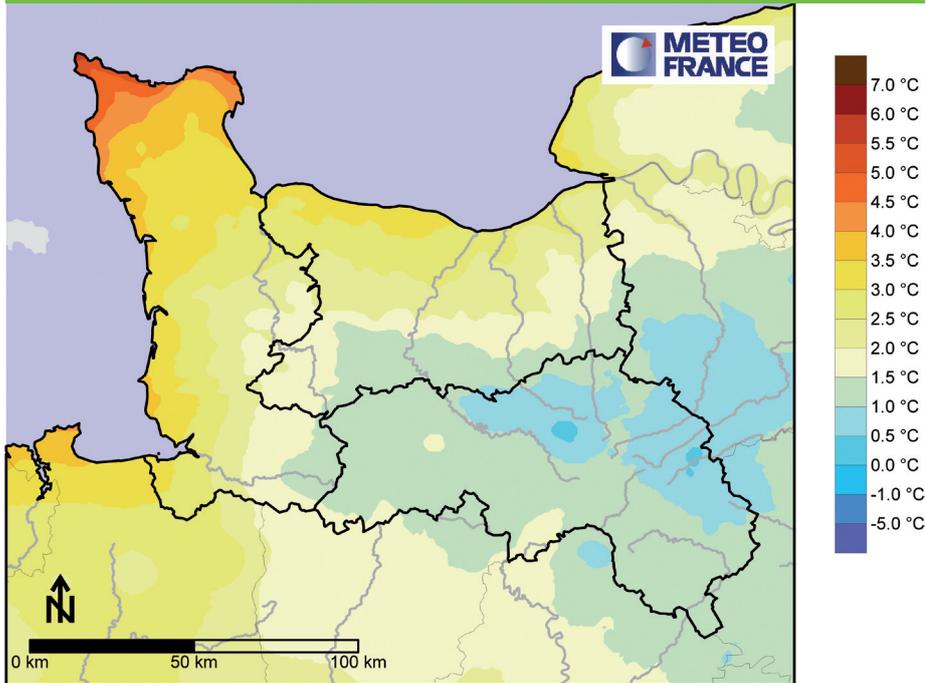
Au-delà d'une trentaine de kilomètres des côtes, la situation est toute autre : sur plus de la moitié de la région (Sud du Calvados, Sud-Ouest de la Manche et totalité de l'Orne) : **la fréquence annuelle du gel dépasse communément 50 jours**. Cette valeur excède même 70 jours par an dans les secteurs les plus continentaux de l'Orne : elle atteint 80 jours au Pin au Haras (c'est plus qu'à Strasbourg !).

Nombre de jours de froid et de jours de chaleur en Basse-Normandie (1981-2010)

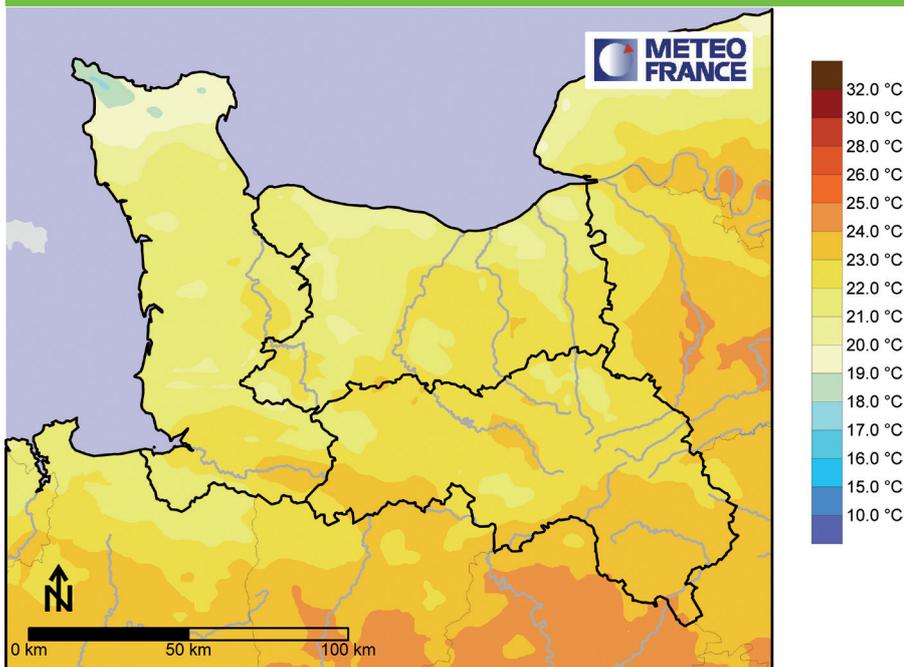
Tableau : Olivier Cantat, 2013, d'après les données Météo-France

Lieu	Altitude	Localisation	Caractères climatiques	Nbj T° ≤ 0°C Jours de froid	Nbj T° ≥ 25°C Jours de chaleur
La Hague	6 m	Littoral nord Cotentin	Océanité +++++	6 jours	1 jour
Granville	37 m	Littoral sud Cotentin	Océanité +++	15 jours	16 jours
Valognes	61 m	Intérieur Cotentin	Océanité ++	31 jours	9 jours
Caen	67 m	Plaine de Caen	Océanité +	32 jours	19 jours
Saint Gatien	139 m	Plateau Pays d'Auge	Océanité +	35 jours	16 jours
Alençon	143 m	Plaine d'Alençon	Continentalité ++	51 jours	33 jours
Vire	103 m	Intérieur Bocage	Continentalité ++	57 jours	24 jours
Le pin au Haras	202 m	Intérieur Perche	Continentalité +++	80 jours	26 jours
Préaux	133 m	Intérieur Perche	Continentalité +++++	64 jours	39 jours

Température minimale moyenne en hiver en Basse-Normandie (1981-2010)



Température maximale moyenne en été en Basse-Normandie (1981-2010)



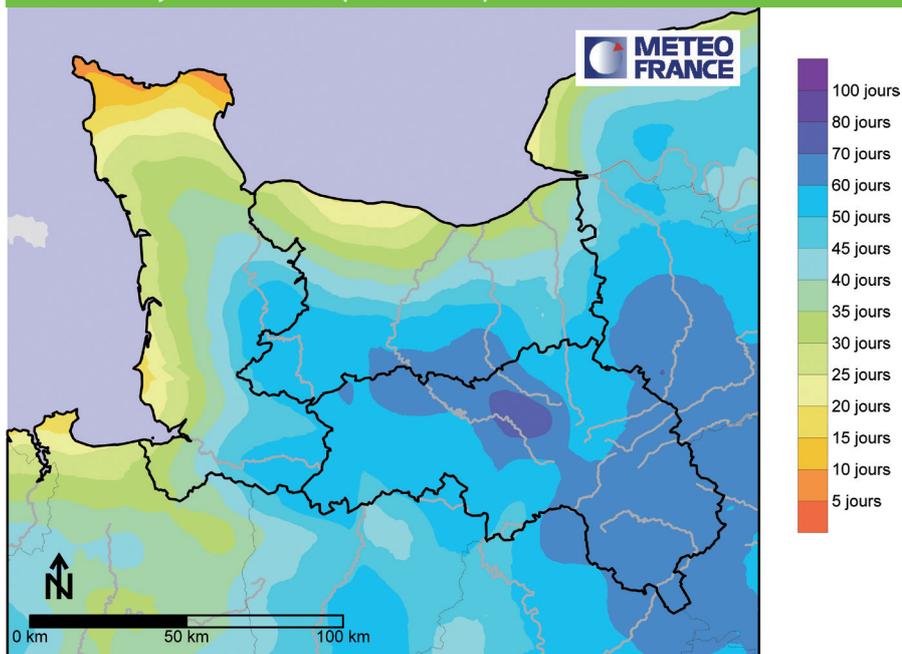
Les gelées automnales sont plus précoces (autour du 20 octobre) et les gelées printanières plus tardives (début mai). Cela représente en moyenne un mois de décalage avec le Nord du Calvados (du 13 novembre au 8 avril à Caen). La saison avec des gelées est encore plus réduite dans le Nord de la Manche, voire inexistante certaines années dans ses confins les plus océaniques sur le littoral entre La Hague et Barfleur.

Du fait de l'inertie thermique de la Manche, **les jours de chaleur présentent une géographie opposée à celle du froid**. Le littoral et les hauteurs Nord du Cotentin, ainsi que les hauteurs Nord du Calvados (région du Mont Pinçon), connaissent très rarement des températures maximales supérieures à 25°C.

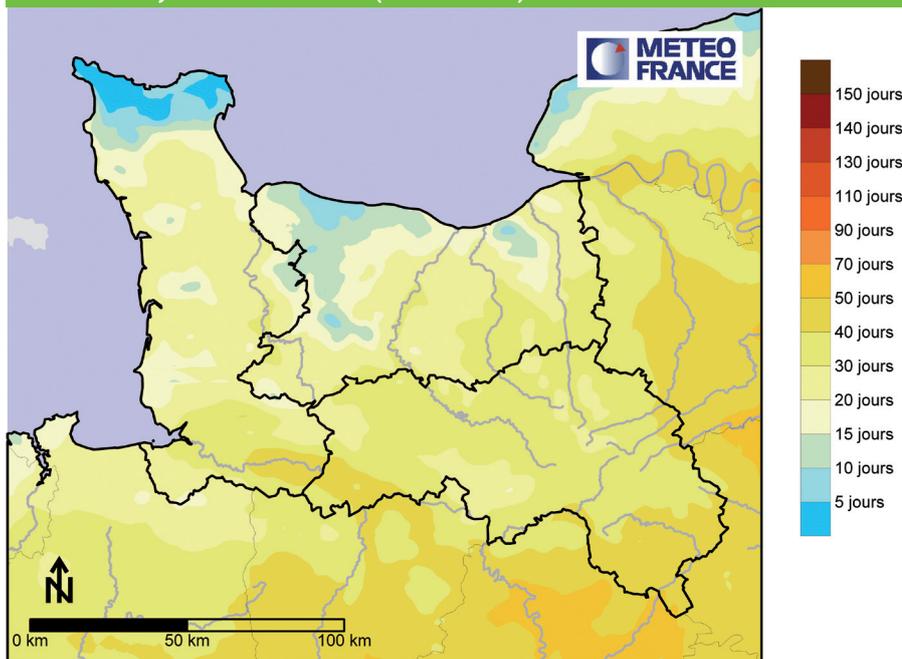


Sandrine Hélicher/DREAL BN

Nombre de jours de froid (1981-2010)



Nombre de jours de chaleur (1981-2010)



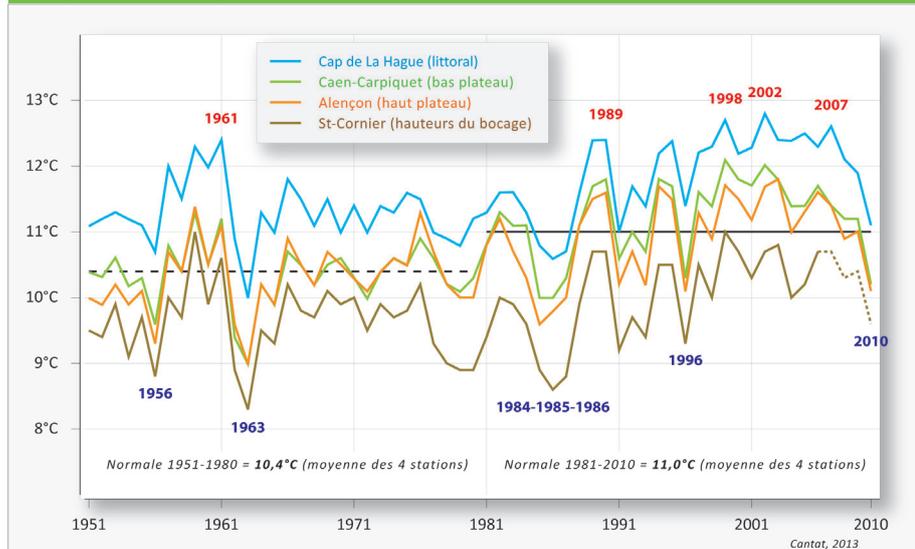
Le littoral du Calvados apparaît également défavorisé pour la chaleur en raison des phénomènes de brise marine qui contraignent presque systématiquement le réchauffement en journée quand le beau temps s'installe sur la région. Dans le Sud-Est de l'Orne, la situation est bien différente : on franchit les 25°C plus de 30 jours par an, et même parfois plus de 40 jours dans les secteurs les plus abrités du Perche, dans la vallée de l'Huisne (soit autant qu'à La Rochelle et Biarritz).



Sandrine Hélicher/DREAL BN

L'évolution des températures

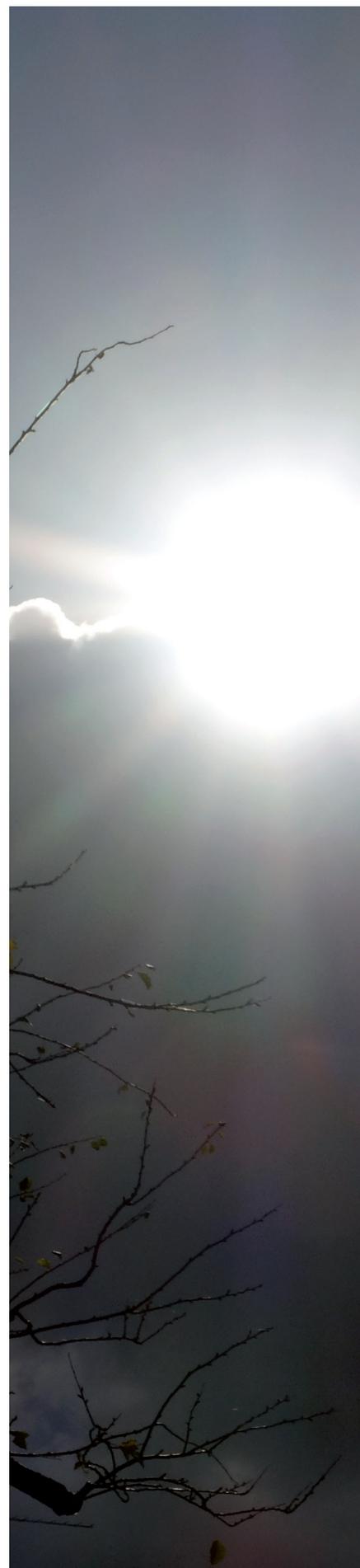
Température moyenne annuelle en Basse-Normandie entre 1951 et 2010



Graphique réalisé d'après les données Météo-France. Données de St-Cornier des Landes complétées en tirets par Le Gast sur la période 2006-2010 (Cantat, 2013) pour le Profil environnemental de Basse-Normandie

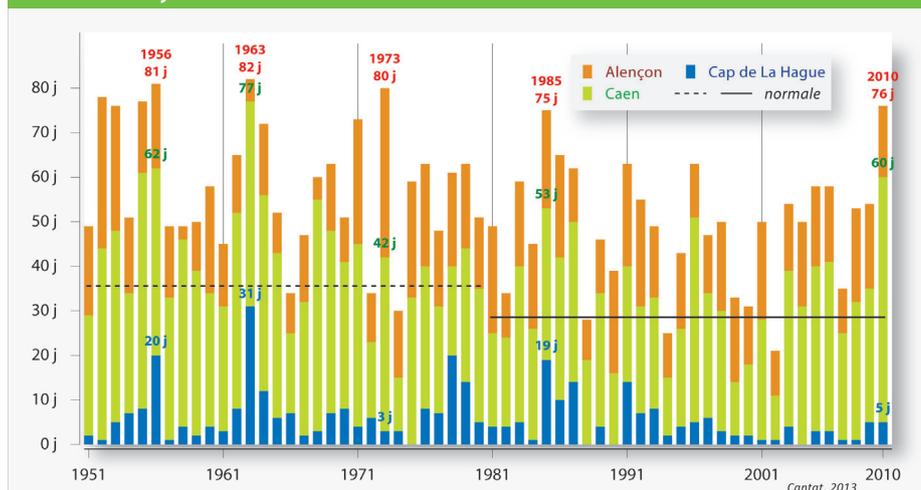
Des années 1950 à aujourd'hui, on observe une augmentation de la température moyenne annuelle de l'ordre de 0,6°C en Basse-Normandie. Cette valeur est équivalente à celle observée sur l'ensemble du pays. Le réchauffement apparaît nettement au milieu des années 1980, puis présente un maximum de la fin des années 1990 au début du XXI^e siècle. Il semble en légère atténuation à partir de 2008, évolution récente à confirmer dans les années à venir.

Les contrastes sont parfois remarquables entre des années proches. La douceur autour de 1960 (de 1957 à 1961) cède brusquement la place à deux années très fraîches (1962 et surtout 1963) avant de se stabiliser jusqu'au milieu des années 1970. De la même façon, l'opposition est nette entre le milieu des années 1980 (fraîcheur en 1984-1985-1986) et la fin de cette même décennie (douceur en 1988-1989). Plus récemment, les amplitudes sont également fortes entre des années douces comme 2007 et des années fraîches comme 2010.



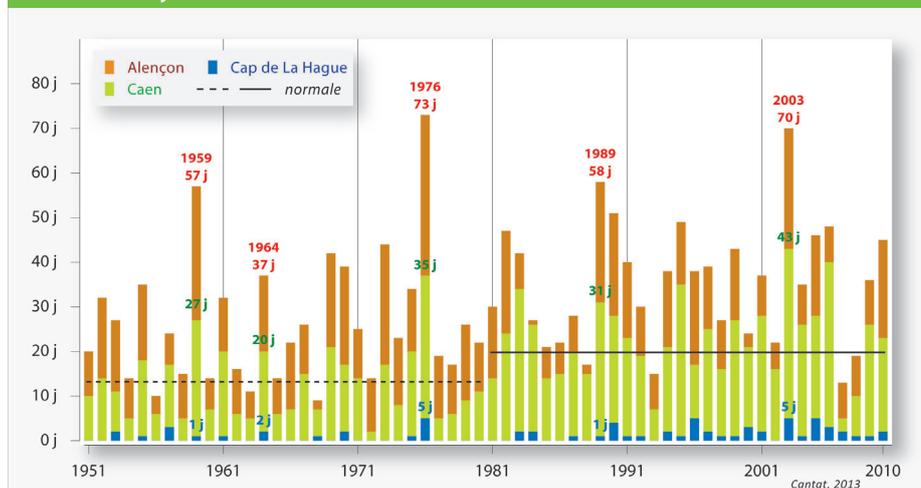
Emilie Jambu/DREAL BN

Nombre de jours de froid en Basse-Normandie entre 1951 et 2010



Graphique réalisé d'après données Météo-France (Cantat, 2012) pour le Profil environnemental de Basse-Normandie

Nombre de jours de chaleur en Basse-Normandie entre 1951 et 2010



Graphique réalisé d'après données Météo-France de La Pointe de La Hague-Auderville, Caen-Carpiquet et Alençon (Cantat, 2012) pour le Profil environnemental de Basse-Normandie

L'évolution du nombre de *jours froids* et du nombre de *jours chauds* illustre concrètement les contrastes saisonniers observés sur la région.

Le seuil des grands froids (minima $\leq -5^{\circ}\text{C}$) est très discriminant pour les « Grands Hivers » (1955/56, 1962/63, 1985/86) et le seuil des fortes chaleurs (maxima $\geq 30^{\circ}\text{C}$) révélateur des « Grands Étés » (1959, 1976, 1990, 1995, 2003 et 2006).

Le caractère exceptionnel de l'été 2003 apparaît nettement au seuil des très fortes chaleurs puisque cette année-là, à Caen, la température maximale excéda cinq fois les 35°C , soit autant de fois que durant les cinquante années qui précédèrent !

Globalement, **les deux graphiques ci-dessus relatifs au nombre de jours de froid et de chaleur entre 1951 et 2010 reflètent bien une tendance au réchauffement avec des hivers moins froids et des étés plus chauds.**



Sandrine Hélicher/DREAL BN

Les événements thermiques extrêmes

Au gré des fluctuations imprévisibles de la position des anticyclones et des dépressions, le flux d'Ouest est parfois interrompu durant plusieurs jours, voire plusieurs semaines au-dessus de l'Europe Occidentale. En lieu et place des flux atlantiques, tempérés en toutes saisons, des masses d'air chaud ou froid peuvent envahir la Basse-Normandie et occasionner des canicules ou des vagues de froid.

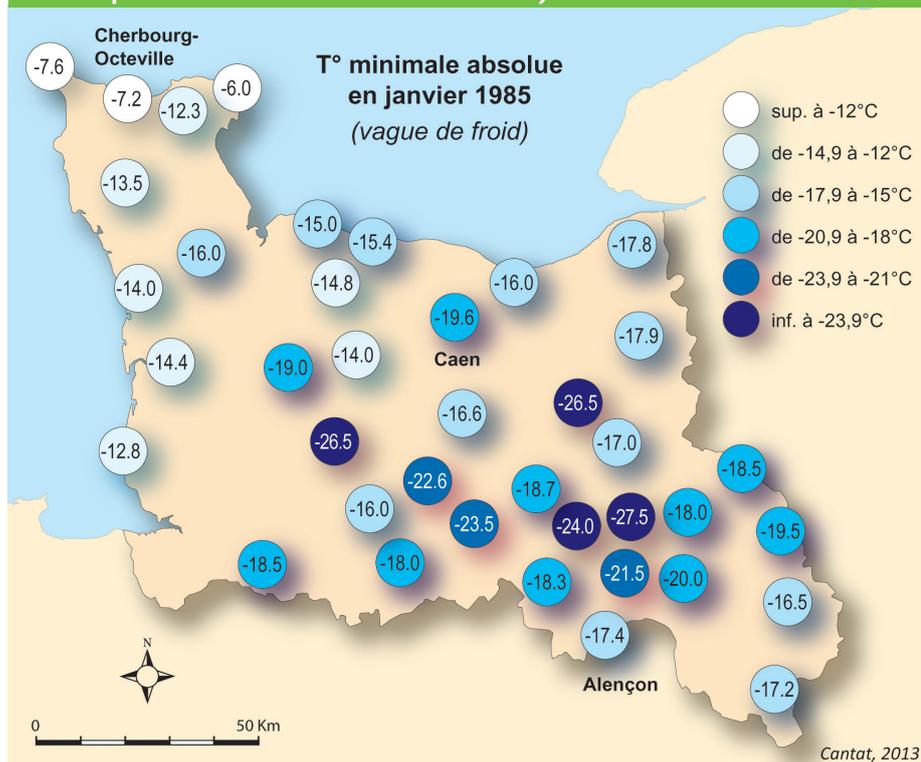
Les grands froids

Certaines années, de l'air très froid peut envahir et persister sur l'Ouest de l'Europe. Tel est le cas lors des « Grands Hivers ». Un froid durable s'installe alors, souvent sec (masse d'air polaire continental, comme en février 1956), parfois neigeux (froid d'altitude entretenant l'instabilité comme en décembre 2010).

La froidure est généralement beaucoup plus prononcée dans les terres qui échappent à l'effet adoucissant de la Manche. Ainsi, en janvier 1979, dans le Calvados, on observe 17 jours sans dégel à Caumont-l'Éventé et, dans l'Orne, 1 mois complet de gelées à Ri.

En février 1956, les gelées sont quotidiennes à St-Hilaire-du-Harcouët en raison du flux continental chassant au large les masses d'air plus douces formées au contact de la mer. Durant le très long hiver de 1963, en certains points du littoral on observe même la formation de glace de mer !

Profil Environnemental de Basse-Normandie Les températures minimales absolues en janvier 1985



Cartes réalisées d'après données Météo-France (Cantat, 2013) pour le Profil environnemental de Basse-Normandie



Repères

- Jours de froid : T° mini ≤ 0°C
- Jours de grand froid : T° mini ≤ -5°C
- Jours de très grand froid : T° mini ≤ -10°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** de tous.

