

BULLETIN 2023

**LE CHANGEMENT
CLIMATIQUE
EN BRETAGNE**

DOSSIER

**2022, une année
annonciatrice
du climat futur ?**

Sommaire

1# Le Haut Conseil Breton pour le Climat, une expertise au service de notre Région	p.04
---	-------------

2# Concrétiser les objectifs internationaux à l'échelle Bretonne	p.06
➤ L'urgence de l'atténuation et l'insuffisance des engagements actuels des États	
➤ Les enjeux de l'adaptation et la nécessaire solidarité entre États riches et pauvres	
➤ Progresser sur la voie de la transition socio-écologique	
➤ Chronologie des diagnostics scientifiques et des décisions politiques sur les changements climatiques	

DOSSIER

2022, une année record ?	p.10
➤ 2022, l'année la plus chaude jamais enregistrée en Bretagne...	
➤ ... Mais qui, avec le changement climatique, sera une année " <i>banale</i> " dans le futur...	
➤ Climat océanique et vagues de chaleur	

2022, sécheresse / Crise et tension sur la ressource en eau	p.13
➤ Sécheresse et cycle de l'eau : quelques concepts pour comprendre...	
➤ Un été sec qui vient de loin	
➤ Alerte sur l'eau potable	
➤ L'été 2022 : l'association sécheresse – chaleur extrême	
➤ Une sécheresse comparable à 2022 plus fréquente dans le futur ?	

Chaleur et sécheresse : impacts sur la faune et la flore	p.17
➤ Des plantes rares menacées par les incendies	
➤ Un été chaud pour les organismes marins et terrestres	
➤ Les effets complexes du changement climatique sur les insectes	
➤ Perturbation des chaînes alimentaires et des périodes de pollinisation	

Agriculture / 2022 : bilan et impact du climat	p.20
➤ Un impact sévère mais variable selon les filières	
➤ Des opportunités nouvelles en émergence ?	
➤ Un millésime 2022 prometteur ?	
➤ Favoriser la lutte contre les ravageurs des cultures grâce aux fleurs	

Santé, habitat et chaleur estivale : constats et actions à mener	p.22
➤ Nuits tropicales et îlots de chaleur à Rennes	
➤ Les impacts multiples et délétères de la chaleur sur la santé	
➤ S'adapter ET atténuer le réchauffement climatique à travers nos choix constructifs	

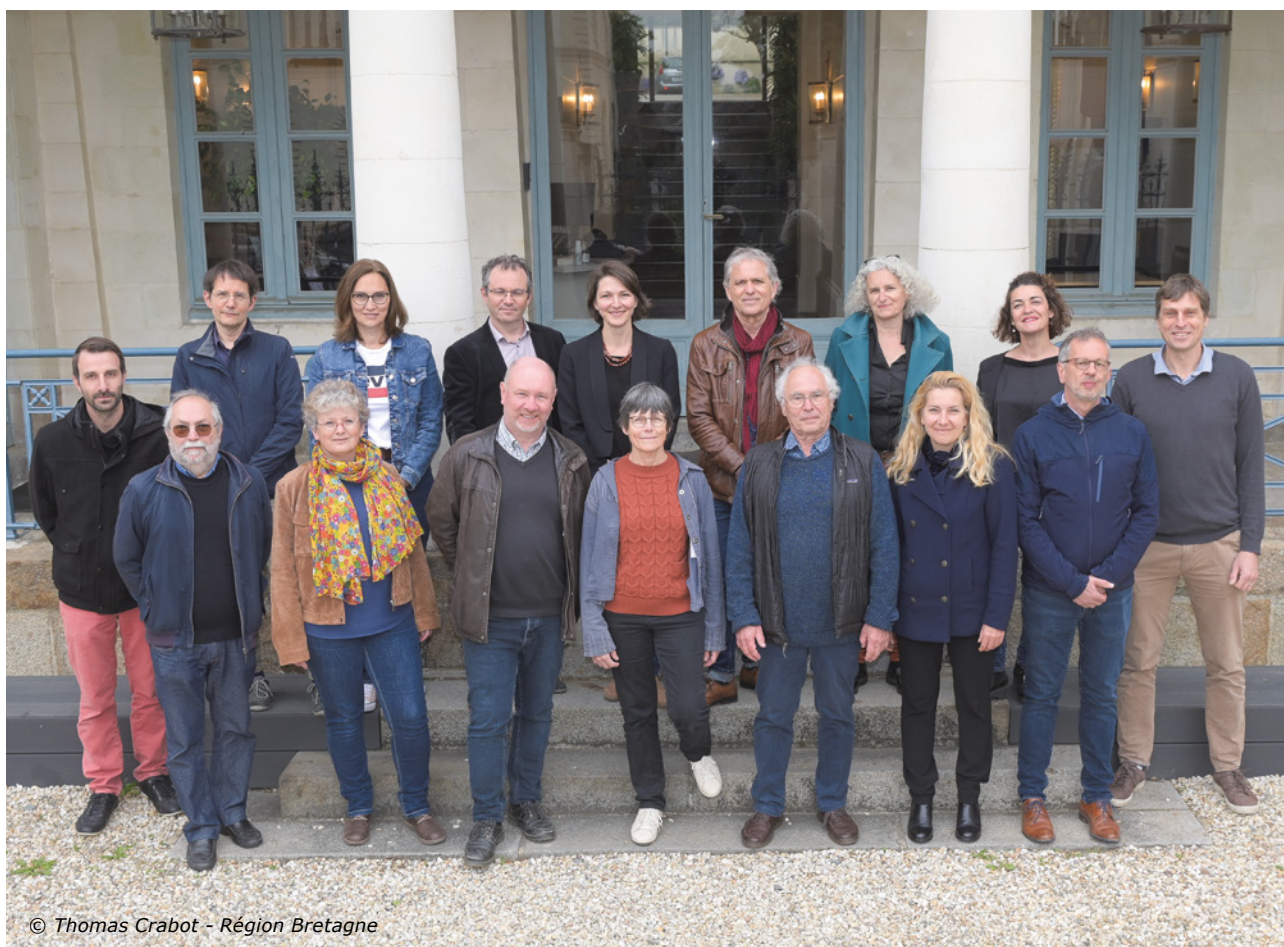
2022, et après ?	p.25
-------------------------	-------------

3# Atténuer le changement climatique et s'adapter : de jeunes chercheurs y travaillent en Bretagne	p.26
➤ Les huîtres victimes du changement climatique	
➤ Défi climatique : élargir les bases du débat	
➤ L'attrait de la mer plus puissant que la montée des eaux	
➤ Changement climatique, géologie et ressources en eau	

Le Haut Conseil Breton pour le Climat, instance scientifique indépendante initiée par la Région Bretagne, a été officiellement installé le 13 mai 2022. Il est composé de 20 membres issus du milieu académique breton et représentant un large spectre de disciplines. Dans ce premier bulletin annuel, nous présentons les missions de notre conseil et l'expertise que nous souhaitons développer au service des politiques régionales.

Nous sommes et serons tou.te.s concerné.e.s et impacté.e.s par le changement climatique, ses extrêmes, et les conséquences en cascade : la Bretagne, malgré sa réputation de climat "tempéré" ne sera pas épargnée, comme l'a illustré l'année 2022. Ce bulletin vous propose donc un dossier thématique sur l'année 2022, et en quoi cette dernière peut être annonciatrice du futur climatique de la Région. Nous revenons aussi sur l'actualité internationale 2022, du 6^e rapport du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) à la 27^e Conférence des Parties à la Convention climat (COP 27). Enfin, de jeunes chercheurs vous présentent leurs travaux en lien avec le changement climatique.

Bonne lecture,
Les membres du HCBC.



© Thomas Crabot - Région Bretagne

1 Le Haut Conseil Breton pour le Climat, une expertise au service de notre Région

Le HCBC a pour mission d'éclairer le Conseil régional sur la cohérence et la pertinence de ses politiques publiques au regard des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) et de préparation de la Bretagne aux impacts en cours et à venir du changement climatique. Le HCBC doit dans ce but décliner à l'échelle régionale l'expertise scientifique pluridisciplinaire développée à des niveaux plus larges par le GIEC et d'autres conseils européens et nationaux. Par ailleurs, et en complément, le HCBC contribue à l'information générale des élu.e.s, des acteurs du territoire et du grand public sur le changement climatique, ses impacts et les moyens de les modérer et/ou de s'y adapter.

Il mène donc en permanence une veille sur l'expertise scientifique produite sur les enjeux climatiques en Bretagne, tant par les sciences du climat que par les sciences humaines et sociales. En tant qu'organe consultatif, son action s'inscrit en complémentarité et en articulation très étroite avec les acteurs pouvant intervenir sur le champ du changement climatique, et notamment le Conseil Économique, Social et Environnemental Régional (CESER), l'Observatoire de l'Environnement en Bretagne (OEB)¹, l'Agence Bretonne de la Biodiversité (ABB), ou le Centre de Ressources et d'Expertise Scientifique sur l'Eau en Bretagne (CRESEB). L'action du HCBC est aussi articulée avec les groupes d'experts sur le climat qui ont été installés dans d'autres régions françaises.

Du fait du changement climatique, on peut s'attendre en Bretagne à des vagues de chaleur plus fortes et de plus en plus fréquentes, des périodes de sécheresse plus longues, un risque de précipitations plus intenses, en particulier en hiver, et une montée accélérée du niveau de la mer. Sont à étudier en particulier :

- les risques et les solutions d'adaptation concernant les littoraux (menaces d'érosion ou de submersion, pressions sur les habitats naturels, adaptations nécessaires des activités maritimes, de la pêche, de l'aquaculture, du tourisme...) ;
- les impacts du changement climatique sur le cycle de l'eau (sécheresses, crues) et les risques engendrés pour les activités humaines et les écosystèmes ;
- les événements extrêmes affectant les territoires urbains (canicules, îlots de chaleur), les biotopes naturels fragilisés ou les paysages remarquables (incendies) ou ayant des impacts directs et indirects sur la santé (physique et mentale). La combinaison de ces phénomènes est à prendre en compte (risques climatiques en cascade).

En Bretagne, la lutte contre le changement climatique s'inscrit dans la politique nationale (Stratégie nationale bas carbone en cours de révision en 2023), qui elle-même décline la politique européenne et l'Accord de Paris. **L'agriculture, force vive économique, sociale et culturelle de la Bretagne, est un sujet central, car elle représente 40% des émissions de GES régionales et elle est déjà fortement impactée** par les fortes chaleurs, la diminution des jours de gel et les déficits hydriques.

Le HCBC sera aussi attentif au deuxième secteur émetteur en Bretagne, celui des transports (34%), ainsi qu'au développement des énergies renouvelables et à l'amélioration des performances énergétiques des bâtiments qui sont essentiels à la décarbonation de l'économie. La capacité de résilience du territoire sera évaluée en considérant conjointement les actions d'atténuation du changement climatique et les solutions d'adaptation (notamment celles fondées sur la nature), afin d'éviter la mal-adaptation qui accroît les vulnérabilités au lieu de les réduire.

Le HCBC travaillera également à éclairer grâce aux apports des sciences sociales la question de la transformation nécessaire des pratiques individuelles et collectives face au changement climatique (évolution des modes de vie, de consommation, de prise de décision, etc). **Le HCBC portera particulièrement attention aux freins liés aux spécificités du territoire breton, à son organisation institutionnelle et politique, aux représentations et perceptions et à la formation de l'opinion publique.** Il aidera à mener la lutte contre le changement climatique à l'échelle régionale en s'appuyant sur les connaissances acquises sur le pilotage multi-échelle de l'action publique, les normes et outils de gouvernement et leur mise en œuvre, la coordination entre acteurs des politiques publiques, groupes et parties prenantes de la société civile. Dans le sillage du groupe 3 du GIEC, dont le rapport d'avril 2022 aborde les solutions globales à mettre en œuvre pour atténuer le changement climatique et ses effets, le HCBC éclairera les conditions permettant d'obtenir l'équité, et une participation large de tous les acteurs concernés à la prise de décision, afin de renforcer la confiance dans le processus de transformation de la société.

