



Etat de l'art sur les changements climatiques en Bretagne

Breizh'Hin

Livrable Lot 1
Avril 2019

AUXILIA
CONSEIL EN TRANSITION



Rédacteurs
Adeline Cauchy
Amélie Pillet
Blandine Arvis
Elsa Richard

/ Préambule

Le changement climatique est devenu au cours de ces dernières années une préoccupation importante pour les décideurs publics et privés. Si les politiques d'atténuation ont longtemps dominé le débat, l'adaptation aux effets du changement climatique est devenue une nécessité, compte tenu de l'ampleur et de la vitesse du réchauffement.

Au niveau national, deux plans d'adaptation ont été adoptés. Un observatoire national des effets du réchauffement climatique a été créé.

En Bretagne, le Schéma Régional Climat Air Energie 2013-2018 comportait un diagnostic des effets du changement climatique. Le Plan Climat Energie du Conseil régional adopté l'année suivante mettait en avant quelques actions d'adaptation. Plusieurs autres stratégies régionales abordent la question du changement climatique : la stratégie régionale de l'eau et des milieux aquatiques de 2011 ; le plan breton pour l'eau ; la stratégie régionale mer et littoral...

Cependant, le constat était fait, à différents échelons de conception des politiques publiques, qu'il était difficile de construire des actions d'adaptation aux effets du changement climatique, par exemple au niveau des PCET ou des SAGE. Les incertitudes, la nécessité de se projeter sur le long terme, la présence d'autres sources de pression sur l'environnement ou encore les contraintes financières, sont souvent invoquées comme des freins à l'adaptation.

Dans la suite de la COP21, la Bretagne a démarré une démarche participative associée au SRADDET, et intitulée *Breizh'Cop*. Cette démarche a été l'occasion de remettre le sujet de l'adaptation au changement climatique sur le devant de la scène. Le Conseil scientifique associé à la démarche ayant également mis en avant l'urgente nécessité pour le Conseil régional de mettre en place des actions permettant d'adapter le territoire.

Le Conseil régional a matérialisé cet engagement en faveur de l'adaptation en candidatant au programme européen LIFE intégré : c'est la démarche *Breizh'Hin*. L'objectif est ainsi de solliciter l'instrument financier de la Commission européenne pour soutenir la promotion et la mise en œuvre de projets innovants en matière d'adaptation au changement climatique sur le territoire breton.

Aussi, pour aider la Région Bretagne à construire sa feuille de route en matière d'adaptation aux changements climatiques et sa candidature au programme LIFE intégré, un premier travail d'état de l'art des connaissances climatiques existantes sur le territoire a été réalisé. Ce travail, conduit entre février et mai 2019, permet de mettre en exergue les enjeux du territoire, actuels et à venir, face aux évolutions climatiques.



/ Sommaire

PARTIE I/ CLIMAT, ÉVOLUTIONS CLIMATIQUES ET ALÉAS EN BRETAGNE	p.5
PARTIE II/ CONSÉQUENCES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE EN BRETAGNE	p.22
1. Conséquences du changement climatique sur les milieux biophysiques et les populations	
2. Conséquences du changement climatique sur l'aménagement du territoire	
3. Conséquences du changement climatique sur les activités économiques	
PARTIE III/ VISION PRIORITAIRE DES ENJEUX POUR L'ADAPTATION	p.55
PARTIE IV/ POSITIONNEMENT STRATEGIQUE D'ADAPTATION BREIZH'HIN	p.63
ANNEXE/ BIBLIOGRAPHIE	p.66

/ Schéma méthodologique du rapport

SYNTHESE DES EVOLUTIONS CLIMATIQUES PASSES ET FUTURES EN BRETAGNE

- Données d'observation synthétisées par Météo-France à travers Climat^{HD}, SONEL pour le niveau de la mer à Brest

- Les projections climatiques s'appuient sur les scénarios d'émission définis par le GIEC* et les derniers exercices de modélisation disponibles européen (Euro-Cordex) et/ou français (simulations Arpège) mises à disposition pour les régions françaises par Météo-France sur les plateforme DRIAS et Climat^{HD} ainsi que par l'ADEME via son outil Impact'Climat.

CONSEQUENCES

- Sur le milieu biophysiques et les populations
- Sur l'aménagement du territoire
- Sur les activités économiques

- Les impacts mentionnés proviennent de données synthétisées sur la base de connaissances existantes en région

- Les projections sur les conséquences des changements climatiques s'appuient également sur une littérature scientifique et institutionnelle existante.

- L'ensemble des références mobilisées sont précisées dans la partie bibliographie, en fin de rapport

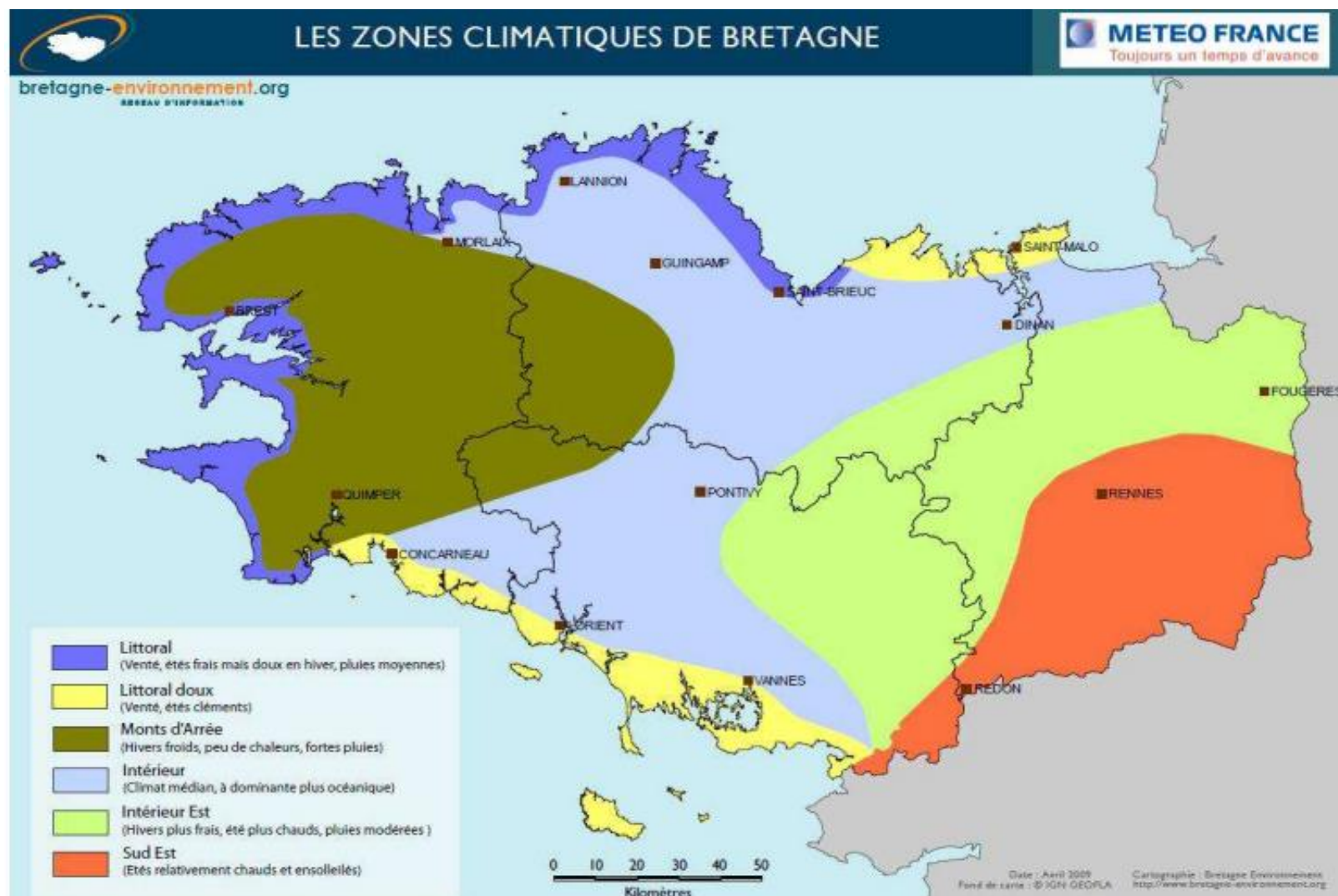
VISION PRIORITAIRE ET TERRITORIALISEE

- La typologie des territoires en Bretagne est empruntée à l'Observatoire Breton de l'Environnement (2018)

- La vision prioritaire des enjeux d'adaptation est le résultat d'une analyse croisée entre les changements climatiques en Bretagne et les caractéristiques de chacun des trois grands ensembles territoriaux retenus

PARTIE I/ CLIMAT, EVOLUTIONS CLIMATIQUES ET ALEAS EN BRETAGNE

Sous l'influence d'un régime « océanique tempéré », le climat breton, caractérisé par des hivers doux et des étés sans excès.



Source : Conseil Général du Finistère, 2014.



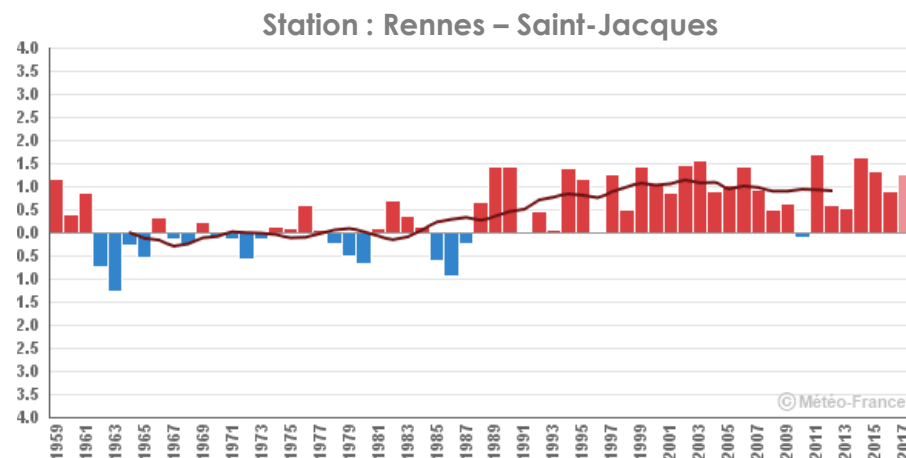
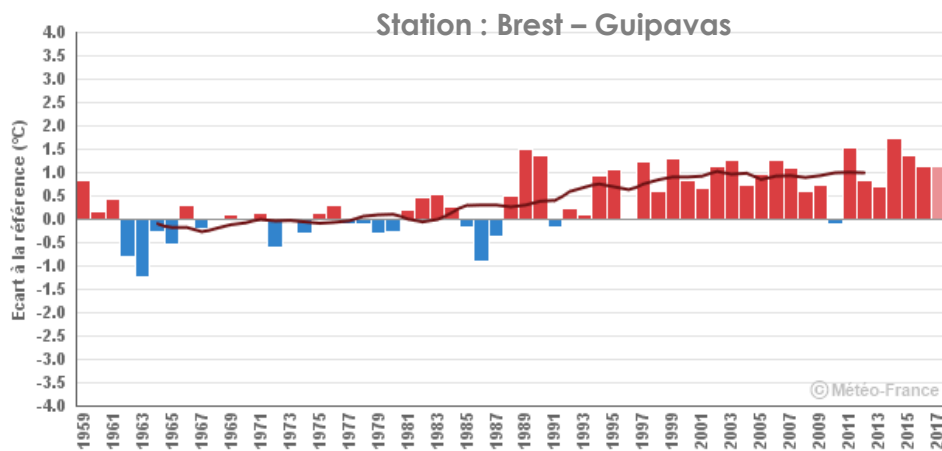
DES TEMPÉRATURES EN NET HAUSSE

On enregistre des évolutions significatives sur la période 1959-2009 avec :

- ✓ un **réchauffement net** accentué depuis les années 1980 ;
- ✓ une hausse des températures moyennes, minimales et maximales de **0,2°C à 0,3°C par décennie** ;
- ✓ un réchauffement plus marqué **au printemps et en été** (+0,3°C à +0,4°C par décennie pour les températures minimales et maximales) ;
- ✓ un nombre de journées chaudes (températures maximales supérieures ou égales à 25°C) très variable d'une années sur l'autre, **une augmentation plus marquée à l'intérieur des terres** : +4 à +5 jours contre +1 à +2 jours sur le littoral ;
- ✓ **une diminution du nombre de jours de gelées**, ces évolutions étant toutefois peu marquées du fait du caractère maritime de la région.

Évolution observée de la température moyenne annuelle depuis 1959

Écart à la référence 1961-1990 et moyenne glissante sur 11 ans





UN RÉCHAUFFEMENT QUI SE POURSUIVRA QUEL QUE SOIT LE SCÉNARIO

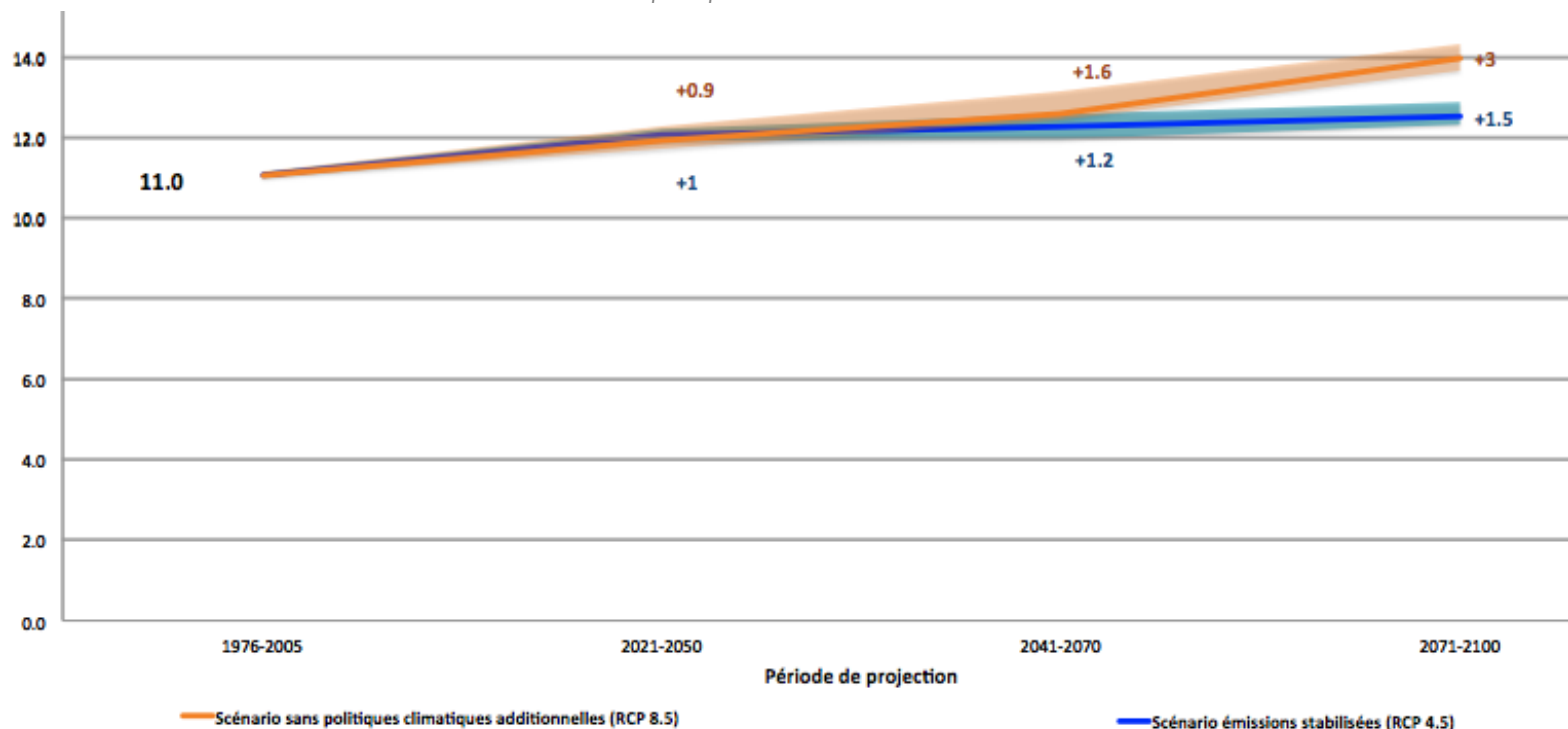
Les projections climatiques indiquent :

- ✓ une poursuite du réchauffement, compris entre **+1,5°C** (RCP 4.5) **et +3°C** en l'absence de politique climatique (RCP 8.5) à l'horizon 2071-2100 par rapport à la période 1976-2005 ;
- ✓ une diminution constante du nombre de jours de gel et une augmentation du nombre de journées chaudes, quel que soit le scénario.
- ✓ Le **nombre de jours de vague de chaleur** (avec température maximum > Réf + 5°C pendant 5 jours ou plus) augmenterait de +8 jours (RCP 4.5) à + 33 jours (RCP 8.5) à la fin du siècle.

Projections futures de la température moyenne annuelle en Bretagne

Valeurs absolues et écarts à la référence 1976-2005

Simulations climatiques pour deux scénarios d'évolution RCP 4.5 et 8.5



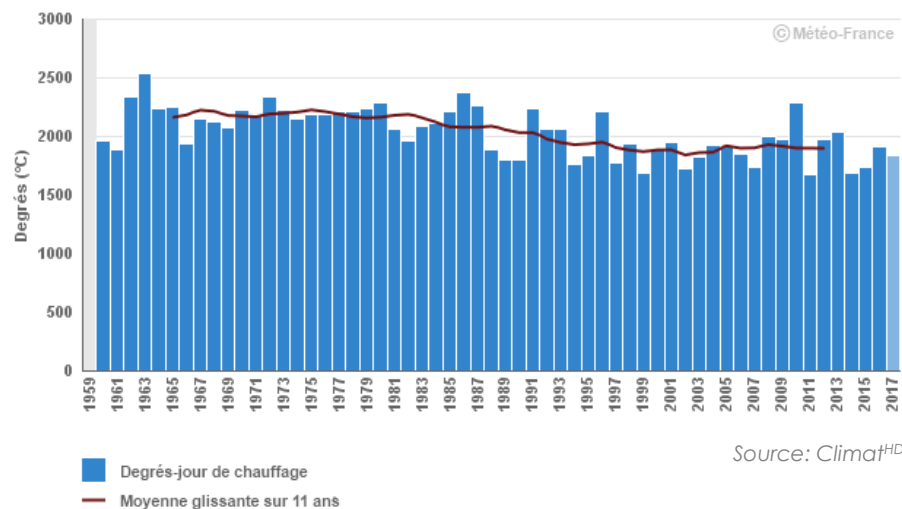


DES BESOINS DE CHAUFFAGE EN BAISSÉ, DES BESOINS EN CLIMATISATION EN HAUSSE

- ✓ Depuis le début des années 60, une **diminution d'environ 5 % par décennie des besoins de chauffage** (indicateur de degrés-jour de chauffage) est observée.
- ✓ Même si en Bretagne les besoins en climatisation (indicateur de degrés-jour de climatisation) sont peu significatifs, une tendance à la hausse est notée au cours des 50 dernières années.
- ✓ Les projections climatiques confirment les tendances observées avec notamment **une augmentation significative des besoins en climatisation** dans le cadre d'un scénario sans politique climatique (RCP8.5).