Le froid, saisissant la rose



Sandrine Hélicher/ DREAL BN

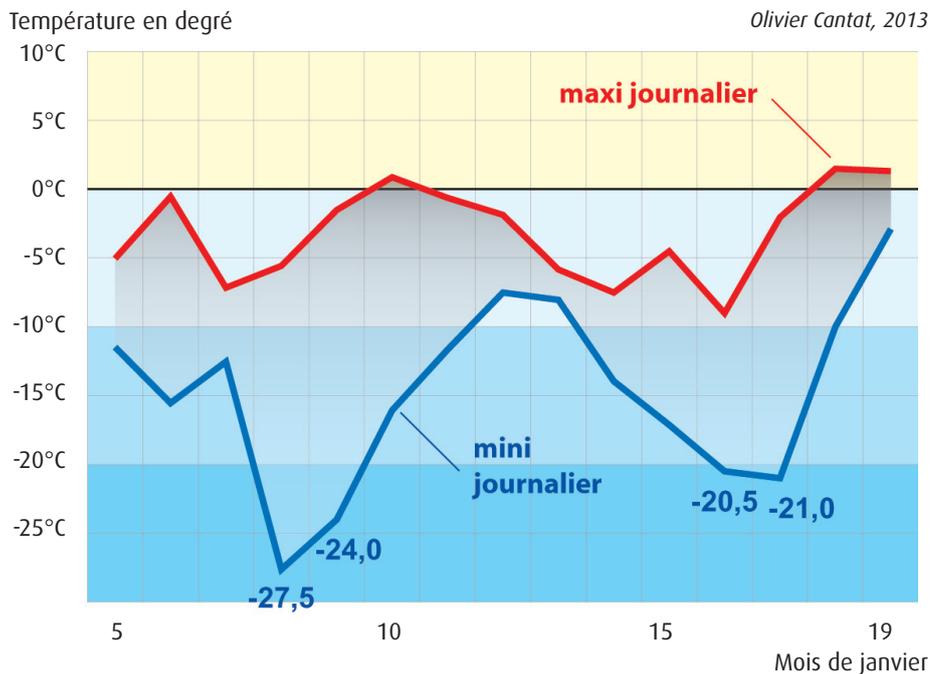
Vague de froid



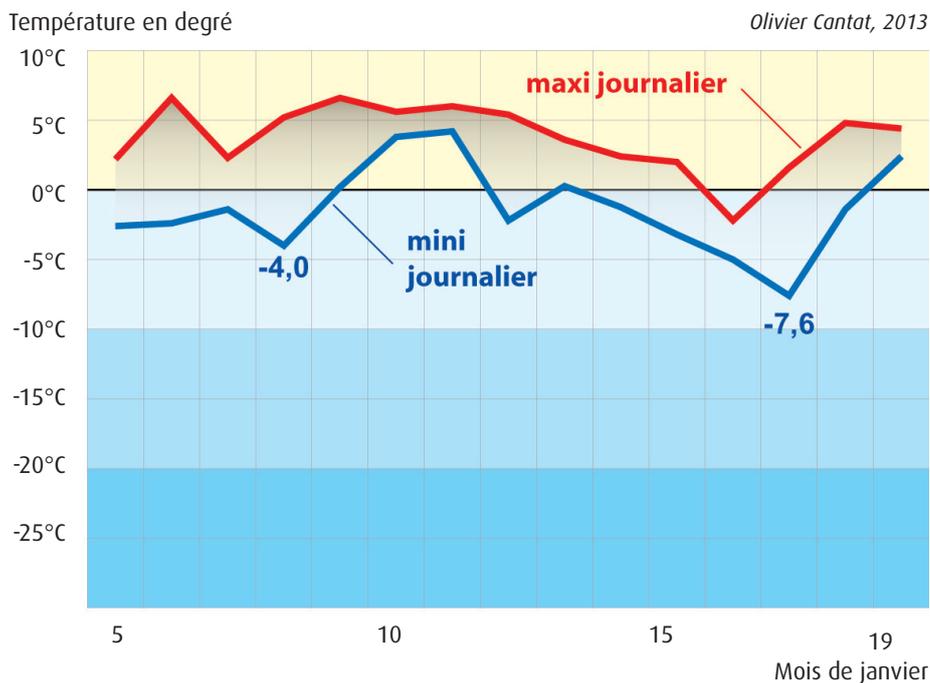
Paul Colin/ DREAL BN

La vague de froid de janvier 1985
(température journalière maximale et minimale entre le 5 et le 19 janvier)

Le Pin au Haras (continentalité), du 5 au 19 janvier 1985



La Hague (forte océanité), du 5 au 19 janvier 1985



Graphique réalisé d'après données Météo-France de La Pointe de La Hague et du Pin-au-Haras (Cantat, 2013) pour le Profil environnemental de Basse-Normandie

Le cas de **janvier 1985** illustre ces « **vagues de froid** » aux conséquences souvent pénalisantes pour la société. Le caractère remarquable de cet épisode réside autant dans sa durée (plus de 2 semaines consécutives), que dans son intensité (avec certaines valeurs proches de -30°C par endroits) et son extension géographique (même les côtes Nord du Cotentin sont touchées). Ces trois critères classent cet épisode dans la catégorie des événements climatiques extrêmes. Le froid intense gagne même les littoraux habituellement épargnés de la côte calvadosienne (-16°C à Ouistreham) et ceux du Sud de la Manche (-14°C à Créances).

Mars 2013 : épisode neigeux particulièrement intense



Sandrine Hélicher/DREAL BN

Mars 2013 : congères de neige à Reviers



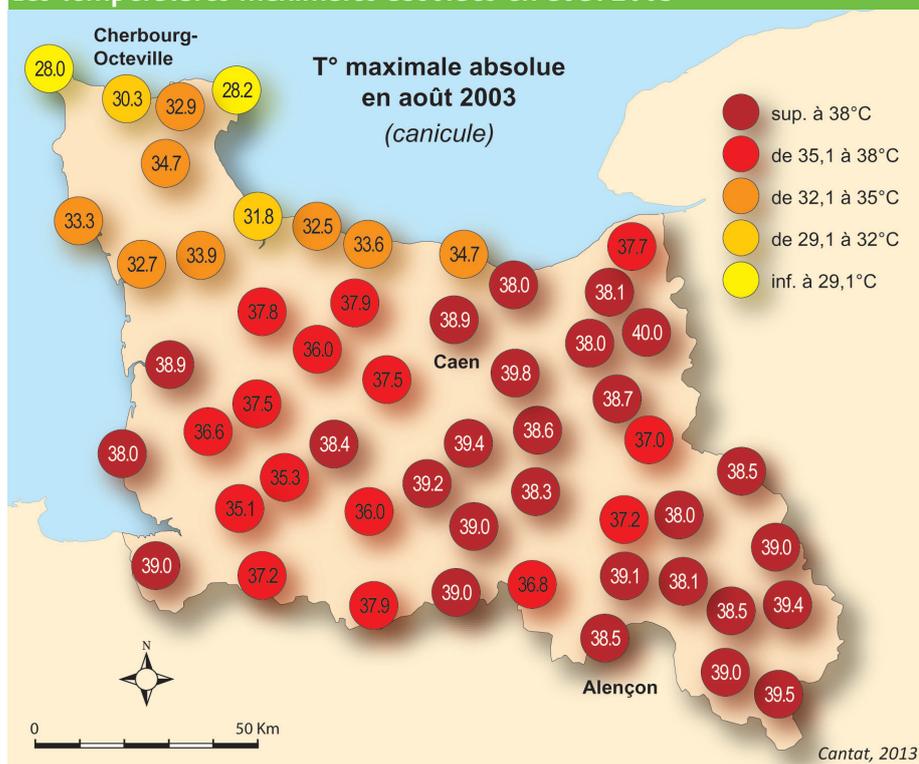
Paul Colin/DREAL BN

Les fortes chaleurs

Grâce à sa proximité océanique, la Basse-Normandie est habituellement épargnée par les très fortes chaleurs. Le seuil des 35°C est ainsi très rarement atteint (en moyenne une fois tous les 10 ans sur la Plaine de Caen), en relation avec l'invasion d'une masse d'air tropical continental très chaud, généralement vite remplacée par de l'air atlantique plus modéré. Les « Grands Étés » n'enregistrent pas nécessairement des journées caniculaires : à Caen, la température ne dépasse pas les 35°C aussi bien en **1959 qu'en 1976**.

En 2003, la situation est donc véritablement exceptionnelle car, comme sur l'ensemble de l'Europe, la Normandie est touchée durablement par de l'air « saharien », dirigé par un anticyclone s'étendant de l'Afrique à la Scandinavie. Durant la première quinzaine du mois d'août, les températures maximales dépassent à plusieurs reprises 35°C et atteignent même localement 40°C (Lisieux et Mézidon-Canon, le 10 août), égalant le record absolu pour la région établi à Domfront, dans l'Orne, le 3 août 1990.

Profil Environnemental de Basse-Normandie Les températures maximales absolues en août 2003



Carte réalisée d'après données Météo-France (Cantat, 2013) pour le Profil environnemental de Basse-Normandie



Repères

- **Jours de chaleur :**
T° maxi \geq 25°C
- **Jours de forte chaleur :**
T° maxi \geq 30°C
- **Jours de très forte chaleur :**
T° maxi \geq 35°C

Qu'est-ce qu'une canicule ?

La canicule se définit comme un **niveau de très fortes chaleurs le jour et la nuit pendant au moins trois jours consécutifs**. La définition de la canicule repose donc sur deux paramètres : la chaleur et la durée.

La canicule en Basse-Normandie

correspond à trois jours chauds consécutifs avec des seuils variables :

- dans le Calvados ► + de 18°C pour le mini (la nuit) et + de 31°C pour le maxi (le jour)
- dans l'Orne ► + de 18°C pour le mini (la nuit) et + de 33°C pour le maxi (le jour)
- dans la Manche ► + de 17°C pour le mini (la nuit) et + de 29°C pour le maxi (le jour)

La santé d'une personne peut être en danger quand ces **3 conditions sont réunies** :

- il fait très chaud ;
- la nuit, la température ne descend pas, ou très peu ;
- cela dure plusieurs jours.

Évolution journalière des températures minimales et maximales durant la canicule de l'été 2003 (du 1^{er} au 15 août)

Alençon (continentalité), du 1^{er} au 15 août 2003

Température en degré

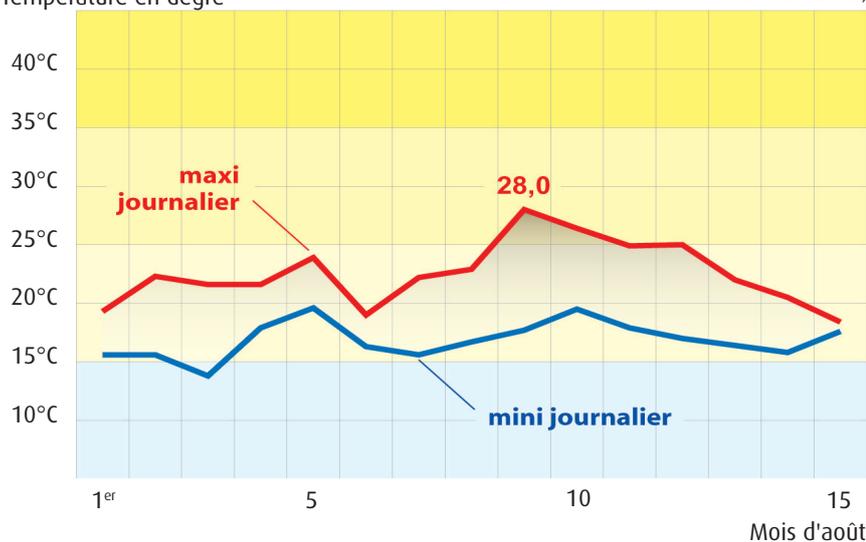
Olivier Cantat, 2013



La Hague (forte océanité), du 1^{er} au 15 août 2003

Température en degré

Olivier Cantat, 2013



Graphiques réalisés d'après données Météo-France (Cantat, 2013) pour le Profil environnemental de Basse-Normandie

Les hauteurs du Bocage atténuent très peu l'intensité du phénomène (37,5°C à Mortagne-au-Perche). Dans le Sud-Est de l'Orne, par confinement de la masse d'air, la chaleur suffocante se répète quasiment chaque jour (entre le 1^{er} et le 10 août, la moyenne des maximales dépasse 35°C à Longny-au-Perche, Beaulieu et Préaux-du-Perche).

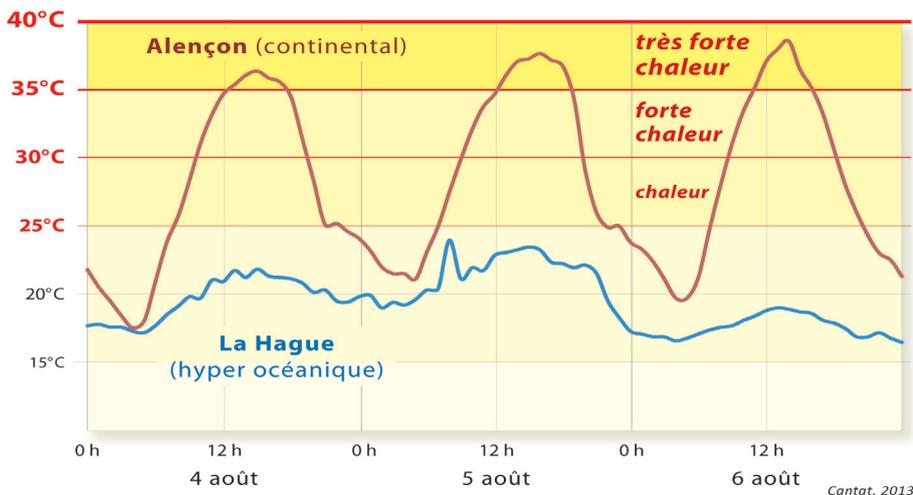
La seule exception notable à cette canicule sans précédent concerne les caps de La Hague et de Barfleur avec leur position très avancée en Manche, assurant une fraîcheur toute relative (maximum absolu de 28°C).

La comparaison des courbes journalières et horaires pour Alençon et La Hague permet de rendre compte des différences régionales de conditions de vie durant cet épisode extrême. Pour les populations « continentales », après la chaleur accablante de la journée (plus de 30°C du milieu de matinée au début de la nuit), la fraîcheur de fin de nuit est de courte durée et à peine inférieure au seuil de récupération physiologique (23°C).



Emilie Jambu/DREAL BN

Évolution horaire des températures durant la canicule de l'été 2003 (du 4 au 6 août)



Graphique réalisé d'après données Météo-France (Cantat, 2013) pour le Profil environnemental de Basse-Normandie

Dans le même temps, sur le Nord du Cotentin, l'air maritime bloque l'élévation thermique aux environs de 30°C en journée. Sur les autres littoraux, l'effet adoucissant de la mer est moins marqué et moins continu car les brises marines sont alors contrées par un fort vent de composante Est, apportant de l'air continental surchauffé. Sur la côte Ouest du Cotentin, on enregistre 38,9°C à Gouville le 5 août et seulement 19,7°C de maximum le lendemain en raison d'une rotation des vents au Nord-Ouest accompagnant un changement de masse d'air.

Barfleur (50)



Patrick Galineau /DREAL BN

3 Les précipitations

Les précipitations montrent encore plus clairement la diversité des climats bas-normands. Le plus souvent d'origine océanique, elles se déversent d'abord sur le relief.

La diversité spatiale des précipitations : des cumuls annuels variant du simple au double...

La géographie des précipitations est présentée à une échelle fine grâce à trois cartes établies par Météo-France selon une maille kilométrique (méthode de spatialisation AURELHY). Les contrastes locaux de la pluviométrie, en quantité et en fréquence, soulignent le rôle majeur du relief sur les flux humides en provenance de l'Ouest.

Le cumul annuel varie du simple au double entre les hauteurs les plus exposées à l'extrémité Ouest du Bocage (plus de 1 300 à 1 400 mm) et les secteurs en position d'abri situés entre les Plaines de Caen, Falaise et Argentan (moins de 700 mm). Les hauteurs au Nord du Cotentin, et à un degré moindre celles du Pays d'Auge, bénéficient naturellement d'un arrosage conséquent (de 900 à 1 100 mm), alors que la continentalisation des masses d'air limite davantage les abats pluviométriques sur le Perche (800 à 900 mm).

Cricqueville-en-Auge (14)



Patrick Galineau /DREAL BN

Les littoraux sont généralement moins arrosés que leur arrière-pays. Les côtes bordant la Baie de Seine bénéficient en plus d'une position d'abri, comparativement à la façade occidentale du département de la Manche.

Le nombre de jours de précipitations permet de nuancer l'image pluvieuse de la Basse-Normandie, notamment pour les secteurs abrités s'étirant des plaines de Caen à Alençon qui enregistrent 120 jours par an, soit un jour arrosé sur trois. Cette fréquence est plus importante sur l'Ouest du Bocage et le Cotentin en raison d'une exposition plus importante à l'humidité apportée par les masses d'air océanique. Les journées très pluvieuses (plus de 10 litres par mètre carré) sont assez rares sur une



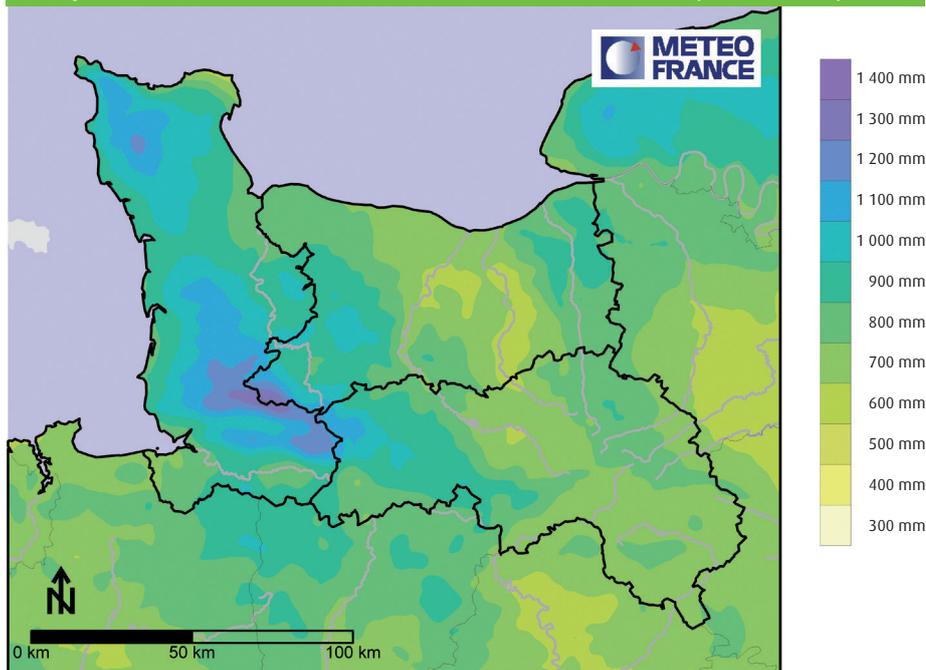
Définitions

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).

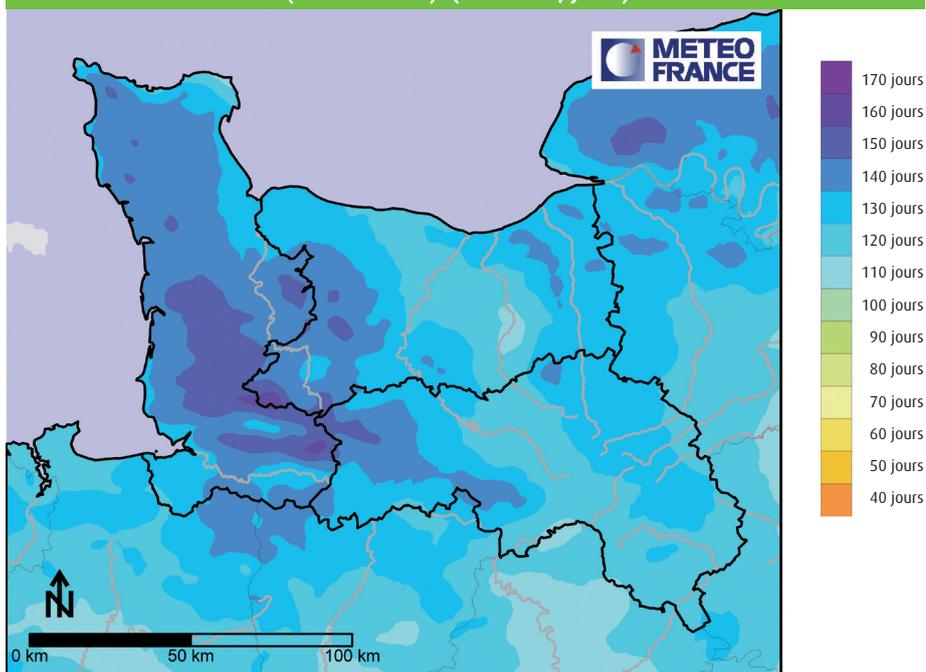
Le nombre de jours de précipitations correspond au nombre de fois où, dans le cadre de 24 heures, le cumul a atteint ou dépassé certains seuils (1 mm pour parler de précipitations significatives, 10 mm pour les précipitations fortes).

Précipitations totales annuelles en Basse-Normandie (1981-2010)



Carte réalisée par Météo-France

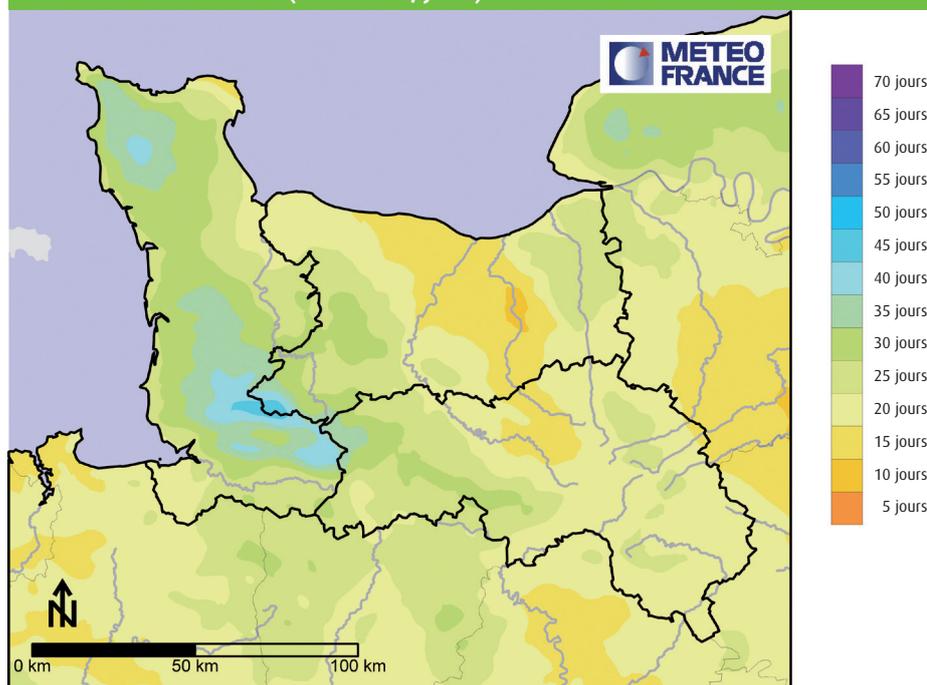
Nombre de jours de précipitations significatives en Basse-Normandie (1981-2010) (≥ 1 mm/jour)



Carte réalisée par Météo-France

grande moitié Est de la Basse-Normandie (autour de 20 jours par an) et nettement plus fréquente du Cotentin à l'Ouest du Bocage (souvent plus de 30 jours).

Nombre de jours de précipitations fortes en Basse-Normandie (≥ 10 mm/jour)



Circulation par temps de pluie



Séverine Bernard /DREAL BN

La saisonnalité des précipitations : un régime typiquement océanique

Si les précipitations interviennent en toutes saisons, **les cumuls mensuels les plus abondants se produisent généralement entre les mois d'octobre et décembre** et possiblement en septembre et janvier selon les années. **Les différences pluviométriques entre l'été et l'hiver ne paraissent pas très importantes.** Pourtant, avec le retour des beaux jours, **les pluies se font plus rares et moins persistantes** qu'à la mauvaise saison, en raison principalement du déplacement vers le Nord des perturbations atlantiques. Dans les statistiques, cette réalité vécue est souvent masquée par l'intervention de quelques grosses averses ou orages qui peuvent augmenter notablement en quelques heures le cumul de tout un mois.

La mesure depuis quelques années de la durée des précipitations à Caen-Carpique rend compte de ce phénomène : les averses estivales sont deux fois plus courtes qu'en hiver alors que le cumul saisonnier est équivalent.

Cumul, durée et intensité horaire moyenne des précipitations saisonnières dans la Plaine de Caen entre 2005 et 2010

Tableau : Olivier Cantat, 2013, d'après les données Météo-France

	Automne	Hiver	Printemps	Été
Cumul	210 mm	183 mm	166 mm	182 mm
Durée	36,6 h	45,0 h	34,4 h	21,7 h
Intensité	5,7 mm/h	4,1 mm/h	4,8 mm/h	8,4 mm/h

Champ inondé



Valérie Guyot/DREAL BN

La situation est plus complexe et changeante aux intersaisons car ces périodes présentent souvent le caractère de la saison qui précède ou annonce celui de celle qui arrive.

En hiver, à l'arrière de profondes perturbations ou par flux de Nord-Est instable, la pluie laisse quelquefois place à la neige. Les flocons sont aperçus en moyenne 4 à 5 jours par an en bord de mer et de 12 à 14 jours à l'intérieur des terres.

Si la neige est rare sous nos climats, sa tenue au sol l'est encore davantage. Sur les hauteurs du Bocage, celle-ci peut cependant entraîner des problèmes de circulation dès la moindre dénivellation de la route. **Certaines années particulièrement froides, la neige peut même devenir une véritable contrainte.** Curieusement, ce sont alors les secteurs habituellement les plus doux qui peuvent subir les plus fortes chutes, l'humidité de la Manche se transformant localement en véritable tempête de neige alors que tout le reste de la région est épargné. En 2010, certains secteurs du Nord Cotentin ont relevé plus de 60 à 80 cm de neige... En mars 2013, des congères supérieures à 1,5 m ont été fréquemment rencontrées dans la région. **L'évolution des précipitations est marquée par une très grande variabilité,** les cumuls pouvant osciller du simple au double selon les années, tant sur la Plaine de Caen (455 mm en 1989 et 992 mm en 1960) que sur les hauteurs occidentales du Bocage (906 mm en 2003 et 1818 mm en 2000).

L'évolution des précipitations

La tendance sur 60 ans traduit une légère augmentation.

Dans certains sites aux conditions d'exposition ou d'abri plus marquées, des valeurs encore plus remarquables ont été enregistrées : 1 914 mm en 2000 à Gathemo dans la Manche et inversement 400 mm à L'Oudon dans le Calvados en 1989. Ces écarts à la Normale ne présentent pas d'organisation claire. La série propose de façon aléatoire des blocs d'années déficitaires (cf. 1967 à 1973) ou excédentaires (cf. 1997 à 2001).

