



[RECIT CLIMATIQUE : PETITE HISTOIRE CLIMATIQUE DU LAC DE GRAND-LIEU]

Lisa Alcaraz, SNPN – RNN du lac de Grand-Lieu

Janvier 2026



Sommaire

I.	Les changements climatiques à l'échelle des temps géologiques	4
II.	Le changement climatique actuel : à l'aire de l'Anthropocène, qu'est-ce que ça change ?	4
III.	Indicateurs climatiques sélectionnés et analysés	5
IV.	Méthodologie sur le recueil et l'analyse des données	6
	Recueil des données passées et actuelles :	6
	Analyse des données passées et actuelles :	6
	Recueil des données pour le futur :	6
	Analyse des données modélisées :	8
V.	Le climat futur en France métropolitaine	9
VI.	Contexte climatique régional : le climat en Pays de la Loire	12
VII.	Evolution locale des températures atmosphériques	13
	Mesures locales passées : Nantes-Bouguenais	14
	Projections futures locales : Lac de Grand-Lieu.....	14
VIII.	Evolution locale des précipitations :	15
	Comparaison des stations.....	16
	Mesures locales passées : Saint-Philbert-de-Grand-Lieu	17
	Projections futures locales : Lac de Grand-Lieu.....	19
IX.	Evolution locale des évènements extrêmes :	20
	Nombres de jours chauds et très chauds annuels.....	20
	<i>Mesures locales passées : Nantes-Bouguenais</i>	<i>20</i>
	<i>Projections futures locales : Lac de Grand-Lieu.....</i>	<i>21</i>
	Nombre de jours de gel annuel	22
	<i>Mesures locales passées : Nantes-Bouguenais</i>	<i>22</i>
	<i>Projections futures locales : Lac de Grand-Lieu.....</i>	<i>23</i>
	Vagues de chaleur annuelles	24
	<i>Mesures régionales passées : à l'échelle des Pays de la Loire.....</i>	<i>24</i>
	<i>Projections futures locales : Lac de Grand-Lieu.....</i>	<i>25</i>
	Vagues de froid annuelles, en nombre de jours.....	26
	<i>Mesures régionales passées : à l'échelle des Pays de la Loire.....</i>	<i>26</i>
	<i>Projections futures locales : Lac de Grand-Lieu.....</i>	<i>28</i>
	Nombre annuel de jours de fortes pluies	28
	<i>Mesures locales passées : Saint-Philbert-de-Grand-Lieu.....</i>	<i>28</i>
	<i>Projections futures locales : Lac de Grand-Lieu.....</i>	<i>29</i>
X.	Evolution locale des indicateurs de la baisse estivale du niveau du lac :	31

Périodes de sécheresse météorologique.....	31
<i>Mesures locales passées : Saint-Philbert-de-Grand-Lieu.....</i>	<i>31</i>
<i>Projections futures locales : Lac de Grand-Lieu.....</i>	<i>33</i>
Evapotranspiration potentielle (ETP) cumulée.....	34
<i>Mesures locales passées : Nantes-Bouguenais</i>	<i>34</i>
<i>Projections futures locales : Lac de Grand-Lieu.....</i>	<i>34</i>
Niveau piézométrique	35
<i>Mesures locales passées : Saint-Philbert-de-Grand-Lieu.....</i>	<i>35</i>
<i>Projections futures régionales : à l'échelle des Pays de la Loire et du bassin versant de Grand-Lieu..</i>	<i>36</i>
XI. Montée du niveau marin :	37
XII. Résumé schématique :	39
XIII. Ressources :	39

I. Les changements climatiques à l'échelle des temps géologiques

Le climat a toujours varié sur Terre, et des changements climatiques ont déjà eu lieu il y a des milliards d'années. Par exemple, **depuis déjà 2,6 millions d'années**, une alternance entre « Terre glacée » et « Terre bien plus clémente » est en marche, avec un changement de cycle tous les 10 000 à 100 000 ans ! Cela s'appelle **l'alternance de cycles glaciaires-interglaciaires**, le dernier grand cycle glaciaire datant d'il y a 25 000 ans. Actuellement, et depuis 11 000 ans, nous sommes dans une **ère interglaciaire appelée l'Holocène**. Bien que nous ayons des températures clémentes dans cette ère, des périodes plus froides ont pu apparaître, comme lors du **Petit âge glaciaire**, entre 1500 et 1800. A cette époque, les populations humaines ont connu des grands froids à -25°C accompagnés de périodes de famine. Ces changements climatiques passés sont dits naturels, car ils sont issus de **forçages naturels**. Ces forçages, qui poussent le climat à changer comme ça a été le cas dans les grands changements climatiques passés, peuvent être **externes à la Terre** (l'activité solaire, l'inclinaison de la Terre et sa trajectoire autour du Soleil...), ou **internes à la Terre** (le volcanisme, le déplacement des chaînes de montagne et des continents, l'érosion des roches continentales...). Ils provoquent des **changements de composition chimique dans l'atmosphère et d'exposition radiative**, augmentant ou diminuant l'effet de serre, menant vers un réchauffement ou une glaciation (Ramstein, 2017). Le climat a donc toujours varié, et il continuera à changer dans le futur au fil des milliers d'années.

II. Le changement climatique actuel : à l'aire de l'Anthropocène, qu'est-ce que ça change ?

Cependant, le changement climatique que nous connaissons actuellement n'est pas issu de forçages naturels, et s'effectue non pas en milliers ou millions d'années comme pour les changements climatiques passés, mais **en deux siècles** (Ramstein, 2017). Depuis la **révolution industrielle** (1850), la démographie humaine a explosé, ce qui a provoqué la consommation massive des ressources naturelles pour répondre aux besoins des milliards d'humains au fil des années. En parlant de ressources naturelles, il s'agit d'abord du **bois** (par la déforestation) puis des **ressources fossiles** comme le charbon et le pétrole, qui lors de leur extraction, transformation, combustion et utilisation par les humains, ont émis énormément de **gaz à effet de serre** (GES). Ces GES ont donc **augmenté l'effet de serre** en changeant la composition de l'atmosphère et les flux d'énergie avec la surface de la Terre. Le changement climatique actuel est donc bel et bien **d'origine anthropique**, à cause des activités humaines. Nous aurions ainsi basculé de l'Holocène à l'**Anthropocène**, car l'humain est devenu le principal facteur du changement climatique depuis déjà avant la révolution industrielle, lors de l'apparition de l'agriculture il y a 7 000 ans (Ruddiman, 2013). En tous cas, depuis la révolution industrielle il y a 150 ans, la température moyenne mondiale a **augmenté de 1,2 °C**. Il n'a pas fait aussi chaud sur Terre depuis 125 000 ans, et la concentration en CO₂ dans l'atmosphère a dépassé le seuil des **410 ppm** (parties par millions), qui n'avait pas été atteint depuis 2 millions d'années (GIEC, 2023).

Les impacts du changement climatique ne sont pas identiques partout, car des climats, microclimats et phénomènes climatiques existent et sont différents selon les régions de la Terre. Dans le contexte des aires

protégées en France, la démarche Natur'Adapt commence ainsi par **l'analyse locale de l'histoire climatique** de la zone d'étude, pour pouvoir comprendre et anticiper les impacts du changement climatique sur l'aire protégée, et ainsi adapter la gestion et les activités sur la zone (Coudurier *et al.*, 2023). Voici alors la petite histoire climatique du lac de Grand-Lieu, analysant le climat passé, présent et futur du lac grâce à une sélection d'indicateurs.



Figure 1 : les marais de Grand-Lieu envahis de jussie, octobre 2020 (JM Gillier, SNPN – RNN Lac de Grand-Lieu)

III. Indicateurs climatiques sélectionnés et analysés

Le tableau ci-dessous récapitule les indicateurs climatiques sélectionnés et analysés pour la démarche Natur'Adapt au niveau du lac de Grand-Lieu. L'analyse de la température de l'eau n'est finalement pas réalisée ici par manque de recul, les données étant trop récentes, de même que le risque incendie, évoqués dans la Note de cadrage.

Tableau 1 : Récapitulatif des objets d'analyse sélectionnés pour la composante « Climat »

Objets climatiques	Précisions sur les indicateurs
Températures atmosphériques	Moyennes annuelles et saisonnières
Précipitations	Cumuls annuels et saisonniers
Evènements extrêmes	Annuellement : nombres de jours de chauds, de gel, vagues de chaleur, de froid, nombre de jours de fortes pluies
Indicateurs de la baisse estivale du niveau du lac	Annuellement : nombre de jours secs météorologiques, évapotranspiration potentielle – ETP, niveau piézométrique
Montée du niveau marin	Projections futures

IV. Méthodologie sur le recueil et l'analyse des données

Recueil des données passées et actuelles :

L'analyse du climat passé nécessite tout d'abord de recueillir les **données météorologiques du site sur une période minimale de 30 ans**. Pour connaître le climat local du lac de Grand-Lieu, les données météorologiques Météo-France des stations de **Nantes-Bouguenais** et **Saint-Philbert-de-Grand-Lieu** (dite « Saint-Philbert ») ont été récupérées via le site du gouvernement français data.gouv. Ces deux stations météorologiques locales encadrent le lac, la station de Nantes-Bouguenais se situant sur l'aéroport de Nantes (au nord du lac) et la station de Saint-Philbert-de-Grand-Lieu se situant dans la commune éponyme riveraine du lac. La station Nantes-Bouguenais récupère des données météorologiques depuis mai 1945 pour un grand nombre de paramètres climatiques, alors que la station Saint-Philbert ne possède des séries longues (plus de 30 ans) que pour les précipitations. Les autres paramètres climatiques étant enregistrés seulement depuis 2020 pour la station Saint-Philbert, les données autres que les précipitations seront analysées à partir de la station Nantes-Bouguenais. Pour éviter tout biais, l'année 1945 est ignorée dans les analyses, car incomplète, ainsi que 2026.

Concernant les données des mesures du **niveau piézométrique** de la nappe des sables du bassin versant de Grand-Lieu, elles ont été récupérées à partir du service Hub'eau. Deux stations mesurant la nappe sont proches du lac : l'une à Saint-Philbert-de-Grand-Lieu, l'autre à La Chevrolière. En comparant les profils des deux stations, les différences sont minimales : les évolutions sont similaires, bien que la station à La Chevrolière présente des niveaux de nappe continuellement plus élevés que ceux de la station de Saint-Philbert-de-Grand-Lieu (environ 1,20m de plus). Il a donc été choisi de sélectionner le piézomètre qui se situe à **Saint-Philbert-de-Grand-Lieu** (identifiant : 05086X0065/EL33), étant plus proche du lac.

Analyse des données passées et actuelles :

Depuis 2022, les **normales climatiques sont calculées sur la période 1991-2020** (elles sont mises à jour tous les 10 ans). Il s'agit donc de la période de référence utilisée pour voir l'évolution du climat sur notre site. La **période 1961-1990** permet de constater de **l'évolution récente du climat** en faisant la différence entre la moyenne climatique à cette période et la moyenne climatique actuelle.

Les moyennes glissantes représentent **l'évolution du paramètre climatique**, et sont réalisées sur 10 ans, ce qui permet de lisser la courbe des moyennes pour éliminer le « bruit ». Cela isole visuellement les grandes tendances, les évolutions climatiques sur le temps long et élimine les cycles saisonniers.

Recueil des données pour le futur :

Dans un second temps, le site DRIAS a permis de récupérer les **données modélisées** des paramètres dans le futur, selon des horizons et des scénarios différents. Les données modélisées sont issues de modèles climatiques, qui calculent, selon différentes hypothèses et probabilités, les futures températures, précipitations, ETP...

L'ensemble de modèles **DRIAS-2020** a été utilisé ici. Ce type de modélisation est **multi-modèles**, c'est-à-dire que plusieurs simulations climatiques, selon les scénarios, ont permis de calculer les paramètres futurs, à une résolution spatiale de 8 km. Les scénarios considérés ici sont les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre (GES) futurs RCP4.5 et RCP8.5. Le **scénario RCP4.5** est un scénario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations de CO₂ dans l'atmosphère d'ici 2030. A l'inverse, le **scénario RCP8.5** est actuellement le plus pessimiste mais le plus réaliste : avec une hausse continue des émissions au cours du siècle, c'est le scénario sans politique climatique mise en place, le scénario du « laisser-faire », dans la continuité de nos politiques actuelles. Le RCP2.6 n'a pas été retenu car il n'est plus réaliste actuellement. Le scénario médian RCP4.5 permet d'illustrer ce que l'on pourrait voir si nous arrivons à mettre en place des **mesures d'atténuation**. Les **mesures d'adaptation**, comme dans le cadre de Natur'Adapt, sont nécessaires pour tous types de scénarios futurs encore plausibles. En effet, même dans le cas de la prise de mesures politiques, le changement climatique progressera et s'intensifiera, car ces mesures, comme l'illustrent certaines mesures actuelles, restent trop peu ambitieuses face à ce qu'il nous attend. Il sera alors nécessaire de s'adapter à ces nouvelles conditions climatiques qui continueront d'évoluer.