Évolution observée de nombre de degrés-jour de chauffage

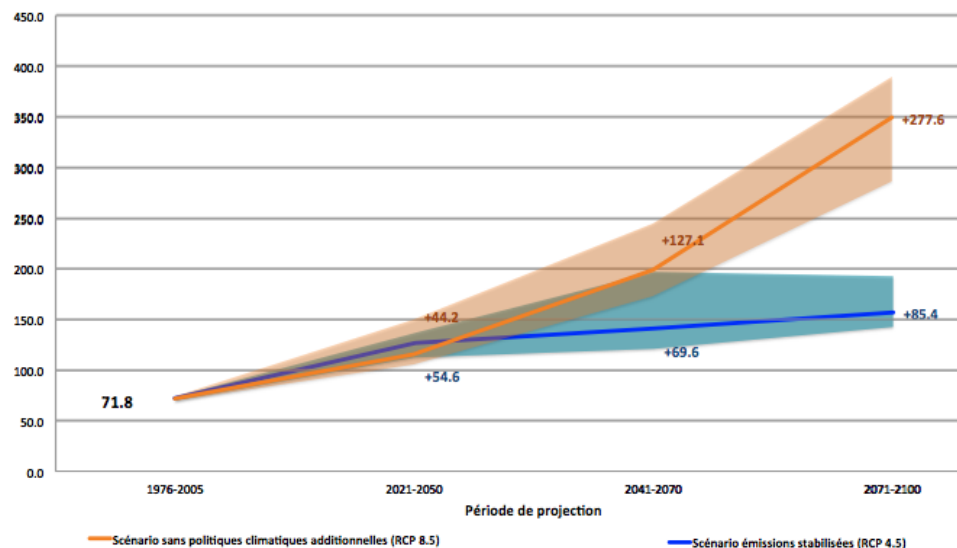
Station Lorient-Lann Bihoué



Projections futures du nombre de degrés-jour de climatisation en Bretagne

Valeurs absolues et écarts à la référence 1976-2005

Simulations climatiques pour deux scénarios d'évolution RCP 4.5 et 8.5





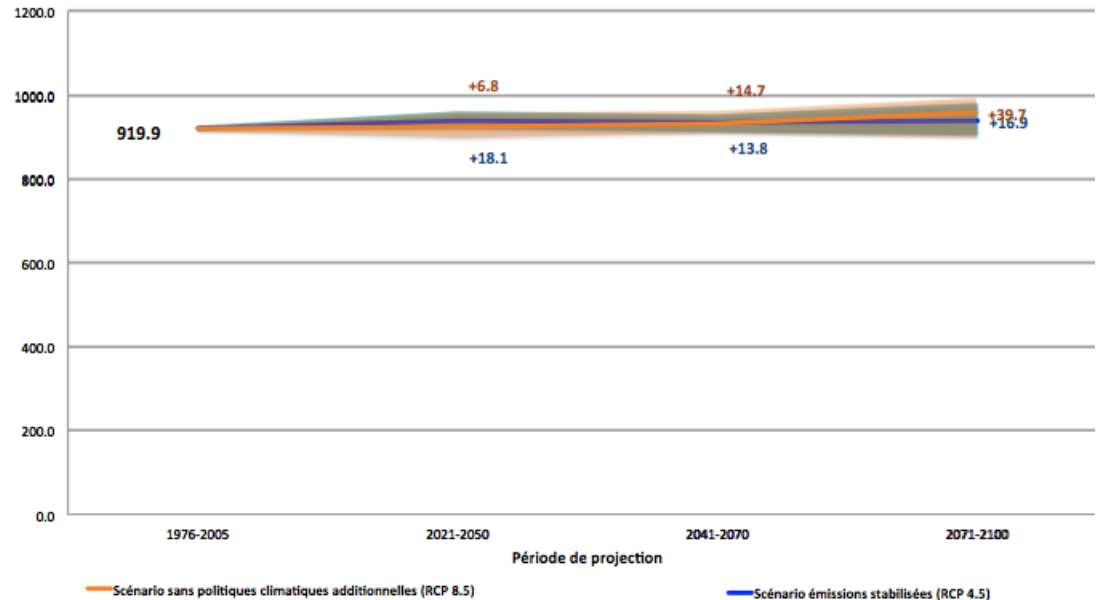
UNE TENDANCE À LA HAUSSE DES PRÉCIPITATIONS OBSERVÉES, PEU DE CHANGEMENT FUTUR

Les observations et projections montrent :

- ✓ une évolution des précipitations moins sensible car la variabilité d'une année sur l'autre est importante ;
- ✓ sur la période 1959-2009 en Bretagne, une pluviométrie néanmoins à la hausse ;
- ✓ **peu d'évolution attendue des précipitations annuelles et saisonnières** au XXI^e siècle.
- ✓ **Pas de signal sur la fréquence, la durée et l'intensité des précipitations.**

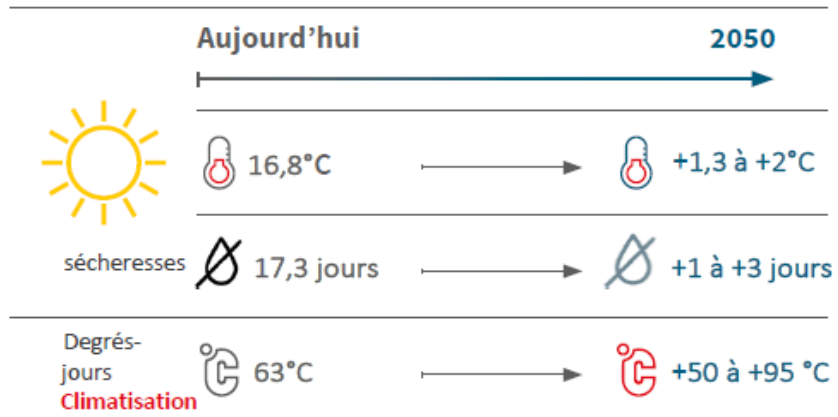
Projections futures du cumul annuel de précipitations en Bretagne

Valeurs absolues et écarts à la référence 1976-2005
Simulations climatiques pour deux scénarios d'évolution RCP 4.5 et 8.5

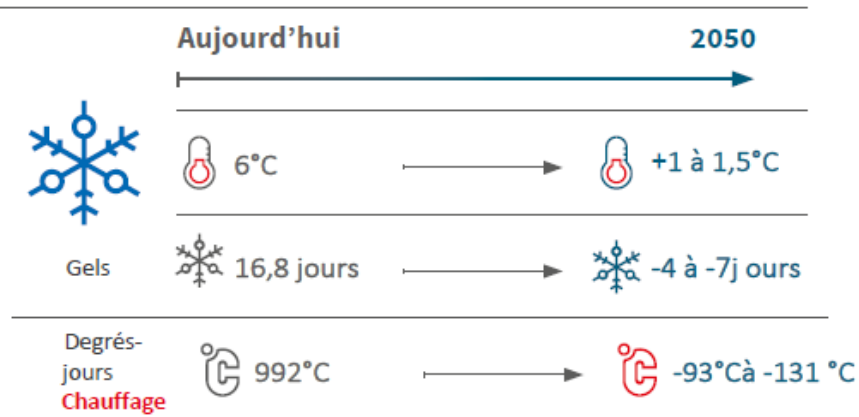


• UNE VISION SAISONNIÈRE DU CLIMAT BRETON À 2050

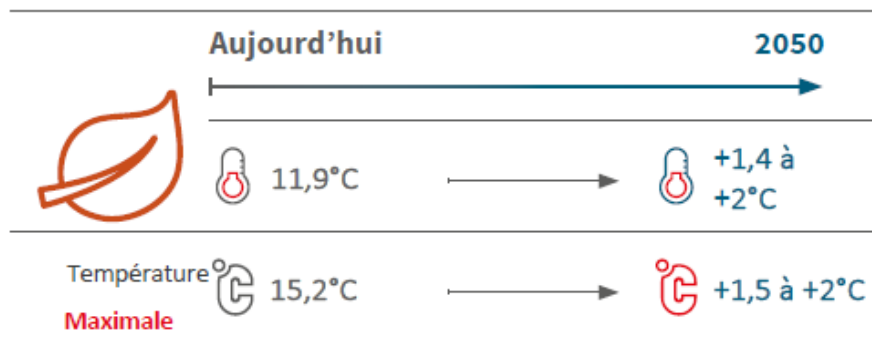
• Des étés plus chauds et secs



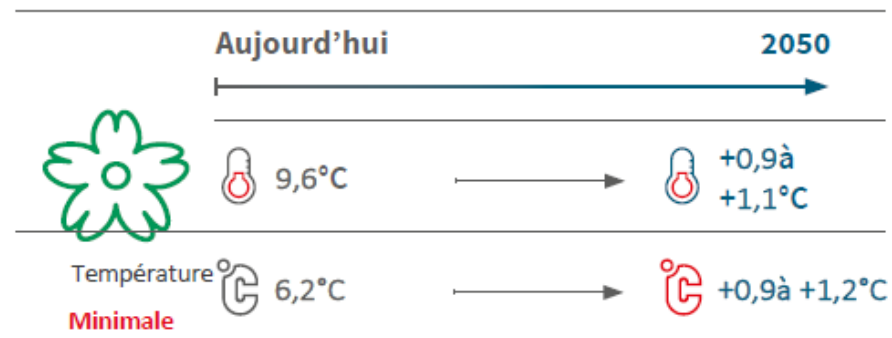
• Des hivers toujours humides et moins froids



• Des automnes plus chauds



• Des printemps toujours plus doux



Source: TEC, d'après les données ADEME 2015.

• PRINCIPAUX ALÉAS CLIMATIQUES ET NATURELS EN BRETAGNE

Les aléas naturels en Bretagne et déclarations de catastrophe depuis 1982

LES ALÉAS EN BRETAGNE

Depuis 1982, à l'exception des feux de forêt et des tempêtes, les arrêtés de catastrophes naturelles permettent aux victimes des communes sinistrées d'être indemnisées par les assurances.

Mouvement de terrain

27

arrêtés en Bretagne, soit 0,07 % des arrêtés de ce type en France



Tempête

1 276

arrêtés en Bretagne, soit 7,42 % des arrêtés de ce type en France. Les tempêtes sont rares mais dévastatrices. Lors des tempêtes de 1987 et 1999, quasiment toutes les communes bretonnes ont été classées en arrêté de catastrophe naturelle.



Séisme

2

arrêtés en Bretagne, soit 0,29 % des arrêtés de ce type en France



5 639

arrêtés de catastrophe naturelle, depuis 1982, en Bretagne



Au moins 2 fois

Toutes les communes bretonnes ont été touchées au moins 2 fois par un arrêté de catastrophe naturelle depuis 1982.

Inondation

3 678

arrêtés en Bretagne, soit 2,84 % des arrêtés de ce type en France. C'est l'aléa le plus fréquent en Bretagne puisque, depuis 1982, pas une année n'est passée sans classement suite à une inondation.

Chute de neige

28

arrêtés en Bretagne, soit 0,97 % des arrêtés liés aux chutes de neige en France



Action des vagues

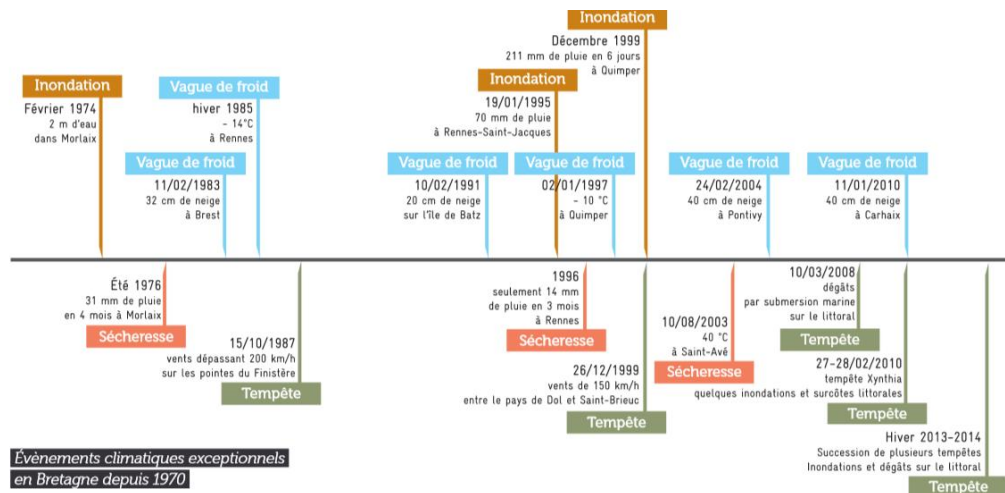
607

arrêtés en Bretagne, soit 9,18 % des arrêtés liés à l'action des vagues en France

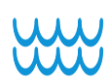


Source : OEB, 2018.

Evénements climatiques exceptionnels depuis 1970



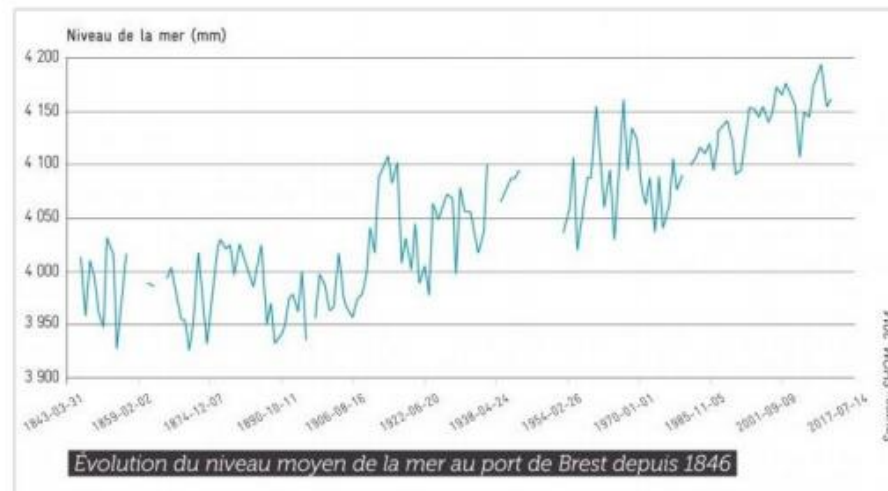
La région Bretagne est aujourd'hui principalement confrontée aux aléas tempêtes, inondations par débordements de cours d'eau mais également aux aléas d'inondations par submersion marine du fait de sa forte exposition littorale. Le littoral breton est également soumis au phénomène d'érosion côtière. Elle est également exposée à d'autres mouvements de terrain, liés au phénomène de chutes de blocs, de glissements de terrain, de retrait-gonflement des sols argileux ou à la présence de cavités souterraines (DREAL Bretagne).



VERS UNE ACCÉLÉRATION DE LA MONTÉE DU NIVEAU DE LA MER

- ✓ Au marégraphe de Brest, **l'élévation du niveau de la mer atteint +30 centimètres depuis 300 ans** et celle-ci connaît une accélération au cours des dernières décennies : +1,2 mm par an au cours du XXe siècle et +3mm par an depuis les années 1980.
- ✓ **Les projections futures** synthétisées dans le dernier rapport du GIEC indiquent une élévation probable du niveau moyen mondial de la mer comprise **entre 45 et 82 cm** pour le scénario sans politique climatique RCP 8.5. Pour la France, l'ONERC recommande de considérer une valeur unique à appliquer à l'ensemble des côtes métropolitaines. Il retient une hypothèse « optimiste » de 0,40 m, une hypothèse « pessimiste » de 0,60 m et une hypothèse dite « extrême » de 1 m en 2100 par rapport à l'année 2000 (DREAL Bretagne, CEREMA, 2018). C'est donc cette hypothèse qui est retenue actuellement dans les plans de prévention des risques.
- ✓ Il faut cependant noter que la contribution de l'augmentation de l'écoulement des calottes du Groenland et de l'Antarctique reste très incertaine. Une augmentation plus importante que ces fourchettes « probables » ne peut pas être exclue (Planton, S. et al., 2015). L'augmentation à l'horizon 2100 pourrait atteindre **jusqu'à 1 mètre voire 2 mètres** selon l'efficacité des mesures de lutte contre le réchauffement climatique (DREAL Bretagne, 2017).

Évolution du niveau de la mer à Brest depuis 1846





VENTS EXTRÊMES ET TEMPÊTES : CONSIDÉRATIONS NATIONALES

- ✓ Sur la période 1976-2005 en hiver, **les vents les plus forts** se situent près des côtes de la Manche, de la Bretagne, sur une partie de la façade atlantique, ainsi que près des côtes méditerranéennes (Ouzeau, G. et al., 2014).
- ✓ L'état actuel des connaissances laisse penser que les tempêtes ne seront pas plus nombreuses ou plus violentes en France au cours du XXI^e siècle. De nombreuses études s'accordent néanmoins sur un changement de leurs trajectoires. **Il est en effet probable que le changement climatique « pousse » les routes des tempêtes vers le Nord** (Météo-France).
- ✓ Si les dégâts liés aux vents forts ne devraient pas être modifiés, la montée du niveau moyen de la mer pourrait rendre les mêmes tempêtes plus destructrices (DREAL Bretagne, CEREMA, 2018).

Image de la tempête Christine en Bretagne



Source : Gauthier Le Guen

L'étude Vimiers des événements de tempêtes en Bretagne

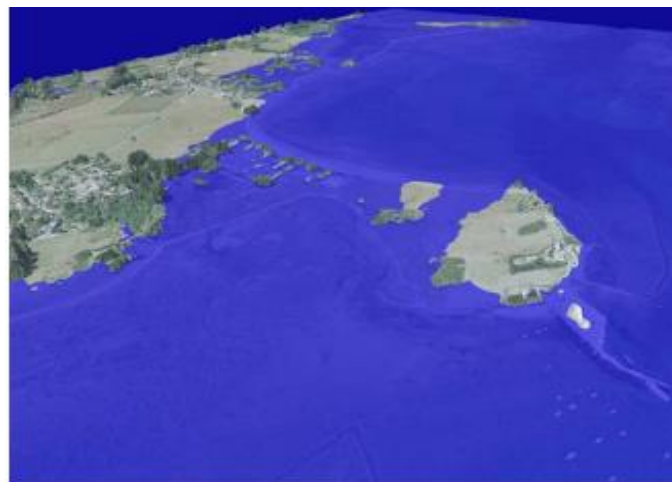
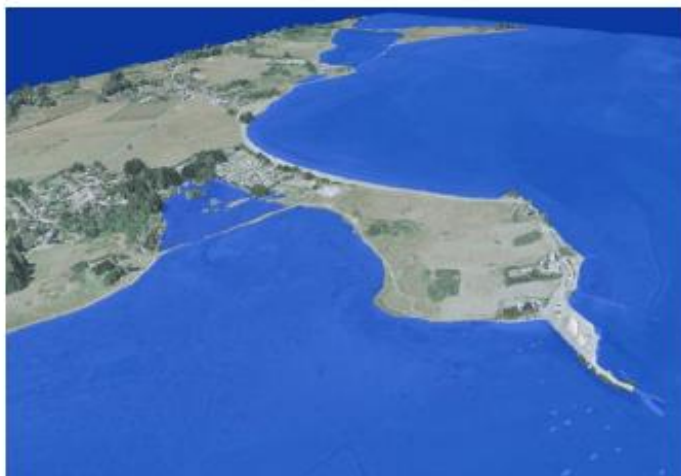
Météo France a réalisé, sur la période 2012-2014, avec le concours technique du SHOM et du CEREMA et le soutien financier de l'Etat et de la région Bretagne, une étude des événements de tempête passés ayant affecté le littoral breton, en lien avec la problématique des submersions marines. Cette étude basée sur une analyse approfondie des archives météo-marines disponibles a conduit à la production de près de 160 fiches descriptives des tempêtes recensées.

Source : DREAL Bretagne.

UN ALÉA SUBMERSION QUI DEVRAIT S'ACCENTUER

- ✓ La montée du niveau de la mer aura pour conséquence de **rendre les zones basses plus vulnérables aux phénomènes de submersions (permanentes et temporaires)**. Elle devrait à elle seule amplifier les impacts liés **à l'action directe des vagues**, aux submersions lors des pleines mers et tempêtes, en dépit des incertitudes qui entourent l'évolution de ces dernières (GIP Bretagne Environnement, 2015).

Simulation actuelle et future (2100) de l'île d'Arz avec Litto3D®



L'outil Litto 3D a permis de conduire des simulations d'évolution climatique de l'augmentation du niveau de la mer sur l'île d'Arz (marée coefficient 115 et différents scénarios d'élévation) et montrer les impacts et le morcellement potentiel futur de l'île.

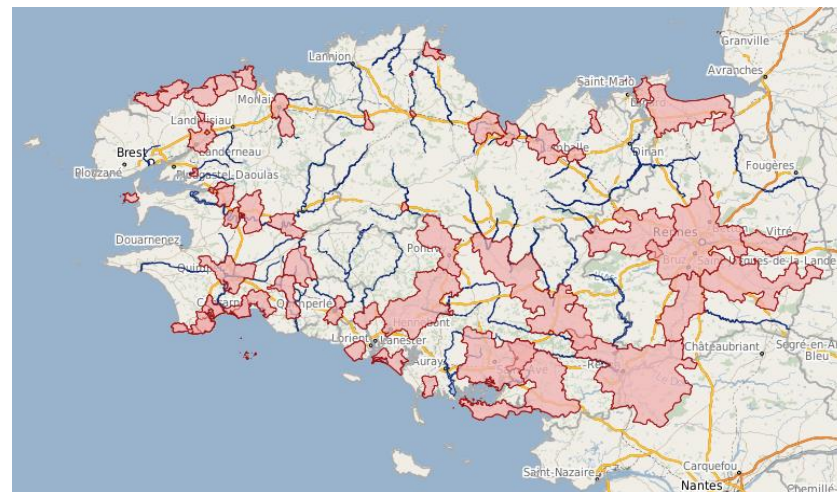
Source : Litto3D®.



