

Données & Analyses

CHIFFRES CLÉS DE L'ÉVOLUTION DU CLIMAT EN BRETAGNE

ÉDITION 2025



ÉDITO



M. Yann Soulabaille

Président de l'Observatoire de l'environnement en Bretagne, Vice-Président délégué à la biodiversité, aux espaces naturels sensibles et à l'eau du Département d'Ille-et-Vilaine

Le changement climatique n'est plus à démontrer et ses impacts sur la planète de plus en plus visibles, notamment en Bretagne. Des phénomènes tels que l'élévation du niveau de la mer, l'acidification des océans et l'intensification des événements météorologiques extrêmes illustrent l'urgence d'agir.

Les initiatives nationales ou propres à certains territoires pour une « transition écologique » d'adaptation ou d'atténuation ne manquent pas. Parmi les plus récentes, la Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV) 2015, le Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC) 2011, mis à jour en 2018 et 2025, France Relance 2020, la Loi Climat et Résilience (2021), les Schémas Régionaux d'Aménagement et de Développement Durable du Territoire (SRADDT) 2015, appuyés en Bretagne par la BreizhCop (2017) ou encore les Plans Climat Air Énergie Territoriaux (PCAET - 2015), sans parler des nombreuses initiatives citoyennes.

Pourtant, en dépit de toutes les mobilisations, de toutes les alertes, de tous les événements climatiques dramatiques en Europe, les changements dans nos territoires, dans nos modes de vie et dans nos méthodes de production ne sont pas à la hauteur des enjeux. Le changement climatique va se poursuivre et ses conséquences s'amplifier.

Pour fixer un cadre, des orientations et des objectifs, l'Etat a établi une trajectoire de référence (TRACC) qui, sur la base des données du GIEC, définit les niveaux de réchauffement attendus par rapport à l'ère préindustrielle, selon trois horizons temporels : 2030, 2050 et 2100. Cette première édition des chiffres clés du climat en Bretagne s'appuie sur les horizons de la TRACC pour présenter un état des lieux régional des connaissances et appréhender les évolutions climatiques à venir.

Les diverses thématiques environnementales et aléas climatiques traités vous aideront à saisir l'ampleur et la rapidité des transformations environnementales attendues. Ce socle de connaissances robuste sera également précieux pour favoriser le dialogue, la définition de politiques d'adaptation, ainsi que leur suivi et leur évaluation.

Précis et rigoureux, le travail de l'observatoire s'appuie sur un réseau d'experts qui ont mis leur expertise au service d'une connaissance partagée indispensable. Nous tenons à les remercier sincèrement et à rappeler l'apport capital des scientifiques dans cette démarche.

Il est essentiel que chaque décideur, chaque citoyen prenne conscience de son rôle dans ce défi collectif.

Puisse ce document y contribuer.

AVANT-PROPOS

C'est aujourd'hui une réalité incontestable, le changement climatique n'épargne pas et n'épargnera pas la Bretagne. Il faut donc s'y préparer, ce qui suppose d'établir un diagnostic rigoureux et à jour sur le plan scientifique. En effet, sur les 10 dernières années, par rapport aux données qui avaient servi de base à la réflexion de la Breizh COP, les connaissances ont progressé mais aussi, hélas, le changement climatique et les risques associés à ses impacts, car les émissions globales de gaz à effet de serre ont continué d'augmenter.

Le travail de synthèse remarquable réalisé par l'OEB s'appuie sur des expertises et forces scientifiques, notamment en région Bretagne. De nombreux chercheurs, parmi lesquels des membres du Haut Conseil Breton pour le Climat, ont contribué à la relecture de ce document, qui concrétise les liens établis dès l'origine entre nos deux structures.

Ces chiffres clés proposent de manière richement illustrée à la fois les manifestations déjà sensibles du changement climatique, basées sur des observations, mais aussi les évolutions possibles extraites des modélisations climatiques, regroupées dans le cadre de la Trajectoire d'Adaptation à +4°C définie au niveau national.

Les risques auxquels on doit se préparer sont nombreux et les enjeux pour la région sont d'autant plus grands que des événements extrêmes de plus en plus violents accompagneront le réchauffement tendanciel. Ils concernent notamment :

- Le littoral soumis à la montée inéluctable du niveau des mers, à l'érosion et au recul du

trait de côte et aux risques de submersion notamment lors des épisodes tempétueux.

- La qualité et la quantité de la ressource en eau avec un double risque d'aggravation des pénuries l'été (sécheresses plus longues et plus intenses) et d'excès hivernal, comme l'ont rappelé les récentes inondations le long de la Vilaine.
- L'ensemble des activités économiques et principalement l'agriculture mais aussi le secteur touristique où les variations saisonnières de fréquentation créent déjà des points de crispation.
- Les conditions de vie et de santé qui se dégraderont lors des périodes de fortes chaleurs comme on a pu déjà les subir en 2003 ou en 2022 et particulièrement dans les villes du fait du phénomène d'îlot de chaleur.

Comprendre ces risques et l'ensemble de leurs impacts aux échelles y compris les plus locales, analyser les vulnérabilités humaines et environnementales et construire des réponses à court et long terme doivent devenir prioritaires pour tous les territoires. Ces chiffres clés du climat doivent ainsi conduire l'ensemble des acteurs à penser et à agir de manière forte pour lutter contre le changement climatique et s'adapter.

Anne-Marie Tréguier
Co-Présidente du HCBC

Vincent Dubreuil
Co-Président du HCBC



REMERCIEMENTS

Ceux et celles qui ont contribué à ce travail au côté de l'Observatoire de l'environnement en Bretagne

Emilie Roch-Pautet, AQC
Alexandre Boisson, BRGM
Pauline Drzewiecki, BRGM
Sylvestre Le Roy, BRGM
Flora Lucassou, BRGM
Jean-Pierre Vergnes, BRGM
Lamine Ighil Ameur, Cerema
Tom Baudouin, DRAAF Bretagne
Christèle Gernigon,
DRAAF Bretagne

Géraldine Amblard,
DREAL Bretagne
Thomas Belin, DREAL Bretagne
Nicolas Bouvier, DREAL Bretagne
Maud Ozenne, DREAL Bretagne
Louis Héraut, INRAE
Eric Sauquet, INRAE
Jean-Philippe Vidal, INRAE
Guillaume Charria, IFREMER
Alain Henaff, IUEM (Brest)

Peggy Rimmelin Maury,
IUEM (Brest)
Vincent Dubreuil, LETG (Rennes 2)
Franck Baraer, Météo-France
Lola Corre, Météo-France
Brigitte Dubuisson, Météo-France
Fabienne Rousset, Météo-France
Emmanuelle Sultan, MNHN
Mathieu Pansart,
Rennes Métropole
Nicolas Pouvreau, SHOM

SOMMAIRE

05 > 10

La Bretagne et le changement climatique global

p.6 > Face au changement climatique, atténuer et s'adapter

p.8 > La TRACC, trajectoire de référence pour s'adapter au changement climatique

p.9 > Zoom sur : projeter les climats futurs

p.10 > Zoom sur : les indicateurs climatiques

11 > 23

Le climat change en Bretagne

p.12 > Point de départ : le climat breton

p.14 > Les évolutions passées et futures des températures et précipitations

p.20 > Les fortes chaleurs

p.22 > Les vagues de chaleur

24 > 38

Extrêmes et phénomènes climatiques terrestres

p.25 > Les sécheresses

p.32 > Les feux de forêt et de landes

p.34 > Les inondations

p.38 > Le retrait-gonflement des sols argileux (RGA)

39 > 47

Extrêmes et phénomènes climatiques littoraux et maritimes

p.40 > L'élévation du niveau de la mer

p.41 > Les tempêtes

p.42 > L'érosion côtière

p.44 > Les submersions marines

p.46 > Acidité, température et salinité des eaux côtières et océans

48 > 53

Méthodologies et limites

54 > 55

Bibliographie

56

Glossaire et acronymes

57

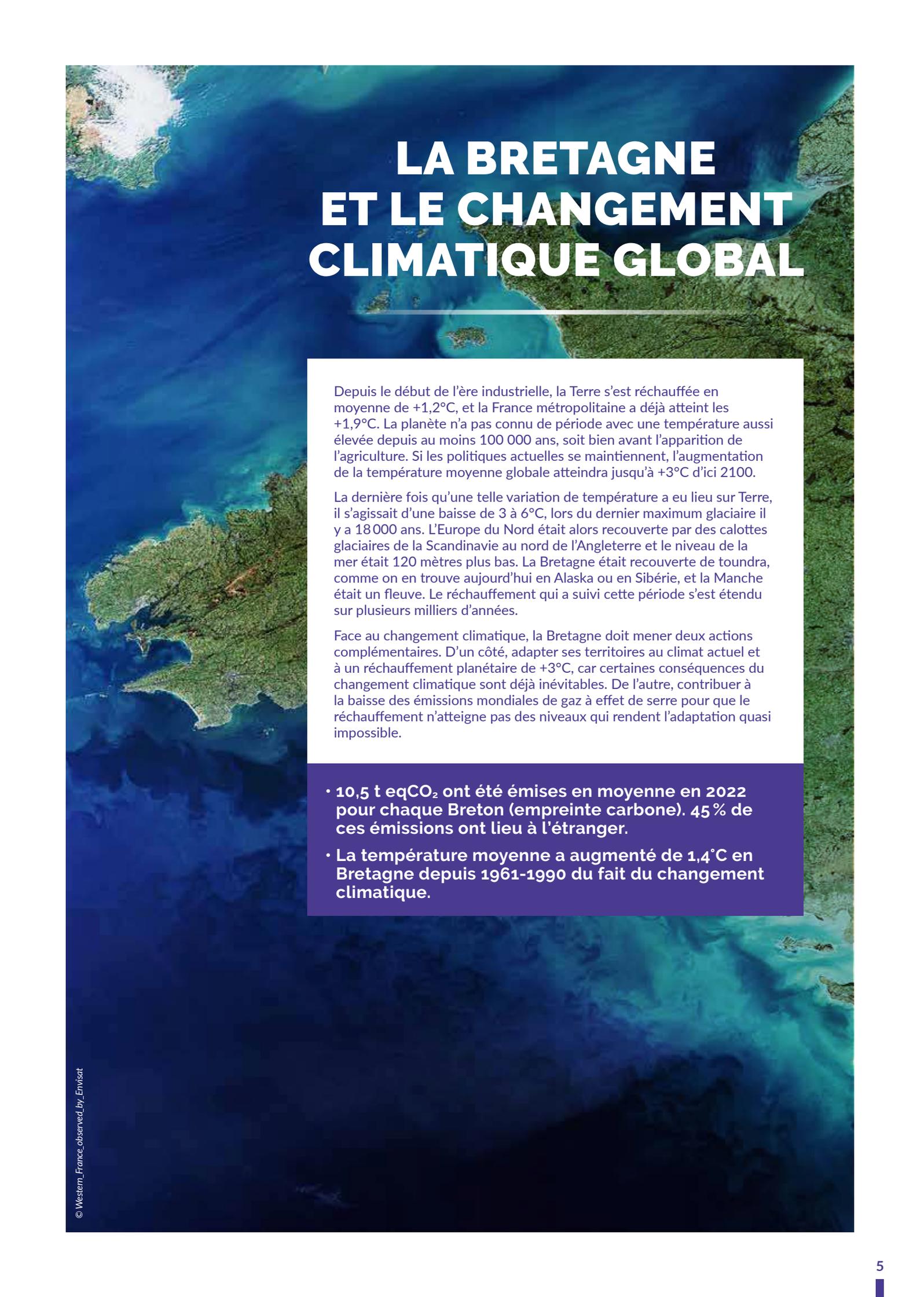
Définitions techniques des indicateurs climatiques

30 > 31
Infographie de synthèse :
« La Bretagne dans une
France à +4°C »



CLIMAT, MÉTÉO & CHANGEMENT CLIMATIQUE

La météo est une description du temps qu'il fait au jour le jour, le climat est une description du temps typique d'un territoire sur le long terme. Au regard de ce climat, la météo peut être soit fréquente, soit exceptionnelle. C'est la variabilité naturelle, ou le « hasard » du climat. Si une météo exceptionnelle devient fréquente sur le long terme, on sort de cette variabilité : le climat a changé.



LA BRETAGNE ET LE CHANGEMENT CLIMATIQUE GLOBAL

Depuis le début de l'ère industrielle, la Terre s'est réchauffée en moyenne de +1,2°C, et la France métropolitaine a déjà atteint les +1,9°C. La planète n'a pas connu de période avec une température aussi élevée depuis au moins 100 000 ans, soit bien avant l'apparition de l'agriculture. Si les politiques actuelles se maintiennent, l'augmentation de la température moyenne globale atteindra jusqu'à +3°C d'ici 2100.

La dernière fois qu'une telle variation de température a eu lieu sur Terre, il s'agissait d'une baisse de 3 à 6°C, lors du dernier maximum glaciaire il y a 18 000 ans. L'Europe du Nord était alors recouverte par des calottes glaciaires de la Scandinavie au nord de l'Angleterre et le niveau de la mer était 120 mètres plus bas. La Bretagne était recouverte de toundra, comme on en trouve aujourd'hui en Alaska ou en Sibérie, et la Manche était un fleuve. Le réchauffement qui a suivi cette période s'est étendu sur plusieurs milliers d'années.

Face au changement climatique, la Bretagne doit mener deux actions complémentaires. D'un côté, adapter ses territoires au climat actuel et à un réchauffement planétaire de +3°C, car certaines conséquences du changement climatique sont déjà inévitables. De l'autre, contribuer à la baisse des émissions mondiales de gaz à effet de serre pour que le réchauffement n'atteigne pas des niveaux qui rendent l'adaptation quasi impossible.

- **10,5 t eqCO₂ ont été émises en moyenne en 2022 pour chaque Breton (empreinte carbone). 45 % de ces émissions ont lieu à l'étranger.**
- **La température moyenne a augmenté de 1,4°C en Bretagne depuis 1961-1990 du fait du changement climatique.**

FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ATTÉNUER ET S'ADAPTER

Le changement climatique est déjà perceptible en Bretagne. Pour limiter ses impacts, deux types d'actions existent. L'atténuation vise à agir sur les émissions de gaz à effet de serre du territoire et de ses habitants pour réduire l'ampleur du changement climatique. L'adaptation a pour objectif de diminuer la vulnérabilité du territoire à ce changement.

L'importance du changement climatique en Bretagne dépend des quantités de gaz à effet de serre (GES) qui ont été et seront émises sur la planète. Ces émissions mondiales continuent d'augmenter, à un rythme de +36% depuis 2000.

Afin d'estimer l'ampleur du changement climatique futur, le GIEC a développé plusieurs scénarios socio-économiques entraînant différentes trajectoires d'émissions de GES, de très faibles à très élevées.

Les deux scénarios les plus optimistes conduisent à des émissions très faibles et faibles, qui baissent dès 2025 et atteignent la neutralité carbone en 2050 ou 2080. Ils respectent les Accords de Paris, qui visent une limitation du réchauffement sur Terre à 1,5 et 2°C en 2100 par rapport à la fin de la période préindustrielle (1850-1900).

À l'autre extrême, le scénario le plus pessimiste, avec des émissions de GES très élevées et en croissance continue (triplement pour 2075), conduit à un réchauffement de la planète de 4,4°C en 2100, allant jusqu'à 5,7°C pour les projections les plus pessimistes.

Les Nations unies estiment que, si les politiques climatiques mises en place par les États en 2023 se maintiennent, et celles annoncées sont effectivement réalisées, le réchauffement sur Terre atteindra environ +3°C en 2100. Cette trajectoire de réchauffement a été retenue par l'État français pour guider les politiques d'adaptation territoriales.

La température sur Terre continuera d'augmenter à un niveau qui dépendra de nos émissions futures, rendant indispensables des actions fortes d'adaptation en Bretagne



Renforcer l'atténuation,
s'engager dans l'adaptation
tinyurl.com/attenuerAdapter

Réduire les émissions mondiales de gaz à effet de serre et favoriser les puits de carbone

La Bretagne doit participer aux efforts globaux pour

atténuer

les causes du changement climatique en réduisant ses émissions de gaz à effet de serre

ÉVITER L'INGÉRABLE

PAR DES EFFORTS COLLECTIFS À L'ÉCHELLE MONDIALE SUR LE LONG TERME

Plus la Terre se réchauffera, plus les conséquences seront dramatiques et l'adaptation impossible

Atténuer collectivement le changement climatique

Les efforts de réduction des émissions de GES, doivent être portés collectivement par chaque pays, selon leurs capacités, et le principe de responsabilité commune mais différenciée, liée aux émissions historiques.

En France, la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) définit les objectifs nationaux de réduction des GES à 2030 et 2050, en tenant compte des objectifs européens et de l'Accord de Paris. Ils sont déclinés au niveau régional via le SRADDET (Schéma régional d'Aménagement, de Développement durable et d'Égalité des Territoires).

Les gaz à effet de serre passés et futurs vont agir sur le climat pour plusieurs décennies du fait de l'inertie du système climatique. Plus la planète se réchauffera, et plus les actions d'adaptation seront coûteuses et complexes, voire impossibles à mettre en place.

Réchauffement sur Terre en 2100 par rapport à 1850-1900

+4,4°C
+4°C

+3°C

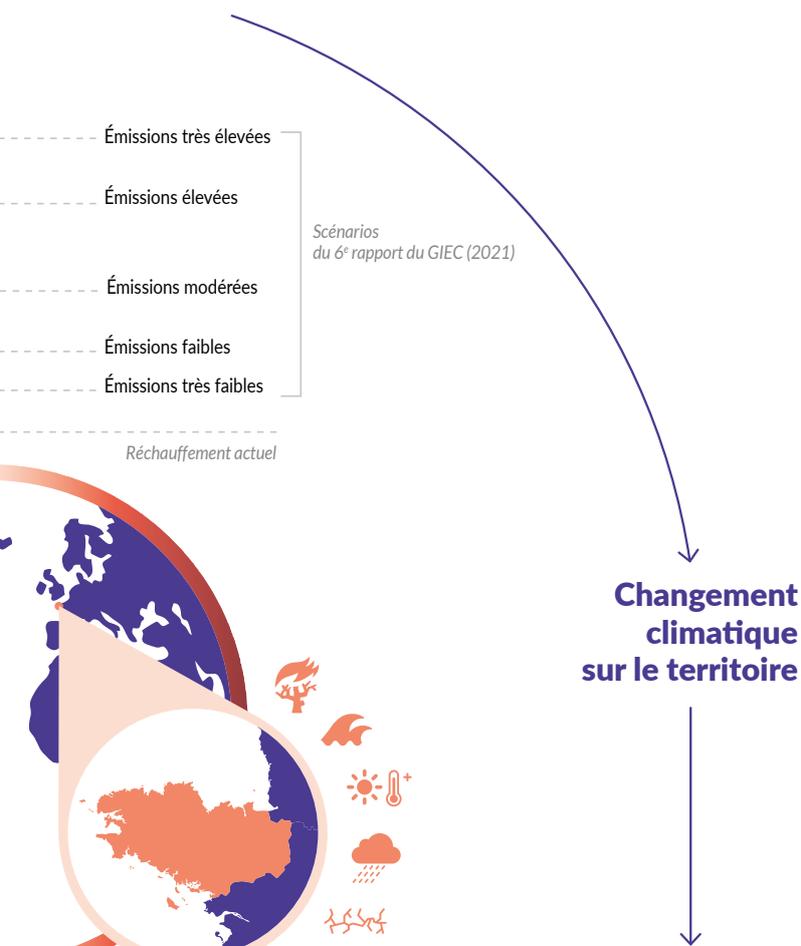
+2°C

+1,2°C

Tendance si les politiques climatiques mises en place ou annoncées par les États en 2023 se maintiennent. C'est la trajectoire de référence pour l'adaptation en France

CO₂

Température moyenne sur Terre



La Bretagne doit développer des politiques régionales et locales afin de

s'adapter

aux impacts du changement climatique en diminuant la vulnérabilité des territoires

La Terre s'est déjà réchauffée de +1,2°C, et ce réchauffement va se poursuivre quel que soit le niveau des émissions futures de gaz à effet de serre

GÉRER L'INÉVITABLE

PAR DES EFFORTS LOCAUX AVEC DES EFFETS À COURT-TERME

S'adapter localement au changement climatique

L'adaptation est la démarche d'ajustement d'un territoire à son climat actuel et à venir, ainsi qu'à ses conséquences. Elle a pour but de nous préparer à « gérer l'inévitable » en nous permettant de vivre avec les impacts actuels et futurs du changement climatique. L'adaptation est une action à l'échelle locale, chaque territoire étant affecté différemment par le changement climatique selon ses caractéristiques.

Le PNACC, Plan National d'Adaptation au Changement Climatique, permet aux territoires d'avancer de manière coordonnée en matière de planification des actions d'adaptation.

Ces actions d'adaptation sont encore peu présentes dans les territoires bretons. Elles concernent en moyenne 22% des actions des plans climat-air-énergie territoriaux (PCAET), avec de fortes disparités selon les territoires (3 à 48%).

LES DÉFINITIONS DE L'ADAPTATION

LA VULNÉRABILITÉ

L'adaptation vise, en pratique, à réduire la vulnérabilité du territoire face au changement climatique.

La notion de vulnérabilité exprime l'effet potentiel d'un phénomène climatique sur les enjeux d'un territoire. Parfois synonyme de risque, elle est généralement considérée comme le croisement de l'exposition et de la sensibilité des enjeux d'un territoire au changement climatique.

LES ENJEUX

Le GIEC définit comme enjeux ce qui a de la valeur pour le territoire : les personnes, les moyens de subsistance, les espèces ou écosystèmes, les fonctions, ressources ou services environnementaux ainsi que les infrastructures et les biens économiques, sociaux et culturels.

EXEMPLE :

Une partie importante de la population du territoire est fragile : personnes âgées, enfants.

L'EXPOSITION

L'exposition est la localisation d'enjeux dans un lieu ou dans une situation susceptible de subir des dommages avec le climat, les aléas actuels ou leur évolution future.

EXEMPLE :

Les bâtiments vont subir des vagues de chaleur d'une intensité inédite dans le futur. Ces chaleurs seront plus fortes dans les zones hautement urbanisées, par rapport aux zones rurales.

LA SENSIBILITÉ

La sensibilité est le degré auquel les enjeux peuvent être affectés par l'évolution du climat, que ce soit favorablement ou défavorablement.

EXEMPLE :

Les bâtiments de cette zone urbaine ont des caractéristiques architecturales qui font qu'ils ne garantissent pas un bon confort d'été.

La sensibilité peut être diminuée par la capacité d'adaptation du territoire et de ses habitants aux évolutions climatiques, en gérant les crises, en saisissant les opportunités et en inventant des réponses aux conséquences de long terme.

Cette capacité d'adaptation est la résultante de la cohésion sociale, de la diversification économique, des changements politiques et institutionnels mais aussi des conditions de vies des habitants.

En mobilisant cette capacité, le territoire peut passer d'une adaptation réactive à une adaptation plus proactive et transformative, le rendant plus résilient face au changement climatique.

EXEMPLE :

La commune intègre dans ses politiques de rénovation des critères de confort d'été, cette capacité du territoire à s'adapter réduit sa sensibilité.

LA TRACC, TRAJECTOIRE DE RÉFÉRENCE POUR S'ADAPTER AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Afin de planifier les actions d'adaptation des territoires, la France s'est dotée d'une trajectoire de réchauffement de référence (TRACC). Cette trajectoire suppose la poursuite des politiques mondiales actuelles de lutte contre le changement climatique, sans révision à la hausse des ambitions, menant à un réchauffement global de +3°C en 2100, ce qui correspond à +4°C en France.

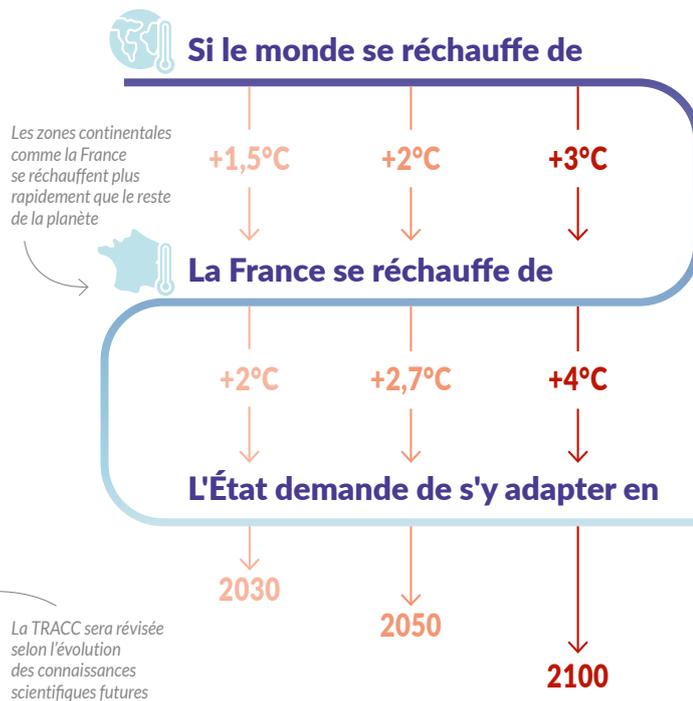
Dans cette publication, les futurs climatiques sont exprimés selon les degrés de réchauffement, par exemple, « Une France à +4°C ». Cette expression fait référence à la TRACC, trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique, mise en place par l'État français dans le cadre de l'élaboration du 3^e Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC3).

La TRACC fixe un réchauffement de la France métropolitaine à un horizon temporel. Elle se calque sur un scénario mondial qui considère la poursuite des politiques mondiales actuelles, sans mesures additionnelles de réduction des émissions de GES, entraînant un réchauffement global de +3°C en 2100. La France se réchauffant plus vite que la moyenne mondiale du fait de sa situation continentale, la TRACC suppose un réchauffement de +2°C en 2030, +2,7°C en 2050 et +4°C en 2100, par rapport à la période préindustrielle 1850-1900.

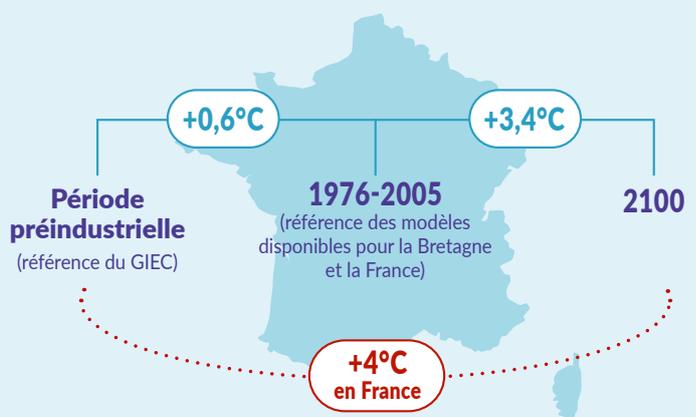
Afin d'être cohérentes avec la TRACC, les projections climatiques sont ici exprimées selon ces degrés de réchauffement de +2,7°C et +4°C. Mais les valeurs projetées ne sont cependant pas associées à une année précise (2050 ou 2100), car le moment où la France se réchauffera de +2,7°C ou +4°C reste incertain.

« Dans une France à +4°C » doit donc être compris comme « Quand la France atteindra +4°C » pour la lecture des données du climat futur.

La mise en place des actions d'adaptation devra considérer que ce réchauffement de +4°C en France arrivera en 2100.



Les périodes de référence des projections climatiques futures



Les indicateurs futurs présentés ici sont exprimés par rapport à la période de référence 1976-2005. Elle est différente de la période de référence utilisée par le GIEC et la TRACC, qui correspond à la période préindustrielle (1850-1900)



Découvrez les données TRACC pour votre territoire dans une France à +4°C
tinyurl.com/4degresBzh

ZOOM SUR PROJETER LES CLIMATS FUTURS

Plusieurs futurs possibles simulés par 17 modèles climatiques

Le climat futur ne peut pas être prédit, il ne peut qu'être projeté selon différents scénarios. Les évolutions possibles du climat sont simulées à l'aide de modèles climatiques. Ces modèles sont ensuite alimentés par des scénarios d'émissions de gaz à effet de serre (GES) allant de 1976 à 2100. Les modèles réagissent différemment à ces scénarios d'émissions de GES. Par exemple, pour un réchauffement de +4°C en France, certains modèles vont donner des futurs plus chauds et plus secs en Bretagne, d'autres, un climat plus pluvieux.

Ici nous utilisons un ensemble de 17 modèles climatiques issus de différents instituts de recherche dans le monde.

Par leur diversité, ils permettent d'approcher au mieux l'éventail des futurs possibles du climat. Pour l'étude des débits des cours d'eau, ces modèles climatiques sont associés à 7 modèles hydrologiques, ce qui donne 119 projections différentes.

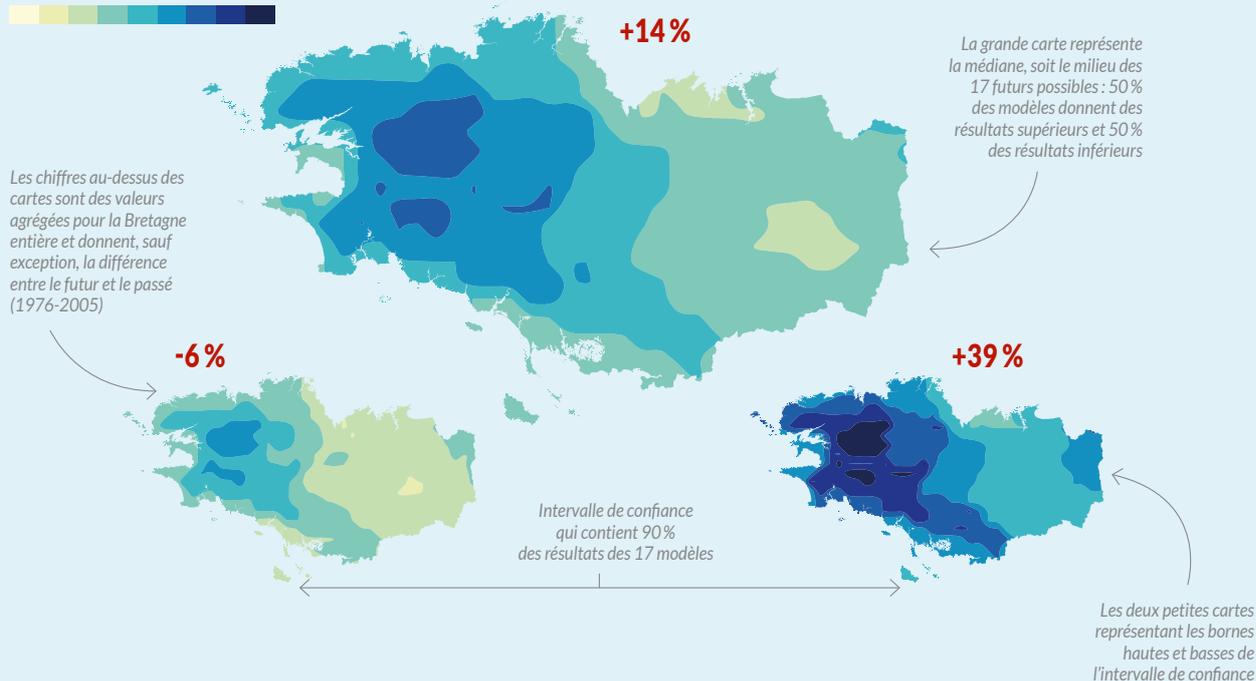
Comment représenter la diversité des futurs climatiques ? Les intervalles de confiance

Aucun futur n'est plus probable qu'un autre, il faut donc prendre en compte l'ensemble des résultats des modèles, et pas seulement une valeur moyenne.