Et le Gulf Stream ?

Dans ce récit climatique, les projections sont faites en considérant que le **Gulf Stream** se maintiendrait tel quel aux horizons 2050 et 2100. Cependant, il a déjà été observé une **diminution de 4% depuis 40 ans** de la force du Gulf Stream, avec une tendance significative seulement depuis 10 ans (Piecuch et Beal, 2023). En effet, ce grand « courant d'air » qui apporte de l'air chaud en Europe et de l'air froid en Amérique du Nord dépend (entre autres) des courants de circulation océanique. Ceux-ci sont eux-mêmes dépendants de la température des eaux, et donc de leur densité. Il est possible que dans le futur, le Gulf Stream s'affaiblisse clairement à cause du réchauffement des eaux, de la baisse de leur salinité et de la fonte des glaciers apportant de l'eau douce et provoquant l'absorption de plus de chaleur par l'océan (Voituriez, s.d.). Cela pourrait résulter en un climat plus froid en Europe, mais il faut cependant garder en tête que cet affaiblissement ne se ferait pas d'un coup, et qu'il s'agit d'un phénomène *a priori* mineur par rapport à l'amplitude du réchauffement général. Cependant, on ne connaît pas les conséquences que ce ralentissement du Gulf Stream pourrait avoir sur les espèces migratrices dépendantes de ce courant, comme l'Anguille européenne ou les oiseaux migrateurs traversant l'Europe et la Scandinavie.

Analyse des données modélisées :

L'approche multi-modèle permet de représenter la **dispersion des simulations climatiques**, et donc d'avoir une meilleure estimation du climat futur, selon ces scénarios. Pour représenter cette dispersion, il a été choisi d'utiliser des représentations dites « probabilistes », utilisée aussi par l'ONERC (Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique) (Ouzeau *et al.*, 2014) : la **médiane** (50% des valeurs sont plus élevées, 50% des valeurs sont plus faibles) qui est représentative de la grande majorité des données, le **5^e centile** (5% des valeurs sont situées en dessous) et le **95^e centile** (95 % des valeurs sont situées en dessous) qui représentent les valeurs extrêmes des simulations (Figure 2). Cette dispersion correspond aux intervalles de prédiction, appelées aussi incertitudes.

Les **horizons 2050** (période 2021-2050) et **2100** (période 2071-2100) ont été sélectionnés, pour avoir un horizon proche et un horizon lointain.

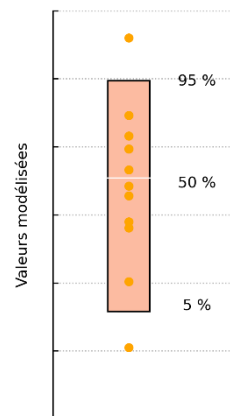


Figure 2 : Représentation de l'incertitude avec les valeurs individuelles (points), la médiane (50%) et la plage de 90% des valeurs (cadre coloré) (DRIAS - Météo-France, 2020)

Focus sur les modèles du multi-modèles DRIAS 2020 :

10 couples de modèles ont été sélectionnés pour les scénarios RCP4.5 et RCP8.5, associant un modèle global avec son modèle régionalisé, donc ayant une granulométrie plus fine, une échelle plus précise :

CNRM-CM5/ALADIN63 (du Centre National de Recherches Météorologiques - CNRM)

MPI-ESM/CCLM4-8-17 (du Climate Limited-area Modelling Community - CLMcom)

EC-EARTH/RCA4 (de l'institut suédois de météorologie et d'hydrologie - SMHI)

IPSL-CM5A/WRF381P (de l'Institut Paul-Simon Laplace - IPSL)

MPI-ESM/REMO2009 (du Climate Service Center - CSC)

HadGEM2/CCLM4-8-17 (CLMcom)

EC-EARTH/RACMO22E (de l'institut royal météorologique des Pays-Bas - KNMI)

IPSL-CM5A/RCA4 (SMHI)

CNRM-CM5/RACMO22E (KNMI)

Nor-ESM1/HIRHAM5 v3 (de l'institut météorologique danois - DMI)

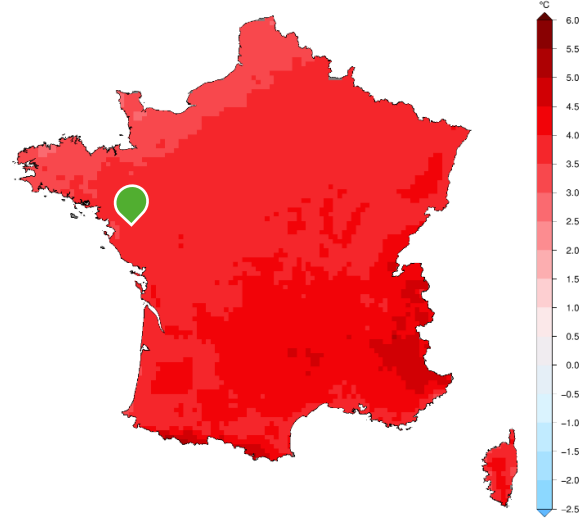
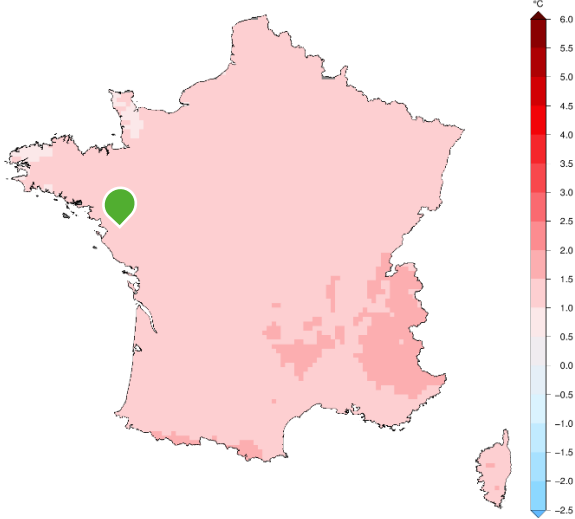
V. Le climat futur en France métropolitaine

Pour avoir une première vision du potentiel futur climat en France métropolitaine, les cartes ci-dessous ont été générées à partir du site DRIAS de Météo-France, sous le scénario du « laisser faire » (*Figure 3*). Ces cartes illustrent alors bien les **différences régionales** de sensibilité aux changements climatiques : rien qu'en France, ces différences peuvent être fortes d'un endroit à un autre. Si l'on considère les **précipitations**, les différences sont mêmes à l'opposé : le nord – nord-est connaîtra davantage de précipitations alors que le sud connaîtra, à l'inverse, un déficit de précipitations. On voit également pour tous les paramètres, que les changements climatiques s'intensifieront entre 2050 et 2100. Les **températures moyennes annuelles** seront bien plus élevées (une France à +4 ou +5°C), avec davantage de **jours en vague de chaleur** surtout dans les massifs montagneux (Pyrénées, Alpes, Massif central). Les **fortes précipitations** seront plus fréquentes dans la moitié nord du pays. Les **sécheresses** seront plus importantes sur la façade méditerranéenne et sur la façade ouest – sud-ouest, et **l'évapotranspiration potentielle** s'intensifiera partout surtout dans le sud-est.

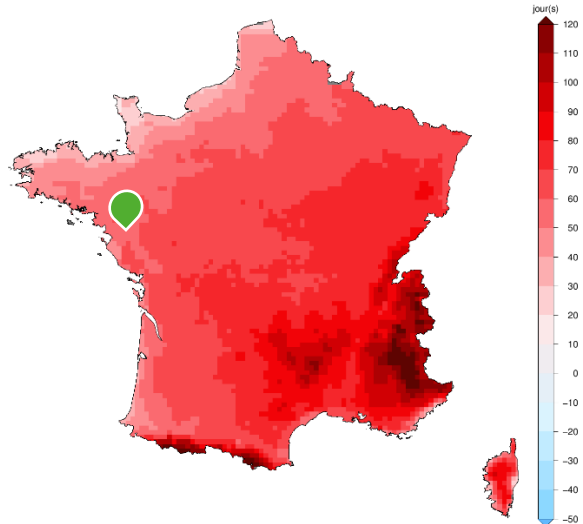
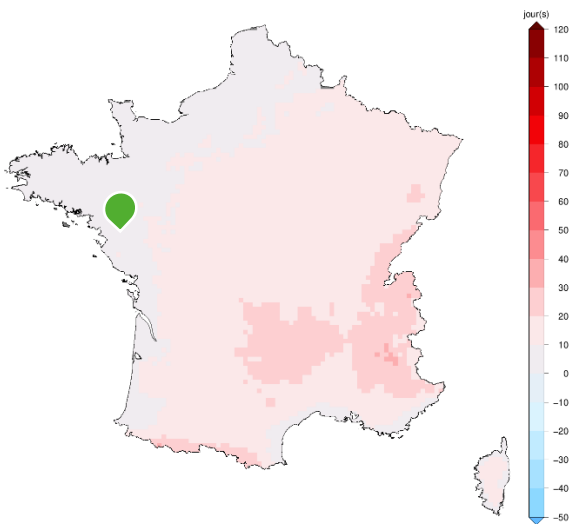
2050

2100

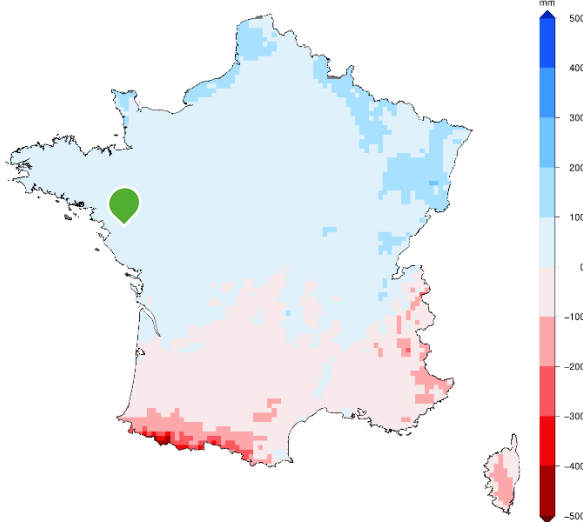
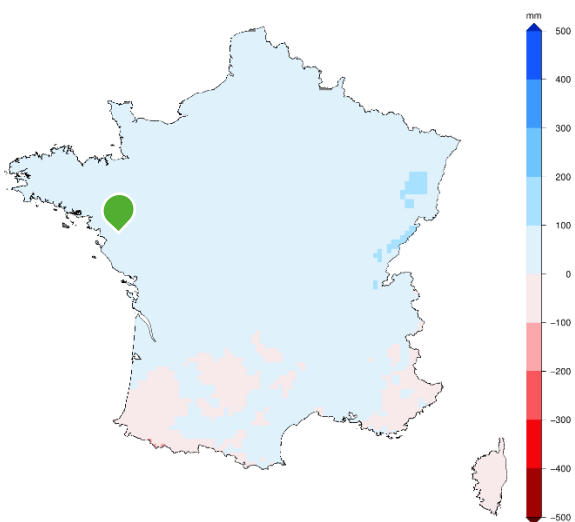
Ecart de la
température
moyenne
annuelle (°C)



Ecart du
nombre
annuel de
jours en
vague de
chaleur



Ecart du
cumul des
précipitations
annuelles
(mm)