DES INONDATIONS PAR CRUES ET RUISSELLEMENT QUI DEVRAIENT PERDURER

- ✓ « En Bretagne, les crues et inondations sont occasionnées : soit en **période humide par saturation du sol en eau** lors de précipitations longues, mais pas nécessairement intenses (**ce type de phénomène est majeur en Bretagne en période hivernale**) soit par **de fortes pluies qui se déroulent souvent en l'espace de quelques heures** et créent un **fort écoulement vers les rivières** ou une accumulation des eaux de surface dans les zones de bas relief. Elles peuvent être associées à d'autres événements extrêmes tels que les tempêtes ; en Bretagne, la conjugaison de fortes marées et de fortes précipitations crée un risque supplémentaire en zone littorale (Cseb, 2012) » (Creseb, 2015).
- ✓ En l'absence de modélisation de l'aléa inondation sous contexte de changement climatique, il est difficile d'établir les contours des aléas futurs. Toutefois, on observe une forte corrélation entre précipitations et débits des rivières. La constance des précipitations attendues **laisse penser que ces aléas ne devraient pas faiblir. Les crues à cinétique rapide pourraient être même favorisées lors des périodes de sécheresse (moins d'absorption des sols et augmentation du ruissellement).**
- ✓ **La montée du niveau de la mer devrait aussi jouer sur le blocage des écoulements aux embouchures, notamment en période de forte marée.**

Atlas des zones inondables (bleu) et emprise des PPR Inondations et Littoraux (Rose)



Géoportail breton, 2019.

Les petits cours d'eau, en particulier les fleuves côtiers bretons sont davantage touchés pour trois raisons principales : 1) l'influence maritime, favorisant la forte pluviosité, la saturation hydrique souvent importante des sols, et ainsi le ruissellement lors de forts épisodes de précipitation, 2) la structure de ces sous-bassins en petits fleuves côtiers entrant facilement en crue, 3) le relief du Massif Armoricain, en favorisant le ruissellement plus rapide des eaux de pluie (DREAL Bretagne, CEREMA, 2018).

VERS UNE AGGRAVATION DE L'ÉROSION CÔTIÈRE ET AUTRES MOUVEMENTS DE TERRAIN

La base de données nationales des mouvements de terrain (BRGM) recense les phénomènes avérés de types glissements de terrain, éboulements, effondrements, coulées de boue et érosions de berges sur le territoire français dans le cadre de la prévention des risques naturels mise en place depuis 1981.

▼ Mouvements de terrain

- Glissement
- ◆ Eboulement
- ▼ Coulee
- ★ Effondrement
- ▲ Erosion des berges

▼ Communes avec mouvements non cartographiables

- Mouvements de terrain non localisés

Les mouvements de terrain observés en Bretagne



Source : Géorisques, 2019.

Le principal aléa auquel est confronté la Bretagne est celui de l'érosion côtière. Ce phénomène naturel affecte aussi bien les côtes rocheuses par glissements de terrain, éboulements et effondrement de falaise (notamment celles de moins de 20 mètres) que les zones basses d'accumulation sableuses ou vaseuses soumises à l'érosion par les vagues et les courants marins. Les autres aléas (coulées, effondrements) sont plutôt dispersés sur le territoire breton. La plupart des communes bretonnes sont concernées par au moins un aléa mais peu le sont à un niveau d'aléa moyen ou fort (DREAL, 2014).

On s'attend à une augmentation du phénomène d'érosion et de recul du trait de côte avec la montée du niveau de la mer. D'après l'observatoire national littoral, 23 % des côtes bretonnes sont soumises à l'érosion côtière. La pénurie de sédiments observés joue en faveur du potentiel d'érosion : stocks reliques, très faiblement renouvelables, parfois exploités (à terre et en mer) (UBO, 2015).

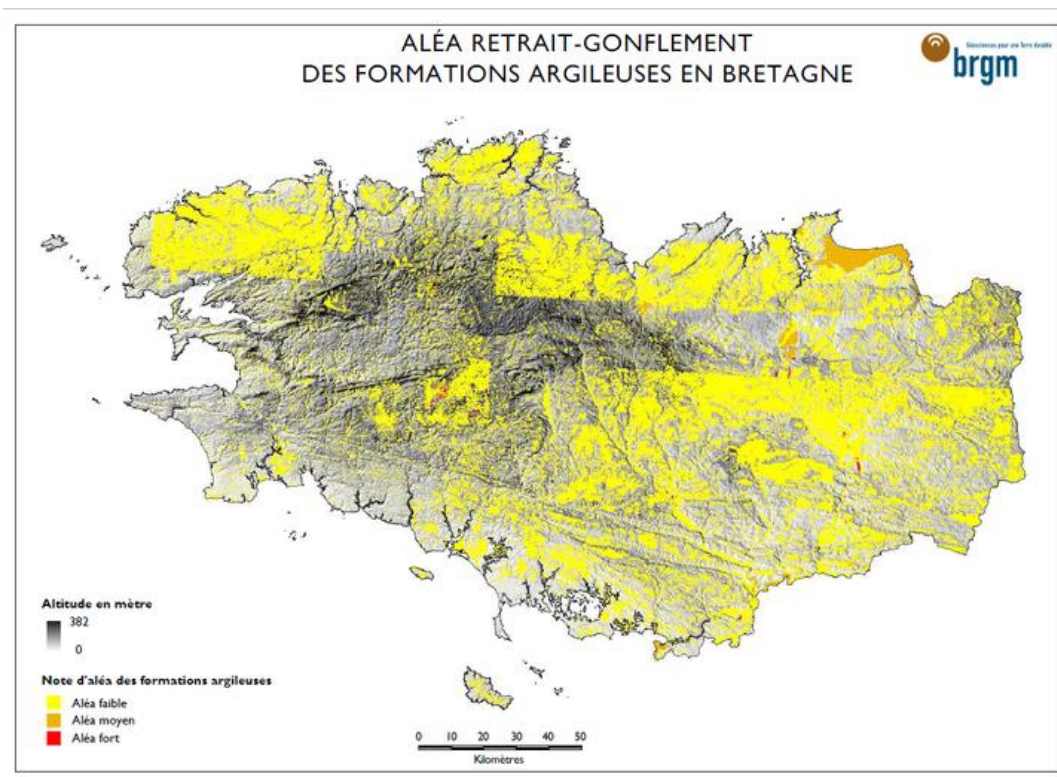
VERS UNE AGGRAVATION DE L'ÉROSION CÔTIÈRE ET AUTRES MOUVEMENTS DE TERRAIN

Deux autres phénomènes principaux sont à l'origine de mouvements de terrain sur le territoire breton :

- ✓ Le ruissellement des eaux de pluie sur les sols nus (en hiver) favorise les **coulées de boues et glissements de terrains**;
- ✓ **L'exposition des sols au retrait-gonflement des argiles**, liée à l'alternance d'états saturés et d'états secs dans les sols argileux.

La cartographie nationale du BRGM (2010) montre un aléa retrait-gonflement des argiles globalement faible dans chaque département. La région a un aléa faible sur 34,87 % de son territoire, moyen sur 1,20 % et fort sur 0,03 % (OBE d'après BRGM).

Carte de l'aléa retrait-gonflement d'argiles sur l'Ile-et-Vilaine



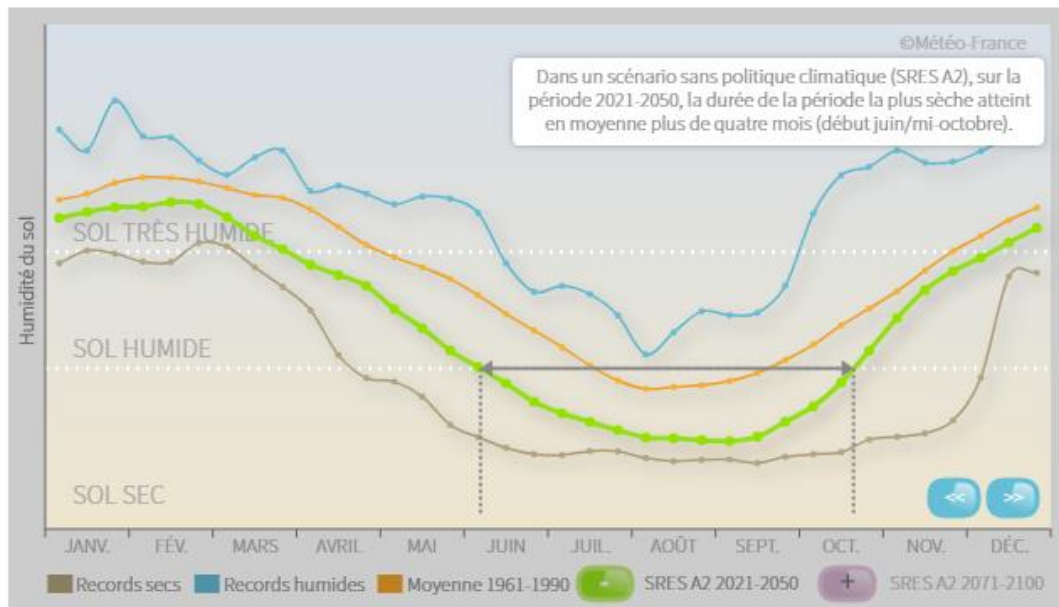
En dépit des incertitudes, le changement climatique ne devrait pas faire faiblir l'exposition à ces phénomènes et pourraient même les accentuer : l'amplification attendue de la sécheresse des sols jouera non seulement sur le ruissellement des pluies en période estivale mais aussi sur l'accroissement des écarts entre sols saturés et secs défavorables aux sols argileux. **L'exposition à ces phénomènes pourrait donc croître durant la période sèche et rester constants en hiver.**

DES SÉCHERESSES ET FEUX DE FORÊT MÉTÉOROLOGIQUES FAVORISÉS

- ✓ À ce jour, on note peu ou pas d'évolution des sécheresses sur le territoire breton.
- ✓ La hausse de la température couplée à une plus grande évaporation devrait **étendre les périodes propices aux sécheresses et feux de forêt** ainsi qu'**augmenter leur fréquence**.
- ✓ **On assisterait à un assèchement des sols de plus en plus marqué** en cours du XXI^e siècle en toute saison.
- ✓ Le nombre de jours avec des conditions favorables aux feux de forêt (Indice feu météorologique > 20) devrait être augmenté. De 5 à 30 jours actuellement selon que l'on se situe sur le littoral ou à l'intérieur des terres, **ce nombre de jours doublerait à l'horizon 2060** dans le cadre du scénario le plus pessimiste (A2).

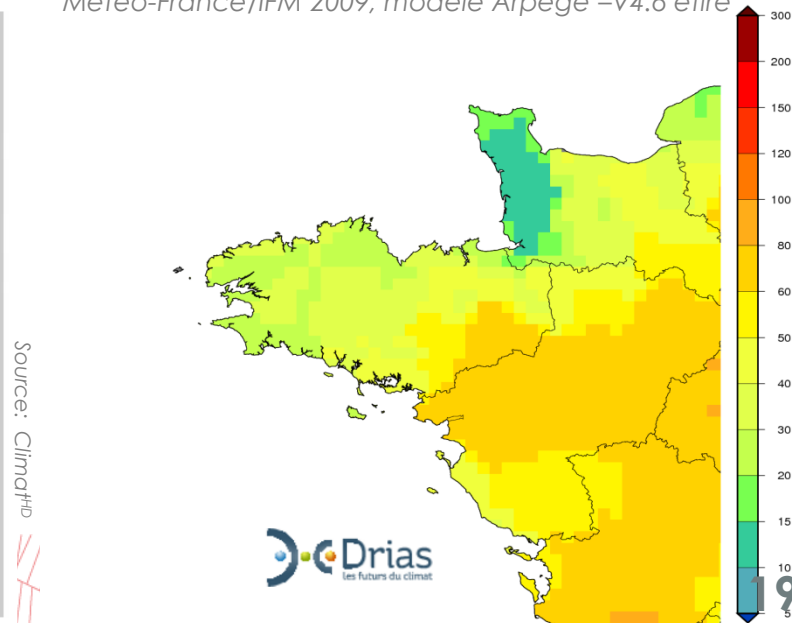
Moyenne 1961-1990 et projections futures du cycle annuel d'humidité du sol

Records et simulations climatiques pour deux horizons temporels (scénario d'évolution SRES A2 – Pessimiste)



Projection future du nombre de jours avec un indice IFM>20 dans le grand Ouest

Scénario d'évolution pessimiste A2
Horizon moyen (2051-2070)-Moyenne annuelle
Météo-France/IFM 2009, modèle Arpège -V4.6 étiré

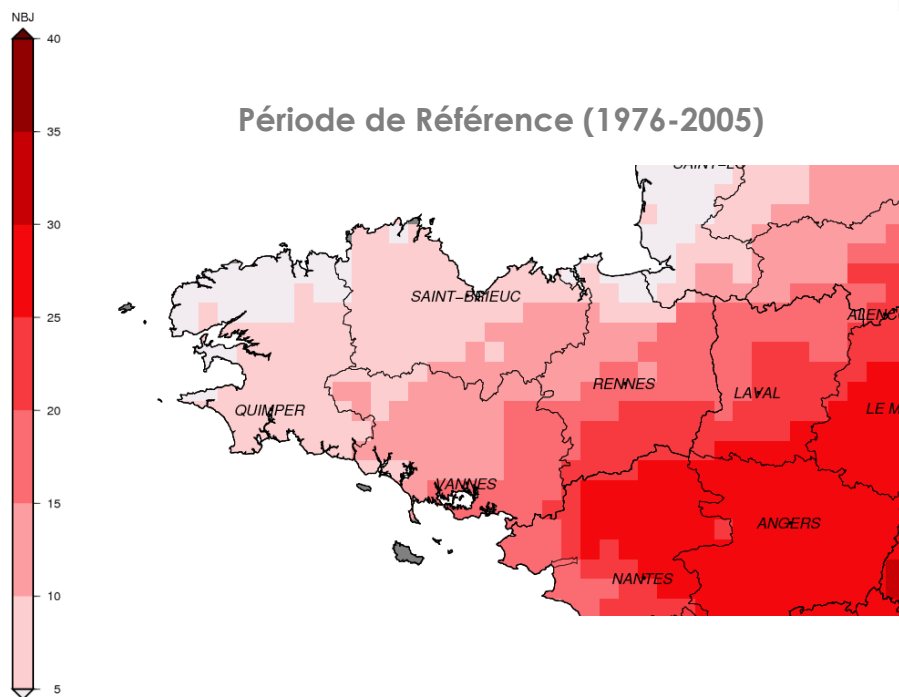


• UNE VISION TERRITORIALISÉE DES ÉVOLUTIONS À 2050

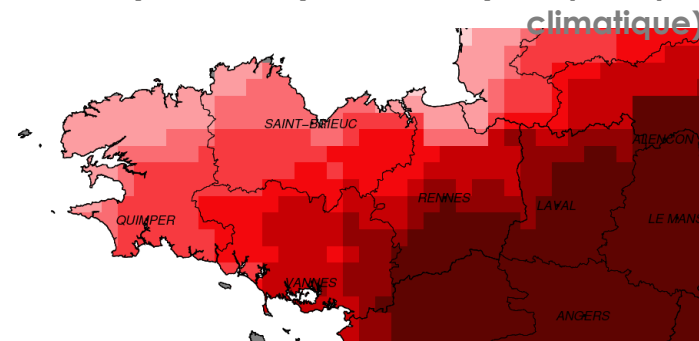
- ✓ **Une élévation des températures maximales plus élevée dans la partie orientale de la Bretagne renforçant par ailleurs les conditions favorables aux sécheresses** : à Rennes, à titre d'exemple, le nombre de journées d'été (température maximale >25°C) sur la période de référence 1976-2005 est de 19. A l'horizon 2050, selon le modèle Aladin de Météo-France, il pourrait augmenter de +10 jours (RCP 4.5) à + 20 jours (CP 8.5) sur la période estivale.
- ✓ **La menace vient en premier lieu de la hausse du niveau de la mer pour le littoral breton, en particulier les côtes basses.**

Nombre de journées d'été (moyenne estivale)

Horizon 2050 (2041-2071) – RCP 4.5 (stabilisation émissions)



Horizon 2050 (2041-2071) – RCP 4.5 (sans politique climatique)



Expérience : Météo-France/CNRM2014: Modèle Aladin de Météo-France

Source: DRIAS

• UNE VISION SYNTHÉTIQUE DU CLIMAT ET DES ALÉAS À 2050



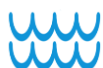
Un réchauffement en cours qui se poursuivra en toute saison **avec une augmentation annuelle des températures moyennes comprise entre +1,2°C et +1,6°C.**



Des précipitations annuelles qui ont augmenté par le passé mais **devraient rester constantes dans le futur.**



Un assèchement des sols de plus en plus marqué avec un allongement de la période sèche de juin à octobre, un doublement possible du nombre de jours de conditions favorables aux feux de forêt. Une tendance favorable à l'augmentation des mouvements de terrain (retrait-gonflement d'argiles, coulées de boues).



Les projections futures indiquent une élévation probable du niveau moyen mondial de la mer comprise **entre 45 et 82 cm à l'horizon 2100. Toutefois, des hypothèses plus pessimistes (1 mètre voire 2 mètres) ne peuvent plus être exclues. Corolaire de l'élévation de la mer, les aléas submersion et érosion seront très probablement favorisés.**



La probabilité pour que le changement climatique « pousse » les routes des **tempêtes** vers le Nord de la France n'est pas à exclure. L'élévation du niveau de la mer pourrait rendre plus impactant des tempêtes d'amplitude similaire.



En dépit des incertitudes, la forte corrélation entre les inondations et les pluies laissent penser que les aléas d'inondation par crues et ruissellement devraient perdurer.

PARTIE II/ CONSÉQUENCES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE EN BRETAGNE

Cette synthèse des connaissances bretonnes sur les conséquences des changements climatiques donne à voir un aperçu concis et illustratif des impacts observés et projetés sur la région.

Cette synthèse se structure en trois parties :

	Thématiques
1/ Milieux biophysiques et populations	Ressources en eau
	Milieux, écosystèmes, biodiversité
	Ressources énergétiques
	Santé
2/ Aménagement du territoire (urbanisme, infrastructures, réseaux)	Conséquences liées à la chaleur
	Impacts des risques côtiers
	Impacts des inondations fluviales
	Impacts des autres risques
3/ Activités économiques	Agriculture et élevage
	Foresterie
	Pêche, conchyliculture, industrie portuaire
	Tourisme

Dans chaque partie, les données emblématiques ont été mises en exergue, et sont ainsi restituées selon le code suivant :

Conséquences



Sur les personnes et les territoires



Sur les activités et l'économie



Sur les écosystèmes

Données



Percutantes



Alarmantes



Positives

Les connaissances existantes sur les changements climatiques en Bretagne et leurs conséquences sont relativement hétérogènes et inégales selon les thèmes et secteurs considérés. Pour cela, ont également été soulignées, lorsque cela a été possible :



les connaissances a priori manquantes ou non observées dans le cadre de l'étude



Les perspectives de recherche qui sont identifiées

1. Conséquences du changement climatique sur les milieux biophysiques et les populations

RESSOURCE EN EAU : ENJEUX QUANTITATIFS

Le réseau hydrographique de la région a deux caractéristiques qui le rendent sensible à toute évolution de la pluviométrie. Il est uniquement lié au territoire de la Bretagne car il n'y a pas de grand fleuve alimentant la région. Et la ressource en eau se concentre en surface puisqu'il n'y a pas de grand réservoir d'eau souterraine. La ressource en eau est donc quasi exclusivement liée aux pluies hivernales qui permettent la recharge en eau des nappes.

Actuellement, la majorité de l'eau prélevée l'est en surface et est à usage eau potable (87 %), l'agriculture représente 2 %.

Tendances climatiques impactant la **ressource en eau**



Augmentation moyenne de la température de l'air et de l'eau



Modification du régime de précipitations



Conséquences d'une moindre **ressource en eau sur les milieux**

- ✓ des modifications de l'habitat et des conditions de vie des poissons et autres espèces aquatiques,
- ✓ une altération des rivières par des développements d'algues plus importants,
- ✓ Une tendance des Zones Humides à diminuer de surface (surtout pour celle en amont du bassin versant) et à être moins souvent à saturation

Conséquences observées sur le débit des rivières

- ✓ L'exposition la plus forte au manque d'eau se situe lors **des périodes d'étiage, en été**, lorsque les précipitations sont minimale.
- ✓ L'accentuation du déficit d'eau couplée à l'augmentation des températures laisse craindre une **hausse de l'évapotranspiration**, des sécheresses estivales et un stress sur la ressource en eau.
- ✓ Le sous-bassin des fleuves côtiers bretons est de ce point de vue le plus exposé, en particulier **le bassin de la Vilaine**, qui a fait l'objet de plusieurs arrêtés de restriction des usages de l'eau ces dernières années.
- ✓ La forte exposition des **îles bretonnes** s'explique par la faiblesse, voire l'absence structurelle de ressources.
- ✓ Les **pollutions diffuses agricoles limitent les ressources disponibles** pour l'alimentation en eau potable, dans le contexte d'une augmentation démographique structurelle en Bretagne et d'une forte demande estivale liée au tourisme balnéaire.

RESSOURCE EN EAU : ENJEUX QUANTITATIFS



Conséquences projetées sur la ressource en eau en Bretagne

- ✓ Baisse potentielle des débits des cours d'eau ;
- ✓ Diminution probable des zones humides ;
- ✓ Possible dégradation de la qualité des eaux.