Pour décrire le plus simplement cette dispersion, nous utilisons ici un intervalle de confiance qui englobe 90% des résultats des modèles, ainsi que la valeur centrale, appelée médiane.

Cet intervalle et sa médiane sont représentés sous forme de 3 cartes :

Cumuls de précipitations en hiver (en mm)



Deux modèles contrastés pour les graphiques

En complément des intervalles de confiance, nous avons sélectionné pour les graphiques deux des 17 modèles disponibles, qui donnent des résultats très contrastés sur les précipitations, la sécheresse et les températures. Ils permettent ainsi de bien représenter l'étendue des modélisations en termes de fortes chaleurs, sécheresses et inondations.

MODÈLE TRÈS CHAUD ET SEC

Il est parmi les modèles conduisant à un futur le plus chaud et le plus sec, avec une forte baisse de précipitations en été et peu d'évolution des précipitations extrêmes.

MODÈLE CHAUD ET PLUVIEUX

Il est dans la moyenne des 17 modèles pour les températures mais projette une forte hausse des cumuls annuels et des fortes pluies.



En savoir plus :
la FAQ bretonne du
changement climatique
tinyurl.com/FAQclimat

ZOOM SUR LES INDICATEURS CLIMATIQUES

Un climat est caractérisé par des situations courantes, arrivant en moyenne chaque année et des situations extrêmes, beaucoup plus rares.



Indicateurs de climat moyen

Il s'agit d'indicateurs décrivant l'évolution des situations habituelles du climat, qui arrivent en moyenne tous les ans.

Confort thermique des bâtiments : besoin théorique de régulation thermique des bâtiments en été ou en hiver pour qu'ils restent à une température optimale de vie. Il s'agit d'un indicateur calculé à partir des températures, et non sur base de consommation d'énergie.

Cumul de précipitations : somme de toutes les précipitations tombées sur la période, exprimée en mm (1 mm de pluie correspond à 1 L sur 1 m²).

Débit de crue : débit journalier le plus élevé d'un cours d'eau sur l'année hydrologique, qui ne mène pas forcément à un débordement.

Débit d'étiage : débit journalier le plus bas d'un cours d'eau sur 10 jours consécutifs durant la période dite de basses eaux.

Durée des périodes d'étiage : plus longue période continue avec un débit moyen sur 10 jours particulièrement faible.

Durée de la plus longue période sans pluie de l'année : plus grand nombre de jours consécutifs sans pluie (sur une année).

Évapotranspiration potentielle : évaporation de l'eau par le sol et les plantes.

Événement humide des nappes phréatiques : haut niveau de nappe ayant une probabilité de se produire une fois tous les 5 ans, ou plus, sur la période 1976-2005.

Événement sec des nappes phréatiques : bas niveau de nappe ayant une probabilité de se produire une fois tous les 5 ans, ou plus, par le passé.

Fortes pluies : les 4 jours de pluie les plus intenses sur un an.

Intensité des sécheresses des sols : valeur la plus basse de l'indicateur d'humidité du sol sur une année (plus la valeur est faible, plus les sols sont secs).

Nombre de journées chaudes et journées très chaudes : nombre de jours où la température maximale quotidienne a respectivement dépassé 25 et 30°C.

Indicateurs d'extrêmes

Il s'agit d'indicateurs décrivant les situations extrêmes du climat, qui se produisent rarement. Leur incertitude est plus élevée.

Record de température : température maximale quotidienne la plus élevée sur la période (exemple : 1976-2005, +4°C...).

Température extrême : température maximale quotidienne ayant la probabilité d'être atteinte une fois tous les trois ans sur la période.

Précipitations extrêmes : cumul quotidien ayant la probabilité d'être atteint une fois tous les trois ans sur la période.

Vague de chaleur : épisode avec des températures anormalement élevées, durant au moins quatre jours consécutifs. Cet indicateur peut être moyenné sur un an, ou non, comme dans la page vague de chaleur.

Nombre de jour où les conditions météo sont favorables aux feux de végétation : nombre de jours avec des conditions météorologiques qui entraînent un risque avéré de feux de végétation.

Nombre de jours sans pluie : nombre de jours sur l'année où le cumul des précipitations quotidiennes est inférieur à 1 mm.

Nombre de jours avec sols secs : nombre de jours où la réserve en eau disponible dans les sols est à moins de 40 % de sa valeur optimale pour les plantes.

Nombre de jours avec sols très secs : nombre de jours où l'humidité du sol descend à un niveau drastiquement bas (réserve en eau <20 %).

Nuit chaude : nuit durant laquelle la température ne passe pas sous les 20°C.

Température moyenne quotidienne ou journalière : moyenne des températures minimale et maximale sur une période de 24 h.

Température moyenne (annuelle, saisonnière) : moyenne (annuelle, saisonnière) des températures moyennes quotidiennes pour la période donnée.

Des définitions plus techniques des indicateurs sont proposées en fin de document

LE CLIMAT CHANGE EN BRETAGNE

La Bretagne s'est déjà réchauffée

Le climat breton s'est réchauffé de 1,4°C depuis 1961-1990, une hausse des températures qui s'accélère depuis 1980. Sept des dix années les plus chaudes jamais enregistrées ont eu lieu après 2014.

+4°C

Quand les chaleurs de 2022 deviennent la norme dans le futur

Dans une France à +4°C, tous les modèles s'accordent sur un réchauffement drastique du climat sur tout le territoire breton. Les années comme 2022, actuellement exceptionnelles, deviennent anormalement fraîches. Les records de températures sur 20 ans peuvent atteindre 51°C en Bretagne, selon les modèles les plus pessimistes.

Une vague de chaleur comme celle de 2003, qui n'est arrivée qu'une seule fois en 60 ans, se produit alors en moyenne une fois tous les trois ans. Les sécheresses historiques connues en Bretagne (1976, 2003 et 2022) sont largement dépassées, avec des épisodes pouvant durer jusqu'à un mois et demi sans pluie.

En Bretagne, dans une France à +4°C

- Les précipitations baissent de 26 % en été (fort accord des modèles) et augmentent de 14 % en hiver (accord moyen des modèles).
- Les précipitations restent très aléatoires d'une année sur l'autre.
- Le besoin théorique en fraîcheur dans les bâtiments l'été (confort d'été) est multiplié par 4,5. Les besoins théoriques en chauffage baissent de 32 %.
- Les fortes pluies s'intensifient, mais avec une ampleur incertaine (+6 à +34 %).

POINT DE DÉPART : LE CLIMAT BRETON DE LA PÉRIODE 1976 - 2005

Le climat breton de la période de référence 1976-2005 est doux océanique, nettement plus pluvieux à l'ouest, et plus chaud et sec dans l'est et le sud-est. Le littoral est plus ensoleillé, les étés sont plus frais dans le Finistère et le nord, tandis que l'intérieur des terres vit des hivers plus froids.

Sous influence océanique, le climat breton est réputé pour être doux, pluvieux et venteux. Il n'est pour autant pas homogène sur tout le territoire, avec des variations assez prononcées entre l'est et l'ouest, le littoral et l'intérieur des terres, en plus de l'effet de la latitude et du relief.

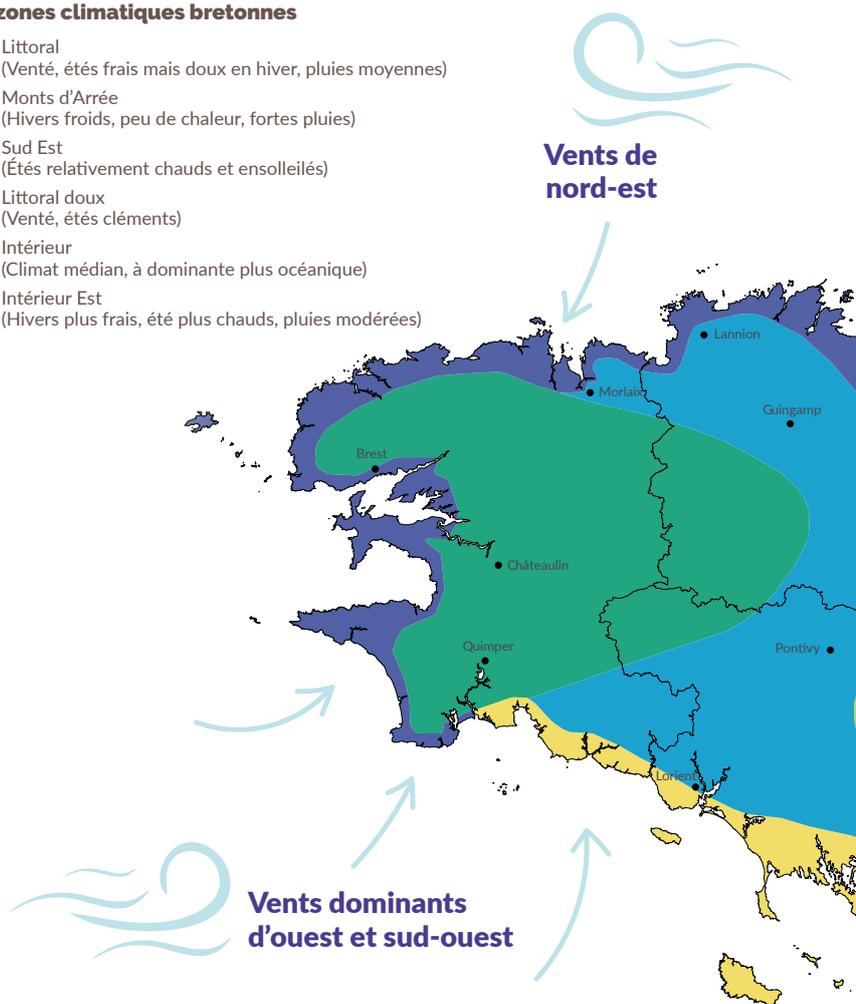
Brest présente un climat doux océanique typique : des températures souvent sous les 25°C en été, rarement négatives en hiver, avec une pluviométrie relativement abondante liée aux perturbations venant de l'Atlantique. C'est un climat qui s'étend globalement sur tout l'ouest de la Bretagne, avec des variations selon le relief. Les pluies sont les plus abondantes dans les **Monts d'Arrée**, point culminant de la Bretagne. Avec 1400 mm de précipitations par an, ce paysage de landes et de tourbières est deux fois plus arrosé que le **bassin rennais**, dont le cumul annuel (600 mm) est similaire à de celui de Montpellier.

L'est de la Bretagne est moins pluvieux, mais aussi plus chaud et sec. Le sud-est, depuis **Rennes** jusqu'à la frontière avec la Loire-Atlantique, est ainsi la zone la plus soumise à la sécheresse des sols. C'est également là que l'on retrouve les températures les plus élevées, au-delà des 30°C, aux côtés du **Golfe du Morbihan**. Cette « petite mer » bénéficie en effet de plus de 2000 heures d'ensoleillement par an, là où **Brest** ne compte que 1500 heures.

Grâce à l'effet de la brise de mer, le littoral breton est généralement plus ensoleillé que **l'intérieur des terres**, tout particulièrement dans le sud. Les températures y sont plus clémentes en hiver, et plus fraîches en été dans le nord et le Finistère.

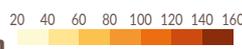
Les zones climatiques bretonnes

- Littoral (Venté, étés frais mais doux en hiver, pluies moyennes)
- Monts d'Arrée (Hivers froids, peu de chaleur, fortes pluies)
- Sud Est (Étés relativement chauds et ensoleillés)
- Littoral doux (Venté, étés cléments)
- Intérieur (Climat médian, à dominante plus océanique)
- Intérieur Est (Hivers plus frais, été plus chauds, pluies modérées)

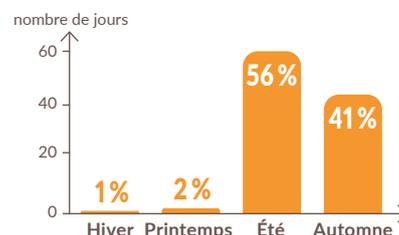


Le sud-est jusqu'à 3 fois plus touché par la sécheresse des sols que le Finistère nord

Nombre de jours avec sols secs par an



Répartition saisonnière du nombre de jours avec sols secs en Bretagne

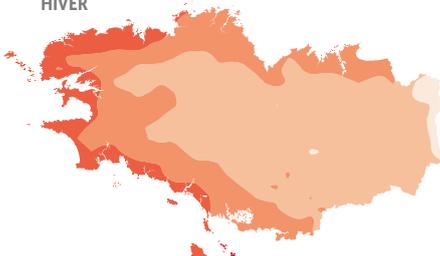


Moins de pluies, des températures plus chaudes en été et donc plus d'évapotranspiration conduisent à des périodes avec sols secs plus longues dans le sud-est de la Bretagne

Un littoral plus doux en hiver, et plus frais en été

Températures moyennes (°C) 4 5 6 7 8 9

HIVER



ÉTÉ

14 15 16 17 18 19



Des températures extrêmes plus fortes dans le sud-est

Températures extrêmes sur l'année (°C)

30 31 32 33 34 35 36 37



Le sud-est de la Bretagne a la probabilité la plus élevée d'observer des températures dépassant les 36°C entre 1976 et 2005 (un jour tous les trois ans)

Des perturbations océaniques qui concentrent les pluies dans l'ouest en automne-hiver

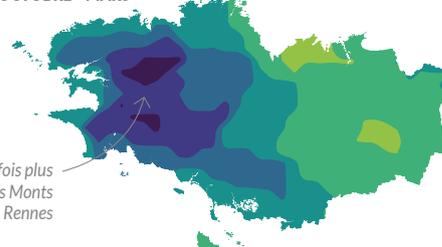
Cumuls de précipitations (mm)

200 300 400 500 600 700 800 900

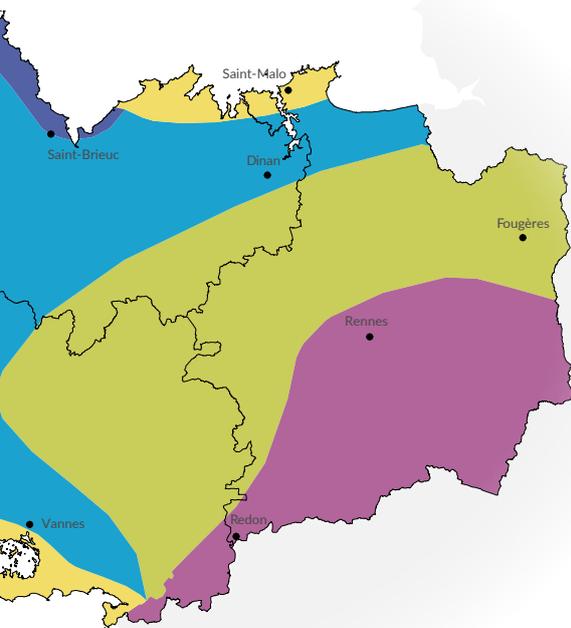
AVRIL - SEPTEMBRE



OCTOBRE - MARS



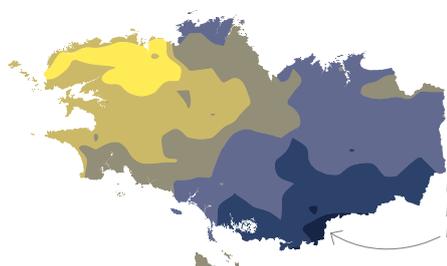
Il tombe deux fois plus de pluies dans les Monts d'Arrée qu'à Rennes



Une évaporation de l'eau par les plantes et le sol plus intense dans le sud-est

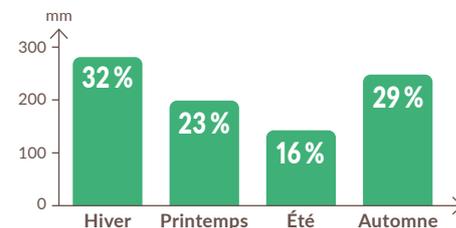
Cumuls d'évapotranspiration moyenne en été (mm)

250 270 290 310 330 350 370

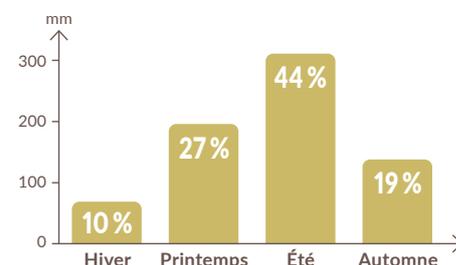


Une élévation de l'évapotranspiration augmente les risques de sécheresse

Répartition des cumuls de précipitations par saison en Bretagne



Répartition saisonnière de l'évapotranspiration en Bretagne



L'ÉVOLUTION PASSÉE DES TEMPÉRATURES

Le climat breton s'est réchauffé en toutes saisons, avec une température moyenne annuelle qui a augmenté de **+1,4°C** depuis 1961-1990. 7 des 10 années les plus chaudes enregistrées ont eu lieu entre 2014 et 2024. Les besoins théoriques en chauffage ont baissé, et ceux en refroidissement des bâtiments ont augmenté.

Un réseau de 14 stations réparties sur tout le territoire, effectuant des mesures robustes et homogènes, permet d'observer une augmentation nette des températures en Bretagne depuis 1961. Une tendance significative à la hausse est constatée sur les indicateurs de températures moyennes annuelles et saisonnières quotidiennes, et sur les journées chaudes à plus de 25°C.

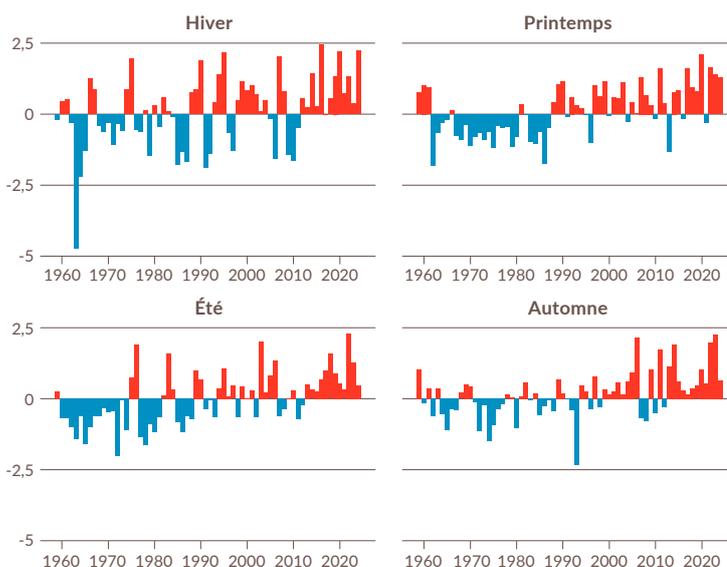
Ce réchauffement breton est clairement relié au changement climatique. Dans presque 100% des stations météo et en toutes saisons, les analyses statistiques montrent en effet que cette évolution n'est pas due à la variabilité naturelle du climat.

Depuis 1961-1990, la température moyenne annuelle en Bretagne a augmenté de 1,4°C. Cette hausse a été plus rapide au printemps (+0,33°C/décennie) et plus lente en automne et hiver (+0,28°C et +0,26°C/décennie). De par sa situation océanique, la Bretagne s'est moins réchauffée que le reste de la France métropolitaine depuis 1961-1990 : +1,7°C au niveau national, et jusqu'à +2°C en Alsace.

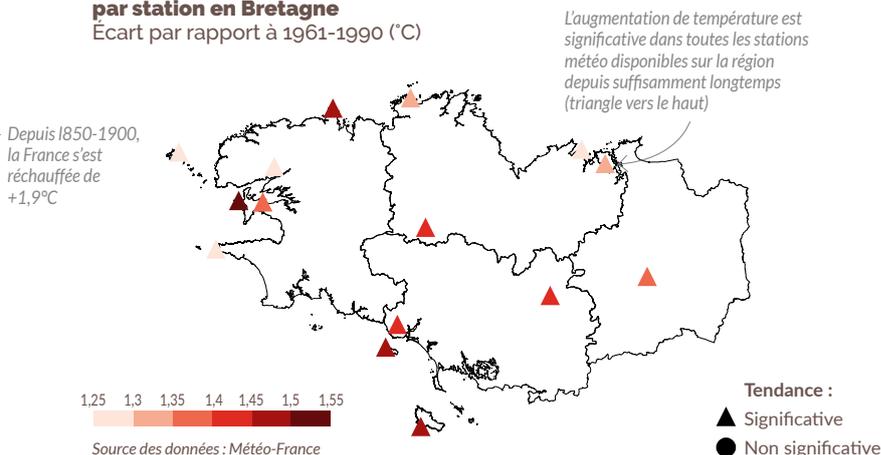
Les conséquences de ce réchauffement sont une hausse des besoins théoriques en confort thermique des bâtiments en été (de +78% à +148%, selon les stations), et une baisse des besoins théoriques en chauffage (-16 à -21%), toutes deux significatives sur 100% des stations.

Le nombre annuel de jours gel est très variable d'un endroit à l'autre en Bretagne. Les gelées sont moins fréquentes sur le littoral que dans l'intérieur des terres, et sont en légère diminution sur tout le territoire (-1 à -2 jours par décennie dans les terres).

Températures moyennes par saison en Bretagne
Écart à la normale 1976-2005 (°C)



Évolution de la température moyenne annuelle par station en Bretagne
Écart par rapport à 1961-1990 (°C)



Une dernière décennie de tous les records

Parmi les dix années bretonnes les plus chaudes depuis 1961, sept ont eu lieu après 2014, avec un trio de tête composé de :

- > 2022 (+1,62°C, écart à la normale 1976-2005)
- > 2023 (+1,61°C, écart à la normale 1976-2005)
- > 2020 (+1,41°C, écart à la normale 1976-2005)

Le record absolu de chaleur en Bretagne a été battu le 18 juillet 2022 avec 41,6°C à Bléruais, à l'ouest de Rennes, et 41,2°C à La Noé-Blanche, près de Redon.



En savoir plus : visualisation sur les tendances de stations en Bretagne
tinyurl.com/climatPasseBzh

L'ÉVOLUTION PASSÉE DES PRÉCIPITATIONS

Les précipitations sont variables d'une année et d'une station à l'autre. Depuis 60 ans, une tendance à l'augmentation des cumuls annuels et estivaux est observée pour une majorité des stations, sans être significative sur toute la Bretagne.

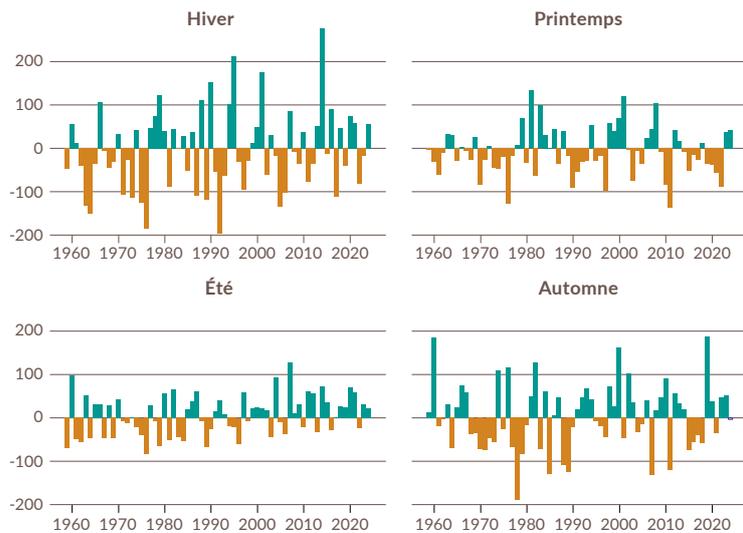
Les tendances sur les précipitations en Bretagne sont beaucoup moins nettes que celles des températures. L'analyse des observations des 28 stations bretonnes montre avant tout que les pluies sont très variables d'une année à l'autre, mais aussi d'une station à l'autre.

Sur la période 1961-2014, quasi toutes les stations mesurent une augmentation des cumuls annuels et saisonniers. Mais cette tendance n'est significative que pour la moitié des stations, et uniquement pour les cumuls annuels et estivaux.

Cette hausse de la pluviométrie varie du simple au quintuple selon les stations : là où on observe +41 mm de cumul annuel par décennie à Queven, juste au nord de Lorient, on atteint à peine +8 mm à Val-d'Izé, dans l'est de l'Ille-et-Vilaine. Brest-Guipavas se situe entre les deux, avec +24 mm de cumul annuel par décennie.

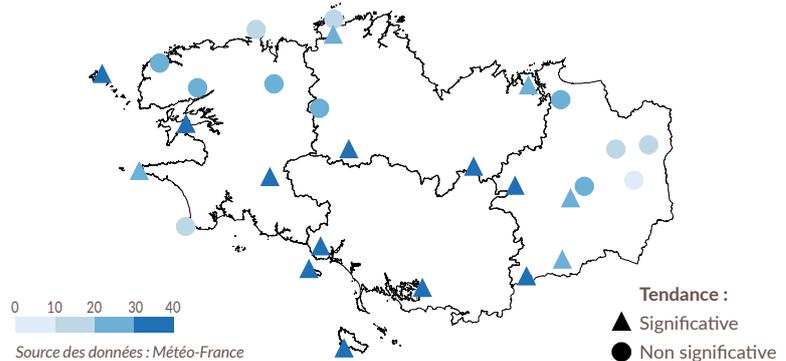
Les tendances dépendent cependant fortement de la période choisie. Une analyse de Météo-France, réalisée en 2023, montre ainsi une diminution des précipitations entre 1959 et 1971, une augmentation entre 1971 et 2000, puis une nouvelle diminution jusqu'en 2022.

Cumuls de précipitations en Bretagne par saison
Écart à la normale 1976-2005 (mm)



On ne voit pas ici d'évolutions aussi nettes que pour les températures. Les pluies sont très variables d'une année à l'autre

Évolution des cumuls de précipitations annuels par station en Bretagne
Entre 1961 et 1990 (mm/décennie)



Tendances climatiques des stations de référence de Météo-France en Bretagne depuis 1961

	Sens de l'évolution	Pourcentage de stations où cette évolution n'est pas due à la variabilité du climat
Nombre de journées chaudes (dépassant 25°C)	↑	90% ✓
Température moyenne (année, automne, été, printemps)	↑	100% ✓
Température moyenne (hiver)	↑	80% ✓
Besoins en chauffage	↓	100% ✓
Besoin en refroidissement	↑	100% ✓
Cumuls de précipitations annuels	↑	57%
Cumuls de précipitations en été	↑	50%
Cumuls de précipitations en hiver	↑	0%
Cumuls de précipitations en automne	↑	0%
Cumuls de précipitations au printemps	↑	0%

On considère qu'il y a un changement climatique ✓ si au moins 80% des stations montrent une évolution statistiquement significative (non due à la variabilité / au hasard du climat)

Ici seules 50% des stations montrent une augmentation significative des précipitations. Sur les autres stations les évolutions observées semblent dues à la variabilité naturelle du climat

Source des données : Météo-France

ÉVOLUTION FUTURE DES TEMPÉRATURES

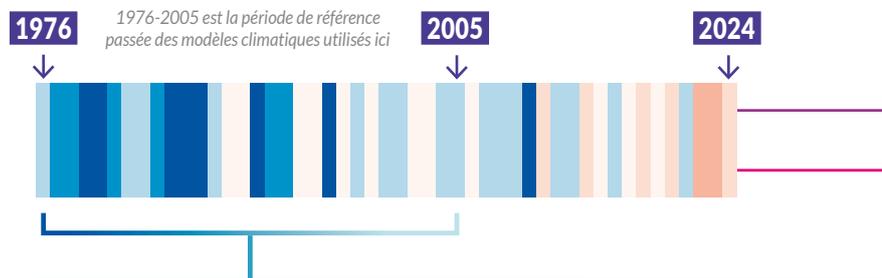
Dans une France à +4°C, le climat breton s'est nettement réchauffé sur tout le territoire, avec le sud-est qui reste en moyenne plus chaud que le nord-ouest. Les années aussi chaudes que 2022 deviennent anormalement fraîches. La hausse drastique des besoins théoriques en confort thermique des bâtiments en été et la baisse de ceux en chauffage se poursuivent sur tout le territoire.

Dans une France à +4°C, tous les modèles s'accordent fortement sur un réchauffement net du territoire breton, quels que soient les indicateurs.

Par rapport à la période de référence 1976-2005, la température moyenne annuelle augmente de 2,9°C en Bretagne, soit en dessous du réchauffement en France métropolitaine, qui atteint les 3,4°C. La région se situe en effet dans une zone qui se réchauffe moins par rapport au reste du pays, et qui englobe des territoires longeant la Manche et l'Atlantique, de la frontière belge jusqu'à l'estuaire de la Loire. Le gradient spatial nord-ouest/sud-est des températures est plus forte dans le Golfe du Morbihan (+3,2°C) que dans les reliefs finistériens (+2,4°C).

Les journées à plus de 25°C sont, selon les territoires, deux à cinq fois plus nombreuses qu'en 1976-2005 : à minima, 17 journées supplémentaires dans le Finistère, et au maximum 54 journées additionnelles dans le sud-est de la Bretagne. Ces hausses conséquentes sont associées à une forte augmentation des besoins théoriques en confort thermique des bâtiments en été (multipliés par 4,5), et à une baisse notable des besoins théoriques en chauffage, de -32%. Le nombre de jours de gel est divisé par trois, passant de 23 à 7 jours en moyenne pour toute la Bretagne.

Cette hausse des températures dans une France à +4°C va également entraîner une hausse de l'évaporation de l'eau par les sols et les plantes, de +12% à +33% selon les modèles.