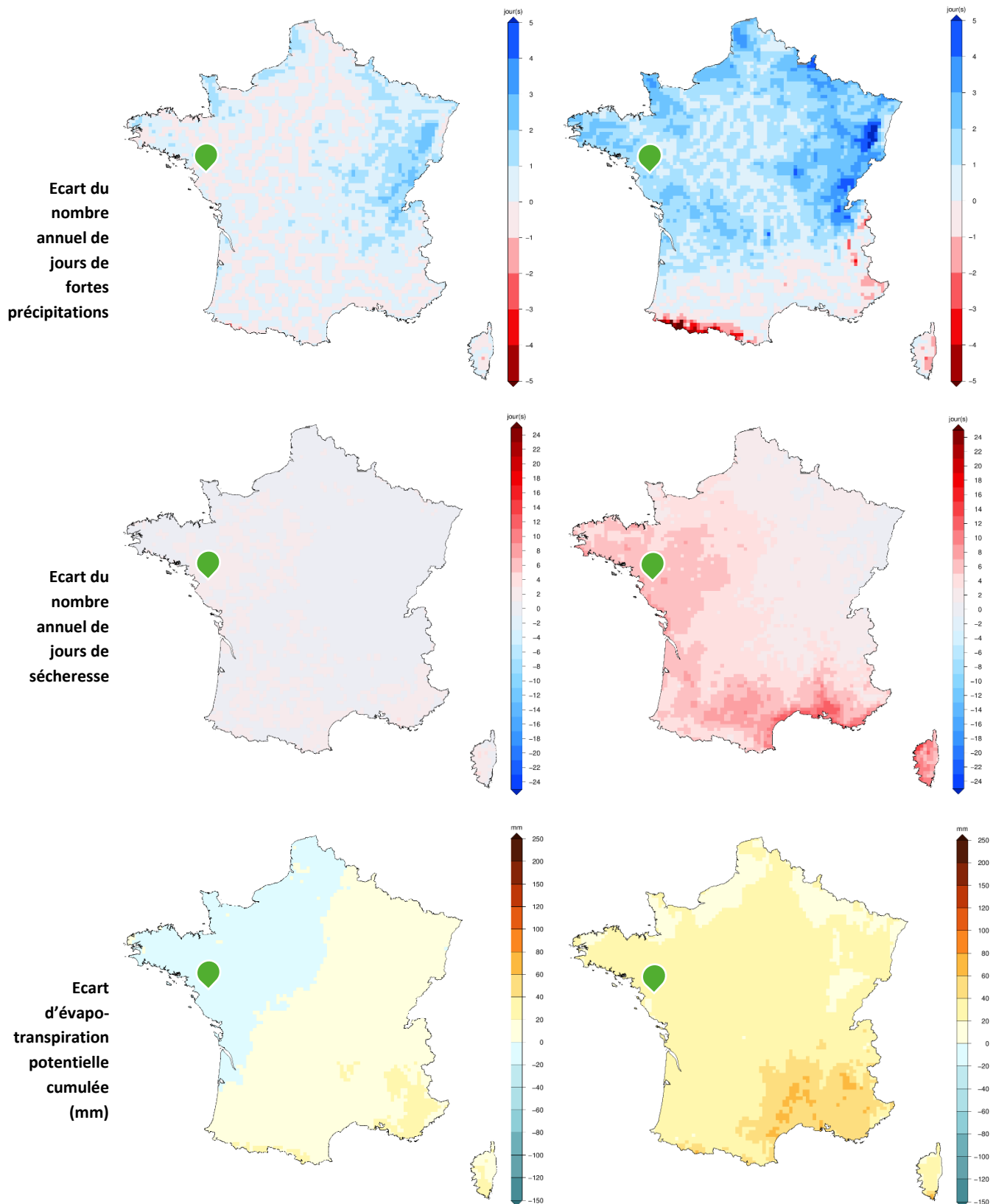


Figure 3 : Cartes de l'évolution de différents paramètres climatiques, à horizons 2050 (gauche) et 2100 (droite), sous le scénario RCP8.5 - médiane de l'ensemble multi-modèles DRIAS 2020, pour l'écart de certain paramètre entre la période de référence de 1976-2005 et les différents horizons. Le lac de Grand-Lieu est localisé par le signe vert. (DRIAS – Météo-France)

VI. Contexte climatique régional : le climat en Pays de la Loire

L'analyse régionale du climat permet ensuite d'apporter une vision plus fine **des disparités** selon la proximité à l'océan, la latitude et le relief. Une étude régionale montre que le nord de la région (nord Mayenne) connaît un réchauffement moins important que le reste de la région, notamment par rapport à la Vendée (Amiot *et al.* 2024). La répartition des cumuls pluviométriques est également bien spatialisée, entre le littoral, le centre de la région et le nord. Par rapport à la période de référence, **la région a gagné l'équivalent d'un mois de pluie estivale en plus**. D'après cette même étude, alors que **la région a connu une augmentation de 1 à 1,5°C** de la température moyenne annuelle entre le passé récent (1951-1980) et la période actuelle (1991-2020), la hausse progressive et continue des températures mèneraient en 2100 à connaître des températures moyennes annuelles similaires à **celles actuellement autour de Bordeaux** selon le scénario RCP4.5. Sous le scénario RCP8.5, les **températures moyennes annuelles entre 14 et 16°C** dans la région correspondront à **celles de Nice actuellement**. Le climat dans la région tendra d'ici 2100 à **se « méditerranéiser »**, comme le montre la carte ci-dessous (Amiot *et al.*, 2022). Les contrastes pluviométriques saisonniers s'amplifiant dans le futur, avec des déficits en saison d'été (avril-septembre), s'ajoutent à des températures en hausse, **augmentant les risques de sécheresses**. De ce fait, la part de climat « méditerranéen » au fil des années, c'est-à-dire un climat tempéré à été chaud et sec selon la classification de Köppen (Dubreuil, 2022), augmentera dans la région d'ici 2060, et concernera même tous les départements de Bretagne et Pays de la Loire d'ici 2100 (Figure 4). Nantes connaîtrait alors un climat méditerranéen trois années sur quatre. Le climat « breton », tempéré à été frais sans saison sèche, aura quasiment disparu des deux régions à la fin du siècle.

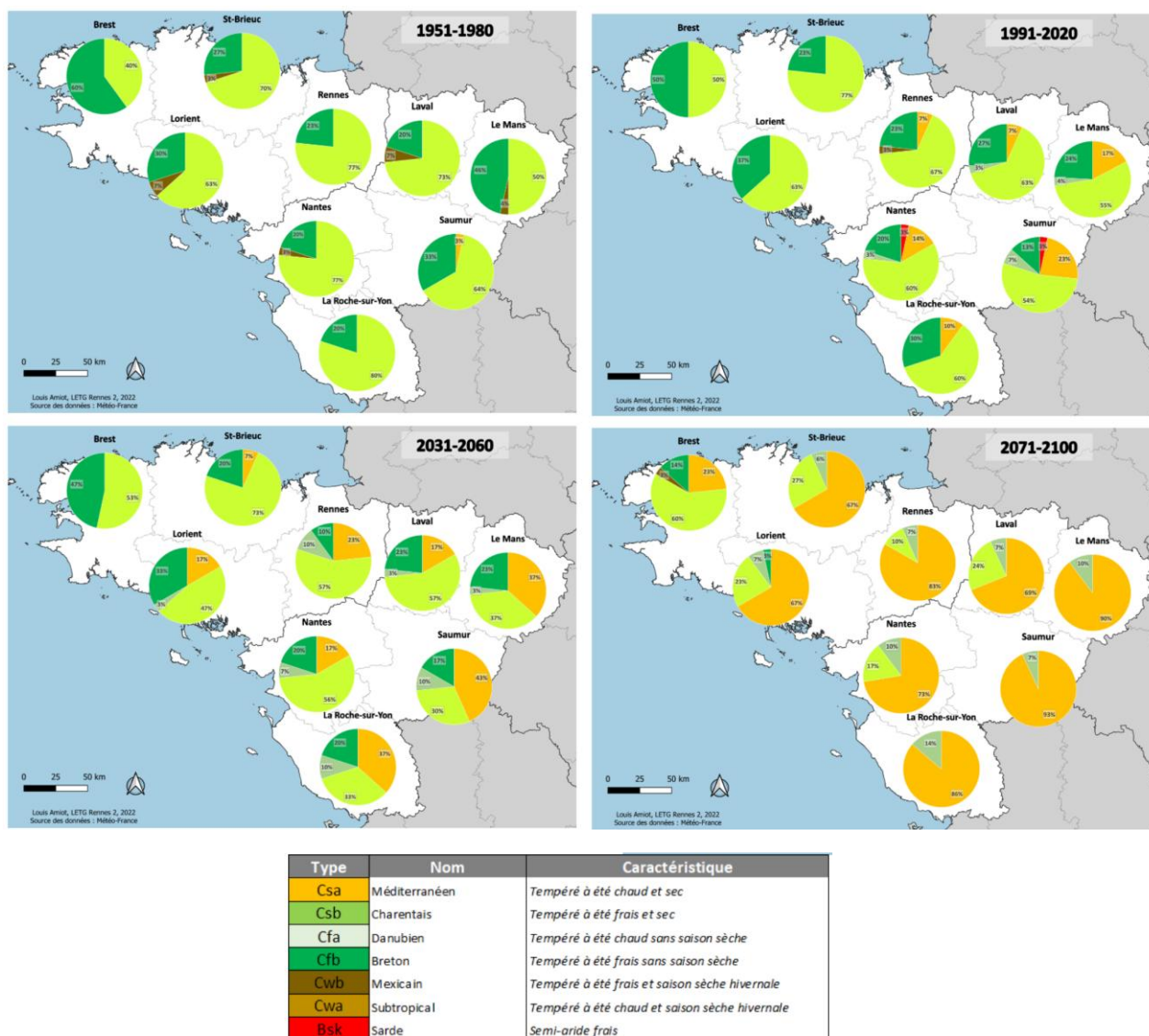


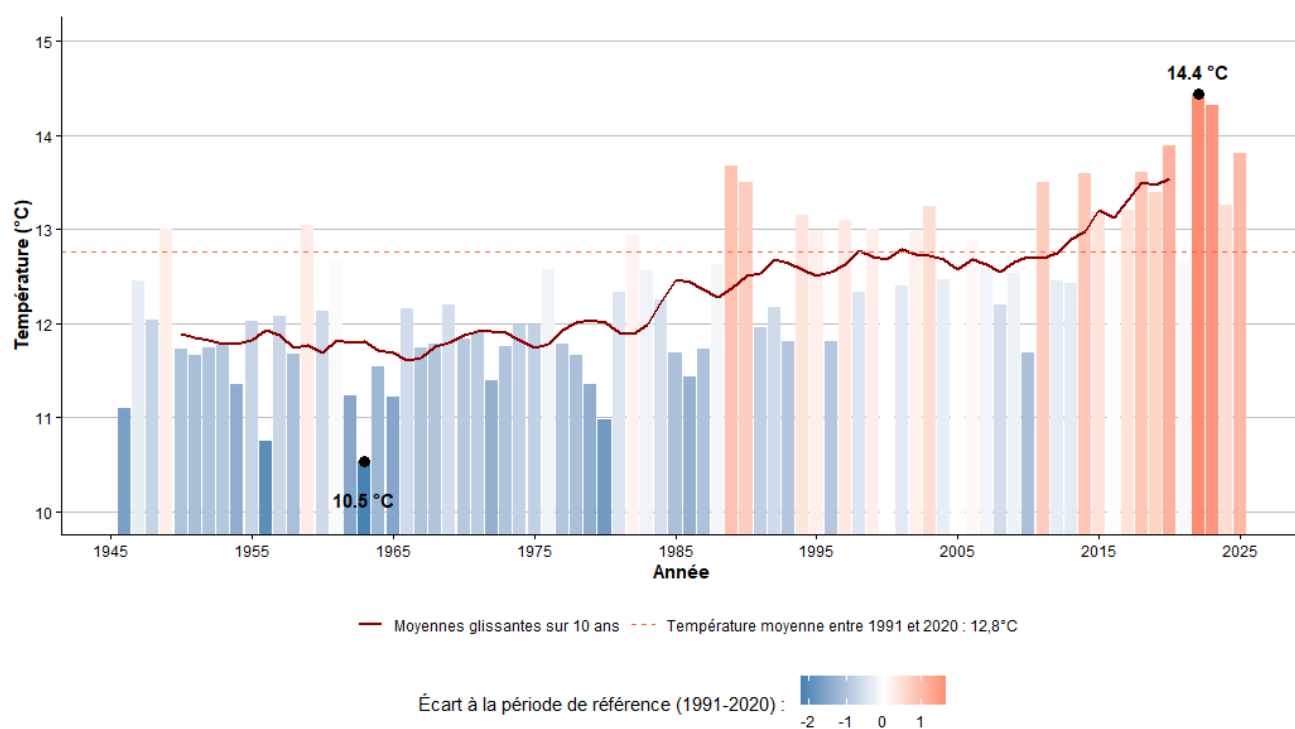
Figure 4 : Fréquence de type de climat annuel sur la période observée 1991-2020 et d'après le modèle CNRM-ALADIN avec le scénario RCP8.5 pour 2031-2060 et 2071-2100 (Amiot et al., 2022)

VII. Evolution locale des températures atmosphériques

Pour une première entrée dans le récit climatique, les températures atmosphériques ont tout d'abord été choisies comme indicateurs. Il s'agit du premier paramètre clé pour comprendre l'évolution du climat, la hausse des températures étant caractéristique du changement climatique, particulièrement dans une zone humide comme c'est le cas pour le lac de Grand-Lieu.

Mesures locales passées : Nantes-Bouguenais

La **moyenne annuelle** des températures atmosphériques actuelles est de **12,8°C** (Figure 5). Il s'agit d'une **augmentation de 0,8°C en 30 ans**, soit presque **+0,3°C par décennie**, rythme de réchauffement que l'on retrouve également au niveau national (Climat HD – Météo-France, 2024). La hausse des températures s'est accélérée depuis le début des années 1990, et le seuil de la moyenne actuelle est quasiment systématiquement dépassé depuis 2015. Les trois années les plus chaudes jamais enregistrées ont d'ailleurs été 2022, 2023 et 2025. 2022 « triomphe » avec une moyenne annuelle de 14,4°C. Le printemps est la période qui s'est réchauffée le plus depuis 1990, avec **+1,1°C en 30 ans**. Les autres saisons ont également connu un réchauffement.