Au-delà de ses avis* sur les politiques régionales, dont le premier a concerné en 2022 la stratégie d'adaptation au changement climatique de la Bretagne, le HCBC vise à produire des états à jour des connaissances et rendre accessible les résultats scientifiques aux décideurs et élus des collectivités de toute la Bretagne ainsi qu'au public large. Le forum

annuel "*Climat et territoires*"², co-construit entre scientifiques et acteurs publics, y contribuera, ainsi que le bulletin annuel. Le HCBC participera aux efforts visant à renforcer la formation aux enjeux du changement climatique et de la transition, pour tou.te.s les citoyen.ne.s.



 Frise colorée du changement climatique en Région Bretagne.

Moyennes des températures annuelles à Rennes de 1880 à 2100 : observations jusqu'en 2022 puis projections CM5-CNRM-ALADIN63, RCP8.5. Réalisation HCBC

2 / Le premier Forum Climat et Territoire organisé par le HCBC aura lieu à Lorient le 2 juin 2023 : s'inscrire : www.lyyti.fi/reg/Forum_HCBC_3510

* Avis consultable sur www.bretagne.bzh/le-haut-conseil-breton-pour-le-climat

2 Concrétiser les objectifs internationaux à l'échelle Bretonne

La 27^e Conférence des Parties à la Convention-cadre des Nations unies sur le climat (COP 27) s'est tenue à Charm El-Cheikh (Égypte) du 6 au 18 novembre 2022 dans un contexte d'événements météorologiques extrêmes dans le monde entier, d'une crise énergétique alimentée par la guerre en Ukraine et d'alertes scientifiques réitérant que le monde ne fait pas assez pour limiter suffisamment les émissions anthropiques de GES – volet atténuation – et protéger les régulations essentielles de l'ensemble du vivant (les sociétés humaines y compris) sur notre planète – volet adaptation.

Il s'agissait de progresser dans l'application de l'Accord de Paris adopté en 2015. Ce dernier est "non contraignant" afin de permettre l'adhésion du plus grand nombre d'États, ce qui rend difficile une mise en œuvre collective, rapide et ambitieuse, alors que les acteurs ont des intérêts économiques et des priorités sociales et politiques divergentes.

L'urgence de l'atténuation et l'insuffisance des engagements actuels des États

À mesure que les émissions globales de GES augmentent, les impacts se multiplient dramatiquement. L'augmentation des températures moyennes à la surface du globe a déjà atteint + 1,1 °C par rapport au début du XX^e siècle et + 1,6 °C en Bretagne. À supposer que les engagements formulés par les États et l'Union Européenne soient tenus, la hausse des températures globales pourrait être limitée à environ + 3 °C d'ici la fin du siècle. Ce niveau est bien supérieur à l'objectif fixé par l'Accord de Paris, consistant à limiter à +2 °C par rapport à la période préindustrielle et si possible à + 1,5 °C la hausse globale des températures. Pour être respecté, cet objectif imposerait de baisser drastiquement les émissions de dioxyde de carbone et de méthane au niveau global pour atteindre "zéro émissions nettes" avant 2070. **Chaque degré supplémentaire par rapport aux objectifs d'atténuation menace encore un peu plus l'habitabilité de la Planète**, accroît les stress déjà importants causés par le réchauffement climatique sur la santé humaine et celles des écosystèmes, met en péril la cohésion de nos sociétés, sans parler des perturbations engendrées sur le cycle de l'eau ou les cycles biogéochimiques comme celui du carbone.

Si les résultats obtenus à l'issue des négociations de la COP 27 sont une étape supplémentaire pour répondre aux symptômes de la crise climatique, ils sont insuffisants en ce qui concerne le traitement des causes. Les discussions sur l'interdiction d'investir dans les énergies fossiles n'ont pu aboutir, face aux fortes résistances des États pétroliers. Or, Welsby & al.³ nous disent que "pour conserver 50% de chance d'arriver à une température de + 1.5 °C, 90 % du charbon et 60 % du pétrole

et du gaz connus doivent rester dans le sol". Cela signifie concrètement que plus aucun pays ne devrait subventionner l'ouverture d'une mine de charbon. Malheureusement, partout dans le monde, s'observent un regain d'investissement dans les énergies fossiles, une lenteur du développement des énergies renouvelables et une insuffisante sobriété dans la consommation énergétique.

Les difficultés à réduire suffisamment et rapidement les émissions de GES rendent impérieuse l'adoption de stratégies d'adaptation ambitieuses sur chaque territoire, y compris en Bretagne.

Les enjeux de l'adaptation et la nécessaire solidarité entre États riches et pauvres

Dans l'Accord de Paris, l'objectif d'adaptation vise à renforcer progressivement les capacités des pays à faire face et à répondre aux impacts du changement climatique (i.e. capacité d'adaptation/résilience).

Au nom du Principe des responsabilités communes mais différenciées inscrit dans la Convention Climat, les États les plus riches (davantage responsables du changement climatique) doivent aider financièrement les pays les plus démunis (davantage vulnérables aux impacts néfastes de ces changements). Cela tant pour faciliter leur adaptation qu'au titre de la compensation des dommages irréversibles dont la réparation peut désormais s'opérer via le mécanisme des "pertes et préjudices" opérationnalisé lors de la COP 27. Toutefois, les mesures concrètes prises jusqu'à présent pour financer l'adaptation ou les pertes et préjudices dans les pays du Sud sont largement en deçà des ambitions annoncées par les États développés.

Progresser sur la voie de la transition socio-écologique

Dans ses rapports parus en 2022, le GIEC conclut que pour atteindre une atténuation et une adaptation à la hauteur des défis, il faudra opérer une transformation à grande échelle, rapide et systémique dans le monde entier et dans tous les secteurs clés (énergie, industrie, transports, santé, éducation, bâtiment, systèmes agroalimentaires et financiers). Dans les pays développés, plutôt que de donner le primat aux options technologiques non encore matures comme la géo-ingénierie, il faudrait procéder à un changement radical des modes de vie et de consommation, soutenu par des politiques publiques ambitieuses.

L'Union Européenne, pour renforcer son engagement dans la lutte contre le changement climatique, a adopté en décembre 2022 un mécanisme d'ajustement carbone aux frontières⁴ et pris un accord pour limiter l'importation de produits issus de la déforestation. En France, divers documents et textes de lois s'y emploient également (stratégie bas carbone, loi climat et résilience, ...) et cadrent l'action des échelons territoriaux. Pourtant, le compte n'y est pas, et la transition tarde à s'opérer et cela à tous les échelons territoriaux.

En Bretagne, la dépendance aux énergies fossiles et la difficulté de développer les énergies renouvelables montrent qu'il existe à la fois des freins humains, socio-économiques, financiers, organisationnels et technologiques à la transition énergétique à l'échelle des territoires. Lors de sa future actualisation, le Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET) breton devra renforcer ses objectifs pour tenir compte de l'évolution des enjeux. De même, la couverture de la région par les Plans Climat Air Énergie Territoriaux (PCAET) obligatoires est incomplète et leurs ambitions en matière d'atténuation, d'adaptation et de transition devront progresser pour relever les défis climatiques.

*C'est le moment d'agir,
chaque décision compte !*

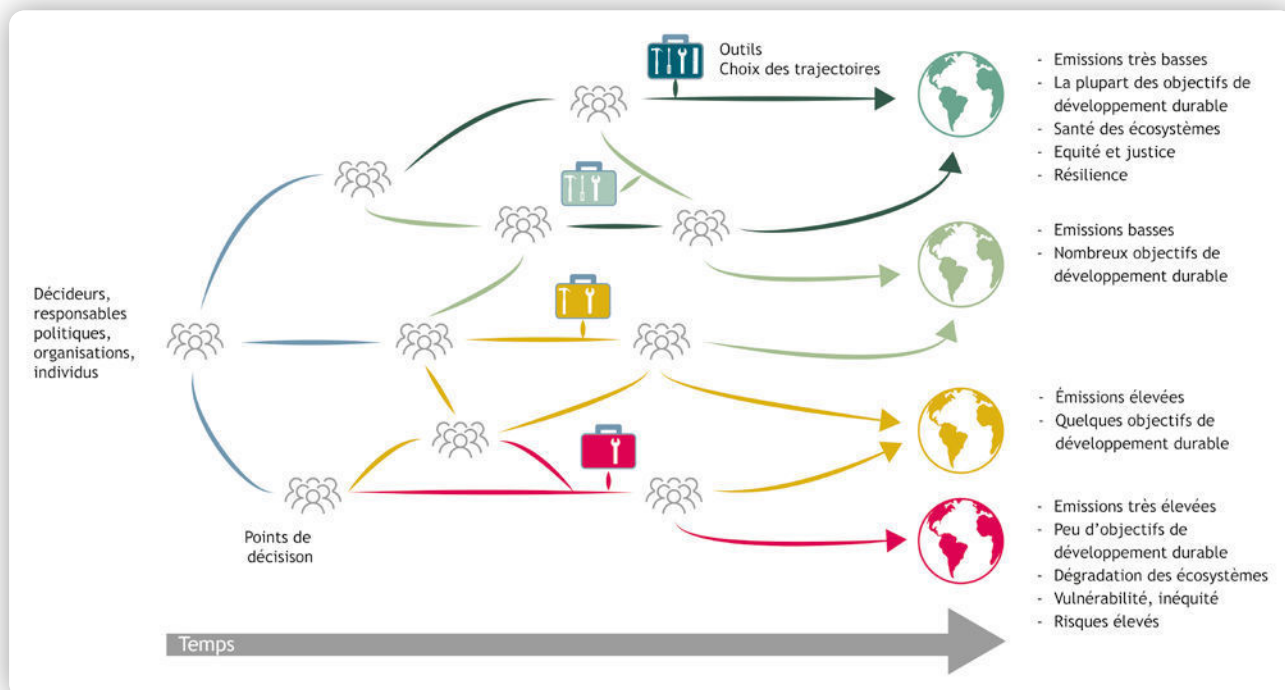


Figure 1 : Représentation graphique de la fenêtre d'opportunité dans laquelle se trouve l'humanité aujourd'hui. Les trajectoires conduisent vers plusieurs futurs possibles qui sont plus ou moins résilients au changement climatique. Les points de décision ont pour conséquence des actions, ou de l'inaction, et ensemble représentent le processus par lequel les risques climatiques seront ou pas maîtrisés.

Source: Valérie Masson Delmotte, d'après la figure SPM.9 du rapport du GIEC AR5 WGII.

Chronologie des diagnostics scientifiques et des décisions politiques sur les changements climatiques ⁵

Diagnostic scientifique (GIEC)	Teneur en CO ₂	Principaux Événements internationaux	Temp. Moyenne	Principaux événements en France
1988 : création du GIEC	345			
1990 : premier rapport : <i>il existe une forte probabilité d'une influence humaine décelable sur le climat.</i>	355	1992 : sommet de la Terre à Rio Convention Cadre des Nations Unies sur le changement Climatique.		1991 : création de l'Institut Pierre Simon Laplace (IPSL)
1995 : deuxième rapport : <i>les concentrations atmosphériques de GES, ... ont augmenté de façon significative.... Ces tendances peuvent largement être attribuées aux activités humaines.</i>	360	1997 : 3 ^e Conférence des Parties (COP) Protocole de Kyoto : 1 ^{er} accord international visant à la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES)		1995 : premiers modèles de climat Français utilisés dans le cadre du GIEC 1999 : tempêtes Lothar et Martin, mise en place système de vigilance par Météo-France
2001 : troisième rapport : <i>Il y a des preuves solides que la tendance au réchauffement climatique observée ces cinquante dernières années est attribuable à l'activité humaine.</i>	370	2001 : COP-7 accord de Marrakech : Règles pour les marchés d'échange d'émissions 2002 : sommet mondial sur le développement durable en Afrique du Sud.		2001 : Création de l'Observatoire National des Effets du Réchauffement Climatique (ONERC) 2002 : la France ratifie le Protocole de Kyoto 2003 : canicule ; nouveau système d'alerte Météo-France 2004 : premier Plan Climat National 2006 : stratégie nationale d'adaptation au changement climatique
2007 : quatrième rapport : <i>l'essentiel de l'accroissement constaté de la température moyenne de la planète depuis le milieu du XX^e siècle est "très vraisemblablement" dû à l'augmentation observée des gaz à effet de serre émis par l'Homme.</i>	375	2005 : COP-11, Montréal : entrée en vigueur du Protocole de Kyoto 2006 : Film "Une vérité qui dérange" 2007 : prix Nobel de la Paix au GIEC & Al Gore 2009 : COP-15, Copenhague : nécessité de limiter la hausse des températures à 2 °C 2012 : Rio+20, adoption des 18 Objectifs de Développement Durable (ODD)		2008 : adoption du "paquet énergie climat" par le Conseil européen 2009 : Première Lois Grenelles de l'environnement 2010 : tempête Xynthia, renforcement des plans de prévention des risques naturels 2011 : Création d'Acclimaterra (1 ^{er} GIEC régional) 2011 : 1 ^{er} Plan national d'adaptation au Changement Climatique (PNACC) 2012 : 1 ^{er} ouvrage* de synthèse changement climatique dans l'Ouest
2014 : cinquième rapport : <i>l'influence de l'Homme sur le réchauffement climatique est "extrêmement probable".</i>	395	2015 : COP-21 Accord de Paris : nouvel accord cadre international de réduction des GES 2016 : Entrée en vigueur de l'accord de Paris		2015 : PNACC-2, stratégie nationale bas carbone 2018 : Haut Conseil pour le climat 2018-2019 : Breizh Cop 2020 : Convention Citoyenne pour le Climat
2021 : sixième rapport : <i>il est "sans équivoque" que le réchauffement climatique est la conséquence de l'activité humaine</i>	410	2022 : COP-27 - Charm El-Cheikh : mécanisme de réparation des dommages irréparables 2022 : A.Gutteres : "Nous avançons comme des somnambules vers la catastrophe climatique"		2020 : Stratégie France Énergie et Climat (SFEC) 2021 : Loi Climat et Résilience 2022 : création du Haut Conseil Breton pour le Climat

🌱 La teneur en CO₂ moyenne est exprimée en ppmv, partie par million en volume.