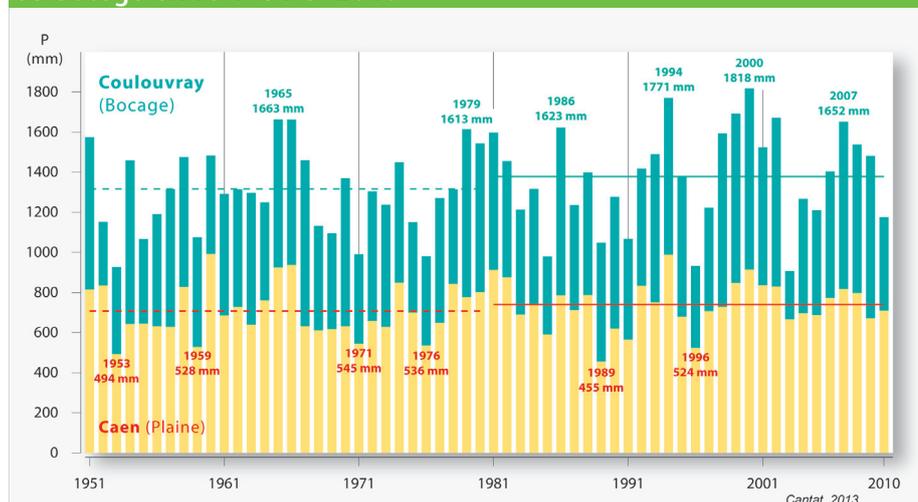
Mais **il se produit parfois des oppositions importantes d'une année à la suivante** (à Caen, 528 mm en 1959 et 992 mm en 1960). La comparaison des Normales 1951-1980 et 1981-2010 traduit une légère augmentation des précipitations sur la région, de l'ordre de 4 à 5 %, aussi bien pour la « diagonale

Mars 2013 : des congères de plus de 1,5 m dans la plaine de Caen



Sandrine Hélicher /DREAL BN

Précipitations annuelles dans la Plaine de Caen et sur les hauteurs du Bocage entre 1951 et 2010



Graphique réalisé d'après données Météo-France de Caen-Carpiquet et Coulouvray Bois-Bénâtre (Cantat, 2013) pour le Profil environnemental de Basse-Normandie

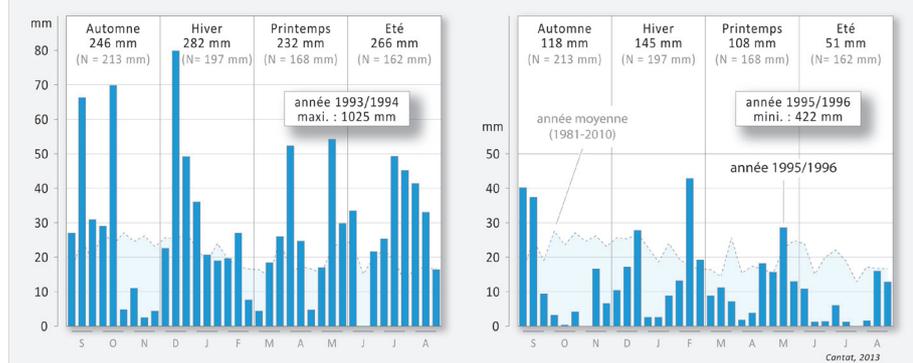
sèche » de la Plaine de Caen (708 mm / 739 mm) que pour les hauteurs très arrosées du Bocage (1 317 mm / 1 378 mm).

Pour évaluer concrètement les **conséquences environnementales** et sociétales de la pluviométrie, il est nécessaire d'envisager ses fluctuations sur des séquences successives courtes. La comparaison des deux années hydrologiques « extrêmes » sur la Plaine de Caen en pas de temps décadaire (10 jours) illustre la chronologie réelle des apports pluviométriques.

La succession d'épisodes pluvieux durables et abondants durant l'année 1993/1994 explique un entretien de la saturation en eau des sols et la formation d'écoulements de surface, voire d'inondations durant la période froide car l'évaporation des surfaces et la transpiration des plantes agissent peu à cette saison. Cette forte dominance humide n'exclut pas cependant des séquences sèches permettant un ressuyage partiel des sols. *A contrario*, l'année sèche 1995/1996 fut marquée par la récurrence d'un fort déficit pluviométrique pour chaque saison mais aussi par quelques décades (périodes de 10 jours) très arrosées pouvant entraîner des ruissellements de surface.

Précipitations décadaires (sur 10 jours) dans la Plaine de Caen : comparaison d'une année hydrologique très pluvieuse (1993/1994) et d'une année hydrologique peu pluvieuse (1995/1996).

La Normale 1981-2010 est représentée en pointillé sur fond bleu clair.



Graphique réalisé d'après données Météo-France de Caen-Carpiquet (Cantat, 2013) pour le Profil environnemental de Basse-Normandie

Dans la pratique, les décades n'étant pas elles-mêmes des blocs homogènes, il est souvent recommandé de descendre au pas de temps journalier, voire horaire, lors de phénomènes pluviométriques intenses susceptibles de générer des événements hydrologiques à risques.

La Mue à Thaon (14)



Sandrine Hélicher /DREAL BN

Les événements pluviométriques extrêmes

Ces événements pluviométriques extrêmes sont parfois très localisés et occasionnent des troubles importants quand ils se produisent sur les agglomérations. Tel fut le cas à Caen le 22 juillet 2013 qui subit un véritable déluge (plus de 80 à 100 mm en fin d'après-midi) alors que le temps était totalement sec à Bayeux et Deauville et que la station de Carpiquet, distante de quelques kilomètres, n'enregistrait que 20,7 mm.

À l'échelle d'une décade (10 jours), l'origine des cumuls pluviométriques les plus importants est double. Sur le Bocage, il s'agit préférentiellement des conséquences des longs épisodes perturbés hivernaux qui déversent leurs pluies sans discontinuer.

Sur les plaines, les phénomènes orageux de saison chaude en sont plus fréquemment responsables, particulièrement dans les secteurs les plus abrités des flux d'Ouest.

Phénomène de pluies d'occurrence centennale à Caen en juillet 2013



Valérie Guyot /DREAL BN

Classement décroissant des cinq décades les plus arrosées au cours de la période 1991-2010 sur la Basse-Normandie

	L'Oudon (Plaine, abritée)	Caen (Plaine, ouverte)	Brémoy (Bocage, hauteurs)
1 ^{er} Cumul	90,8 mm (3 ^e décade juin 1997)	123,2 mm (3 ^e décade juin 2006)	163,8 mm (3 ^e décade janvier 1995)
2 ^e Cumul	86,4 mm (1 ^{ère} décade août 1999)	114,4 mm (3 ^e décade janvier 1995)	147,0 mm (3 ^e décade octobre 1998)
3 ^e Cumul	82,0 mm (1 ^{ère} décade juin 1993)	100,2 mm (3 ^e décade décembre 1999)	126,7 mm (2 ^e décade décembre 1999)
4 ^e Cumul	77,8 mm (3 ^e décade janvier 1995)	95,2 mm (3 ^e décade juin 1997)	125,2 mm (1 ^{ère} décade juillet 1995)
5 ^e Cumul	74,8 mm (2 ^e décade septembre 1993)	90,6 mm (1 ^{ère} décade juillet 2000)	125,1 mm (1 ^{ère} décade décembre 2006)

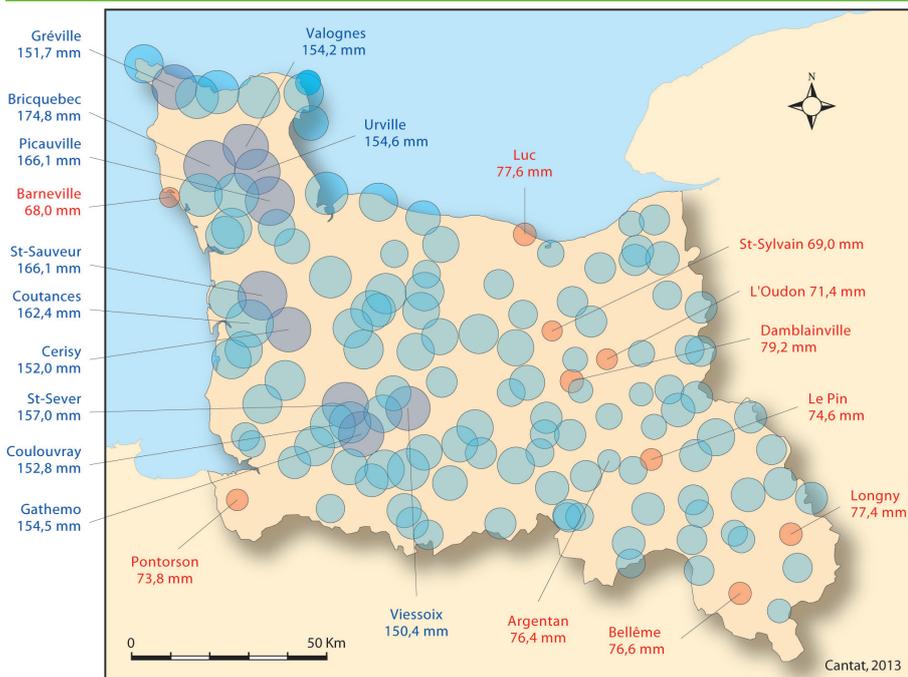
Saison chaude	80 % (4 sur 5)	60 % (3 sur 5)	20 % (1 sur 5)
Saison froide	20 % (1 sur 5)	40 % (2 sur 5)	80 % (4 sur 5)

Les pluies continues et abondantes de la période froide

Lorsqu'une circulation d'Ouest perturbée s'établit durablement sur la région, généralement en hiver, les cumuls pluviométriques atteignent parfois des niveaux remarquables. Dans ces situations, on retrouve l'organisation spatiale tout en contrastes de la pluviométrie régionale. Les valeurs peuvent :

- dépasser les 150 mm en 10 jours dans les hauteurs bocagères ;
- atteindre 100 mm sur les parties ouvertes des plaines agricoles ;
- et être voisines des 75 mm dans les secteurs les plus abrités.

Profil Environnemental de Basse-Normandie Volume des précipitations du 21 au 31 décembre 1999



Graphique réalisé d'après données Météo-France (Cantat, 2013) pour le Profil environnemental de Basse-Normandie



Repères

En décembre 1999, le cumul du mois dans son ensemble atteint des valeurs records sur les sommets les plus exposés du Bocage occidental normand avec 459,4 mm à Gathemo (305 m) et dans le Nord-Ouest du Cotentin à des altitudes beaucoup plus modestes (393,5 mm à Bricquebec situé à 34 m). Avec 190,4 mm, Caen-Carpiquet est une des stations les moins arrosées de la région (pour une normale de 78 mm).

Les pluies orageuses violentes de la période chaude

En une seule journée, un cumul pluviométrique équivalent à plus d'un mois de précipitations peut être occasionné par des phénomènes orageux ou la stagnation de fronts pluvieux très instables. Dans ce type de situation météorologique, la répartition spatiale n'obéit pas à un schéma bien défini et de très forts contrastes locaux sont fréquents.

Ainsi, le 1^{er} juin 2003 Deauville reçoit 125 mm de précipitations, cette valeur est cependant assez loin des 149 mm tombés en 24 heures le 4 août 2002 à Soligny-la-Trappe. Et, le 22 juillet 2013, plus de 80 mm de pluies s'abattent sur Caen en fin d'après-midi. La température chute de 33°C à 21°C !

Ces records régionaux restent modestes comparés aux événements de type cévenol qui se répètent chaque année sur les pourtours montagneux du domaine méditerranéen (cumuls journaliers de 200 à 400 mm, à l'origine de catastrophes comme à Nîmes en 1988, Vaison-la-Romaine en 1992...).

Orage du 17 juillet 2014



Séverine Bernard /DREAL BN

4 Le vent

Le vent est un déplacement d'air dans l'atmosphère. Il tient une place essentielle dans les phénomènes météorologiques. Parfois simple brise, il peut devenir dévastateur comme ce fut le cas lors de la tempête de 1999.

Sur la région, le régime de vent dominant est de secteur Sud-Ouest à Ouest, en relation avec le positionnement moyen des centres d'action barométriques (basses pressions subpolaires et hautes pressions subtropicales).

La géographie du vent : des côtes surexposées du Cotentin aux plaines et cuvettes intérieures abritées...

La vitesse du vent présente des contrastes très importants entre le littoral, où rien ne vient freiner sa course, et l'intérieur des terres, où celle-ci est « cassée » par les reliefs et la rugosité des surfaces.

Très logiquement, les côtes de l'Ouest du Cotentin et les caps situés au Nord enregistrent les vents les plus forts, notamment l'hiver. On relève ainsi plus de 140 jours de vent fort à La Hague, 110 à Granville, 74 à Caen et seulement 45 à Alençon (moyenne 1981-2000). *A contrario*, la fréquence des temps calmes augmente très significativement loin de la mer et dans les secteurs protégés par le relief, comparativement aux littoraux.

Les côtes calvadosiennes constituent un secteur singulier, car elles sont protégées des vents d'Ouest par la presqu'île du Cotentin. Sur ce littoral, les tempêtes et les risques de submersions marines associées sont davantage le fait des vents forts de Nord-Est (plus rares).

Le phénomène de **brise de mer** est une autre particularité du vent en Basse-Normandie, commun à tous les littoraux. Dès le printemps et surtout en été, en fin de matinée, une brise s'établit fréquemment sur la frange littorale contribuant à la fois à un meilleur ensoleillement et à la modération des températures dans la journée.



Repères

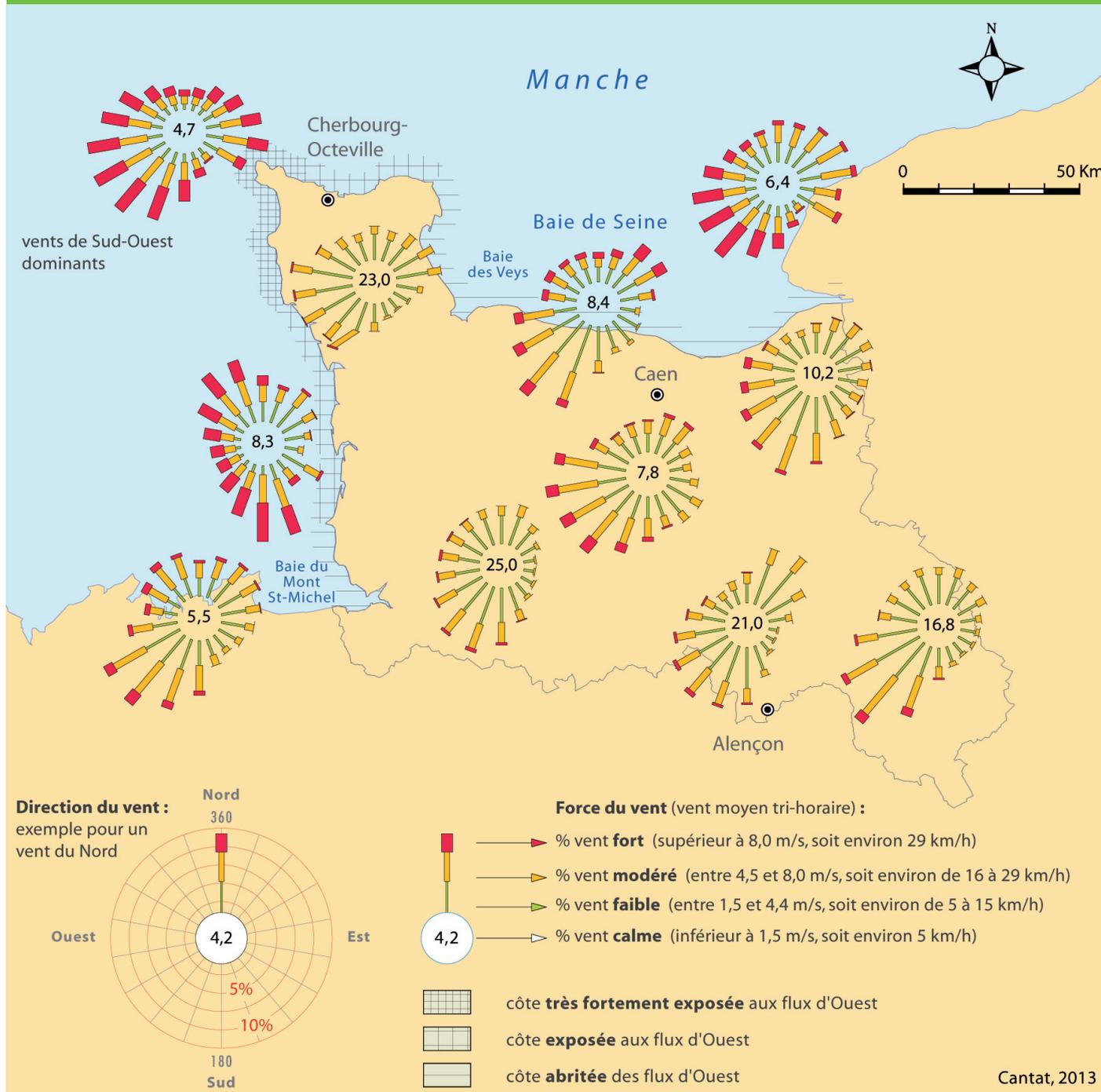
Le vent est le paramètre météorologique le plus sensible aux effets de site. Pour être la plus représentative des conditions régionales, sa mesure est effectuée au sommet d'un mât de 10 mètres, placé dans un environnement dégagé le plus possible de tout obstacle naturel ou construction. Le vent est connu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

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.



Céline Cauvin /DREAL BN

Profil Environnemental de Basse-Normandie La carte des vents



Cartographie réalisée à partir de données Météo-France, sur la période 1981 - 2000 pour Caen, Alençon, La Hague et Dinard ; 1981 - 1990 pour La Hève, la Pointe du Roc et Deauville St Gatien ; 1981 - 2000 pour Valognes ; 1997 - 2011 pour Flers et L'Aigle.

Attention : pour des raisons de lisibilité, les stations ne sont pas positionnées exactement à leurs coordonnées géographiques mais sont placées de façon à être représentatives de l'aire considérée

Méthodologie de la cartographie

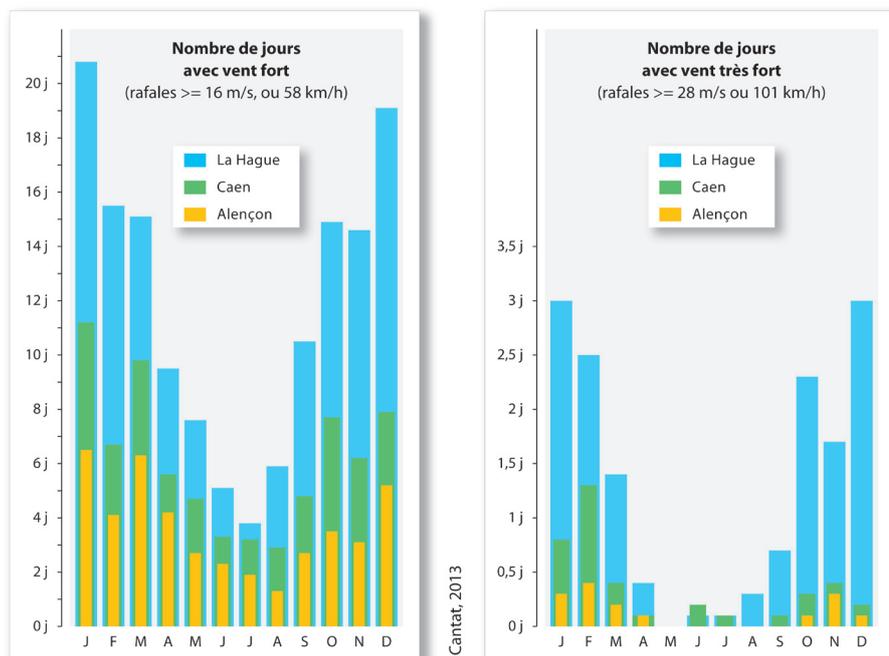
Pour chacune des 18 directions, 4 groupes de vitesse de vent ont été définis (calme, faible, modéré et fort). La fréquence des vents « calmes » (< 1,5 m/s), toutes directions confondues, est indiquée par une valeur numérique au centre de la rose. Pour les 3 groupes supérieurs, chaque rayon de la rose est constitué de rectangles mis bout à bout dont la longueur est proportionnelle à la fréquence des vitesses de vent dans la direction donnée. Chaque couleur correspond à un groupe de vitesse : rectangle étroit vert clair pour les vents faibles, rectangle jaune pour les vents modérés et rectangle large rouge pour les vents forts.

La saisonnalité des vents forts



Repères

Saisonnalité du nombre de jours vent fort et très fort en Basse-Normandie (1981-1990)



Graphique réalisé d'après données Météo-France de Caen-Carpiquet (Cantat, 2013)

À des niveaux de fréquences différents, les données de La Hague, Caen-Carpiquet et Alençon traduisent **un même régime saisonnier pour les vents forts et très forts**. Pour les **fortes rafales** (supérieures à 16 m/s, soit 58 km/h), le contraste est important entre la saison froide et la saison chaude. À La Hague, on relève plus de 15 jours par mois d'octobre à mars et de 2 à 5 jours par mois de juillet à août. Cette saisonnalité est en relation directe avec la fréquence des perturbations qui circulent de l'Atlantique à l'Europe : en hiver de profondes dépressions passent souvent au niveau des latitudes moyennes, drainant dans leurs sillages des vents puissants, alors qu'en été les courants perturbés sont plus rares et rejetés plus au Nord.

Au seuil de la tempête (rafales supérieures à 28 m/s, soit 101 km/h), la saisonnalité est identique mais les fréquences sont naturellement beaucoup plus faibles (pas tous les ans pour un même mois) et concentrées principalement entre octobre et mars. D'avril à septembre, les très fortes rafales sont rares.

Chars à voile à Omaha-Beach (14)



Patrick Galineau/DREAL BN

Manche à air



Laurent Mignaux/MEDDE-MLETR

Le jeu des masses d'air à l'échelle locale : les effets du « combat » entre brise de mer et vent de terre.

Lors de belles journées d'été, il arrive parfois que sur le littoral **le temps change en quelques minutes**, à la faveur de l'établissement de la brise de mer qui ramène du large l'air frais et humide qui recouvre la Manche.

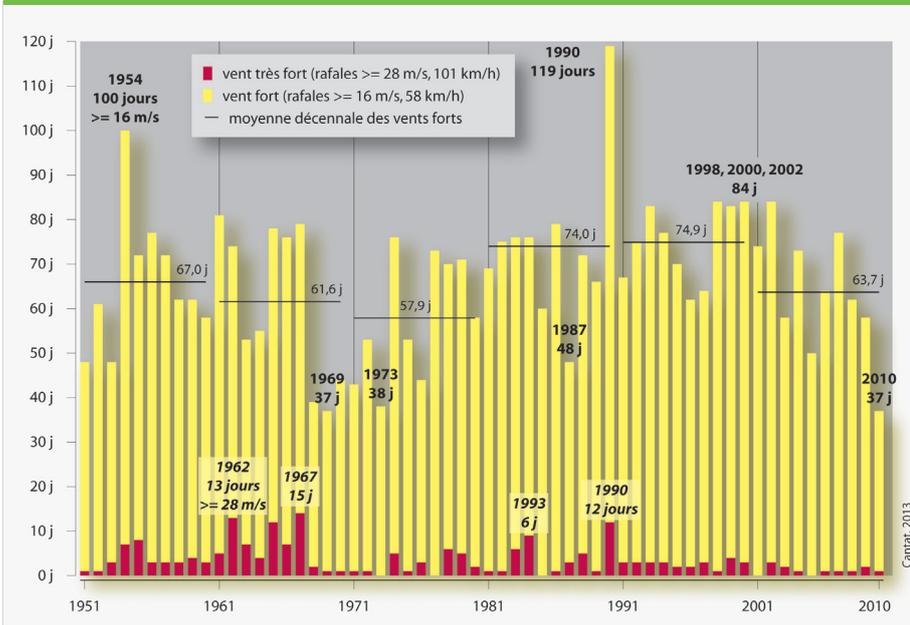
Le « vent de terre », généralement faible, tourne à la mer et forçit. Les nuages bas associés occultent plus ou moins le soleil et, parfois même, un épais brouillard s'établit sur une bande côtière de quelques kilomètres.

La température de l'air chute de plusieurs degrés (en période de forte chaleur, l'écart peut atteindre 5 à 10°C !). Quand la brise de mer est sensiblement aussi forte que le vent de terre, la zone de contact entre l'air maritime (frais et humide) et l'air continental (chaud et sec) peut avancer et reculer plusieurs fois dans la journée : sur les plages, les touristes subissent alors successivement des conditions estivales et automnales...

L'évolution des vents forts et très forts sur la Plaine de Caen

Coup de vent automnal

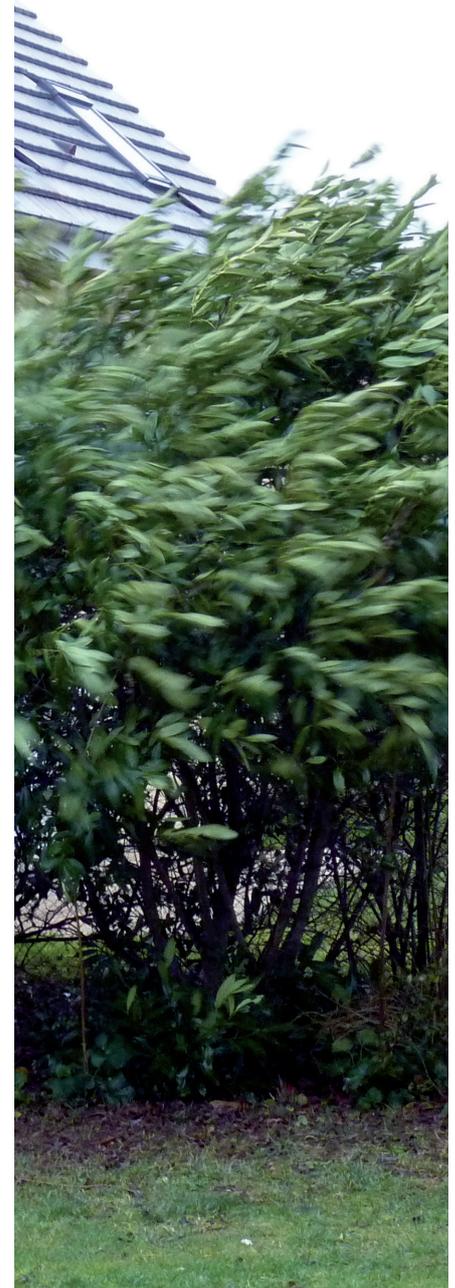
Nombre de jours de vent fort dans la Plaine de Caen entre 1951 et 2010



Graphique réalisé d'après données Météo-France de Caen-Carpiquet (Cantat, 2013)

La fréquence des **vents forts** sur la Plaine de Caen présente des fluctuations : entre 57,9 jours en 1971-1980 et 74,9 jours en 1991-2000. Sur le long terme, **le caractère chaotique de la distribution n'indique pas de tendance affirmée**. Mais la chronique est surtout marquée par quelques pics ou creux remarquables : 119 jours en 1990, 100 en 1954 et seulement 37 en 1969.