Problématiques projetées sur les conflits d'usage en Bretagne

- ✓ Une ressource eau en quantité moindre à certaine période créé un risque d'augmentation des conflits d'usage de l'eau,
- ✓ La **situation future de la Bretagne dépendra de l'évolution des pratiques agricoles**. L'irrigation se développe actuellement pour sécuriser la production de la nourriture destinée à l'élevage (maïs ensilage, etc.). Or, **l'augmentation des besoins en eau d'irrigation** dans le contexte du changement climatique pourrait s'avérer particulièrement problématique, dans une région où cet usage est encore peu développé.

Cadre existant



Le **Sdage Loire-Bretagne 2016-2021** recommande de **limiter la durée des autorisations de prélèvement à 10 ans** (ou 15 ans en cas de prélèvement hivernal) pour pouvoir les réviser en fonction de l'évolution du climat et de ses conséquences sur la ressource en eau. Cette disposition ne concerne toutefois pas tous les types de prélèvements, comme ceux dédiés à l'eau potable par exemple.

Données clés



+1,6°C d'augmentation de la **T° moy. de l'eau** au cours du XXe siècle

De **+1,1 à +2,2°C d'ici 2070** de hausse des T° moy. de l'eau



À l'horizon 2030, le territoire du Grand Ouest pourrait connaître **10 à 30 % de temps en état de sécheresse avec des pics atteignant 40 % en Bretagne**.

Au milieu du siècle, cette tendance poursuit sa hausse avec des temps en état de sécheresse pouvant atteindre jusqu'à **60 à 80 % dans les Côtes d'Armor en 2080**

RESSOURCE EN EAU : ENJEUX QUALITATIFS

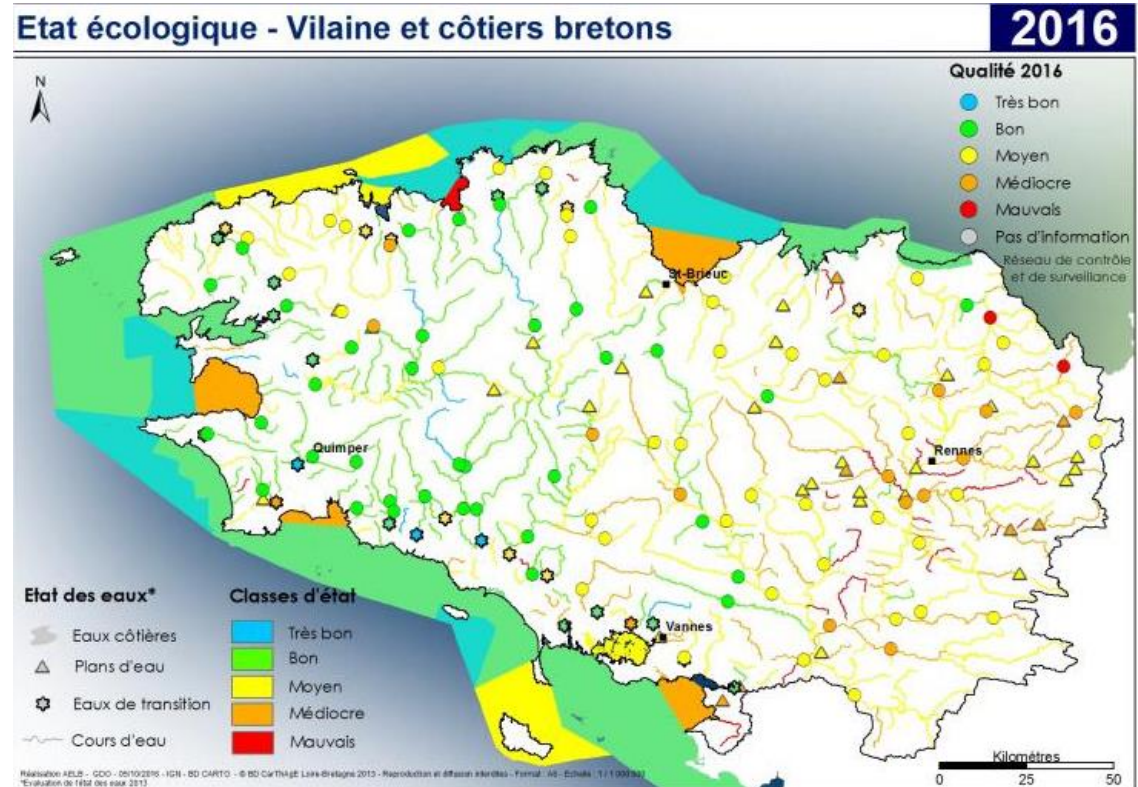
Des fragilités sur la qualité de l'eau préexistantes aux changements climatiques

L'état des lieux réalisé dans le cadre du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) et en vue de servir de référence pour l'évaluation de l'atteinte des objectifs visés par la Directive Cadre sur l'Eau, **rappelle que seuls 5% des plans d'eau et 35% des cours d'eau sont en bon état écologique 58% des eaux souterraines sont en bon état chimique (1).**

En 2013, 86 plages et vasières bretonnes ont été touchées durant l'été par des marées vertes sur les 137 sites recensés par le CEVA (2).

L'eutrophisation des eaux superficielles touche de très nombreux plans d'eau en Bretagne (3). Il résulte d'un enrichissement excessif en éléments nutritifs dont l'azote et le phosphore. Ce phénomène, qui peut engendrer des difficultés pour la production d'eau potable, les activités de loisirs et la vie aquatique, se manifeste par le développement important de végétaux aquatiques notamment des micro-algues lorsque les conditions physiques sont favorables (température, luminosité, ralentissement des vitesses d'eau, voire la stagnation dans les canaux ou plans d'eau).

Si de nombreuses améliorations ont été notées ces dernières années du point de vue de la qualité de l'eau, en lien avec une mobilisation importante de l'ensemble des acteurs et impulsée par le Conseil régional depuis 30 ans, **le changement climatique pose de nouveaux défis et interroge la durabilité des actions mises en place**



(1) <http://www.bretagne-environnement.org/Media/Documentation/Bibliographies/L-environnement-en-Bretagne-Cartes-et-chiffres-cles-2018>

(2) *L'environnement en Bretagne – cartes et chiffres clés – édition 2014*

(3) *L'eau en Bretagne – bilan annuel 2014 – DREAL Bretagne*

Carte : <http://www.bretagne-environnement.org/Media/Atlas/Cartes/Etat-ecologique-des-masses-d-eau-de-surface-bretonnes>

RESSOURCE EN EAU : ENJEUX QUALITATIFS



Conséquences observées et projetées sur les milieux

- ✓ Déplacement du biseau salé susceptible d'affecter certains des aquifères littoraux,
- ✓ Concentration de polluants d'origine chimique ou microbiologique avec des répercussions sur les littoraux
- ✓ Assèchement des sols sur la péninsule bretonne dès l'horizon 2030 qui pourrait augmenter l'érosivité des pluies
- ✓ Erosion des sols qui pourrait se traduire par une augmentation des phénomènes de ruissellement dans les zones urbaines et surtout agricoles, augmentant le transfert des polluants agricoles (phosphore et pesticide) dans les cours d'eau et sur les littoraux.
- ✓ Salinisation des aquifères côtiers, accentuée par des prélèvements importants d'eau souterraine, accrus sous la pression touristique par exemple, ou encore par une élévation du niveau marin dans un contexte de changement climatique, qui font remonter le biseau salé (phénomène observé notamment dans le nord de la Bretagne). Une remontée océanique de 2 m, le biseau salé pourrait se déplacer de plusieurs dizaines de mètres à l'intérieur des terres (Rapport Jouzel, mars 2015).
- ✓ Aggravation des proliférations des cyanobactéries (prolifération favorable entre 20 et 25°C) dans un contexte de températures plus élevées (Paul, 2008; Elliott, 2012; El Shehawy et al., 2012; Pitois et al., 2014; Visser et al., 2016...) .



Connaissances manquantes

- Les impacts économiques sont peu documentés, notamment l'impact économique d'une dégradation de la qualité de la ressource en eau, des épisodes de prolifération d'algues vertes...
- Les dynamiques, quantitatives comme qualitatives, des eaux souterraines sont mal connues,
- Le suivi (ex: température de l'eau) et l'analyse des données de qualité de l'eau au regard du changement climatique est peu fait aujourd'hui



Perspectives de recherche

- L'impact du changement climatique sur les dynamiques de recharge et vidange des aquifères
- Les impacts du changement climatique sur la bio- et géo-chimie.

Biblio:

DREAL Bretagne, CEREMA, « Plans locaux d'urbanisme Des arguments pour agir en faveur du climat, de l'air et de l'énergie », sept.2018, 19p.
BRGM : <https://www.brgm.fr/publication-presse/salinisation-aquiferes-deux-etudes-phares-grand-ouest>

SANTÉ

Tendances climatiques impactant la **santé**

 Augmentation moyenne de la température de l'air et de l'eau

 Augmentation des épisodes de fortes chaleurs et de canicule

Synthèse des enjeux et conséquences des changements climatiques sur la **santé** en Bretagne

- ✓ l'augmentation en fréquence et en intensité des évènements climatiques extrêmes
 - L'augmentation de l'intensité et de la fréquence des vagues de chaleur, qui pourront toucher de plus en plus la région. La survenue d'un épisode caniculaire en Bretagne pourrait avoir des conséquences importantes du fait du manque de sensibilisation des populations à ce risque.
 - Tempêtes
- ✓ la modifications progressives de l'environnement et des modes de vie influençant des expositions existantes, voire entraînant de nouvelles expositions :
 - qualité de l'air,
 - ambrosie : augmentation des quantités de pollens allergisants dans l'atmosphère
 - rayonnement ultraviolet,
 - cyanobactéries,
 - qualité et quantité de la ressource en eau,
 - habitat
- ✓ l'émergence (ou réémergence) de maladies infectieuses (chikungunya, dengue, borréliose de Lyme, ...)

Le risque allergique en Bretagne en 2014

Pollens	Période à risque allergique
Aulne	février - mars
Bouleau	avril
Charme	mars - avril
Châtaignier	juillet
Chêne	mai - juin
Cyprès	mars - avril
Frêne	mars
Noisetier	février
Peuplier	mars - avril
Platane	avril
Saule	mars - avril
Graminées	mai juin juillet
Oseille	mai
Urticacées	juin - septembre



Source : RNSA, 2014



Cadre existant

La problématique de changement climatique est inscrite dans le 3^e Plan Régional de Santé Environnement 2017-2012

SANTÉ

Synthèse des conséquences observées sur la santé des dernières canicules majeures en Bretagne

2003 : Canicule exceptionnelle par sa durée (près de 2 semaines) et son intensité. A partir du 4 août, des températures supérieures à 35°C ont été observées sur une grande majorité des stations météorologiques en France. Des températures supérieures à 40°C ont été observées sur certaines stations de Bretagne, ce qui ne s'était jamais produit depuis le début des mesures de température.

2015 : aucun épisode caniculaire n'a été observé au cours de l'été. Seul le département de l'Ille-et-Vilaine a été placé en vigilance jaune canicule à partir du 29 juin 16h au 1er juillet 6h. La journée du 30 juin a montrée une faible hausse des passages aux urgences pour pathologie en lien avec la chaleur sur l'ensemble de la région. En dehors de cette date, les indicateurs sont restés faibles et relativement stable, autour des valeurs habituelles.

2017 : Pour la première fois depuis la mise en œuvre du plan national canicule (PNC), l'un des départements de la Bretagne a été placé en vigilance orange canicule. Rétrospectivement, l'analyse des températures observées a montré que les critères de vigilance canicule ont été atteints le 28 août dans le Morbihan lors de la dernière vague de chaleur de l'été.

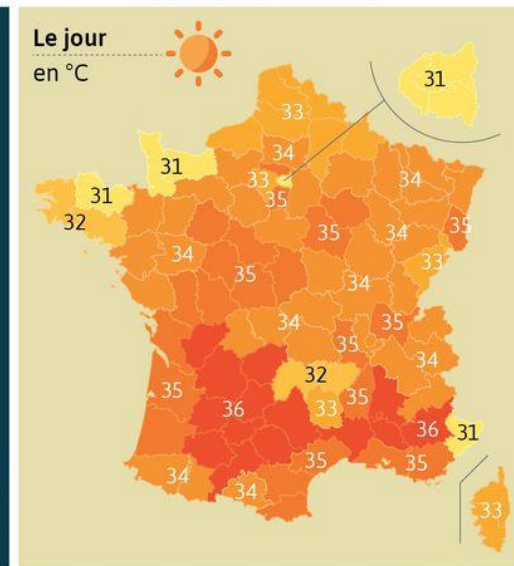


LES SEUILS D'ACTIVATION DE LA VIGILANCE ORANGE CANICULE

La vigilance orange canicule est activée pour un département lorsque les températures...

... pendant au moins 3 nuits,
ne descendent pas sous un certain seuil et...

... pendant au moins 3 jours,
dépassent un certain seuil.



VISACTU

Des seuils de vigilance canicule différents selon les départements

En cas de forte chaleur comme cette semaine, Météo France n'active la vigilance orange canicule que lorsque les températures le jour et la nuit dépassent ou ne descendent pas sous certains seuils, et ce pendant au moins trois jours. Ces seuils sont différents selon les départements.

Dans les Côtes-d'Armor, la vigilance orange canicule ne sera activée que si les températures, le jour, dépassent les 31°C pendant au moins trois jours et que la nuit, les températures ne descendent pas sous la barre des 18°C, pendant au moins trois nuits.

ÉCOSYSTÈMES

Tendances climatiques impactant les **écosystèmes**



Augmentation moyenne de la température de l'air et de l'eau



Réduction du nombre de jours de gel



Augmentation de la fréquence des événements climatiques extrêmes



Modification du régime de précipitations

Conséquences observées en Bretagne



- ✓ La valeur esthétique des paysages dépend de nombreux facteurs, parmi lesquels la phénologie de floraison pour les plantes à fleurs, celle de feuillaison et de sénescence automnale des arbres et les abondances relatives des essences décidues et sempervirentes.
- ✓ La mortalité des arbres sous les effets des ravageurs ou la progression des ligneux dans les prairies sont perçues comme des éléments négatifs.

Les conséquences pour les services écosystémiques

- ✓ Les impacts du changement climatique peuvent être étudiés à travers les **conséquences sur les services écosystémiques**. Définis comme les composantes des écosystèmes dont la société tire des bénéfices explicites, cette approche permet de faire le lien entre la **biodiversité et les impacts socio-économiques**. La classification établie par le *Millennium Ecosystem Assessment* (2005) reconnaît quatre catégories : les services d'approvisionnement, les services de régulation, les services culturels et les services de support ; services auxquels la biodiversité contribue de diverses façons.
- ✓ Les **services de support et de régulation** correspondent aux avantages obtenus de la régulation des processus écosystémiques : maintien des conditions physiques, chimiques et biologiques (maintien de la qualité des eaux, régulation des émissions de gaz à effet de serre, régulation des crues, des incendies) ; **l'approvisionnement** désigne le fait que les écosystèmes produisent des ressources et permettent l'obtention de bien par l'exploitation des écosystèmes. Les **services culturels ou de récréations** résultent des interactions entretenues avec les milieux (intellectuelle, physiques, loisirs, santé).



ÉCOSYSTÈMES

- ✓ Le tableau ci-dessous synthétise les principaux impacts du changement climatique sur les différents écosystèmes que l'on retrouve en Bretagne en présentant les **conséquences environnementales et socio-économiques**.

Conséquences du changement climatique sur les écosystèmes en Bretagne



ECOSYSTÈMES	SERVICES DE RÉGULATION	SERVICES D'APPROVISIONNEMENT	SERVICES CULTURELS
Forestiers	Dépérissement des forêts	Baisse de la productivité	Impacts paysagers
Prairies et landes	Résilience accrue à la sécheresse	Augmentation de la productivité	Impacts paysagers
Agrosystèmes	Accroissement des aléas	Augmentation de la productivité si adaptations	Impacts paysagers
Ruisseaux, rivières, fleuves et estuaires	Augmentation des cyanobactéries associées aux algues	Peu d'exploitation	Risques sanitaires Augmentation de la pêche récréative
Lacs, étangs, mare, tourbières...	Modification du service de contrôle biotique	Pas d'exploitation	Risques sanitaires
Ecosystèmes marins	Acidification des océans	Réduction et transformation des stocks	Réduction de la pêche récréative Risques sanitaires

Les impacts du changement climatique sur les services écosystémiques, réalisé par Amélie Pillet (2019) d'après Massu, N., et Landmann, G., 2011

• MILIEUX MARINS

Conséquences attendues sur les milieux marins



- ✓ Les conjonctions des modifications du niveau de la mer, des caractéristiques physico-chimiques des masses d'eau, de la circulation hydrodynamique (courants) et l'occurrence d'événements extrêmes vont avoir des conséquences importantes sur les écosystèmes marins et côtiers.
- ✓ Les changements attendus se déclinent notamment en termes de biodiversité (du gène à la communauté) avec des conséquences sur le fonctionnement des populations et des peuplements, la productivité des écosystèmes et les services écosystémiques associés.



Acidification des océans et modification des habitats

- Le CO₂ dissous dans l'eau de mer réagit et forme des ions hydrogénocarbonate et des ions carbonate qui servent de base à la formation de structures calcifiées de nombreux organismes marins (coquilles et squelettes calcaire) par réaction avec les ions calcium présents dans l'eau (formation de carbonate de calcium). La réaction de formation du carbonate de calcium étant réversible, la dissolution de davantage de CO₂ dans l'eau de mer entraînerait une déstabilisation, voire une dissolution, des carbonates de calcium formés. L'eau de mer deviendrait « corrosive » pour les structures calcaires.
- **La remontée de l'horizon de saturation des carbonates entraîne une réduction de l'habitat disponible pour les organismes calcifiants.**
- A mesure que le pH diminue, le taux de croissance de la coquille dure des bivalves pourrait diminuer. Une récente étude suggère que d'ici 2100, la calcification pourrait être réduite de 25 % pour les moules et de 10 % pour les huîtres.



Une zone de transition biogéographique sensible

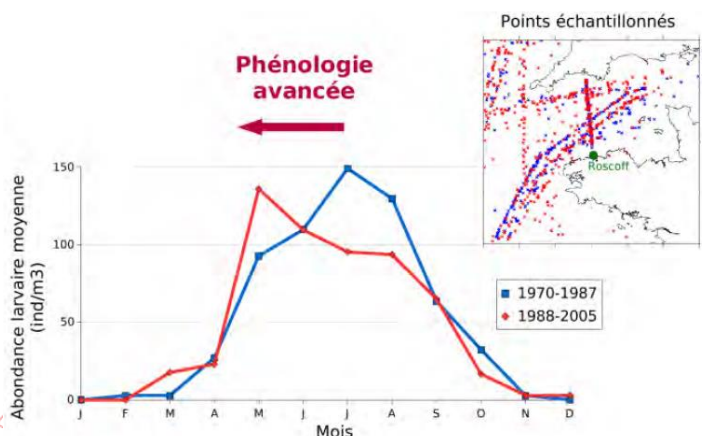
- L'environnement marin attendant le massif armoricain est **une zone de transition biogéographique** à l'échelle de l'Atlantique Nord. Deux écorégions sont délimitées au niveau de la point bretonne (la mer Celtique et l'Atlantique Nord). Plusieurs caractéristiques rendant les communautés biologiques de ces milieux sensibles :
- ✓ les eaux environnant la péninsule armoricaine se caractérisent par une **forte diversité biologique** ;
 - ✓ de nombreuses espèces trouvent leurs **limites géographiques** : les espèces boréales et des eaux froides trouvent dans la Manche Ouest leur limite sud (algues brunes) alors que les espèces des eaux tempérées-chaudes y trouvent leur limite nord.