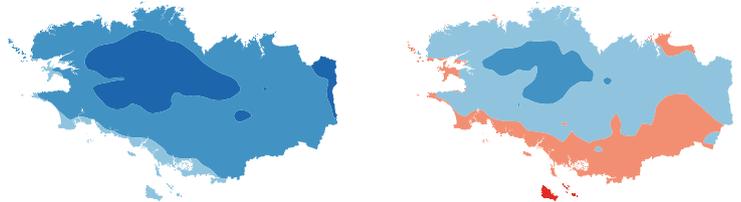


Température moyenne annuelle (°C)

Les valeurs spécifiées au-dessus des cartes sont agrégées pour toute la Bretagne

11,3°C

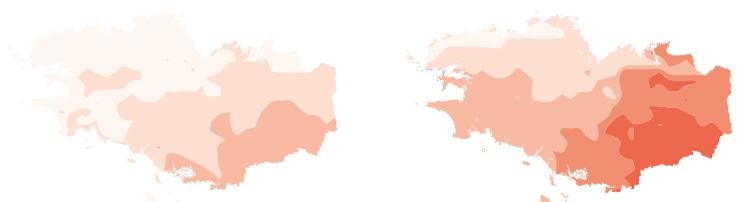
2022 +1,6°C 2022 a été l'année la plus chaude enregistrée en Bretagne



Nombre de journées chaudes (T° max >25°C)

17 jours

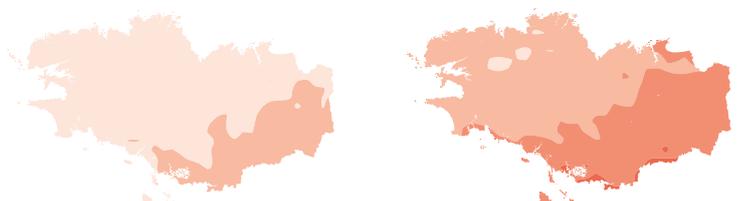
2022 34 jours



Confort thermique des bâtiments besoins en refroidissement exprimés en degrés-jours

82 degrés jours

2022 207 degrés jours



Source des données : Drias-Climat, Météo-France

Rappelez-vous la sensation de chaleur dans les bâtiments durant l'été 2022

Les changements projetés sont exprimés par degré de réchauffement en France, par rapport à la période préindustrielle

Quel que soit le modèle, la température moyenne augmente en Bretagne

+2,7°C en France
(par rapport à la période préindustrielle)

+4°C en France
(par rapport à la période préindustrielle)

TRACC 2050

TRACC 2100

MODÈLE TRÈS CHAUD ET SEC

MODÈLE CHAUD ET PLUVIEUX

10 11 12 13 14 15 16 17

La comparaison se fait par rapport à la période de référence 1976-2005, et non par rapport à la période préindustrielle

Médiane
intervalle contenant 90 % des modèles

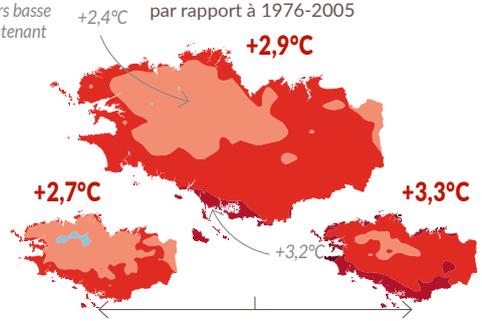
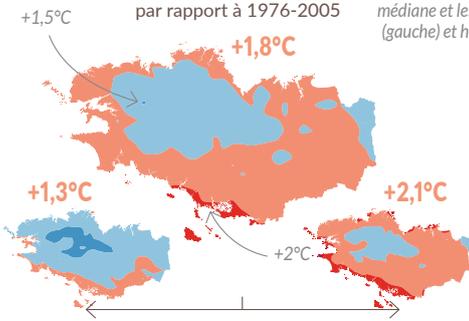
+2,1°C en France

par rapport à 1976-2005

Ce système en trois cartes illustre l'étendue des résultats des modèles : la carte centrale est la médiane et les deux petites cartes, les valeurs basse (gauche) et haute (droite) de l'intervalle contenant 90 % des modèles

+3,4°C en France

par rapport à 1976-2005



4 15 26 37 48 59 70 81 92 103

+22 jours

+40 jours

+13 jours **+29 jours**

+25 jours **+54 jours**

0 110 220 330 440 550 660 770

Cette situation vécue comme extrême en 2022 arrive quasiment tous les ans dans le futur

x 2,8
226 degrés jours

x 4,5
356 degrés jours

x 2,3 **189 degrés jours** **x 3,2** **271 degrés jours**

x 3,5 **292 degrés jours** **x 5,1** **441 degrés jours**

Dans une France à +4°C, 2022 est considérée comme une année relativement fraîche

ÉVOLUTION FUTURE DES PRÉCIPITATIONS

Dans une France à +4°C, les cumuls de précipitations restent très aléatoires d'une année à l'autre, avec des tendances à la baisse en été, et à la hausse en hiver. Les épisodes de fortes pluies s'intensifient.

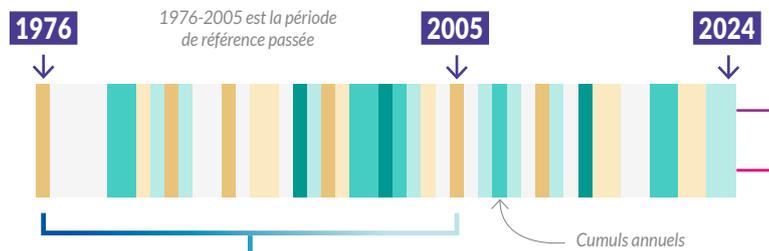
Les tendances concernant les précipitations sont bien plus incertaines que pour les températures. La France métropolitaine se situe en effet dans une zone de forte incertitude des projections de précipitations en Europe. Les modèles projettent une augmentation des cumuls annuels dans le nord de l'Europe, et une baisse dans le sud, la France se situant à la croisée de ces deux tendances.

Dans une France à +4°C, les précipitations bretonnes conservent leur gradient ouest-est, avec des pluies toujours deux fois plus importantes sur les Monts d'Arrée que sur le bassin Rennais. Les cumuls annuels de précipitations restent avant tout variables d'une année à l'autre.

Les projections des cumuls saisonniers montrent par contre des tendances. La baisse des précipitations en été (-26%) fait l'objet d'un fort accord entre les modèles. En hiver, les modèles s'accordent moyennement sur une augmentation de 14%. Ces tendances n'empêchent pas de continuer à vivre des étés pluvieux et des hivers secs, étant donné la variabilité naturelle des précipitations.

Les modèles s'accordent fortement sur une intensification des épisodes de fortes pluies en hiver et sur l'année, mais l'ampleur de ce changement est très variable selon les modèles (de +6% à +34% sur l'année).

En été, les modèles sont en désaccord sur le sens de l'évolution de ces fortes pluies sur presque toute la Bretagne. Ces projections ne prennent cependant pas explicitement en compte les phénomènes orageux. Par conséquent, les projections futures des fortes pluies, en partie dues aux orages, sont particulièrement peu fiables et leur intensification est potentiellement sous-estimée.

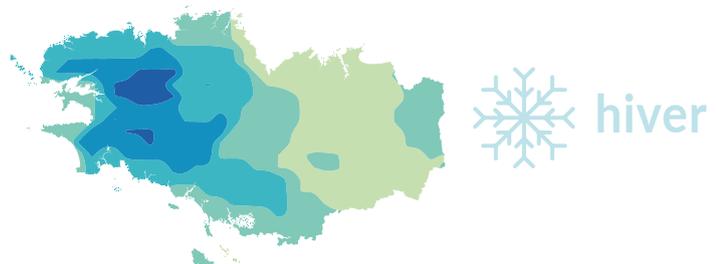


Cumuls de précipitations en été et hiver (mm)

140 mm



267 mm



Fortes pluies (les 4 jours de pluie les plus intenses sur un an, mm)

22 mm



Les projections de fortes pluies présentent un grand nombre de limites (voir « méthodologies et limites »). Il est risqué d'interpréter les valeurs absolues de précipitation (exemple 22 mm), mieux vaut se focaliser sur les changements attendus, plus fiables (ex : +9%)

Les deux modèles présentés ici illustrent bien la forte variabilité entre les modèles, mais aussi d'une année sur l'autre, concernant les précipitations

+2,7°C en France

(par rapport à la période préindustrielle)

TRACC 2050

+4°C en France

(par rapport à la période préindustrielle)

TRACC 2100

MODÈLE TRÈS CHAUD ET SEC

MODÈLE CHAUD ET PLUVIEUX

Année très sèche

Année très humide

Médiane

intervalle contenant 90% des modèles

50 110 170 230 290 350 410 470 530 590



-11%

-25%

+8%

-26%

-15%

-40%

-33%

+6%

+15%

+5%

+34%

+14%

+22%

-6%

+4%

+39%

+62%

Ici les modèles ne s'accordent pas sur le sens de l'évolution (augmentation ou diminution des précipitations)

15 20 25 30 35 40



+9%

+3%

+17%

+14%

+6%

+34%

Il y a un fort accord des modèles sur une augmentation de fortes pluies dans une France à +4°C, mais l'ampleur reste très incertaine (de +6% à +34%)

LES FORTES CHALEURS

Dans une France à +4°C, les fortes chaleurs deviennent communes en Bretagne, tout particulièrement dans le sud-est. Assez rares entre 1976 et 2005, les journées très chaudes sont bien plus fréquentes, tout comme les nuits chaudes, quasi-inexistantes à la fin du XX^e siècle.

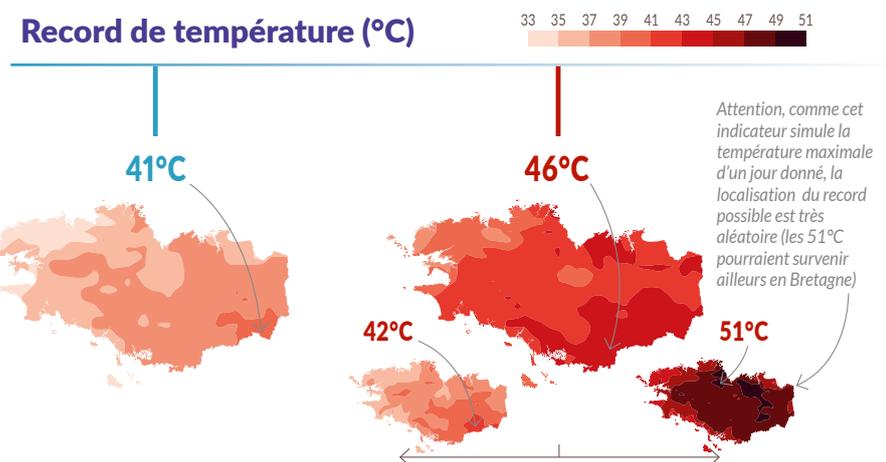
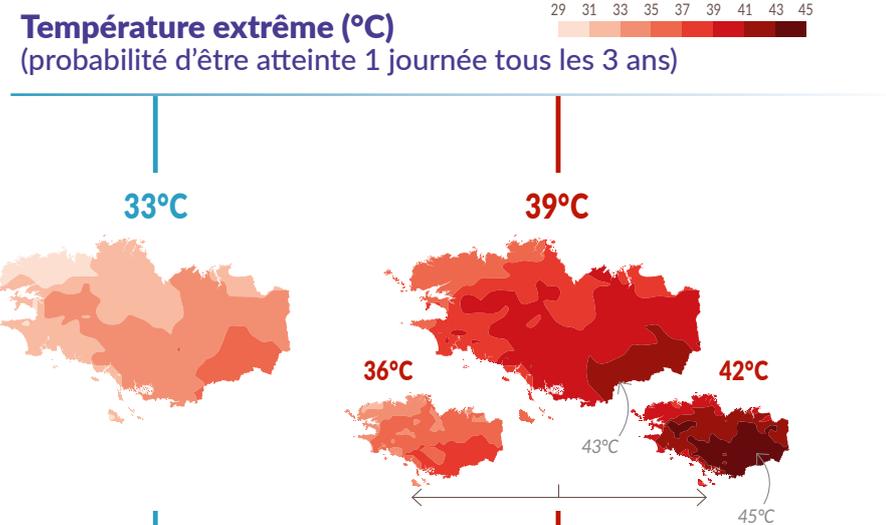
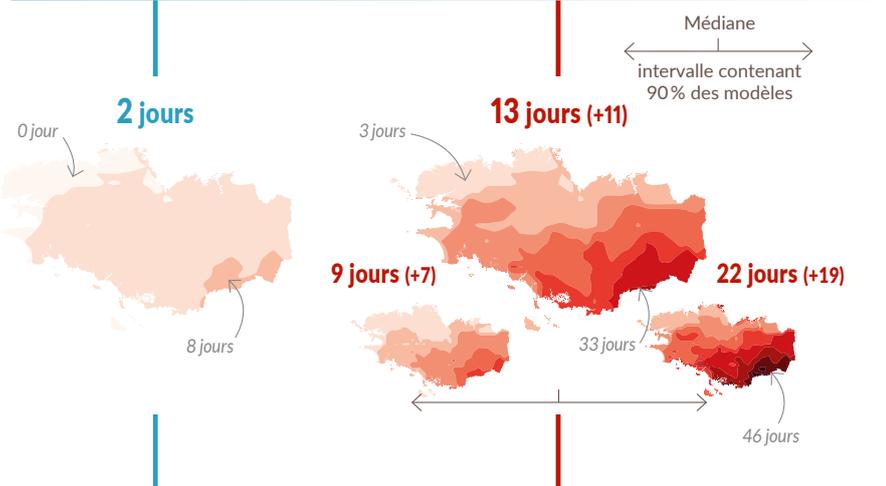
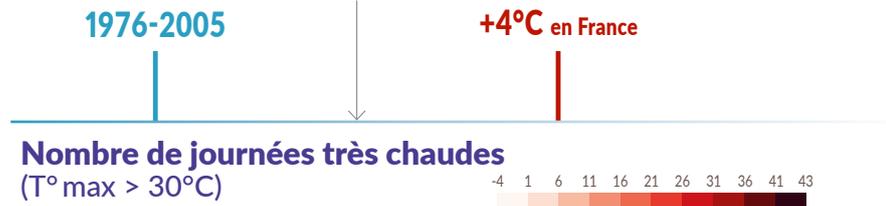
Dans une France à +4°C, l'adaptation face aux fortes chaleurs en Bretagne est primordiale. Tous les modèles s'accordent fortement pour dire que les records de températures sont sensiblement plus élevés, les journées et nuits chaudes plus fréquentes, et les vagues de chaleur plus longues et plus nombreuses. Les modèles s'accordent moyennement sur le fait que les vagues de chaleurs deviennent plus précoces.

Assez rares par le passé, le nombre de journées à plus de 30°C augmente sensiblement. La moitié-sud de l'Ille-et-Vilaine et le littoral morbihannais sont les plus fortement touchés, passant de 8 journées très chaudes en 1976-2005 à plus de 30 dans une France à +4°C. Le Finistère nord, préservé par les courants marins, passe de zéro à 3 jours à plus de 30°C.

Les températures extrêmes, c'est-à-dire avec une probabilité d'être dépassées une fois tous les trois ans, progressent de 6°C. Le sud-est de la Bretagne connaît ainsi une journée à plus de 43°C une année sur trois.

Les records de température sur vingt ans progressent de +5°C en Bretagne, avec une possibilité d'atteindre plus de 46°C, selon la majorité des modèles, voire 51°C selon les modèles pessimistes.

Cet indicateur donne le nombre de journées très chaudes rencontré en moyenne tous les ans (couramment). Lors des années extrêmes, le nombre de journées chaudes sera bien plus important



NUITS CHAUDES ET ÎLOTS DE CHALEUR URBAIN

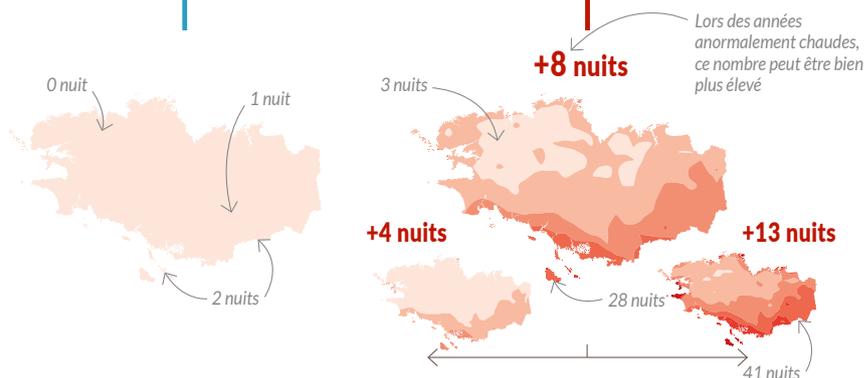
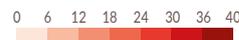
La Bretagne a connu très peu de nuits chaudes (>20°C) entre 1976 et 2005. Dans une France à +4°C, elles se produisent plus de 20 fois par an dans le sud, et se limitent à 3 nuits par an dans le Finistère nord (fort accord des modèles). Ces nuits empêchent un bon refroidissement des bâtiments.

Les données modélisées ne prennent pas en compte l'effet de l'îlot de chaleur urbain. C'est un phénomène causé par l'emménagement de chaleur dans des milieux très minéralisés. Il se manifeste par des températures plus élevées en milieu urbain qu'en milieu rural, ce qui augmente le nombre et l'intensité des nuits chaudes en ville. En 2022, la périphérie rennaise a connu 2 nuits chaudes, contre 8 dans le centre de Rennes. Le 18 juillet 2022, l'écart de température minimale nocturne entre le centre de Rennes et la campagne au nord de la ville était supérieur à 9°C.

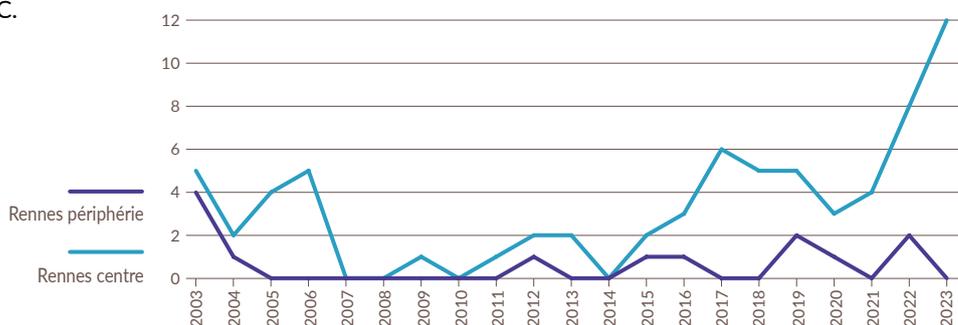
1976-2005

+4°C en France

Nombre de nuits chaudes (T° > 20°C)

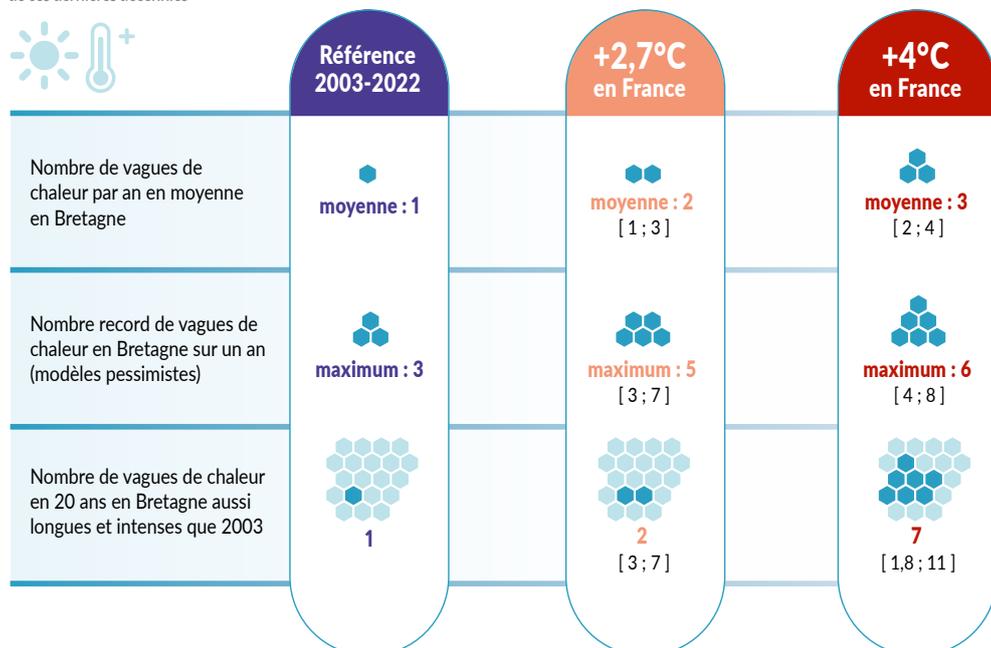


Les effets de l'îlot de chaleur urbain sur le nombre de nuits chaudes à Rennes et en périphérie



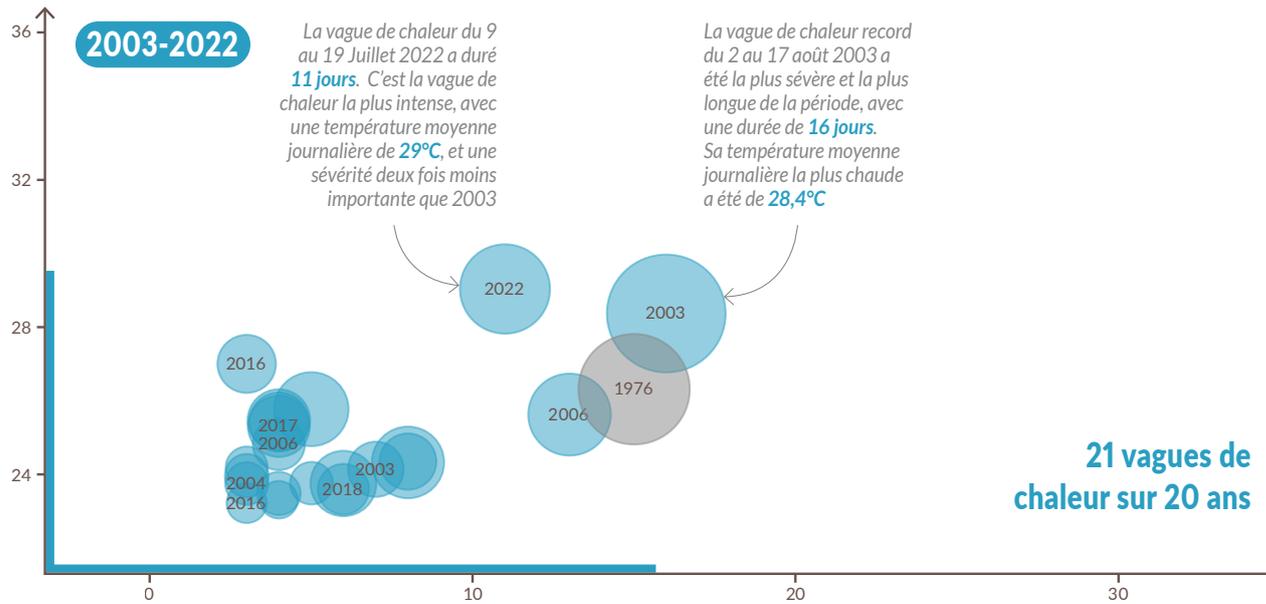
Source des données : Drias-Climat, Météo-France

Pour les vagues de chaleur, nous avons choisi de prendre une période de référence passée plus récente, vu le réchauffement important de ces dernières décennies

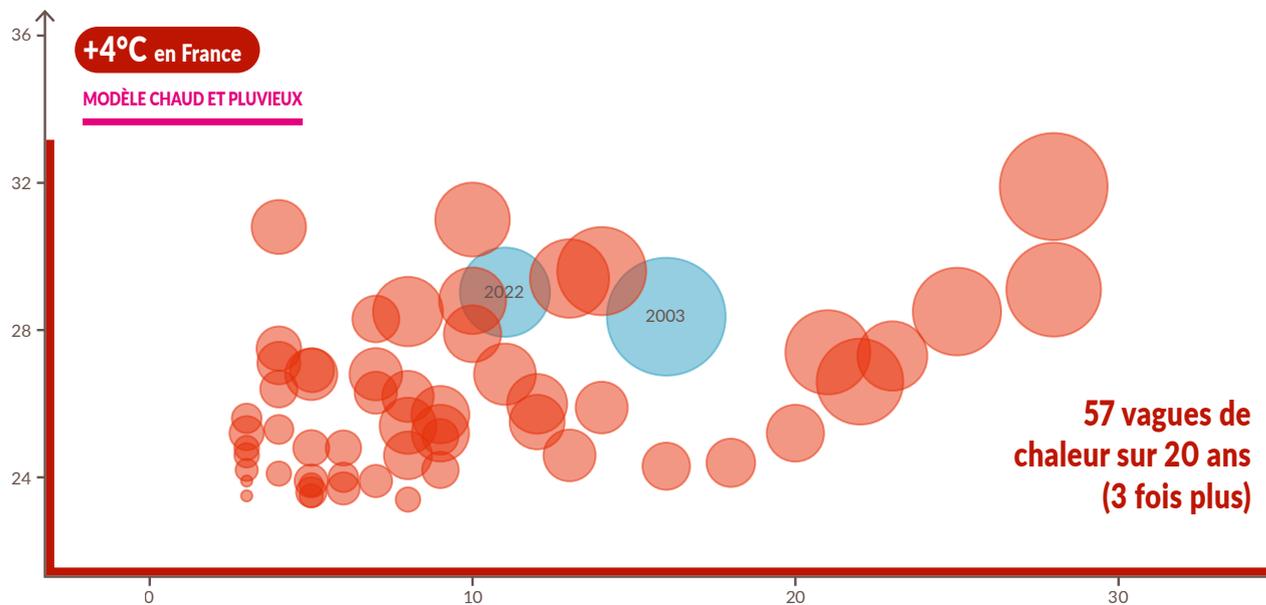


Source des données : Drias-Climat, Météo-France

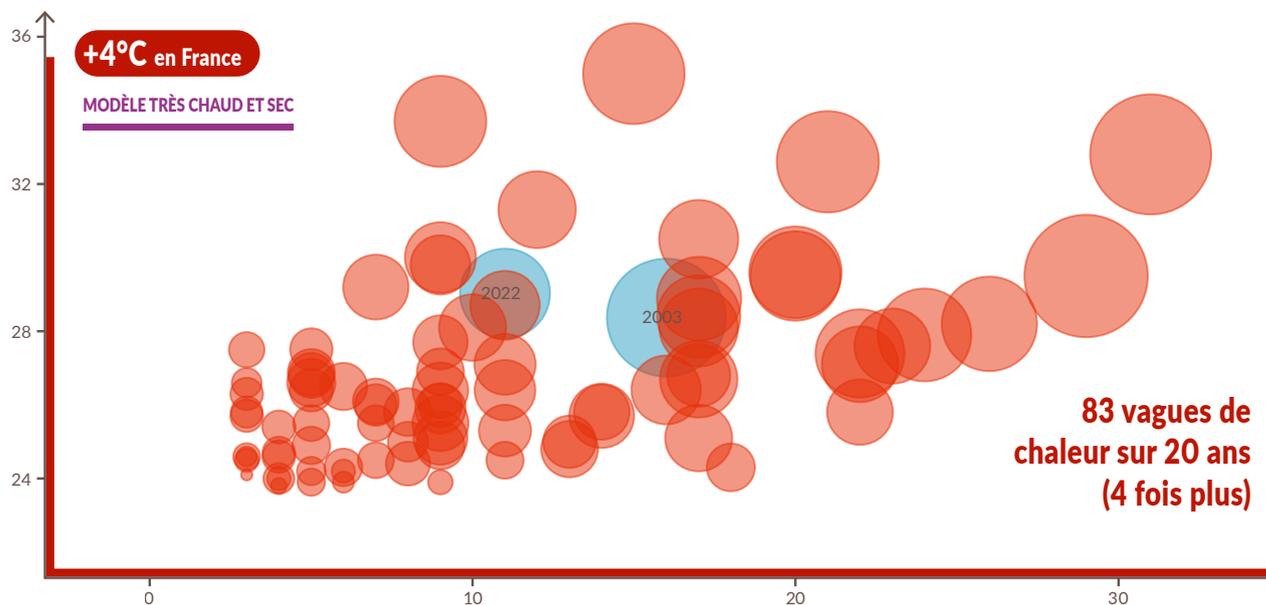
Température moyenne journalière la plus chaude de l'épisode (°C)



Température moyenne journalière la plus chaude de l'épisode (°C)



Température moyenne journalière la plus chaude de l'épisode (°C)

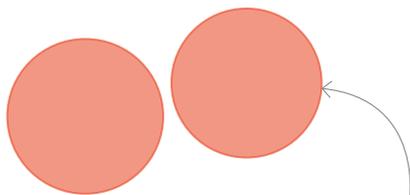


Source des données : Drias-Climat, Météo-France

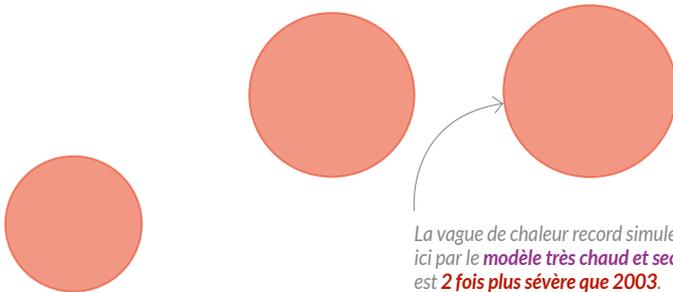
LES VAGUES DE CHALEUR

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

Une vague de chaleur est un épisode d'au moins quatre jours consécutifs où les températures sont nettement plus élevées que les normales de saison. Elle est caractérisée par son intensité maximale (axe vertical), sa durée (axe horizontal) et sa sévérité (taille de la bulle), qui correspond au cumul de chaleur perçu pendant l'événement



La vague de chaleur record simulée ici par le **modèle chaud et pluvieux** est **1,6 fois plus sévère que celle de 2003**. Elle dure **55 jours**, sa température moyenne journalière la plus chaude est de **32°C**



La vague de chaleur record simulée ici par le **modèle très chaud et sec** est **2 fois plus sévère que 2003**. Elle dure **60 jours** et sa température moyenne journalière la plus élevée est de **32°C**



Les pires vagues de chaleur qui ont été observées en Bretagne, en 1976, 2003 et 2022, seront largement dépassées par les vagues de chaleurs futures, tant en durée qu'en intensité. Dans une France à +4°C, elles sont 2 à 4 fois plus nombreuses qu'entre 2003 et 2022, et jusqu'à deux fois plus sévères.