Source des données : Météo-France
L. Alcaraz, SNPN - RNN Lac de Grand-Lieu

Figure 5 : Evolution des températures moyennes annuelles de 1946 à 2025 (station Nantes-Bouguenais)

Projections futures locales : Lac de Grand-Lieu

D'un simple coup d'œil au graphique ci-dessous, on constate que les températures augmenteront en toutes saisons, quel que soit l'horizon et le scénario (Figure 6). En 2050, les différences entre les scénarios ne sont pas marquées : sur l'année, on gagnerait en moyenne **+1,2°C**, avec **les plus grosses augmentations en automne**. Cependant, à l'horizon 2100, les différences se creusent et le constat est clair : pour chaque mois, le **scénario « du pire » dépasse le scénario médian**, avec des différences très claires en période hivernale (**+3,8°C en décembre** par rapport à la période actuelle). Le réchauffement atteindrait même **jusqu'à presque +5°C en été**, la moyenne du mois pouvant alors atteindre **24,5°C**. Cette comparaison par horizon illustre bien l'accélération du changement climatique si rien n'est fait pour lutter contre.

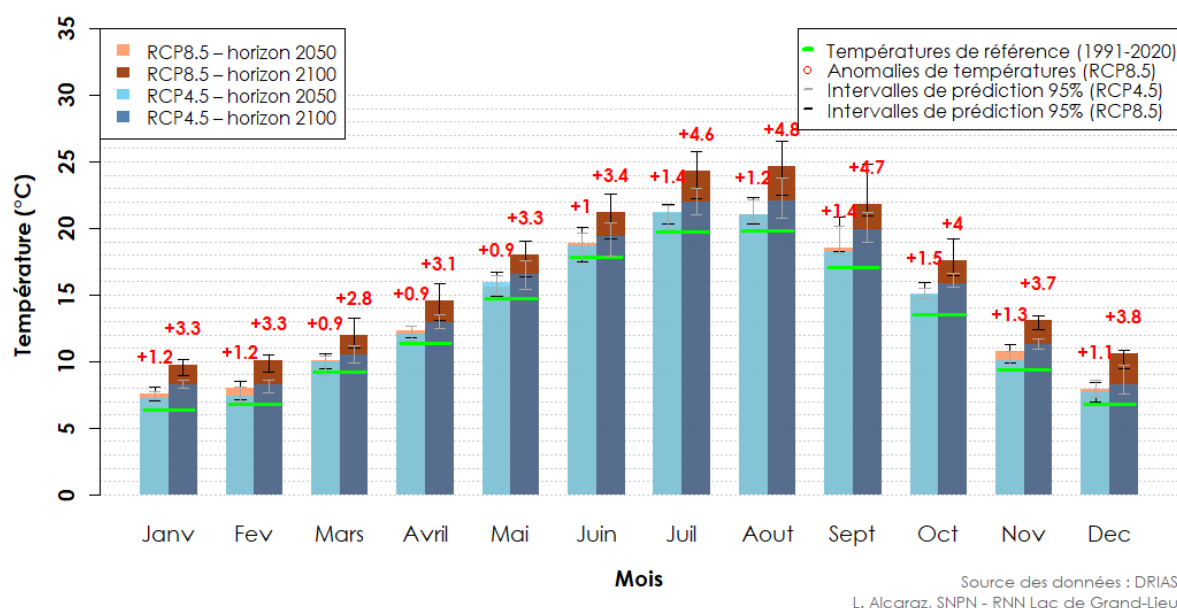


Figure 6 : Moyennes mensuelles des températures (en °C) : projections à horizon proche (2021-2050) et horizon lointain (2071-2100), selon deux scénarios (RCP4.5 et RCP8.5) - Lac de Grand-Lieu (maille SAFRAN 11183)

Tableau 2 : Récapitulatif de l'évolution des températures atmosphériques moyennes				
Passé récent 1961 - 1990				
année	hiver	printemps	été	automne
12°C	5,9°C	10,7°C	18,3°C	12,8°C
Présent : période de référence 1991-2020				
année	hiver	printemps	été	automne
12,8°C	6,6°C	11,8°C	19,1°C	13,4°C
Futur dans un monde sans politique climatique : Horizon 2050 (H1) Horizon 2100 (H2)				
tendance	hiver	printemps	été	automne
↗	H1 : +1,2°C H2 : +3,5°C	H1 : +0,9°C H2 : +3,1°C	H1 : +1,2°C H2 : +4,3°C	H1 : +1,4°C H2 : +4,1°C

VIII. Evolution locale des précipitations :

Le lac est alimenté principalement par les cours d'eau, dont les débits sont très dépendants des précipitations. Son niveau dépend donc de ces précipitations, pour atteindre son niveau maximal en hiver et son niveau minimal en été. Par ailleurs, la qualité de l'eau dépend aussi des pluies, à cause des ruissellements des terres agricoles en amont. Ici est donc calculé le cumul annuel (ou saisonnier) des précipitations, c'est-à-dire que l'on somme les précipitations d'une année (ou d'une saison).

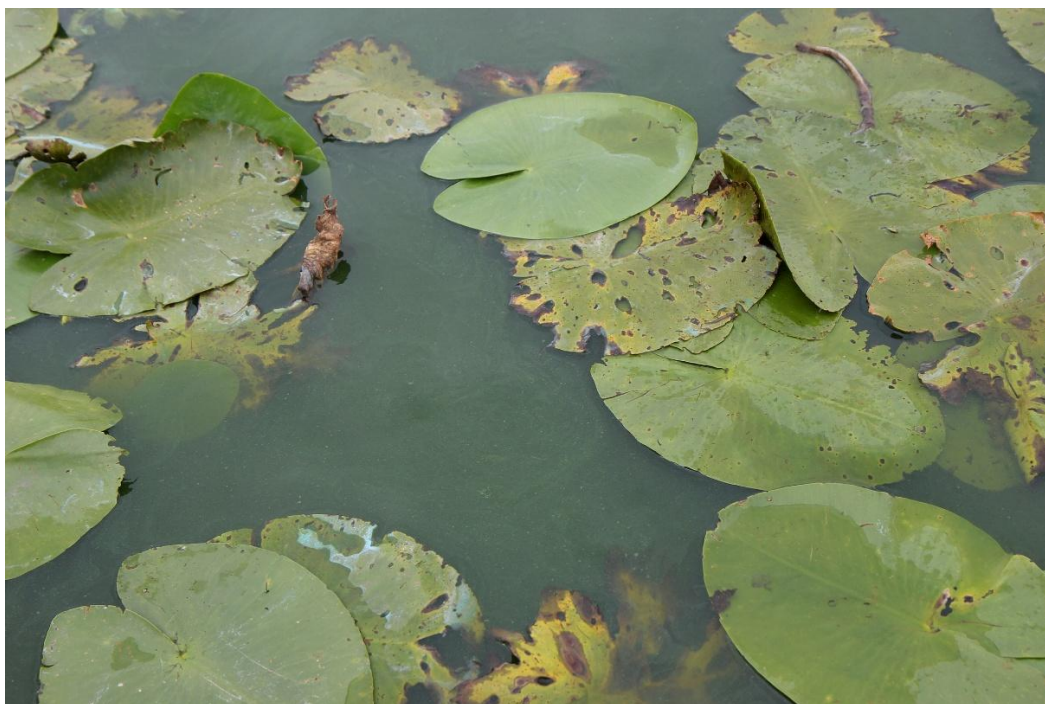
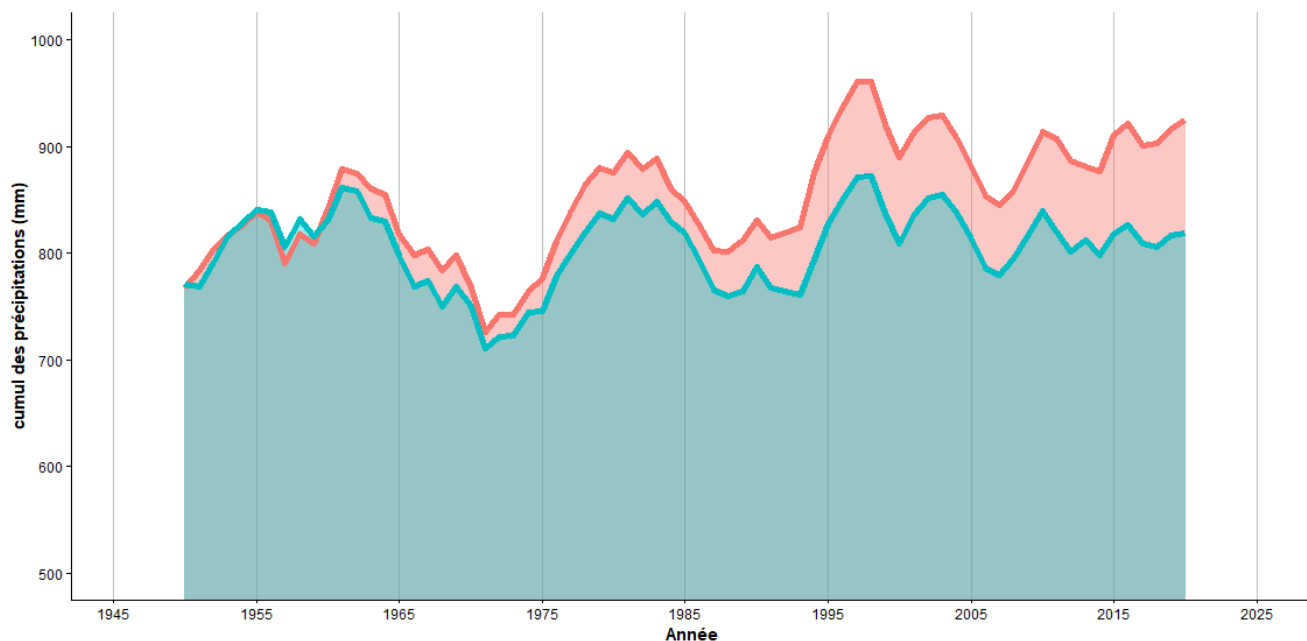


Figure 3 : Nénuphars et eutrophisation, juillet 2020 (JM Gillier, SNPN – RNN Lac de Grand-Lieu)

Comparaison des stations

La comparaison entre les précipitations mesurées à la station Nantes-Bouguenais et celles mesurées à la station Saint-Philbert montre que le cumul des précipitations à Saint-Philbert-de-Grand-Lieu suit une tendance plus importante à la hausse qu'à Nantes (*Figure 7*). Bien que les stations ne soient séparées que d'une dizaine de kilomètres l'une de l'autre, les climats locaux semblent suivre des tendances différentes. Dans le passé récent, il **pleuvait déjà davantage à Saint-Philbert-de-Grand-Lieu** (814 mm) qu'à Nantes (787 mm). Actuellement, **l'écart s'est encore plus creusé**, avec un cumul des pluies plus important à Saint-Philbert-Philbert-de-Grand-Lieu (**900 mm**, soit +86 mm en 30 ans) qu'à Nantes (**819 mm**, soit +32 mm en 30 ans).



Moyennes glissantes sur 10 ans, aux stations de : — ST-PHILBERT — NANTES-BOUGUENAI

Source des données : Météo-France
L. Alcaraz, SNPN - RNN Lac de Grand-Lieu

Figure 7 : Comparaison de l'évolution du cumul des précipitations entre Nantes et Saint-Philbert-de-Grand-Lieu

La station Saint-Philbert étant plus proche du lac que la station Nantes-Bouguenais et plus représentative de son bassin versant, les données de la station Saint-Philbert seront utilisées pour l'analyse du cumul des précipitations. En effet, il se peut que le microclimat plus humide et moins exposé soit favorable à des précipitations plus importantes à Saint-Philbert-de-Grand-Lieu.

Mesures locales passées : Saint-Philbert-de-Grand-Lieu

A Saint-Philbert-de-Grand-Lieu, les **précipitations sont plus importantes depuis une trentaine d'année** (Figure 8). Les cumuls des précipitations sont en effet en progression, bien que très irrégulières et variables d'une année sur l'autre.

L'étude des précipitations par saison est d'autant plus marquante. Alors que les précipitations enregistrées à la station Nantes-Bouguenais indiquent une diminution au printemps (-5 mm en 30 ans), une légère augmentation en été (+7 mm) et de plus fortes augmentations en automne et en hiver (respectivement +14 et +17 mm), les tendances mesurées à la station Saint-Philbert diffèrent largement. On constate une **augmentation de la précipitation durant toutes les saisons**, avec de **fortes augmentations en automne et en hiver**. Les précipitations ont plus faiblement augmenté en été et sont beaucoup moins marquées au printemps. Pour 2025, le cumul des précipitations est similaire à celui de la période de référence (la barre de 2025 est quasiment blanche). 2020 et 2024 sont les années de cette dernière décade qui ont été les plus pluvieuses, se rapprochant du record pluvieux de 1999 avec 1172,6 mm en cumul annuel.