• MILIEUX MARINS

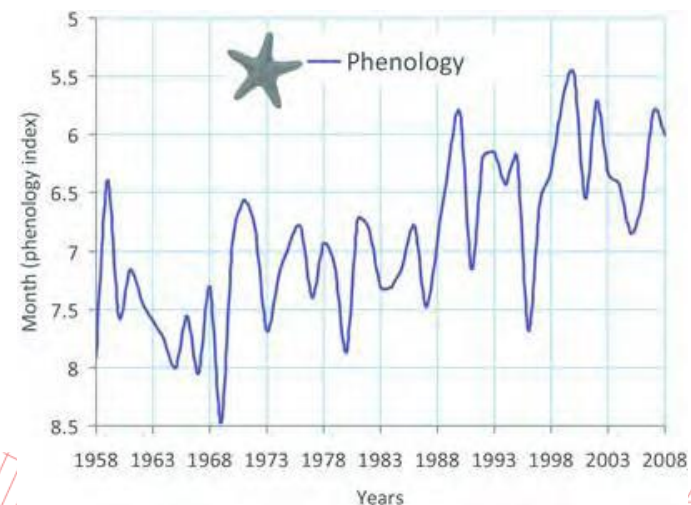


- ✓ **Réduction de la taille finale** de l'organisme due à l'accélération du processus de maturation ;
- ✓ **Perturbation** de la croissance ou **de la calcification d'organismes** tels que les algues unicellulaires, les coraux, les algues benthiques, les mollusques, les foraminifères, l'huitre creuse et la moule bleue ;
- ✓ **Changement d'aires de distribution** et **modifications des périodes de reproduction** de certaines espèces de poissons et mollusques particulièrement sensibles à une modification de leur optimum thermique (remontée vers le Nord ou plongée en profondeur) ;
- ✓ Modification de la distribution et de l'abondance du phytoplancton entraînant une diminution de la production primaire ;
- ✓ **Modification de la dynamique saisonnière** de certaines espèces de phytoplancton comme les cyanobactéries ;
- ✓ Installation facilitée ou la **prolifération d'espèces introduites** accidentellement ou délibérément

Abondances moyennes mensuelles des larves d'échinodermes dans les échantillons récoltés par le CPR en Manche occidentale et en mer d'Iroise entre pour les périodes 1970-1987 et 1988-2005



Abondances moyennes annuelles des larves d'échinoderme en mer du Nord de 1958 à 2008

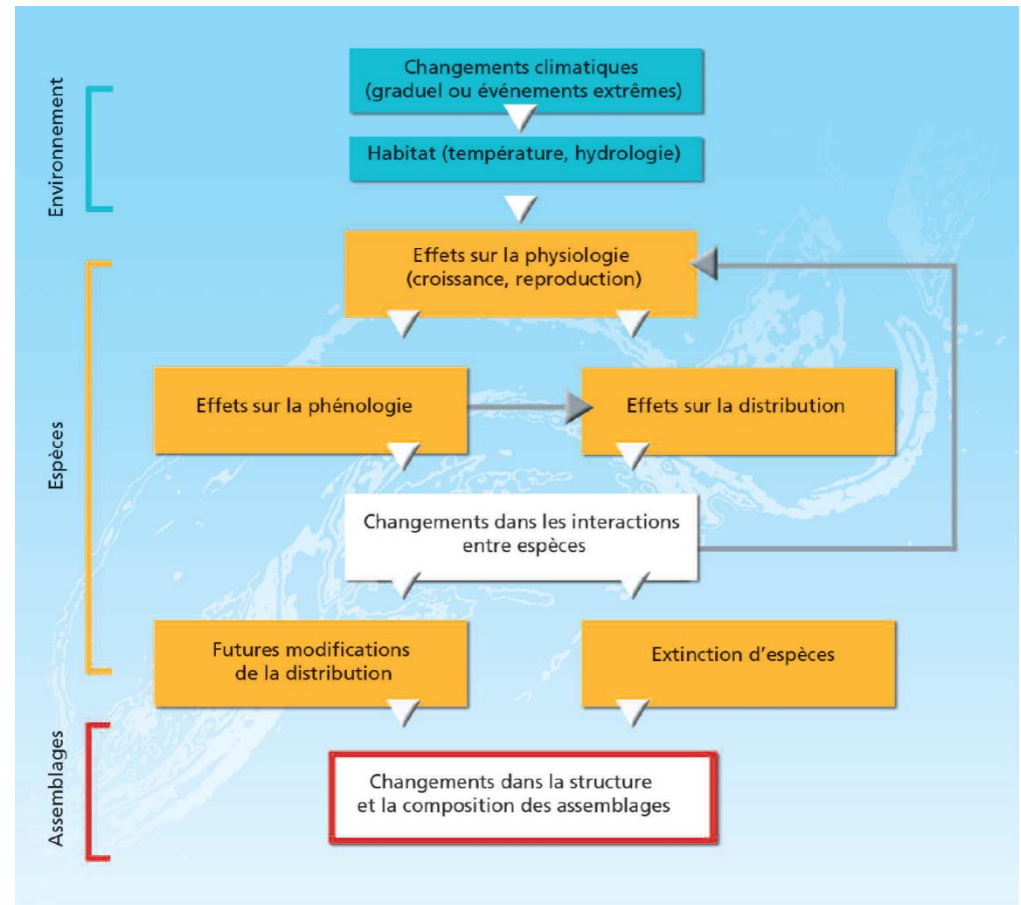


Données SAHFOS, Roussel, G., 2012

• MILIEUX AQUATIQUES

L'augmentation de la température de l'eau aura des conséquences sur la phénologie des espèces, l'abondance et la composition des populations piscicoles. La répartition géographique des espèces modifie les relations interspécifiques et par conséquent la structure des habitats et des écosystèmes.

- ✓ Période de reproduction **plus rapide et avancée**, croissance plus rapide, durée de vie des espèces plus courte ;
- ✓ Emissions plus précoces des pontes et des larves et une diminution de leur durée de vie ;
- ✓ Disparition des espèces sensibles à une modification de leur référendum thermique ;
- ✓ Augmentation de la richesse spécifique et homogénéisation des communautés ;
- ✓ Réduction de l'aire de répartition des espèces inféodées aux têtes de bassin (diminution de 10 à 20% de la surface des zones humides en tête de bassin selon les modèles) ;
- ✓ Modification de la structure du peuplement par le départ de certaines espèces et la progression d'autres du Sud (compétition, prédation) ;
- ✓ Prolifération d'espèces parasites ou pathogènes



(Baptist, F., et al., 2014)

Conséquences potentielles du changement climatique sur les assemblages d'espèces de poisson

• MILIEUX AQUATIQUES

L'eutrophisation accentuée par le réchauffement climatique

L'élévation progressive des températures risque d'amplifier les symptômes actuels de l'eutrophisation des milieux aquatiques en stimulant la production de biomasse végétale tout en diminuant la concentration d'oxygène dissous dans l'eau. En raison d'épisodes pluvieux dont l'intensité devrait augmenter dans les prochaines décennies, une plus grande prévalence des crues et donc des phénomènes d'érosion risque en outre d'accroître l'exportation de sédiments riches en azote et en phosphore vers ces mêmes écosystèmes.



La littérature commence à proposer des scénarios spatialisés des évolutions futures, en modifiant les facteurs de forçage des analyses de risque d'eutrophisation.



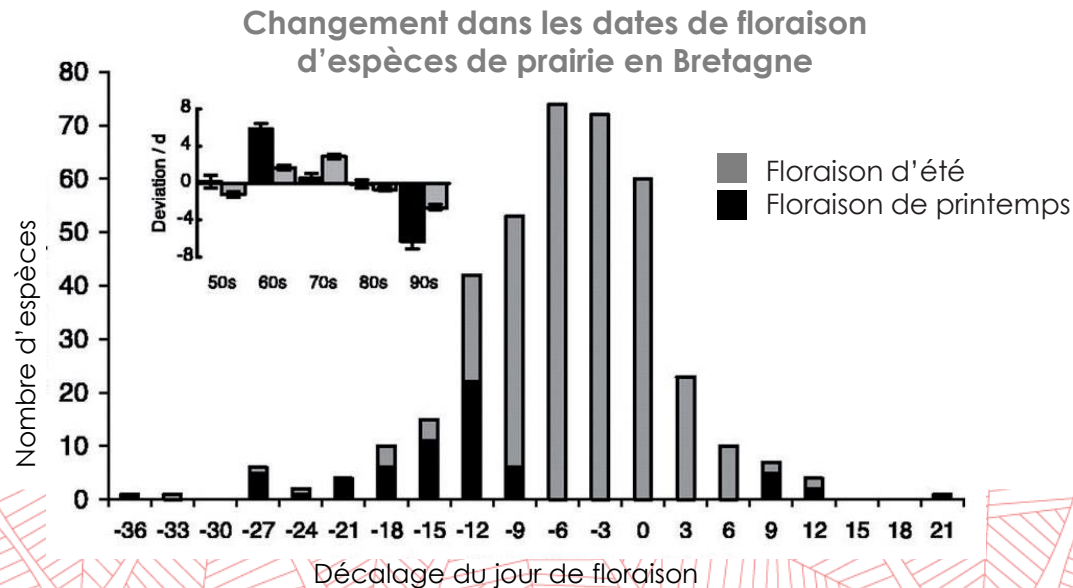
Qualité de l'eau, changement climatique et organismes aquatiques (ONEMA)

L'état de santé des organismes aquatiques peut être affecté indirectement par un certain nombre de paramètres environnementaux sous l'influence du changement climatique (température, pH et salinité de l'eau, pénétration des rayonnements UV dans la colonne d'eau). Le stress chimique causé par certains polluants aquatiques potentiellement toxiques amplifie ces conséquences :

- **Sensibilité accrue à une modification du régime thermique** : La capacité des espèces ou des populations à tolérer un stress thermique peut être réduite lors d'une exposition concomitante à des produits chimiques toxiques ;
- **Augmentation de la toxicité envers certaines espèces piscicoles** : La mortalité des juvéniles de truites arc-en-ciel, exposés à un insecticide, l'endosulfan, augmente avec un changement de température de 13 à 16°C ;
- **Altération des processus de bioaccumulation** : la bioaccumulation des contaminants et des taux d'élimination est généralement plus élevés lorsque la température de l'eau augmente. Cette contamination accrue des organismes résulte notamment d'un changement dans le taux de ventilation des ces derniers en réponse à une diminution de la solubilité de l'oxygène à des températures plus élevées ;
- **Effets indirects induits par la dégradation des écosystèmes** : Le nombre et la taille des milieux aquatiques déficitaires en oxygène dissous (zones mortes) ont largement augmenté durant les dernières décennies, phénomène provoqué par un enrichissement excessif des eaux en éléments nutritifs

• MILIEUX TERRESTRES

- ✓ Modification des comportements biologiques : floraison plus rapide et précoce : allongement de la durée de végétation
- ✓ Diminution de la diversité ;
- ✓ Un déplacement vers le Nord de la limite de l'aire de répartition de nombreuses espèces
- ✓ Modification des pratiques migratoires
- ✓ Une **augmentation de la productivité** de certaines espèces végétales en raison des températures plus clémentes et de l'augmentation de la concentration en CO₂
- ✓ Pour les écosystèmes forestiers, cette tendance à l'augmentation jusqu'en 2050 devrait cependant être compensée à long terme par la surmortalité liée aux épisodes de sécheresse et à la baisse des précipitations ;
- ✓ Décalages entre les besoins alimentaires et la disponibilité de nourriture (événements en moyenne plus précoces) / **mismatch trophique**
- ✓ **Décalage entre la disponibilité alimentaires et es besoins de nourriture pour l'avifaune**
- ✓ **Modification des habitats**



(Massu, N., et Landmann, G., 2011)

ÉCOSYSTÈMES

Synthèse des conséquences du changement climatique sur **les écosystèmes en Bretagne**



- ✓ La poursuite du phénomène de **déplacement des espèces** (remontée vers le Nord ou en altitude) aura pour conséquences des extinctions locales et une modification des provinces biogéographiques. Les populations bretonnes d'espèces en limite d'aire de répartition ou qui évoluent dans des milieux très spécifiques pourraient disparaître.
- ✓ Des **modifications de la phénologie des espèces** (développement saisonnier) engendrés par l'augmentation de la température seront amenés à s'accroître, comme le raccourcissement des périodes de reproduction de certaines espèces animales terrestres et aquatiques ;
- ✓ Celle-ci engendreront des variations et **décalages de phénologie qui pourront impacter les chaînes trophiques et les relations interspécifiques**, comme le décalage entre la disponibilité en nourriture et le calendrier des besoins alimentaires de l'avifaune, la perturbation des relations hôte-parasites ;
- ✓ Progressivement, ces désynchronisations de plusieurs interactions biologiques entraîneront une **recomposition des communautés et des habitats** ;
- ✓ L'état de stress pour les espèces les moins adaptées à la chaleur et au déficit d'oxygène engendrant une sélection des espèces les plus résilientes et donc une **perte de diversité** ;
- ✓ La modification de la dynamique saisonnière de certaines espèces de phytoplancton comme les cyanobactéries aura des conséquences sanitaires importantes.

ÉCOSYSTÈMES



Connaissances manquantes

- Des connaissances sur la biodiversité «ordinaire» non patrimoniale ou commerciale, la biodiversité des sols ou les champignons accompagnée d'une meilleure connaissance du fonctionnement des écosystèmes ;
- L'insuffisance des bases de données sur **les traits de vie des espèces** ;
- **L'absence de couplage** entre les modèles climatiques de biodiversité et socioéconomiques. Ces modèles devraient permettre d'intégrer les modes de gestion ;



Perspectives de recherche

- Rétablissement des continuités écologiques
- Approfondir la compréhension de la sensibilité des espèces aux changements climatiques ;
- Mise en place de réseaux de suivi et de sites de mesure des populations piscicoles ;
- Identifier les écosystèmes aquatiques les plus sensibles à l'accroissement de flux d'éléments nutritifs et sujets à l'eutrophisation ;
- Poursuivre les travaux d'amélioration de la qualité des eaux

Données clés



- ✓ Certaines espèces d'oiseaux à répartition tempérée et boréale tels que le pingouin torda ou le macareux moine présentent des **effectifs en forte régression** du fait d'un déplacement de l'aire de répartition vers le nord.
- ✓ D'autres **espèces méridionales** pourraient être favorisées : l'aigrette garzette ou certains insectes ravageurs comme les chenilles processionnaires du pin qui progressent vers le nord de la Bretagne.








Les cycles de développement plus courts entraînent une **pullulation d'insectes parasites et des déprédations** favorisés par une élévation des températures. Une hausse de 1°C de la température moyenne de l'air provoquerait un **avancement de 11 jours** des dates de première infestation des rouilles du peuplier.

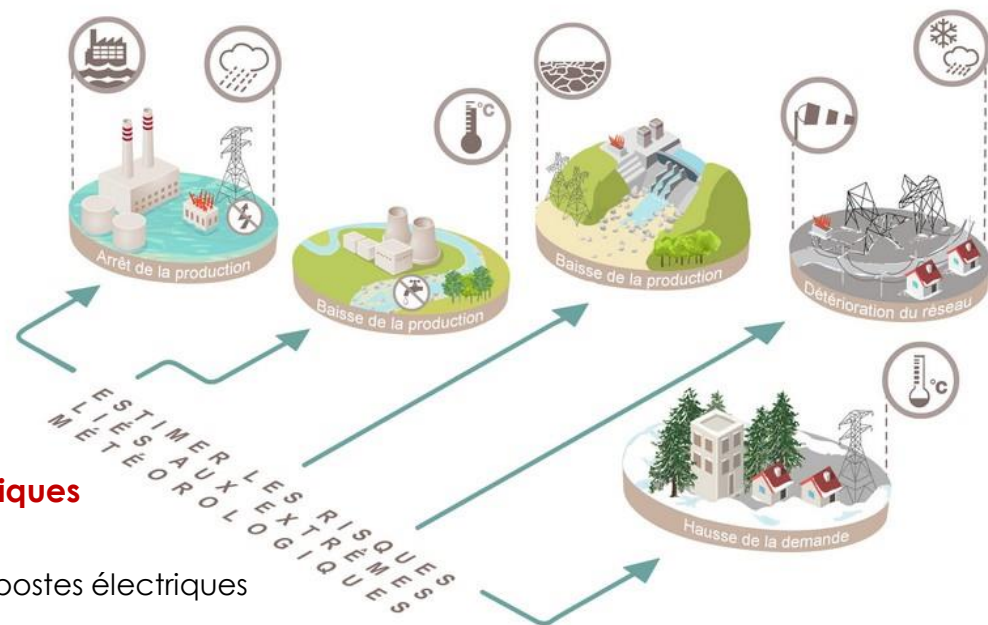


Les expérimentations permettent de prévoir une **production accrue** et une **meilleure résistance à la sécheresse des prairies de plaines et de basse altitudes** sous l'effet du doublement de la teneur en CO₂ atmosphérique, et de manière générale une résistance et une résilience remarquables de leur fonctionnement et de leur biodiversité à court terme.

RESSOURCES ÉNERGÉTIQUES

Tendances climatiques impactant les ressources énergétiques

-  Augmentation moyenne de la température de l'air et de l'eau
-  Réduction du nombre de jours de gel
-  Augmentation de la fréquence des événements climatiques extrêmes, et notamment des pics de chaleur extrêmes
-  Augmentation du risque d'étiage et baisse du débit des rivières
-  Augmentation des risques de vents violents et d'épisodes de tempête



Extrêmes climatiques impactant les ressources énergétiques

- **inondation**
Risques de submersion des centrales thermiques et des postes électriques
- **vagues de chaleur**
les circuits de refroidissement des centrales thermiques peuvent être arrêtés et induire un arrêt ou ralentissement de la production de la centrale alors que la demande en électricité pour la climatisation augmente.
- **vagues de sécheresse**
étiage des rivières impactant le refroidissement des centrales et la production hydraulique
- **fortes intempéries (rafales de vent, pluies verglaçantes...)**
dégâts matériels sur les pylônes, les éoliennes
- **vagues de froid**
augmentation de la consommation entraînant un risque de rupture du réseau

RESSOURCES ÉNERGÉTIQUES

État des lieux des ressources énergétiques en Bretagne

- ✓ Baisse de la consommation finale d'énergie de 6% entre 2005 et 2017
- ✓ Toujours plus d'électricité, dans les espaces urbains et sur le littoral
- ✓ 12% de la consommation finale d'énergie sont produits en Bretagne (dont 80% issue de ressources renouvelables)

CONSOMMATION D'ÉNERGIE FINALE CORRIGÉE DU CLIMAT EN 2017*



46%
Produits pétroliers
(- 22% sur 2005-2017)



27%
Électricité
(+13% sur 2005-2017)

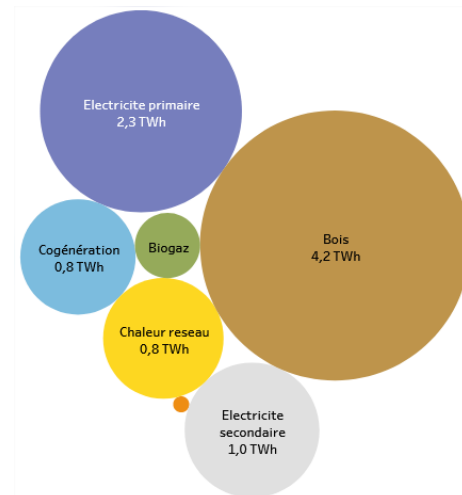


17%
Gaz naturel
(+3% sur 2005-2017)

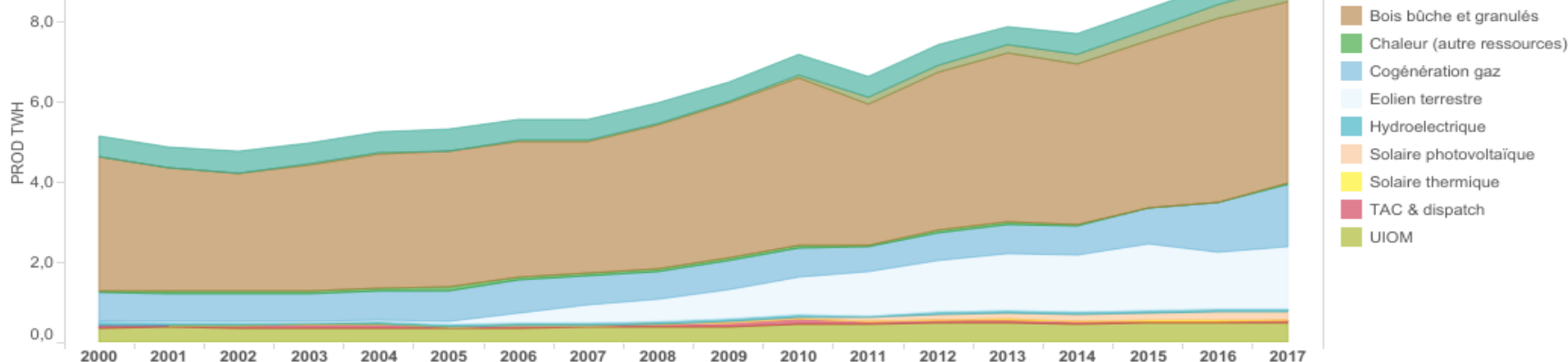


6%
Bois
(+23% sur 2005-2017)

La production d'énergie finale en Bretagne



Evolution de la production d'énergie en Bretagne par filière depuis 2000



Mentions légales

Observatoire de l'environnement en Bretagne. Mise à jour 12/2018

Sources : Ademe, Dreal Bretagne, Draaf Bretagne, OEB (Ener'GES Territoire Bretagne), GRTgaz, RTE, Enedis, GrDF, Aile, Abibois, gestionnaire réseaux de chaleur de Rennes et Brest, ALOEN, CD 22, Ceren, Observ'ER, Ouest Solutions Thermiques, Enerplan.