5 / D'après le ministère des affaires étrangères, chronologie des négociations climatiques

* MEROT P., DUBREUIL V., DELAHAYE D., DESNOS P., (dir.), 2012 : Le climat change dans l'Ouest, Évaluation, Impacts, Perceptions. Presses Universitaires de Rennes

DOSSIER 2022, une année annonciatrice du climat futur ?

♥ Sécheresse à Ouessant



2022, une année record ?

2022, l'année la plus chaude jamais enregistrée en Bretagne...

L'année 2022 a été marquée en Bretagne comme ailleurs dans le monde par des conditions météorologiques et climatiques remarquables. À Rennes et à Brest, il s'agit de l'année la plus chaude jamais enregistrée : la moyenne annuelle a dépassé de près de 4 dixièmes de degrés l'année record antérieure (2020). Les valeurs moyennes trentenaires sont dépassées d'un à plus de deux degrés selon les stations et la période de référence.

Presque tous les mois de 2022 ont connu des anomalies positives de températures : malgré deux épisodes de froid remarquables début avril (gel printanier) et début décembre, l'essentiel de l'année a été marqué par des vagues de chaleur et une douceur remarquables. Trois épisodes caniculaires se sont succédés de juin à juillet avec des records absolus battus le 18 juillet : plus de 40 degrés à Rennes comme dans le nord Finistère, du jamais vu ! Le nombre de jours chauds (plus de 25°C) ou très chauds (plus de 30°C) a été sans précédent presque partout. La douceur

s'est poursuivie en octobre, mois présentant l'écart positif le plus fort, et jusqu'à la fin de l'année avec un 31 décembre qui a aussi battu un record historique (plus de 18°C à Rennes !).

L'année 2022 a également été marquée par une sécheresse intense résultat de forts déficits pluviométriques (quasiment pas de pluie en juillet) et d'une forte évaporation due aux températures élevées (voir ci-dessous l'article sur les sécheresses).

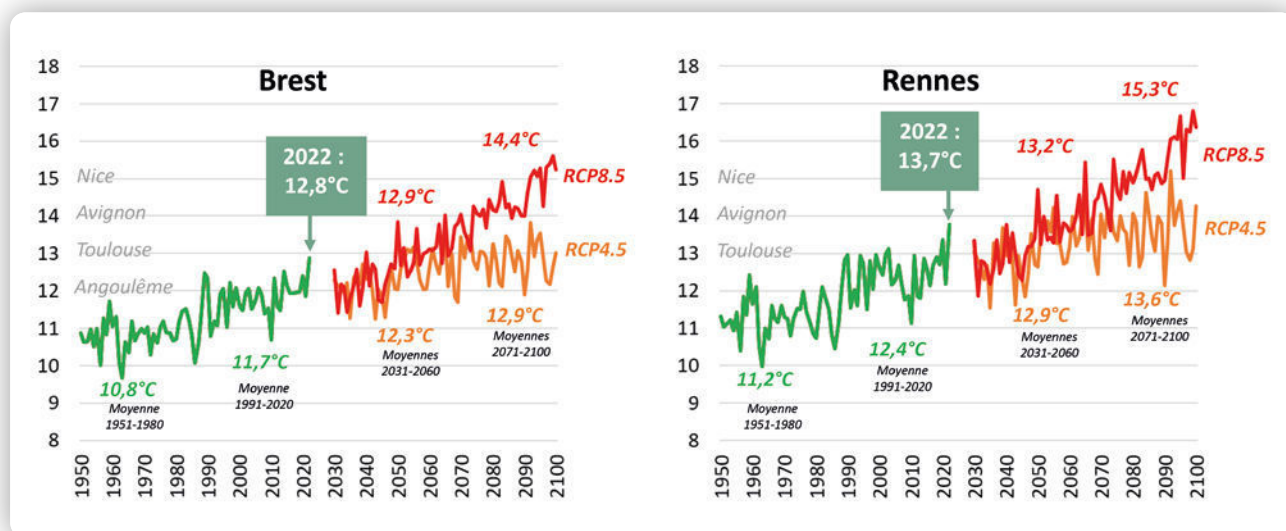


Figure 2 : Températures moyennes annuelles (en °C) à Brest (à gauche) et à Rennes (à droite).

Les observations de 1950 à 2022 sont représentées en vert. Les projections climatiques sont en orange pour le scénario intermédiaire (RCP4.5) et en rouge pour le scénario à fortes émissions de gaz à effet de serre (RCP8.5). Les valeurs moyennes trentenaires sont indiquées pour quelques périodes représentatives ; les valeurs pour Nice, Avignon, Toulouse et Angoulême pour la période de référence 1951-1980 correspondent à la position du nom de ces villes sur l'échelle des températures. Source des données : Météo France et portail Drias, réalisation HCBC.

La variabilité interne du climat continuera de générer des années plus ou moins atypiques. Si une année prise isolément ne constitue pas une "preuve" en soi, **la multiplication des années chaudes au cours de la dernière décennie est une conséquence claire du changement**

climatique : il est donc intéressant de comparer cette année 2022 à ce que pourrait être le climat futur de la région. On peut utiliser pour cela les données des modèles climatiques et les projections pour différents scénarios d'émissions de GES.

... Mais qui, avec le changement climatique, sera une année "banale" dans le futur...

L'année 2022 se classe ainsi, en termes de température annuelle à Rennes comme à Brest, au niveau de ce que sera la moyenne en fin de siècle pour le scénario intermédiaire (RCP4.5) du 6^e rapport du GIEC. Cette valeur 2022 serait donc dépassée à peu près un an sur 3 ou 4 en milieu de XXI^e siècle et une année sur deux en fin de siècle ; la température moyenne annuelle aura alors augmenté de 2 à 3 degrés par rapport aux "normales"

des années 1951-1980 (figure 2). Dans le scénario le plus pessimiste (RCP8.5), cette valeur de 2022 serait systématiquement dépassée en fin de siècle et la moyenne annuelle s'établirait à plus de 4 °C au-dessus de celles de l'après-guerre ! On peut ainsi caractériser l'année 2022 comme ce qui sera une année moyenne en milieu de XXI^e siècle mais qui sera, en fin de siècle dans un scénario pessimiste, comme le souvenir d'une année... fraîche !

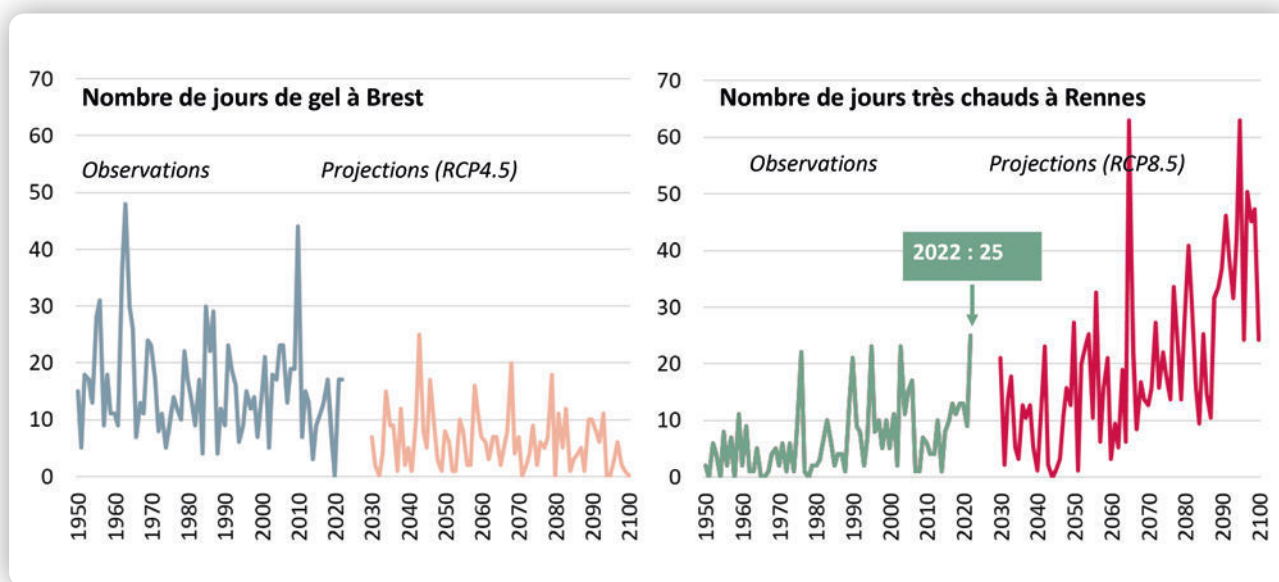


Figure 3 : nombre annuel de jours de de gel par an (température minimale inférieure à 0°C) et de jours très chauds à Rennes (température maximale supérieure à 30°C). Source: météo France et portail DRIAS ; réalisation HCBC.

Au-delà de ces valeurs moyennes, les fréquences des épisodes de gel et de chaleur évoluent également. À Rennes et à Brest, le nombre de jours de gel observés depuis 1950 a diminué d'un tiers environ tandis que le nombre de jours très chauds (plus de 30°C) a augmenté à peu près dans les mêmes proportions (figure 3). Dans le futur, quel que soit le scénario, le nombre de jours de gel devrait continuer à décroître, voire à disparaître certaines années sur le littoral (comme ce fut déjà le cas à Brest en 2020) ; mais les années avec un nombre de jours de gel significatif existeront toujours et l'hypothèse de gelées tardives impactant une végétation plus précoce restera forte. Le nombre de jours très chauds record en 2022 (8 à Brest, 25 à Rennes)

sera banal en milieu de siècle et presque toujours dépassé en fin de siècle avec le scénario pessimiste : certaines années connaîtront même plus de 50 jours très chauds à Rennes (le double de 2022 !).

L'évolution future des précipitations est plus incertaine avec des divergences selon les modèles et les scénarios : si le volume annuel évolue peu, le plus probable est une baisse pendant l'été et une hausse en hiver (figure 4). Ce renforcement moyen des contrastes saisonniers est susceptible de se traduire par une recrudescence des crues de saison froide et des sécheresses estivales apportant une touche de "méditerranéisation" du climat breton.