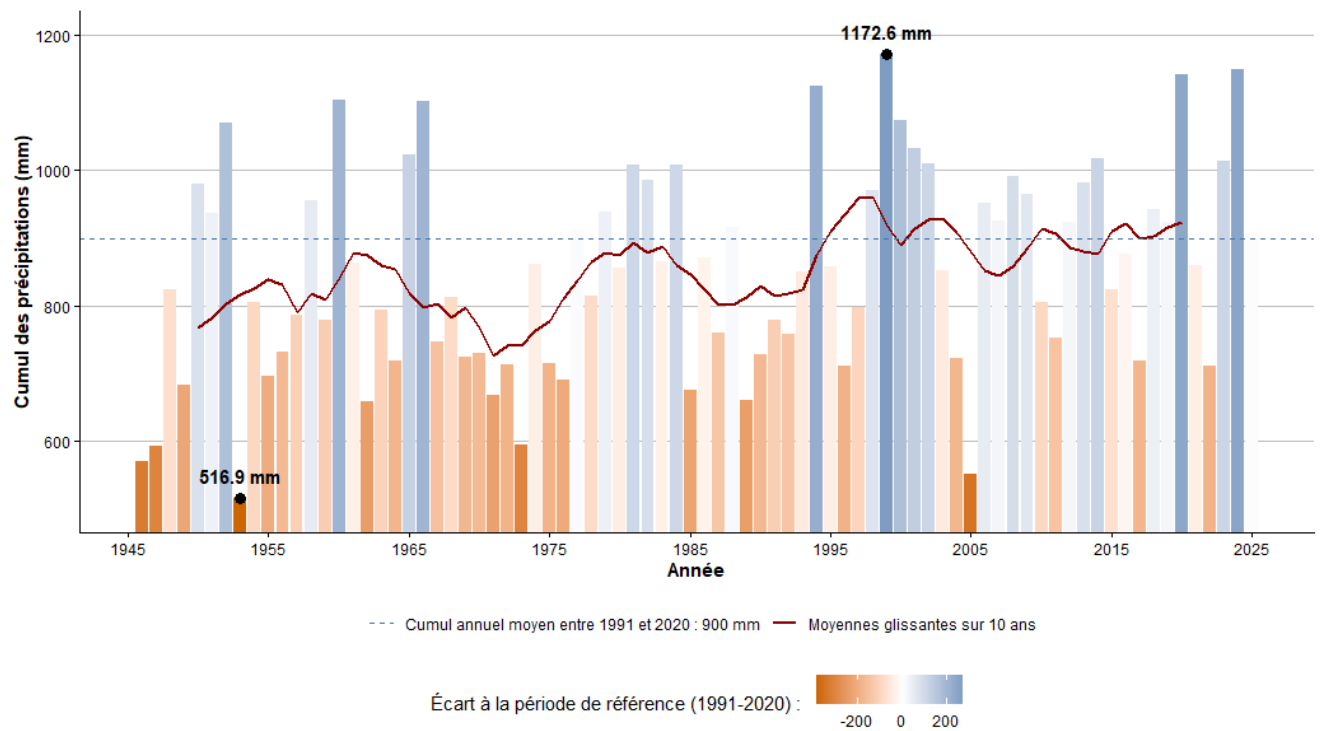


Figure 8 : Evolution du cumul annuel des précipitations entre 1946 et 2025 (station St-Philbert)



Figure 9 : le lac de Grand-Lieu après une averse, octobre 2021 (JM Gillier, SNPN - RNN Lac de Grand-Lieu)

Projections futures locales : Lac de Grand-Lieu

Les précipitations futures sont particulièrement difficiles à prévoir, comme le démontrent les **très grandes incertitudes** pour chaque mois (Figure 10). Cependant, bien que les projections diffèrent selon les scénarios et les horizons, il est possible d'observer une **tendance à la baisse du cumul des précipitations en été et une tendance à la hausse des précipitations en hiver**, tendances également observées dans une étude régionale (Amiot *et al.*, 2024). En 2050, ces tendances seront moins marquées mais déjà des déficits de pluviométrie pourront être constatés au cours de l'été, surtout sous le scénario RCP8.5. **Les tendances seront accentuées en 2100**, quel que soit le scénario. L'hiver, les précipitations pourront **augmenter de 15-20%**, et l'été elles pourront **diminuer de 15 à 25%**. Le printemps et l'automne seront alors des saisons de « transition ».

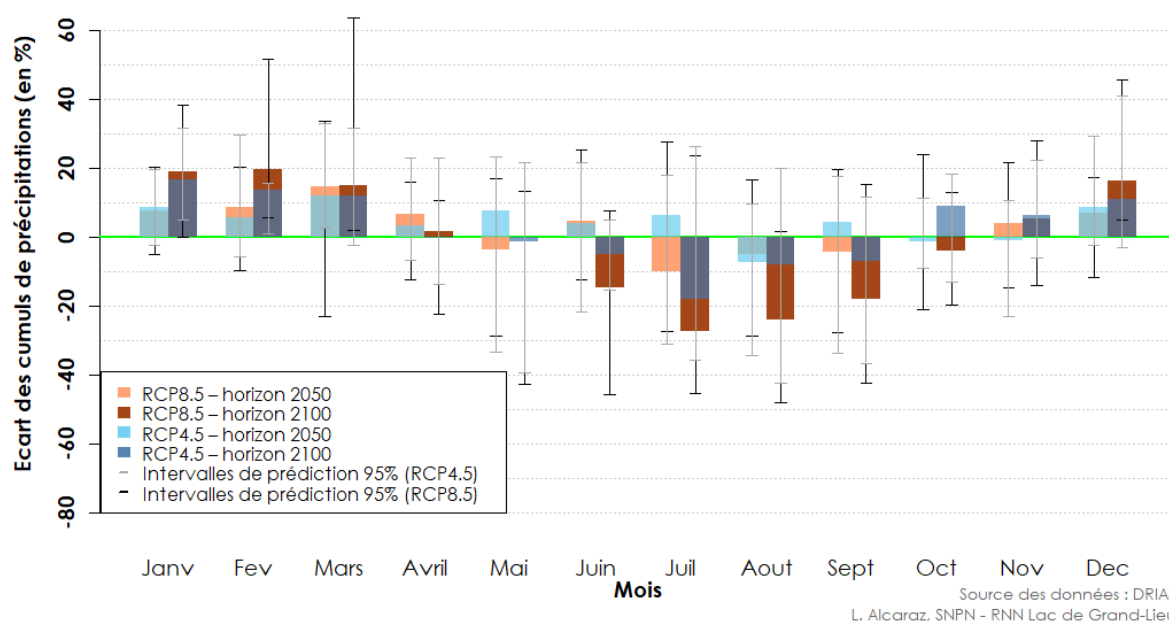


Figure 10 : Ecart des cumuls mensuels des précipitations (en %) par rapport à la période de référence (1991-2020) : : projections à horizon proche (2021-2050) et horizon lointain (2071-2100), selon deux scénarios (RCP4.5 et RCP8.5) - Lac de Grand-Lieu (maille SAFRAN 11183)

Tableau 3 : Récapitulatif de l'évolution du cumul des précipitations				
Passé récent 1961 - 1990				
année	hiver	printemps	été	automne
814 mm	250 mm	191 mm	135 mm	239 mm
Présent : période de référence 1991-2020				
année	hiver	printemps	été	automne
900 mm	279 mm	194 mm	155 mm	272 mm
Futur dans un monde sans politique climatique :				
Horizon 2050 (H1)				
Horizon 2100 (H2)				
tendances	hiver	printemps	été	automne
↗ ↘	H1 : +8% H2 : +18%	H1 : +6% H2 : +8%	H1 : -3% H2 : -21%	H1 : - H2 : -6%

IX. Evolution locale des évènements extrêmes :

Les évènements d'extrêmes chauds impactent la biodiversité locale : par exemple, les saules sur le site du lac sont très sensibles à ces épisodes, couplés à des épisodes de sécheresse. La température de l'eau est aussi fortement impactée par ses épisodes de forte chaleur, avec des effets négatifs sur la biodiversité aquatique. A l'inverse, les épisodes de grand froid et de gel, en diminuant, peuvent favoriser le développement d'espèces exotiques envahissantes (EEE) déjà présentes, ou même favoriser la venue de nouvelles EEE. Les végétaux sont aussi plus exposés au gel tardif, car la diminution des jours de gel rend leur phénologie plus précoce. De plus, le secteur du lac de Grand-Lieu étant dans une zone identifiée comme « à risque » pour les inondations, il est également intéressant de se pencher sur le nombre de jours de fortes pluies.

Nombres de jours chauds et très chauds annuels

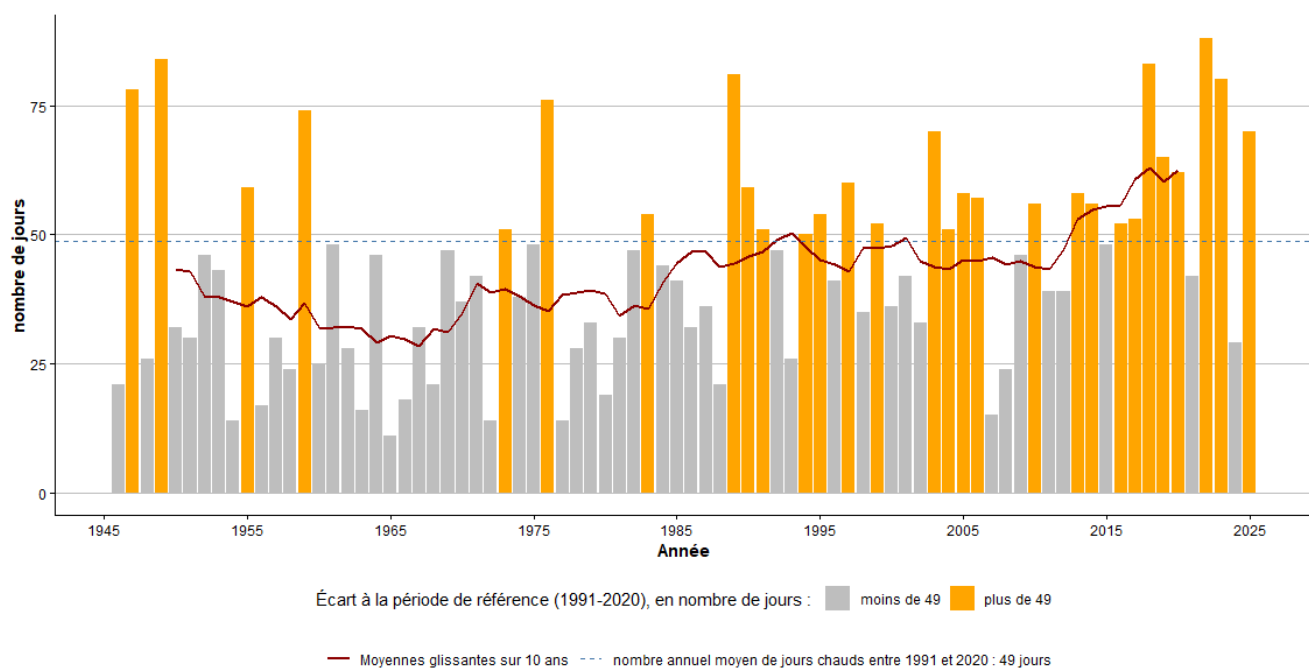
Mesures locales passées : Nantes-Bouguenais

Définitions :

Nombre de jours chauds : nombre de jours avec une température maximale supérieure ou égale à 25°C.

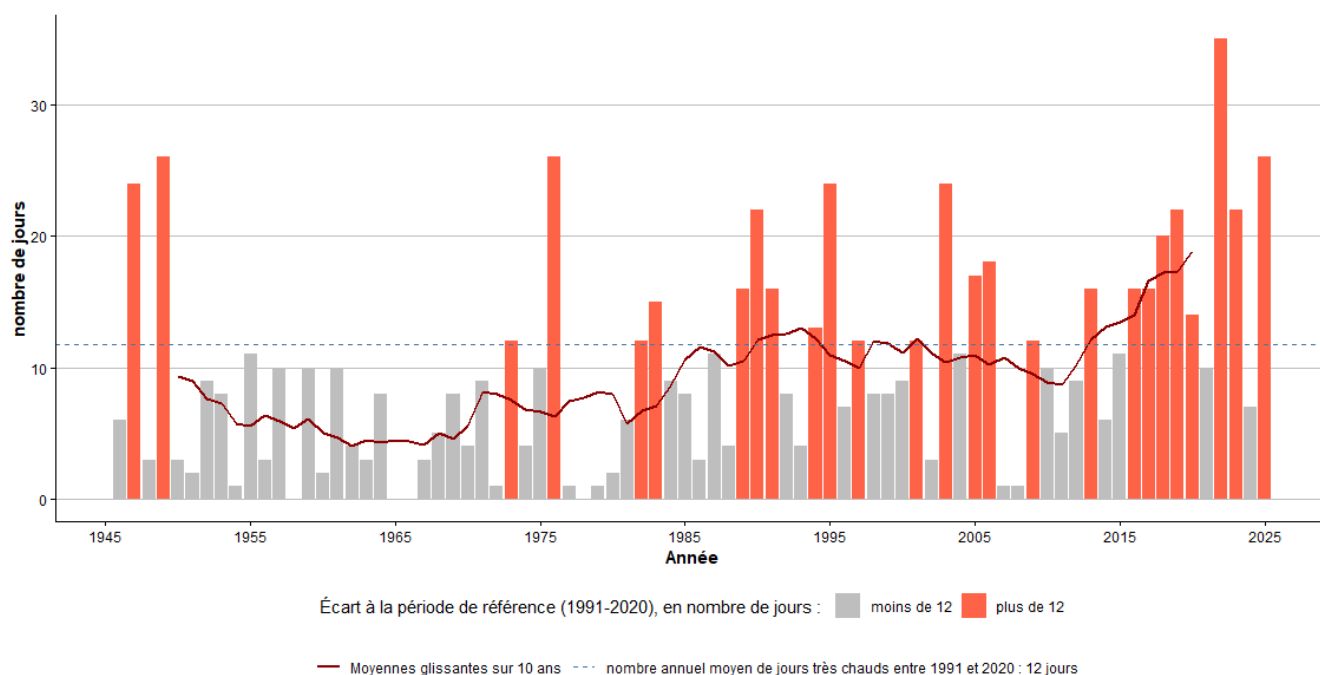
Nombre de jours très chauds : nombre de jours avec une température maximale supérieure ou égale à 30°C.