RESSOURCES ENERGETIQUES

Synthèse des conséquences du changement climatique sur les ressources énergétiques en Bretagne



- ✓ Si la tendance à l'augmentation des tempêtes se confirme, les rendements de l'énergie éolienne pourraient diminuer en raison d'arrêt plus nombreux des turbines.
- ✓ Le potentiel hydraulique se trouve altérer par l'évolution à la baisse du débit des rivières et des stocks des réserves d'eau.
- ✓ L'énergie solaire pourrait disposer d'un potentiel plus important en raison de l'augmentation du nombre de jours chauds
- ✓ Le rendement des bioénergie pourrait être amélioré par la croissance de la végétation, profitant des précipitation, du rayonnement solaire, de l'évaporation et de l'augmentation des températures

Enjeux pour les ressources énergétiques en Bretagne face aux changements climatiques



Trouver un équilibre entre l'offre et la demande en électricité

Un des enjeux pour la Bretagne sera d'atteindre un mix énergétique permettant d'équilibrer l'offre et la demande en électricité, dans un contexte de variabilité accrue des conditions climatiques et d'exacerbation des extrêmes (augmentation des usages de la climatisation électrique l'été, baisse des besoins en chauffage l'hiver), et de développement des énergies renouvelables.



Connaissances manquantes

Améliorer la connaissance sur les évolutions des rendements des filières d'énergies renouvelables (éolien, bois-énergie, solaire, hydraulique) dues aux changements climatiques en Bretagne



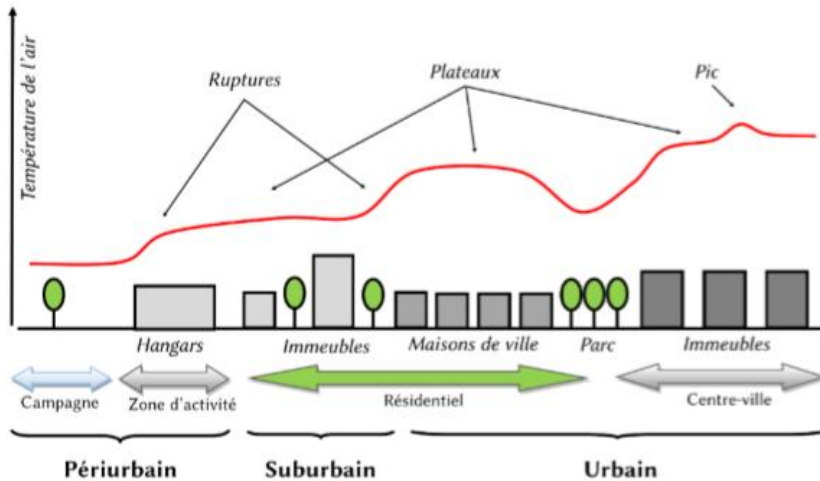
Perspectives de recherche

Améliorer la connaissance sur l'impact de l'évolution de la température estivale sur les consommations électriques

2. Conséquences du changement climatique sur l'aménagement du territoire

CONSÉQUENCES LIÉES AU RECHAUFFEMENT ET FORTES CHALEURS

Profil thermique observé à Rennes selon une typologie de quartiers



Source : Foissard, 2015 (adapté de Oke T.R., 1987).



Une amélioration globale du confort thermique et de l'attractivité

Il s'agit d'une **opportunité pour la Bretagne** puisqu'elle devrait bénéficier d'un climat plus chaud en toutes saisons et d'un plus long ensoleillement avec en prime une amélioration du cadre de vie et de l'attractivité de la destination. Toutefois, cela pourrait aussi conduire à **des effets en cascade à anticiper** : **renforcement de l'économie résidentielle** sur la côte (Denis Bailly), des touristes en période estivale avec des pressions exacerbées sur les ressources du territoire et leur gestion dans un contexte de changement climatique (CESER).

Une surchauffe urbaine probable en période estivale

Il fait en général plus chaud en ville qu'à la campagne. Ce microclimat urbain porte le **nom d'îlot de chaleur**. Il est influencé par les émissions de chaleur humaines, la morphologie des aménagements face au vent et rayonnement, la nature des surfaces (ADEME, 2017). Si il est observé à Rennes de façon temporaire (Cf. schéma), il reste de faible intensité (écart de 1 à 2°C entre la ville et la campagne) et n'est pas observé sur le reste du territoire. **La hausse attendue des fortes chaleurs estivales devraient néanmoins jouer en faveur de son développement ou de son renforcement** pour les villes bretonnes avec comme conséquence une **baisse de confort thermique et d'attractivité**.



Une gestion des réseaux et infrastructures plus délicate à soutenir en période de forte chaleur

Cet impact s'observe déjà sur la gestion du système électrique national avec des **pics et tensions sur les réseaux** en période estivale, en plus des risques liés aussi à la production (refroidissement des centrales nucléaires notamment) (CEA).

Des perturbations des transports liés à la dégradation des infrastructures (dilatation des rails, fonte du bitume) pourraient augmenter en pleine période touristique.

Une hausse généralisée des besoins en rafraîchissement

Les besoins de chauffage continueront de diminuer sur le territoire même si ils resteront prépondérants par rapport aux besoins de rafraîchissement. **Ces derniers tendront eux à augmenter avec** une hausse attendue de la demande énergétique dans l'habitat, le transport, les lieux publics et écoles. La fréquentation des espaces de fraîcheur (espaces verts, eaux etc.) **tendrait à augmenter tout comme les besoins en eau potable**, dans un contexte de pressions climatique et socioéconomique accrues sur les ressources naturelles.

CONSÉQUENCES LIÉES AUX RISQUES CÔTIERS

Les zones basses du littoral particulièrement vulnérables

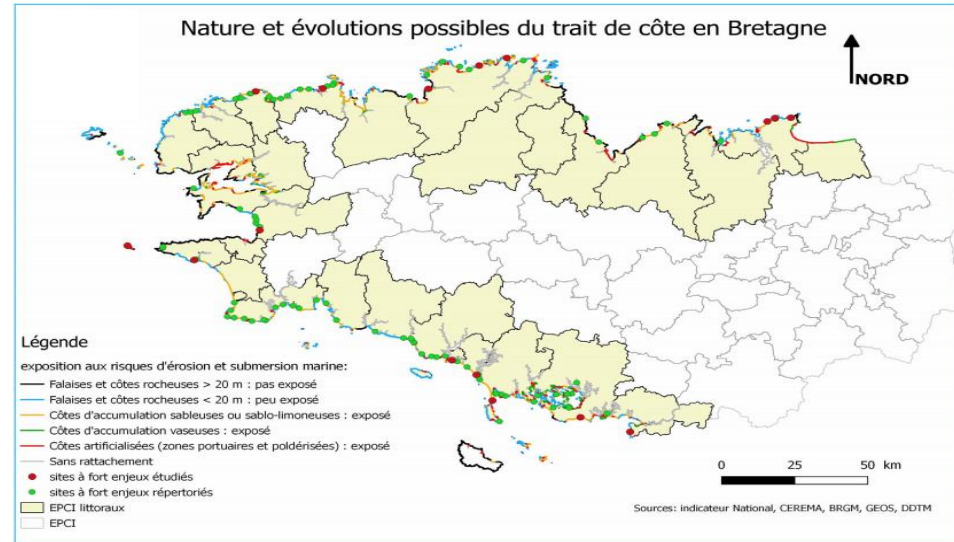


Elles représentent des enjeux importants en termes d'infrastructures (33 904 bâtiments et 2159 kilomètres de transport), de démographie (forte densité de population, augmentation de la population notamment les personnes âgées), d'urbanisation (haut niveau d'artificialisation et de constructions), d'activités socio-économiques (tourisme, pêche, transports, construction navale, secteurs industriels).

Elles sont particulièrement concernées par **l'aggravation des risques de submersion et de recul du trait de côte**, **l'amplification de l'impact des tempêtes** mais aussi **les risques de débordement des cours d'eau pouvant se cumuler**.

Ce risque concerne notamment les **fonds de baies, abers, et estuaires** bretons : ce sont souvent des **zones urbanisées**, car propices aux activités portuaires.

Les zones vulnérables **comprennent Saint-Malo et la baie du Mont Saint Michel, une importante partie du littoral morbihannais (golfe, rade de Lorient et ses abords notamment), la baie de Saint-Brieuc, de nombreux ports (Brest par exemple), îles et villes bretonnes**. En particulier, le **Sud Finistère et les communes de Morlaix, Quimper et Landerneau**, en fin d'estuaire, sont particulièrement exposées au risque double d'une submersion concomitante à une inondation de crue. La carte ci-dessous pointe les secteurs à enjeux les plus pertinents pour les démarches liées aux aléas érosion, submersion (DREAL Bretagne, 2017).



Une aggravation des facteurs d'exposition

L'attractivité actuelle du littoral conduit à une exposition accrue des personnes, habitations, infrastructures, réseaux (eaux, énergies, transports) à ces risques.



De forts enjeux sur le patrimoine naturel également



Les zones basses comptent 35 % des espaces naturels remarquables protégés des communes littorales (OEB, 2018).

CONSÉQUENCES LIÉES AUX RISQUES CÔTIERS

Des impacts croissants et conséquents sur le littoral et son aménagement

Les impacts déjà observés sur le territoire, pourraient s'aggraver avec :

✓ **Des dégâts matériels** affectant les bâtiments, infrastructures de transport, de communication et réseaux électriques;

✓ **Des dégâts, coupures ou perturbations** de fonctionnement plus ou moins durables des réseaux de distribution énergétique, d'eau potable et d'assainissement;

✓ **Des ruptures d'ouvrage ou de cordon dunaires** parfois irréversibles amplifiant de fait les effets constatés (cascade d'impacts).

✓ **Le coût de réparation et d'entretien des défenses côtières** est amené à augmenter et la valeur patrimoniale de nombreuses constructions s'en trouvera affectée (CEREMA, DREAL 2018).

Un secteur assurantiel sur le qui-vive

Pour le secteur des assurances, les plus fortes évolutions attendues des sinistres catastrophes des 30 prochaines années seront relatives à la **submersion marine (+60 %) et aux inondations par débordement et ruissellement (+20 %)** (CEREMA, DREAL 2018).

ZOOM SUR LES INFRASTRUCTURES PORTUAIRES

Des dégâts potentiellement importants aux ouvrages et infrastructures

L'élévation de la mer produira des effets notables pour la stabilité des ouvrages, pour l'exploitation portuaire et la protection des infrastructures (ONERC, 2012). 1 mètre d'élévation suffirait à rendre inutilisables les quais et inopérants les ouvrages de protection (digues, épis, brise-mer) (ONERC, 2015).

Des investissements nécessaires pour assurer leur maintien

- ✓ Les **ouvrages perméables** implantés en faible profondeur doivent être rehaussés de 2 m environ, et voir leur masse plus que doubler pour conserver les mêmes conditions de stabilité
- ✓ Les **ouvrages imperméables** doivent être rehaussés de 3 m environ. (ONERC, 2015)



Un voilier de 50 pieds victime de la tempête à Dinard. Source : (©Eric Onnée), Octobre 2018.

CONSÉQUENCES LIÉES AUX DÉBOREMENTS FLUVIAUX ET AU RUISSELLEMENT PLUVIAL

Un risque diffus amené à perdurer voire se renforcer

En Bretagne, le risque d'inondation est diffus avec 70 % des communes qui ont été concernées par au moins un arrêté de catastrophe naturelle (inondations et phénomènes associés) entre 1990 et 2010. En dépit des incertitudes, ce risque devrait perdurer voire être accentué dans certains cas (orages d'été par exemple) du fait de l'assèchement accru des sols.

Les territoires littoraux, en particulier Quimper et le littoral Sud Finistère –mais aussi le bassin de la Vilaine de Rennes à Redon– sont particulièrement vulnérables en raison de la forte concentration des enjeux (bâtiments, emplois, infrastructures).

Une préoccupation croissante sur la gestion du pluvial et de l'assainissement en milieu urbain



Les évolutions climatiques en cours devraient favoriser l'érosivité des pluies et le ruissellement en milieu urbain même si l'évolution des pluies de forte intensité est mal cernée. **La capacité des réseaux d'assainissement serait mise à mal et les rejets dans des milieux fragilisés augmenteraient. Cela augmenterait la pollution diffuse des cours d'eau (hydrocarbures et autres polluants).**



Le démembrement du bocage agricole, la présence de centres urbains dans des points bas et sur des talwegs, et l'artificialisation des sols dans la vallée (qui empêche le drainage de l'eau par les sols) sont des facteurs qui accentuent encore la vulnérabilité de la Bretagne aux inondations de crues et au ruissellement.

Des terres agricoles plus lessivables

L'augmentation attendue des sécheresses devrait favoriser le ruissellement et le lessivage des zones agricoles ainsi que la **pollution diffuse des cours d'eau** (nitrates et pesticides en zone agricole).



Des impacts économiques encore considérables

Les inondations par crue peuvent créer des dégâts et perturbations importantes sur les territoires. Les inondations de **l'hiver 2013-14 en Bretagne ont un coût estimé à 300 millions d'euros**, et ce malgré des lourds investissements des communes en barrages ou systèmes de clapets.

CONSÉQUENCES LIÉES AUX FEUX DE FORÊT

Des territoires forestiers et agricoles à risque accru

Le changement climatique pourrait **accroître de 30% d'ici à 2040** les zones sensibles du fait de l'augmentation des fortes chaleurs et sécheresses.

Le Finistère estime que la fréquence des feux de forêt s'est accrue de façon assez marquée ces quinze dernières années. Couplée à une augmentation de la croissance forestière, les impacts seraient donc considérables. **À cela s'ajoute une augmentation du risque sur les territoires agricoles**, en pleine période d'activité, à l'image de l'Ille-et-Vilaine placée en vigilance risque incendie en Août 2018.

Au-delà des pertes économiques considérables qu'ils peuvent entraîner sur les activités, les feux de forêt constituent aussi **une menace pour les infrastructures (transports, réseaux) mais aussi les habitations.**

CONSÉQUENCES LIÉES AUX MOUVEMENTS DE TERRAIN

Une vigilance à renforcer

En dépit d'un risque régional faible, certains territoires seront amenés à renforcer leur vigilance au regard du risque de mouvements de terrain et de son renforcement attendu (retrait-gonflement d'argile, coulées de boues).

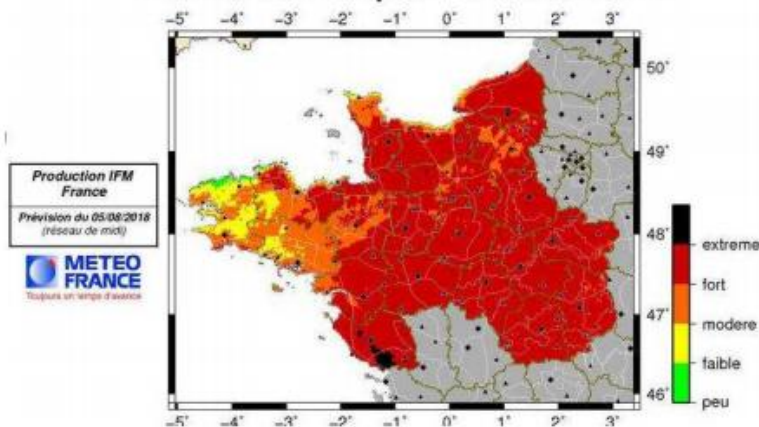
Retrait-gonflement des argiles : un désordre coûteux à anticiper

Ces phénomènes peuvent engendrer des désordres importants et coûteux. Ils touchent principalement les constructions légères (habitations individuelles) de plain-pied et celles aux fondations peu profondes ou non homogènes : fissuration des structures, distorsion de portes et fenêtres, dislocation des dallages et des cloisons, rupture de canalisations enterrées, décolllement des bâtiments annexes.

Coulées de boue: des impacts à considérer

Elles peuvent notamment engendrer des **perturbations importantes sur les infrastructures routières et ferroviaires.** Au-delà elles constituent une menace aussi pour la sécurité des biens et des personnes.

Indice de risque 06/08/2018



3. Conséquences du changement climatique sur les activités économiques

CONSÉQUENCES SUR LES CULTURES FOURRAGÈRES ET L'ÉLEVAGE

Des rendements maintenus mais une forte variabilité interannuelle

Les simulations du projet CLIMALAIT (Institut de l'Élevage, 2018) pour un site pilote d'Ile-et-Vilaine met en évidence les résultats suivants pour les prairies et systèmes fourragers :

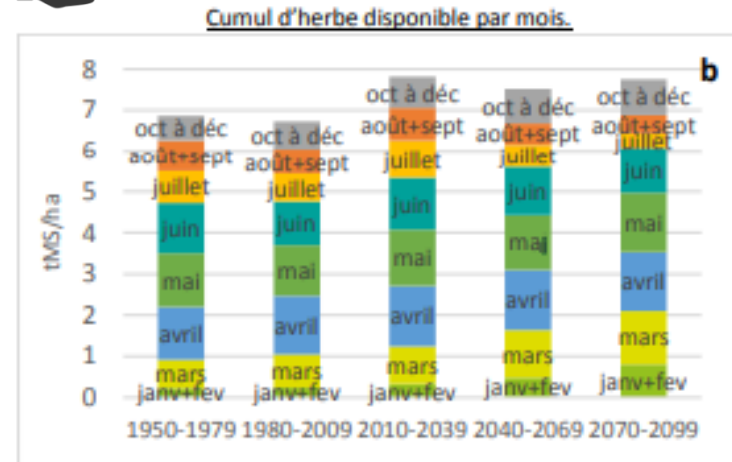
- ✓ **Pousse d'herbe** : une évolution de la répartition de l'herbe disponible au cours de l'année ; le démarrage en végétation est de plus en plus précoce tandis que **le creux de production en été s'accroît** et se prolonge en raison des sécheresses. Les conditions sont plus favorables au fétuque qu'au Ray-Grass, qui tend à diminuer (Brisson et al.2010).
- ✓ **Luzerne** : la productivité augmente quel que soit le nombre de coupes visées ou réalisées mais la **variabilité interannuelle** est toujours marquée ;
- ✓ **Maïs** : les rendements sont globalement à la hausse mais leur variabilité reste importante en fonction des précipitations. L'avancée des dates de floraison et récolte est nette.
- ✓ **La variabilité interannuelle des cultures fourragères tend à augmenter de façon plus ou moins marquée selon la qualité des sols**

De nouveau besoin en irrigation pour l'alimentation animale?

Les besoins en irrigation pourraient augmenter (Brisson et Levrault, 2010) notamment pour des cultures d'été comme le maïs.

Cette pratique devient déjà observable sur le territoire pour sécuriser l'alimentation animale.

Les vaches laitières dépendent des fourrages et céréales produites localement, mais sont aussi alimentées au soja importé (souvent américain ou brésilien). Le prix à l'import, sensible aux chocs climatiques, a donc un potentiel important pour perturber l'économie agricole. L'effet est encore plus marqué pour les porcs et volailles hors-sol.



Source : Institut de l'Élevage, Climalait, 2018.

Des élevages sensibles aux chaleurs et manque de fourrage

Le changement climatique pourra avoir des impacts sur les animaux d'élevage. En raison de la hausse des températures estivales, des questions liées au confort animal et à l'alimentation se posent (DREAL Bretagne, 2018) :

- ✓ Dans le cas des **vaches laitières**, la température de confort est comprise entre 5 et 25°C. Au-delà, la production et la qualité du lait sont diminuées.
- ✓ Pour l'**élevage hors-sol** confiné aux bâtiments, les canicules peuvent produire des épisodes de mortalité importante.
- ✓ La chaleur et l'affaiblissement des animaux peut favoriser la propagation de **maladies parasitaires**.
- ✓ **Le manque de fourrage** lors de période sèche pourrait aussi devenir problématique.



CONSÉQUENCES SUR LES AUTRES CULTURES VÉGÉTALES

Des rendements maintenus sous un réchauffement modéré

La contrainte principale sera la **dégradation du bilan hydrique, notamment l'épuisement de la réserve utile** pendant les mois d'été (plus prononcée à l'Est qu'à l'Ouest, sous l'effet des sols) (Lamy, 2014). L'augmentation du taux de CO₂ atmosphérique, lié à une meilleure efficacité hydrique chez certaines plantes, et le réchauffement des températures hivernales équilibrent cet effet et présagent un effet plutôt positif sur les rendements au début du siècle. Des évolutions variables se dessinent selon la culture considérée (projet CLIMATOR, 2010) :

- ↗ du rendement du **sorgho en sol profond et du blé non traité**
- le rendement du **blé en conventionnel reste stable**

Au-delà de 2070, dans le cas d'une diminution prononcée du déficit hydrique, tous les rendements tendront à **décliner**.

La variabilité interannuelle jouera sur les conditions de production : incertitudes sur les dates de levée, pluies violentes, gels printaniers brutaux, érosion des sols. Ces phénomènes peuvent avoir des impacts économiques importants et conditionner la productivité.


Moins de dégâts liés aux gels mais des pressions sanitaires

La réduction des phases de gel en automne, qui participent habituellement au contrôle des populations d'adventices et de maladies, combiné aux hivers plus doux, pourrait amener une **prolifération de ravageurs et d'adventices**. **L'augmentation des intrants serait défavorable aux milieux naturels, déjà affaiblis.**

Des sols plus sensibles à l'érosion et au lessivage

Les conséquences du changement climatique se traduiront également par une **sensibilité accrue des sols à l'érosion hydrique** et un décalage temporel de cette sensibilité de l'automne vers l'hiver, questionnant la capacité des systèmes agricoles à s'adapter. Les modélisations climatiques sur les sols indiquent une possible diminution de 10-15 % des stocks de matière organique des sols à l'horizon 2100 (DREAL, 2018). La sécheresse et l'érosion seraient probablement favorables à un plus grand lessivage avec la question des rejets que cela amène dans des milieux affaiblis.