Concernant les **vents très forts**, la série est aussi très irrégulière. Il semble que les événements sont en moyenne moins fréquents au cours des 20 dernières années (de 1991 à 2010) comparativement aux années 1950 et 1960 (13 jours en 1962, 12 en 1965 et 15 en 1967). L'année 1990 se distingue avec une grande fréquence de vents forts (119 jours), notamment en février, accompagnée d'une mer agitée et de nombreuses submersions sur le littoral.



Séverine Bernard/DREAL BN

Les vents extrêmes : les grandes tempêtes du XX^e siècle

Parmi les journées de vent très fort, certaines sont à classer au rang de violentes tempêtes, avec des vents instantanés supérieurs à 150 km/h voire 200 km/h... Dans notre région, la mémoire collective retient principalement 2 événements : « L'Ouragan » d'octobre 1987 et la « Tempête » de décembre 1999.

« L'Ouragan » d'octobre 1987

Dans la nuit du 15 au 16 octobre 1987, une dépression progresse du Cap Finistère vers la Mer du Nord. Son déplacement s'accélère au niveau du Golfe de Gascogne et son creusement devient maximal (951 hectopascals) lorsqu'elle atteint l'entrée de la Manche. Les vents associés sont extrêmement violents et particulièrement destructeurs sur l'Ouest de la France en raison de leur orientation inhabituelle au secteur Sud.

En Basse-Normandie, la moitié Ouest endure des vitesses exceptionnelles et subit les dégâts les plus importants. À Granville, le capteur enregistre une pointe à 216 km/h (avant de s'envoler !). À Barneville-Carteret, le vent atteint 191 km/h, tandis que plus à l'Est on relève 162 km/h à Port-en-Bessin, 140 à Caen et Deauville, 115 à Alençon.

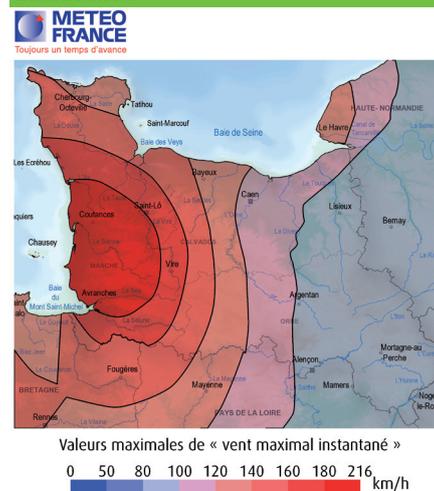
La « Tempête » de décembre 1999

Le 26 décembre 1999, avant l'aube, les conditions d'un régime de vents tempétueux sont déjà établies depuis deux jours lorsqu'une dépression traverse la région. Formée sur le proche atlantique et se déplaçant à grande vitesse, elle poursuit son creusement, son centre circulant juste au Nord de Caen. Elle génère alors des vents d'une violence extrême et dévastatrice. Fait inhabituel, ce sont les zones terrestres qui subissent les plus fortes rafales de vent : on relève des pointes à 180 km/h à St-Sylvain, 166 à Alençon, 162 à Vire et 151 à Caen.

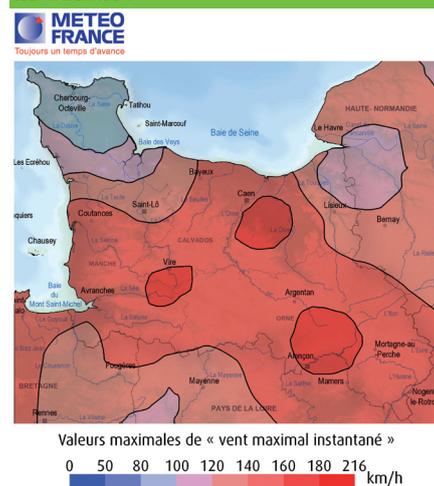


Séverine Bernard/DREAL BN

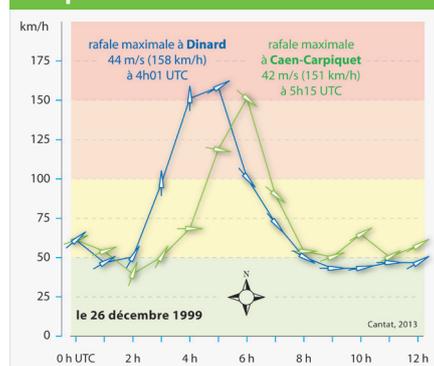
Tempête du 15 octobre 1987 Valeur maximale de « vent maximal instantané »



Tempête du 25 au 26 décembre 1999 Valeur maximale de « vent maximal instantané »



Force et direction du vent maximum horaire lors de la tempête du 26 décembre 1999



Graphique réalisé d'après données Météo-France (Cantat, 2013) pour le Profil environnemental de Basse-Normandie

5 L'ensoleillement

La durée d'ensoleillement – appelée aussi insolation – correspond approximativement au temps pendant lequel le soleil brille suffisamment fort pour projeter une ombre nette sur le sol à l'arrière d'un obstacle. Cette durée dépend de la couverture nuageuse et de la durée du jour, variable au fil des saisons. La durée astronomique du jour est au minimum d'environ 8 heures en hiver et au maximum d'environ 16 heures en été, au moment des solstices. Elle est de 12 heures aux équinoxes de printemps et d'automne qui, par définition, présentent une durée du jour égale à celle de la nuit.

Pour rendre comparable les données saisonnières, on utilise souvent la fraction d'insolation, c'est-à-dire le rapport entre la durée d'ensoleillement observée et la durée du jour théorique. Ainsi, une fraction d'insolation de 50 % représente 4 heures d'ensoleillement en hiver et 8 heures en été.

La géographie de l'ensoleillement

Sur la période de référence usuelle pour l'ensoleillement (1991-2000), seules 3 stations météorologiques (Caen, Alençon et Valognes) disposent de données continues pour la Basse-Normandie. La durée totale annuelle varie d'environ 1 460 heures (soit 4 heures par jour) dans le Nord Cotentin, à plus de 1 620 heures (soit environ 4h30) dans les Plaines de Caen et Alençon.

Pour refléter au mieux la diversité régionale de l'ensoleillement, des cartes ont été établies pour les cinq années de 2006 à 2010. Cette période quinquennale confirme et précise les observations précédentes :

- le Nord du Cotentin paraît moins ensoleillé que le reste de la région ;
- les littoraux sont plus favorisés que l'intérieur des terres, avec des nuances entre les secteurs de plaines et les hauteurs bocagères qui accrochent davantage les nuages.

Les causes de ces différenciations régionales font appel à une combinaison de processus complexes et parfois antagonistes, variables selon la saison et les types de temps.

Activités de loisirs sur l'Orne en aval du viaduc de Clécy



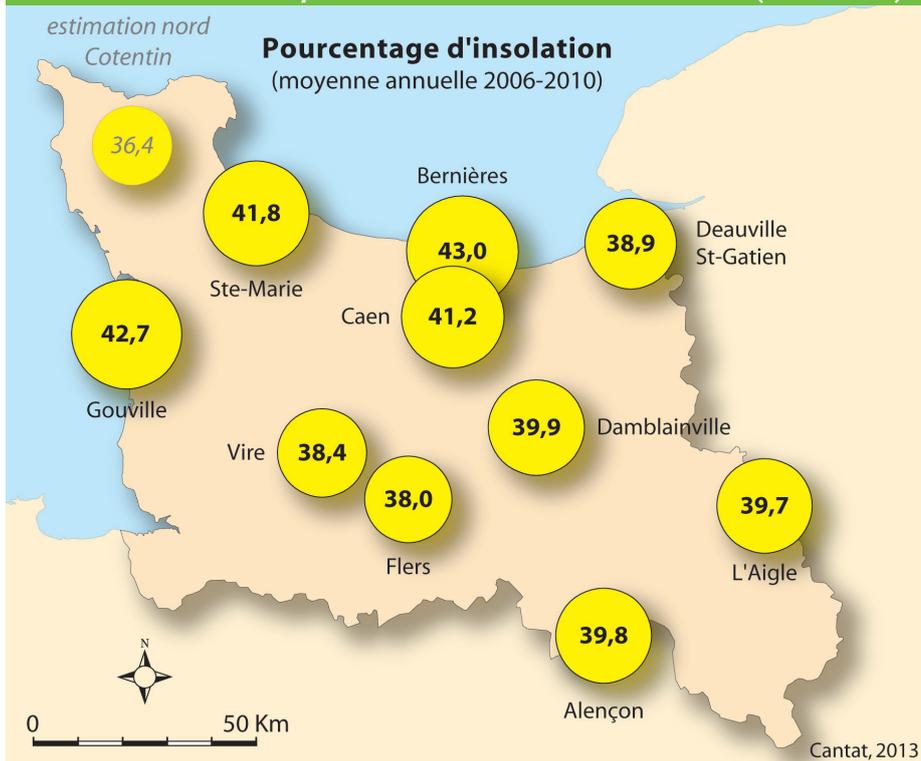
Patrick Galineau/DREAL BN

Chausey (50)



Sandrine Hélicher/DREAL BN

Profil Environnemental de Basse-Normandie Fraction d'insolation moyenne annuelle en Basse-Normandie (2006-2010)

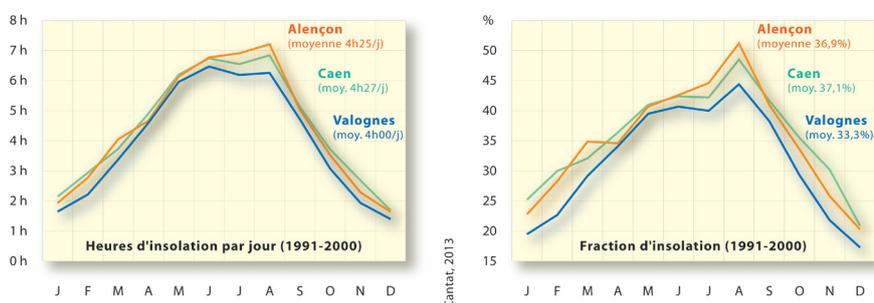


Cartes réalisées d'après données Météo-France (Cantat, 2013) pour le Profil environnemental de Basse-Normandie

La saisonnalité de l'ensoleillement

Les courbes mensuelles de durée d'insolation soulignent un **régime saisonnier bien contrasté : entre décembre et août, l'ensoleillement varie ainsi de 2 à 7 heures par jour**. Ceci s'explique par l'addition des facteurs météorologique et astronomique : en hiver, le soleil a peu d'occasions pour briller à cause des nombreux passages perturbés et de la présence de jours courts.

Ensoleillement moyen mensuel en Basse-Normandie, en heures par jour et en pourcentages (1991-2000)



Graphiques réalisés d'après données Météo-France (Cantat, 2012) pour le Profil environnemental de Basse-Normandie

La fraction d'insolation, indépendante de la saison, traduit concrètement **cette persistance de la couverture nuageuse durant la saison froide**.

Entre novembre et mars, les ciels clairs sont présents moins du tiers du temps, avec même un creux à moins de 20 % en décembre, ce qui en fait le mois le plus sombre de l'année. **Entre mai et septembre**, les nuages cèdent en partie la place au soleil (fraction de 40 à 50 %), car les séquences de temps



Repères

Ces **valeurs d'ensoleillement modestes** sont communes à tout le Nord de la France, souvent affecté par le passage de perturbations porteuses de nuages. Comparativement, le Sud de la Loire bénéficie d'un ensoleillement plus important grâce aux effets de l'anticyclone subtropical (plus de 45 % à La Rochelle) et même à son installation durable sur le bassin méditerranéen (plus de 55 % à 60 % de Perpignan à Nice et en Corse).

Fleurs de cerisier

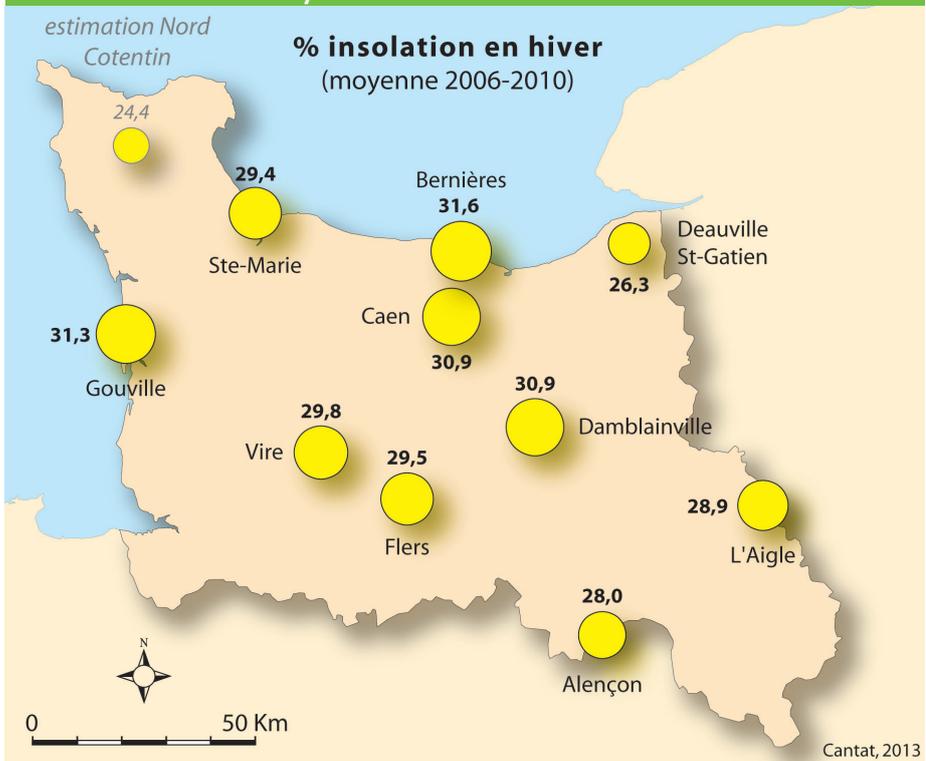


Sandrine Hélicher/DREAL BN

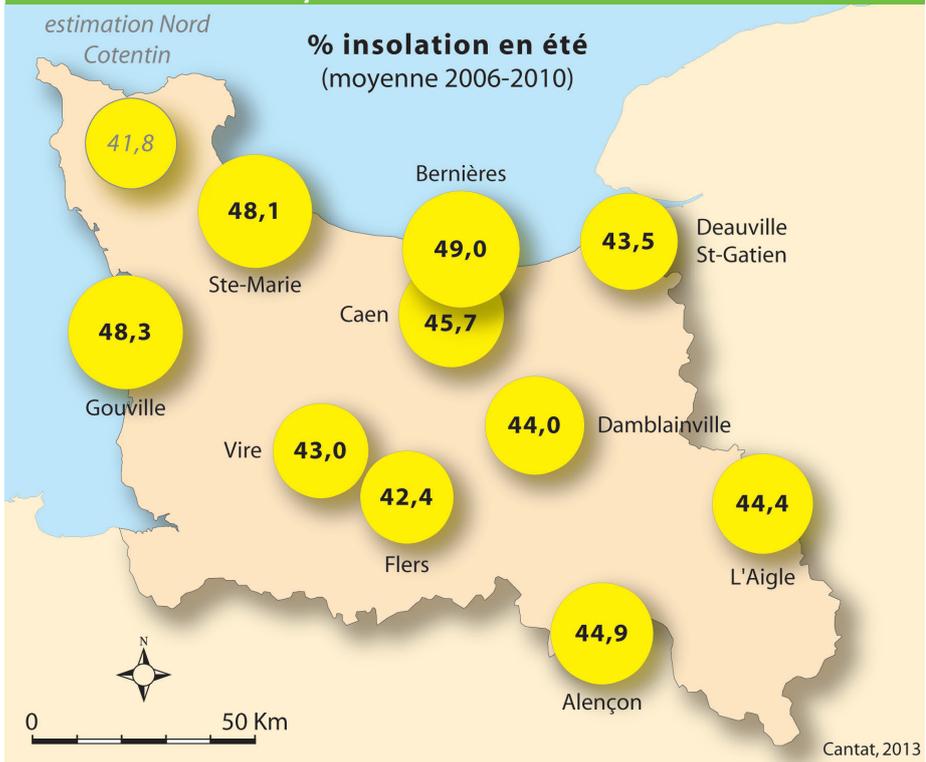
anticycloniques deviennent plus durables et le réchauffement des sols favorise la dissipation des nuages bas et des éventuels brouillards qui se forment parfois en fin de nuit lors de ces types de temps calmes.

À l'échelle locale, la distance à la mer a un effet double. En situation anticyclonique, les régimes de brise printanière ou estivale favorisent souvent

Profil Environnemental de Basse-Normandie
 Fraction d'insolation moyenne en hiver



Profil Environnemental de Basse-Normandie
 Fraction d'insolation moyenne en été



Cartes réalisées d'après données Météo-France (Cantat, 2013) pour le Profil environnemental de Basse-Normandie



Valérie Guyot/DREAL BN

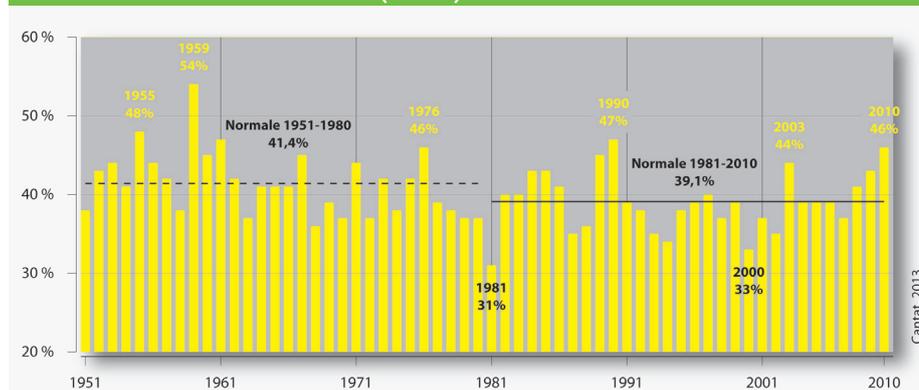
un meilleur ensoleillement côtier. Cependant, ces mêmes vents locaux peuvent aussi générer des « entrées maritimes » aux conséquences inverses (nuages bas stratiformes).

En été, les systèmes perturbés atlantiques se contentent souvent d'effleurer notre région, desservant parfois l'ensoleillement littoral tandis que les secteurs plus continentaux bénéficient d'une meilleure évolution en journée. **En hiver, les nuages bas « accrochent » durablement les hauteurs**, alors que les littoraux bénéficient d'éclaircies, même fugitives, lors du passage des perturbations.

Par temps calme, le contraire peut se produire : les vallées sont propices à la formation de brouillards tenaces alors que les sommets émergent de la couche nébuleuse, donnant un petit air de montagne aux collines normandes.

L'évolution de l'ensoleillement

Évolution de la fraction d'insolation moyenne annuelle dans la Plaine de Caen entre 1951 et 2010 (en %)



Graphique réalisé d'après données Météo-France (Cantat, 2013) pour le Profil environnemental de Basse-Normandie

Les données annuelles de Caen-Carpique depuis 1951 révèlent le caractère très changeant et contrasté d'une année à l'autre de la fraction d'ensoleillement et l'absence de tendance affirmée sur le long terme.

Selon les années, **la variabilité de l'ensoleillement est grande**, se situant entre 31 % et 54 %. Le contraste est saisissant entre les années radieuses, souvent marquées par de grands étés (1959, 1976, 1990, 2003...) et les années plus grises (1981, 2000...). Les fluctuations de la circulation de l'atmosphère expliquent ces situations très différentes.

Fleurs de lin



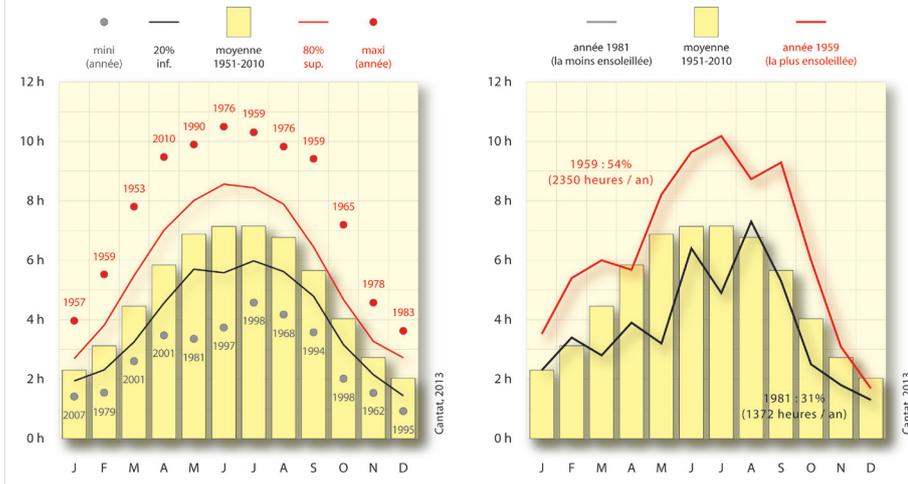
Sandrine Hélicher/DREAL BNB

Les durées d'ensoleillement exceptionnelles

Durée d'ensoleillement mensuel à Caen : repères fréquentiels 1951-2010 et années extrêmes

Période 1951 - 2010

Années extrêmes : 1981 et 1959



Les deux années « extrêmes » illustrent la persistance possible de conditions très nébuleuses (1981, 31 %) ou au contraire très ensoleillées (1959, 54 %).



Sandrine Hélicher/DREAL BNBN

2. Le climat, composante clé de l'écosystème

Le climat « régule » les écosystèmes et par conséquent les activités humaines. Il a des impacts directs sur l'écoulement des rivières et les nappes d'eau souterraines ainsi que sur la végétation et les sols.

À découvrir dans ce chapitre

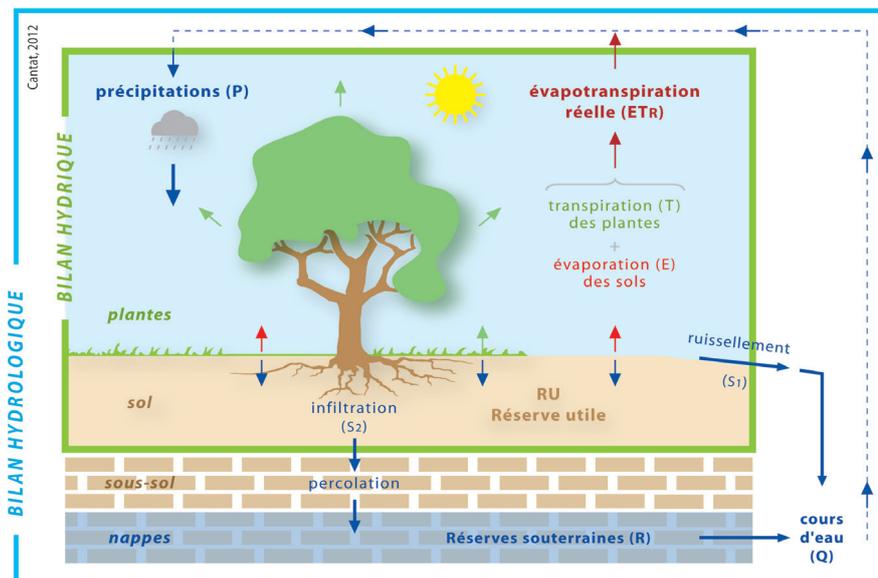
- L'impact du climat sur les rivières et les nappes d'eau souterraines
- L'impact du climat sur la végétation et les sols

Les échanges d'eau entre l'atmosphère et la terre s'organisent dans le cadre du cycle de l'eau. Deux « moteurs » permettent ces transferts incessants : la pesanteur qui fait tomber l'eau vers le sol sous forme de pluie ou de neige et l'énergie du soleil qui ramène cette eau dans l'air sous forme de vapeur.

La figure ci-dessous présente de façon simplifiée la complexité du cheminement de l'eau. Le circuit intégral de l'eau dans la nature est figuré à l'intérieur du cadre bleu (bilan hydrologique). La partie de ce bilan qui concerne l'alimentation en eau des plantes est représentée dans le sous cadre vert (bilan hydrique).

Figuration simplifiée du bilan hydrologique et du bilan hydrique

(Cantat, 2012, Programme Climaster, In Changement climatique dans l'Ouest, p. 196)



Le cycle de l'eau (extraits)

Quand les sols sont gorgés d'eau et/ou les pluies très violentes, l'excédent de précipitations constitue le surplus hydrologique. Une part de ce surplus provoque une érosion des sols par ruissellement avant de rejoindre une rivière. L'autre partie traverse le sol et le sous-sol, contribuant à la recharge des nappes d'eau souterraines qui interviennent, elles aussi, dans l'alimentation des cours d'eau.