PASSÉ

Les vagues de chaleur ont été nettement plus nombreuses au cours de ces deux dernières décennies en Bretagne. 25 ont eu lieu entre 2000 et 2023, dont au moins une par an depuis 2016, alors qu'on en compte 23 entre 1947 et 1999.

La vague de chaleur du 2 au 17 août 2003 est à ce jour la plus longue et la plus sévère enregistrée en Bretagne, juste devant 1976. La plus intense a touché la Bretagne du 07 au 19 juillet 2022, avec un record de température moyenne journalière de 29°C. Plusieurs records absolus de température ont été battus le 18 juillet 2022 en de nombreux endroits, avec un record régional à Bléruais (35) et ses 41,6°C.

FUTUR

Dans une France à +4°C, selon le **modèle très chaud et sec**, la Bretagne connaît en moyenne 4 vagues de chaleur par an. On compte, sur 20 ans, 11 vagues de chaleurs plus longues et intenses que 2003, et 14 vagues de chaleur plus intenses que celle de 2022.

Par rapport à la période 2003-2022, le nombre de vagues de chaleur est multiplié par trois selon le **modèle chaud et pluvieux** (57 vagues de chaleur sur 20 ans), avec des sévérités jusqu'à 60% plus élevées que le record de 2003. Le **modèle très chaud et sec** dénombre 83 vagues de chaleur sur 20 ans, avec des sévérités pouvant atteindre plus du double de celle de 2003. Ces vagues de chaleur font leur apparition dès le mois mai, alors qu'elles n'arrivaient pas avant le mois de juin entre 1947 et 2023.

EXTRÊMES ET PHÉNOMÈNES CLIMATIQUES TERRESTRES

+4°C

Dans une France à +4°C, le cycle de l'eau s'intensifie, c'est-à-dire qu'il connaît plus d'extrêmes secs et humides.

Plus d'inondations

L'intensification des précipitations extrêmes sur toute l'année entraîne une hausse des inondations par ruissellement, aussi bien en ville qu'en campagne. En hiver, la hausse des cumuls de précipitations et de l'intensité des pluies extrêmes conduit à une augmentation des débits maximums des cours d'eau (dits débits de crue), pouvant conduire à des inondations par débordement.

Plus de sécheresses

Faute de sous-sol pouvant stocker l'eau sur plusieurs années, la Bretagne est fortement dépendante des précipitations des mois précédents pour constituer sa ressource en eau. La région est ainsi particulièrement vulnérable aux sécheresses. Dans une France à +4°C, la Bretagne subit une hausse sévère de la fréquence, de la durée et de l'intensité des événements de sécheresse de sols, des nappes et des cours d'eau. Les sécheresses des sols comparables à 2022 deviennent plus fréquentes voire habituelles selon le **modèle très chaud et sec**. Des sécheresses bien plus longues et intenses qu'actuellement font leur apparition, étendant le retrait-gonflement des argiles à des sols moins argileux et plus profonds que ceux touchés jusqu'à présent.

Plus de feux de forêt et landes

Dans une France à +4°C, la Bretagne connaît en moyenne un mois supplémentaire avec une météo favorable aux feux de forêt et de landes.

En Bretagne, dans une France à +4°C :

- L'intensité des pluies extrêmes augmente de +9 % à +44 %
- Augmentation des débits de crue, dont l'ampleur est très incertaine
- Un mois supplémentaire de sécheresse des sols par an
- +43 % d'événements secs de nappes
- Une baisse de 37 % des débits des cours d'eau en fin d'été et un allongement de 27 jours de la période d'étiage

LES SÉCHERESSES EN BRETAGNE : ÉTAT DES LIEUX

En Bretagne, un manque de précipitations entraîne rapidement une baisse des niveaux des nappes et des débits des cours d'eau. En cas de fortes chaleurs, les sols deviennent rapidement secs, particulièrement dans l'est. Depuis 1959, il n'y a pas d'augmentation notable de la surface des sols touchée par la sécheresse.

Le sous-sol breton ne permet pas de constituer un stock d'eau d'une année sur l'autre comme dans d'autres régions. Les nappes bretonnes ont une faible capacité de stockage et se vident en quelques semaines (3 mois maximum) lors de l'absence de précipitations. Moins alimentés par les nappes, les cours d'eau voient leurs débits baisser très rapidement. Ceci crée une forte dépendance aux précipitations tombées sur les derniers mois et oblige à constituer des réserves d'eau de surface (75 % de l'eau potable en Bretagne provient des barrages).

Entre 1959 et 2023, Météo-France n'observe pas d'évolution des surfaces touchées par la sécheresse des sols en Bretagne, une conséquence de la forte variabilité des précipitations observées d'une année sur l'autre.

LES SÉCHERESSES PASSÉES EN BRETAGNE

	1976	1989	2022	ANNÉES
Nombre de jours sans pluie	279	259	250	
Durée de la période consécutive sans pluie	40	24	25	
Nombre de jours avec sols secs	158	136	134	
Durée de la période consécutive de sécheresse des sols	143	125	130	
Intensité de la sécheresse des sols	0,05	0,07	0,07	

1976 est la pire sécheresse enregistrée en Bretagne, tant au niveau du déficit en pluie que de l'intensité et de la durée de la sécheresse des sols.

1989 se caractérise par des sécheresses météorologiques et des sols exceptionnelles en automne.

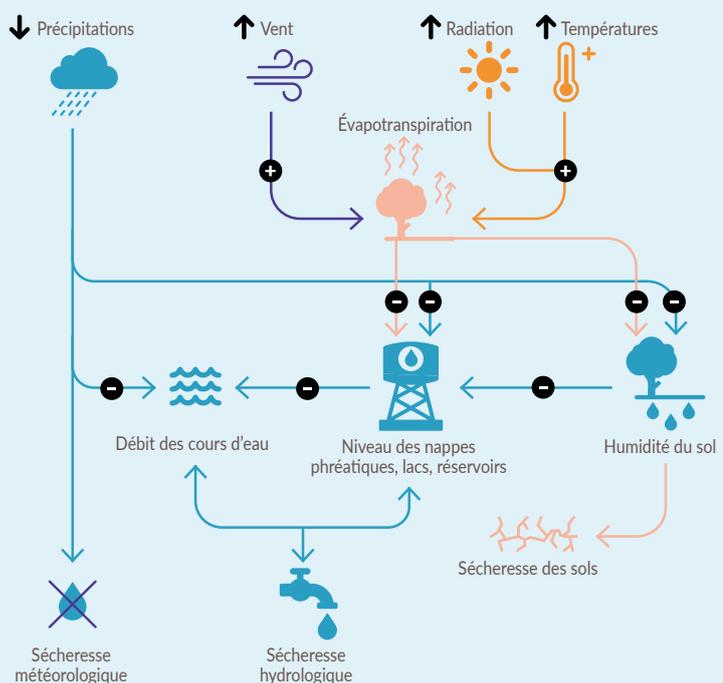
2022, année la plus chaude jamais enregistrée en Bretagne, est une des cinq années avec les pires sécheresses des sols. Les déficits de précipitations sont moins importants qu'en 1976 ou 1989.

Les mécanismes de la sécheresse

Une sécheresse est un déficit anormal d'eau durant une période prolongée, touchant une ou plusieurs composantes du cycle hydrologique terrestre, au point de le perturber.

Un manque prolongé de précipitations (sécheresse météorologique) peut entraîner une sécheresse des sols, qui perturbe la croissance des plantes. Ce manque d'eau de pluie et dans les sols peut se répercuter sur le niveau des nappes et des débits des cours d'eau. On parle alors de sécheresse hydrologique, qui affecte les ressources en eau.

Le vent, le rayonnement solaire et les fortes températures aggravent les sécheresses des sols et hydrologiques en entraînant une forte évaporation de l'eau par les plantes et le sol (évapotranspiration).



 Sécheresses en Bretagne : vulnérabilités et changement climatique tinyurl.com/secheresseBzh

SÉCHERESSES DES SOLS ET MÉTÉOROLOGIQUES

Dans une France à +4°C, la Bretagne connaît de plus longues périodes sans pluie. Avec la hausse des températures, les sécheresses des sols deviennent plus longues, plus fréquentes et plus intenses. Des sécheresses aussi intenses que 2022 deviennent la norme selon le **modèle très chaud et sec**, avec des intensités et des durées jusqu'ici jamais observées.

SÉCHERESSES MÉTÉOROLOGIQUES

Dans une France à +2,7°C et +4°C, les sécheresses météorologiques s'allongent en Bretagne, entre avril et septembre, et de manière plus prononcée dans le sud du territoire. La baisse des précipitations fait l'objet d'un fort accord des modèles pour une France à +4°C et d'un accord moyen pour +2,7°C.

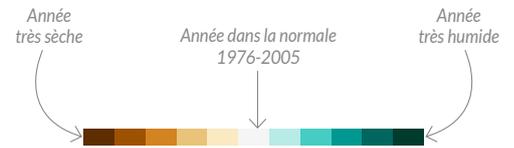
SÉCHERESSES DES SOLS

Dans une France à +2,7°C et +4°C, la poursuite de l'augmentation des températures en Bretagne conduit à une hausse de l'évaporation de l'eau par les plantes et le sol, en toute saison (fort accord). Conjugué à la baisse des précipitations entre avril et septembre, cela entraîne des sécheresses des sols plus longues, plus fréquentes et plus intenses (fort accord).

Dans une France à +4°C, le nombre annuel de jours avec sol sec augmente d'un mois, voire un mois et demi selon les modèles pessimistes (par rapport à une durée moyenne de 125 jours sur 1976-2005). Le pic d'intensité de sécheresse des sols grimpe de +47%.

Si le sud-est de la région continue de connaître les sécheresses des sols les plus longues et intenses, c'est le reste du territoire qui subit les changements les plus marqués. Dans le Finistère, le nombre annuel de jours avec sols secs augmente de 38 jours dans une France à +4°C, soit 38 jours supplémentaires, par rapport aux 3 mois de la période de référence 1976-2005. En Ille-et-Vilaine, cette hausse est de 23 jours (+15%), par rapport à 144 jours en 1976-2005.

Évolution de l'intensité des sécheresses
(minimum d'humidité du sol annuel, % par rapport à 1976-2005)



	+2,7°C en France	+4°C en France
Évolution des précipitations entre avril et septembre (basses eaux)	-8% [-18% ; +4%] Accord moyen	-13% [-26% ; +2%] Fort accord
Durée de la plus longue période sans pluie de l'année	+3 jours [-1 ; +6] Fort accord	+5 jours [0 ; 10] Fort accord
Évaporation par le sol et les plantes due aux températures sur l'année	+11% [+7% ; +14%] Fort accord	+18% [+12% ; +26%] Fort accord
Bilan précipitations - évaporation entre avril et sept. (basses eaux)	-45% [-60% ; -15%] Fort accord	-74% [-96% ; -40%] Fort accord
Nombre de jours avec sol sec chaque année	+19 jours [+7 ; +31] Fort accord	+29 jours [+12 ; +49] Fort accord
Nombre de jours avec sol très sec chaque année	+28 jours [+6 ; +42] Fort accord	+40 jours [+16 ; +64] Fort accord
Intensité des sécheresses des sols (année)	+31% [+10% ; +48%] Fort accord	+47% [+22% ; +64%] Fort accord

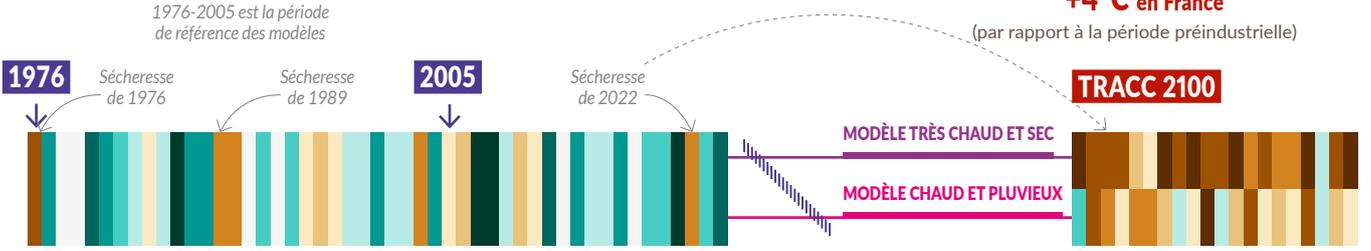
Source des données :
Drias-Climat, Météo-France

Les sols bretons sont deux fois plus longtemps dans un état de sécheresse intense, passant de 1,5 mois avec sols très secs sur 1976-2005, à 3 mois dans une France à +4°C. C'est encore dans le Finistère que le changement est le plus marqué : quand le département ne connaissait qu'une vingtaine de jours avec un sol très sec par an sur la période 1976-2005, il en compte plus d'une soixantaine (+170%) dans une France à +4°C

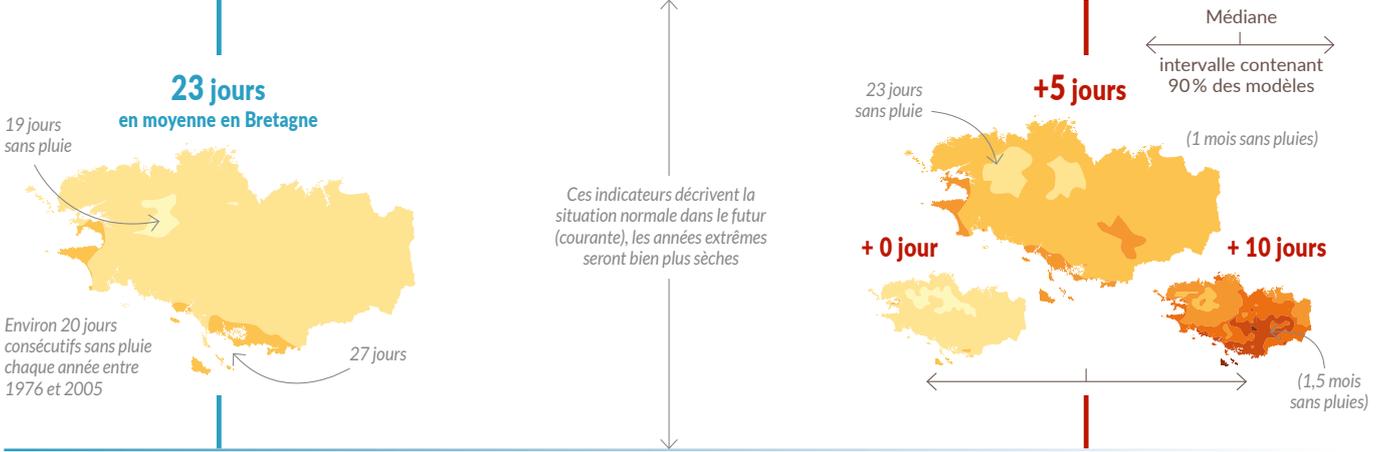
Dans le futur, des sécheresses aussi intenses que 2022 ou 1976 sont plus fréquentes, voire majoritaires avec le **modèle très chaud et sec**, qui projette aussi des intensités jamais mesurées par le passé

+4°C en France

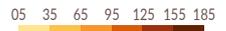
(par rapport à la période préindustrielle)



Durée de la plus longue période consécutive sans pluie de l'année (jours)



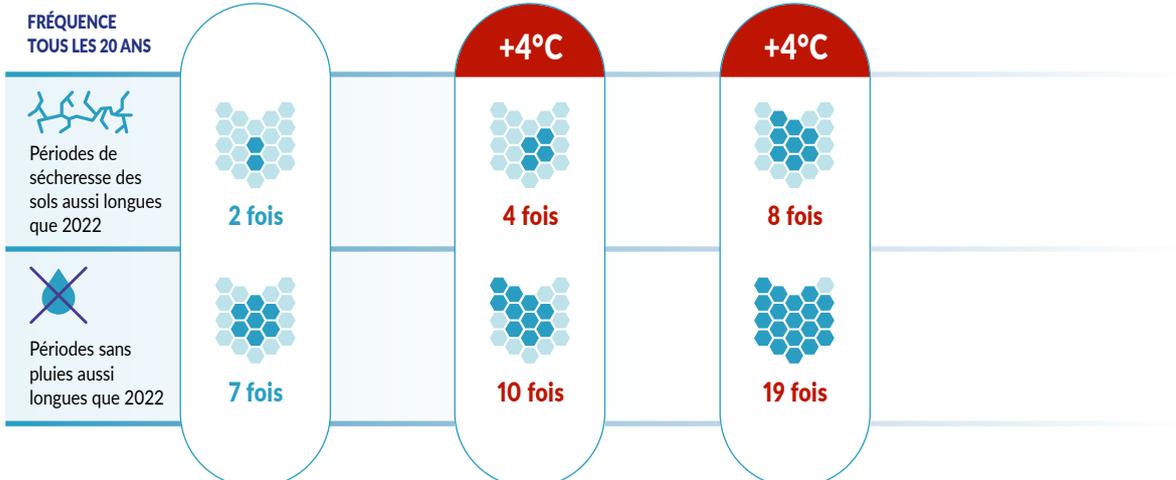
Nombre de jours avec sols secs chaque année



PASSÉ (1976-2024)

MODÈLE CHAUD ET PLUVIEUX

MODÈLE TRÈS CHAUD ET SEC



LES SÉCHERESSES HYDROLOGIQUES

Dans le futur, les périodes de sécheresse des cours d'eau (appelée ici étiage) seront plus longues, plus précoces et drastiquement plus intenses. Les sécheresses des nappes phréatiques seront plus intenses et fréquentes, autant en été qu'en hiver.

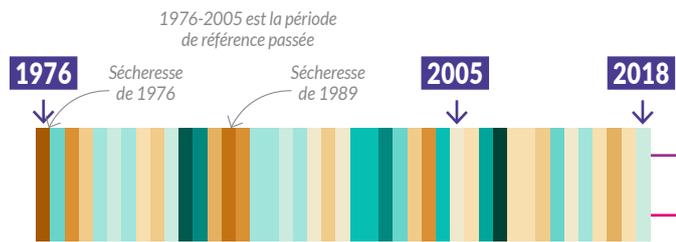
L'étude de l'hydrologie passée en Bretagne (1968-2024) ne montre aucune tendance sur l'évolution de l'intensité des sécheresses des cours d'eau (débits d'étiage), la durée des étiages ou leur précocité. Les changements sont avant tout très variables d'une station à l'autre. Aucun changement n'est non plus observé dans l'intensité ou la fréquence des sécheresses des nappes phréatiques.

UN FUTUR AVEC DES SÉCHERESSES HYDROLOGIQUES PLUS EXTRÊMES

Pour le futur, les simulations hydro-climatiques s'accordent toutes fortement sur une baisse drastique des débits d'étiage, une augmentation de leur durée et une date de début plus précoce dans l'année. Dans une France à +4°C, ces débits diminuent de -14 à -49%, avec une durée d'étiage allongée de 5 à plus de 40 jours, selon les modèles.

Les projections montrent également une augmentation du nombre de cours d'eau à sec en Bretagne entre juillet et octobre dans le futur. Cette augmentation est visible dès le milieu du XXI^e siècle pour les scénarios d'émissions modérées et fortes de gaz à effet de serre. Elle est particulièrement marquée sur le sud-est de la région.

Les événements secs des nappes deviennent plus fréquents et intenses en Bretagne, quel que soit le degré de réchauffement ou la saison. L'augmentation de ces événements secs est plus forte en hiver qu'en été, sans pour autant que les nappes n'atteignent en hiver des niveaux de sécheresse aussi importants qu'en été. La hausse relative du nombre d'événements secs des nappes est en effet plus importante d'octobre à mars (+63%, fort accord des modèles) qu'entre avril et septembre (+21%, accord moyen des modèles).



Évolution des débits d'étiage de la Laïta à Quimperlé (% par rapport à 1976-2005)



PASSÉ (1976-2024)

MODÈLE CHAUD ET PLUVIEUX

MODÈLE TRÈS CHAUD ET SEC

FRÉQUENCE TOUS LES 20 ANS

Sécheresse hydrologique similaires à 1989 (pire que 2022) : La Laïta



1 fois

Sécheresse hydrologique similaires à 1989 (pire que 2022) : La Vilaine



1 fois

+4°C



1 fois



3 fois

+4°C



6 fois



11 fois

Quelles données ?

Les modèles hydrologiques simulent ici une hydrologie naturelle, qui ne prend pas en compte l'évolution passée ou future des actions humaines sur les bassins versants (comme l'occupation des sols). Une exception est faite pour les niveaux de nappes, où les modèles considèrent une hypothèse de prélèvements constants sur tout le XXI^e siècle. Les données sont issues du projet Explore2.

+2,7°C en France
(par rapport à la période préindustrielle)

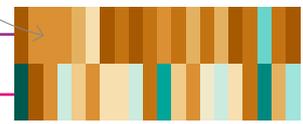
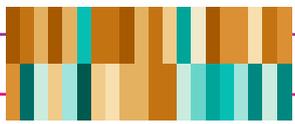
Dans le futur, les cours d'eau bretons connaîtront plus fréquemment des sécheresses comme 1976 ou 1989, qui deviendraient courantes selon le modèle très chaud et sec

+4°C en France
(par rapport à la période préindustrielle)

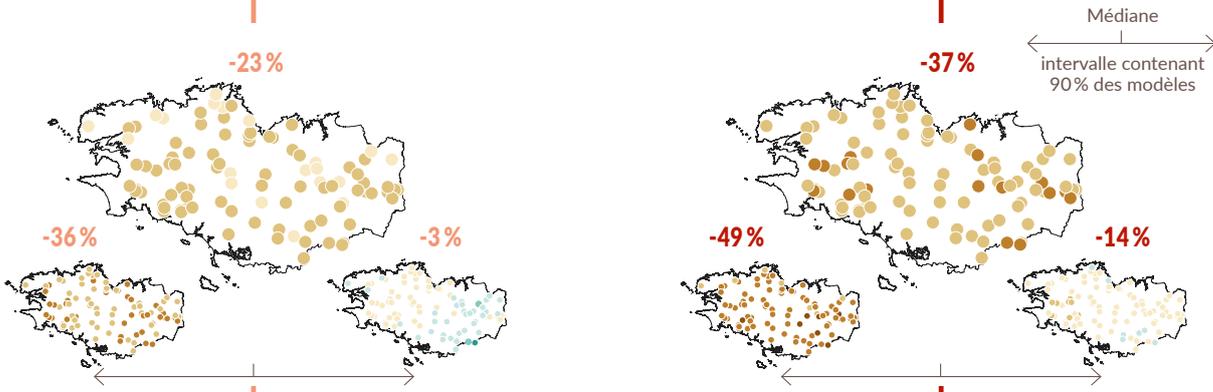
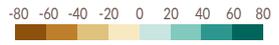
TRACC 2050

TRACC 2100

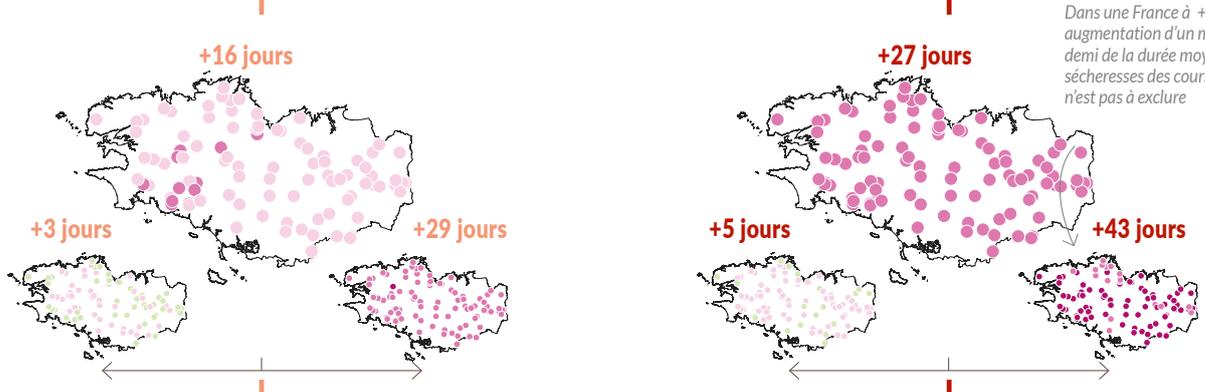
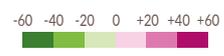
MODÈLE TRÈS CHAUD ET SEC
MODÈLE CHAUD ET PLUVIEUX



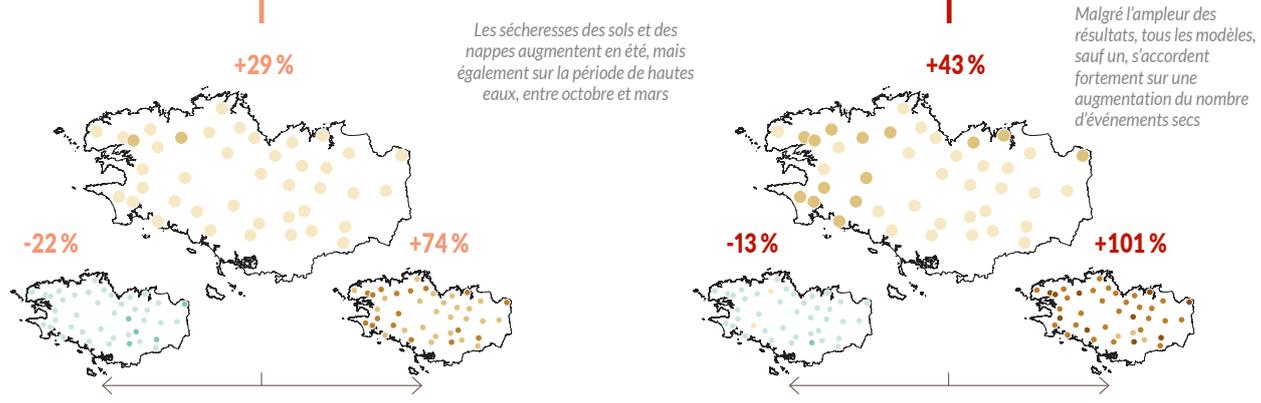
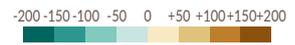
Évolution des débits d'étiage des cours d'eau (% par rapport à 1976-2005, entre mai et fin novembre)



Évolution de la durée moyenne annuelle des sécheresses des cours d'eau (jours par rapport à 1976-2005, entre mai et fin novembre)



Évolution du nombre d'événements secs des nappes phréatiques sur l'année (% par rapport à 1976-2005)



Source des données : Drias-Eau, Météo-France, Explore2

LA BRETAGNE DANS UNE FRANCE À +4°C

PRÉCIPITATIONS EN ÉTÉ

Baisse des cumuls de 26 % en été. Les périodes estivales sans pluie s'allongent en moyenne d'une semaine, avec jusque à 1,5 mois sans pluies dans le sud-est de la région, selon les modèles pessimistes.

MONTÉE DES EAUX

La mer continue de s'élever, de 36 à 69 cm supplémentaire en 2100 par rapport à 2020. Cette élévation aggrave les submersions et le recul du trait de côte.

TEMPÊTES

Pas d'évolution significative dans la fréquence ou l'intensité des tempêtes, qui restent très aléatoires d'une année à l'autre. Mais leurs impacts sont plus importants à cause de la montée des eaux.

ACIDITÉ ET TEMPÉRATURE DES EAUX CÔTIÈRES ET OCÉANS

Acidification et augmentation de la température de l'eau (+1,5°C). Plus de vagues de chaleur marines.

RECU DU TRAIT DE CÔTE

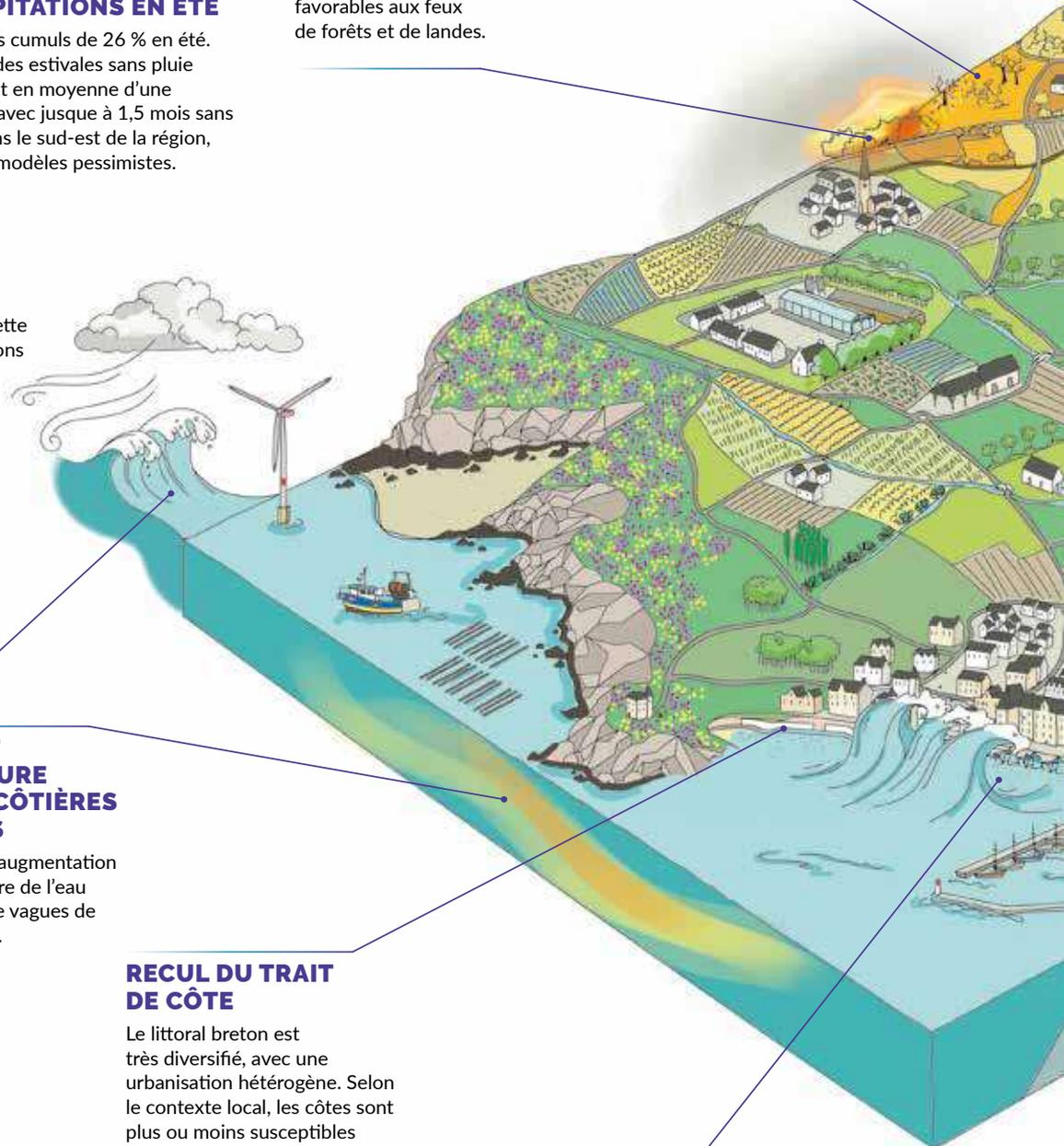
Le littoral breton est très diversifié, avec une urbanisation hétérogène. Selon le contexte local, les côtes sont plus ou moins susceptibles d'être concernées par un recul du trait de côte.