Les évolutions des pratiques culturales qui impacteront les pressions sur les ressources

 Sur les exploitations existantes, les pratiques culturales devraient se modifier : avancée des semis et récoltes, pâturage et travaux d'automne plus tardifs, adaptation des techniques.

De nouvelles cultures (viticulture dans la Rance ou sur les îles par exemple, production légumière) devraient trouver aussi des conditions favorables.

Si les besoins en irrigation sont amenés à évoluer pour les cultures d'été notamment, ils sont aujourd'hui encore mal cernés.

L'évolution du modèle économique est un facteur déterminant de la vulnérabilité future du territoire pour les ressources.

CONSÉQUENCES SUR LA PRODUCTION SYLVICOLE

Une hausse de la productivité limitée sous un réchauffement modéré



La forêt bretonne couvre 14% du territoire et se caractérise par une grande diversité d'espèces (environ 60) avec une grande majorité de feuillus (chênes, châtaigniers et hêtres) puis de résineux. Elle voit son stock de bois croître chaque année car **la récolte annuelle est inférieure à l'accroissement naturel** (OBE, 2018). La production s'oriente principalement vers le bois-énergie.

Les travaux de recherche (CARBOFOR, 2010) indiquent de manière générale une hausse de la productivité forestière à un horizon 2050 **puis un déclin en raison de l'augmentation des épisodes de sécheresses, des pullulations de ravageurs et des risques accrus de feux de forêts.**



Le département du Morbihan est le plus boisé. Il fait actuellement partie des départements où l'on recense le plus de départs de feux (en moyenne environ 120 départs par an depuis 1976, soit le 9ème département français). Il est placé avec un risque de niveau 4 sur une échelle de 1 à 5 au niveau national (Préfecture du Morbihan, 2011).



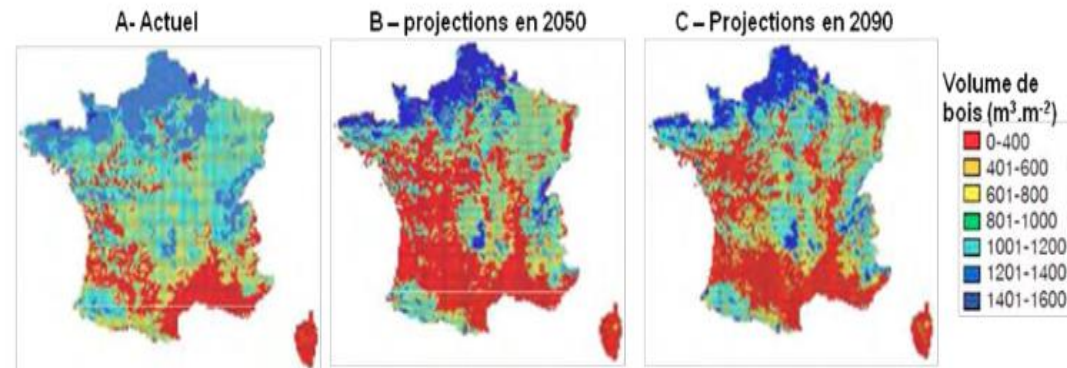
Un changement dans la composition forestière à anticiper

Les impacts seront aussi différenciés selon les peuplements. Le réchauffement favorisera **le déclin des espèces** en limite de répartition de leur aire et favorisera la remontée des espèces vers le Nord.

Ainsi, en Bretagne, certaines espèces seraient favorisées (**pin maritime, chêne vert**) tandis que **d'autres essences locales, comme le hêtre, pourraient décliner.**

A l'horizon 2100, l'aire de répartition du hêtre sera réduite aux régions montagneuses et dans les plaines du Nord de la France.

Évolution de la productivité du hêtre en France à différents horizons



Source : Carbofor, 2010.

CONSÉQUENCES SUR LA PÊCHE ET LA CONCHYLICULTURE



Altération et modification des peuplements halieutiques

L'évolution de la biomasse de zooplancton pourrait entraîner une modification de structuration de l'écosystème pélagique qui évoluerait vers un état alternatif moins exportateur de matière organique. **La baisse de la production primaire en Atlantique** pourrait avoir des conséquences sur la composition spécifique de la production halieutique. Dans le cas du **cabillaud**, le déséquilibre et le manque de matière organique cause le dépérissement des larves qui se répercute sur le stock adulte et l'activité de pêche.

Le changement climatique aura des impacts sur les ressources halieutiques en Bretagne, notamment s'agissant des **déplacements d'aires de distribution** et modifications des périodes de reproduction de certaines espèces de poissons et mollusques. La structure actuelle des réglementations concernant les droits de pêche (**quotas** distribués sur des aires géographiques restreintes, en fonction de l'antériorité des flottilles) implique que le déplacement d'aires de distribution des poissons aura un **impact économique certain**.

Une sensibilité du secteur aux risques côtiers

Les effets conjugués de la montée du niveau des mer et des tempêtes joueront un rôle sur les dégâts aux moyens de productions : pieux de bouchots, bateaux de pêche, etc.



La Bretagne est la **première région maritime** pour ses côtes mais aussi par l'importance des activités économiques liées à la mer : pêche (près de la moitié des apports en France) et la conchyliculture notamment. Elle compte 220 ports et génère près de 100 000 emplois liés au domaine maritime.



Dégradation possible des conditions écologiques en conchyliculture

Les activités pourront être impactées par la **dégradation du milieu aquatique sans doute plus fréquente** : hausse des températures et acidification des océans, altération de la qualité des eaux douces continentales, élévation du niveau de la mer et submersions. Cette **dégradation** fait craindre **des interdictions de commercialisation plus fréquentes**.



Des marchés naissants potentiellement mis à mal?

Avec plus de 600 variétés d'algues, la Bretagne se positionne aujourd'hui sur le marché des algues. Le changement climatique jouera très certainement sur ce milieu **mais les impacts pour cette industrie ne sont pas cernés**.

CONSÉQUENCES SUR L'INDUSTRIE

Des impacts sur les flux commerciaux



Dans le cas de dommages subis par les infrastructures portuaires, l'ensemble des secteurs dépendants de l'activité portuaire pour de l'import/export subiront des pertes économiques. La **rupture d'approvisionnement en alimentation animale**, notamment, ferait souffrir le secteur de l'élevage.

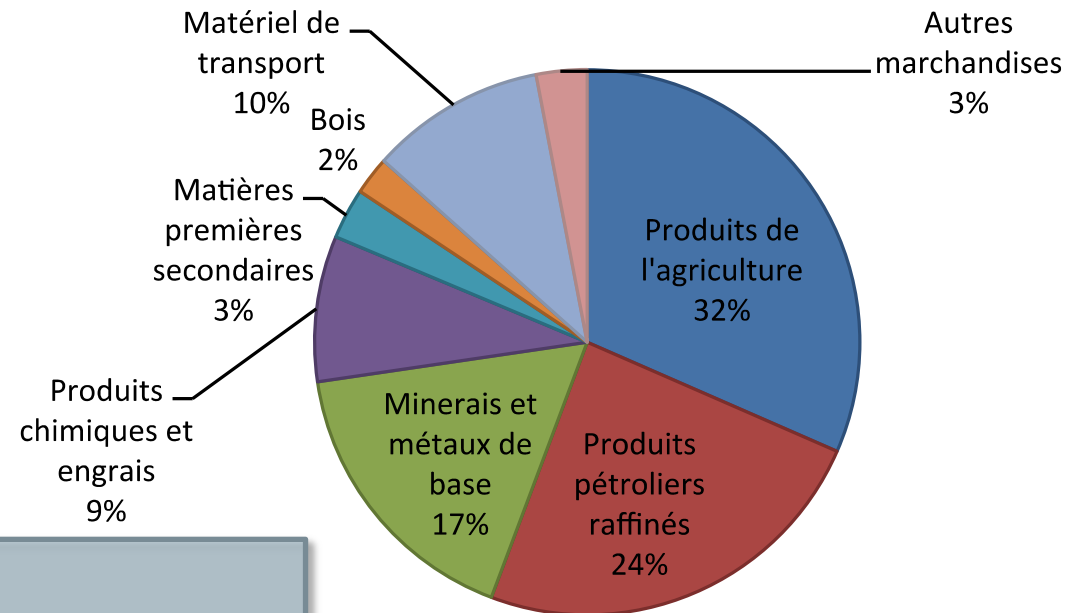


Connaissances manquantes

Peu d'études chiffrant l'impact de l'élévation du niveau des mers sur l'activité portuaire; pourtant, les flux commerciaux passant par les ports sont structurants et leur réhabilitation ou leur réparation si aucune action préventive n'est mise en place, pourrait engendrer des coûts importants.

D'autre part, les hypothèses d'élévation du niveau de la mer, qui varient entre +0.4 et +1m en 2100, ne permettent pas d'évaluer définitivement les impacts sur les infrastructures. Une élévation de niveau de 30cm, par exemple, n'aurait pas d'effets significatifs; mais 1m d'élévation nécessiterait de revoir en profondeur les installations existantes. (MEDCIE, 2013)

Marchandises échangées dans les ports Bretons en 2017 (tonnage)



Source : Région Bretagne.

Une industrie agroalimentaire aussi impactée

La moindre disponibilité et variabilité des ressources devrait accroître les contraintes et pressions sur l'industrie agroalimentaire, comme la question des rejets dans les milieux par exemple.

CONSÉQUENCES SUR LE TOURISME

Un renforcement de l'attractivité touristique



Le réchauffement en toutes saisons devrait contribuer à augmenter l'attractivité touristique :

- ✓ un **allongement de la période favorable au tourisme notamment aux intersaisons**
- ✓ une **hausse de la fréquentation touristique**, marquée en période estivale.

Des ressources et paysages, supports d'activité, largement altérés



Le changement climatique devrait induire des **modifications sur les ressources naturelles, support des activités et altérer les paysages** :

- ✓ **Le littoral** : érosion du trait de côte et **disparition de falaises, de plages, de dunes et d'espaces naturels remarquables**, baisse de la qualité des eaux de baignade, diminution de la biodiversité (ex des herbiers)
- ✓ **Les zones humides et cours d'eau** : modifications et disparition des peuplements, assèchements et baisse des niveaux, etc.
- ✓ **Les paysages agricoles et forestiers** : sécheresse et feux de forêt, mutations (maillage bocager, etc.)

Une hausse généralisée des besoins en rafraîchissement accentuant les pressions sur les ressources



La pression sur la ressource en eau devrait s'accroître en période estivale : hausse de la fréquentation touristique, développement des activités aquatiques (piscines par exemple). **Cela fait craindre de futures tensions et conflits d'usage.**

A cela s'ajoute des **besoins énergétiques liés au rafraîchissement des infrastructures touristiques** dans un contexte de tension estivale.

Le tourisme littoral concentre les impacts liés aux évolutions climatiques



- ✓ **Hausse attendue de fréquentation**
- ✓ **Raréfaction et altération des ressources** côtières (aquifères, eau de baignade, grands sites classés etc.)
- ✓ Gestion des problématiques urbaines (assainissement, ruissellement par exemple)
- ✓ Impacts sur les structures (hôtels, campings etc.) et réseaux, sur les activités (plaisance par exemple) **des risques côtiers.**

PARTIE III/ VISION PRIORITAIRE DES ENJEUX POUR L'ADAPTATION

Une vision territorialisée des enjeux prioritaires

TERRITOIRES URBAINS



Îlots de chaleur et épisodes de pollution atmosphérique



Risques d'inondations et débordement des réseaux de drainage



Risques sanitaires pour les personnes fragiles



TERRITOIRES LITTORAUX



Menaces d'érosion et/ou de submersion



Risques d'inondations et de dégradations des infrastructures



Acidification des océans et modification des habitats naturels



Pression accrue sur les activités de pêche et aquacoles



Des opportunités régionales à saisir (amélioration du confort thermique et de l'attractivité touristique, croissance forestière, nouvelles cultures) **mais qui sont conditionnées à un aménagement anticipé, maîtrisé et des pressions sur les ressources contrôlées.**

TERRITOIRES INTÉRIEURS



Intensification des périodes de sécheresse



Risques de conflits d'usage sur la ressource en eau



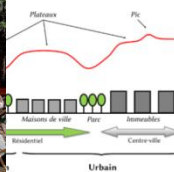
Bouleversement des écosystèmes et migration des espèces



Pression accrue sur les activités agricoles et forestières

Source : Observatoire Breton Environnement, 2018.

Les territoires urbains face à la chaleur et aux évolutions des risques d'inondation/submersion



✓ Impacts humains et psychologiques des submersion

✓ **Dégâts matériels** (bâtiments, infrastructures de transport, de communication, réseaux)



✓ **Perturbations des réseaux de distribution** (électricité, captage eau potable-en lien aussi **avec intrusion saline**) et débordements des réseaux d'assainissement (question des rejets)

✓ **Ruptures d'ouvrages ou de cordons dunaires** et coût de réparation des défenses côtières



✓ Une amélioration globale **du confort thermique et de l'attractivité**

✓ Une **surchauffe urbaine** probable en période estivale

✓ Une hausse généralisée des **besoins en rafraîchissement (habitat, transports, parcs)**

✓ Une **gestion des réseaux et infrastructures** plus délicate à soutenir en période de forte chaleur



✓ **1 mètre d'élévation suffirait à rendre inutilisables les quais et inopérants les ouvrages de protection** (digues, épis, brise-mer)

✓ Sinistres futures attendues par les assurances **(+60% pour les submersions, + 20% pour les inondations dans les 30 prochaines années)**



✓ **Vulnérabilité accrue des personnes sensibles aux chaleurs en période estivale** (morbidity et mortalité)

✓ Augmentation des maladies en lien avec la qualité de l'air (effet synergique avec la chaleur)

✓ Infrastructures de santé vulnérables aux risques climatiques

✓ **Accroissement généralisé des besoins en rafraîchissement**



Les zones basses (33 904 bâtiments et 2159 kilomètres de transport), **3 territoires à risque très important**

- ✓ Quimper/littoral Sud Finistère
- ✓ Vilaine de Rennes à Redon (fluvial et ruissellement)
- ✓ Saint-Malo, Baie du Mont Saint-Michel

Les villes, en particulier Rennes.

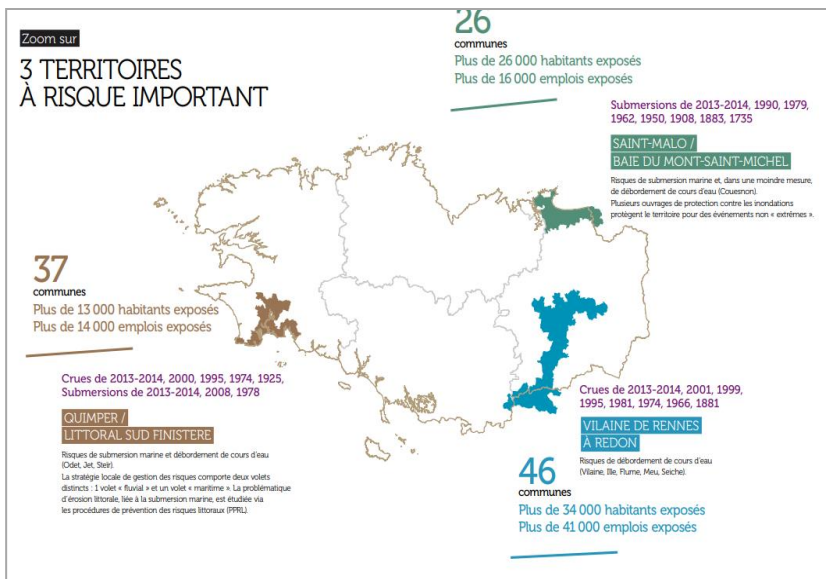


Les facteurs d'accroissement de la vulnérabilité

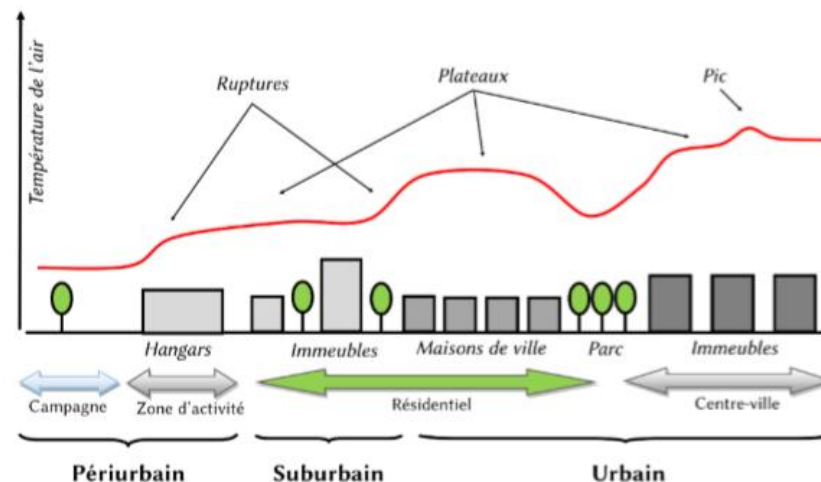
- ✓ Accroissement de l'artificialisation
- ✓ Augmentation du résidentiel (personnes âgées) et tourisme

Les territoires urbains et littoraux face à la chaleur et aux évolutions du trait de côte, des inondations/submersions

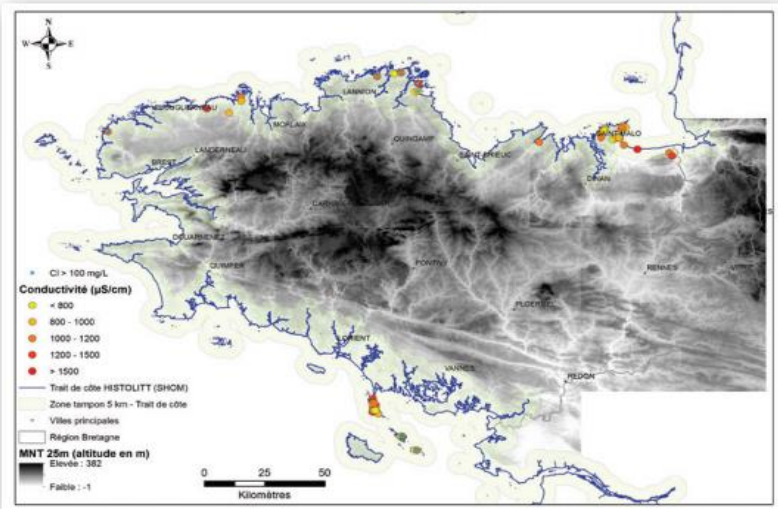
Le dire en 3 images



Profil thermique observé à Rennes selon une typologie de quartiers



Source : Foissard, 2015 (adapté de Oke T.R., 1987).



Cas d'intrusions salines déjà recensés sur le littoral en Bretagne (gamme de chlorures et de conductivité)

http://sigesbre.brgm.fr/IMG/pdf/pan_carrefour_eau_intrusion_saline-2017_hd.pdf

Les territoires intérieurs face aux sécheresses et mutations des ressources naturelles



✓ **Cultures fourragères et céréalières** : Des rendus maintenus grâce à l'allongement des saisons (baisse du gel/réchauffement) mais une plus grande variabilité interannuelle du fait du déficit hydrique estival.

✓ **Des élevages impactés par la chaleur et potentiellement par le manque de fourrage** (en local ou produit à l'international)

✓ Des modifications de pratique de gestion attendues. Une **augmentation de l'irrigation** ne peut être exclue : cultures légumières (ex: observée dans Morbihan) notamment mais aussi maïs pour le fourrage

✓ **Une vulnérabilité croissante de l'industrie agroalimentaire** sur la question des prélèvements et rejets

✓ **Une productivité forestière** en hausse mais des adaptations à prévoir (déclin du hêtre, essence de pin et chêne vert plus favorable)

✓ **Une pression accrue sur les systèmes agricoles et forestiers** : ravageurs et parasites, érosion des sols, manque d'eau, feux de forêt (Morbihan point d'attention)

✓ **Des nouvelles opportunités** : l'exemple du vignoble et des expérimentations insulaires

✓ **Les trajectoires d'adaptation du modèle économique agricole devraient conditionner en partie les pressions futures sur les ressources**



✓ **La question des conflits d'usage et de la solidarité territoriale** en lien avec hausse potentielle des prélèvements en période estivale tous secteur confondus (agriculture, industrie agroalimentaire) alors que baisse attendue des débits d'étiages.