Ces paramètres ont un impact important sur la biodiversité du site, qui subit ces évènements de « coups de chaud » de plus en plus fréquents. En effet, en 30 ans, le **nombre de jours chauds a augmenté de 12 jours** (*Figure 11*) et le **nombre de jours très chauds a lui augmenté de 5 jours** (*Figure 12*). Depuis 10 ans, la référence est dépassée quasiment tous les ans, que cela soit en termes de jours chauds ou de jours très chauds.



Source des données : Météo-France
L. Alcaraz, SNPN - RNN Lac de Grand-Lieu

Figure 11 : Evolution du nombre de jours chauds par an, de 1946 à 2025 (Station Nantes-Bouguenais)



Source des données : Météo-France
L. Alcaraz, SNPN - RNN Lac de Grand-Lieu

Figure 12 : Evolution du nombre de jours très chauds par an, de 1946 à 2025 (Station Nantes-Bouguenais)

Projections futures locales : Lac de Grand-Lieu

Le nombre de jours très chauds augmentera particulièrement sous le scénario RCP8.5, en été et en septembre (Figure 13). Alors qu'il est prévu une augmentation d'un jour très chaud en juillet et en août sous le RCP4.5, le scénario RCP8.5 nous emmènerait vers une **augmentation de 4 jours très chauds** durant ces mois, avec aussi une augmentation d'un jour en juin et en septembre.

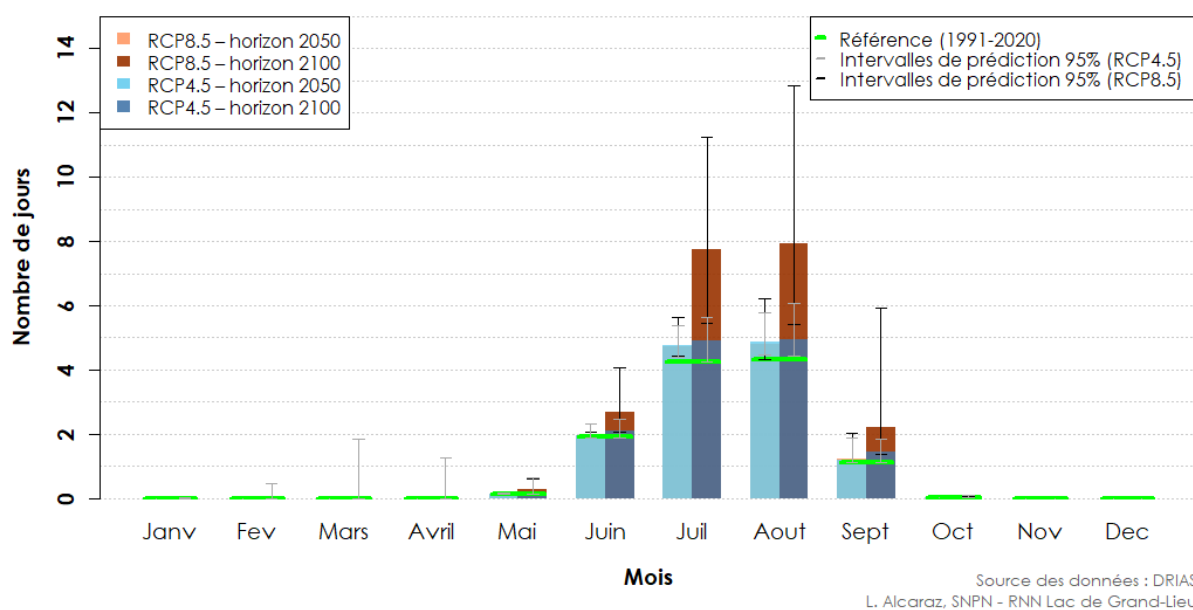


Figure 13 : Nombre de jours très chauds par mois : projections à horizon proche (2021-2050) et horizon lointain (2071-2100), selon deux scénarios (RCP4.5 et RCP8.5) - Lac de Grand-Lieu (maille SAFRAN 11183)

Nombre de jours de gel annuel

Mesures locales passées : Nantes-Bouguenais

Aujourd'hui, nous n'avons plus que **28 jours de gel** : nous avons **perdu 5 jours de gel annuels en 30 ans** (Figure 14). Depuis 15 ans, le nombre de jours de gel est quasiment systématiquement inférieur à la normale actuelle.

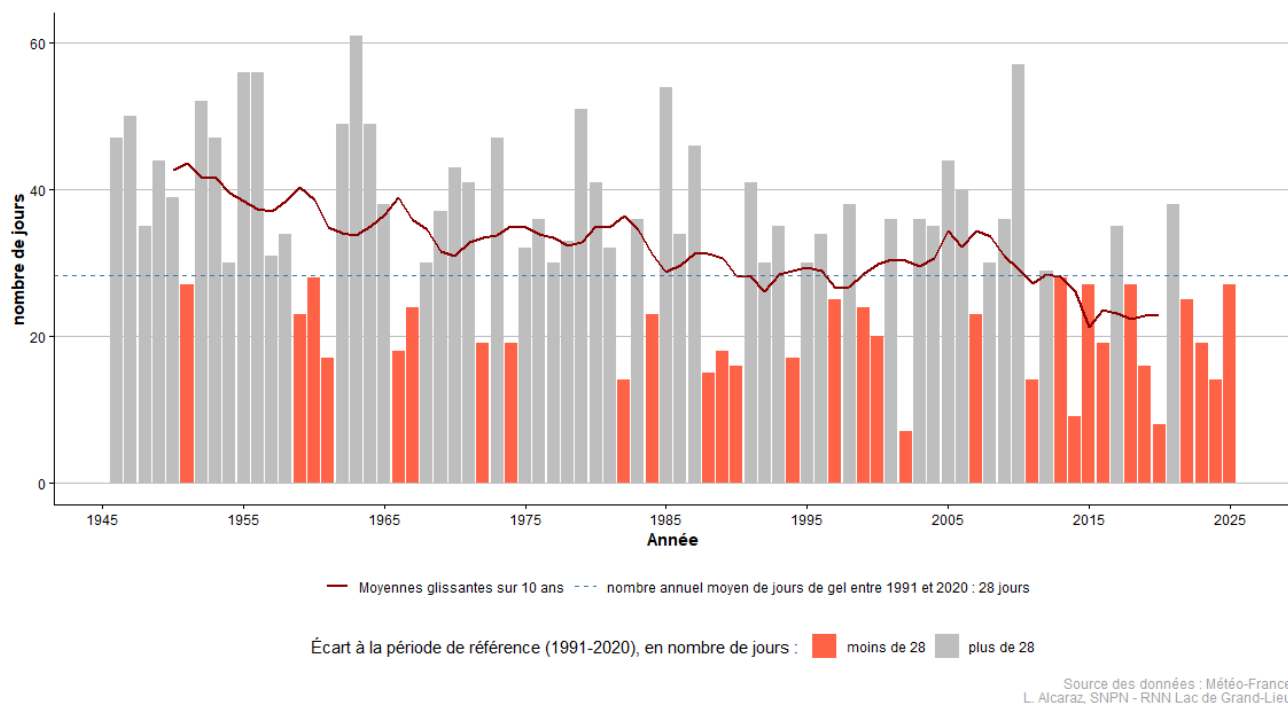


Figure 14 : Evolution du nombre de jours de gel annuel, entre 1946 et 2025 (Station Nantes-Bouguenais)

Projections futures locales : Lac de Grand-Lieu

En 2050, le nombre de jours de gel diminuera durant les mois les plus froids, quel que soit le scénario (Figure 15) : novembre, décembre, janvier, février et même mars pourront **perdre entre 1 et 2 jours de gel**. En 2100, le scénario RCP8.5 prévoit même que chaque mois d'hiver **perde entre 4 et 5 jours de gel**.

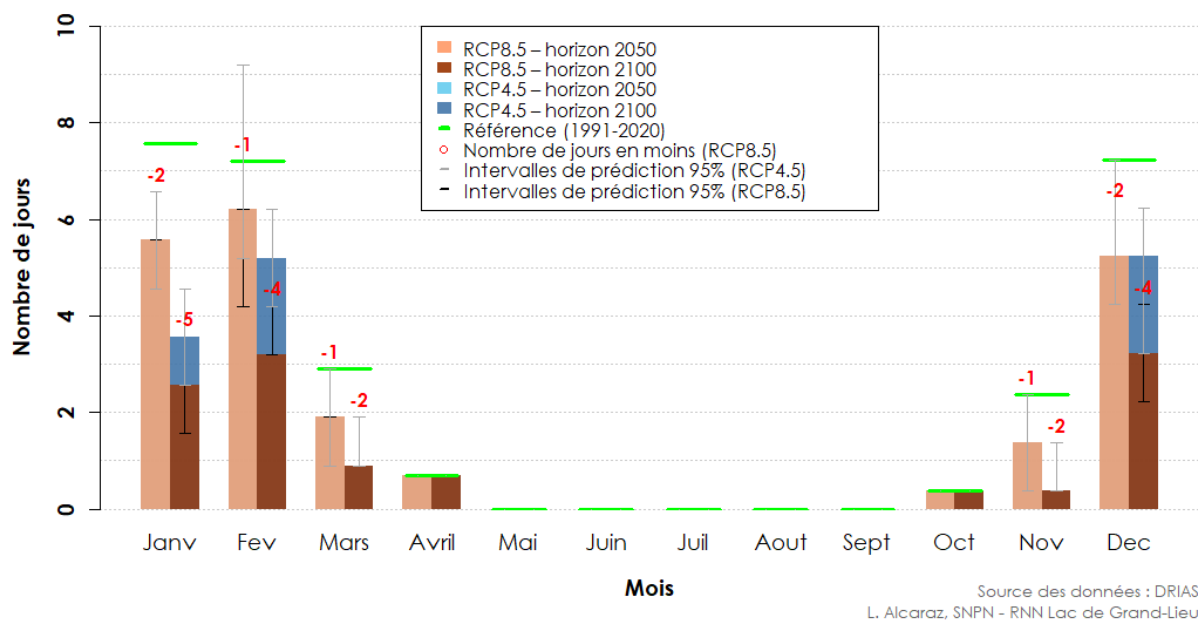


Figure 15 : Nombre de jours de gel par mois : projections à horizon proche (2021-2050) et horizon lointain (2071-2100), selon deux scénarios (RCP4.5 et RCP8.5) - Lac de Grand-Lieu (maille SAFRAN 11183)

Vagues de chaleur annuelles

Mesures régionales passées : à l'échelle des Pays de la Loire

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

Une vague de chaleur est définie comme une **période durant laquelle la température maximale est supérieure de 5°C à la normale pendant au moins 5 jours consécutifs**. Cette définition est la plus répandue. Cependant, Météo-France utilise aussi une autre définition : *"Les températures sont anormalement élevées pendant plusieurs jours consécutifs. Pour répondre aux critères cumulatifs d'une vague de chaleur, l'indicateur thermique national doit soit être supérieur ou égal pendant un jour à 25,3 °C, soit être supérieur ou égal à 23,4 °C pendant au moins 3 jours. La vague de chaleur se termine lorsque l'indicateur thermique national redescend sous 23,4 °C pendant 2 jours consécutifs ou lorsqu'il redescend même une journée sous 22,4 °C."* Cette deuxième définition explique alors que l'on retrouve des vagues de chaleur durant **moins de 5 jours** sur le graphique ci-dessous (Figure 16), mais qui cependant atteignent des températures très importantes.