FEUX DE FORÊT ET DE LANDES

+25 jours par an de conditions météo favorables aux feux de forêts et de landes.

SÉCHERESSES DES SOLS

Des sécheresses des sols plus longues (+1 mois) et plus intenses (+47 % d'intensité). La sécheresse de 2022 devient plus fréquente voire habituelle selon les modèles.



INONDATIONS PAR SUBMERSION MARINE

Avec une élévation du niveau de la mer de 60 cm, les événements de submersion marine tels que ceux connus durant la tempête Johanna (2008) deviennent 10 à 100 fois plus fréquents.

SÉCHERESSES HYDROLOGIQUES

Baisse de 37 % des débits des cours d'eau en fin d'été et allongement de 27 jours de la période d'étiage.

+43 % d'événements secs de nappes sur l'année, qui augmentent aussi en intensité.

INONDATIONS PAR RUISSELLEMENT

Les précipitations extrêmes à l'origine des inondations par ruissellement s'intensifient sur l'année (+9 à +44 %).

FORTES CHALEURS

Les records de température dépasseront probablement 46°C, voire 51°C selon les modèles pessimistes. Les étés aussi chauds que 2022 deviennent anormalement frais. Des vagues de chaleur comparables ou supérieures à 2003 ont une probabilité de se produire une fois tous les 3 ans, la plus longue pourrait durer plus de deux mois.

CONFORT THERMIQUE DES BÂTIMENTS

4,5 fois plus de besoins théoriques en confort d'été dans les bâtiments, et -32 % de besoins théoriques en chauffage.

PRÉCIPITATIONS EN HIVER

Augmentation des cumuls de 14 % en hiver, tout en gardant le caractère aléatoire d'une année à l'autre : la Bretagne continue d'avoir des étés pluvieux et des hivers secs, mais moins fréquemment.

INONDATIONS PAR DÉBORDEMENT

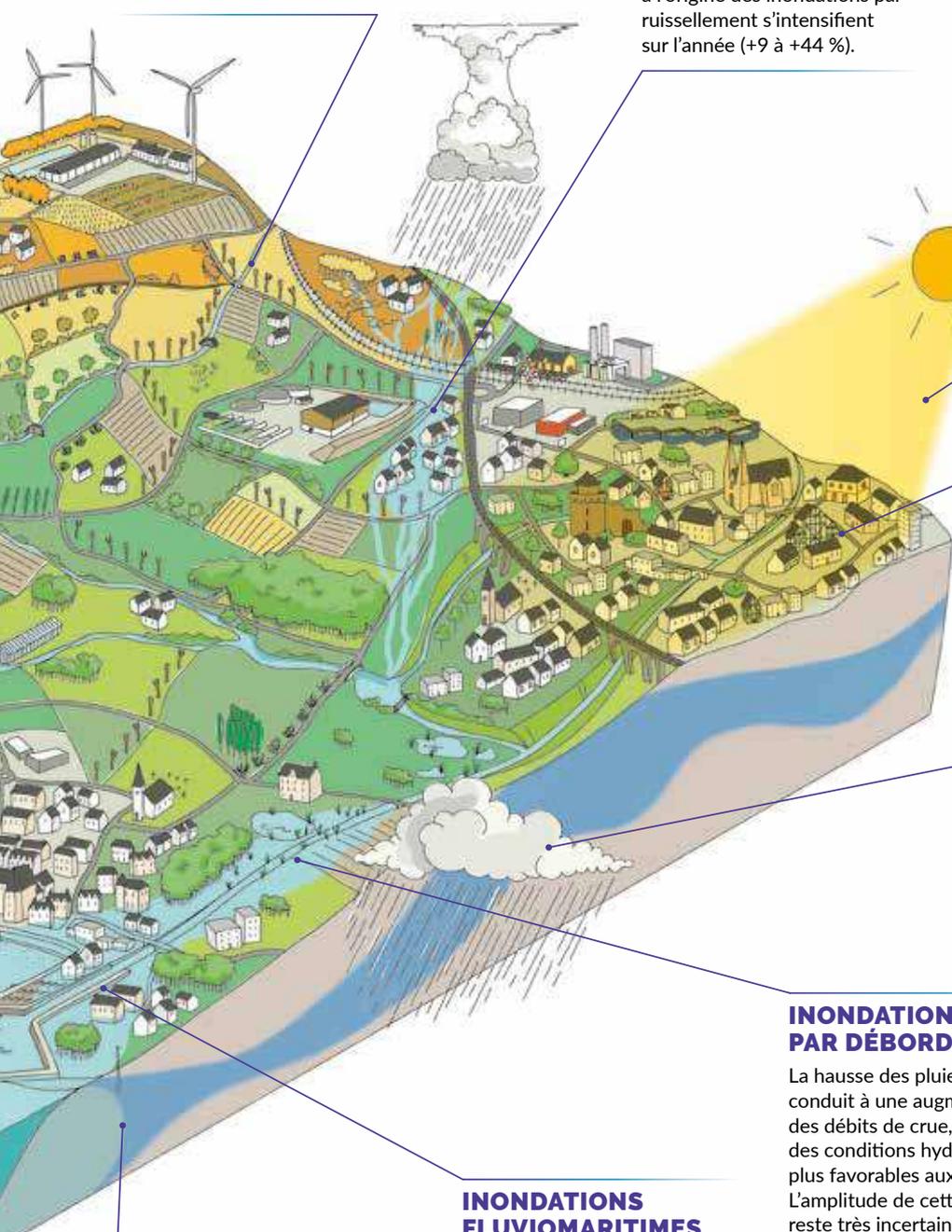
La hausse des pluies hivernales conduit à une augmentation des débits de crue, entraînant des conditions hydrologiques plus favorables aux inondations. L'amplitude de cette augmentation reste très incertaine.

INONDATIONS FLUVIOMARITIMES

La hausse des valeurs de débits de crue et la montée du niveau de la mer augmentent la fréquence et l'intensité des inondations fluviomaritimes en cas de fortes marées dans les zones estuariennes.

INTRUSIONS SALINES

Les intrusions salines sont amplifiées par les prélèvements d'eau souterraine sur le littoral et par l'élévation du niveau de la mer.



LES FEUX DE FORÊTS ET DE LANDES

L'activité en feux est restée stable en Bretagne depuis les années 2000, avec des landes cinq fois plus touchées que les forêts. Les zones à risque sont dispersées sur toute la région. Les projections climatiques indiquent une augmentation nette des jours à risque avéré de feux, particulièrement dans le Morbihan et l'Ille-et-Vilaine où l'activité en feux s'intensifierait dès 2050.

Les conditions propices aux feux de végétation sont multifactorielles : elles dépendent de facteurs météorologiques, mais aussi du type de végétation, du relief et de l'activité humaine. En France, 90 % des départs de feu sont d'origine humaine, accidentelle ou intentionnelle.

De fortes chaleurs combinées à un manque de précipitations entraînent un dessèchement des plantes vivantes et mortes, favorisant le déclenchement et la propagation du feu. Une formation végétale est plus ou moins sensible au feu, selon les espèces qui la composent et la densité de biomasse.

Les conditions météorologiques favorables aux incendies ont augmenté de 20 % en France entre 1958 et 2008. En région méditerranéenne, la moitié de cette croissance peut être formellement attribuée au changement climatique. Mais grâce aux politiques de prévention et de lutte, l'activité en feux a clairement diminué en métropole, tout particulièrement dans le sud.

PLUS DE LANDES QUE DE FORÊTS BRÛLÉES

Les feux de végétation en Bretagne ont diminué entre les années 1970 et 2000, puis se sont stabilisés. L'année 2022, particulièrement intense, marque l'arrêt de cette période calme : 2000 ha de landes ont brûlé dans les Monts d'Arrée, et 500 ha de forêts à Brocéliande.

Bien qu'elles couvrent dix fois moins de surface que les forêts, les feux de landes sont les plus courants et ravageurs en Bretagne. Les surfaces de landes brûlées ont été en moyenne cinq fois plus importantes que celles des feux de forêts : on comptabilise 291 ha de landes brûlées par an (soit quasi l'équivalent de l'île de Bréhat), contre 59 ha/an de forêts pour la période 2010-2022.

Les surfaces de landes brûlées ont bien moins diminué que celles des forêts. La surface moyenne annuelle de forêts brûlées a été divisée par neuf, quand celle des landes a baissé de moitié entre 1975-1992 et 2010-2022.

Le nombre de feux est resté relativement stable depuis 50 ans, oscillant entre 100 et 200 feux, avec quelques années dépassant les 500 feux.

Cette importance des feux de landes a pour conséquence que 30 % des feux ont lieu au printemps, lorsque les fougères et herbacées sont mortes ou sèches, en attente de la repousse annuelle. 55 % des départs d'incendie ont lieu durant l'été.

MORBIHAN ET FINISTÈRE ACTUELLEMENT LES PLUS À RISQUE

En Bretagne, les formations végétales ayant une sensibilité forte ou très forte au feu recouvrent 1 % de la surface forestière et de lande. Il s'agit des pins maritimes, des landes ligneuses et des forêts ouvertes.

La cartographie régionale du risque d'incendie montre que les territoires à risque face aux feux de végétation sont assez dispersés. 201 communes sont concernées par un risque fort, dont 82,5 % sont situées en Morbihan (91

communes) et Finistère (75 communes).

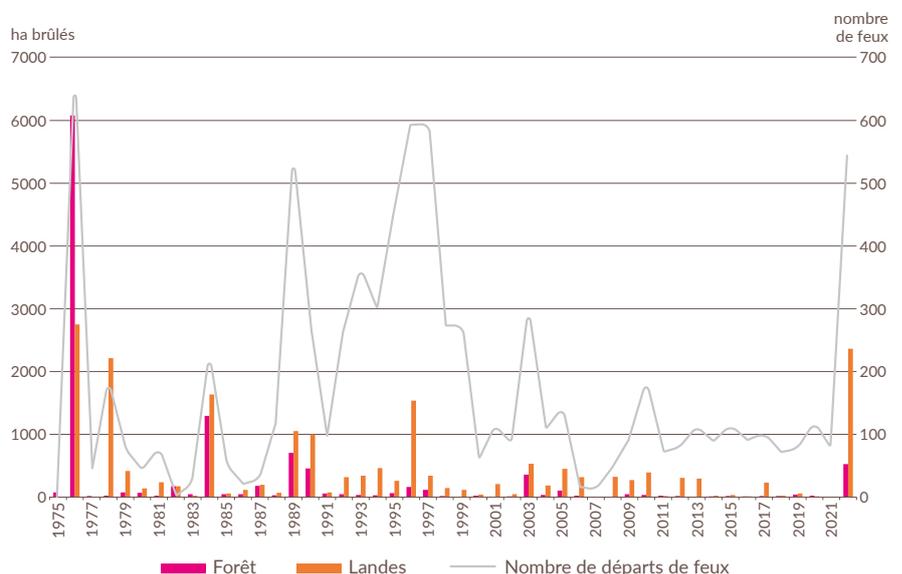
Sept territoires sont identifiés comme particulièrement à risque dans le PIPFCI (Plan interdépartemental de protection des forêts et landes contre l'incendie en Bretagne) 2024-2033.

La continuité des formations végétales inflammables sur les Monts d'Arrée, dans les landes de Lanvaux et sur le massif de Paimpont-Brocéliande rend ces sites particulièrement propices aux grands incendies.

DES CONDITIONS PLUS PROPICES AUX FEUX DANS L'EST ET LE SUD

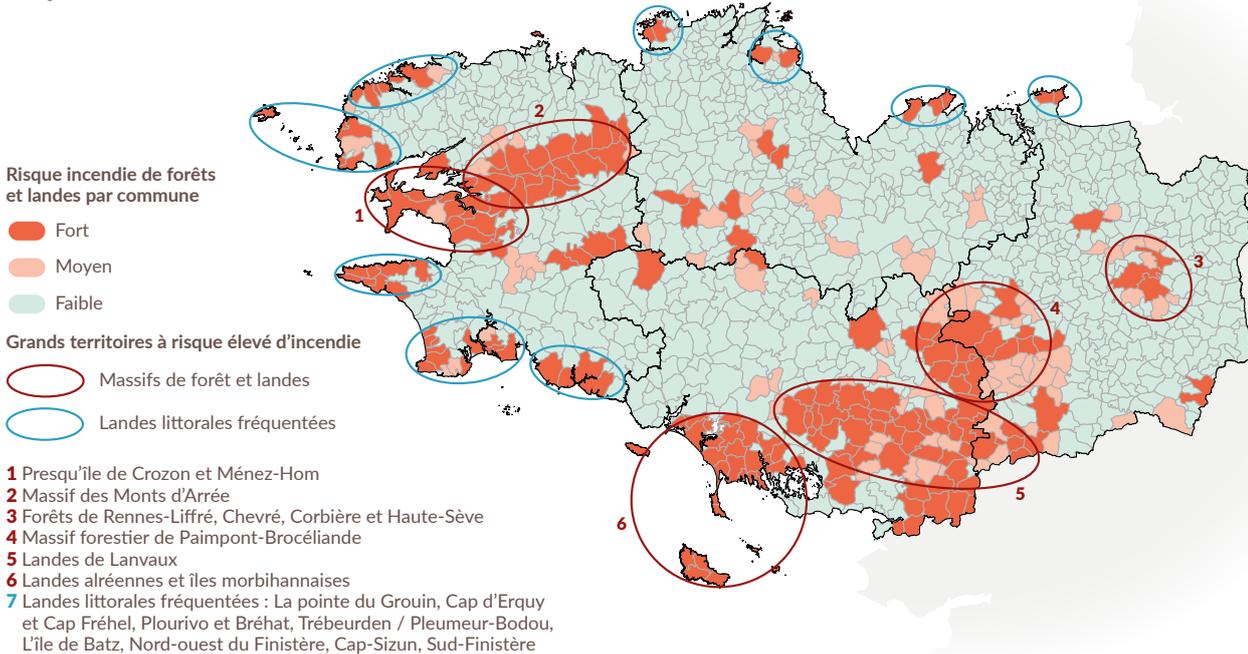
Les projections climatiques indiquent une augmentation conséquente du nombre de jours où le risque de feux de végétation est avéré en Bretagne : de +16 à +37 jours dans une France à +4°C, dont 70 % en été. Le sud et l'est de la région sont confrontés en premier, et le plus intensément, à cette augmentation. 100 % des modèles sont en accord sur ces projections.

Surfaces brûlées depuis 1975 en Bretagne et nombre de départs de feux associé

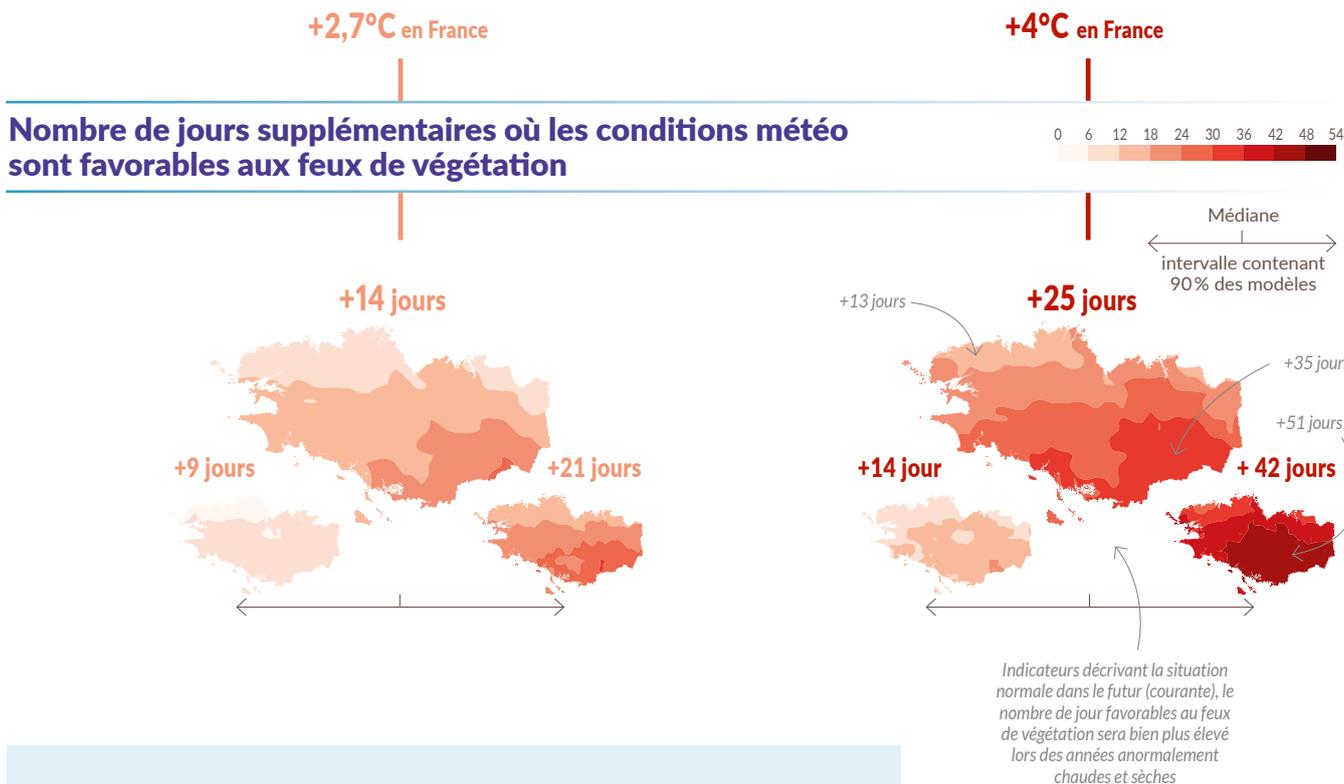


Source des données : DRAAF Bretagne, SDIS de Bretagne, ONF Agence nationale DFCI, BDIFF

Risque d'incendie de forêts et landes



Source des données : DRAAF



Une augmentation de la fréquence des feux de plus de 20 hectares

Dans une étude de 2023, l'INRAE (Institut national de la recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement) projette une augmentation nette de la fréquence des feux de plus de 20 ha en Morbihan et Ille-et-Vilaine dès 2050, pour les scénarios d'émissions modérées et fortes de gaz à effet de serre. Au-delà de 2050, l'activité en feux reste similaire pour le scénario d'émissions modérées, tandis que le scénario d'émissions fortes projette une augmentation de l'occurrence en feux de plus de 20 ha dans le Finistère et les Côtes-d'Armor.



Les feux de landes et de forêts en Bretagne
tinyurl.com/feuxBzh

LES INONDATIONS EN BRETAGNE : ÉTAT DES LIEUX

Les inondations représentent la première catastrophe naturelle en Bretagne en termes de dommages (98%), principalement du fait des inondations par débordement et submersion marine. Les inondations par ruissellement causent moins de dégâts mais sont plus nombreuses et touchent une plus grande population.

Selon la Caisse centrale de réassurance (CCR), les inondations sont à l'origine de la quasi-totalité des coûts des dommages assurés liés aux catastrophes naturelles (98%) en Bretagne entre 1995 et 2019. 47% des sinistres inondations ont lieu dans les zones identifiées à risque pour les aléas débordements et submersion marine par le modèle de la CCR. Il y a donc d'autres phénomènes à prendre en compte, comme le ruissellement qui occupe une place prépondérante. On ne constate que très rarement des inondations par remontée de nappes seules : elles sont très souvent associées à des débordements de cours d'eau.

L'analyse des arrêtés catastrophes naturelles (catnat) ne montre ni augmentation, ni diminution significative du phénomène d'inondation sur ces quarante dernières années.

Les inondations les plus marquantes sont toutes par débordement. Les plus importantes ont eu lieu début 2025 dans le bassin de la Vilaine, durant l'hiver 2000-2001, en janvier 1995, (toutes trois d'ampleur comparable), en fin d'année 1974 et en octobre 1966 (Vilaine). À plus grande échelle, on retient également celles de l'hiver 2013-2014, qui ont touché l'ensemble de la Bretagne, mais dans une moindre amplitude.

DÉBOREMENT DE COURS D'EAU

Selon la Caisse centrale de réassurance (CCR), 4% de la population bretonne est exposée aux inondations par submersion marine et débordement des principaux cours d'eau.

Les débordements de cours d'eau sont causés par d'importants cumuls de pluies entre octobre et mars, suite à des perturbations venant surtout de l'Atlantique et s'enchaînant sur des dizaines de jours. Ces précipitations saturent le sol en eau et font progressivement déborder les nappes puis les cours d'eau. Les bassins étant relativement petits et réactifs dans

l'ouest de la Bretagne, les crues y sont plus rapides que dans l'est. Les débordements sont accentués sur le littoral en cas de forte marée avec surcote, qui empêche les crues de s'évacuer vers la mer.

RUISSÈLEMENT

Les inondations par ruissellement ont lieu lorsque l'eau n'arrive pas à s'infiltrer dans le sol, lors de fortes précipitations, souvent estivales et de type orageux.

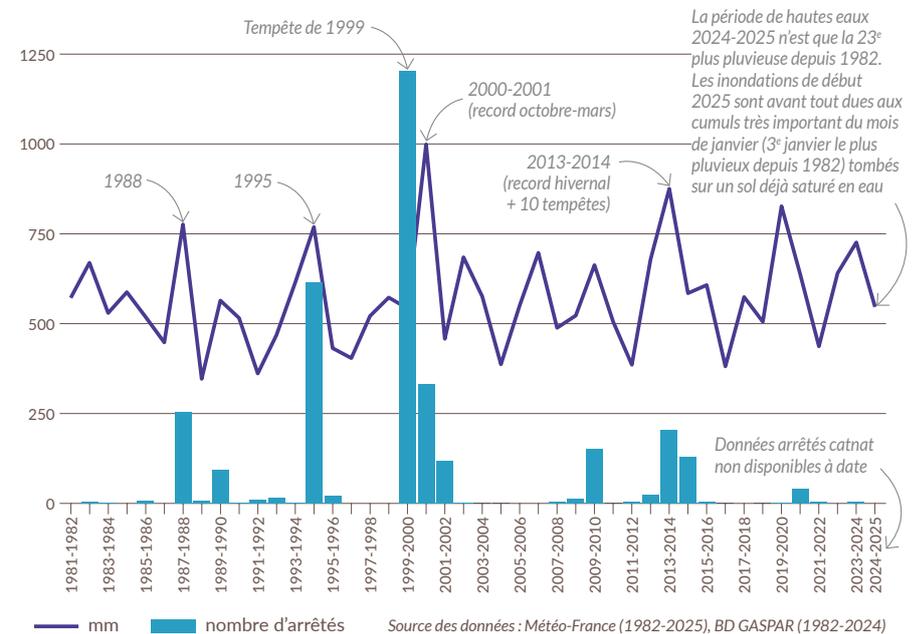
Selon la CCR, 17% de la population bretonne est exposée aux inondations

par ruissellement ou débordement des petits cours d'eau. Ces inondations sont plus nombreuses (53% des sinistres) mais moins impactantes (35% du coût des sinistres) que les inondations par submersion marine ou débordement de principaux cours d'eau.

Ce refus d'infiltration a diverses origines. En zone urbanisée, l'artificialisation des sols et la saturation des réseaux d'eaux pluviales sont en cause. En hiver, la saturation du sol en eau fait suite à de longues périodes de pluies. En l'été, le ruissellement peut être causé par l'assèchement des sols.

Les grandes inondations par débordement en Bretagne

Nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle inondations (barres, incluant les submersions) et cumuls de précipitations d'octobre à mars (courbe).



L'identification des zones exposées aux inondations par les assureurs

Les chiffres présentés ici sur l'exposition de la Bretagne aux inondations sont issus d'un travail de modélisation de la Caisse centrale de réassurance (CCR). L'estimation de la CCR des zones exposées aux inondations est différente de celle estimée à partir des zones définies dans l'enveloppe approchée des inondations potentielle (EAIP) utilisée dans le cadre de la directive inondation. Nous utilisons les chiffres de la CCR car ils sont les seuls à même de décrire explicitement le ruissellement.

INONDATIONS PAR RUISSELLEMENT & PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES

Difficile à mesurer par le passé, les précipitations extrêmes s'intensifient dans le futur, sur l'ensemble du territoire breton, et en toute saison. Ce renforcement participe, aux côtés d'autres facteurs comme l'usage des sols, à l'augmentation de la fréquence et de la sévérité des inondations par ruissellement.

UN PHÉNOMÈNE DIFFICILE À DÉCRIRE SUR LA PÉRIODE PASSÉE

Il est impossible de tirer des conclusions sur les pluies extrêmes du passé, celles-ci étant souvent très localisées et donc non-mesurées par les stations météorologiques. La mémoire nous rappelle que des événements orageux et intenses ont toujours touché la Bretagne : citons Saint-Malo et ses 246 mm de pluie en 24h en 1929 ou encore l'orage du 4 juillet 1973 à Saint-Brieuc où sont tombés localement 124 mm de pluie.

Ces événements deviennent plus visibles et impactants ces dernières décennies notamment suite au développement urbain, et à l'artificialisation des sols, les villes étant particulièrement sensibles à ces pluies courtes et intenses.

Rennes Métropole a réalisé une étude sur les événements orageux sur 6 ans (2018-2022). Leur analyse a montré que le bassin rennais a connu plus de 9 événements de pluies extrêmes estivaux dont l'intensité dépasse de loin les seuils de précipitations utilisés pour le dimensionnement des réseaux d'eaux pluviales. Ce constat d'observations récentes de pluies estivales très extrêmes, auquel le territoire n'est pas préparé, est partagé par le service de prévision des crues, dont les vigilances crues liées aux orages estivaux ont augmenté ces dernières années.

DES PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES PLUS INTENSES DANS LE FUTUR

L'intensification des précipitations extrêmes dans le futur fait l'objet d'un fort accord entre les modèles quels que soient la saison et le degré de réchauffement. On constate une forte augmentation, plus marquée en hiver et pour les épisodes peu fréquents (1 fois tous les trois ans) par rapport aux épisodes fréquents (3 fois par an). Ces phénomènes restent très variables d'une année à l'autre.

La Bretagne connaît déjà des précipitations extrêmes hors statistiques : quelques événements marquants sur la métropole rennaise

42 mm en 1h

= événement centennal théorique à Rennes Saint-Jacques

DATE DE L'ORAGE 	PRÉCIPITATIONS EN 1H SUR RENNES MÉTROPOLE (MM) 
21 juin 2022	87
3 juin 2022 (métro Italie inondé)	52
13 août 2020	57
3 juin 2020	64
9 mai 2020	70
28 août 2018	48
6 juillet 2018	43
8 juin 2018	54
28 mai 2018	70

Évolution de l'intensité des pluies extrêmes sur l'année (probabilité de se produire 1 fois tous les trois ans)



Améliorer la modélisation des pluies extrêmes

Les projections actuelles sous-estiment potentiellement les précipitations extrêmes estivales. Associées à des orages, celles-ci sont souvent courtes et très intenses. Dans un futur proche, de nouveaux modèles représentant explicitement les phénomènes convectifs comme les grains ou les orages permettront d'améliorer les simulations de précipitations extrêmes et d'optimiser la qualité des projections.

INONDATIONS PAR DÉBORDEMENT & DÉBITS DE CRUE

Les débits de crue vont probablement augmenter en Bretagne dans le futur, avec une forte incertitude sur l'intensité de ces changements. Aucune évolution, passée ou future, n'est constatée pour les événements de saturation et de débordement des nappes phréatiques

LES DÉBITS DE CRUE

L'indicateur « débit de crue » ne fait pas référence au débordement d'un cours d'eau, mais à son débit journalier le plus élevé sur l'année. L'atteinte de ce débit maximal peut, ou non, engendrer un débordement.

L'analyse des mesures de 19 stations hydrologiques bretonnes depuis 1968 montre que les débits de crue des cours d'eau sont avant tout très variables d'une année à l'autre. Une légère tendance à l'augmentation est observée, significative pour trois stations situées dans le sud-ouest de la Bretagne.

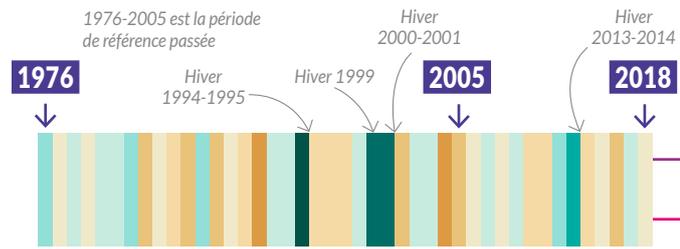
Dans le futur, le caractère très aléatoire des débits de crue persistera. En plus du maintien de cette variabilité interannuelle, les simulations hydro-climatiques s'accordent fortement sur une augmentation de la valeur débits de crue annuels. L'intensité de cette hausse des débits de crue est très incertaine. Dans une France à +4°C, l'incertitude s'étend de -9% à +73%, par rapport à 1976-2005.

Cette augmentation des débits de crue cumulée à l'élévation du niveau de la mer va conduire à une augmentation des crues fluvio-maritimes, causées par les hautes marées dans les estuaires.

ÉVÉNEMENTS HUMIDES DE NAPPE

Un événement humide de nappe est un niveau de la nappe considéré comme exceptionnellement haut sur la période 1976-2005. Il n'induit pas forcément un débordement.

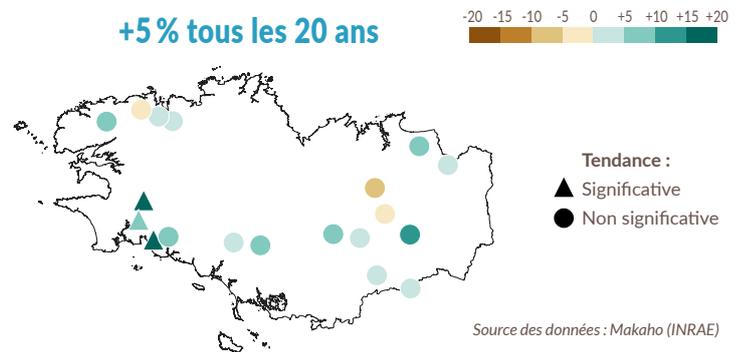
Aucune tendance ne se dégage, ni dans l'évolution passée, ni dans les projections futures, pour les événements humides de nappes. Les simulations ne s'accordent pas sur le sens ou l'intensité du changement.