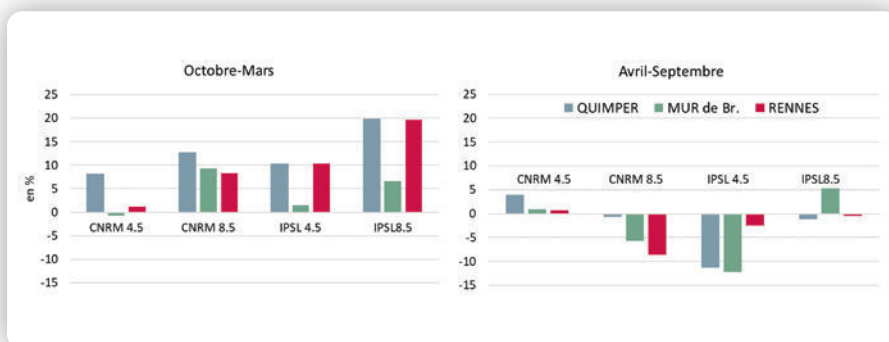


Figure 4 :
Évolution saisonnière
des précipitations en milieu
de XXI^e siècle
par rapport à l'actuelle
pour différents modèles
et scénarios. Source :
www.creseb.fr/projet-democlim

Pour en savoir plus...

Climat océanique et vagues de chaleur

Le climat de la Bretagne est dominé par une circulation d'ouest, qui confère à notre région une grande douceur car les masses d'air qui nous arrivent ont principalement circulé sur l'Océan Atlantique. Pourquoi des vagues de chaleur comme celles de 2022 peuvent-elles donc frapper la Bretagne, dans un contexte où les océans se réchauffent moins vite que les continents ? Une des hypothèses est liée au fait que le réchauffement n'est pas homogène sur le globe : l'Arctique se réchauffe en effet trois à quatre fois plus vite que les Tropiques, ce qui perturbe et ralentit le flux d'ouest (et, en altitude, le courant jet) et favorise la rencontre de masses d'air contrastées venant des Pôles ou des Tropiques (figure 5).

La circulation de l'air au niveau de la Bretagne et du reste de l'Europe de l'Ouest devient plus instable, avec davantage de flux sud-nord en été. Les conséquences sont des vagues de chaleur estivales plus fréquentes et plus intenses, amplifiées par la sécheresse des sols sachant qu'un sol sec s'échauffe davantage qu'un sol humide. Ces modifications de circulation des masses d'air engendrées par le réchauffement climatique font l'objet de recherches scientifiques qui montrent leur contribution au réchauffement relativement rapide de l'Europe de l'Ouest, avec des vagues de chaleur estivales qui deviennent plus fréquentes et plus intenses. La Bretagne doit se préparer à ces évolutions.

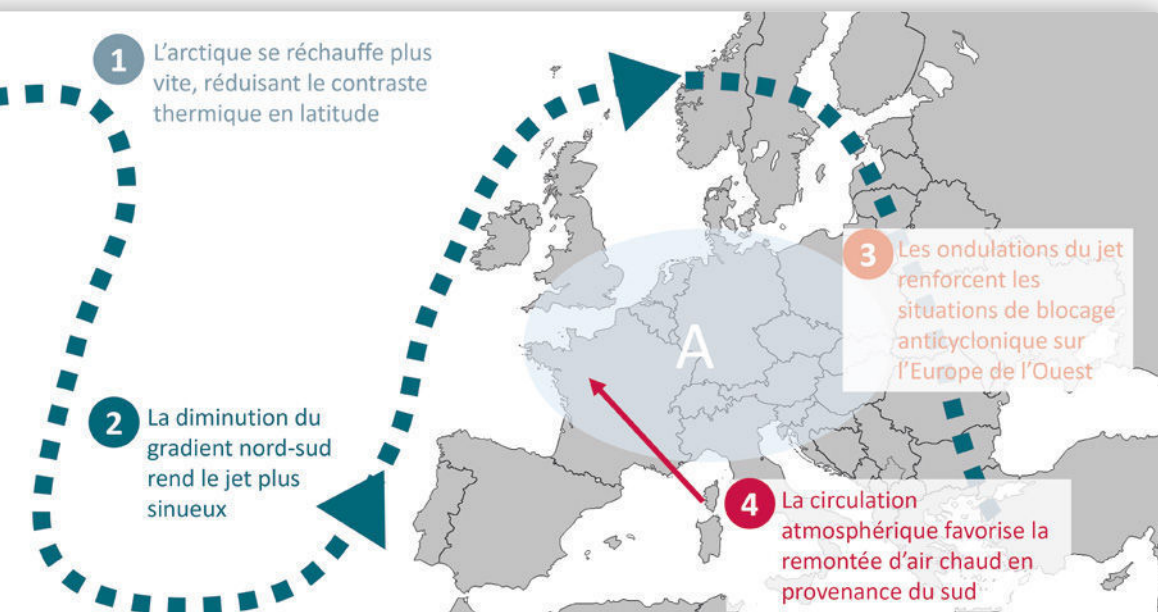


Figure 5 : Une configuration atmosphérique favorable aux vagues de chaleur plus fréquentes ?
Réalisation HCBC

2022, sécheresse

Crise et tension sur la ressource en eau

Sécheresse et cycle de l'eau : quelques concepts pour comprendre...

En Bretagne, les prélèvements sur la ressource en eau pour l'eau potable (77% des 315 Mm³ prélevés annuellement), l'industrie (3%), l'élevage (14%) ou l'irrigation (6%), ne représentent qu'un volet des multiples usages qui dépendent de la quantité et de la qualité de l'eau parmi lesquels la vie aquatique, la ressource piscicole, les plans d'eau récréatifs, etc. Les conséquences d'une sécheresse comme celle de 2022 s'apprécient à la quantité d'eau disponible pendant les périodes de rareté de la ressource, principalement en été quand les stocks d'eau se sont vidés, que les pluies sont faibles ou peu efficaces.

Pour bien comprendre l'impact d'une sécheresse – un événement météorologique – sur la disponibilité de la ressource en eau, on peut voir le cycle de l'eau comme un ensemble de réservoirs qui se vident à des vitesses différentes par évaporation (~60% du total par le sol ou la transpiration des plantes, plus quand il fait chaud) ou par infiltration et ruissellement dans les nappes phréatiques et les rivières. Les différents réservoirs sont les retenues d'eau, les rivières, le sol et l'eau souterraine ; ils se vident sur des échelles de temps différentes, allant de la journée au mois. Les eaux souterraines constituent le réservoir le plus volumineux, et de loin (>100 fois la somme des autres) mais aussi le plus lent à se vider. Elles alimentent les rivières avec des temps de vidange variables en fonction de la géologie de 1 à 2 mois. La gravité potentielle d'une sécheresse est donc directement liée à la manière dont les nappes se remplissent et se vident avec deux indicateurs forts : la quantité d'eau qui s'est infiltrée pendant la période de recharge, principalement l'hiver, et le temps depuis la dernière recharge au regard du temps de vidange des nappes aquifères. La disponibilité de l'eau est aussi un élément à prendre en compte dans l'impact d'une sécheresse. En Bretagne, 68% des prélèvements se font sur l'eau de surface (77% pour l'eau potable), principalement en amont des retenues. Le temps de vidange n'est plus naturel mais contrôlé par la consommation et les besoins. Le temps de remplissage, par contre, dépend pour une grande part de la vidange des nappes

aquifères en amont du bassin. Une **gestion raisonnée des prélèvements dans les retenues peut permettre d'atténuer l'impact d'une sécheresse mais cela ne peut se faire que dans la limite des stocks disponibles** et donc avec des contraintes voisines de celles présentées précédemment. Le prélèvement direct en profondeur dans l'aquifère peut être une ressource alternative mais qui n'est pas complètement indépendante des autres réservoirs du cycle de l'eau. Ce préambule explique les deux indicateurs qui tentent d'expliquer le caractère particulier de la sécheresse de 2022 : la quantité d'eau disponible pour la recharge des aquifères et la durée de la sécheresse.

Un été sec qui vient de loin

L'été 2022 a été très sec en Bretagne notamment le mois de juillet qui a atteint un record avec seulement 0.8 et 4 mm de pluie à Rennes et Brest, respectivement, soit des déficits de précipitation de 98 et 94% par rapport à une année moyenne. En fait, la sécheresse de 2022 a débuté en Bretagne dès l'automne 2021 avec 9 mois déficitaires en pluie sur 12 (*figure 6*) entre septembre 2021 et septembre 2022. Le déficit en pluie a été particulièrement remarquable de janvier à mai 2022, avoisinant 50% par rapport à une année moyenne tant à Brest (-49%) qu'à Rennes (-46%)

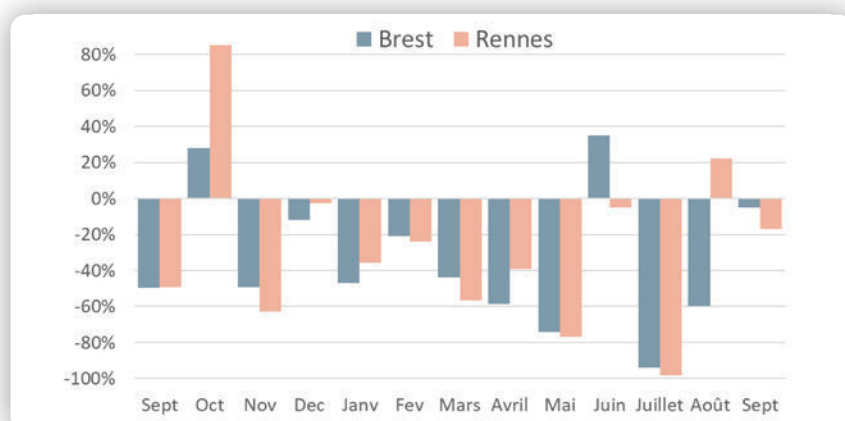


Figure 6 : Excédents et déficits mensuels de précipitation observés à Brest et Rennes de septembre 2021 à septembre 2022 par rapport à la moyenne 1981 – 2010 Rennes. Réalisation HCBC.



© Roberto Sitzia - Pixabay

Alerte sur l'eau potable

Comme beaucoup d'autres départements français, les 4 départements bretons ont été placés en situation de vigilance, puis d'alerte et enfin de crise vis-à-vis de la ressource en eau. **En juillet 2022, l'ensemble des départements bretons était en situation de crise avec des réductions de prélèvements pour l'agriculture et l'industrie, et des réductions d'usage pour les particuliers.** Cette situation a connu un paroxysme dans les Côtes d'Armor où la préfecture alertait dans un communiqué le lundi 26 septembre sur "un risque sérieux de rupture de l'alimentation en eau potable" dans les semaines à venir. Le retour des précipitations en octobre et surtout en novembre (+28% de pluie par rapport à la normale dans la région de Rennes) a heureusement permis d'éviter cette situation, mais cela s'est joué à 15 jours près dans certains territoires comme celui de Dinan. Cette situation d'extrême tension sur l'eau potable est liée au fait que 70% de l'alimentation en eau potable de la Bretagne provient de retenues qui se remplissent grâce aux précipitations hivernales. Une année comme l'année 2021-22 où l'hiver et le printemps ont été secs à très secs conduit inévitablement à des tensions sur l'eau potable l'été et l'automne suivants, surtout si l'été est lui aussi très sec, comme cela a été le cas en 2022.



 Niveau d'eau observé fin septembre 2022 dans la retenue du Pont Ruffier qui alimente Dinan en eau potable. © Dinan Agglomération.

L'été 2022 : l'association sécheresse – chaleur extrême

L'été 2022 a souvent été comparé à l'été 1976, qui jusqu'ici faisait référence en matière d'été très sec. Si les volumes cumulés de précipitations observés à Rennes du 1^{er} mai au 31 août sont effectivement comparables (107 mm en 2022 contre 82 mm en 1976), il existe une différence notable entre les deux années qui est l'occurrence en 2022 de pics de chaleur extrême qui n'étaient pas observés en 1976 (*figure 7*). Ainsi, le seuil des 37,5°C

a été dépassé à trois reprises en 2022 à Rennes avec un maximum de température atteint le 17 juillet de 40,5° C, alors que ce seuil n'avait pas été dépassé en 1976, le maximum de température observé à Rennes cette année-là n'étant que de 36,3°C. Encore plus que la sécheresse, c'est l'association sécheresse – pics de chaleur extrême qui caractérise l'année 2022.