Pour chaque année, l'épisode de vague de chaleur le plus important est représentée par une bulle (Figure 16). La **durée** de la vague de chaleur correspond au nombre de jours consécutifs passés à plus de 5°C au-dessus de la normale saisonnière. **L'indicateur de température** représente la température maximale atteinte lors de l'épisode de chaleur. Enfin, la taille de la bulle représente **l'intensité de la vague de chaleur** : par exemple, la bulle de 2023 est une des plus grosses, car la vague de chaleur représentée a duré longtemps (environ 13 jours) en atteignant les 30°C. La vague de chaleur représentée par la bulle de 2022, même si elle a aussi atteint les 30°C, a duré moins longtemps et elle est donc moins grosse. Les bulles grises correspondent aux années avant 2000, et les bulles jaunes aux années après 2000.

On constate que les vagues de chaleur sont plus intenses et plus nombreuses : entre 1947 et 2024, il y a eu 55 vagues de chaleur. **26 ont eu lieu entre 1947 et 2000**, donc en 53 ans, avec en moyenne **3 jours par an** en vague de chaleur. Alors **qu'entre 2001 et 2024**, donc en 23 ans, il y a eu **29 vagues de chaleur**, avec en moyenne **7 jours par an** en vague de chaleur. Il y a eu plus de vagues de chaleur en deux fois moins de temps après 2000, qui en plus ont augmenté en durée. Les vagues de chaleurs sont plus sévères et plus fréquentes, avec plusieurs épisodes au cours d'un même été (Climat HD – Météo-France, 2024). On retrouve sur la figure 16 les épisodes caniculaires de 2003, historique, et de 2022.

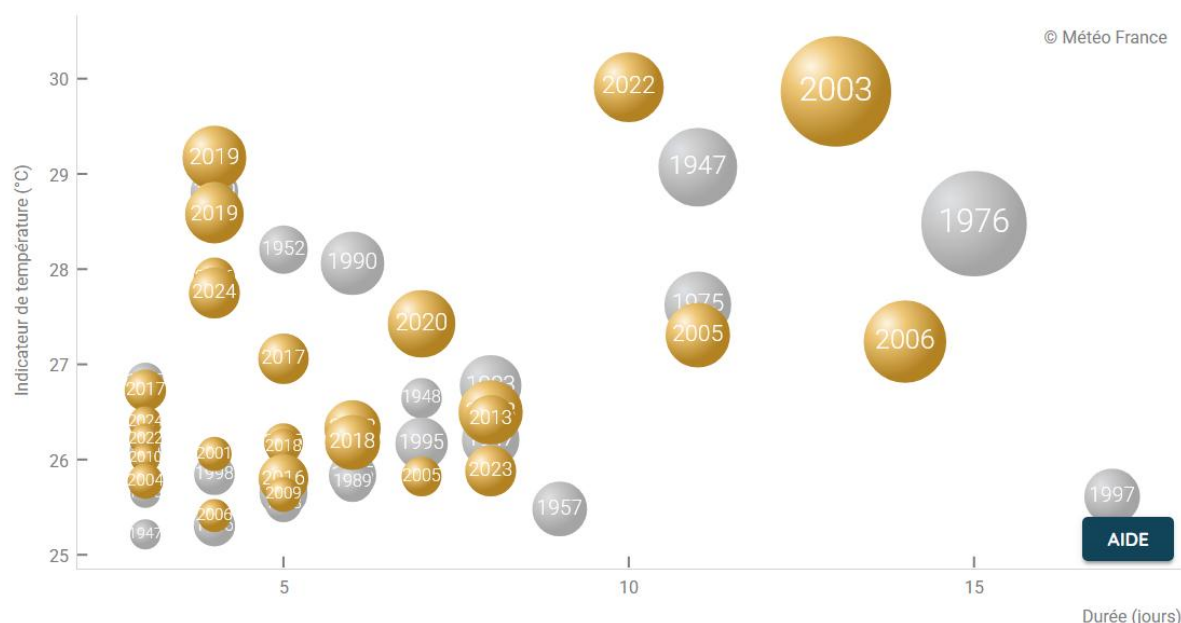


Figure 16 : Vagues de chaleur en Pays de la Loire, de 1947 à 2024 (Climat HD – Météo-France)

Projections futures locales : Lac de Grand-Lieu

Les projections prévoient une **augmentation du nombre de jours en vague de chaleur**, surtout sous le scénario RCP8.5. En 2050, le nombre de jours de vagues de chaleur annuel resterait identique à ce que l'on connaît actuellement (Figure 17). Cependant, à **horizon 2100, l'augmentation est drastique : tous les mois** connaîtraient des jours de vagues de chaleur, même en hiver : il s'agira alors de « vagues de douceur ». Les **vagues de chaleur estivales pourraient augmenter de 15 jours**. On connaîtrait **12 jours de douceur en hiver**. Il est aussi important de noter les **grandes incertitudes**, qui pourraient faire diminuer ces chiffres, mais aussi pourraient dramatiquement les augmenter.

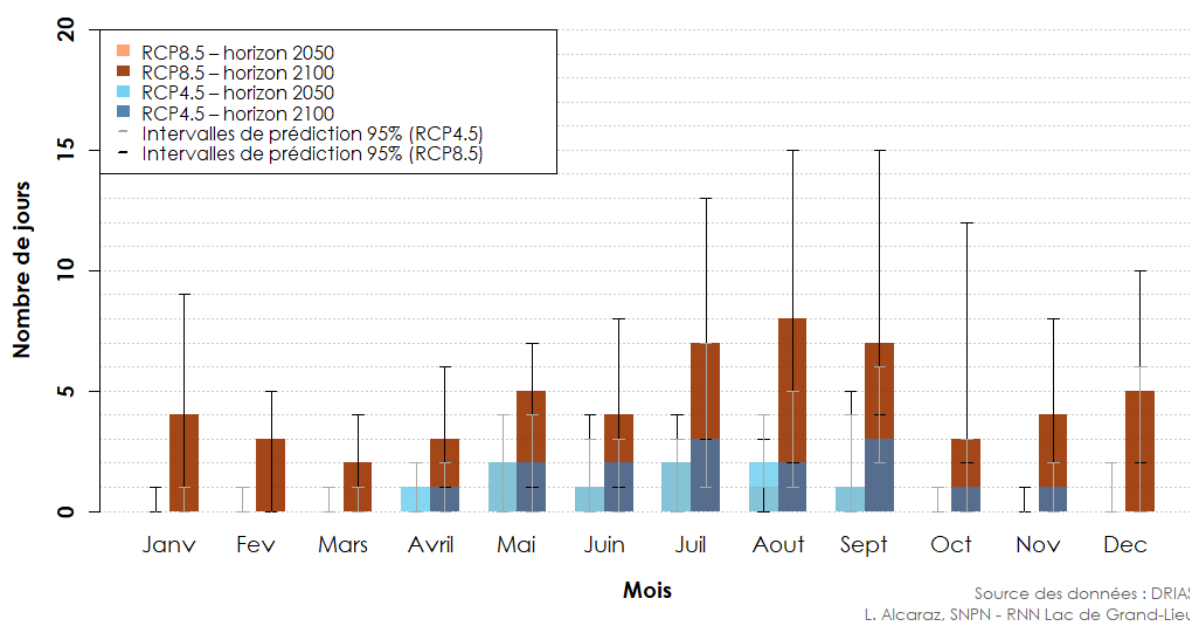


Figure 17 : Nombre de jours en vague de chaleur : projections à horizon proche (2021-2050) et horizon lointain (2071-2100), selon deux scénarios (RCP4.5 et RCP8.5) - Lac de Grand-Lieu (maille SAFRAN 11183)

Vagues de froid annuelles, en nombre de jours

Mesures régionales passées : à l'échelle des Pays de la Loire

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

A l'inverse de la vague de chaleur, la vague de froid est définie en général comme une **période durant laquelle la température minimale est inférieure de plus de 5°C à la normale pendant au moins 5 jours consécutifs**. De la même façon, Météo-France propose une définition différente qui permet de comprendre le graphique ci-dessous (*Figure 18*) : « Une vague de froid est un épisode durable et étendu de froid (au moins 3 jours). Pour qu'un épisode soit identifié à l'échelle nationale, il faut que la température moyenne nationale soit au moins une fois sous -2°C , ne remonte pas durablement (plus de deux jours) au-dessus de $0,9^{\circ}\text{C}$, et qu'il y ait interruption de l'épisode dès lors que la valeur est $> 2,2^{\circ}\text{C}$. ». Cela explique alors que l'on puisse voir des vagues de froid durant moins de 5 jours sur le graphique, car Météo-France considère qu'une **vague de froid peut être de 3 jours**.

Comme pour le graphique des vagues de chaleurs, les vagues de froid les plus importantes pour chaque année sont représentées par une bulle, dont la taille dépend de l'intensité (*Figure 18*). Ici, la durée correspond au nombre de jours consécutifs passés à plus de 5°C en dessous de la normale saisonnière, et l'indicateur de température correspond à la température minimale atteinte lors de l'épisode de froid. Les bulles grises correspondent aux années avant 2000, et les bleues correspondent aux années après 2000.

A l'inverse des vagues de chaleur, les vagues de froid sont moins nombreuses et moins intenses : cette évolution est encore plus marquée depuis 2000, avec des épisodes de moins en moins froids et de moins en moins sévères. Les cinq vagues de froid **les plus longues**, les cinq **les plus intenses** et les cinq **les plus sévères** se sont toutes produites **avant 2000** (Climat HD – Météo-France, 2024). On constate bien sur la figure 18 que les épisodes de vagues de froid les plus récentes sont beaucoup plus courtes et bien moins intenses, comme le montre les bulles de 2017 ou 2018.

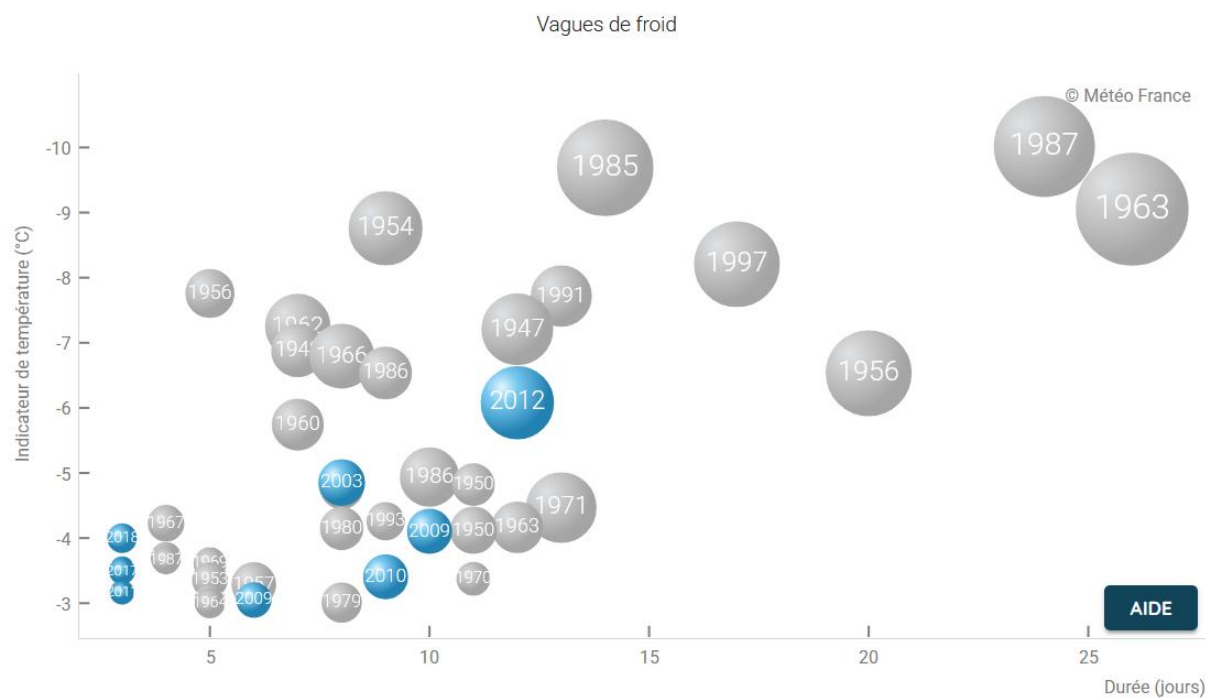


Figure 18 : Vagues de froid en Pays de la Loire, de 1947 à 2024 (Climat HD – Météo-France)



Figure 19 : le lac de Grand-Lieu sous la neige, novembre 2005 (S Reeber, SNPN – RNN Lac de Grand-Lieu)

Projections futures locales : Lac de Grand-Lieu

Les modèles prévoient qu'il n'y ait **plus de vagues de froid déjà d'ici 2050**, quel que soit le scénario (DRIAS – les futurs du climat). Cette disparition des vagues de froid serait aussi généralisée à toute la France, excepté dans le Grand-Est, qui ne serait même plus épargné d'ici 2100.

Nombre annuel de jours de fortes pluies

Mesures locales passées : Saint-Philbert-de-Grand-Lieu

Définition :

Jour de fortes pluies : jour avec des précipitations cumulées supérieures à 20 mm.