Évolution des débits de crue annuels de la Vilaine au Boël (% par rapport à 1976-2005, QJXA)



Évolution passée des débits de crue (% tous les 20 ans entre 1968 et 2024)



Quelles données ?

Les projections simulent une hydrologie naturelle pour les débits, et à pression humaine constante pour les niveaux de nappes. Ces données sont issues du projet Explore2.

Quels dommages futurs ?

La Caisse centrale de réassurance (CCR) projette une évolution certaine des dommages liés aux crues rapides et au ruissellement faisant suite à des précipitations courtes et intenses. Celle-ci va de +25% à plus de 100% d'augmentation des dommages entre 2022 et 2050, selon les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre.

Deux modèles sont utilisés ici pour illustrer les fortes disparités entre les modélisations

+2,7°C en France
(par rapport à la période préindustrielle)

Quels que soient les modèles, les débits de crue futurs restent très aléatoires d'une année à l'autre. Des années sèches et d'autres avec de fortes crues continuent de se succéder

+4°C en France
(par rapport à la période préindustrielle)

TRACC 2050

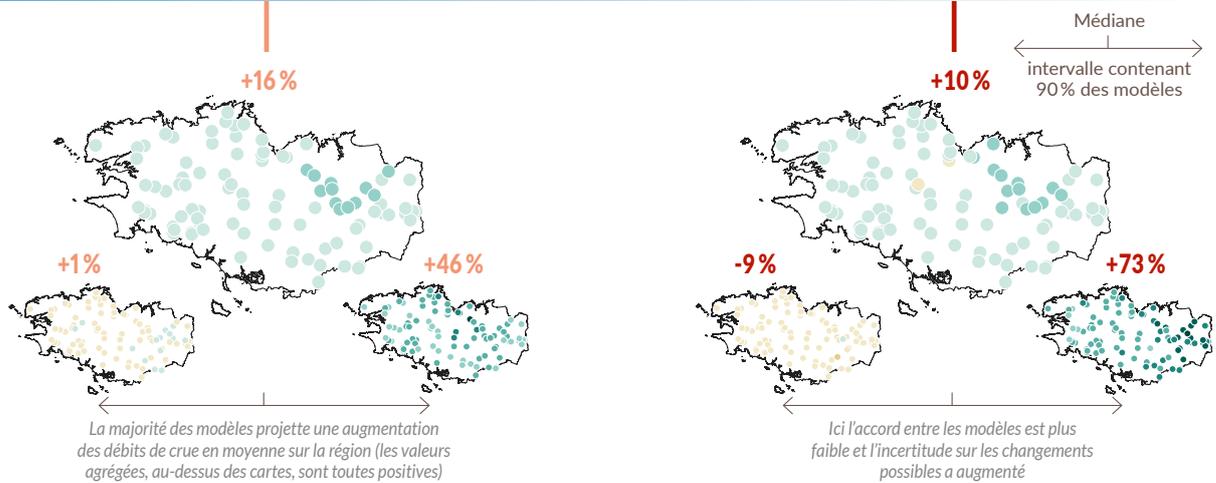
TRACC 2100

MODÈLE TRÈS CHAUD ET SEC

MODÈLE CHAUD ET PLUVIEUX

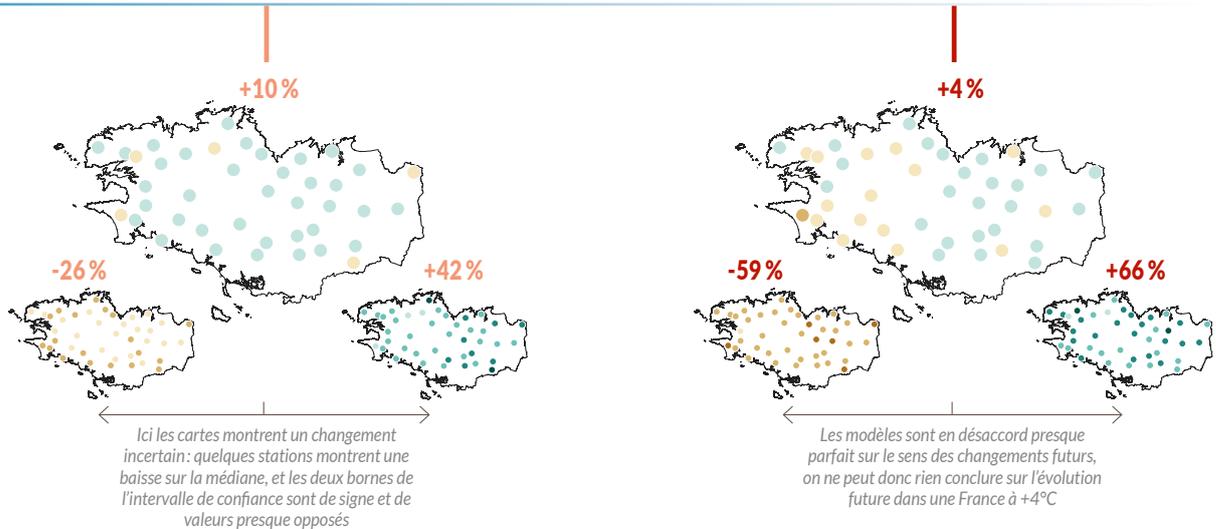
Évolution des débits de crue annuels (% par rapport à 1976-2005)

-150 -125 -100 -75 -50 -25 0 +25 +50 +75 +100 +125 +150



Évolution du nombre d'événements humides des nappes entre octobre et mars (% par rapport à 1976-2005)

-160 -120 -80 -40 0 +40 +80 +120 +160



LE RETRAIT-GONFLEMENT DES SOLS ARGILEUX (RGA)

La Bretagne est très inégalement exposée au retrait-gonflement des sols argileux (RGA). Le phénomène va s'intensifier dans la région avec le changement climatique, et l'exposition du territoire va s'étendre à des sols moins argileux et à des couches de sols plus profondes.

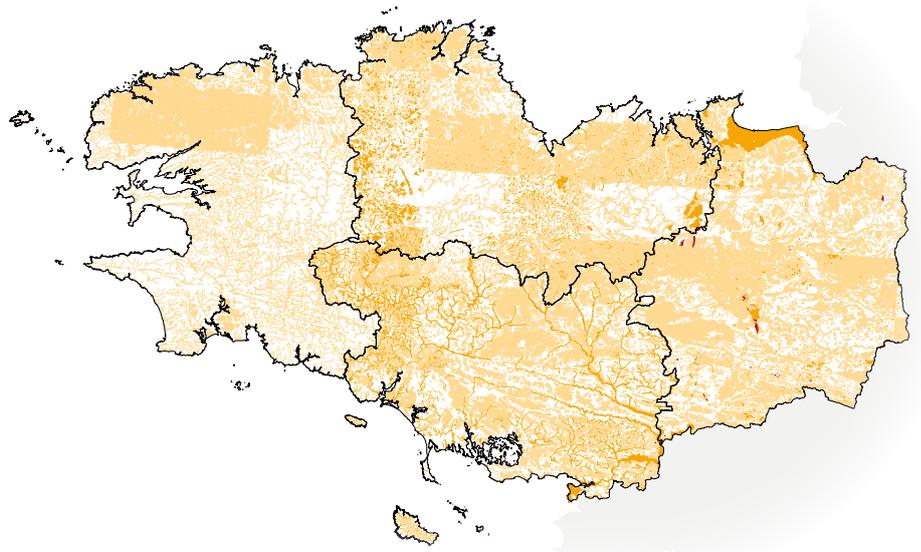
Les sols argileux ont un comportement d'éponge : ils ont tendance à se rétracter en période de sécheresse, et à regonfler lorsqu'ils se réhydratent suite à des précipitations. Le retrait-gonflement des sols argileux (RGA) s'accroît avec l'intensification des cycles de sécheresse / précipitations et leurs variations aléatoires, et peut endommager des bâtiments, voire les rendre inhabitables.

Les zones exposées au RGA sont rares en Bretagne (0,06 % du territoire selon le BRGM) et principalement situées en Ille-et-Vilaine. La base de données GASPARG montre que 80 % des arrêtés de catastrophes naturelles RGA en Bretagne concernent les sécheresses de 2003 et 2022.

Selon le Cerema, la Bretagne est la région française la moins touchée par le phénomène. Pour exemple, 2 % des communes bretonnes ont été reconnues par un arrêté de catastrophe naturelle RGA lors de la sécheresse 2022, contre 50 % en région PACA (la plus touchée). Ce risque est encore peu reconnu en Bretagne, malgré certaines zones particulièrement exposées.

Avec le changement climatique, les sécheresses des sols à l'origine du retrait des argiles vont devenir plus intenses. Le risque de RGA va ainsi s'étendre à des sols plus profonds, touchant des bâtiments et infrastructures aux fondations plus profondes, mais également toucher les sols peu plastiques, jusque-là non exposés.

Exposition à l'aléa retrait-gonflement des sols argileux



Niveau d'exposition à l'aléa RGA

	Fort	< 1 % (0,06 %) (10 000 habitants exposés)
	Moyen	8 % (100 000 habitants exposés)
	Faible	49 % (1 190 000 habitants exposés)
	Non exposé	43 %

Source des données : BRGM (Géorisques)

Quels dommages futurs ?

Selon le Cerema, le coût de la sinistralité sécheresse augmente déjà en Bretagne sous l'effet du changement climatique et a atteint son record en 2022.

La Caisse centrale de réassurance (CCR, 2023) projette que le coût moyen des dommages associés aux RGA en Bretagne sera multiplié par 2 à 3 en 2050 avec un scénario de fortes émissions de gaz à effet de serre (plus pessimiste que la TRACC), et de +25 à +50 % pour un scénario d'émissions modérées (légèrement plus optimiste que la TRACC).

EXTRÊMES ET PHÉNOMÈNES CLIMATIQUES LITTORAUX ET MARITIMES

L'élévation du niveau de la mer est une conséquence majeure, et déjà bien présente, du changement climatique en Bretagne. Depuis 300 ans, l'océan s'est élevé de 35 cm à Brest, à une vitesse deux fois plus importante entre 1980 et 2004 que durant la période 1890-1980. Le niveau marin continuera de s'élever, de +36 cm à +69 cm en 2100 par rapport à 2020, dans une France à +4°C.

Les conséquences de cette hausse du niveau de la mer sont multiples, et varient fortement selon les territoires, vu la diversité du littoral breton. L'impact le plus évident est le recul du trait de côte, qui est la résultante de l'élévation du niveau marin et de phénomènes de submersion et d'érosion côtière.

Submersions et érosion côtière arrivent principalement lors des tempêtes, dont le nombre et l'intensité sont avant tout variables d'une année et d'une décennie à l'autre. Il n'y a pas de tendance à la hausse dans le nombre et l'intensité de tempêtes, tant pour le passé que pour le futur, en Bretagne. Par contre, la montée des eaux va aggraver l'impact de ces tempêtes sur le littoral.

L'urbanisation du littoral breton ces dernières décennies a augmenté l'exposition de la région aux tempêtes et phénomènes liés de submersion et d'érosion. Les tempêtes Johanna (2008) et de l'hiver 2013-2014 ont été parmi celles qui ont engendré le plus de dégâts ces cinquante dernières années sur les côtes bretonnes.

La région est vulnérable aux submersions : 75 000 personnes habitent dans une zone basse, soit un peu plus de 2 % de la population bretonne. L'élévation du niveau de la mer va mécaniquement aggraver les impacts des tempêtes, rendant les submersions potentiellement 10 à 100 fois plus fréquentes pour une élévation supplémentaire de 60 cm.

- **+35 cm d'élévation du niveau de la mer depuis 300 ans**
- **Le niveau de la mer continuera de s'élever : dans une France à +4°C, jusqu'à 24 cm d'ici 2050, et de 36 à 69 cm d'ici 2100, par rapport à 2020.**
- **Pas de tendance à la hausse des tempêtes, mais leurs impacts sont plus importants avec la montée des eaux**
- **Potentiellement 10 à 100 fois plus de submersions avec une élévation marine supplémentaire de 60 cm**

L'ÉLEVATION DU NIVEAU DE LA MER

L'élévation du niveau marin a pour origine la dilatation thermique des océans et la fonte des glaciers terrestres et des calottes polaires (Groenland et Antarctique). Selon le degré de réchauffement de la planète, cette élévation sera plus ou moins importante et rapide. Avec +3°C au niveau mondial en 2100 (trajectoire TRACC), la mer continuera de s'élever de 36 à 69 cm par rapport à 2020.

Les mesures de niveau de la mer effectuées au marégraphe de Brest indiquent une élévation d'environ 35 cm depuis ces 300 dernières années. La mer s'élève de manière homogène sur toute la côte bretonne, et le phénomène est en accélération à cause du changement climatique.

La montée du niveau des océans se poursuivra tout au long du siècle, et même au-delà. Avec un réchauffement global de +3°C en 2100 (TRACC), le niveau s'élèvera, par rapport à 2020, de 5 à 24 cm d'ici 2050, et de 36 à 69 cm d'ici 2100.

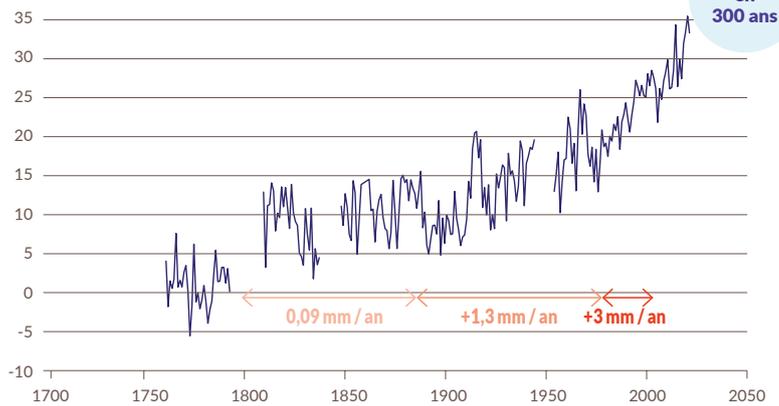
Cette montée des océans rehaussera les niveaux d'eau lors des tempêtes. Ainsi, les niveaux marins extrêmes (grande marée, surcote, houle) atteindront plus fréquemment le rivage, ce qui intensifiera l'érosion des côtes et augmentera la fréquence des submersions marines. Il est donc nécessaire de prendre en compte le changement climatique dans la gestion du littoral et des aménagements côtiers.

Pour l'élaboration des projections du recul du trait de côte, à 30 et 100 ans, le guide du BRGM/Cerema recommande de prendre en compte, parmi d'autres facteurs, l'élévation du niveau marin. Le scénario médian, avec des valeurs minimales de +20 cm sur 30 ans et +60/100 cm sur 100 ans, a vocation à être cohérent avec la TRACC*.

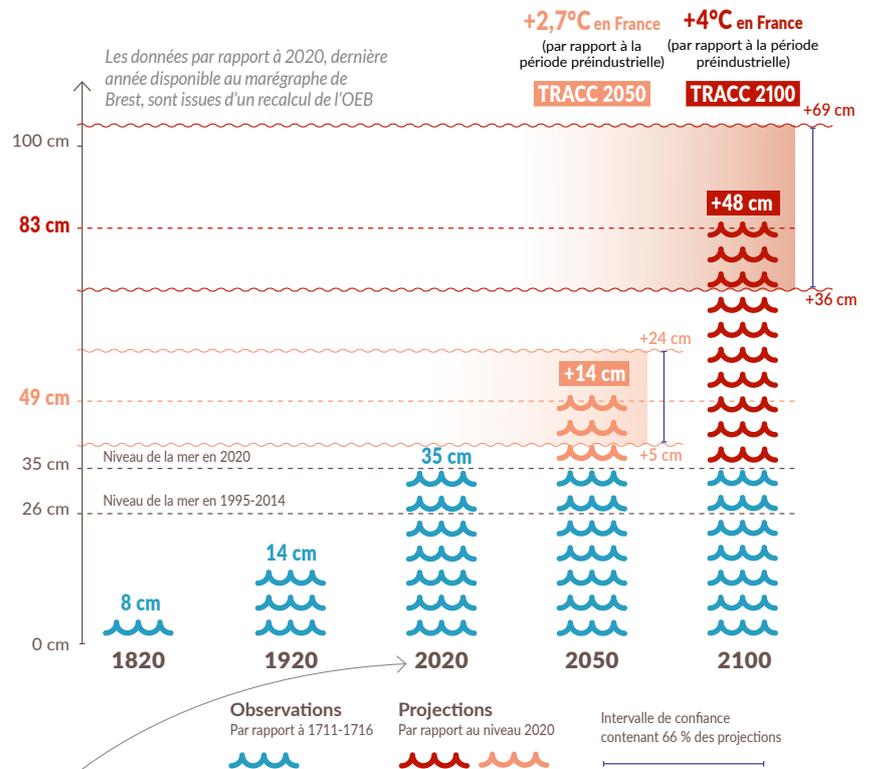
* Les valeurs indiquées pour le scénario médian sont identiques à celles imposées pour les PPRL (plans de prévention des risques littoraux), par la réglementation antérieure à l'élaboration de la TRACC. Il convient donc de leur privilégier les résultats des études plus récentes de projection d'élévation du niveau marin en France.

Pour obtenir les valeurs par rapport à 1995-2014, la période de référence du GIEC, il faut rajouter 9 cm aux valeurs 2020

Évolution du niveau moyen de la mer à Brest



Élévation du niveau de la mer au marégraphe de Brest



•2 mètres dans un siècle ?

Une des incertitudes majeures dans les projections de montée du niveau de la mer est la fonte des calottes glaciaires. Même s'il est peu probable, le risque d'effondrement rapide de l'Antarctique existe. Et d'envisager, alors, le scénario du pire : que la mer atteigne les +2 mètres d'ici un siècle.



Quelle est l'élévation du niveau de la mer en Bretagne ?
Quelles conséquences ?
tinyurl.com/elevationMerBzh

LES TEMPÊTES

La fréquence et l'intensité des tempêtes sont naturellement très variables. Leur nombre a diminué en Bretagne depuis 1980, sans lien avéré avec le changement climatique. Aucune tendance future ne se dégage en Europe de l'Ouest, mais l'élévation du niveau marin et le développement des enjeux littoraux augmentent l'exposition des côtes et aggravent les impacts des tempêtes.

Une tempête est un système dépressionnaire avec des vents violents, de plus de 100 km/h dans les terres. Elles créent des conditions propices aux phénomènes de submersion et d'érosion des côtes, tout particulièrement lors des grandes marées.

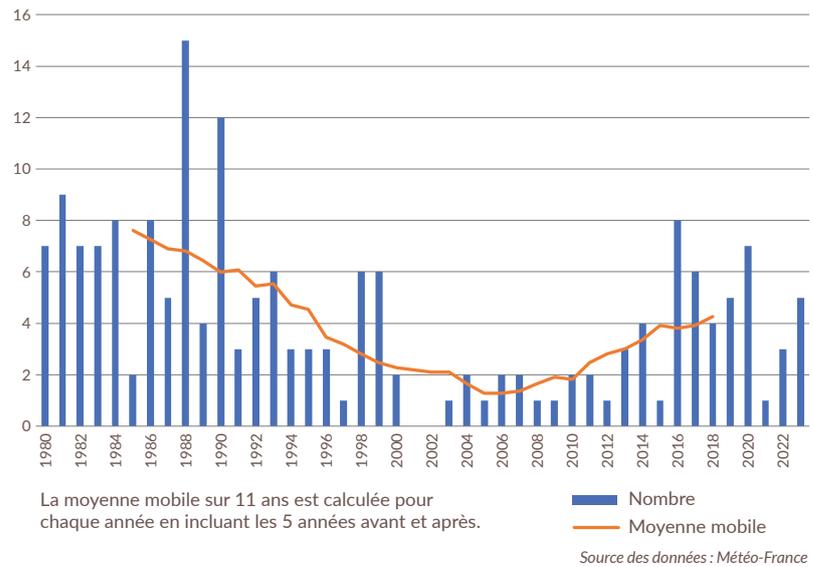
La formation et l'intensité des tempêtes sont dépendantes de différents processus liés aux températures et à l'humidité de l'atmosphère. Vu la complexité et la variabilité de ces processus, il n'existe pas de consensus scientifique sur l'influence du changement climatique sur la fréquence ou l'intensité des tempêtes en Europe. Par contre, les conséquences des tempêtes s'amplifient avec la montée du niveau de la mer, ce qui augmente les risques de submersions marines et d'érosion des côtes.

Météo France observe une baisse significative du nombre de tempêtes bretonnes depuis les années 1980, sans lien avéré avec le changement climatique, tout en soulignant la grande variabilité interannuelle et décennale du phénomène. À plus grande échelle, aucune tendance n'est observée sur la fréquence et l'intensité des tempêtes en France, sur la façade Atlantique et l'hémisphère nord.

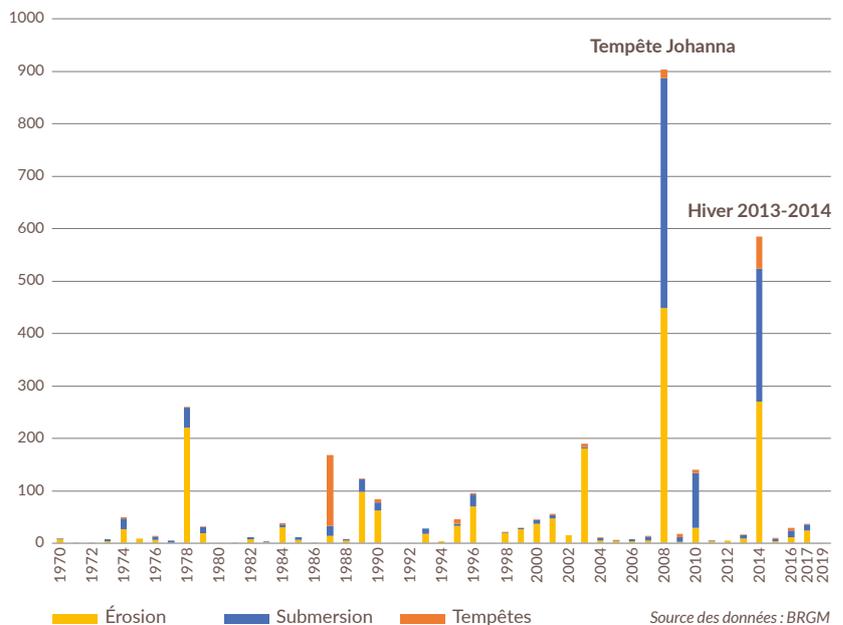
Pour le futur, les projections climatiques ne montrent pas de tendances significatives dans la fréquence et l'intensité des tempêtes en France, à court (2050) ou long terme (2100). À l'échelle continentale, le GIEC projette, au-delà de 2050 pour un réchauffement global de +2°C, une augmentation du nombre et de l'intensité des tempêtes en Scandinavie et au Royaume-Uni.

En Bretagne, le développement des enjeux le long du littoral augmente l'exposition aux tempêtes et aux aléas côtiers. La base de données du BRGM sur les dégâts littoraux dus aux tempêtes permet déjà de mettre en évidence l'impact très important des tempêtes Johanna (2008) et de l'hiver 2013-2014 sur la côte bretonne.

Fréquence annuelle des tempêtes en Bretagne



Dégâts littoraux dus aux tempêtes en Bretagne



Les tempêtes
en Bretagne
tinyurl.com/tempetesBzh

L'ÉROSION CÔTIÈRE

Naturellement mobile et surtout influencé par les activités humaines durant ces derniers siècles, le trait de côte peut reculer avec l'érosion côtière, aggravée par l'élévation du niveau marin. Le littoral breton, avec sa diversité de milieux et son urbanisation hétérogène, est constitué d'une dentelle de territoires plus ou moins susceptibles d'être impactés par ces phénomènes.

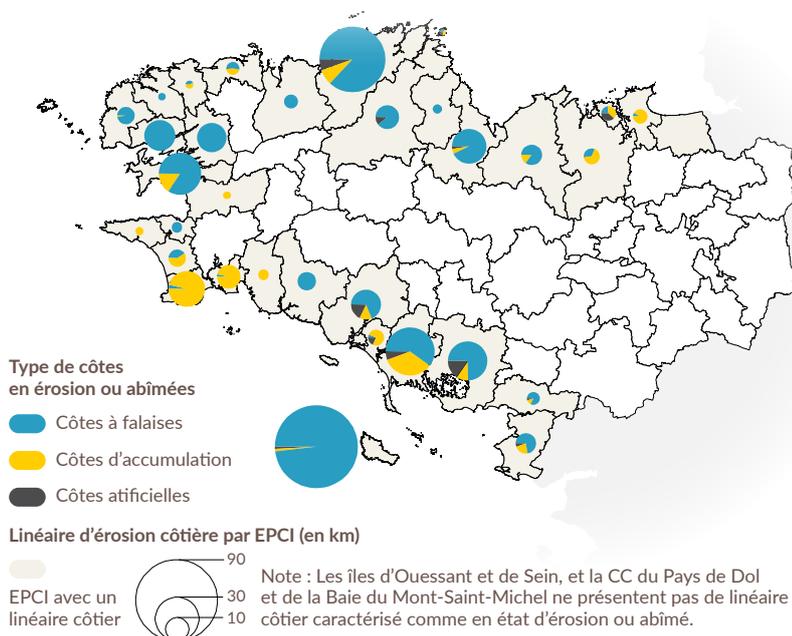
Le trait de côte est défini comme la limite de rivage entre la mer et la terre. Il peut reculer lorsque la mer avance sur les terres, via des phénomènes, combinés ou non, d'élévation du niveau marin, de submersions marines et d'érosion côtière.

Le littoral est un milieu naturellement dynamique, qui ne cesse d'évoluer sous l'effet des courants de marée, de la houle, du vent, des pluies, du gel/dégel. L'érosion côtière, qui consiste en la perte de matériel littoral (sable, roche, galets), est plus ou moins importante selon le type et la nature des côtes.

Les côtes rocheuses sont soit stables soit en recul, et s'érodent plus ou moins vite selon leur nature et leur exposition, tandis que les côtes d'accumulation (plages, cordons, vasières...) alternent souvent des phases d'érosion et d'accumulation. Les activités humaines et les ouvrages fluviaux et littoraux modifient les flux sédimentaires et influencent le trait de côte.

UN LITTORAL BRETON TRÈS DIVERSIFIÉ

Le littoral breton a cette caractéristique d'être très diversifié et découpé.



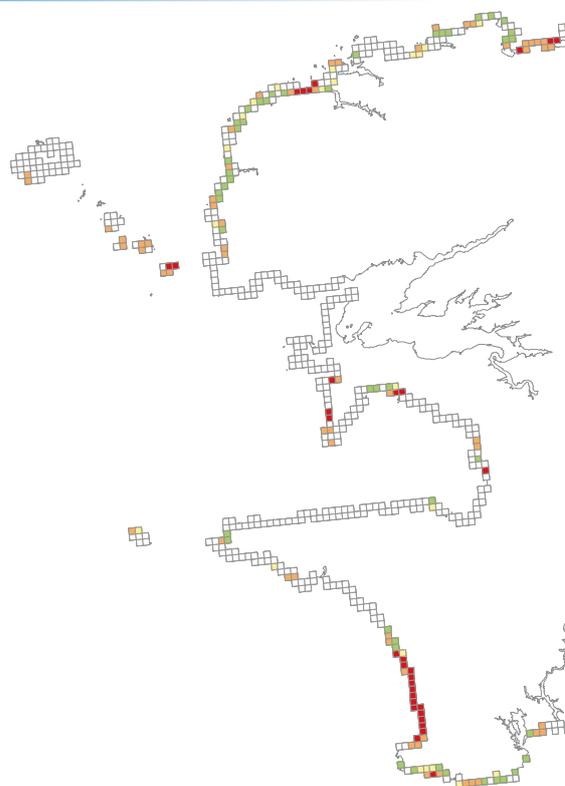
Données BRGM, état d'érosion des côtes bretonnes par EPCI, et par type de côtes, pour la période 2013-2018 (selon la date de visite de terrain)

Se succèdent en mosaïque 1640 km de falaises, 780 km de côtes artificielles et 510 km de côtes d'accumulation, selon l'atlas géomorphologique du BRGM, qui a caractérisé près de 2930 km de côtes.

Des visites de terrain effectuées entre 2013 et 2018 par le BRGM ont permis d'observer 315 km de falaises en état d'érosion (soit 19,2 % des côtes rocheuses). Près de la moitié d'entre elles sont situées dans le Morbihan, mais d'autres secteurs sont concernés, comme par exemple la rade de Brest ou les falaises meubles du Trégor-Goëlo.

RECU ET AVANCÉE POUR LES CÔTES D'ACCUMULATION

Pour les côtes d'accumulation, l'INE (indice national de l'érosion côtière) a pu estimer, sur une période de 60 ans, que 15% des côtes bretonnes sableuses et vaseuses étaient en recul, pour 12,7% en avancée. Une grande majorité de cette dynamique se réalise à une vitesse de moins de 1,5 m/an. A ce rythme, la Bretagne aurait ainsi perdu 1,62 km² de côtes depuis les années 1960.