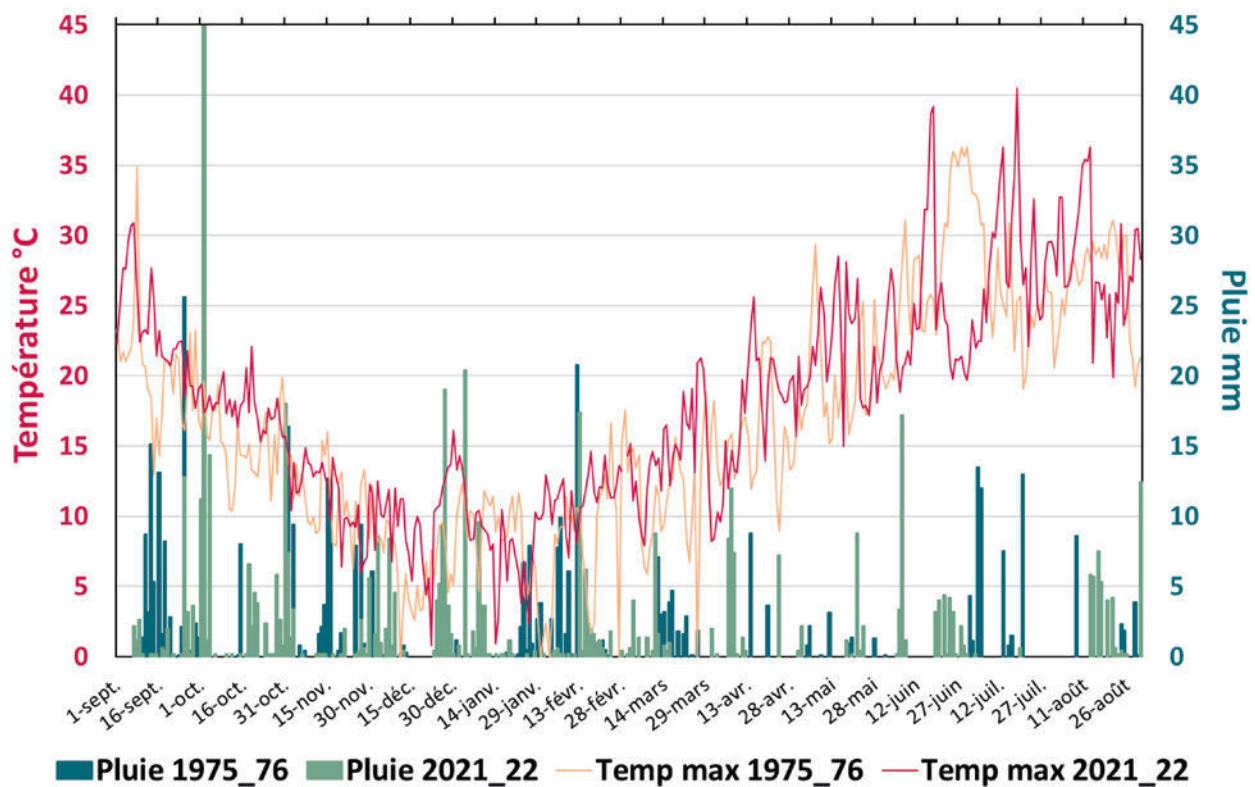


Figure 7 : Comparaison des précipitations et températures maximales observées à Rennes en 1976 et 2022. Réalisation HCBC

Une sécheresse comparable à 2022 plus fréquente dans le futur ?

Sur la (figure 8), on a représenté chaque été à Brest par un point : la température moyenne des mois de juillet et août se lit sur l'axe horizontal (froid à gauche, chaud à droite) et les précipitations de juillet-août sur l'axe vertical (sec en bas, arrosé en haut). Chaque année se place ainsi dans un des quatre quadrants en fonction des caractéristiques de l'été. Les années observées depuis 1951 sont représentées par des points bleus, sauf l'année 2022 indiquée en jaune et rouge et 1976 en vert : elles se trouvent en bas du nuage de points bleus, matérialisant la sécheresse de ces années. Les points orange

RCP8.5 du modèle de Météo-France : le nuage de point est décalé vers la gauche (plus chaud) et vers le bas (plus sec).

L'année 2022, qui apparaissait comme exceptionnellement chaude dans les observations paraît beaucoup plus "banale" comparée aux projections : de nombreuses années connaîtront, avec ce scénario, des précipitations comparables mais avec des températures bien plus élevées, occasionnant des déficits hydriques bien plus importants dans le futur.

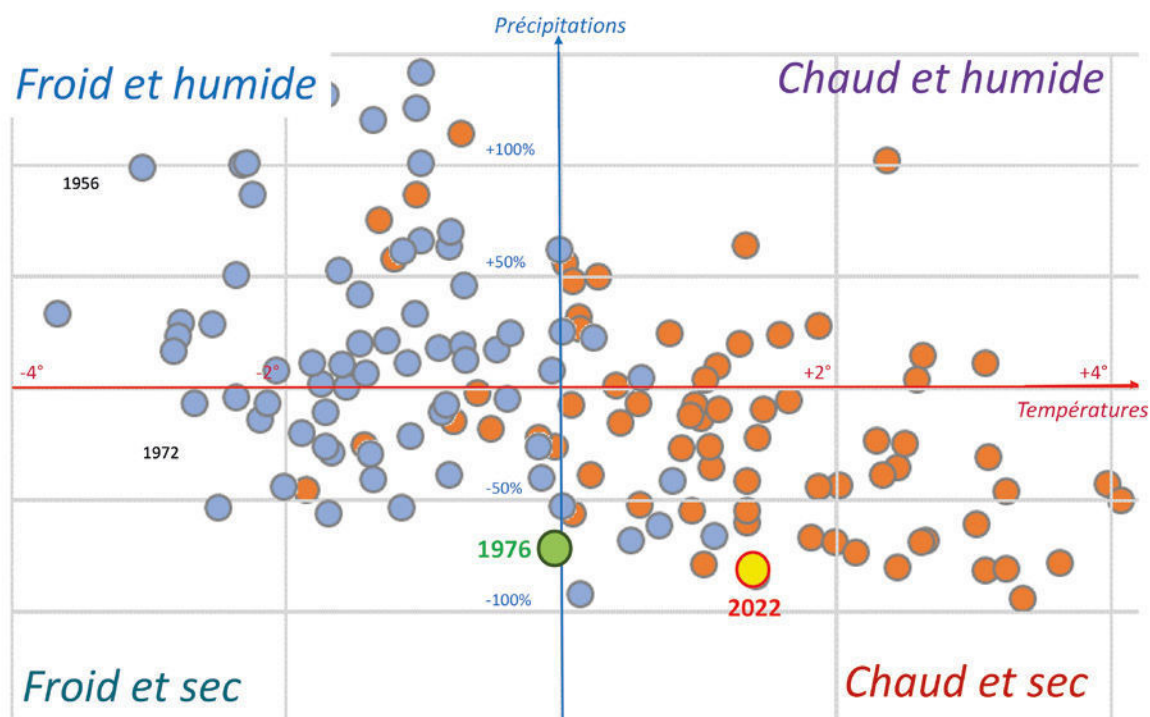


Figure 8 : caractéristiques des étés (juillet-août) à Brest en fonction de la température (axe horizontal) et des précipitations (axe vertical).

Les années observées sont en bleu ; années projetées pour le futur (CM5-CNRM-Aladin63, RCP 8.5) en orange. Les étés "chauds et secs" sont clairement plus fréquents dans les projections futures. Source des données : Météo-France et Portail Drias. Réalisation HCBC.

Chaleur et sécheresse : impacts sur la faune et la flore

Des plantes rares menacées par les incendies

L'une des manifestations les plus spectaculaires des conséquences de la sécheresse et des fortes températures observées en 2022 est sans conteste la multiplication des feux de forêts et de landes, qui ont endommagé près de 400 hectares (ha) aux portes de la forêt de Brocéliande (Morbihan) et plus de 2000 ha remarquables dans les Monts d'Arrée (Finistère). Les monts d'Arrée abritent environ 7000 ha de landes et de tourbières, soit plus du tiers des landes et tourbières de Bretagne⁷. Même s'il est encore trop tôt pour évaluer l'impact sur le moyen terme, certaines stations de plantes rares et menacées ont été touchées par les incendies, notamment le Lycopode sélagine (*Huperzia selago*) et l'orchidée *Hammarbya paludosa* des tourbières (*Hammarbya paludosa*). Les populations de ces deux espèces à affinités montagnardes ont trouvé refuge dans le microclimat frais et humide des monts d'Arrée. Les incendies, mais surtout l'accentuation des périodes de sécheresse, constituent une menace pour leur survie en Bretagne.



Un été chaud pour les organismes marins et terrestres

Les vagues de chaleur estivales et la longue période de sécheresse en 2022 ont affecté une large diversité d'organismes animaux et végétaux. Ainsi, la récolte des moules de bouchots de la baie du Mont-Saint-Michel, vendues sous Appellation d'origine protégée (AOP), a dû être reportée de près d'un mois en raison de leur retard de croissance, afin d'atteindre un calibre commercialisable⁸. Selon les producteurs, ce retard de croissance résulte des faibles débits observés dans les cours d'eau dont les apports en matière organique contribuent à fournir les éléments nutritifs nécessaires. On imagine sans peine que de nombreux autres organismes filtreurs qui ne font pas l'objet d'une exploitation commerciale, ainsi que ceux qui en dépendent (prédateurs) ont également été touchés. Les chauves-souris ont aussi souffert des vagues de chaleur qui se sont succédé au cours de l'été. Les gîtes exposés et peu ventilés (combles, greniers,...) se sont transformés en "fours" au cours de ces épisodes. Des abandons de gîte, des déplacements d'animaux, des mortalités exceptionnelles etc..., ont été observés⁹ : ce phénomène a alerté les spécialistes sur les risques liés à l'accroissement prévu de la fréquence de ces épisodes climatiques et une réflexion est en cours sur les mesures à préconiser en termes d'aménagement des gîtes.

👉 **Hammarbya paludosa, une espèce patrimoniale des Monts d'Arrée, site Natura 2000 ravagé par les incendies de 2022.** Source : Adrien Chateignier

7 / Conservatoire national Botanique de Brest, carte des grands types de végétation en Bretagne

8 / France 3 régions info, Les moules de bouchot de la Baie du Mont-Saint-Michel absentes des étals

9 / Dubos, T. (2022), Coup de chaud sur les chauves-souris cet été. Mammi Breizh, N°41, GMB, P7

Les effets complexes du changement climatique sur les insectes

Les insectes font partie des ectothermes, ils ne produisent pas de chaleur interne et dépendent des sources extérieures de chaleur pour augmenter leur température corporelle. Ils sont donc particulièrement impactés par l'augmentation des températures, principalement en hiver, et par l'augmentation, en nombre, durée et intensité des vagues de chaleur.

L'augmentation des températures moyennes entraîne une réduction de la durée de développement des insectes, se traduisant par une faible taille

des adultes pouvant entraîner une réduction de leur longévité et de leur fécondité. En conséquence, le nombre de générations annuelles peut augmenter chez les espèces se reproduisant plusieurs fois par an, entraînant des risques de pullulations d'insectes ravageurs comme les pucerons. Les comportements sont aussi modifiés. Une température plus élevée rend les insectes plus actifs, et plus rapides dans leurs mouvements. Les insectes prédateurs (comme par exemple les fourmis) peuvent ainsi capturer plus de proies par unité de temps.



🏠 **Femelle d'insecte parasitoïde pondant dans un puceron.** © Sonia Dourlot

Perturbation des chaînes alimentaires et des périodes de pollinisation

Un autre effet majeur porte sur les modifications de phénologie (c'est-à-dire les éléments périodiques prédéterminés par les variations saisonnières). Par exemple, des températures plus élevées entraînent une migration printanière des pucerons plus précoce. Il a été démontré qu'elle a avancé de près d'un mois entre 1978 et 2015 en France. De même, **pour plus de 2000 espèces de pollinisateurs européens, la date moyenne de vol a avancé à un rythme de 1 jour/décennie au cours des 60 dernières années.** Ces évolutions peuvent modifier les interactions entre espèces d'une même chaîne alimentaire (plantes, insectes phytophages, insectes prédateurs, oiseaux, par exemple). Les interactions entre espèces sont généralement bien synchronisées et co-évoluent dans un environnement particulier et dans des conditions climatiques relativement stables. Ainsi, les insectes qui se nourrissent des feuilles d'une espèce d'arbre émergent au moment où les bourgeons de cet arbre débourent. Les œufs des oiseaux qui nourrissent leurs petits de chenilles éclosent au moment du pic d'abondance de leurs proies. Les changements de température affectent le plus souvent différemment la biologie de chacune des espèces constitutives d'une chaîne alimentaire. Par exemple, les pollinisateurs peuvent commencer à voler alors que les plantes dont ils se nourrissent ne sont pas encore en fleurs, entraînant des conséquences néfastes à la fois pour eux et les espèces qu'ils pollinisent.