Marais du Bessin (50)



Laurent Mignaux / MEDDE-MLETR

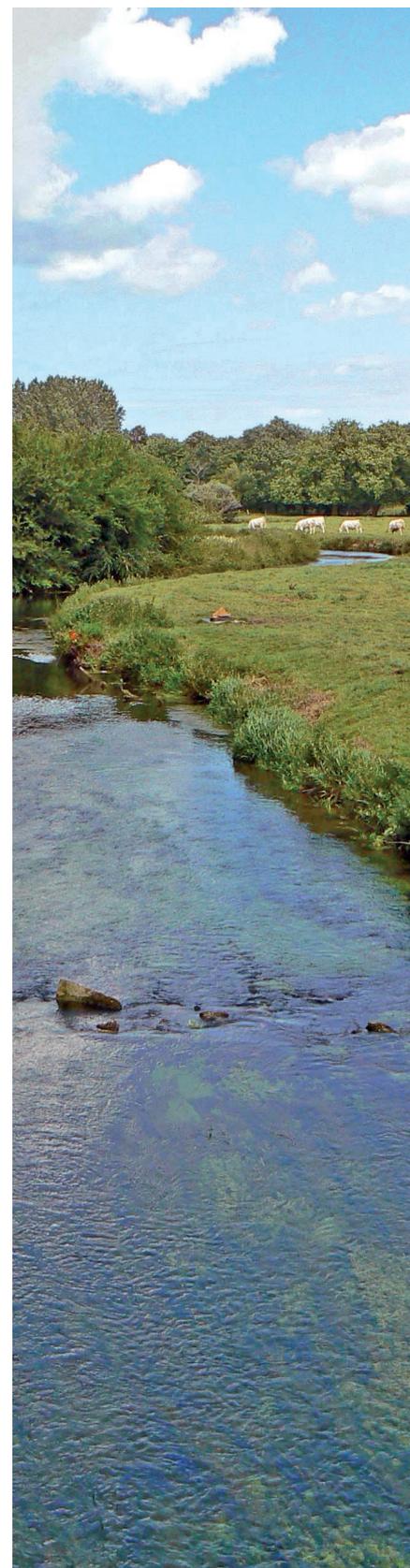
1 L'impact du climat sur les rivières et les nappes d'eau souterraines

Les caractéristiques du climat sont déterminantes pour les rivières et les nappes souterraines. L'exemple du bassin versant de la Seulles en fournit une illustration éloquent. Ce petit cours d'eau du Calvados prend sa source dans les Bois de Jurques à 286 m d'altitude, traverse le Pré-Bocage et le Bessin avant de se jeter dans la Manche à Courseulles-sur-Mer.

La Seulles présente des fluctuations saisonnières différenciant les hautes eaux hivernales des basses eaux en été. Ce rythme résulte de la saisonnalité des précipitations et des pertes liées à l'évaporation. Pour ces raisons, ce régime hydrologique commun à une grande partie de la France est qualifié de « pluvio-évaporal océanique ».

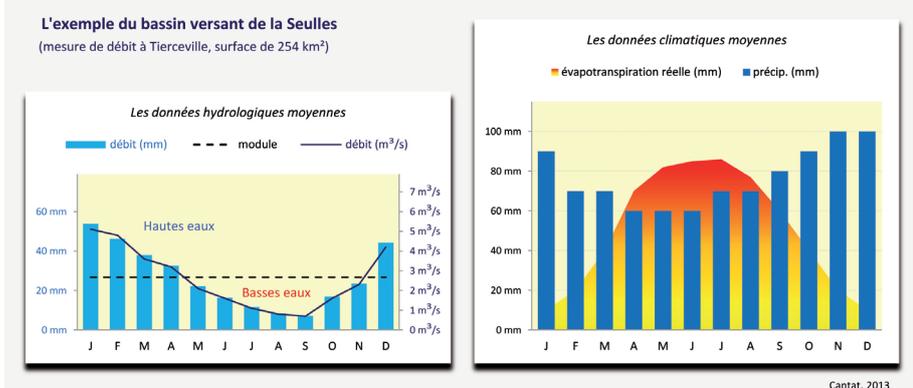
Les hautes eaux s'étalent de novembre à avril. Les rivières bénéficient alors d'un apport important car l'essentiel des précipitations ruissellent en surface ou s'infiltrent vers les nappes souterraines. Les basses eaux s'observent, elles, de mai à octobre. Avec l'arrivée du printemps, la demande en eau des plantes et de l'atmosphère augmente brutalement. Il y a peu d'eau alors disponible pour alimenter l'écoulement des rivières.

La Seulles, en aval du pont de Revières (14)



Patrick Galineau / DREAL BN

Débits à Tierceville et données climatiques sur le bassin versant de la Seulles



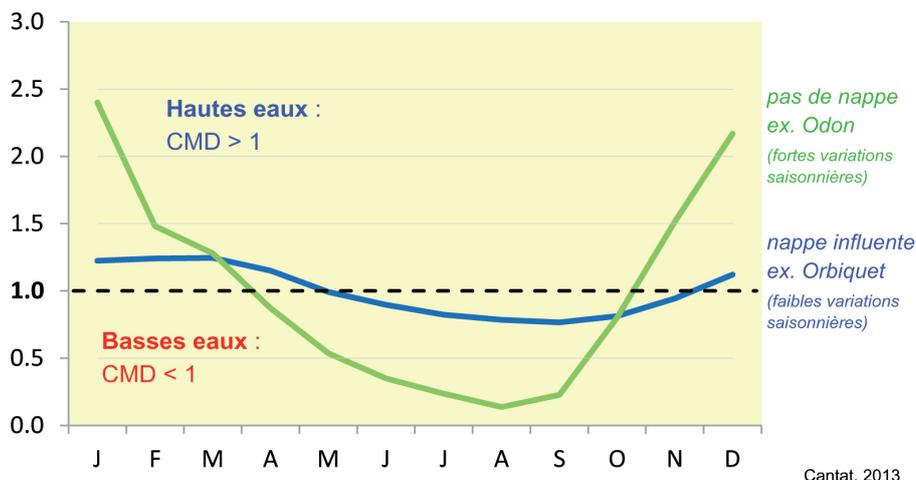
Graphique établi d'après les données hydrologiques de la DREAL BN et les données météorologiques de Météo-France (Cantat, 2013)

L'amplitude et le rythme saisonniers sont modifiés par la géologie. Dans le Bassin Parisien, la présence de nappes souterraines retarde la période des hautes et des basses eaux et adoucit les extrêmes. En été, les nappes soutiennent l'écoulement et en hiver elles permettent le stockage d'une partie des surplus pluviométriques. Dans le Massif Armoricain, dépourvu de réserves souterraines importantes, la réactivité des cours d'eau aux aléas climatiques est en revanche beaucoup plus rapide et contrastée.

La relation de cause à effet entre la variabilité pluviométrique et la variabilité des débits apparaît très nettement en comparant deux années successives très contrastées sur le bassin versant de la Seulles. Le décalage entre la pluie et le débit provient du temps de concentration de l'eau jusqu'à la rivière. Le déphasage et le lissage très marqués entre les pluies et le niveau des nappes s'expliquent par le rôle tampon du sol et du sous-sol qui constituent des espaces de transit et de stockage de l'eau.

Coefficient mensuel de débit pour une rivière avec nappe souterraine (L'Orbiquet à Beuvillers) et sans nappe (L'Odon à Epinay-sur-Odon)

Diversité des régimes hydrologiques des cours d'eau normands
(d'après le coefficient mensuel de débit : CMD = débit du mois / débit moyen annuel)



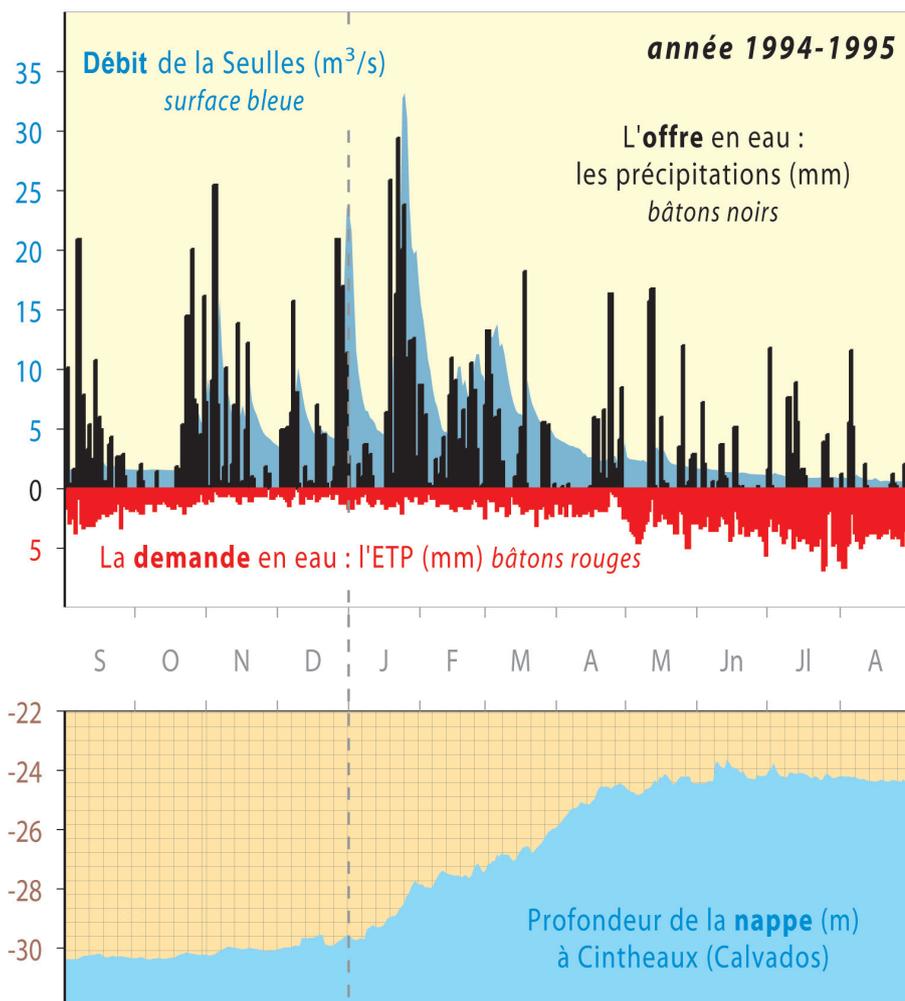
Graphique établi d'après les données hydrologiques de la DREAL BN (Cantat, 2013)

La Seulles (14)



Patrick Galineau/DREAL BN

Exemples : bilan hydrologique sur le bassin versant de la Seulles entre 1994 et 1995



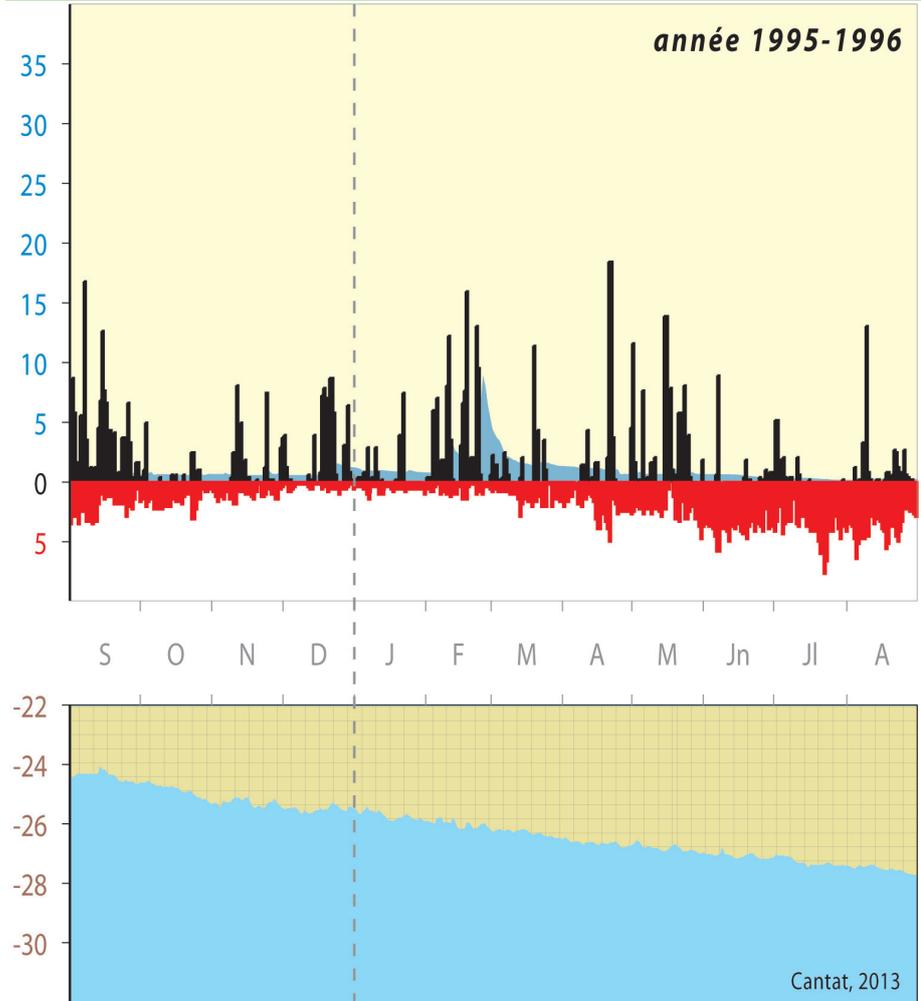
Graphique établi d'après les données météorologiques de Météo-France, les données hydrologiques de la DREAL BN et les données piézométriques du BRGM pour la station de Cintheux (Cantat, 2012)

L'année hydrologique 1994-1995 : de fortes précipitations et une année marquée par l'écoulement et la montée des nappes d'eau souterraines...

Les pluies abondantes de l'automne 1994 provoquent des processus de ruissellement dès la mi-octobre. En novembre, chaque épisode pluvieux entraîne alors une poussée de débit de la Seulles.

Parallèlement, une partie des eaux de pluie en excédent s'infiltrent lentement vers les profondeurs et alimentent de façon différée la nappe souterraine dont le niveau monte significativement à partir de janvier 1995 (plus de 6 mètres en quelques mois, entre décembre et mai).

Exemples : bilan hydrologique sur le bassin versant de la Seulles entre 1995 et 1996



Graphique établi d'après les données météorologiques de Météo-France, les données hydrologiques de la DREAL BN et les données piézométriques du BRGM pour la station de Cintheaux (Cantat, 2012)

L'année hydrologique 1995-1996 : des précipitations indigentes et une année marquée par la sécheresse et la baisse régulière des nappes d'eau souterraines...

Le mois de septembre 1995 bien arrosé permet la reconstitution en eau des sols après le dessèchement de l'été. Puis, en automne, les précipitations se font rares et le surplus hydrologique reste très faible. En conséquence, la période des basses eaux se prolonge pour la Seulles et le niveau des nappes amorce une baisse régulière. Les pluies significatives de la mi-avril à début juin ne changent pas la tendance générale car, avec la chaleur relative du printemps et le réveil de la végétation, la demande en eau s'accroît fortement sur le bassin versant.

② L'impact du climat sur la végétation et les sols

Le bilan hydrique : un indicateur de la quantité d'eau présente dans le sol pour les plantes

Grâce à sa représentation complète des relations entre l'atmosphère, le sol et les plantes, le **bilan hydrique** permet de calculer la quantité d'eau présente dans le sol. Il constitue un bon indicateur pour évaluer les contraintes climatiques pesant sur les cultures (cf. partie « Sols »).

Après la moisson...



Séverine Bernard/DREAL BN

3. Les impacts des activités humaines sur l'équilibre climatique

À découvrir dans ce chapitre

- ▶ L'augmentation des gaz à effet de serre
- ▶ L'origine des émissions de gaz à effet de serre
- ▶ Les possibilités de stockage de carbone
- ▶ Scenarii de consommations et d'émissions à l'horizon 2020 et 2030

L'augmentation de la concentration en gaz à effet de serre dans l'atmosphère est aujourd'hui une préoccupation majeure des collectivités publiques. D'après les analyses du GIEC, cette augmentation modifie l'équilibre climatique global de la planète. Les activités humaines doivent pouvoir désormais s'adapter pour réduire leurs émissions.

1 L'augmentation des gaz à effet de serre

L'effet de serre est un phénomène naturel important pour l'équilibre de la planète. L'atmosphère laisse passer une partie du rayonnement du soleil qui vient frapper le sol.

Réchauffé, le sol émet un rayonnement infrarouge piégé par l'atmosphère en raison de la présence de gaz tels que la vapeur d'eau et le CO₂. Ce mécanisme permet d'avoir une température moyenne sur Terre de l'ordre de 15°C, alors qu'elle serait de -18°C en son absence. Les gaz à effet de serre sont



Repères

Les **gaz à effet de serre** (GES) sont des composants qui absorbent le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre.

Les principaux gaz à effet de serre qui existent naturellement dans l'atmosphère sont :

- la vapeur d'eau (H₂O) ;
- le dioxyde de carbone (CO₂) ;
- le méthane (CH₄) ;
- le protoxyde d'azote (N₂O) ;
- l'ozone (O₃).

Les gaz à effet de serre industriels incluent des gaz fluorés tels que :

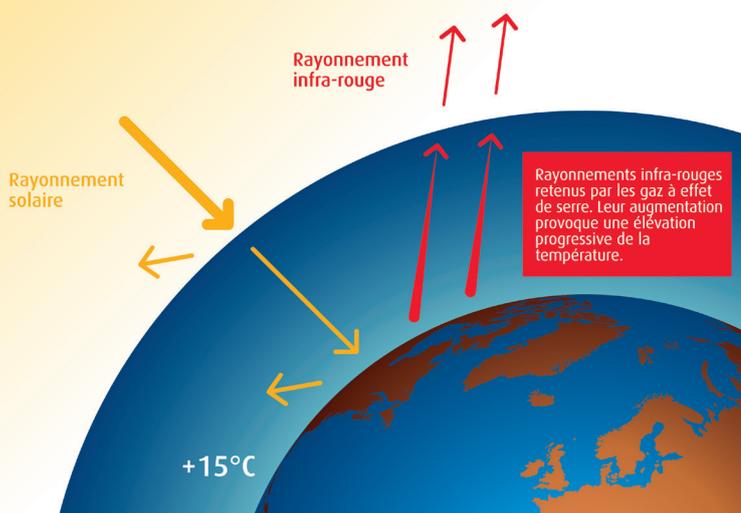
- les hydrofluorocarbures (HFC) ;
- les chlorofluorocarbures (CFC) ;
- le tétrafluorométhane (CF₄) ;
- l'hexafluorure de soufre (SF₆).

Schéma établi sans respect de l'échelle réelle : l'atmosphère est une couche beaucoup plus fine (cf. partie « Air »).

La vie grâce à l'effet de serre

L'augmentation des concentrations en gaz à effet de serre conduit à une augmentation globale de la température à la surface de la Terre.

Légende	
	Rayonnement solaire 50 % du rayonnement solaire est absorbé par la Terre et la réchauffe. 50 % du rayonnement solaire est réfléchi par l'Atmosphère et la Terre.
	Rayonnement infra-rouge réémis depuis la surface de la Terre Une partie du rayonnement infra-rouge part vers l'espace. L'autre partie est retenue par les gaz à effet de serre.



naturellement peu abondants dans l'atmosphère mais, du fait de l'activité humaine, leur concentration s'est sensiblement modifiée : **la concentration de CO₂ a augmenté de 30 % depuis une centaine d'années**, ce qui participe à un réchauffement du climat.

Depuis le XIX^e siècle, l'homme a considérablement accru la quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Entre 1970 et 2010, les teneurs atmosphériques en CO₂ sont passées de 325 ppm à 390 ppm (cf. encadré). L'importance des émissions depuis l'ère industrielle a des impacts sur l'équilibre climatique.

Le dioxyde de carbone (CO₂)

Le dioxyde de carbone est, en quantité, le principal gaz à effet de serre produit par l'activité humaine : 74 % du total (tous modes d'émissions réunis). L'effet direct d'un changement de concentration du CO₂ dans l'atmosphère se traduit par une augmentation du rayonnement infrarouge émis par le sol, évaluée à 3,7 w/ m² pour un doublement de CO₂ atmosphérique correspondant à un réchauffement moyen en surface évalué à +1,1°C (+/-0,2°C).

Environ la moitié du CO₂ produit par les activités humaines rejeté dans l'atmosphère y subsiste. L'autre moitié est actuellement absorbée par l'océan et la végétation continentale. **Il faut environ un siècle pour que la fraction transmise à l'atmosphère soit diminuée de moitié.**

Agglomération caennaise (14)



Valérie Guyot/DREAL BN



Repères

Partie par million (PPM) : 325 ppm signifient 325 molécules de gaz considéré par million de molécules d'air sec



Repères



Le Schéma Régional Climat Air Énergie, réalisé par l'Etat et le Conseil régional, fixe les grandes orientations régionales pour l'application des engagements internationaux de la France (cf. partie « enjeux et orientations ») :

- développement des énergies renouvelables ;
- limitation de la consommation énergétique ;
- amélioration des performances énergétiques, en préservant la qualité de l'air.

2 L'origine des émissions de gaz à effet de serre

Les émissions de gaz à effet de serre (GES) se divisent entre émissions d'origine énergétique et émissions d'origine non énergétique.

- **Les émissions énergétiques** sont produites par la combustion ou l'utilisation de produits énergétiques. On retrouve dans cette catégorie la combustion de fioul et de gaz naturel pour le chauffage de logements, celle des carburants pour les transports...
- **Les émissions non énergétiques** sont issues notamment :
 - des engrais utilisés dans les cultures, qui subissent une dégradation physico-chimique dans le sol (processus dégageant des gaz à effet de serre) ;
 - de la décomposition de matériaux enfouis dans les sols après leur mise en décharge ;
 - des émissions de l'industrie (chimie, produits minéraux) et des systèmes de réfrigération ;
 - de la fermentation entérique des animaux...

L'indicateur du pouvoir de réchauffement global (PRG)

Le **pouvoir de réchauffement global** est un indicateur qui vise à regrouper sous une seule valeur l'effet cumulé de **toutes les substances contribuant à l'accroissement de l'effet de serre**.

Conventionnellement, il se limite pour le moment aux gaz à effet de serre direct et plus particulièrement à ceux pris en compte dans le Protocole de Kyoto, à savoir le CO_2 , le CH_4 , le N_2O , les HFC, les PFC et le SF_6 (cf. encadré).

Le Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) est exprimé en « équivalent CO_2 » (noté eq CO_2) du fait que, par définition, l'effet de serre attribué au CO_2 est fixé à 1 et celui des autres substances est ainsi qualifié en fonction du CO_2 . Cet indicateur est calculé sur la base d'un horizon fixé à 100 ans afin de tenir compte de la durée de séjour des différentes substances dans l'atmosphère. L'UTCF correspond aux bilans des absorptions et des émissions liées à l'utilisation des Terres, à leur Changement et à la Forêt.

La forêt de Saint-Gatien vue de La Griserie



Patrick Galineau / DREAL BN

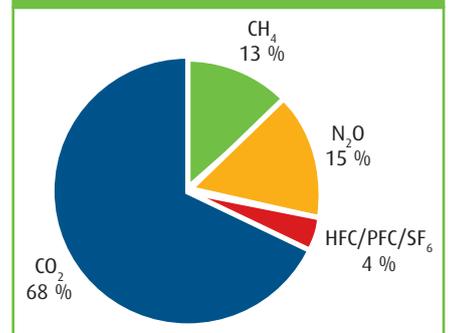
Circulation dense sur le boulevard périphérique de Caen



Séverine Bernard/DREAL BN

Contribution des différents gaz à effet de serre au pouvoir de réchauffement global en France métropolitaine en 2009

Source : CITEPA / FORMAT SECTEN - Mai 2011



Repères

Le **pouvoir de réchauffement global** à 100 ans des différents gaz a été défini par le GIEC (4^e rapport, 2007) :

- $\text{CO}_2 = 1$
- $\text{CH}_4 = 24$
- $\text{N}_2\text{O} = 298$
- HFC = variables selon les molécules et l'année considérées (valeur pondérée de 4 993 en 1990, 6 499 en 1993, 1 651 en 2009)
- PFC = variables de 6 500 à 9 200 selon les molécules considérées (valeur pondérée de 7 317 en 1990, 7 508 en 1994 et 7 350 en 2009)
- $\text{SF}_6 = 23 900$

Les émissions des gaz à effet de serre

Les émissions de GES en France

Pour l'ensemble de la France métropolitaine, en 2009, le Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) est estimé à 426 millions de tonnes équivalent CO₂ (Mt eq CO₂) avec UTCF (Utilisation des Terres, leur Changement et la Forêt) et à 496 Mt eq CO₂ hors UTCF.

Sur la période 1990-2009, en France métropolitaine, le PRG hors UTCF a diminué de 10,8 %, soit une baisse de 60 Mt eq CO₂. En incluant l'UTCF, cette baisse représente 17,2 %, soit 88 Mt eq CO₂.

En termes de contribution, le CO₂ participe à hauteur de 68 % aux émissions de gaz à effet de serre (UTCF inclus). Les autres polluants ont une contribution plus restreinte. Depuis 1990, l'augmentation des émissions de HFC est la plus importante (+304 %).

Tous les secteurs contribuent au pouvoir de réchauffement global, et notamment, par ordre de prédominance :

- le transport routier avec 24,6 % du total (CO₂ essentiellement) ;
- l'agriculture/sylviculture avec 21,2 % (N₂O et CH₄ prédominants) ;
- l'industrie manufacturière avec 20,2 % ;
- le résidentiel/tertiaire avec 19,8 % ;
- la transformation d'énergie avec 12,4 % (CO₂ essentiellement) ;
- les autres transports (hors transport routier).