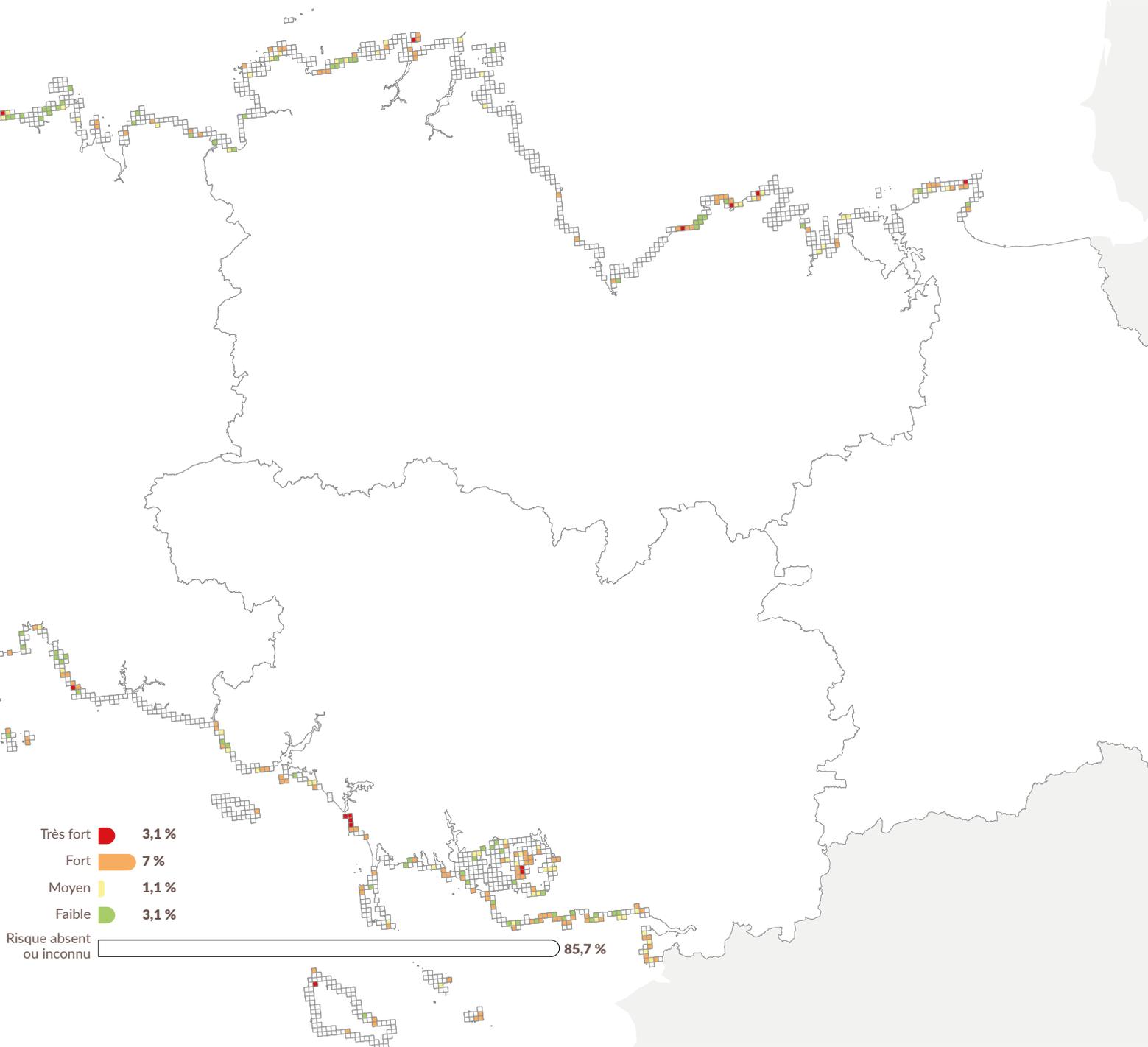
DES ADAPTATIONS TRÈS LOCALES

La mer s'est élevée de 35 cm en 300 ans en Bretagne, un phénomène en accélération ces dernières décennies à cause du changement climatique. Le manque de données homogènes ne permet pas de conclure, pour le XX^e siècle, à une relation systématique entre le phénomène global d'érosion des côtes et l'élévation du niveau de la mer. On considère plutôt que ce sont les activités humaines, et les processus naturels, qui ont surtout modifié le trait de côte.

Les territoires les plus à risque face à l'érosion côtière sont distribués un peu partout le long du littoral breton, en des zones spécifiques avec des caractéristiques et dynamiques sédimentaires propres. L'adaptation à ce phénomène dépend avant tout du contexte local.

Risque lié à l'érosion côtière

Indice de risque qui correspond à l'aléa évolution du trait de côte, estimé via l'INE, croisé avec les enjeux humains, économiques structurels, agricoles et naturels.



Source des données :
Osirisc (UBO, IUEM), maille de 800 x 800 m

Différentes données pour estimer l'érosion côtière

Dans cet article, le phénomène d'érosion côtière est approché via l'indicateur national de l'érosion côtière du Cerema (INE), qui estime un recul ou une avancée du trait de côte sur 60 ans, et l'atlas de géomorphologie du trait de côte breton du BRGM, qui informe sur un état ponctuel d'érosion (2013-2018). Du fait de sa méthodologie, l'INE est peu concluant sur l'évolution des falaises (à 99% imperceptible). Quant à l'atlas du BRGM, il décrit un état ponctuel d'érosion, et ne peut donc rendre compte de la dynamique à long terme des côtes d'accumulation.



L'érosion côtière
en Bretagne

tinyurl.com/erosionCotesBzh

LES SUBMERSIONS MARINES

Une grande partie du littoral breton fait face au risque de submersion marine, exposant actuellement 75 000 habitants. Avec l'élévation du niveau de la mer, les zones basses seront plus exposées aux submersions à marée haute et les événements de submersions majeurs deviendront bien plus fréquents. Les politiques locales d'adaptation consistent en une variété de stratégies qui appellent à apprendre à vivre avec l'élévation du niveau de la mer.

Les submersions marines sont des inondations temporaires des zones côtières par la mer. Lors des tempêtes, la diminution de la pression atmosphérique et l'effet des vents forts entraînent une élévation provisoire du niveau de la mer (surcote). Ces conditions météorologiques défavorables créent alors des risques de submersion, encore plus élevés si la tempête frappe lors de marées hautes, et si elle est accompagnée de fortes houles.

La tempête Johanna de mars 2008 a fait de nombreux dégâts de submersion en Bretagne et le long de la Manche, notamment à cause de la conjonction à de grandes marées (coefficient supérieur à 100) et de fortes houles venant de l'Atlantique.

UN RISQUE DE SUBMERSION DISPERSÉ SUR TOUT LE LITTORAL

Les zones basses sont particulièrement exposées à la submersion marine, en cas de débordement ou de rupture des structures naturelles ou artificielles qui les séparent de la mer. Ce sont souvent des zones gagnées sur la mer (polders et marais), où le trait de côte a été fixé artificiellement par des ouvrages de défense côtière, limitant ainsi la mobilité naturelle du littoral. Leur submersion peut intervenir lorsque le niveau d'eau lors d'événements météo-marins (grandes marées, tempêtes) dépasse le niveau de protection pour lequel ont été calibrés ces ouvrages.

75 000 Bretonnes et Bretons habitent dans une zone avec un risque de submersion, soit 2,2% de la population bretonne.

Les côtes bretonnes étant très découpées et urbanisées, les territoires exposés au risque de submersion sont nombreux et dispersés sur tout le littoral. Les zones considérées comme particulièrement à risque sont le sud du Pays Bigouden, le Pays Fouesnantais, Saint-Malo, la baie du Mont-Saint-Michel, le Golfe du Morbihan, Gâvre et

le nord du Finistère entre Roscoff et Plouguerneau (Haut-Léon).

UNE URBANISATION DU LITTORAL QUI AUGMENTE LE RISQUE

L'élévation du niveau de la mer, accélérée par le réchauffement climatique, aggrave les risques de submersion. Ces vingt dernières années ont été marquées par des événements de submersion majeurs en Bretagne (Johanna en 2008, Xynthia en 2010 et l'hiver 2013-2014), engendrant de nombreux dégâts. Cette phase intense fait suite à une période de 50 ans où peu de dégâts littoraux ont été recensés, selon le BRGM (voir page tempête). On ne peut cependant pas séparer l'effet de l'urbanisation rapide des littoraux bretons de l'impact du changement climatique dans l'augmentation des dégâts liés aux submersions.

DES SUBMERSIONS JUSQU'À 100 FOIS PLUS FRÉQUENTES DANS LE FUTUR

Avec l'élévation du niveau marin, les événements de submersion marine sont appelés à devenir plus fréquents. Pour exemple, une étude de 2020 a caractérisé neuf événements historiques de submersion à Gâvres (1900-2010), et estimé leur probabilité d'occurrence selon l'élévation du niveau de la mer. Elle a déterminé que les conditions hydrométéorologiques réunies lors de la tempête Johanna en 2008, qui ont actuellement un risque sur 100 de se produire tous les ans, pourraient avoir lieu en moyenne une fois par an avec une élévation supplémentaire de 60 cm de la mer.

Les zones basses pourront graduellement être exposées à la submersion chronique (soit à marée haute), puis à la submersion permanente, entraînant ainsi un recul du trait de côte.

L'adaptation consiste alors à choisir comment vivre avec cette montée des

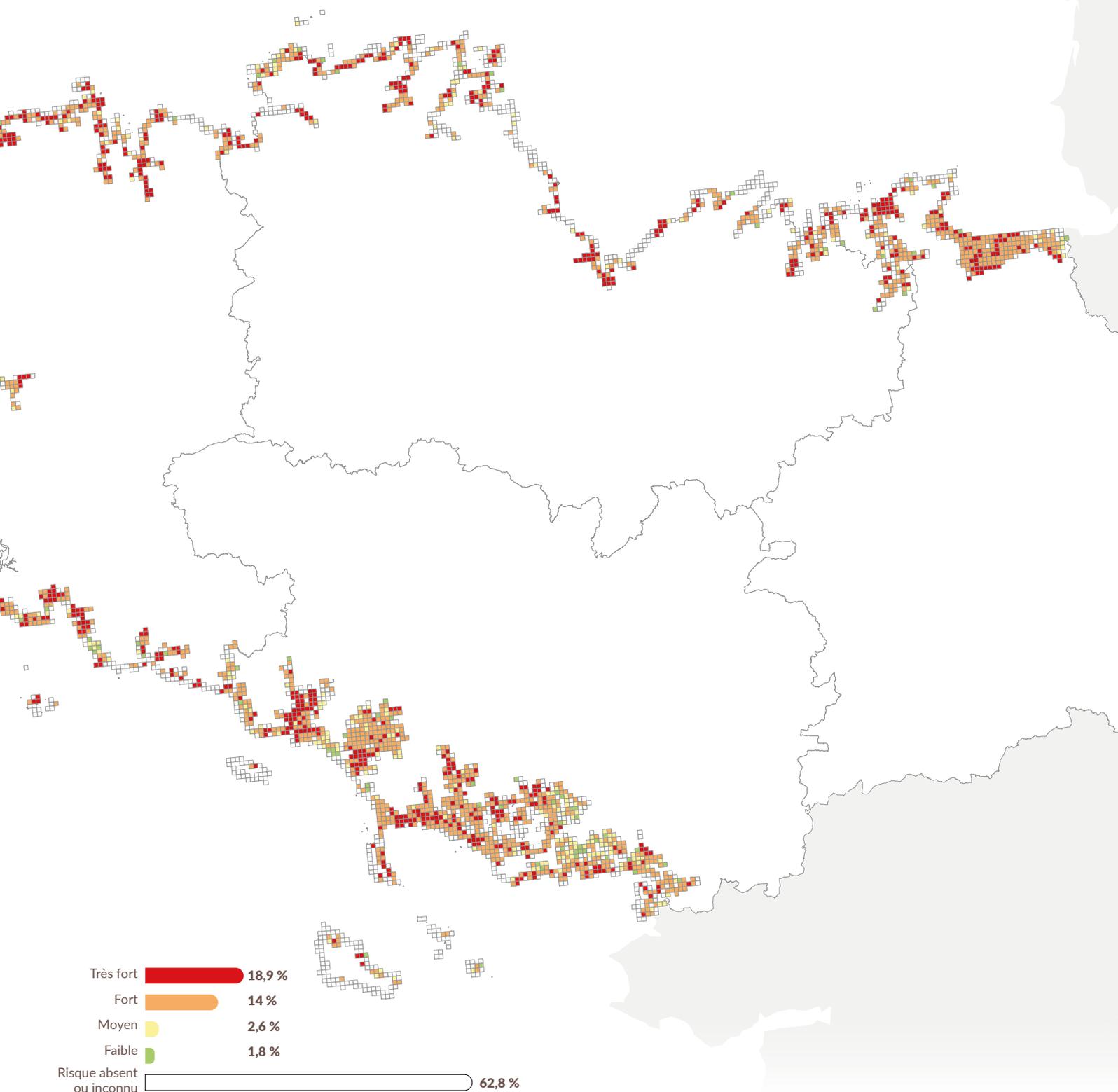


eaux. Car la question n'est pas de savoir jusqu'où s'élèvera la mer, mais quand : elle atteindra les +2 mètres, dans 100 ou 2000 ans, selon nos efforts pour limiter le réchauffement climatique.

Les territoires peuvent suivre plusieurs voies d'adaptation, selon le nombre et l'importance des enjeux présents. S'opposer à l'arrivée de la mer et ériger (et entretenir) des ouvrages de défense plus hauts et plus résistants, qui pourront protéger durant quelques années ou décennies supplémentaires les populations ; construire des bâtiments avec un rez-de-chaussée non-habité ; développer la culture du risque ; accompagner la montée de la mer en lui laissant (re)conquérir des territoires, via notamment la préservation de zones naturelles ou la relocalisation des enjeux exposés, sont autant de stratégies qui peuvent se combiner.

Risque lié à la submersion marine

Indice de risque qui correspond à l'aléa submersion (hauteurs d'eau et zones basses), croisé avec les enjeux humains, économiques structurels, agricoles et naturels.



Source des données :
Osiris (UBO, IUEM), maille de 800 x 800 m



Les submersions marines
en Bretagne
tinyurl.com/submersionsBzh

ACIDITÉ, TEMPÉRATURE ET SALINITÉ DES EAUX CÔTIÈRES ET OCÉANS

Le réchauffement des eaux de surface et leur acidification affectent tout le littoral breton. Cette acidification est particulièrement marquée en milieu côtier. De telles modifications des écosystèmes marins ont de fortes conséquences sur la biodiversité marine et l'économie liée aux produits de la mer.

ACIDIFICATION

L'acidification des océans, tout comme l'augmentation de la température planétaire, sont liés à l'augmentation du CO₂ dans l'atmosphère. Une partie de ce CO₂ est absorbée par les océans. La molécule s'y retrouve sous une forme dissoute, ce qui entraîne une diminution du pH.

D'après les mesures fournies par le SOMLIT (Service national d'observation en milieu littoral du CNRS), le pH a fortement diminué sur ses cinq stations situées à Brest, Roscoff et Dinard depuis une vingtaine d'années. À Brest, depuis 2008, on observe une baisse notable : usuellement au-dessus de 8,1, le pH de l'eau de mer dépasse rarement 8 à l'heure actuelle. Cette diminution est plus importante que celle observée mondialement. Des travaux scientifiques sont en cours pour comprendre les raisons de cette baisse.

Le GIEC prévoit une poursuite du phénomène d'acidification au niveau mondial au moins jusqu'en 2100.

Les organismes calcaires sont particulièrement vulnérables. Citons, en Bretagne, les espèces exploitées en conchylicultures et les bancs de maërls, habitats clefs pour de nombreuses espèces. La biodiversité marine et l'économie liée aux produits de la mer sont donc fortement exposées.

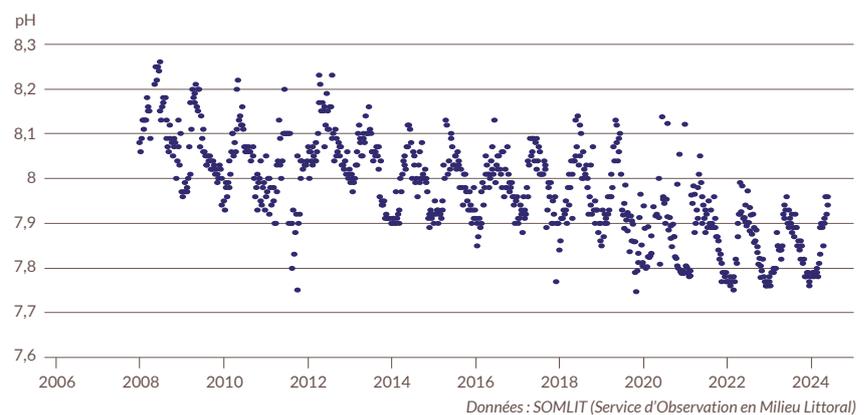
TEMPÉRATURE DES EAUX DE SURFACE

La hausse de la température atmosphérique entraîne, via des échanges de chaleur, un réchauffement des eaux océaniques, principalement en surface. Grâce à leur inertie thermique, ces eaux se réchauffent moins vite que l'air.

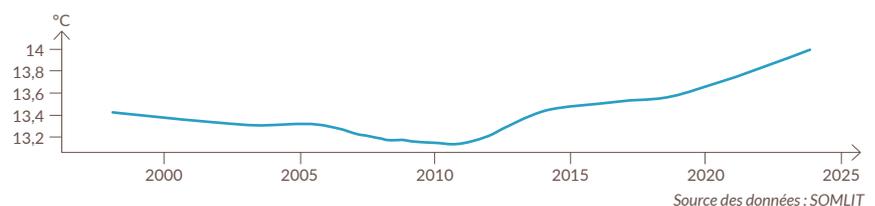
En Bretagne les données Somlit montrent une hausse des températures depuis vingt ans à Brest (+0,02°C/an) et Roscoff (+0,01°C/an), qui est d'autant plus marquée depuis 2010. À Dinard, depuis 2011, la hausse est de +0,04°C/an.

Selon le GIEC, à l'échelle de l'Atlantique nord, la température des océans devrait continuer d'augmenter, allant jusqu'à +1,5°C (par rapport à 1995-2014) pour un réchauffement de +4°C en France.

Évolution du pH de la mer à Brest



Évolution des températures de surface Brest - Station Portzic



Diminution du pH de l'Atlantique Nord selon la TRACC (référence 1995-2014)

-0,1
[-0,2 - -0,1]

+2,7°C
en France

+0,8°C
[0,5 - 1,2]

-0,2
[-0,3 - -0,1]

+4°C
en France

+1,5°C
[1,1 - 1,9]



VAGUES DE CHALEUR MARINES

Elles se définissent par une température de l'eau inhabituellement élevée, sur une durée de plusieurs jours consécutifs, et une étendue conséquente pouvant atteindre des milliers de km².

Ce sont des phénomènes ponctuels et extrêmes qui s'expliquent en grande partie par l'augmentation de la température moyenne de surface de l'océan.

Les vagues de chaleur marines peuvent exercer de fortes pressions sur la biodiversité marine, et pousser à la migration d'espèces vers des habitats plus favorables, voire entraîner une surmortalité. En Bretagne, les forêts de laminaires, très présentes en mer d'Iroise, y sont particulièrement vulnérables.

VAGUES DE CHALEUR MARINES



Hausse de l'activité* des vagues de chaleur depuis 2010

Observé en rade de Brest



4 à 8 fois plus de vagues de chaleur marines d'ici 2100 dans le monde

par rapport à 1995-2014 (GIEC)

*L'activité des vagues de chaleur est un indicateur qui croise la température, la durée de l'événement et la surface concernée.

OXYGÈNE DISSOUS

L'océan côtier est un milieu influencé à la fois par des phénomènes globaux, mais aussi par les bassins versants du continent. L'augmentation de la température de surface de l'océan amène à une diminution de la quantité d'oxygène dissous, à la fois en surface et dans les profondeurs. Les rejets d'azote et de phosphore via les eaux continentales combinés à des conditions météorologiques favorables et à d'autres facteurs tels que la morphologie littorale peuvent amener à un appauvrissement en oxygène. Les zones les plus sensibles à une baisse de l'oxygène dissous sont les zones littorales peu brassées.

En Bretagne, il n'y a pas de tendance précise quant à l'évolution de la quantité d'oxygène sur le littoral.

D'après le GIEC, à l'échelle mondiale, la quantité d'oxygène dans les océans va continuer de se réduire de 1,6 à 3,7% par rapport à 2000. Ces modélisations présentent de fortes variabilités à l'échelle régionale.

SALINITÉ

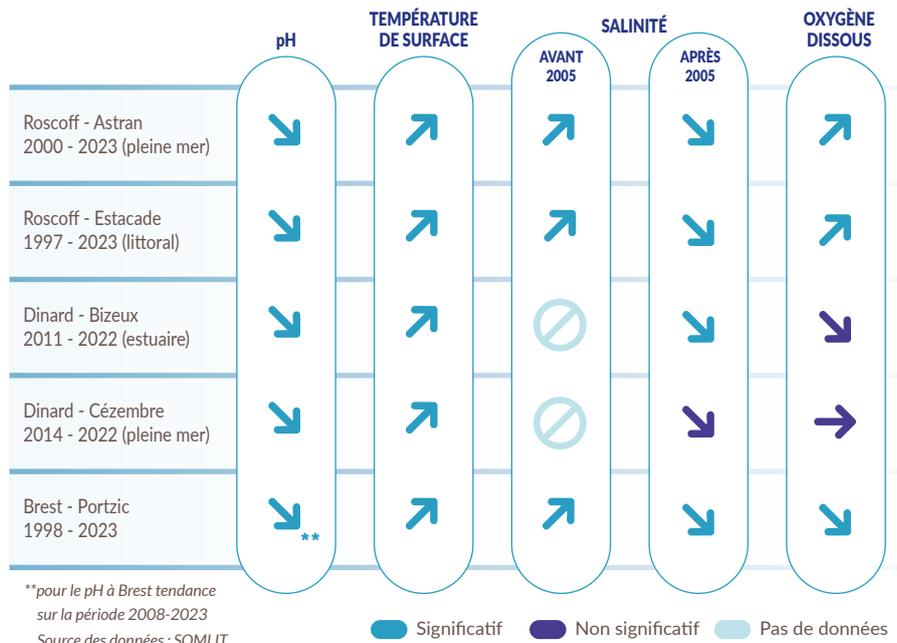
La salinité des eaux littorales est directement influencée par les précipitations et les débits des cours d'eau, eux-mêmes affectés par le changement climatique.

En Bretagne, les données des stations SOMLIT ne montrent pas de tendances particulières sur les variations de salinité. Une augmentation de salinité constatée à Brest au début des années 2000 a été mise en lien avec la baisse des débits des rivières qui se jettent dans la rade.

D'après le GIEC, les zones où la salinité est élevée et où il y a une forte évaporation tendront à devenir plus salée à l'avenir. A l'inverse, les zones les moins salées avec de fortes précipitations verront leur salinité diminuer.

INTRUSIONS SALINES

Les intrusions salines sont une intrusion de l'eau de mer dans les nappes d'eau douce. Elles sont amplifiées par les prélèvements d'eau souterraine sur le littoral et par l'élévation du niveau de la mer, sans que l'on puisse actuellement quantifier ces impacts faute de données sur les prélèvements et de suivi du phénomène d'intrusion saline.



**pour le pH à Brest tendance sur la période 2008-2023
Source des données : SOMLIT



Acidité, température et salinité des eaux côtières et océans
tinyurl.com/oceanBzh

MÉTHODOLOGIE ET LIMITES

PAGE 06

Atténuer & s'adapter

Le réchauffement global de 1,2°C est établi entre 1850-1900 et 2014-2023 (SDES).

Le SRADDET de Bretagne a été adopté par le Conseil régional en décembre 2020 et approuvé par arrêté préfectoral le 16 mars 2021. Ses objectifs de réduction de gaz à effet de serre consistent en une baisse de 34 % des émissions en 2030 et de 65 % en 2050 par rapport à 2015, conformément à la SNBC1 en vigueur en 2020. Afin d'être compatible avec la SNBC2 (et la SNBC3 à venir), notamment sur l'atteinte de la neutralité carbone en 2050, la Région Bretagne a lancé des travaux de modification du volet énergie-climat du SRADDET.

Le pourcentage d'actions d'adaptation dans les PCAET bretons est issu d'une enquête de Breizh Alec sur 22 PCAET.

Les terminologie et définitions utilisées sont celles du GIEC, complétées par celles de l'Ademe dans TACCT (Trajectoires d'Adaptation au Changement Climatique des Territoires) afin d'assurer un langage commun entre les deux approches.

PAGE 08

TRACC

L'approche par degré de réchauffement se base sur l'hypothèse que les changements climatiques associés à un niveau de réchauffement donné sont peu dépendants du moment où ce réchauffement arrive (excepté pour la montée des eaux ou des phénomènes hydrologiques impliquant des stocks d'eau comme la neige, les glaciers ou les grandes nappes phréatiques, absents en Bretagne).

PAGE 09

Zoom sur : projeter les climats futurs

Ensemble de projections climatiques

Les projections climatiques utilisées ici ont été sélectionnées par les scientifiques du projet de recherche Explore2, et réajustées en cohérence avec le climat passé (correction ADAMONT). Elles sont issues de 17 couples GCM-RCM, et sont cohérentes avec les nouvelles projections du GIEC de l'exercice CMIP6. Tous les indicateurs ont été calculés par l'OEB à partir des données quotidiennes.

Trio de cartes de projections climatiques

Les valeurs au dessus de chaque carte sont issues d'une agrégation qui lisse la variabilité spatiale.

Les isobandes (plages de couleurs) ont été obtenues en transformant les mailles SAFRAN suivant l'algorithme des marching squares, puis lissées par l'algorithme de Chaikin.

Pour 1976-2005, nous n'avons représenté que les cartes représentant la médiane de l'intervalle contenant 90 % des modèles (les modèles sont très proches les uns des autres donc les bornes ne sont pas représentées).

Choix des modèles contrastés (narratifs) pour les frises climatiques et les vagues de chaleur : les narratifs sont des modèles climatiques (couple GCM-RCM) choisis de manière à représenter des futurs contrastés. 2 narratifs ont été choisis pour cette publication. **Le narratif très chaud et sec (HadGEM2 CCLM4), conduit à des futurs drastiquement plus chauds et secs (baisse des précipitations)** en toutes saisons, sans être le modèle le plus extrême. Il conduit à de forts contrastes en précipitations entre l'été et le reste de l'année. Il est dans la médiane des modèles concernant l'augmentation de l'intensité des précipitations très extrêmes (q99.9 sur 20 ans), mais projette une forte baisse des précipitations extrêmes en été, hiver et au printemps (q99 des précipitations quotidiennes annuelles, moyennées par horizon) . Ce narratif est le même que le **narratif violet d'Explore2**.

MÉTHODOLOGIE ET LIMITES

Le narratif chaud pluvieux (MPIESM RegCM4) conduit à un réchauffement marqué en moyenne et dans les extrêmes

(médian par rapport aux autres modèles), mais qui reste moindre que celui projeté par le modèle très chaud et sec. Il est parmi les modèles conduisant à une forte hausse des précipitations en toute saison, sauf en été ou il projette peu de changement. Il présente la plus forte hausse des cumuls annuels ainsi qu'une forte augmentation de l'intensité des précipitations extrêmes annuelles (top 4 des modèles projetant le plus d'intensification qu'elle que soit la saison). Ce narratif n'existe pas dans les valorisations du projet Explore2

Expression de l'accord entre les modèles

Pour chaque indicateur, on évalue la certitude du changement climatique selon trois niveaux, basé sur la part des modèles en accord sur le sens de l'évolution future :

- Plus de 80 % : fort accord
- Entre 60 % et 80 % : accord moyen
- Moins de 60 % : pas d'accord des modèles sur un changement climatique

Une classe supplémentaire d'accord moyen (entre 60 et 80 %) a été ajoutée par rapport à l'approche du GIEC sur la base d'échanges avec Météo-France.

PAGE 12

Le climat breton

Tous les indicateurs des cartes et agrégations pour la Bretagne entière sont issus de la réanalyse atmosphérique SAFRAN et de la chaîne de traitement SIM2 de Météo-France. L'agrégation spatiale pour la Bretagne correspond à la médiane des points de grille.

Pour les cartes, les mailles carrées de 8x8 km ont été transformées en isobandes (plages de couleurs) suivant l'algorithme des marching squares, puis lissées par l'algorithme de Chaikin.

Le zonage climatique a été produit par Météo-France. Un autre zonage intégrant la dimension agricole (agro-climatique) a été produit dans le cadre du projet Fermadapt par le laboratoire LETG et est disponible sur le site de l'OEB.

PAGE 14

Évolution passée des températures et précipitations

Limites : la plupart des tendances ne peuvent pas être calculées après 2014 du fait de l'absence de correction des données. Les tendances présentées ici ne prennent pas en compte le réchauffement récent observé et sous-estiment la hausse des températures.

Le calcul des tendances liées au changement climatique nécessite de longues séries de données issues de stations météo (ici 60 ans) qui soit corrigées par les services de Météo-France. Il s'agit des longues séries homogénéisées (LSH) et les séries quotidiennes de références (SQR) de Météo-France disponibles sur <https://meteo.data.gouv.fr/>

Ces critères limitent le nombre de stations disponibles en Bretagne sur lesquelles il est valide d'effectuer une analyse.

Une tendance est considérée comme significative (non due à la variabilité du climat) à l'aide de tests statistiques calibré sur une probabilité de 5 % de détecter un changement significatif à tort. Les tendances sont calculées différemment selon les indicateurs : nombre de jours (modèle linéaire généralisé avec loi de Poisson), degrés jours de chauffage ou climatisation (modèle linéaire), températures moyennes (modèle linéaire) et cumuls de précipitations (Theil-Sen).

Les tendances sur les cartes sont calculées entre les périodes 1961-1990 et 2013-2022 pour les températures et entre 1961 et 2014 pour les précipitations. Les tendances du tableau sont calculées entre 1961 et 2014.

MÉTHODOLOGIE ET LIMITES

PAGE 16

Évolution future des températures et précipitations

Graphique de bandes climatiques (climate stripes) en haut de la page :

la frise chronologique en rouge et bleu (climate stripes) représente les écarts de température moyenne par rapport à la référence 1976-2005 (de -1,1°C jusque à +4,6°C). La période passée de 1976 à 2024 est issue des données SAFRAN/SIM2 de Météo-France, agrégées pour la Bretagne comme en p.11 (climat breton). Pour le futur, les deux narratifs (modèles) climatiques **très chaud et sec** et **chaud et pluvieux** sont présentés. Le principe est le même pour les climate stripes de précipitations.

Les cartes décrivant l'année 2022 sont également issues des données SAFRAN/SIM2 de Météo-France (voir méthodologie de la page 12).

Limites sur les précipitations extrêmes :

les modèles climatiques simulent mal les précipitations extrêmes, notamment du fait de la prise en compte partielle des précipitations issues des orages qui ne sont pas modélisés explicitement. Aussi, les données utilisées sont quotidiennes quand les épisodes de pluies extrêmes sont de l'ordre de 1 h ou moins. Il est donc risqué d'interpréter les valeurs absolues de précipitation (exemple 38 mm), mieux vaut se focaliser sur les changements attendus, plus fiables (ex : +2%). Des simulations incluant mieux les phénomènes orageux sont attendues dans les prochaines années pour améliorer la robustesse de ces calculs.

PAGE 20

Fortes chaleurs

Limites sur les températures extrêmes :

les températures extrêmes modélisées sur le passé sont en général moins élevées que celles mesurées sur des stations météo (du fait de la modélisation en mailles de 8 x 8 km). Ces données n'incluent pas non plus les effets de l'usage des sols sur les micro-climats.

Les graphiques d'écarts à la référence ne sont pas issus de données stations mais de la réanalyse Safran de Météo-France, permettant ainsi une agrégation unique pour toute la Bretagne (médiane des points de grille).