Par ailleurs, de nombreuses espèces d'insectes présentent une émergence printanière retardée en raison d'un refroidissement hivernal insuffisant pour mettre fin à la diapause. La diapause

hivernale permet aux insectes de passer l'hiver sous une forme inactive résistante au froid (œufs par exemple). **La forte diminution des jours de gel et sans dégel en Bretagne (figure 9) a entraîné le maintien de l'activité hivernale chez de nombreuses espèces** de pucerons, coléoptères (par exemple les carabes et les staphylin) et insectes parasitoïdes, par exemple certaines larves de guêpes qui se développent en parasites dans d'autres insectes et entraînent leur mort. Entre 2010 et 2020, dans les champs de céréales autour de Rennes, la poursuite d'une activité hivernale a été mise en évidence chez plusieurs espèces de pucerons et de leurs ennemis naturels¹⁰. Du fait de la persistance du contrôle biologique tout au long de l'hiver, les pullulations printanières de pucerons sont plus rares que dans les régions continentales aux hivers plus rigoureux avec des périodes de gel prolongé (comme en République Tchèque, par exemple). Enfin, les vagues de chaleur de plus en plus fréquentes et intenses en Bretagne ont de multiples effets sur les insectes. Il s'agit d'un stress de durée limitée, mais pouvant entraîner une forte mortalité ou réduire considérablement leur longévité et leur fécondité. Ce phénomène peut être très dommageable lorsque ces stress affectent les insectes utiles comme les pollinisateurs ou les ennemis naturels des ravageurs des cultures.

On le voit, les effets du changement climatique sur les insectes de notre région sont multiples, ce qui rend difficile la prédiction de l'augmentation ou de la réduction des populations d'une espèce donnée. On peut cependant aider les insectes à résister aux stress engendrés par le changement climatique (voir encadré 2).

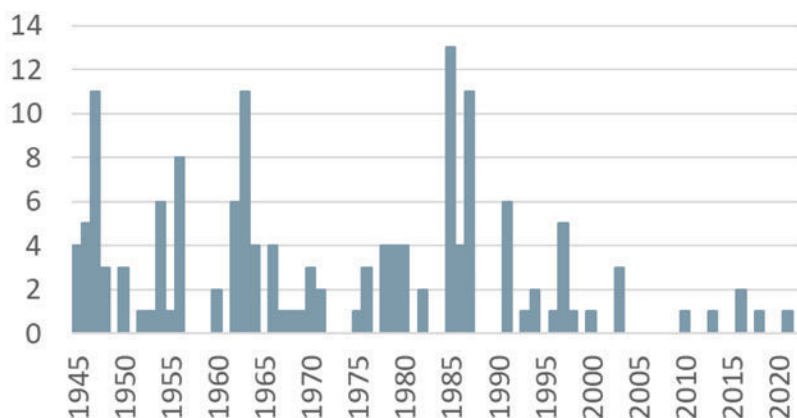


Figure 9 : Évolution du nombre de jours sans dégel (température maximale quotidienne inférieure à 0°C) à Rennes. Source des données : Météo-France. Réalisation, HCBC

Agriculture

2022 : bilan et impact du climat

Un impact sévère mais variable selon les filières

Otre les facteurs économiques (hausse des coûts de production, notamment énergétiques ...) l'agriculture fait face aux aléas et changements climatiques. L'intensité et la durée des vagues de chaleur qui se sont succédé en toutes saisons au cours de l'année 2022 ont impacté la productivité des filières végétales et animales et par conséquent le rendement et la qualité des produits.

Les cultures maraichères semblent avoir été plus impactées par les fortes températures que par le manque d'eau (cycle réduit, décalé dans le temps, calibre des produits non conforme à la vente, rendement insuffisant par rapport aux frais de récolte ...). Des possibilités d'irrigation ont été attribuées aux agriculteurs pour assurer la levée des semis et l'installation des plantations puis la croissance des plantes et enfin une qualité de production commercialisable. Le manque d'eau a été particulièrement préjudiciable pour le maïs, surtout pour les semis tardifs et en sols peu profonds. Dans certains secteurs, l'ensilage a été exceptionnellement possible dès le début du mois d'août ! Concernant la filière animale, la sécheresse installée très tôt dans l'année et les premiers épisodes caniculaires de l'été ont provoqué l'arrêt de croissance et un dessèchement de l'herbe dans toute la région, même et surtout dans le Finistère ¹¹. Le volume et la qualité des productions fourragères ont été fortement dégradés (25% de déficit de pousse sur prairies permanentes en juillet ; 37% de déficit en biomasse sèche sur les rendements maïs à l'automne) ¹². Une partie des stocks de fourrage pour l'hiver a été utilisée pour pallier le manque d'herbe en saison végétative d'où un risque de manque de fourrage cet hiver. Les conditions climatiques "extrêmes" ont mené à des changements de pratique, comme le maintien des animaux à l'intérieur en journée pour éviter les stress physiologiques, limiter les piétinements des prairies et favoriser la repousse de l'herbe. Les céréales et le colza semblent s'être montrés plus résilients à ces extrêmes climatiques, avec des rendements proches de la moyenne au dire d'experts.

Des opportunités nouvelles en émergence ?

Si les impacts sur la ressource en eau et l'agriculture en général sont avérés et plutôt néfastes avec nécessité d'adaptation, les conditions climatiques régionales offrent cependant de nouvelles opportunités de cultures annuelles (ex. cacahuètes, pastèques, pois chiches, patates douces, soja...) ou pérennes (ex. amandiers ou vigne). Le cas de la vigne est exemplaire.

La multiplication des superficies en vigne dans notre région résulte en premier lieu d'un changement réglementaire ¹³ dans les régimes d'autorisation de plantations intervenu en 2015 mais le développement de la viticulture en Bretagne marque indéniablement l'ampleur des impacts régionaux du changement climatique. Le réchauffement observé depuis plusieurs décennies offre des conditions favorables à la croissance de la vigne et à la maturation des raisins et donc la qualité du produit final, confortant ainsi les projets viticoles professionnels en Bretagne. Les indices bioclimatiques pour la viticulture calculés pour 2010-2020 indiquent, à certains endroits de la Bretagne, des conditions thermiques similaires à celles d'Angers sur la période 1951-1980 ¹⁴.

Un millésime 2022 prometteur ?

Si les plantations de l'année ont souffert et parfois nécessité un arrosage, les conditions de sécheresse ont en revanche permis de réduire le développement de maladies cryptogamiques. Les fortes chaleurs (le seuil de 40°C a été atteint dans certaines parcelles de vignes) ont ralenti le processus de maturité mais les conditions thermiques sur l'ensemble de la saison végétative ont permis d'obtenir une bonne teneur en sucre dans les baies des cépages à maturité précoce (comme le Chardonnay ou le Pinot noir). Ces taux de sucre ont permis d'aboutir, comme par exemple en Val de Rance, à un potentiel alcoolique idéal pour la production de vins effervescents dès début septembre ou pour la production de vins tranquilles blanc ou rouge dès la troisième décade de septembre.

11 / Chambres d'agriculture de Bretagne, info sécheresse

12 / Institut de l'élevage IDELE, suivi agroclimatique de l'année 2022

13 / Journal officiel, Décret n° 2015-1903 du 30 décembre 2015.

14 / Bonnardot et al. (2022) : hal.science/hal-03757308



🏡 Parcelle de vignes en Ille-et-Vilaine. © LETG Rennes.

Pour agir

Favoriser la lutte contre les ravageurs des cultures grâce aux fleurs

En Bretagne, le réchauffement des hivers favorise le fleurissement des plantes utilisées comme couverts hivernaux et qui ne gèlent pas si les températures ne descendent pas au-dessous de -5°C (*image 1*). Ces couverts sont retournés en fin d'hiver (début mars) avant la mise en place d'une culture de printemps (en général de maïs).

Les couverts hivernaux fleuris ouvrent une opportunité pour favoriser la biodiversité en zone de grandes cultures comme le bassin rennais. En effet, les couverts ou bandes fleuries sont connus pour leurs impacts positifs sur les ennemis naturels des insectes ravageurs des cultures. Les ennemis naturels incluent des prédateurs comme les coccinelles, carabes ou araignées et des insectes parasitoïdes qui pondent à l'intérieur des ravageurs des cultures et entraînent leur mort.

Les couverts fleuris constituent un habitat plus stable et aux conditions microclimatiques (température et humidité) plus favorables que celles rencontrées dans les cultures. Ces habitats favorisent la survie et l'hivernation de nombreuses espèces d'ennemis, ainsi que leur recolonisation des zones cultivées au printemps. En effet,

de nombreux arthropodes participant au contrôle biologique hivernent à l'extérieur des cultures. Les zones d'abris offrent aussi une protection contre les prédateurs ou encore contre les perturbations agricoles (récoltes, labour ou épandages). Les bandes fleuries fournissent aussi du nectar, qui peut être utilisé par différents ennemis naturels incluant les insectes parasitoïdes pour se nourrir (*image 2*).

Augmenter la biodiversité végétale dans tous les endroits possibles, que ce soit en zone agricole ou urbaine fait donc partie des stratégies d'adaptation fondées sur la nature. En effet, une végétation haute, avec plusieurs strates (haie accompagnée d'une zone herbacée ou fleurie), permet le maintien d'une température plus homogène, et la présence de fleurs offre des ressources alimentaires à de nombreuses espèces d'insectes (et plus particulièrement aux pollinisateurs et aux parasitoïdes). Ces fleurs sont importantes toute l'année, en automne-hiver pour nourrir les individus qui sont maintenant actifs, ainsi qu'en été pour leur permettre de résister aux stress thermiques chauds de plus en plus intenses et fréquents.



🏡 Image 1 : Floraison hivernale de moutarde dans un couvert hivernal à proximité d'un champ de céréales (Ille-et-Vilaine). © J Van Baaren



🏡 Image 2 : Femelle de parasitoïde en train de se nourrir de nectar sur une fleur de sarrasin. © Bernard Chaubet

Santé, habitat

et chaleur estivale : constats et actions à mener

Nuits tropicales et îlots de chaleur à Rennes

L'extension des surfaces urbanisées génère des phénomènes climatiques locaux dont les îlots de chaleur urbain (ICU) sont la manifestation la plus marquante. Il s'agit d'un phénomène nocturne résultant de la restitution de la chaleur accumulée pendant la journée par les bâtiments et les surfaces non végétalisées. Il est plus intense lorsque la situation météorologique est radiative (vent et couverture nuageuse faibles). Les ICU sont des facteurs d'aggravation des risques de mortalité lors des vagues de chaleur car le seuil de récupération physiologique nocturne (température inférieure à 20°C, on parle alors de "nuit tropicale") n'est pas atteint : ce phénomène a été particulièrement étudié en 2003.

À Rennes, les mesures réalisées depuis 20 ans montrent que les ICU de forte intensité (plus de 4°C de différence entre le centre ville et la campagne environnante) sont observés dans 16,5% des nuits et surtout l'été : le 18 juillet 2022 un ICU record de plus de 9 degrés a été observé ! Cette même année 2022 a été caractérisée par une valeur remarquable de 8 nuits tropicales dans le centre

de Rennes alors que la moyenne interannuelle observée au poste météorologique de Saint Jacques de la Lande est inférieure à une journée par an (figure 10) ! À l'échelle des villes, le réchauffement climatique global est donc accentué (et d'autant plus que la ville est étendue et verticale) par le réchauffement local provoqué par l'artificialisation des surfaces.