Le transport routier est le secteur qui contribue le plus au pouvoir de réchauffement global



Valérie Guyot/DREAL BN

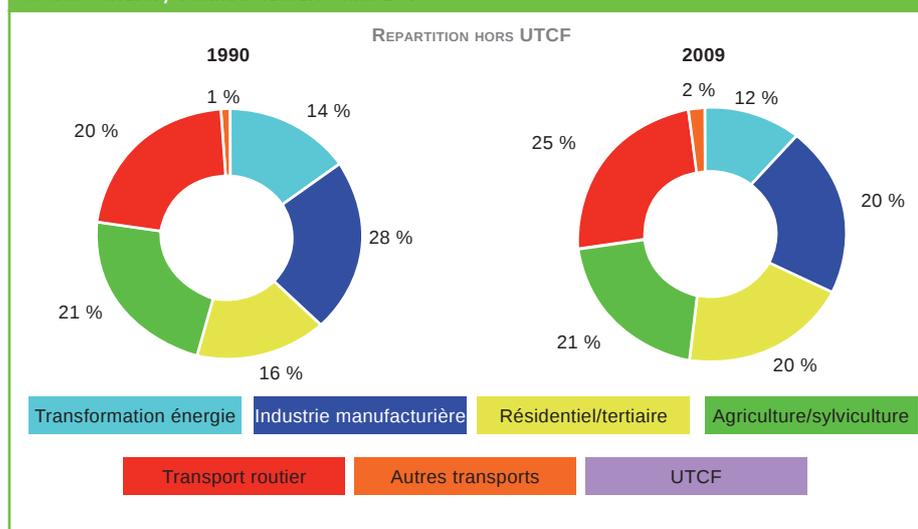
Lotissement à Argentan (61)



Valérie Guyot/DREAL BN

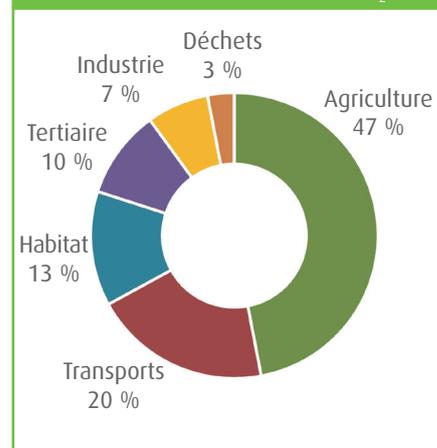
Répartition sectorielle du pouvoir de réchauffement global

Source : CITEPA / FORMAT SECTEN – Mai 2011



Répartition des émissions de gaz à effet de serre par secteur en Basse-Normandie en 2009

En millions de tonnes équivalent CO₂



Les émissions de GES en Basse-Normandie (SRCAE)

L'estimation des émissions bas-normandes de gaz à effet de serre en 2009 s'élèvent à **16,3 Mt eq CO₂ par an** (millions de tonnes équivalent CO₂).

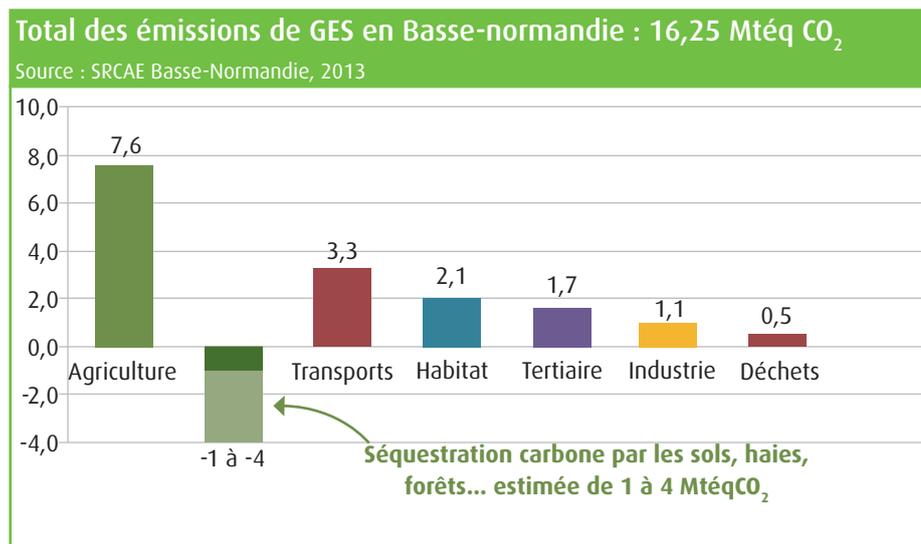
Avec 7,6 Mt eq CO₂, l'agriculture est le principal secteur émetteur (47 % du total). Une estimation des émissions de GES par territoire présente cependant plusieurs limites méthodologiques. Tout d'abord, il met en avant certaines activités dominantes du territoire qui se trouvent être une **source importante de sa richesse économique**, comme c'est le cas pour la Basse-Normandie. De plus, si un bilan net des GES devait être effectué, il devrait, de manière exhaustive, prendre en compte les émissions, les stockages et déstockages de GES. Or, ce bilan n'existe pas à l'heure actuelle pour des raisons techniques.

Ainsi, les activités de séquestrations et déstockages de carbone ne sont pas déduites des émissions pour l'agriculture. Or, au total, la séquestration de carbone par les sols, haies et forêts a été estimée entre 1 et 4 MtéqCO₂.

L'élevage en prairie, source d'émission et de séquestration de GES



Patrick Galineau/DREAL BN



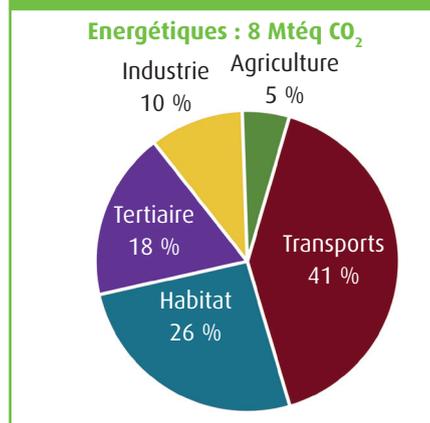
Cette dominante agricole du bilan des émissions, avec une part supérieure à la moyenne nationale (22 %), coïncide avec le caractère agricole de la région. En effet, **la surface agricole de la région représente 69 % de la superficie totale du territoire (54 % à l'échelle nationale)**. L'élevage laitier est une activité prépondérante de l'agriculture régionale. Cette part importante explique la proportion des emplois liées aux industries agroalimentaires dans le secteur industriel (22 %).

Le secteur des transports est le deuxième émetteur de la région, avec 20 % du total, devant le secteur de l'habitat (13 %) et du tertiaire (10 %). Les fortes émissions de ce secteur peuvent s'expliquer par **la prépondérance du transport routier et l'utilisation quasi-systématique du véhicule individuel**. La voiture représente 68,3 % des déplacements domicile-travail en Basse-Normandie (64 % à l'échelle nationale).

Le secteur du bâtiment régional est caractérisé par l'importance du logement individuel (70 %) et par la faible performance énergétique des logements d'avant guerre et avant la première réglementation thermique.

Émissions énergétiques de GES en Basse-Normandie en 2009

Source : SRCAE Basse-Normandie, 2013



Les émissions de gaz à effet de serre par secteurs

L'agriculture

Les activités agricoles ont émis 7,6 Mt eq CO₂ en 2009 soit **47 % du total régional**. Les **émissions de gaz à effet de serre d'origine non énergétique** **dominant** et représentent 95 % du bilan des émissions du secteur agricole.

Les émissions d'origine non énergétique sont issues à parts égales de la culture du sol et de l'élevage. Les émissions liées aux consommations d'énergie représentent 5 % du bilan et correspondent au chauffage des locaux et à l'utilisation d'engins agricoles.

Les sols, et par conséquent les activités agricoles et les éléments des agro-systèmes (prairies et haies), sont aussi une **source importante de stockage de carbone**.

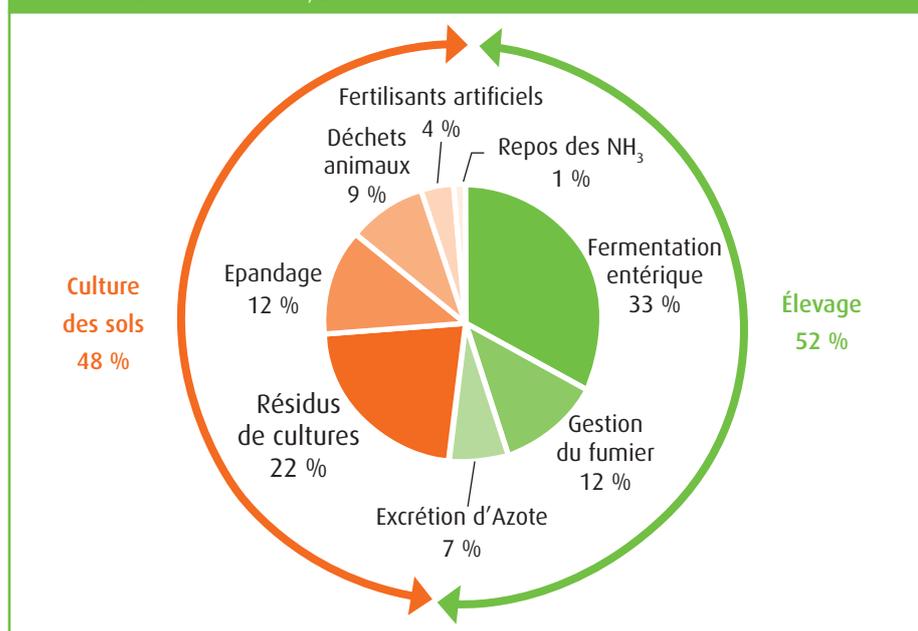
Les activités agricoles sont aussi une source importante de stockage de carbone



Séverine Bernard/ DREAL BN

Répartition des émissions de GES non énergétiques pour l'agriculture

Source : SRCAE Basse-Normandie, 2013



Repères

Méthodologie issue du SRCAE relative au calcul des émissions non énergétiques de l'agriculture

Gestion du fumier : méthane (CH₄) produit lors du stockage et du traitement du fumier, et de son application sur des pâturages. La décomposition du fumier dans des conditions anaérobies (c'est-à-dire en l'absence d'oxygène), pendant le stockage et le traitement, produit du CH₄. Ce type de conditions existe surtout lorsqu'on gère un grand nombre d'animaux dans des lieux clos (par exemple les fermes laitières, les parcs d'engraissement des bœufs et les fermes d'élevage de volailles et de cochons), et lorsque le fumier est éliminé dans des systèmes liquides.

Epandage : émission de protoxyde d'azote (N₂O).

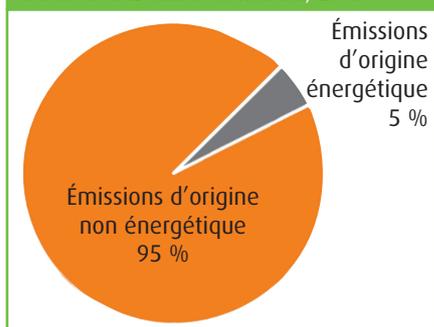
Résidus de culture : brûlage des résidus de culture sur place, émissions en particulier de méthane (CH₄), monoxyde d'azote (CO), oxydes d'azote (NO_x) et protoxyde d'azote (N₂O).

Repos des NH₃ (ammoniac) : fraction de fertilisant artificiel appliquée qui se volatilise.

Excrétion d'azote : excréments, liés à l'alimentation.

Répartition des émissions de GES pour l'agriculture

Source : SRCAE Basse-Normandie, 2013



Les transports

Les émissions de gaz à effet de serre dues aux transports sur le territoire sont estimées à 3,3 Mt eq CO₂, dont 3,25 Mt eq CO₂ exclusivement liées à la route. Les émissions proviennent uniquement des consommations d'énergie et sont quasi-exclusivement dues à l'utilisation de produits pétroliers.

Le transport par la route, à lui seul, est responsable de 99 % du bilan des émissions dans les transports.

Le transport de voyageurs par la route, lié principalement à l'usage de la voiture individuelle, représente à lui seul 53 % du bilan des émissions de gaz à effet de serre du secteur.

Le transport de marchandises représente 47 % du bilan du territoire. Il est constitué des poids-lourds à 80 %.

Le transport de voyageurs représente 53 % des émissions de GES du secteur



Valérie Guyot/DREAL BN

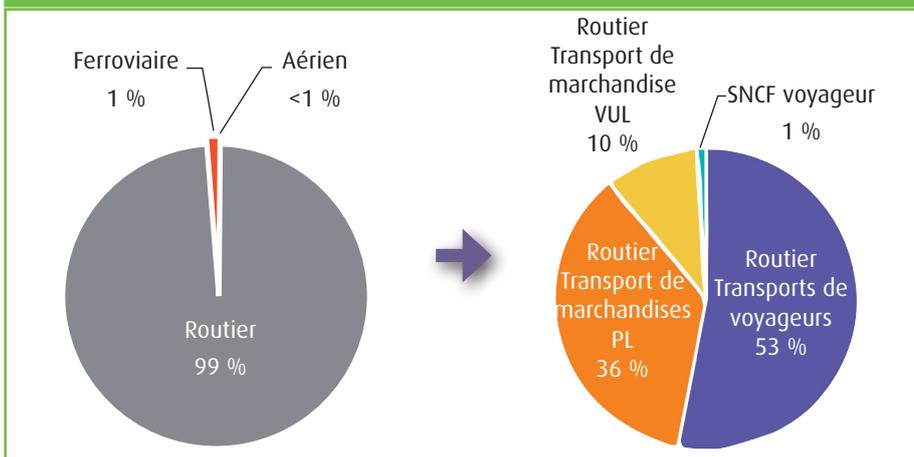
Le bois, énergie peu émettrice de GES, mais source d'autres pollutions



Séverine Bernard/DREAL BN

Répartition des émissions de GES dans les transports

Source : SRCAE Basse-Normandie, 2013



L'habitat

Le niveau d'émissions totales du secteur de l'habitat s'élève à 2,1 Mt eq CO₂, soit 13 % du total des émissions de la région.

Des niveaux d'émissions variables

Un logement moyen en région Basse-Normandie émettait 3,2 teq CO₂ en 2009. Les émissions varient d'un département à un autre. **Le département de la Manche possède le volume moyen d'émission le plus faible** avec 3 tonnes eq CO₂ par logement. C'est également le département qui possède le plus de logements chauffés au bois. À l'inverse, le département de l'Orne qui possède sur son territoire 27 % de logements équipés en fioul, voit son volume d'émissions par logement atteindre 3,5 teq CO₂.



Repères

Les émissions de GES liées à la combustion du bois sont estimées comme équivalentes à la séquestration qu'il réalise lors de sa croissance. Dans les évaluations, les émissions de CH₄ et de NO₂ sont considérées comme négligeables. Cependant, d'autres polluants sont émis par la combustion, notamment : HAP, particules fines, oxydes d'azote. Ces polluants ont un impact important sur la qualité des milieux environnants. La qualité du bois et du matériel de chauffage peuvent moduler l'importance des émissions.

Le fioul, principale source d'émissions pour l'habitat

Le fioul est responsable du plus grand volume d'émissions issues de l'habitat comparativement aux autres sources énergétiques. **Il est responsable de 35 % des émissions de GES de l'habitat.** Or, il ne représente que 24 % de l'énergie de chauffage du parc de logements.

L'électricité est responsable de l'émission de 29 % du bilan de l'habitat (calcul effectué à partir de références nationales). Si le bois compte pour 15 % des consommations énergétiques, sa contribution est inférieure à 1 % des émissions de GES.

Le secteur tertiaire

Les activités tertiaires sont à l'origine de l'émission de 1,67 Mt eq CO₂ en 2009.

La part non négligeable des émissions non énergétiques

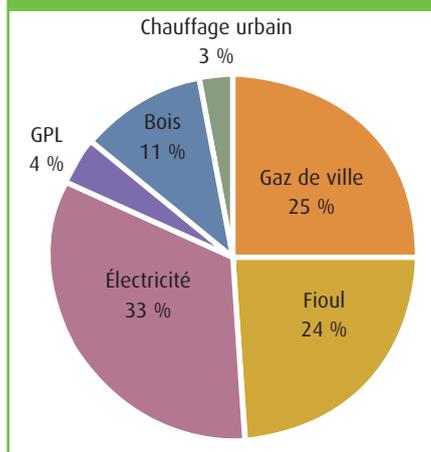
Les émissions non énergétiques représentent 16,2 % des émissions totales du tertiaire. Elles sont principalement liées aux fuites de fluides frigorigènes pour les usages de climatisation dans les locaux et de production de froid dans les commerces.

L'hétérogénéité des émissions des branches d'activités

Le secteur de la santé est le premier secteur émetteur avec 20 % du total des activités tertiaires, suivi par les bureaux et les commerces (19 % du bilan des émissions de GES). Les emplois de la branche « cafés, hôtels, restaurants » concentrent 5 % des emplois mais sont responsables de 16 % des consommations énergétiques et des émissions des GES. À l'inverse, les emplois de bureaux qui représentent 37 % des emplois du territoire ne sont responsables que de 25 % des émissions de GES.

Part des énergies dans les émissions de GES du parc de logements

Source : SRCAE Basse-Normandie, 2013



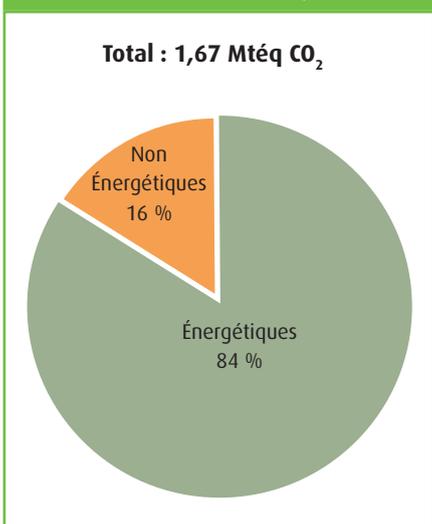
Campus Effiscience à Colombelles (52)



Valérie Guyot / DREAL BN

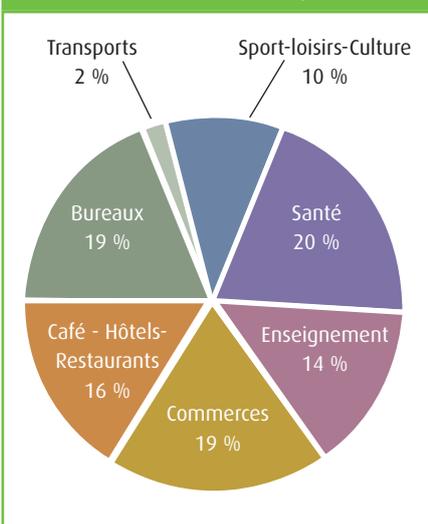
Répartition des émissions de GES du secteur tertiaire

Source : SRCAE Basse-Normandie, 2013



Répartition des émissions de GES dans le tertiaire par branche d'activité

Source : SRCAE Basse-Normandie, 2013



L'industrie

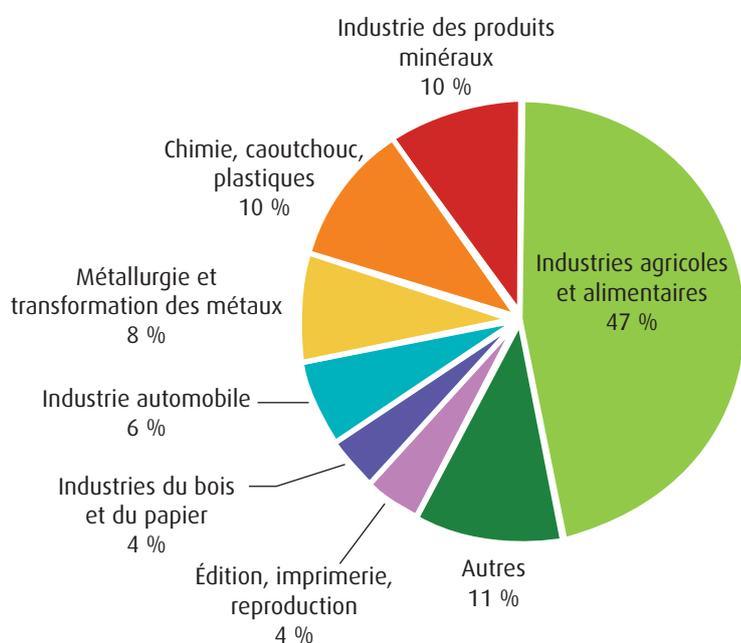
Les émissions de gaz à effet de serre de l'industrie bas-normande sont estimées à 1,1 Mt eq CO₂, soit **7 % du niveau total d'émissions de GES régionales**.

Les industries agroalimentaires représentent à elles seules 47 % du bilan des émissions de gaz à effet de serre du secteur. Les industries des produits minéraux et de la chimie arrivent en deuxième position et représentent chacune 10 % du bilan des émissions.

La part des effectifs de certaines activités industrielles dans l'emploi local permet d'expliquer les variations. En effet, les différentes branches ne consomment pas les mêmes produits ou volumes d'énergie et ne font pas appel aux mêmes équipements et procédés de fabrication.

Répartition des émissions de GES d'origine énergétique par activité

Source : SRCAE, 2013



Laiterie d'Isigny-sur-Mer (14)



Valérie Guyot/ DREAL BN

Sucrerie de Cagny (14)



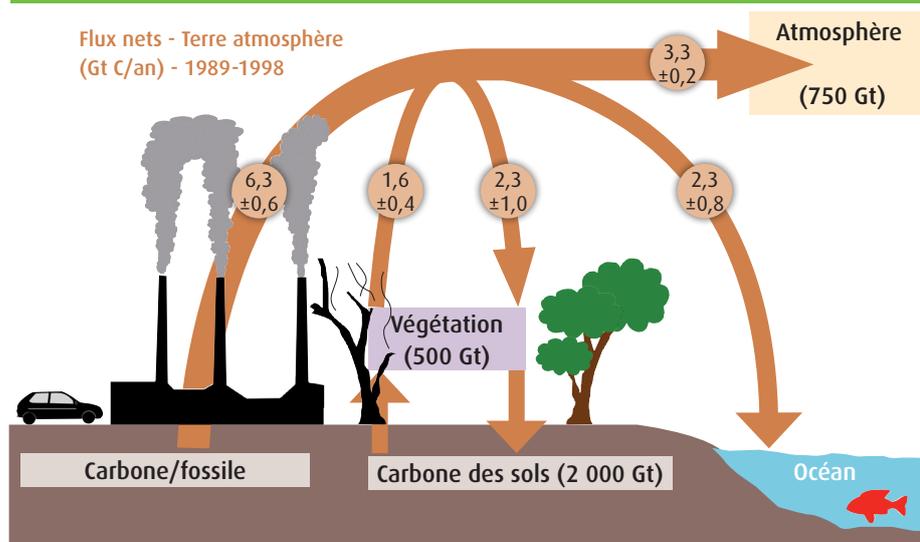
Valérie Guyot/ DREAL BN

3 Les possibilités de stockage de carbone

En l'état actuel de la recherche, l'estimation des variations de stock de carbone dans les sols bas-normands comporte beaucoup d'incertitudes. Cependant, quelques données peuvent être présentées.

Les grands principes

Le stockage et les flux de carbone dans l'écosystème



La combustion de charbons et pétroles, avec la déforestation, injectent 7,9 gigatonnes par an sous forme de CO₂ dans l'atmosphère. Or, le réservoir atmosphérique augmente beaucoup moins. L'océan superficiel absorbe une partie de l'excédent. La végétation et les sols se comportent également comme un puits, situé essentiellement dans l'hémisphère Nord. Ces flux nets sont petits par rapport aux échanges moyens annuels : environ 120 Gt.C.an⁻¹ entre biosphère continentale et atmosphère, environ 90 Gt.C.an⁻¹ entre océan et atmosphère. D'après GIEC 2001.

Source : Stocker du carbone dans les sols agricoles en France, rapport d'expertise réalisé par l'INRA sur demande du ministère de l'écologie et du Développement Durable (oct 2002)

La croissance de la matière vivante par la photosynthèse permet la séquestration du carbone atmosphérique :

- soit pour un cycle long dans la biomasse ligneuse aérienne (forêts et bosquets, peupleraies, vergers et haies) ou dans le sol (racines, humus) ;
- soit pour un cycle court (parties aériennes des cultures annuelles).

On considère que seule la séquestration de longue durée peut être prise en compte dans les calculs. Le carbone du cycle court est relâché dans l'atmosphère par décomposition ou respiration.

Concernant les cultures annuelles, une incertitude demeure aujourd'hui sur le devenir des résidus de récolte et le taux de stockage dans le sol (humus).



Sandrine Hélicher/DREAL BN

Les pratiques culturales ont un impact direct sur le stockage de carbone dans les sols



Céline Cauvin/DREAL BN

Le stockage aérien

La croissance visible de la biomasse ligneuse constitue un stockage aérien capitalisé chaque année. On peut considérer que la destination bois d'œuvre (construction et mobilier) ou trituration (pâte à papier) peut être **un stockage de longue durée**. Un mètre cube de bois stocke environ 1 tonne de CO₂ (Source : ADEME). Une séquestration additionnelle de dioxyde de carbone en forêt est possible avec la sylviculture.

Ainsi, une futaie séquestre davantage de CO₂ qu'un taillis simple car d'une part le volume sur pied est plus élevé et, d'autre part, la futaie permet la production de bois d'œuvre.

Celui-ci pourra prolonger la durée de stockage dans les produits transformés. Par contre, l'utilisation en bois énergie est considérée comme un déstockage. Une moyenne sur quelques années est nécessaire pour lisser les variations annuelles.

Un mètre cube de bois stocke environ une tonne de CO₂



Séverine Bernard/DREAL BN

Le stockage dans le sol

Les sols sont la principale source de captage du carbone.

L'estimation du stock de GES dans le sol comporte encore beaucoup d'inconnues. Les études actuelles sont limitées aux 30 premiers centimètres du sol.