Pour 2022 la température maximale du modèle de réanalyse du passé (SAFRAN) est de 40°C en Bretagne, quand l'on sait que le record a été de 41,6°C le 18 juillet 2022 à Bléruais. Mieux vaut donc se focaliser sur les écarts (exemple +5°C par rapport à 1976-2005), plus adaptés à l'étude du changement climatique que les valeurs absolues (exemple 47°C).

Source des données sur les nuits chaudes à Rennes centre et Rennes-Saint-Jacques : LETG (Université de Rennes 2).

PAGE 22

Vagues de chaleur

Source des données pour les vagues de chaleur passée :

réanalyse SAFRAN de Météo-France pour le passé. Pour le futur, il s'agit des mêmes données que le reste de la publication.

La sévérité d'une vague de chaleur est la quantité de chaleur perçue pendant une vague de chaleur, représentée ici par la taille des bulles. Une température seuil est définie pour identifier le début et la fin d'une vague de chaleur. Les différences entre cette température seuil, et les températures supérieures à ce seuil, sont cumulées afin de calculer la sévérité.

L'intensité maximale d'une vague de chaleur est la température moyenne quotidienne la plus haute de l'épisode, représentée par l'axe vertical du graphe.

PAGE 25

Les sécheresses en Bretagne : état des lieux

Analyse des événements passés (infographie):

données SAFRAN/SIM2 de Météo-France, traitées de la même manière que pour la description du climat breton (p12). Les indicateurs ont ici été agrégés par année hydrologique et par par année civile afin de prendre en compte l'intégralité de ces épisodes de sécheresses marquants.

PAGE 26

Sécheresses des sols & météorologiques

Graphique de bandes climatiques (climate

MÉTHODOLOGIE ET LIMITES

stripes) en haut de la page :

voir méthodologie des pages « Évolution future des températures et précipitations », mais l'indicateur représenté est ici le minimum annuel de l'indicateur d'humidité du sol quotidien (SWI).

Pour l'infographie du bas de la page 27, l'indicateur « périodes de sécheresses des sols aussi longues que 2022 » correspond au nombre de jours avec sol secs (SWI < 0.4).

PAGE 28

Sécheresses hydrologiques

Hydrologie passée

L'analyse et la carte de l'évolution des débits d'étiages et de crues sur le passé (VCN10 et QJXA) se fonde sur le traitement des données de l'outil MAKHO de l'INRAE sur la période 1968-2024, avec une année hydrologique calculée de manière optimale pour chaque station. Le test statistique appliqué sur la carte est un test de Mann-Kendall (seuil de 10%).

Hydrologie future

L'étude de l'hydrologie future se base sur l'ensemble de simulations du projet Explore2 disponible sur le portail Drias eau de Météo-France : <https://drias-eau.fr/>

L'analyse des débits d'étiages et de crue futurs se fonde sur l'ensemble de 17 couples de modèles atmosphériques alimentant chacun 7 modèles hydrologiques (EROS, GRSD, CTRIP, ORCHIDEE, MORDOR-SD, SIM2, SMASH). Ces 119 (17x7) chaînes de modélisation donnent lieu à 119 simulations de débits d'étiage et de crues. Seules les stations hydrologiques pour lesquelles au moins 4 modèles hydrologiques sont disponibles ont été conservées.

Sur les trios de cartes sont représentées, pour chaque station, la médiane (carte centrale) et les deux bornes de l'intervalle de confiance contenant 90% des simulations (mini-cartes de part et d'autre de la médiane).

Les valeurs agrégées au-dessus des cartes correspondent à la valeur de changement agrégée pour la Bretagne entière, il s'agit d'une synthèse qui lisse en partie la variabilité spatiale sur la région.

Les débits d'étiage (VCN10) et durée des étiages sont calculés entre mai et novembre du fait de la disponibilité des données Explore2, quand la période de basses eaux en Bretagne est plutôt d'avril à septembre.

Graphique de bandes climatiques (climate stripes) en haut de la page :

La période passée de 1976 à 2018 est issue de la moyenne des données des 7 modèles hydrologiques disponibles pour la Bretagne alimentés par la réanalyse SAFRAN de Météo-France. Pour le futur ces modèles hydrologiques sont alimentés par les deux narratifs (modèles) climatiques **très chaud et sec** et **chaud et pluvieux**.

L'analyse des événements secs et humides de nappes suit le même principe que les débits d'étiage et de crues, mais nos 17 couples de modèles atmosphériques n'alimentent qu'un seul modèle hydrologique (EROS Bretagne, du BRGM). La détection des événements se fonde sur l'indicateur piézométrique standardisé mensuel (IPS).

PAGE 32

Feux de forêt et de landes

Le PIPFCI 2024-2033 est le plan interdépartemental de défense des forêts et landes contre les incendies, qui définit un programme d'actions régional opérationnel de prévention et de lutte contre les feux de végétation en Bretagne.

L'IFM est un indice du danger météorologique d'incendie, qui synthétise les effets de la pluie, du vent, de la température et de l'humidité. Il est relativement bien corrélé au nombre de feux sur un territoire.

L'IFM à midi (IFM12) est utilisé car il offre une bonne corrélation avec l'activité en feux. Un IFM>20 correspond à un risque avéré d'incendie, un IFM>40 correspond à un risque élevé.

Les projections en nombre de feux de plus de 20 hectares sont réalisées grâce au modèle Firelihood, développé par l'INRAE, qui estime l'activité en feu d'un territoire à partir de l'IFM. Les scénarios d'émissions modérées et fortes de gaz à effet de serre correspondent aux RCP4.5 et RCP8.5. Les observations 2001-2020 sont issues du modèle SAFRAN.

L'année 2022, exceptionnelle en termes d'incendies, n'est pas intégrée aux observations car les données n'étaient pas encore disponibles. Les projections concernant le Finistère sont très incertaines, et peuvent donc sous-estimer l'activité en feux.

Sources : DRAAF (PIPFCI 2024-2033), INRAE

MÉTHODOLOGIE ET LIMITES

PAGE 34

Les inondations en Bretagne

Les chiffres présentés ici sur l'exposition de la Bretagne aux inondations par ruissellement, débordement et submersion marine sont issus du rapport de la Caisse centrale de Réassurance (CCR) (2023) « La prévention des catastrophes naturelles par le fond de prévention des risques naturels majeurs, volet Bretagne. »

Graphiques des grandes inondations en Bretagne : les données GASPARG (Gestion ASsistée des Procédures Administratives relatives aux Risques) ne permettent pas de différencier les inondations par ruissellement et débordements des submersions.

PAGE 35

Inondations par ruissellement & pluies extrêmes

Étude de Rennes Métropole, réalisée en interne en 2023, non-publiée : les données pluviométriques sont issues de la Lame d'eau Antilope 15 minutes Météo-France (données RADAR), traitement par Rennes métropole. Le calcul de période de retour 100 ans (événement centennal) est calculée à partir des observations de la station Météo-France Rennes St-Jacques sur la période 1969-2018.

Dans cette étude, sept événements de pluies extrêmes dépassent le niveau correspondant à une période retour de 100 ans (soit un risque sur 100 que l'événement se produise dans l'année) à la station météo de Rennes Saint-Jacques.

Les réseaux d'eaux pluviales de la métropole sont dimensionnés pour contenir des niveaux de pluies situés sous les niveaux de ces événements centennaux.

PAGE 36

Inondations par débordement & débits de crue

Voir la méthodologie des pages « sécheresses hydrologiques » juste avant.

PAGE 38

Retrait-gonflement des sols argileux

La carte présente les zones définies comme étant en aléas RGA fort moyen ou faible par le BRGM (zonage disponible sur Georisques). Le texte mobilise également la base de données GASPARG et des données CCR (voir bibliographie sur les sécheresses et inondations).

Source Cerema : entretien avec Lamine Ighil Ameur du laboratoire en mécanique des sols

PAGE 40

Élévation du niveau de la mer

Les données d'observation du niveau de la mer passé, issues des marégraphes, ont été fournies par le SHOM (Service hydrographique et océanographique de la marine).

Les données de projection du niveau de la mer dans le futur sont issues de l'outil Sea level projection tool de la Nasa, basé sur les données du 6e rapport du GIEC.

Les incertitudes modèles de du graphe désignent l'intervalle contenant 66 % des modèles, et non 90 % comme dans le reste de la brochure. 66 % c'est un changement considéré comme probable par le GIEC.

PAGE 41

Les tempêtes

La base de données tempêtes de Météo-France attribue une tempête à un territoire si elle touche au moins 2 % de la surface nationale, et 1 % de la surface régionale. Ces données sont reprises dans ClimatHD pour l'analyse de tendances.

La base de données BRGM recense les dégâts littoraux dus aux tempêtes, via synthèse bibliographique (PPRL, articles de presse, témoignages...). La période 1970-2019 a été retenue car c'est celle qui propose un recensement le plus complet des impacts de tempêtes.

Projections de tempêtes pour la France hexagonale à 2050 et 2100 : conclusions issues

MÉTHODOLOGIE ET LIMITES

du rapport de l'ONERC (2018) « Événements météorologiques extrêmes et changement climatique. »

Sources : Météo-France, BRGM, ONERC, GIEC (6ème rapport)

PAGE 42

L'érosion côtière

L'indicateur national d'érosion côtière (INE) du CEREMA (2015), développé dans le cadre de la Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte, compare les traits de côte naturels anciens (1949-1952) et récents (2008-2011) via des photographies aériennes. Pensé comme un outil national, donc homogène sur tout le territoire français, il est peu concluant dans l'estimation du recul des falaises en Bretagne (à plus de 99 % imperceptible).

L'atlas de géologie et géomorphologie du trait de côte breton du BRGM donne un état ponctuel d'érosion (2013-2018, selon les zones), et ne peut donc estimer un recul ou une avancée historique des côtes bretonnes. Il est cependant un bon indicateur des falaises actuellement en érosion, et des côtes artificielles abîmées.

La cartographie du risque lié à l'érosion côtière a été réalisée par Osirisc, utilisant une méthodologie spécifique dans le calcul de l'indicateur de risque, disponible sur <https://osi.univ-brest.fr/>

Sources : BRGM, CEREMA, Osirisc (IUEM-UBO), 6ème rapport du GIEC

PAGE 44

Les submersions marines

L'atlas des aléas littoraux du BRGM recense, entre l'an 1000 et 2019, les dégâts littoraux liés aux tempêtes via différentes méthodologie. Ce recensement n'est pas exhaustif de tous les événements de tempêtes, submersions et d'érosion, mais permet d'identifier les événements majeurs, ayant faits le plus de dégâts.

L'estimation de la population exposée au risque de submersion a été réalisée par le SDES dans son « Chiffres-clés des risques naturels » édité

en 2023. Les chiffres de la population sont ceux de l'INSEE datant de 2019. Les zones à risque de submersion sont les EAIP (Enveloppe approchée des inondations potentielles) par submersion.

La cartographie du risque lié à la submersion a été réalisée par Osirisc, utilisant une méthodologie spécifique dans le calcul de l'indicateur de risque, disponible sur <https://osi.univ-brest.fr/>

Sources : Osirisc (IUEM-UBO), BRGM, SDES, INSEE.

PAGE 46

Acidité et températures des eaux côtières et océans

Les données d'observation des paramètres hydrologiques proviennent du service national d'observation (SNO) SOMLIT. Les tendances ont été calculées grâce au package TTAinterfaceTrendAnalysis sur Rstudio.

Limites : Nous avons utilisé des données in situ mais d'autres types de données peuvent être utilisées telles que les données satellites.

Les données de projection des paramètres hydrologiques de l'eau de mer dans le futur sont issues de l'atlas du 6^e rapport du GIEC.

Un milieu qui n'est pas influencé que par le changement climatique : l'océan côtier est un milieu complexe, à la fois influencé par des phénomènes globaux tels que la hausse de la température atmosphérique, mais également par les eaux continentales issues des bassins versants. Les marées et le brassage biquotidien des masses d'eau, plus ou moins marqué selon les zones, influence également l'évolution des différents paramètres hydrologiques.

BIBLIOGRAPHIE

Belleguic, Karine, Catherine Conseil, Thierry Eveno, Sébastien Lorge, et Franck Baraer. 2012. « Le changement climatique en Bretagne ». Météo-France.

<https://www.creseb.fr/changement-climatique-en-bretagne-rapport-meteo-france/>

Intergovernmental Panel On Climate Change (Ippc). 2023. « Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change ». 1^{re} éd. Cambridge University Press.

<https://doi.org/10.1017/9781009157896>

Intergovernmental Panel On Climate Change (Ippc). 2022. The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 1^{re} éd. Cambridge University Press.

<https://doi.org/10.1017/9781009157964>

IPCC. AR6-WGI Atlas.

<https://interactive-atlas.ipcc.ch/atlas>

Marson, Paola, Lola Corre, Jean-Michel Soubeyrou, Eric Sauquet, Yoann Robin, Mathieu Vrac, et Clotilde Dubois. 2024. « Explore2 – Rapport de synthèse sur les projections climatiques régionalisées ». Rapport. METEO FRANCE ; INRAE ; Institut Pierre-Simon Laplace.

<https://hal.inrae.fr/hal-04443633>

Météo-France. « DRIAS, Les futurs du climat ».

<https://www.drias-climat.fr/>

Météo-France et Explore2. « DRIAS, Les futurs de l'Eau ». <https://drias-eau.fr/>

Vidal, Jean-Philippe, Eric Martin, Laurent Franchistéguy, Martine Baillon, et Jean-Michel Soubeyrou. 2010. « A 50-year High-resolution Atmospheric Reanalysis over France with the Safran System ». International Journal of Climatology 30 (11): 1627-44.

<https://doi.org/10.1002/joc.2003>

Atténuation, adaptation & TRACC

UNEP. 2024. « Emissions Gap Report 2024 | UNEP - UN Environment Programme ».

<https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2024>

Ministère de la Transition écologique et de la cohésion des territoires. 2023. « La trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC) ».

<https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/document-reference-TRACC.pdf>

Ministère de la transition écologique de la biodiversité de la forêt de la mer et de la pêche. 2025. « 3^e Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC3) ».

<https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/PNACC3.pdf>

Le climat breton de la période 1976-2005

Amiot, Louis. 2021. « Impacts des changements climatiques sur la ressource en eau en Bretagne : Mise à jour des analyses réalisées lors de l'approche exploratoire en 2020 ». Rennes.

https://www.creseb.fr/voy_content/uploads/2021/05/DEMOCLIM-maj_LAmiot_20210602.pdf

Évolution passée des températures et précipitations

Salmon Joris. 2021. « Etude sur l'évolution des fortes pluies en Bretagne ». Météo-France.

Gibelin, Anne-Laure, Brigitte Dubuisson, Lola Corre, Nathalie Deaux, Sylvie Jourdain, Laurence Laval, Jean-Michel Piquemal, et al. 2014.

« Evolution de la température en France depuis les années 1950 : Constitution d'un nouveau jeu de séries homogénéisées de référence ». La Météorologie 8 (87) : 45.

<https://doi.org/10.4267/2042/54336>

Évolution future des températures et précipitations

Ribes, Aurélien, Julien Boé, Saïd Qasmi, Brigitte Dubuisson, Hervé Douville, et Laurent Terray.

2022. « An Updated Assessment of Past and Future Warming over France Based on a Regional Observational Constraint ». Earth System Dynamics 13 (4): 1397-1415.

<https://doi.org/10.5194/esd-13-1397-2022>

Feux de forêt et de landes

Barbero, Renaud, John T. Abatzoglou, François Pimont, Julien Ruffault, et Thomas Curt. 2020. « Attributing Increases in Fire Weather to Anthropogenic Climate Change Over France ». Frontiers in Earth Science 8 (avril).

<https://doi.org/10.3389/feart.2020.00104>

Pimont, François, Jean-Luc Dupuy, Julien Ruffault, Eric Rigolot, Thomas Opitz, Juliette Legrand, et Renaud Barbero. 2023. « Projections des effets du changement climatique sur l'activité des feux de forêt au 21^e siècle : Rapport final ». Report, INRAE. <https://doi.org/10.17180/gpdj-xb05>

Chatry, Christian, Le Quentrec, Michel, Laurens, Denis, Le Gallou, Jean-Yves, Lafitte, Jean-Jacques, Creuchet, Bertrand, et Grelu, Jacques. 2010.

« Rapport de la mission interministérielle : Changement climatique et extension des zones sensibles aux feux de forêt ». Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du développement durable et de la mer. <https://www.vie-publique.fr/rapport/31347-changement-climatique-et-extension-des-zones-sensibles-aux-feux-de-foret>

BIBLIOGRAPHIE

Sécheresses, inondations & RGA

CCR. 2023. « La prévention des catastrophes naturelles par le fond de prévention des risques naturels majeurs, Bretagne »

CCR et Météo-France. 2023. « Conséquences du changement climatique sur le coût des catastrophes naturelles en France à horizon 2050 » <https://www.ccr.fr/-/etude-climat-ccr-2023>

INRAE. « MAKAOH ». Consulté en 2024 et 2025. <https://makaho.sk8.inrae.fr/>

INRAE. « MEANDRE ». Consulté en 2024 et 2025. <https://meandre.explore2.inrae.fr/>

Tramblay, Yves, Éric Sauquet, Patrick Arnaud, Fabienne Rousset, Jean-Michel Soubeyroux, Benoit Hingray, Tristan Jaouen, et al. 2024. « Scénarios d'extrêmes hydrologiques ». <https://doi.org/10.57745/2XDJ5H>

Sauquet, Éric, Laurent Strohmenger, Guillaume Thirel, Matthieu Le Lay, et Explore2. 2024. « Quelles évolutions des régimes hydrologiques en France hexagonale ? » <https://doi.org/10.57745/TLUTKF>

Sauquet, Éric, Louis Héraut, Jérémie Bonneau, Alix Reverdy, Laurent Strohmenger, Jean-Philippe Vidal, et Explore2. 2024. « Diagnostic des modèles hydrologiques : Des données aux résultats ». <https://doi.org/10.57745/S6PQXD>

Vergnes, Jean-Pierre, Nadia Amraoui, Lorian Tricoire, et Explore2. 2024. « Projections hydrologiques souterraines en région Bretagne : Résultats du modèle EROS-Bretagne ». <https://doi.org/10.57745/ZF6RXA>

Élévation du niveau de la mer

Collectif (BRGM/Cerema). 2022. Recommandations pour l'élaboration de la carte locale d'exposition au recul du trait de côte. Coédition BRGM et Cerema. https://geolittoral.din.developpement-durable.gouv.fr/telechargement/recommandation_carte_locale/Recommandations-carte-locale-trait-de-cote_BRGM&Cerema_Aout-2022.pdf

Wöppelmann, Guy, Nicolas Pouvreau, Alain Coulomb, Bernard Simon, et Philip L. Woodworth. 2008. « Tide Gauge Datum Continuity at Brest since 1711: France's Longest Sea-Level Record ». *Geophysical Research Letters* 35 (22). <https://doi.org/10.1029/2008GL035783>

Tempêtes

Feuillet, Thierry, Étienne Chauveau, et Laurent Pourinet. 2012. « Xynthia est-elle exceptionnelle ? Réflexions sur l'évolution et les temps de retour des tempêtes, des marées de tempête, et des risques de surcotes associés sur la façade atlantique française ». *Norois. Environnement, aménagement, société*, no 222 (février), 27 44. <https://doi.org/10.4000/norois.3866>

Érosion côtière

Blaise, Emmanuel. 2017. « Etude des dynamiques du trait de côte de la région Bretagne à différentes échelles spatio-temporelles ». Phd thesis, Université de Bretagne occidentale - Brest. <https://theses.hal.science/tel-01563652>

Stéphan, Pierre, Emmanuel Blaise, Serge Suanez, Bernard Fichaut, Ronan Autret, France Floc'h, Véronique Cuq, et al. 2019. « Long, Medium, and Short-term Shoreline Dynamics of the Brittany Coast (Western France) ». *Journal of Coastal Research* 88 (sp1): 89 109. <https://doi.org/10.2112/SI88-008.1>

Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC). 2015. « Le littoral dans le contexte du changement climatique ». Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique. https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/ONERC_Rapport_2015_Littoral_WEB.pdf

Submersions marines

Cariolet, Jean-Marie, Stéphane Costa, Rémi Caspar, Fabrice Arduin, Rudy Magne, et Gérard Goasguen. 2010. « Aspects météo-marins de la tempête du 10 mars 2008 en Atlantique et en Manche ». *Norois. Environnement, aménagement, société*, no 215 (septembre), 11 31. <https://doi.org/10.4000/norois.3242>

Idier, Déborah, Jérémy Rohmer, Rodrigo Pedreros, Sylvestre Le Roy, Jérôme Lambert, Jessie Louisor, Gonéri Le Cozannet, et Erwan Le Cornec. 2020. « Evènements de submersion sur la période 1900-2010 à Gâvres (Morbihan): utilisation conjointe des approches historiques, de modélisation et statistiques ». In *XVIèmes Journées*, Le Havre, 769 78. Editions Paralia. <https://doi.org/10.5150/jngcgc.2020.086>

Acidité et températures des eaux côtières et océans

Plateforme Océan et Climat. 2019. « Océan et Changement climatique : les nouveaux défis. Focus sur 5 grands thèmes du Rapport Spécial « Océan et Cryosphère » ». <https://ocean-climate.org/wp-content/uploads/2019/09/fiches-DEF.pdf>

Simon, Amélie, Coline Poppeschi, Sandra Plecha, Guillaume Charria, et Ana Russo. 2023. « Coastal and Regional Marine Heatwaves and Cold Spells in the Northeastern Atlantic ». *Ocean Science* 19 (5): 1339 55. <https://doi.org/10.5194/os-19-1339-2023>

Bettignies, Thibaut de, Marie La Rivière, et Myriam Valero. 2019. « Les forêts de Laminaires menacées ». In , 158. Delachaux & Niestlé ; Muséum. <https://mnhn.hal.science/mnhn-04259995>

GLOSSAIRE

Assecs

Assèchement temporaire d'un cours d'eau, tronçon de cours d'eau ou plan d'eau. Il est caractérisé par une absence d'eau, y compris sous forme de flaques, parce que celle-ci est infiltrée ou évaporée.

Atténuation

Interventions humaines visant à réduire les émissions ou à renforcer les puits de gaz à effet de serre.

Émissions territoriales

(de gaz à effet de serre)

Quantités de gaz à effet de serre physiquement émises à l'intérieur du territoire par les ménages (voitures et logements) et les activités économiques (consommation d'énergie fossile, procédés industriels et émissions de l'agriculture).

Empreinte carbone

Émissions de gaz à effet de serre nécessaires pour assurer le mode de vie des Bretons. Le calcul comptabilise les émissions de leur véhicule et de leur logement mais aussi toutes celles liées à la production des biens et services qu'ils consomment. À ne pas confondre avec les émissions territoriales.

Événement centennal

Événement ayant une chance sur 100 d'avoir lieu chaque année. On parle également de période retour de 100 ans.

Surcote

Différence entre la hauteur de pleine mer observée et la hauteur de pleine mer prédite

Houle

Mouvement ondulatoire de la surface de la mer qui se propage sur de longues distances, indépendamment du vent local qui lui a donné naissance

ACRONYMES

BRGM

Bureau de recherches géologiques et minières

CCR

Caisse Centrale de Réassurance

Cerema

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

DRAAF

Direction régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt

eqCO₂

équivalent CO₂

GASPAR

Base nationale de Gestion ASsistée des Procédures Administratives relatives aux Risques

GES

Gaz à effet de serre

GIEC

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

INRAE

Institut national de la recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

Makaho

MAnn-Kendall Analysis of Hydrological Observations

OSIRISC

Observatoire intégré des risques côtiers d'érosion et de submersion marine en Bretagne

PCAET

Plan climat-air-énergie territorial

PIPFCI

Plan interdépartemental de protection des forêts et des landes contre les incendies

PNACC

Plan national d'Adaptation au Changement climatique

RGA

Retrait-gonflement des sols argileux

SHOM

Service hydrographique et océanographique de la Marine

SNBC

Stratégie nationale bas-carbone

SRADDET

Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires

TRACC

Trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique en France

LES DÉFINITIONS TECHNIQUES DES INDICATEURS CLIMATIQUES

Indicateurs de climat moyen

On part des données quotidiennes et on calcule l'indicateur (ex. nombre de jours de gel) pour chaque année. Ensuite on moyenne les différentes années d'une période (ex 1976-2005).

Confort thermique des bâtiments : c'est le cumul des différences entre une température seuil et les températures moyennes de chaque jour de l'année. L'unité est le degré-jour de chauffage/refroidissement.

Cumul de précipitations : somme de toutes les précipitations quotidiennes de la période (mm).

Débit de crue : QJXA, débit journalier maximum sur l'année hydrologique (1^{er} septembre au 31 août).

Débit d'étiage : VCN10, minimum de la moyenne sur 10 jours du débit journalier entre mai et novembre.

Durée des périodes d'étiage : durée de la plus longue séquence continue avec des débits moyens sur 10 jours sous le seuil fixé au maximum des VCN10 entre mai et novembre.

Durée de la plus longue période sans pluie de l'année : nombre de jours consécutifs maximum de l'année civile sans pluie ($P < 1\text{mm}$).

Évapotranspiration potentielle : évapotranspiration potentielle (ETP) cumulée ou « de référence ». Elle est calculée depuis des conditions prédéfinies : un couvert végétal bas et homogène, sans carences nutritionnelles ou pathologies, et où l'eau ne manque pas.

Événement humide des nappes phréatiques : un indicateur piézométrique standardisé (IPS) inférieur à 0,84.

Événement sec des nappes phréatiques : indicateur piézométrique standardisé (IPS) supérieur à 0,84.

Fortes pluies : quantile 99 ou les 1 %, des cumuls quotidiens les plus hauts sur un an.

Intensité des sécheresses des sols : minimum sur l'année de l'indicateur d'humidité des sols (SWI) quotidien.

Nombre de journées chaudes et journées très chaudes : nombre de jours où la température maximale quotidienne a respectivement dépassé 25° et 30°C.

Indicateurs d'extrêmes

On met ensemble toutes les données quotidiennes d'une période (1976-2005) puis on extrait les valeurs quotidiennes les plus élevées sans les moyennner.

Record de température : température maximale quotidienne la plus élevée sur la période.

Température extrême : quantile 99,9 ou les 0,1 % des températures maximales quotidiennes les plus hautes sur la période.

Précipitations extrêmes : quantile 99,9 ou le 0,1 %, des cumuls maximums quotidiens sur la période.

Vague de chaleur : épisode avec des températures nettement plus élevées que les normales de saison de la période 1981-2010, durant au moins quatre jours consécutifs. Elles sont identifiées par Météo-France via l'indicateur thermique régional, une mesure homogène et géographiquement équilibrée des températures moyennes quotidiennes.

Nombre de jour où les conditions météo sont favorables aux feux de végétation : nombre de jours avec l'indice feux météo à midi (IFM12) est supérieur à 20.

Nombre de jours sans pluies : nombre de jour sur l'année où les précipitations sont inférieures à 1mm.

Nombre de jours avec sol sec : nombre de jours où l'indice d'humidité des sols SWI est inférieur à 0,4.

Nombre de jours avec sols très secs : nombre de jours le SWI est inférieur à 0.2.

Nuit chaude : nombre de jours où la température minimale quotidienne est supérieure à 20°C.

Température moyenne quotidienne ou journalière : moyenne des températures minimale et maximale sur une journée de 24h. Soit $T_{\text{max}} + T_{\text{min}} / 2$.

UN APPUI SUR LES DONNÉES CLIMATIQUES POUR LES DIAGNOSTICS DE VULNÉRABILITÉ

L'OEB mutualise les traitements de données sur le changement climatique pour tous les territoires bretons, afin de leur permettre de consacrer davantage de temps à l'action.

bretagne-environnement.fr/changement-climatique



Et votre territoire dans une France à +4°C, ça donne quoi ?

Découvrez les indicateurs climatiques de cette publication déclinés par commune, EPCI, département, Sage et réserve naturelle sur l'infographie interactive « Mon territoire sous +4°C ».

tinyurl.com/4degresBzh



UNE OBLIGATION DE TRANSPARENCE

L'accès par tous aux données publiques produites par l'OEB est une obligation (convention d'Aarhus / directive Inspire) mais aussi une nécessité au titre de la transparence du travail effectué à l'OEB, et pour faciliter leur réutilisation.

UN TRAVAIL COLLABORATIF ET UNE RIGUEUR SCIENTIFIQUE

Nos productions sont réalisées en collaboration avec des référents scientifiques et techniques. Toutes nos sources sont mentionnées et les méthodologies de calcul décrites.

Nous contrôlons l'ensemble des jeux de données exploités pour s'assurer de leurs cohérences et de leur solidité.

L'OBSERVATOIRE DE L'ENVIRONNEMENT EN BRETAGNE

L'Observatoire de l'environnement en Bretagne (OEB) accompagne depuis 2007 la mise en œuvre des politiques publiques de l'environnement en Bretagne dans deux domaines d'actions : l'accès à la connaissance environnementale et l'observation.

Administré par l'État, la Région Bretagne et les collectivités membres, ce groupement d'intérêt public régional produit des indicateurs et des tableaux de bord indispensables à la compréhension de l'évolution de nos territoires et au suivi des politiques publiques.

Par ses différentes productions, l'OEB contribue à fiabiliser la décision, à la transparence sur les données et facilite le dialogue.



Cet ouvrage est édité par l'Observatoire de l'environnement en Bretagne
Le Quadri, 47 av. des Pays-Bas - 35200 Rennes
Tél : 02 99 35 45 80
contact@bretagne-environnement.fr
bretagne-environnement.fr

Tous droits réservés © Observatoire de l'environnement en Bretagne, 2025

Directeur de publication
Ronan Lucas

Coordination éditoriale et rédaction
Adeline Louvigny, Pierre d'Arrentières

Référent technique
Pierre d'Arrentières

Cartographie
Emilie Massard

En collaboration avec
Elisabeth Colnard, Alette Lacroix et Timothée Besse - OEB
Vincent Briot - Ademe Bretagne
Cassandra Delaunay - DREAL Bretagne
Chloé Denais - Région Bretagne
La liste de l'ensemble des contributeurs et contributrices se trouve dans les remerciements en page 3.

Conception / réalisation graphique
SCOPIC

Fonds cartographiques
IGN ADMIN EXPRESS 2024. EPCI : Dreal Bretagne et Région Bretagne, 2023

Impression
Imprigraph

Cet ouvrage est réalisé avec le soutien des partenaires Ambition Climat Bretagne
<https://www.ambition-climat-bretagne.bzh/>



COFINANCÉ PAR
UNION EUROPÉENNE



Cette publication a été co-financée par l'Union européenne

L'Europe s'engage
en Bretagne



Observatoire de l'environnement en Bretagne
47 avenue des Pays-Bas - 35200 RENNES
02 99 35 45 80
www.bretagne-environnement.fr