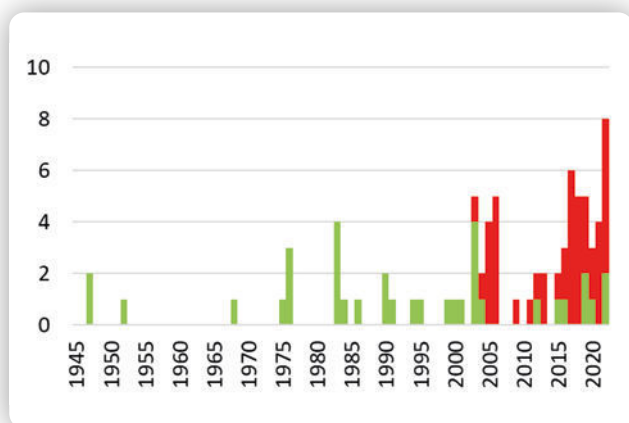


Figure 10 : Nombre de nuits tropicales à Saint-Jacques de la Lande (en vert depuis 1945) et à Rennes-centre (en rouge depuis 2003). Source : run.letg.cnrs.fr

L'urbanisme et l'aménagement urbain sont des moyens de lutter contre ce phénomène. La couleur des bâtiments et des voiries (effet d'albédo), la mise en place de surfaces en eau ou végétalisées ainsi que le contrôle de l'artificialisation des sols sont autant de leviers d'action que l'on peut préconiser à l'échelle locale, et dont certains ont fait l'objet de décrets nationaux en 2022.

Les impacts multiples et délétères de la chaleur sur la santé

Des températures inhabituellement élevées sont associées à une augmentation de la morbidité et de la mortalité, constatée de nouveau en juillet et août 2022 en Bretagne. L'exposition du corps humain à de fortes chaleurs ou des canicules

entraîne une réaction physiologique de l'organisme qui lutte pour maintenir une température interne d'environ 37°C. Une exposition prolongée à des températures élevées provoque un épuisement de l'organisme qui se manifeste par une grande diversité d'effets sanitaires (symptômes cardiovasculaires, respiratoires, digestifs, rénaux, déshydrations). Des impacts non négligeables sur la santé mentale et la santé au travail sont également à souligner. **Lorsque la chaleur est intense et se maintient, tant en journée que durant la nuit, l'impact en termes de recours aux soins et de mortalité augmente significativement.** Aux températures les plus extrêmes, un emballement de la mortalité peut s'observer¹⁷ : lors des trois vagues successives de chaleur de l'été 2022 (figure 11), un excès de décès de 168 personnes, pour une surmortalité relative de +20% ont été mesurés¹⁸.

15 / pouvoir réfléchissant d'une surface donnée en fonction de sa couleur.

16 / Journal Officiel, décret n° 2022-763 du 29 avril 2022

17 / Santé Publique France, 2019, S'adapter à la chaleur dans un contexte de changement climatique

18 / Bulletin de santé publique canicule en Bretagne, bilan de l'été 2022

Le risque sanitaire de l'exposition à la chaleur existe même en dehors des températures extrêmes. Les personnes les plus vulnérables sont les personnes âgées, les nourrissons, les personnes souffrant de maladies chroniques, sous médication, les personnes handicapées, isolées, dépendantes

ou fragiles ainsi que les personnes précaires, les travailleurs exposés à la chaleur à l'extérieur ou à l'intérieur et les femmes enceintes. Pour l'été 2022, les 75 ans et plus représentaient plus de 80% des décès en excès.

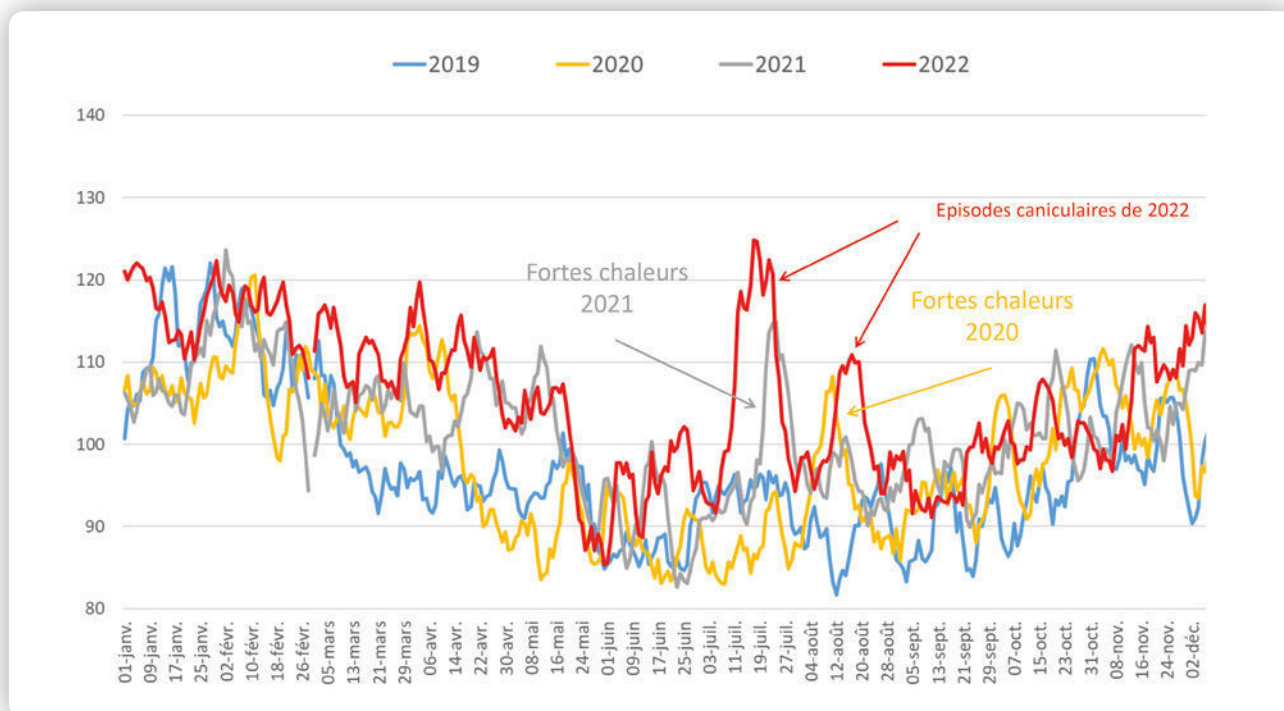


Figure 11 : Nombre de décès quotidiens en Bretagne sur la période 2019-2022.

Source : www.insee.fr

La diminution du risque sanitaire encouru par l'exposition à la chaleur passe à la fois par l'adoption de mesures de prévention individuelle, de lutte contre le phénomène d'ICU et d'évolution des pratiques des choix de construction, d'aménagement et d'urbanisme.

S'adapter ET atténuer le réchauffement climatique à travers nos choix constructifs

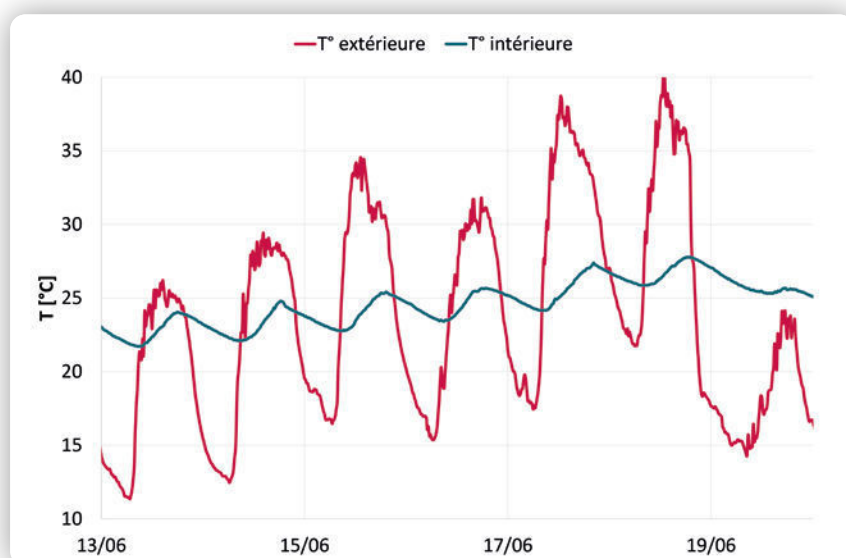
En termes d'habitat, lutter contre le réchauffement climatique est avant tout assuré en limitant notre consommation de chauffage et de climatisation. Pour cela, le choix d'une haute performance hygrothermique des enveloppes des bâtiments, permettant

une bonne régulation de la température et de l'humidité intérieures, est essentiel. Sans système de climatisation, il est possible de réguler la température intérieure d'un logement en été lors des fortes chaleurs, en disposant des matériaux d'isolation créant une "masse thermique" et assurant à la fois un déphasage (temps que met la chaleur à traverser un matériau) et un lissage des températures entre l'ambiance extérieure et l'ambiance intérieure des logements (figure 12). Ceci doit permettre de limiter l'usage de systèmes de climatisation en Bretagne, qui bénéficie d'un climat relativement doux par rapport au reste de la France métropolitaine. En 2020, on recense 28 GWh de consommation pour le refroidissement des bâtiments en Bretagne (plus le département de la Manche, zone climatique H2a), contre 4900 GWh sur l'ensemble de la France métropolitaine¹⁹.

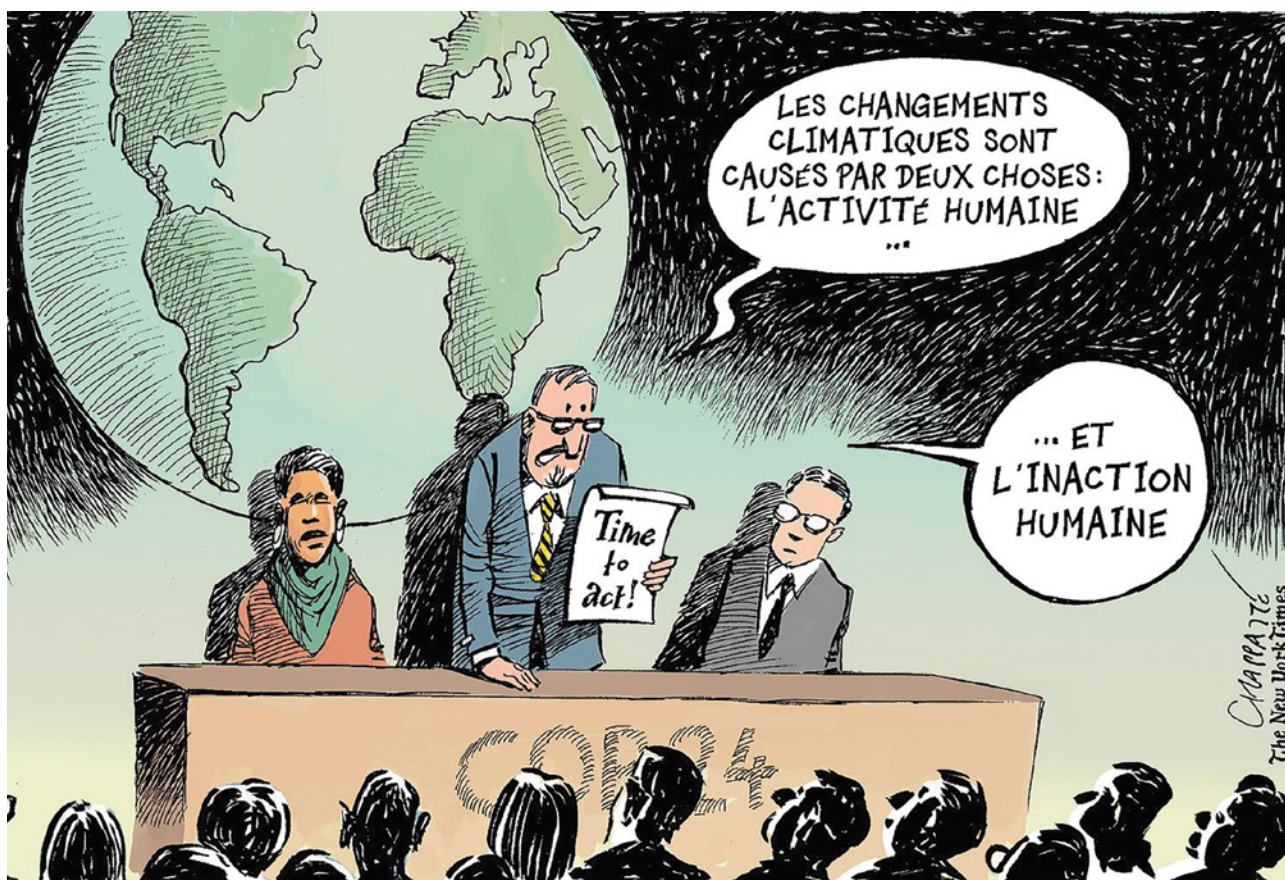
Depuis le 1^{er} janvier 2022, une nouvelle réglementation thermique et environnementale, la RE2020 est en vigueur pour les bâtiments neufs résidentiels, de bureaux et d'enseignement primaire et secondaire²⁰. Cette réglementation est en rupture avec les précédentes sur deux points essentiels :

- **adaptation au changement climatique** : un fort renforcement des exigences concernant le confort d'été ;
- **atténuation** : mise en place de seuils maximums d'émissions de GES liés à la construction (matériaux) et à l'usage des bâtiments (systèmes de chauffage, d'éclairage, d'eau chaude sanitaire, VMC, etc.).