L'étude « *Stocker du carbone dans les sols agricoles de France* » avance quelques chiffres :

- une jeune forêt ou une nouvelle haie stockent 0,45 (±0,25) tonne de carbone par ha et par an (t(C)/ha/an) les 20 premières années ;
- une prairie permanente stocke 0,5 t(C)/ha/an, tout comme une prairie temporaire jusqu'à son retournement, dans les 30 premiers cm ;
- un labour profond sur prairie déstocke 1 t(C)/ha/an.

Certaines techniques permettent de limiter l'effet de déstockage du labour :

- la durée des rotations ;
- l'implantation de cultures intermédiaires ;
- la substitution du labour par des techniques sans labour et le semis direct ;
- le remplacement de la fauche par le pâturage.

D'autres puits de carbone plus modestes, peuvent être également pris en compte comme la croissance des coquilles (moules et huîtres).

Selon une estimation incomplète issue de la méthode « Climagri », **la quantité de CO₂ fixée par les puits de carbone en Basse-Normandie** (bois et forêts, haies, prairies, cultures, conchyliculture) **se situe entre 1 Mt de CO₂/an et 4 Mt de CO₂/an**. Ce chiffre est à comparer au volume des émissions régionales de GES estimé à 16,25 Mtéq CO₂. Pour l'année de référence 2009, le puits carbone de la France a été estimé à 72 millions de tonnes.

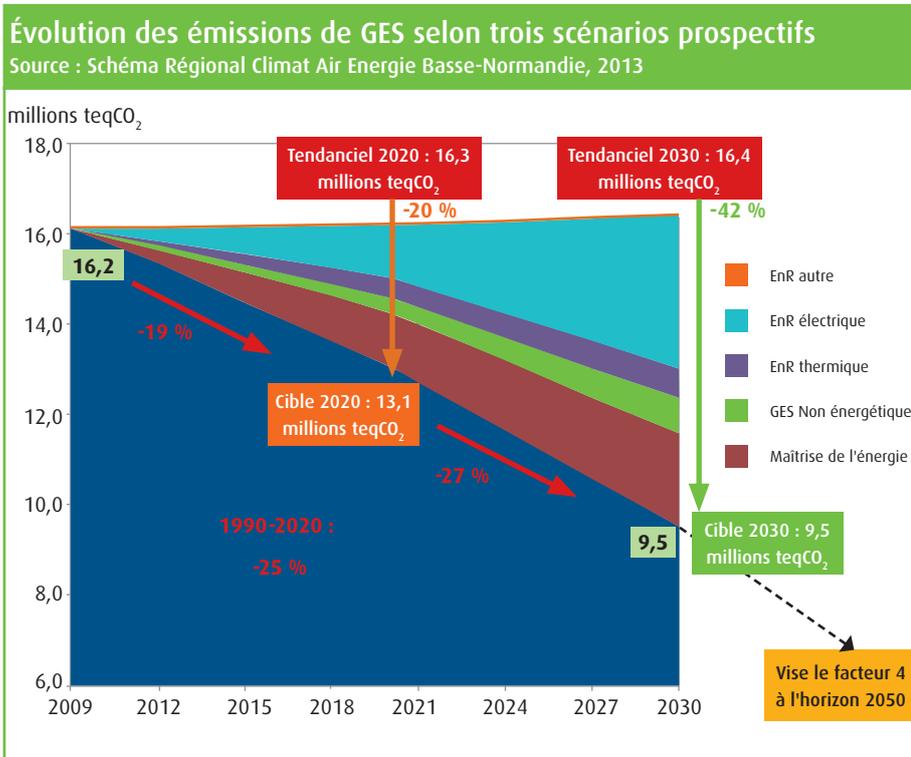
Forêt de Balleroy



Valérie Guyot/ DREAL BN

¹ Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ? D. Arrouays, J. Balesdent, J.C. Germon, P.A. Jayet, J.F. Soussana, P. Stengel / INRA 2002

4 Scenarii de consommation et d'émissions à l'horizon 2020 et 2030



Repères

Les premiers résultats de la politique française de maîtrise des GES

Entre 1990 et 2008, les rejets français pour six gaz à effet de serre ont diminué de 6 % : il s'agit du dioxyde de carbone (CO₂), du méthane (CH₄), du protoxyde d'azote (N₂O), de l'hexafluorure de soufre (SF₆), de l'hydrofluorocarbure (HFC) et du perfluorocarbure (PFC). Ces rejets s'élevaient à 532 millions de tonnes équivalents CO₂.

L'exercice de simulation de l'évolution des consommations énergétiques et des émissions de GES à l'horizon 2020 et 2030 est basé sur deux scénarii distincts.

► Un scénario « tendanciel » :

illustrant les tendances d'évolution des différents secteurs en prenant en compte les mesures réglementaires existantes européennes ou françaises (RT 2012, émissions des véhicules...) mais sans ambition régionale.

► Un scénario « volontariste » : infléchissement des émissions de

GES suite à une volonté politique forte de mettre en œuvre des actions concrètes pour atteindre cet objectif. Cette cible est issue d'un travail collaboratif avec les acteurs régionaux qui trace une trajectoire partagée. Le graphique ci-dessus montre l'impact des mesures volontaristes sur les rejets de gaz à effet de serre.

Le Schéma Régional Climat Air Énergie (SRCAE) définit des orientations permettant d'atteindre ces objectifs. Les plans climat énergie territoriaux le déclinent en actions locales.

Le solaire : une énergie renouvelable



Valérie Guyot/DREAL BN

4. Les risques liés au changement climatique

Depuis 1870, un réchauffement global de + 0,8 °C sur la Terre (+/- 0,2°C) a été mesuré. D'après les derniers scénarios du GIEC, le réchauffement pourrait être compris entre +1,4°C et 6,4°C d'ici 2100. Les politiques d'atténuation permettront peut-être de limiter l'importance du réchauffement mais elles n'empêcheront pas la survenue d'un changement sensible.

Dans le meilleur des cas, le réchauffement attendu en France d'ici la fin de ce siècle sera beaucoup plus important que celui qui a déjà été observé.

À découvrir dans ce chapitre

- ▶ La prospective régionale sur le changement climatique
- ▶ La modification des équilibres naturels

1 La prospective régionale sur le changement climatique

Des simulations climatiques ont été réalisées en 2009 à 3 horizons temporels (2030, 2050 et 2080) et en fonction de 3 scénarii définis par le GIEC. Ils décrivent chacun l'évolution possible de la planète (économie, commerce, technologie, transport...) et les émissions de gaz à effet de serre induites.

- ▶ **Le premier scénario (A2)** repose sur une poursuite de l'accroissement des émissions au même rythme que celui observé au cours des décennies passées et aboutit à un doublement des concentrations d'ici à la fin du siècle.
- ▶ **Le deuxième scénario étudié (B1)** est au contraire basé sur une amélioration des conditions dans tous les secteurs : les émissions croissent lentement pour atteindre leur maximum autour de la décennie 2040-2050 et décroître par la suite.
- ▶ **Le troisième scénario (A1B)** constitue un intermédiaire entre les deux : une poursuite de l'augmentation des émissions de CO₂ selon le rythme actuel, un ralentissement plus tardif vers le milieu du siècle. Il conduirait à limiter légèrement l'augmentation en 2080 par rapport au scénario A2.



Repères

Le **GIEC** est le **Groupement Intergouvernemental d'Experts sur les évolutions du Climat**.

Son rôle est de rassembler des données socio-économiques et scientifiques pour évaluer les risques climatiques engendrés par l'activité humaine. Il doit proposer des mesures d'adaptation et de prévention des risques.

Modélisation simplifiée des scénarios prospectifs du GIEC

Scénario	Population	Économie	Environ.	Équité	Technologie	Mondial.
A2	↗	→	↘	↘	↗	↘
B1	↘	↗	↗	↗	↗	↗
A1B	↘	↗	↗	↗	↗	↗

DRIAS le futur du climat - extrait des scénarios socio-économiques.

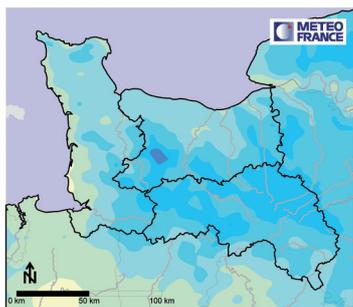


Sandrine Hélicher/DREAL BN

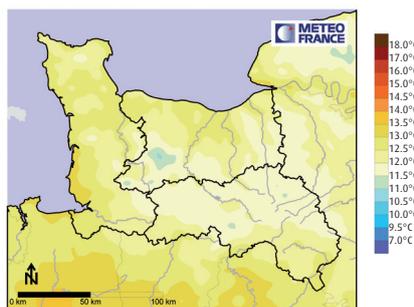
Compte tenu de l'imprécision des modèles, **l'utilisation des résultats en vue d'établir des différenciations à petite échelle n'est pas pertinente.** La lecture et l'interprétation des scénarii doivent être utilisées avec prudence. Beaucoup de paramètres peuvent influencer l'évolution actuelle : la démographie après 2050, le comportement humain...

Comparaison de la température moyenne annuelle de référence 1971-2000 avec le scénario prospectif intermédiaire (A1B) à l'horizon 2050

Température de référence pour la normale 1971-2000



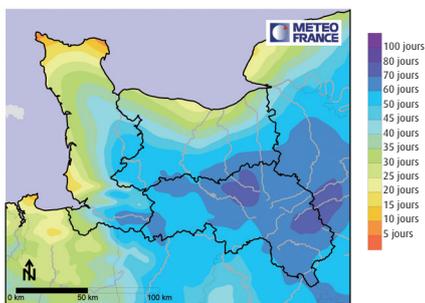
Scénario intermédiaire A1 B horizon 2050



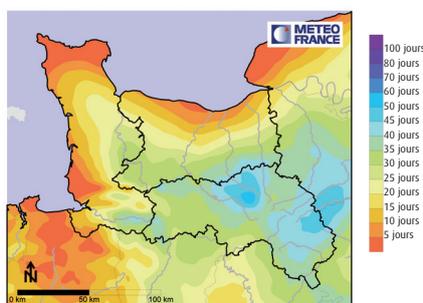
La température moyenne d'une journée est la moyenne arithmétique des températures minimales et maximales relevées sous abri pour cette journée.

Comparaison du nombre de jours de gel annuel de la période de référence 1971-2000 avec le scénario intermédiaire (A1B) à l'horizon 2050

Climatologie de référence 1971-2000



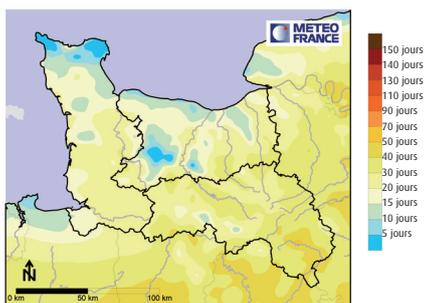
Scénario intermédiaire A1 B horizon 2050



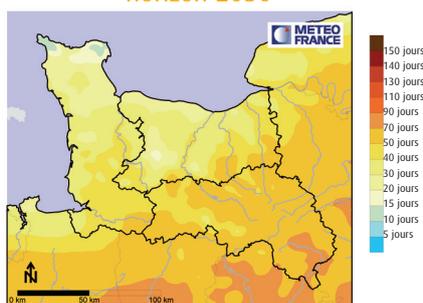
Lors d'un jour de gel, la température minimale sous abri est inférieure ou égale à 0°.

Comparaison du nombre de jours de chaleur annuel de la période de référence 1971-2000 avec le scénario intermédiaire (A1B) à l'horizon 2050

Climatologie de référence 1971-2000



Scénario intermédiaire A1 B horizon 2050



Un jour de chaleur se définit comme un jour où la température relevée sous abri atteint ou dépasse 25°C.



Repères

Le modèle de simulation

Les projections climatiques se sont appuyées sur les simulations numériques du climat par le modèle « ARPEGE-Climat de Météo-France » (qui fait partie des modèles climatiques du GIEC). À partir de celui-ci, des simulations ont été réalisées selon trois scénarios socio-économiques du GIEC (A1B, A2 et B1).

Pour qualifier le climat aux horizons 2030, 2050 et 2080, des indicateurs issus de chaque scénario ont été calculés par périodes de trente ans, périodes représentatives d'un climat moyen :

- sur la période de référence 1971-2000 d'une part ;
- sur les périodes 2016-2045 (horizon 2030), 2036-2065 (horizon 2050), et 2066-2095 (horizon 2080) d'autre part.

Une cartographie fine de ces indicateurs (maille de 1 km) a été réalisée. Cette cartographie s'appuie sur la méthode de spatialisation AURELHY (P. BENICHO, O. LEBRETON - 1986).

Chaque carte projetée est obtenue en ajoutant à la carte climatologique de référence (1971-2000), une carte des écarts entre la simulation à l'horizon considéré et la simulation sur la période 1971-2000. La résolution fine de la carte finale est apportée uniquement par la spatialisation des données observées (méthode AURELHY) : les informations issues du modèle de simulation fournissent une variation des écarts à résolution 50 km.

À l'échelle d'une région et de quelques décennies, la variabilité climatique naturelle constitue aussi une source d'incertitude majeure. La période de référence pour cette prospective régionale était basée sur la normale 1971-2000. Or, nous disposons aujourd'hui de nouvelles données concernant la période 1981-2010. Une nouvelle prospective supposerait donc le lancement d'une étude spécifique à partir de l'ensemble de ces données.

Par ailleurs, des modèles de simulation plus récents de Météo-France existent actuellement et sont consultables à partir de « DRIAS » (www.drias-climat.fr). L'intérêt de l'étude réalisée en 2009 est de pouvoir appréhender l'impact important de l'évolution climatique régionale à venir pour les activités humaines et l'environnement.

Les projections sont présentées sous la forme de planches composées :

- de la carte climatologique de référence (1971-2000) ;
- des séries de cartes prévues selon chaque scénario et chaque palier chronologique.

Les températures

Quel que soit le scénario considéré, **une augmentation de la température moyenne semble inéluctable**. L'amplitude de cet accroissement et la rapidité du changement dépendent toutefois du scénario envisagé.

À l'horizon 2030, il existe peu d'écart entre les trois scénarios. Au-delà, dans l'hypothèse d'un ralentissement de la progression des émissions de CO₂ puis d'une diminution à partir du milieu du siècle (B1), la température moyenne annuelle **augmenterait à l'horizon 2080 de « seulement » 2 à 2,5 degrés. Le scénario A2 provoquerait une croissance de la température moyenne annuelle de plus de 3 degrés.** Relativement homogène en moyenne sur l'année, **la hausse des températures maximales pourrait se faire sentir de façon plus prononcée l'été dans la partie continentale de la Basse-Normandie**, atteignant 4 degrés en général, mais pouvant dépasser 5 degrés sur le Sud du Calvados, de la Manche et dans l'Orne. Le nombre de jours de chaleur s'accroîtrait logiquement dans des proportions similaires : à l'horizon 2080, on en compterait de 12 à 30 jours de plus sur le Cotentin ou le Bessin en fonction du scénario, mais de 25 à 50 de plus sur le Perche ou le Sud Pays d'Auge. Le nombre annuel de jours de gel diminuerait de manière très significative : 15 à 20 jours de moins par an en moyenne dès l'horizon 2030, la diminution atteignant 25 jours (B1) à 40 jours (A2) dans l'Orne, ou sur les collines du Bocage vers 2080.

Les précipitations

La marge d'incertitude est plus importante concernant l'évolution des précipitations. Les impacts des trois scénarios sur la pluviométrie paraissent donc moins lisibles.

La pluviométrie annuelle resterait stable avec une certaine radicalisation saisonnière :

- diminution du nombre de jours de pluie mais phénomènes pluvieux plus intenses ;
- augmentation des pluies en période hivernale et diminution en période estivale (risques de sécheresse).

Arromanches



Valérie Guyot/DREAL BN

Pluie et inondation dans le Calvados en juillet 2013



Valérie Guyot/DREAL BN

Mais les résultats obtenus à l'échelle de la région sont à interpréter avec beaucoup de prudence. On peut s'attendre à une réduction du nombre annuel de jours de pluie, accentuée en scénario pessimiste : à terme, la région pourrait perdre plus de 30 jours de pluie chaque année. Une augmentation du risque de sécheresses en été paraît probable.

Le vent

Les roses de vent du point le plus proche de Caen ont été calculées sur la base du scénario intermédiaire. Les résultats obtenus ne permettent pas d'envisager d'évolution significative : les conjectures relatives à une possible recrudescence de vents de Nord-Est, ou de vents forts ne sont pas démontrées.

Les phénomènes extrêmes

Les scénarios ne permettent pas de se prononcer sur les évolutions des phénomènes extrêmes. Une augmentation est pressentie avec des risques majeurs pour les populations : augmentation de la fréquence des canicules, ouragans... Mais les études réalisées ne permettent pas d'afficher des résultats probants.



Patrick Galineau/DREAL BN



Patrick Galineau/DREAL BN

2 La modification des équilibres naturels

L'augmentation de la vulnérabilité du milieu marin et du littoral

Au niveau mondial, au cours des deux derniers millénaires, le niveau marin s'est élevé au rythme moyen de 0,5 mm/an. Au XX^e siècle, le rythme s'est accéléré. On relève une élévation de 18,7 cm entre 1901 et 2011 (1,7 mm/an) et de 6,7 cm entre 1993 et 2014, avec des différences d'une région à l'autre.

Le GIEC a réévalué en 2014 sa prospective sur l'évolution du niveau moyen de la mer. Les scientifiques estiment désormais qu'il peut augmenter en moyenne de 26 à 82 cm suivant les modèles (élévation estimée entre +18 et +59 cm dans le précédent rapport paru en 2007). Cette réévaluation est notamment due à une meilleure prise en compte de l'écoulement dans les océans arctiques et antarctique des glaciers côtiers du Groenland et de l'Antarctique. Pour les régions littorales comme la Basse-Normandie, les conséquences seront très importantes.

La ligne de rivage actuelle serait déplacée vers le domaine terrestre, non de manière graduelle mais **par étapes**, à l'occasion de fortes tempêtes associées à des marées hautes provoquant des submersions marines. Les implications sont nombreuses : fragilisation du littoral, des écosystèmes, cultures devenant impropres, détérioration du bâti, des infrastructures et des sites touristiques... La vulnérabilité de ces espaces est accentuée du fait du développement important des infrastructures et constructions le long des côtes.

La vulnérabilité des espaces littoraux est accentuée du fait du développement important des infrastructures et constructions le long des côtes.



Patrick Galineau/DREAL BN

Habitations et routes en bord de mer



Laurent Mignaux/MEDDE-MLETR

L'altération des sols et des sous-sols

Le changement climatique peut avoir des impacts sur les sols : le retrait et gonflement des sols argileux, liés à des épisodes de sécheresses alternant avec des pluies plus denses, peuvent générer des mouvements de terrain plus importants dans les zones déjà exposées et altérer les fondations des bâtiments (en particulier dans l'Est de la région). Les sols deviendront plus difficiles à cultiver en période sèche, dans la mesure où ils disposeront d'une réserve hydrique moins importante. *A contrario*, les aléas conduisant à des excès d'eau pourraient entraîner des difficultés majeures. Ainsi, la période très pluvieuse de l'automne 2012 a conduit à des difficultés importantes pour les récoltes de maïs.

Mare à sec



Laurent Mignaux/MEDDE-MLETR

La diminution de la ressource en eau

La pression sur la ressource en eau, compte tenu de l'élévation des températures, risque d'être plus importante. La Basse-Normandie connaît actuellement des périodes de pression quantitative sur la ressource. Cette situation pourrait devenir plus difficile dans les années à venir. De plus, le biseau salé, qui est la partie d'une nappe phréatique en contact avec les eaux marines, se déplacerait vers l'intérieur des terres, rendant ainsi plus difficile l'exploitation d'une partie des eaux douces terrestres. **L'enjeu est important compte tenu du positionnement de l'agriculture pour la région.**

Arrosage des cultures



Laurent Mignaux/MEDDE-MLETR

La fragilisation de la biodiversité

L'impact sur la biodiversité peut être d'autant plus fort qu'il intervient sur les cycles de reproduction des espèces. Par exemple, si, pour des raisons climatiques, l'apparition des chenilles sur les feuilles de chênes ne coïncide plus avec l'éclosion des œufs de mésange bleue, celle-ci est confrontée à une perte de ressource qui peut être difficile à surmonter. Cet affaiblissement des écosystèmes est préoccupant dans la mesure où il altère la capacité d'adaptation des systèmes naturels.

Les risques pour la santé humaine

La canicule de 2003 a montré l'importance de l'impact du climat sur la santé humaine. Si la fréquence des canicules et les dommages associés devaient augmenter, une vigilance particulière liée aux populations fragiles devrait être mise en place.

L'évolution des pollens et des espèces invasives (moustiques vecteurs de maladies) aurait aussi un impact sur la santé des populations de la région.

Des difficultés pour l'exploitation agricole et la gestion des forêts

La végétation, qu'elle soit cultivée ou non, semble également montrer les signes d'une évolution déjà sensible du climat : les espèces cultivées de maïs sont dorénavant celles qu'on avait l'habitude d'utiliser dans le Sud-Ouest, avec une croissance nettement accélérée et une augmentation du rendement. De même, les départs de végétation en prairie sont constatés dès le début février soit une vingtaine de jours plus tôt que ce qui était constaté auparavant.

Les techniques et pratiques agricoles et forestières devront s'adapter à la ressource en eau et aux capacités des sols. La ressource en eau peut faire l'objet d'aménagements spécifiques, en concertation avec les différents acteurs et en mesurant les impacts produits sur les milieux naturels. Certaines essences forestières seront également fragilisées compte-tenu de l'évolution de l'écosystème. Les cycles de production forestiers à durée longue pourront aussi en être affectés.

Des difficultés pour les activités de pêche et la conchyliculture

Au niveau marin, la Manche est une zone de transition pour beaucoup d'espèces, ce qui la rend extrêmement sensible, voire vulnérable (cf. partie « Mer et littoral »). L'élévation des températures marines et l'acidification de l'océan ont un impact à la fois sur la reproduction des huîtres, la construction des coquilles et sur la multiplication des micro-algues émettrices de toxines. Ces développements peuvent notamment affecter considérablement l'ensemble des activités de pêche et la conchyliculture.

Mésange bleue



Thierry Degen/MEDDE-MLETR



Repères



L'**ambrosie** est un indicateur de l'évolution liée au changement climatique. En provenance d'Amérique du Nord et introduite en France à la fin du XIX^e siècle, cette plante se propage et dissémine ses pollens au gré des vents. Très allergisante, elle est devenue un enjeu de santé publique et fait l'objet d'observations poussées. Il semble que le changement climatique lui offre également des chances supplémentaires de survie puisque cette plante n'est sensible qu'au froid précoce.

La lutte contre l'ambrosie passe par sa destruction et conduit à imposer son élimination dans les départements touchés.

Pose de poches à huîtres sur table



Valérie Guyot / DREAL BN

L'évolution de l'urbanisme

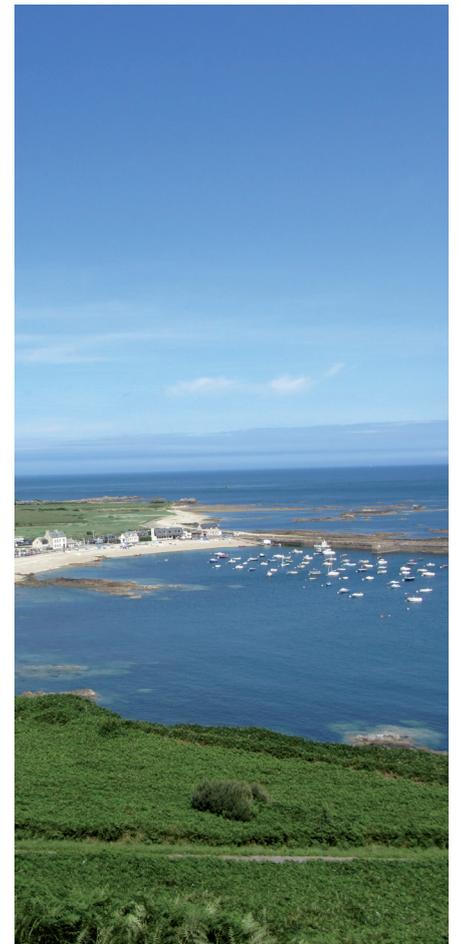
L'impact le plus direct concerne la mobilité du trait de côte. Notre région est principalement concernée par la nécessaire adaptation de l'urbanisme à la vulnérabilité du littoral liée à la montée des eaux.

La gestion des îlots de chaleur est aussi un phénomène à anticiper. Les températures sont plus importantes dans les centres urbanisés que dans les zones rurales. Ce phénomène est lié à l'accumulation de chaleur sur les surfaces imperméabilisées ou dans les bâtiments. Les sols végétalisés, à l'inverse, absorbent une partie de la chaleur diffusée. Le développement de « coulées vertes » en ville permettrait de pallier ces phénomènes pouvant accentuer les périodes de canicules.

L'augmentation de la pression touristique

Avec le changement climatique, un afflux touristique pourrait être plus marqué vers la côte normande, il serait alors susceptible d'entraîner une pression plus forte sur les ressources naturelles, notamment la ressource en eau (elle-même en diminution probable).