✓ **Incertitude sur les potentialités des ressources souterraines, les dynamiques de remplissage, et leur qualité.**

✓ **Baisse de la qualité des écosystèmes** et impact sur les activités (littorales notamment)

✓ **Baisse de la qualité des cours d'eau** en période estivales avec proliférations très probables des cyanobactéries



✓ **Mutations des paysages agricoles (bocages par exemple) et forestiers**

✓ Evolution voire altération de la biodiversité terrestre et aquatique mais de fortes incertitudes : **les questions des continuités écologiques seront déterminantes**

✓ **La question des invasives concernent tous les écosystèmes**



✓ La question des 1800 plans d'eau en Ile-Et-Vilaine sur cours d'eau

✓ La littoralisation et métropolisation

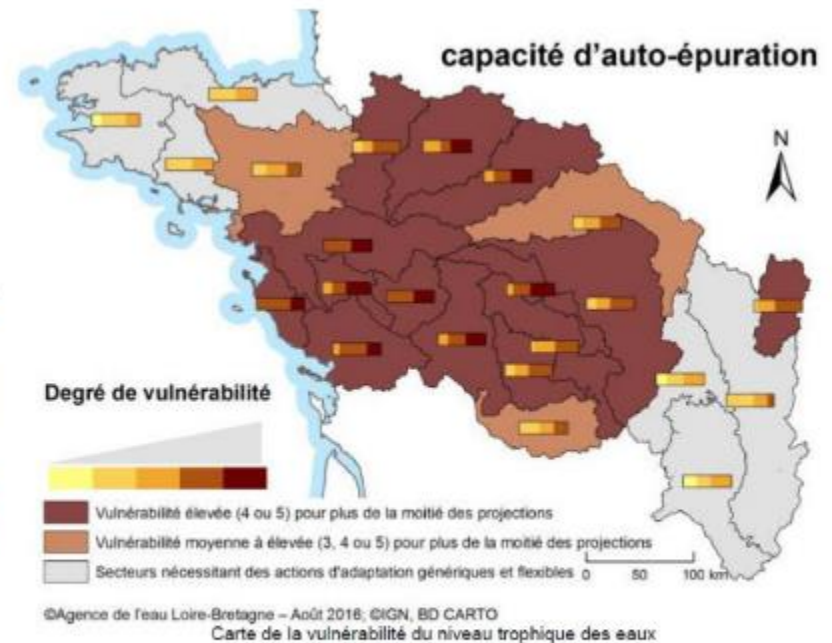
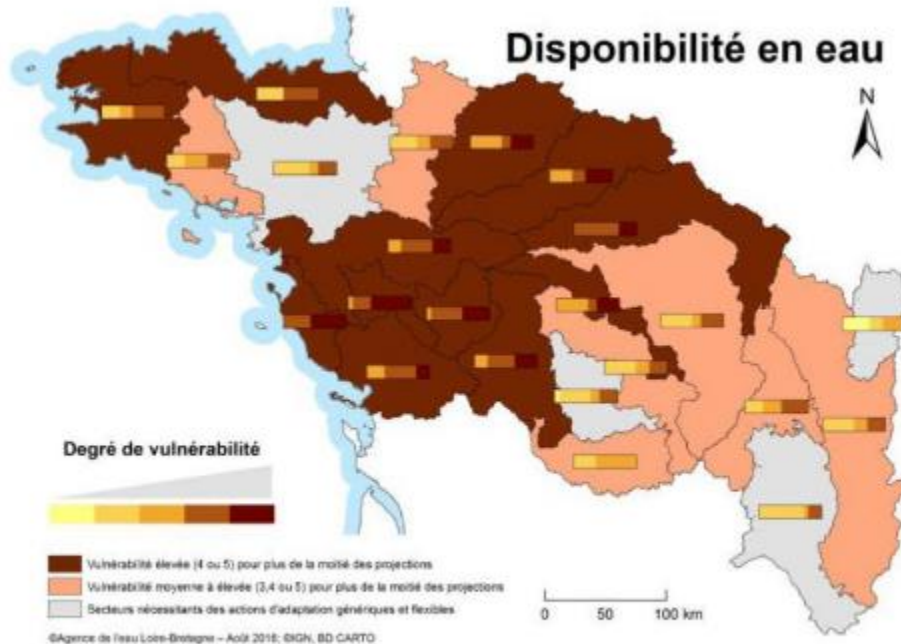
✓ Le démembrement

✓ Accroissement démographique



Les territoires intérieurs face aux sécheresses et mutations des ressources naturelles

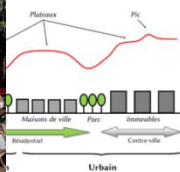
Le dire en deux images



Source : Etude de vulnérabilité au changement climatique sur le bassin Loire-Bretagne (février 2017)

D'après cette étude de vulnérabilité : « L'augmentation des températures conjuguées à la stagnation des précipitations conduira à une diminution de la disponibilité de la ressource en eau. Le niveau moyen des cours d'eau et les débits pourraient être affectés : la Loire pourrait notamment voir baisser son débit de 20% à 50% d'ici 2100 (par rapport à la période 1971-2000). Les projections qui ne tiennent pas compte de l'évolution de la population touristique et de l'augmentation des prélèvements du secteur agricole, indiquent une réduction de 30% à 60% de la ressource en eau. L'élévation de la température et la baisse des débits réduira la capacité d'auto épuration des cours d'eau et donc la qualité des eaux superficielles. »

Les territoires littoraux face aux mutations des ressources naturelles



- ✓ Nouvelle attractivité créant des pressions sur les ressources
- ✓ Question des ressources (perte d'espaces naturels) en mer et sur le littoral
- ✓ Modification des ressources halieutiques : réduction et transformation des stocks, ayant des impacts sur l'activité maritime
- ✓ Dégradation probable des conditions de conchyliculture
- ✓ Réduction attendue de la pêche récréative et risques sanitaires accrus
- ✓ Méconnaissance des impacts des CC sur les cultures d'algues



- ✓ **Salinisation des aquifères côtiers et impacts sur milieu et activités**
- ✓ **Question de la mer : activités en lien avec la mer**
- ✓ La question des **îles**, de leur exposition et vulnérabilité croissante aux risques littoraux, de la sécurité de leur approvisionnement, de leur pérennité...



- ✓ Des impacts importants mais mal cernés sur les pratiques d'acquisition, de conservation et de gestion : Conserver à tout prix ce qui va disparaître ?
- ✓ Patrimoine archéologique....
- ✓ **Patrimoine naturel** : Les zones basses comptent 35% des espaces naturels remarquables protégés des communes littorales
- ✓ Modification paysagère et incidence touristique ; quid de la gestion à long terme des sentiers côtiers
- ✓ Montée du niveau de la mer et gestion des espaces protégés : Intérêt patrimonial fort sur les îles et îlots (avifaune mais pas que)



- ✓ **Pointe armoricaine** : L'environnement marin attendant le massif armoricain en tant que zone de transition biogéographique entre l'Atlantique Nord et la Mer Celtique

Les territoires intérieurs face aux sécheresses et mutations des ressources naturelles

Le dire en 2 graphiques

Emblème de la LPO, le **MACAREUX MOINE** est en « danger critique » en France (150 couples en Bretagne). Une nouvelle menace liée au réchauffement des eaux de l'Atlantique pourrait le fragiliser encore un peu plus : la remontée vers le nord des poissons dont il se nourrit. Pourra-t-il s'adapter ou disparaîtra-t-il ?



Source : LPO.



Polder de la baie de Lancierx

© Didier Chazal CCCE

Source : Conservatoire du Littoral
http://www.conservatoire-du-littoral.fr/publications_liste/90/10-publication.htm

PARTIE IV/ POSITIONNEMENT STRATEGIQUE D'ADAPTATION BREIZH'HIN

Ce positionnement et sa déclinaison opérationnelle (actions) est soumis à concertation (Lot3).

4 principes directeurs de la stratégie d'adaptation

1/ les grands dossiers prioritaires face au changement climatique

- ✓ Les enjeux liés à l'évolution des aléas sous perspective de changement climatique (submersion/recul du trait de côte, inondations fluviales et ruissellement, etc.) **et leurs impacts sur l'aménagement**
- ✓ **La gestion plus délicate des ressources naturelles** : l'eau, les sols mais aussi la biodiversité et l'énergie
- ✓ Les impacts et mutations attendues pour **les secteurs économiques : agriculture, pêche, tourisme, industrie.**
- ✓ **Les risques sanitaires** pour la population bretonne

3/le SRADDET comme cadre de déploiement de la politique régionale

- ✓ L'adaptation au service du déploiement du SRADDET
- ✓ L'adaptation au côté de l'atténuation dans la mise en œuvre de la politique climat-air-énergie
- ✓ L'adaptation comme levier de la politique d'aménagement et d'urbanisme
- ✓ L'adaptation au cœur de la gestion écologique du territoire
- ✓ L'adaptation au cœur des transformations socio-économiques
- ✓ L'adaptation, un levier intégré et transversal

2/ les spécificités territoriales de la Bretagne

- ✓ **Le lien terre-mer**
- ✓ Les territoires urbains
- ✓ Les territoires littoraux
- ✓ Les territoires ruraux

4/des actions robustes contribuant aux objectifs des politiques d'adaptation, de la Breizh'Cop et des autres politiques environnementales

- ✓ Des actions d'adaptation **sans regret, réversibles/flexibles**
- ✓ Des actions favorisant **les synergies** avec l'atténuation
- ✓ Des **actions basées sur la nature** et concourant aux autres politiques environnementales
- ✓ Des **actions douces** favorisant le **renforcement des capacités et l'acculturation** de long-terme

POSITIONNEMENT DE BREIZH'HIN EN 6 AXES

1

Organiser la connaissance et le suivi, soutenir la recherche et l'innovation

2

Renforcer la gouvernance, la cohésion territoriale et les capacités des acteurs du territoire

3

Soutenir l'éducation et la sensibilisation à l'adaptation

4

Adapter les politiques d'aménagement du territoire et de prévention et gestion des risques pour un territoire résilient

5

Gérer les ressources naturelles dans une perspective de changement climatique et garantir leurs services

6

Accompagner les secteurs économiques dans la transformation et l'adaptation

/ BIBLIOGRAPHIE

Partie I / Evolutions climatiques et aléas

Climat et projections climatiques

- ADEME, 2015, Impact'Climat, Diagnostic de l'impact du changement climatique sur un territoire : outil et guide méthodologique.
- Bretagne Environnement, 2015. Le changement climatique en Bretagne.
- DREAL Bretagne, CEREMA, sept 2018. Plans locaux d'urbanisme Des arguments pour agir en faveur du climat, de l'air et de l'énergie.
- Météo-France, 2012. le changement climatique en Bretagne, étude réalisée pour le Conseil Régional de Bretagne.
- Ouzeau, G., M. Déqué, M. Jouini, S. Planton, R. Vautard, et M.Vrac, 2014 : Scénarios régionalisés. Le climat de la France au XXIe siècle, Volume 4. Rapport de la mission Jean Jouzel, février 2012, Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie.
- Planton, S., Le Cozannet G., Cazenave A., Costa S., Douez O., Gaufres P., Hissel F., Idier D., Laborie V., Petit V., Sergent P. Sous la direction de Jean Jouzel, CEA - LSCE/IPSL Changement climatique et niveau de la mer : de la planète aux côtes françaises . Le climat de la France au XXIe siècle Volume 5. Rapport de la mission Jouzel, mars 2015. Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie.
- Site Météo-France CLIMAT HD : www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd
- Portail DRIAS de Météo-France: www.drias-climat.fr
- Site Météo-France dédié aux tempêtes : tempetes.meteo.fr
- Système d'Observation du Niveau des Eaux Littorales (SONEL) www.sonel.org

Aléas climatiques et naturels

- Conseil Général du Finistère, 2014. 2ème plan climat-énergie territorial du Conseil général du Finistère 2014-2018 (partie 3/5), Etat des lieux des vulnérabilités du Finistère vis à vis du changement climatique.
- CRESEB, Juin 2015. Inondation en Bretagne et culture du risque, lettre d'information.
- DREAL Bretagne, 2017. Approche prospective pour une gestion durable du trait de côté en Bretagne. Guide méthodologique.
- Université de Bretagne Occidentale, 2015. La gestion des risques côtiers d'érosion/submersion : approche intégrée et perspectives dans la Zone Atelier Brest-Iroise.
- Bretagne Environnement : www.bretagne-environnement.org/Media/Atlas/Cartes/Les-zones-basses-en-Bretagne
- www.georisques.gouv.fr/cartes-interactives#/
- DREAL Bretagne : www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr/atlas-des-aleas-littoraux-erosion-et-submersion-a3312.html
- Geo Bretagne: <http://geobretagne.fr/mapfishapp/>
- Georisques : <http://georisques.gouv.fr>
- <http://arz.fr/index.php/2016/01/10/lile-darz-coupee-en-quatre-ilots-de-la-science-fiction/>

PARTIE II / Conséquences

Eau

- DREAL Bretagne, CEREMA, « Plans locaux d'urbanisme Des arguments pour agir en faveur du climat, de l'air et de l'énergie », sept.2018, 19p. <http://www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/risques.pdf>
- Agence de l'eau Loire Bretagne, Conseil Régional de Bretagne, BRGM(2017), <https://www.brgm.fr/publication-presse/salinisation-aquiferes-deux-etudes-phares-grand-ouest>
- <http://www.bretagne-environnement.org/Media/Documentation/Bibliographies/L-environnement-en-Bretagne-Cartes-et-chiffres-cles-2018>
- *L'environnement en Bretagne – cartes et chiffres clés – édition 2014*
- *L'eau en Bretagne – bilan annuel 2014 – DREAL Bretagne*
- Carte : <http://www.bretagne-environnement.org/Media/Atlas/Cartes/Etat-ecologique-des-masses-d-eau-de-surface-bretonnes>

Santé

- CIRE Bretagne, Santé Publique France, 2015, Surveillance épidémiologique en Bretagne, **Système alerte canicule et santé (Sacs)**, Bilan régional de l'été 2015
- CIRE Bretagne, Santé Publique France, 2017, « Bilan **de la surveillance sanitaire des épisodes de canicule et de fortes chaleurs de l'été 2017** », **Point épidémi Bilan Canicule et Santé 2017, Bretagne, 5p.**
- Météo France, 2004, « Bilan météorologique de la Canicule 2003 », Dossier de Presse 17 février 2004
- Infographie : <https://www.francebleu.fr/infos/climat-environnement/infographie-canicule-les-seuils-pour-que-la-vigilance-orange-soit-activee-departement-region-pres-de-1532422818>
- Tableau relatif aux allergies : selon la fédération des Associations de surveillance de la qualité de l'air (Atmo France), le Réseau national de surveillance aérobiologique (RNSA) et l'Association des pollinariums sentinelles de France (APSF).



PARTIE II / Conséquences

Milieux biophysiques

- Baptist, F., Poulet, N., et Séon-Massin, N., 2014, Les poissons d'eau douce à l'heure du changement climatique: état des lieux et pistes pour l'adaptation, Onema, 129p.
- Massu, N., et Landmann, G., 2011, Connaissance des impacts du changement climatique sur la biodiversité en France métropolitaine – synthèse de la bibliographie, MEDDTL, 179 p.
- Merot, P., Dubreuil, V., Delahaye, D., et Desnos, P., 2012, Le climat change dans l'Ouest, Evaluation, Impacts, Perceptions, Presses universitaires de Rennes, 458p.
- Lamy, C., 2013, Impact du changement climatique sur la fréquence et l'intensité des sécheresses en Bretagne, thèse de doctorat, Université Rennes 2, 287p.
- Lucas, R., Savelli, E., Baraer, F., Pouvreau, N., 2015, Le changement climatique en Bretagne, Dossier n°8, GIP Bretagne Environnement, 13p.
- Pinay, G., et al., 2018, L'eutrophisation. Manifestations, causes, conséquences et prédictibilité, éditions Quæ, 176p.
- Soubeyroux, J. M., Vidal, J. P., Najac, J., et Kitova, N., 2011, Projet ClimSec Impact du changement climatique en France sur la sécheresse et l'eau du sol, Rapport final du projet, Direction de la climatologie de Météo France, 72p.

Energie

- CEA (2017) L'impact du climat sur le secteur de l'énergie <http://www.cea.fr/comprendre/Pages/energies/essentiel-sur-impact-climat-sur-l-energie.aspx>
- OEB (2018), CHIFFRES CLÉS 2015 - 2016 DE L'ÉNERGIE EN BRETAGNE <https://bretagne-environnement.fr/chiffres-cles-energie-bretagne-editions-2017>
- Observatoire de l'Environnement en Bretagne, 2018. L'environnement en Bretagne: Cartes et chiffres clefs en 2018. Rennes.



PARTIE II / Conséquences

Aménagement du territoire

- DREAL Bretagne, CEREMA, sept 2018. Plans locaux d'urbanisme Des arguments pour agir en faveur du climat, de l'air et de l'énergie.
- Foissard, X., 2015. L'îlot de chaleur urbain et le changement climatique : application à l'agglomération rennaise. Géographie. Université Rennes 2., 248p.
- GIP Bretagne Environnement, 2016. Les Inondations en Bretagne. Dossier n° 11, édité par le GIP Environnement, Rennes.
- Météo-France, 2012. Le changement climatique en Bretagne. Etude réalisée par Météo-France pour le Conseil Régional de Bretagne.
- Observatoire de l'Environnement en Bretagne, 2018. L'environnement en Bretagne: Cartes et chiffres clefs en 2018. Rennes.
- ONERC, 2015. Le littoral dans le contexte du changement climatique, Rapport de l'Onerc au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris, 2015.

Ressources web :

- CESER Atlantique, 2015. Submersion Marine et érosion côtière : Connaître, prévenir, et gérer les risques naturels littoraux sur la façade Atlantique. Récupéré sur [https://www.bretagne.bzh/upload/docs/application/pdf/2015-09/ceser_de_latlantique_rapport_risques_littoraux_2015-09-23_11-46-7_940.pdf] en Avril 2019.
- (Projet de) Plan d'adaptation au changement climatique du bassin Loire-Bretagne. Récupéré en ligne sur [https://sdage-sage.eau-loire-bretagne.fr/files/live/sites/sdage-sage/files/information%20-%20communication/Publications/Projet_plan_CC_version_CB_20170323.pdf]
- DREAL Bretagne, 2018. Risque de mouvements de terrain en Bretagne. Récupéré sur la page: [<http://www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr/le-risque-mouvement-de-terrain-en-bretagne-a2529.html>] en Avril 2019
- DREAL Bretagne, 2017. Approche prospective pour une gestion durable du trait de côte-Guide méthodologique. Récupéré en ligne sur : [http://www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/guide_methodologique.pdf]
- <http://www.georisques.gouv.fr/articles/le-risque-mouvements-de-terrain>
- Exemple de Dol de Bretagne https://urbanisme-bati-biodiversite.fr/IMG/pdf/cerema_vovan_doldebretagne_presentationu2b.pdf
- <https://www.cerema.fr/system/files/documents/2018/11/risques.pdf>
- https://www.bretagne.bzh/upload/docs/application/pdf/2018-02/mission_5_bp_2018.pdf

PARTIE II / Conséquences

Développement Économique

- Brisson et Levraut, 2010. Livre vert du projet CLIMATOR. Edité par l'ADEME, 336p.
- Chatry et al, 2010. Changement climatique et extension des zones sensibles aux feux de forêts, Rapport de la mission interministérielle.
- DRAAF Bretagne, 2016. Tableaux de l'agriculture Bretonne. Agreste Bretagne, Rennes.
- GIP Bretagne Environnement, 2016. Les Inondations en Bretagne. Dossier n° 11, édité par le GIP Environnement, Rennes.
- Lamy, C., 2013, Impact du changement climatique sur la fréquence et l'intensité des sécheresses en Bretagne, thèse de doctorat, Université Rennes 2, 287p.
- Lousteau, 2004. Rapport final du projet CARBOFOR. Publication INRA, 138p.
- MEDCIE Grand-ouest, 2013. Stratégie d'adaptation au changement climatique dans le Grand Ouest. Rapport phase 1, parties 2, 3, et 4.
- Mérot, P., Dubreuil, V., Delahaye, D., et Desnos, P., 2012, Le climat change dans l'Ouest, Evaluation, Impacts, Perceptions, Presses universitaires de Rennes, 458p.
- Moreau et Madrid, 2018. Résultats du projet CLIMALAIT pour le Sud de l'Ille-et-Vilaine. Publication par l'IDELE du projet CLIMALAIT initié par le CNIEL, 17p.
- Roussel et al, 2012. Quelles sont les connaissances actuelles sur le changement climatique de l'échelle globale aux échelles régionales ? Rapport d'étude pour le Conseil Scientifique de l'Environnement en Bretagne.

Ressources web :

- (Projet de) Plan d'adaptation au changement climatique du bassin Loire-Bretagne. Récupéré en ligne sur [https://sdage-sage.eau-loire-bretagne.fr/files/live/sites/sdage-sage/files/information%20-%20communication/Publications/Projet_plan_CC_version_CB_20170323.pdf]
- RERZH, 2016. Mise en place d'un drainage régulé sur prairie humide. Fiche récupérée sur [http://www.genieecologique.fr/sites/default/files/documents/rex/ph_boullach_plouzevede_suppressiond.pdf]