Il faudra à court terme renforcer encore les exigences, notamment pour le secteur tertiaire et la rénovation. C'est un enjeu majeur car les constructions résidentielles neuves représentent moins de 1% du parc immobilier chaque année. Il sera alors possible d'envisager un habitat et un urbanisme qui assurent une adaptation au dérèglement climatique tout en contribuant à son atténuation, dans un objectif d'amélioration de notre confort et de notre santé.



➤ **Figure 12 : Variations des températures extérieures (en rouge) et intérieures (en bleu) lors de la semaine de forte chaleur de juin 2022, dans une maison d'habitation à Séné (Morbihan).**
On voit que l'inertie thermique permet de décaler et limiter les variations et la valeur maximale de la température intérieure, qui atteint tout de même 27,8°C le 18 juin, journée la plus chaude (40,6°C à l'ombre à 13h).
Réalisation HCBC.



Source : Chappatte

2022, et après ?

Les particularités du climat de l'année 2022 illustrent bien que la question du changement climatique est un enjeu fondamental pour la Bretagne :

- Notre région n'est pas à l'abri des périodes de fortes chaleurs qui ont des répercussions sur toutes les activités, les milieux "naturels" et les territoires ruraux comme urbains ;
- La combinaison avec de forts déficits pluviométriques rend plus complexe la gestion de la ressource en eau dans un contexte de ressource limitée en surface comme en profondeur ;
- Les principales activités économiques sont en première ligne et au premier rang l'agriculture, même si le changement climatique peut être l'occasion de nouvelles opportunités dans certains secteurs ;

- L'adaptation de l'habitat nécessite à la fois volonté et vigilance : utiliser des climatiseurs en été est l'exemple type de la "maladaptation" à éviter absolument, car l'énergie ainsi dépensée contribue à aggraver le changement climatique.

Si l'année 2022 préfigure ce que sera le futur climatique de la région (et certains modèles prévoient un futur encore plus sombre), la question de l'adaptation doit être posée et traitée avec urgence : il convient d'anticiper ces changements, et de s'y préparer en faisant des choix qui permettent d'assurer la résilience de nos territoires.

3 Atténuer le changement climatique et s'adapter : de jeunes chercheurs y travaillent en Bretagne

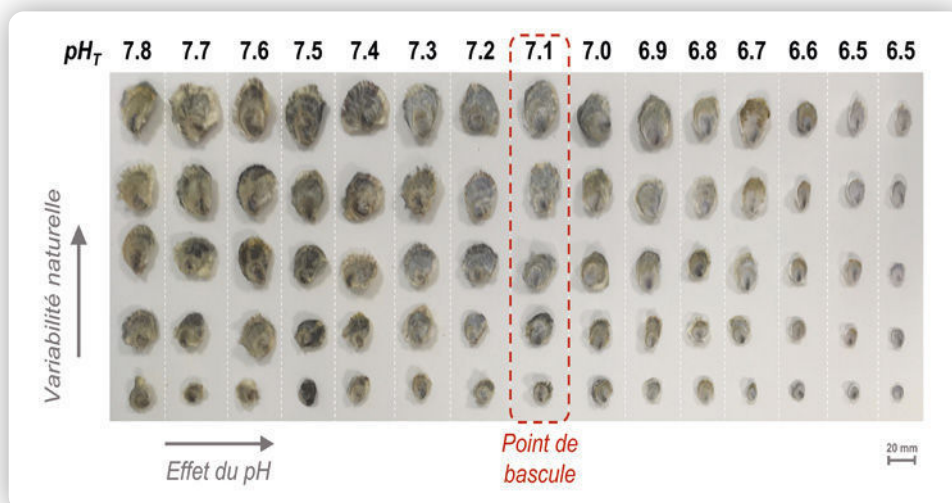
Quatre thèses soutenues en 2022 ont retenu l'attention du Haut Conseil Breton pour le Climat. Toutes nos félicitations à ces jeunes docteur(e)s qui contribuent à préparer notre société aux enjeux du climat futur !

Les huîtres victimes du changement climatique

Thèse de Mathieu Lutier : Plasticité phénotypique des huîtres à l'acidification des océans en milieu tempéré et tropical.

Ce travail, mené sur le site Ifremer de Plouzané et sur le site Ifremer de Tahiti, a visé à déterminer le point de bascule au-delà duquel la survie de l'huître creuse est impactée par l'acidification des océans. J'ai trouvé

que ce point de bascule se situait à pH 7.1 pour les adultes en dessous duquel leur croissance était réduite et leur survie compromise. Pour les larves, ce point de bascule est à pH 7.6 en dessous duquel se produisent des anomalies de développement et retards de croissance. Ces résultats sont importants car des événements climatiques extrêmes avec des pH de 7.1 se rencontrent déjà dans certaines zones en Europe et devraient se répandre et s'intensifier dans le futur. Connaître les points de bascule permettra d'adapter les activités ostréicoles dans les zones à risque.



Huîtres de 5 mois exposées 23 jours à 15 conditions de pH.

Les lignes représentent la variabilité naturelle de la taille des huîtres dans chaque condition de pH. Les colonnes représentent l'effet du pH sur l'apparence et la taille des huîtres. Le point de bascule déterminé statistiquement est présenté en rouge.

Défi climatique : élargir les bases du débat

Thèse de Anne-Cécile RENOUARD : Prendre la mesure du changement climatique. La (dé)politisation du climat au prisme de la quantification dans les politiques régionales en Bretagne, Nord-Pas-de-Calais et Pays de la Loire.

Cette thèse s'intéresse au travail démocratique et politique de projection dans le futur pour répondre au défi climatique à l'échelle régionale (scénarios énergétiques). Un des résultats est que les visions construites et débattues sont principalement techniques, dans une optique d'efficacité et d'amé-

lioration de l'existant. Cette caractéristique - décrite en termes de dépolitisation - est due pour partie aux cadrages scientifiques issus du régime climatique international (en tant que notion de science politique) qui s'imposent parfois aux acteurs, par naturalisation. Ces cadrages, comme par exemple la sectorisation économique, structurent, façonnent et in fine restreignent l'appréhension du monde social sous l'angle des émissions de gaz à effet de serre générées. Ce résultat particulier conduit à mettre l'accent sur les conditions sociales et épistémologiques de la mise en débat du changement climatique autour des objectifs d'atténuation et ainsi à envisager des possibilités d'élargir les bases actuelles de ce débat.



🌿 La villa Surprise à Soulac-sur-Mer (Gironde), © E. Cazaux (2019)

L'attrait de la mer plus puissant que la montée des eaux

Thèse d'Eugénie CAZAUX : La prise en compte des risques côtiers par les marchés fonciers et immobiliers du littoral français métropolitain : ambivalence de la mer et tentatives de régulation publique du "*désir de rivage*"

Afin de mieux cerner l'ambivalence de la mer (aménités littorales versus "*désaménités*" de l'exposition aux aléas côtiers), cette thèse questionne l'influence des risques côtiers sur les prix du foncier et de l'immobilier du littoral français métropolitain. Les résultats de cette recherche doctorale ont permis

de démontrer l'absence ou la faible prise en compte de l'exposition aux aléas côtiers de submersion marine et d'érosion côtière dans les valeurs foncières et immobilières, tout en apportant des éléments de contextualisation et de compréhension à cette situation ("*désir de rivage*" des acquéreur·ses, rôle des politiques publiques de prévention et d'indemnisation des risques côtiers, mécanismes de mise à distance spatiale et temporelle du risque, etc.). Dans la perspective de l'adaptation des territoires littoraux au changement climatique cette thèse vient proposer un éclairage utile sur les réflexions actuelles visant à initier une régulation publique des marchés immobiliers exposés aux aléas côtiers (loi "*Climat et résilience*").

Changement climatique, géologie et ressources en eau

Thèse de Nicolas CORNETTE : Impact du changement climatique sur les ressources en eau de subsurface à l'horizon 2050-2100 dans un contexte de milieux de socle cristallin

Ma thèse avait pour objectif de caractériser les eaux souterraines à l'échelle de la Bretagne pour comprendre les inégalités régionales du point de vue de la disponibilité de la ressource en eau et pour anticiper leur évolution dans un contexte de changement climatique. J'ai trouvé que la nature géologique des roches conditionnait le débit des cours d'eau. Par exemple, contrairement au schiste, le granite favorise l'alimentation des eaux souterraines et le soutien du débit des cours d'eau en période de sécheresse. Une bonne représentation de l'hydrogéologie des territoires dans les modèles de prédiction est nécessaire pour anticiper les conséquences des événements climatiques sur la ressource en eau.



🌿 Cours d'eau à sec. Source : Forum des Marais Atlantiques (FMA) / Communauté de Communes de Saint-Méen Montauban (CCSMM)

Les membres du Haut Conseil Breton pour le Climat en 2022 :

- Vincent Dubreuil, co-président. Géographie et climatologie, Rennes 2.
- Anne Marie Treguier, co-présidente. Océanographe, CNRS, IUEM, Brest
- Benjamin Bergerot, écologie – Rennes 1
- Vincent Bessonneau, santé-environnement – EHESP
- Valérie Bonnardot, géographie et climatologie – Rennes 2
- Christophe Cudennec, agronomie, hydroclimatologie – Institut Agro
- Philippe Davy, géophysique, hydrologie – Rennes 1
- Florence Gourlay, géographie – Université de Bretagne Sud
- Gérard Gruau, biochimiste, CNRS, Rennes 1
- Marie-Hélène Hubert, économie – Rennes 1
- Laurent Labeyrie, géochimiste, Université de Bretagne Sud
- Jean-Pierre Le Bourhis, Sciences politiques, CNRS, Rennes 1
- Thibaut Lecompte, génie civil – Université de Bretagne Sud
- Marion Lemoine-Schonne, droit – Rennes 1
- Manuel Plantegenest, écologie – Institut Agro
- Béatrice Quenault, Economie, Rennes 2
- Anne Roué Le Gall, santé-environnement – EHESP
- Nicole Roux, sociologie – Université de Bretagne Occidentale
- Luis Tito de Morais, écologie maritime – IRD, IUEM, Brest
- Joan Van Baaren, écologie – Rennes 1

Animatrice : Charlotte Bourguignat, Région Bretagne.

Contactez le Haut Conseil Breton pour le Climat :

hcbbc@bretagne.bzh

www.bretagne.bzh/le-haut-conseil-breton-pour-le-climat

Éditeur : Haut Conseil Breton pour le Climat (HCBC)

Région Bretagne - 283 avenue du Général Patton

CS 21101 – 35 711 Rennes CEDEX 7

Directeurs de publication : Anne-Marie TREGUIER & Vincent DUBREUIL,
co-présidents du HCBC

Réalisation graphique : Agence Gosselin Design & Digital

Imprimeur : Atelier de reprographie – Région Bretagne

Dépôt légal et ISSN : en cours d'obtention

Périodicité annuelle - n° 1, Avril 2023.

© **photo couverture :** Vincent Michel / OFR / MAXPPP



Une instance indépendante, initiée par