Port d'Omonville-la-Rogue (50)



Olivia Durande/DREAL BN

Port de Courseulles-sur-Mer (14)



Patrick Galineau/DREAL BN

5. Synthèse et enjeux

À découvrir dans ce chapitre

- ▶ Chiffres clés
- ▶ Grille « AFOM »
- ▶ Enjeux et orientations

1 chiffres clés

Le climat océanique tempéré

86 % de « temps doux et frais » sur la Plaine de Caen

Température moyenne annuelle

- **11°C** avec différence de 2°C entre la bande littorale Ouest (12°C) et les hauteurs du Bocage (10°C)
- **Augmentation de la température moyenne régionale depuis 1950 : +0,6 °C**
- **Contrastes régionaux des jours de froid :**
 - < 10 jours de froid par an sur le littoral Nord-Cotentin
 - > 60 jours de froid par an dans le Bocage et le Perche
- **Contrastes régionaux des jours de chaleur :**
 - < 10 jours de chaleur par an sur le littoral du Calvados et du Cotentin
 - > 30 jours de chaleur par an dans les plaines intérieures, les vallées du Bocage et du Perche
- **Record de chaleur enregistré : 40 °C (Domfront, 3 août 1990)**

Précipitations

- Volume des précipitations moyennes annuelles régionales : voisine de 850 mm, avec une forte diversité régionale
- Diversité régionale : moins de 700 mm à plus de 1 400 mm
- Variabilité interannuelle : du simple au double d'une année à l'autre, quel que soit le secteur (de 500 à 1 000 mm pour la Plaine de Caen et de 900 à 1 800 mm pour les secteurs les plus arrosés)
- Record : 129 mm en 24 h à Soligny-la-Trappe (4 août 2002)

Vents

- Contrastes entre l'intérieur des terres et la bande littorale : 140 jours de vents forts annuels à La Hague et 45 jours à Alençon
- De 5 à 10 % de temps calme sur les littoraux à plus de 20 % à l'intérieur des terres (25 % à Flers et 21 % à Alençon)
- Record enregistré : 216 km/h (Granville en 1987)

Ensoleillement

- 40 % de fraction d'ensoleillement (rapport entre durée d'insolation et durée du jour) en moyenne annuelle régionale

Mare de Vauville (50)



Sandrine Hélicher/DREAL BN

Les gaz à effet de serre

Entre 1970 et 2010, les teneurs en CO₂ sont passées de 325 à 390 ppm (particules par millions).

Émissions en Basse-Normandie : 16,25 millions de tonnes équivalent CO₂ (Mt eq CO₂) - **En France** : 426 Mt eq CO₂

Principaux émetteurs régionaux : Agriculture (47 %, en lien avec l'importance économique du secteur pour la région), Transports (20 %), Habitat (13 %)

Estimation du stockage par les sols, haies et forêts (réalisé en partie par l'activité agricole) : de 1 à 4 MétqCO₂

Sources d'émissions : Energétiques 50 %, Non énergétiques 50 %

Élévation du niveau de la mer entre 1901 et 2011 : 18,7 cm

A13



Patrick Galineau / DREAL BN

2 Grilles « AFOM »

Les grilles « Atouts Faiblesses Opportunités Menaces » permettent de faire le lien entre le diagnostic et les enjeux. Les grilles présentées ci-dessous constituent donc la synthèse du diagnostic.

Elles se construisent par rapport à un objectif. Ici, l'objectif est basé sur les principes du développement durable, à savoir un équilibre entre la qualité environnementale, l'harmonie sociale et le développement économique. Les « atouts et faiblesses » ont une origine interne liée aux caractéristiques régionales, les « opportunités et menaces » ont une origine externe.



Atouts	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> • Pluviométrie moyenne annuelle soutenue favorable à la disponibilité d'une ressource en eau • Caractéristiques éoliennes et maritimes offrant un potentiel important de gisement d'énergies renouvelables avec l'éolien off-shore et terrestre et l'hydrolien • Forte présence de l'agriculture sur le territoire régional (69 % du territoire en surface agricole utile) : possibilité de développement de filières courtes 	<ul style="list-style-type: none"> • Forte variabilité temporelle et spatiale du climat bas-normand • Périodes de tensions sur la ressource en eau dans certains secteurs • Impacts de la variabilité climatique sur les risques naturels (inondations, submersions marines, mouvements de terrains, tempêtes, sécheresse, etc.) • Étalement urbain générateur de pollutions, de surconsommation d'énergie et d'émissions de GES • Bâti globalement en situation de faible performance énergétique • Région fortement émettrice de gaz à effet de serre en lien avec la production agricole et les transports
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> • Développement de l'économie verte • Evolution des pratiques agricoles et forestières • Développement des intercommunalités favorisant de nouveaux modes de réflexion sur la gestion des ressources et des déplacements • Amélioration de la performance thermique du parc de logements • Développement de modes de transports « doux » 	<ul style="list-style-type: none"> • Changement climatique global • Augmentation du trafic routier

3 Enjeux et orientations

Les politiques d'atténuation et d'adaptation

Face aux perspectives de l'évolution climatique et à ses conséquences, des politiques d'atténuation et d'adaptation sont mises en œuvre. **L'atténuation** vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre et **l'adaptation** consiste à réduire notre vulnérabilité aux effets des changements climatiques.

Les politiques dites « d'atténuation » du changement climatique consistent à maîtriser et réduire les rejets de gaz à effet de serre. C'est une déclinaison des accords internationaux et des engagements européens de la France.

Au niveau régional, les orientations d'atténuation du changement climatique se déclinent au travers de plusieurs outils réalisés avec les acteurs du territoire, notamment :

- le Schéma Régional Climat Air Énergie ;
- les Plans Climat-Énergie Territoriaux ;
- les bilans des émissions de GES ;
- les « quotas CO₂ » ;
- l'observatoire bas-normand de l'énergie et des gaz à effet de serre.

Le Schéma Régional Climat Air Énergie (SRCAE), réalisé par l'État et le Conseil régional, fixe les grandes orientations contribuant à de nouveaux modes de développement économes en énergie et plus respectueux de l'environnement. Il vise à renforcer l'articulation des actions territoriales avec les engagements internationaux de la France. Il fixe des objectifs ambitieux en matière :

- de promotion des énergies renouvelables ;
- d'utilisation rationnelle de l'énergie ;
- et d'amélioration de la performance énergétique en préservant la qualité de l'air.

Les Plans Climats Énergie Territoriaux sont des outils à disposition des collectivités leur permettant de bâtir un projet territorial de développement durable dont la finalité première est la lutte contre le changement climatique.

Le principe de l'adaptation repose sur l'ajustement des systèmes naturels et humains aux évolutions climatiques afin d'en atténuer les effets néfastes ou d'en exploiter les effets bénéfiques. Un plan national d'adaptation au changement climatique 2011-2015 a été adopté par la France et se décline en Basse-Normandie.



Repères

Les principaux engagements internationaux de la France

Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, Rio de Janeiro, 1992

► **Stabiliser les concentrations** de gaz à effet de serre dans l'atmosphère

Protocole de Kyoto, 1997

► **Stabiliser les émissions** agrégées de 6 gaz à effet de serre au niveau de 1990 sur la période 2008-2012

Conférence de Cancun, 2010

► Reconnaissance mondiale de l'objectif de limitation à 2°C de l'augmentation des températures

Paquet « énergie-climat » de l'Union européenne, adopté en 2008 ► obtenir l'objectif des « **3 fois 20** » d'ici 2020 :

- Réduire de 20 % les émissions de GES
- Accroître de 20 % l'efficacité énergétique
- Porter à 20 % la part des énergies renouvelables dans la consommation énergétique européenne

Le facteur 4

La France s'est engagée à diviser par 4 ses émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050.

Lois Grenelle de l'environnement :

- Instaurer des Schémas régionaux du climat de l'air et de l'énergie
- Porter à 23 % en 2020 en France la part d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique finale

Les enjeux régionaux

Les enjeux régionaux mis en avant dans le cadre de ce diagnostic concernent :

- le développement de la connaissance régionale ;
- l'approfondissement des politiques d'atténuation et d'adaptation en leur donnant l'importance nécessaire au niveau territorial.

Ces enjeux sont définis pour la période 2014-2020, selon le calendrier des programmes pluriannuels régionaux.

Enjeu 1 : La connaissance

Orientation 1

Développer et partager la connaissance sur l'évolution climatique régionale et ses impacts sur la santé, l'environnement, les risques et les activités humaines

Enjeu 2 : L'atténuation du changement climatique

Orientation 1

Soutenir le développement des énergies renouvelables les moins impactantes pour l'environnement (énergies marines renouvelables...)

Orientation 2

Développer les filières courtes pour l'approvisionnement local en produits agricoles

Orientation 3

Promouvoir des modes de transport moins polluants (transports collectifs, covoiturage, véhicules hybrides...)

Orientation 4

Améliorer la performance thermique des logements

Orientation 5

Promouvoir des pratiques agricoles et de gestion des sols favorables à la séquestration du carbone et respectueux de la qualité des milieux

Enjeu 3 : L'adaptation au changement climatique

Orientation 1

Sensibiliser les décideurs territoriaux à la nécessaire adaptation de leur urbanisme au changement climatique

Orientation 2

Délocaliser les activités rendues vulnérables par la montée du niveau de la mer

Orientation 3

Mobiliser les acteurs pour une rationalisation de l'utilisation de la ressource en eau

Orientation 4

Soutenir l'adaptation des pratiques agricoles et forestières



Sandrine Héricher/DREAL BN

6. Acteurs régionaux et bibliographie

À découvrir dans ce chapitre

- ▶ Acteurs régionaux
- ▶ Bibliographie

1 Acteurs régionaux

▶ **ADEME** : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

www.basse-normandie.ademe.fr

- Aide financière et technique sur les démarches de réduction de GES et d'amélioration de la qualité de l'air tels, les plans climats énergie territoriaux, les Plans déplacements entreprises et les bilans carbone®
- Aide méthodologique et technique aux porteurs de projets
- Conseil et sensibilisation aux problématiques liées au climat et à l'énergie...



▶ **Communes et regroupement de communes**

- Aménagement du territoire
- Réalisation des documents d'urbanisme (SCoT, PLU...)

▶ **Conseils départementaux**

www.calvados.fr

www.manche.fr

www.orne.fr

- Gestion, modernisation et entretien du réseau routier départemental
- Gestion des transports collectifs départementaux et interurbains
- Soutien au développement des énergies renouvelables
- Politique de soutien aux actions visant à réduire nos déchets à la source



▶ **Conseil régional de Basse-Normandie**

www.cr-basse-normandie.fr

- Co-pilotage et déclinaison du « Schéma régional Climat, Air, Énergie »
- Soutien des établissements publics et privés dans la réalisation d'actions de réduction des GES tels que les plans climats énergie territoriaux ou les bilans carbone®
- Organisation des transports ferroviaires régionaux et participation au développement de l'offre alternative de transport sur le territoire bas normand



▶ **DREAL**

www.basse-normandie.developpement-durable.gouv.fr

- Accompagnement des collectivités dans l'intégration des problématiques relatives au climat (plans climats énergie territoriaux, agendas 21...)
- Co-pilotage de l'élaboration du « Schéma Régional Climat, Air, Énergie »
- Rôle d'autorité environnementale : évaluation des plans et programmes sur l'environnement et notamment des objectifs de réduction des GES



- Suivi des installations classées soumises à des normes de rejets de polluants atmosphériques dans l'environnement
- Coordination de l'ensemble des données relatives aux émissions de GES
- Mise à disposition et analyse de l'information statistique sur les transports en direction des partenaires institutionnels et socio-professionnels

► Météo-France

france.meteofrance.com

- Élaboration et diffusion de prévisions
- Suivi en temps réel et différé de la climatologie (radar météorologique, stations automatisées, postes climatologiques)
- Informations sur le climat et le changement climatique



► Préfecture de région

www.basse-normandie.gouv.fr

- Mise en œuvre de la politique du gouvernement dans le domaine de l'environnement
- Rôle d'autorité environnementale : évaluation des plans et programmes sur l'environnement et notamment des objectifs de réduction de GES



► Préfectures de département

www.calvados.gouv.fr

www.manche.gouv.fr

www.orne.gouv.fr

- Mise en œuvre départementale de la politique du gouvernement dans le domaine de l'environnement



► Université de Basse-Normandie : le Géophen

www.unicaen.fr

- Recherche et enseignement supérieur en géographie physique,
- Elaboration de cartes synthétiques et didactiques



► Territoires à Énergie Positive pour la Croissance Verte (TEPCV)

Un territoire à énergie positive est un territoire qui définit un programme d'actions en faveur de la mutation énergétique et économique. Il se fixe des objectifs dans les domaines suivants :

- la réduction de la consommation d'énergie dans les bâtiments ;
- la diminution des émissions de gaz à effet de serre dans les transports ;
- une gestion plus durable des déchets ;
- le développement des énergies renouvelables ;
- la préservation de la biodiversité ;
- l'éducation à l'environnement et la participation citoyenne.

Les structures porteuses des TEPCV en Basse-Normandie :

- Syndicat Mixte Caen-Métropole
- Caen la mer
- Ville de CAEN
- Communauté de Communes Sèves-Taute
- Communauté urbaine de Cherbourg
- Conseil général de la Manche
- Communauté Urbaine d'Alençon

2 Bibliographie

- Association pour l'Atlas de Normandie. *Atlas de Normandie*. Caen. 1970.
- Cantat Olivier. *Les caprices du climat normand. La variabilité des températures et ses conséquences dans une région 'tempérée' non dénuée d'excès...* Actes des Journées de Climatologie de la Commission Climat et société : l'apport des géographes climatologues, Nice, pp. 89-110. 2006.
- Collectif, sous la direction de Ph. Mérot, V. Dubreuil, D. Delahaye, Ph. Desnos. *CLIMASTER, 2012. Changement climatique dans l'Ouest. Evaluation, impacts, perceptions*. Presses Universitaires de Rennes, 2012, 458 p. ISBN 978-2-7535-2146-9
- Conseil régional et Préfecture de Basse-Normandie. *Schéma régional Climat Air Energie Basse-Normandie*. Caen. Novembre 2013. 326 pages.
- DREAL Basse-Normandie. *Etude sur l'adaptation au changement climatique en Basse-Normandie*. Caen. Avril 2011. 96 pages.
- Escourrou Gisèle. *Climats et types de temps en Normandie*. Thèse de Doctorat d'État. Paris. 1978. Champion. 1081 + 525 pages.
- Groupe d'Experts Intergouvernemental sur L'Evolution du Climat. *Changements climatiques 2014 : rapport de synthèse*. Novembre 2014. 112 pages.
- Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer. *Plan climat de la France. Mise en œuvre du Grenelle Environnement*. Paris. Mars 2010. 127 pages.
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement. *Plan national d'adaptation au changement climatique 2011-2015*. Paris. 2011. 187 pages.
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement. *Plan climat de la France, actualisation 2011*. Paris. 2011. 134 pages.



Sandrine Hélicher/DREAL BN

Sites internet complémentaires :

- Citepa : www.citepa.org
- Information sur les scénarios de projection climatique : www.drias-climat.fr
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) Intergovernmental Panel on Climate Change : www.ipcc.ch
- Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique : onerc.org/indicateurs



PROFIL ENVIRONNEMENTAL DE BASSE-NORMANDIE

Synthèse

Le climat

La Basse-Normandie bénéficie d'un climat de type « tempéré océanique », doux et humide.

Cependant, le terme « tempéré » cache une importante variabilité et un grand nombre d'événements « hors normes ». Des disparités fortes existent entre les régions littorales et l'intérieur des terres. Le relief, malgré des altitudes modestes, joue aussi un rôle substantiel.

Les précipitations, le plus souvent d'origine océanique, se déversent d'abord sur le relief. Selon les secteurs, les cumuls de pluviométries sont très contrastés. C'est ainsi que le Bocage et le Nord du Cotentin recueillent en moyenne plus de 1 100 millimètres de pluie dans une année. Or, les plaines qui s'étendent de l'estuaire de l'Orne jusqu'au Pays d'Argentan, plus protégées, reçoivent moins de 800 millimètres par an.

La variabilité des précipitations est un paramètre avec lequel l'agriculture locale doit aussi fortement s'accommoder : on enregistre parfois, d'une année à l'autre, des variations allant du simple au double !



Emilie Jambu/DREAL BN

La moyenne régionale des températures avoisine les 11°C. La proximité marine joue un rôle primordial. La moyenne dépasse à peine 9,5°C dans certains secteurs de la plaine d'Argentan et s'élève cependant à 12°C à La Hague. Dans le Bocage, le Pays d'Auge et le Perche ainsi que dans les cuvettes d'Argentan et d'Alençon, le caractère continental et la présence ou la proximité du relief entraînent une hétérogénéité des températures et des saisons plus marquées.

Le régime de vent dominant, de secteur Sud-Ouest à Ouest, est commandé par la circulation des centres dépressionnaires du Nord de l'Atlantique à la mer du Nord. Les

côtes de l'Ouest du Cotentin ainsi que les caps situés au Nord de la région, plus exposés, enregistrent les vents les plus forts, notamment durant l'hiver : plus de 140 jours en moyenne de vent fort à La Hague et 45 jours à Alençon.

Au printemps et en été, la brise de mer s'établit fréquemment sur la frange littorale, contribuant à la fois à un meilleur ensoleillement et à la modération des températures de jour. Dans la région des plaines, elle se fait parfois sentir loin dans les terres, jusqu'au pays de Falaise. Le Nord-Cotentin compte en moyenne 1 460 heures d'insolation tandis qu'Alençon ou Caen totalisent un peu plus de 1 620 heures.



L'influence de la distance à la mer sur la durée annuelle d'insolation a un effet double : en situation anticyclonique, les régimes de brise printanière ou estivale favorisent souvent un meilleur ensoleillement côtier. Cependant, les mêmes vents peuvent, sous certaines conditions, générer des « entrées maritimes » aux conséquences inverses.

L'étude de l'évolution climatique régionale montre, sur ces 60 dernières années, une augmentation de la température moyenne de 0,6°C (écart entre les deux dernières normales 1951-80 et 1981-2010). Cette évolution a naturellement un impact très important sur l'ensemble des composantes de l'environnement : biodiversité, cycle de l'eau, vie des sols, élévation du niveau de la mer... Le changement climatique a, par conséquent, des impacts considérables sur les activités humaines et sur la production de richesses. Le développement de phénomènes extrêmes accroît également notre vulnérabilité face aux risques de submersion marine, de tempêtes, d'inondations...

L'enjeu, pour l'ensemble des acteurs du territoire est double. D'une part, il s'agit aujourd'hui de trouver les moyens de limiter, autant que possible le changement climatique avec la diminution des émissions de gaz à effet de serre. D'autre part, il est indispensable de se préparer aux évolutions à venir, avec notamment l'élévation du niveau de la mer et la délocalisation nécessaire d'activités humaines devenues vulnérables.

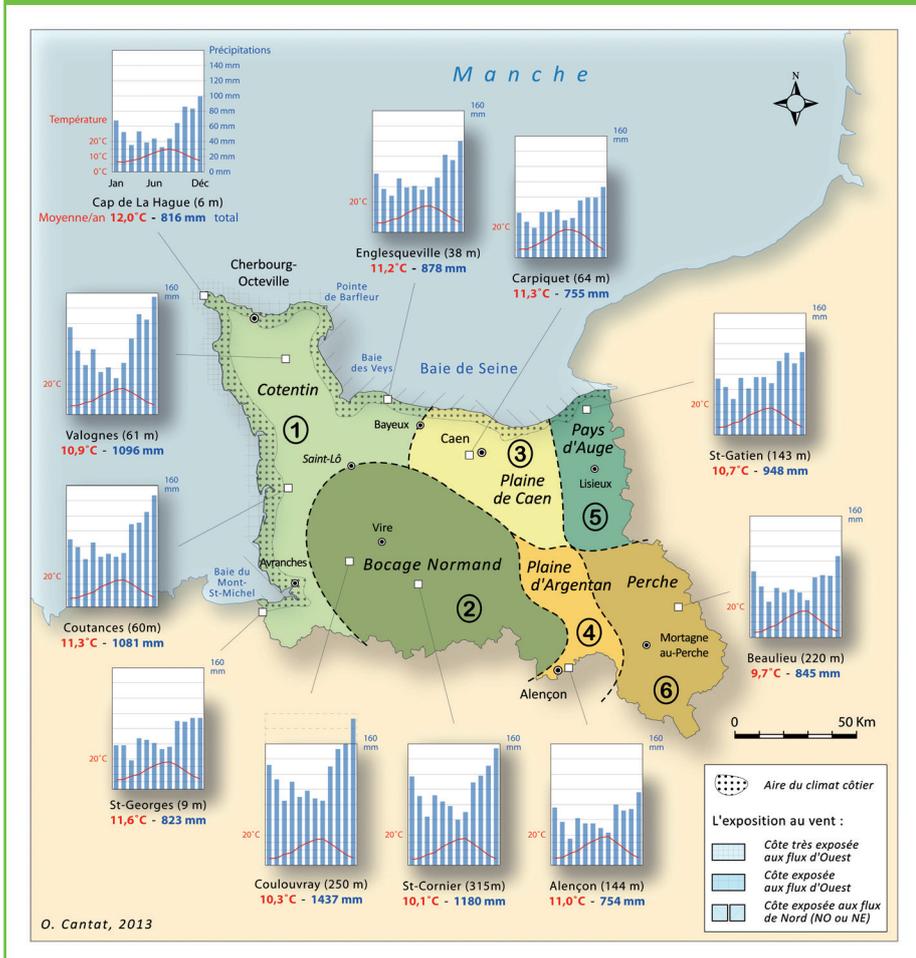


Plus d'infos...

Contenu de la thématique

- ▶ La diversité et la variabilité du climat bas-normand
- ▶ Le climat, composante clé de l'écosystème
- ▶ Les impacts des activités humaines sur l'équilibre climatique
- ▶ Les risques liés au changement climatique

**Profil Environnemental de Basse-Normandie
Les principaux ensembles climatiques**



Fabrice Thérèse/DREAL BN

Carte de synthèse réalisée d'après les cartes de l'Atlas de Normandie (1970), de la thèse de Gisèle Escourrou (1978) et du traitement de données Météo-France sur la période 1991-2000 pour les diagrammes ombro-thermiques (Olivier Cantat, 2013)

► Grille « AFOM »

Les grilles « Atouts Faiblesses Opportunités Menaces » permettent de faire le lien entre le diagnostic et les enjeux.

Elles se construisent par rapport à un objectif. Ici, l'objectif est basé sur les principes du développement durable, à savoir un équilibre entre la qualité environnementale, l'harmonie sociale et le développement économique. Les « atouts et faiblesses » ont une origine interne liée aux caractéristiques régionales, les « opportunités et menaces » ont une origine externe. Les éléments du tableau ont été proposés et validés par les experts des différentes thématiques. Les espaces vides sont aussi porteurs de sens et peuvent ainsi exprimer le poids relatif des atouts, faiblesses, opportunités et menaces.

Atouts	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none">• Pluviométrie moyenne annuelle soutenue favorable à la disponibilité d'une ressource en eau• Caractéristiques éoliennes et maritimes offrant un potentiel important de gisement d'énergies renouvelables avec l'éolien off-shore et terrestre et l'hydrolien• Forte présence de l'agriculture sur le territoire régional (73 % du territoire en surface agricole utile) : possibilité de développement de filières courtes	<ul style="list-style-type: none">• Forte variabilité temporelle et spatiale du climat bas-normand• Périodes de tensions sur la ressource en eau dans certains secteurs• Impacts de la variabilité climatique sur les risques naturels (inondations, submersions marines, mouvements de terrains, tempêtes, sécheresse...)• Étalement urbain générateur de pollutions, de surconsommation d'énergie et d'émissions de GES• Bâti globalement en situation de faible performance énergétique• Région fortement émettrice de gaz à effet de serre en lien avec la production agricole et les transports
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none">• Développement de l'économie verte• Evolution des pratiques agricoles et forestières• Développement des intercommunalités favorisant de nouveaux modes de réflexion sur la gestion des ressources et des déplacements• Amélioration de la performance thermique du parc de logements• Développement de modes de transports « doux »	<ul style="list-style-type: none">• Changement climatique global• Augmentation du trafic routier



► Enjeux et orientations

L'ordre de présentation correspond à l'approche méthodologique du diagnostic.

Enjeu 1 : La connaissance

Orientation 1

Développer et partager la connaissance sur l'évolution climatique régionale et ses impacts sur la santé, l'environnement, les risques et les activités humaines

Enjeu 2 : L'atténuation du changement climatique

Orientation 1

Soutenir le développement des énergies renouvelables les moins impactantes pour l'environnement (énergies marines renouvelables...)

Orientation 2

Développer les filières courtes pour l'approvisionnement local en produits agricoles

Orientation 3

Promouvoir des modes de transport moins polluants (transports collectifs, covoiturage, véhicules hybrides...)

Orientation 4

Améliorer la performance thermique des logements

Orientation 5

Promouvoir des pratiques agricoles et de gestion des sols favorables à la séquestration du carbone et respectueux de la qualité des milieux

Enjeu 3 : L'adaptation au changement climatique

Orientation 1

Sensibiliser les décideurs territoriaux à la nécessaire adaptation de leur urbanisme au changement climatique

Orientation 2

Délocaliser les activités rendues vulnérables par la montée du niveau de la mer

Orientation 3

Mobiliser les acteurs pour une rationalisation de l'utilisation de la ressource en eau

Orientation 4

Soutenir l'adaptation des pratiques agricoles et forestières



Plus d'infos...

Ce document est un extrait du Profil environnemental de Basse-Normandie. Il a pour objectif de rendre l'information environnementale plus vivante et accessible.

Neuf livres thématiques numériques ont été réalisés :

-  Les repères de territoire
-  Le climat
-  L'air
-  L'eau
-  La biodiversité
-  La mer et le littoral
-  Les sols
-  Les sous-sols et la géodiversité
-  Les paysages

Ces publications ont été réalisées avec de nombreux experts et acteurs de l'environnement. Elles sont consultables sur le site internet de la DREAL. Leur actualisation en temps réel repose sur un réseau actif de contributeurs, garants de la qualité des analyses, des références et des informations transmises. Un échange est possible avec les bénéficiaires qui peuvent proposer des développements nouveaux, des illustrations et transmettre des observations.

Les principaux contributeurs :

- ADEME
- Air C.O.M.
- Agence Régionale de Santé
- Conseil régional
- DRAAF
- DREAL et DDT(M)
- IFREMER
- INSEE
- Météo-France
- Préfectures
- Université