Le nombre annuel de jours de fortes pluies a été **très variable dans le temps**, aucune tendance ne se distingue clairement (*Figure 20*). La moyenne dans le passé récent a été de 6 jours de fortes pluies, ce qui est encore le cas sur la période de référence. Cependant, des **épisodes d'années consécutives particulièrement pluvieuses** sont apparues, comme entre 1978 et 1983, ou entre 1998 et 2003.

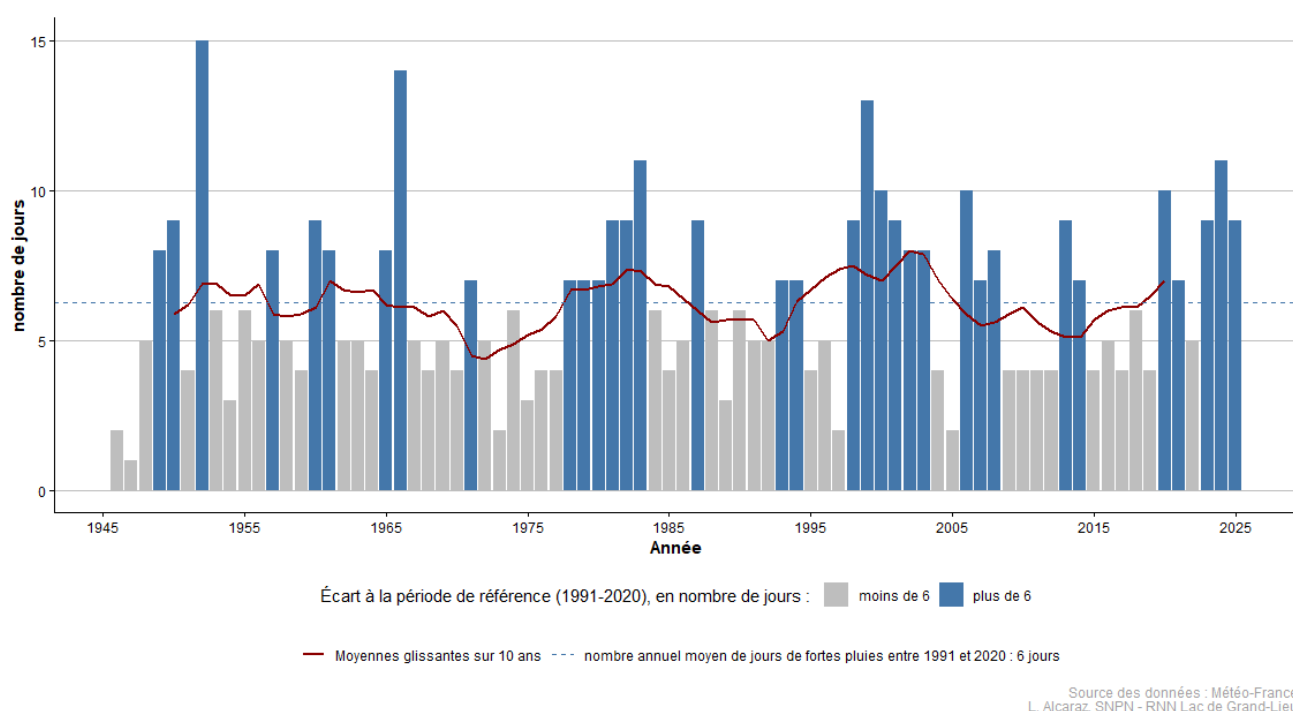


Figure 20 : Evolution du nombre annuel de jours de fortes pluies (station Saint-Philbert)

Il est aussi intéressant de voir la répartition des nombres de jours de fortes pluies selon les saisons (*Figure 21*). On constate que **l'automne a été le mois le plus contributif à ces fortes précipitations** : durant presque chaque année depuis 1946, l'automne a connu au moins un jour de fortes pluies. C'est aussi la saison qui a atteint et dépassé le plus souvent les 4 jours de fortes pluies, malgré une grande variabilité selon les années. Il y a même eu 7 jours de fortes pluies en 2023 durant cette saison, niveau très rarement atteint. L'hiver

possède à peu près le même profil, mais avec des maxima moins extrêmes, à **5 jours, que l'on a d'ailleurs connu en 2025**. Le printemps et l'été connaissent des jours de fortes précipitations **de façon beaucoup plus clairsemée**, dépassant rarement les 2 ou 3 jours de fortes pluies en moyenne. Concernant les évolutions visibles grâce aux moyennes mobiles, **elles sont variables selon les années, pour toutes les saisons**, et il ne semble pas se dessiner de tendances pour le moment.

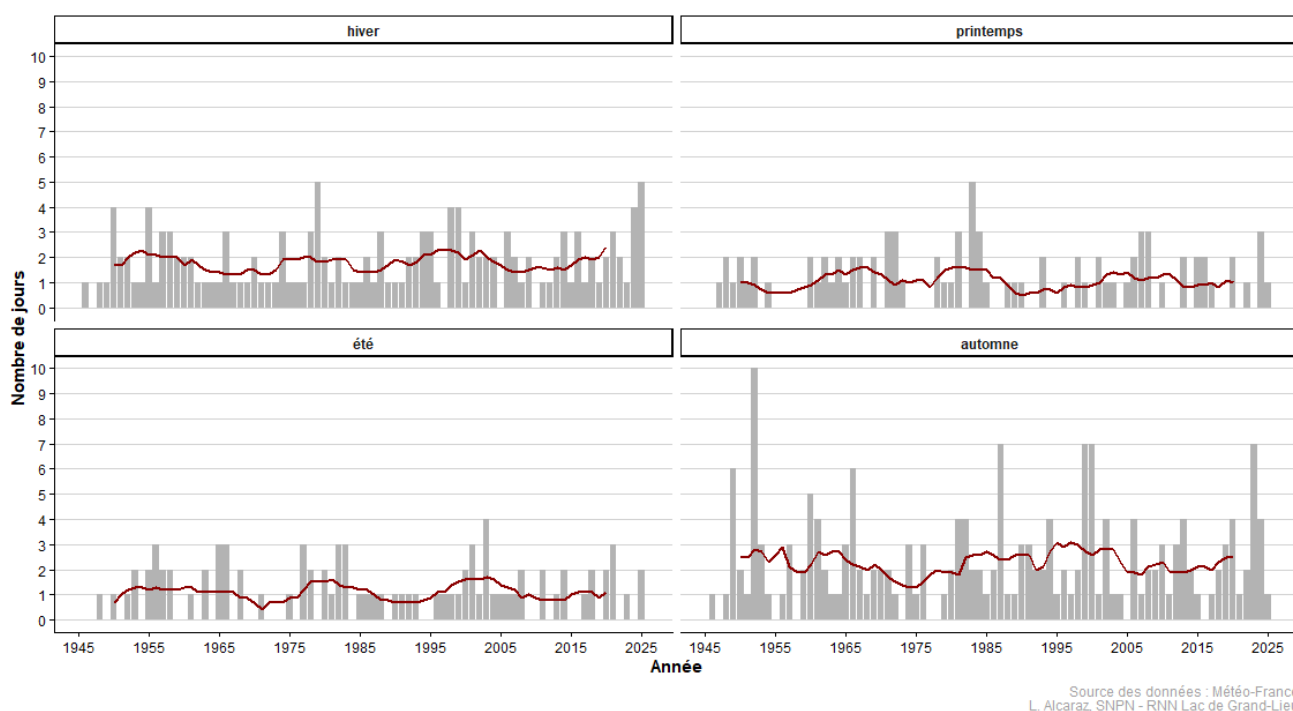


Figure 21 : Evolution de la répartition saisonnière du nombre de jours de fortes pluies entre 1946 et 2025, les courbes illustrant les moyennes glissantes sur 10 ans pour chaque saison (station Saint-Philbert)

Projections futures locales : Lac de Grand-Lieu

Le nombre de jours de fortes pluies n'évoluera pas particulièrement, sauf en hiver où le scénario RCP8.5 prévoit d'ici 2100 une augmentation d'un jour de fortes pluies en novembre et en décembre, **passant à 2 jours de fortes pluies par mois** (Figure 22). Le reste des mois auront un jour (ou moins d'un jour) de fortes pluies, quel que soit le scénario et l'horizon.

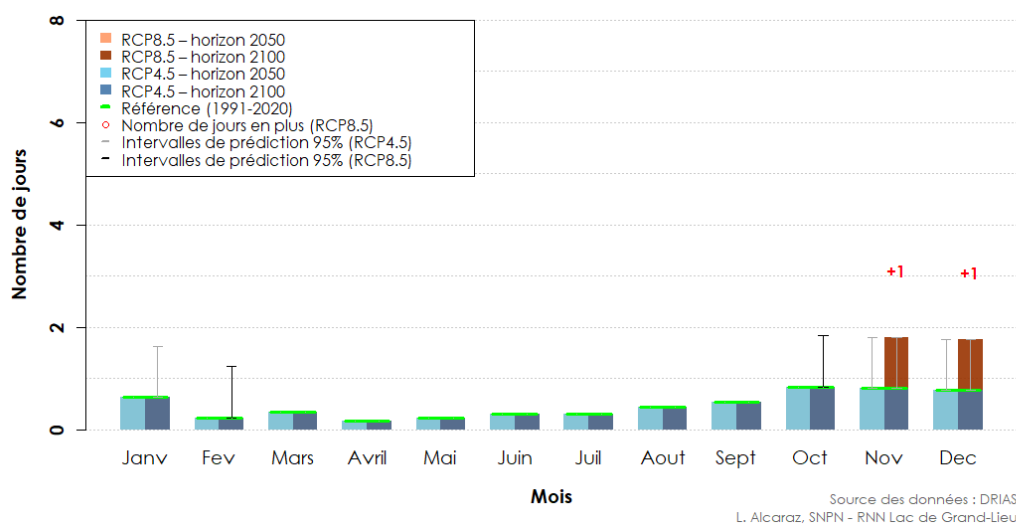


Figure 22 : Nombre de jours de fortes précipitations par mois : projections à horizon proche (2021-2050) et horizon lointain (2071-2100), selon deux scénarios (RCP4.5 et RCP8.5) - Lac de Grand-Lieu (maille SAFRAN 11183)

Tableau 4 : Récapitulatif de l'évolution des événements extrêmes <u>annuellement</u>	
Passé récent 1961 - 1990	
Nombre de jours chauds/très chauds	37 jours chauds, 7 jours très chauds
Nombre de jours de gel	33 jours
Nombre de jours en vague de chaleur	3 jours
Présence de vagues de froid	Oui : les cinq plus longues et intenses connues (1963 : 25 jours, 1985 : 13 jours, 1987 : 23 jours)
Nombre de jours de fortes pluies	6 jours
Présent : période de référence 1991-2020	
Nombres de jours chauds/très chauds	49 jours chauds, 12 jours très chauds
Nombre de jours de gel	28 jours
Nombre de jours en vague de chaleur	7 jours
Présence de vagues de froid	Oui : la plus récente : 2018 (3 jours)
Nombre de jours de fortes pluies	6 jours
Futur dans un monde sans politique climatique : Horizon 2050 (H1) Horizon 2100 (H2)	
Différence du nombre de jours chauds/très chauds	↗ H1 : +2 jours très chauds (juillet, août) H2 : + 10 jours très chauds (juin, juillet, août, septembre)
Différence du nombre de jours de gel	↘ H1 : -7 jours H2 : -17 jours
Différence du nombre de jours en vague de chaleur	↗ H1 : - H2 : +48 jours (tous les mois de l'année !)
Présence de vagues de froid	↘ H1 : Non H2 : Non
Différence du nombre de jours de fortes pluies	↗ H1 : - H2 : +2 jours

X. Evolution locale des indicateurs de la baisse estivale du niveau du lac :

Selon les précipitations de l'année et l'étiage des cours d'eau, le lac **peut avoir un niveau très bas en été**, impactant potentiellement la biodiversité aquatique (la température de l'eau augmente davantage avec une faible profondeur, diminuant du même coup l'oxygène dissout) mais également les activités humaines liées directement à l'eau, comme la pêche professionnelle ou les relevés scientifiques dans le cadre de la gestion. L'été est aussi la période où le **niveau des nappes phréatiques** est au plus bas. La nappe des sables du bassin versant de Grand-Lieu soutient habituellement la ressource en eau du lac en période d'étiage, il est alors important d'étudier l'évolution du niveau de cette nappe. Les **périodes de sécheresse** impactent également le rechargement de la nappe et du lac. **L'évapotranspiration potentielle** représente le **volume d'eau évaporé** du sol (ou du lac), ou **transpiré** par les végétaux. Elle peut aussi être accentuée par des fortes chaleurs estivales, entraînant une perte d'eau accrue des végétaux et du lac lors de cette période critique qu'est l'été.



Figure 23 : le vannage de Bouaye, seule installation contrôlant le niveau du lac, février 2020 (JM Gillier, SNPN – RNN Lac de Grand-Lieu)

Périodes de sécheresse météorologique

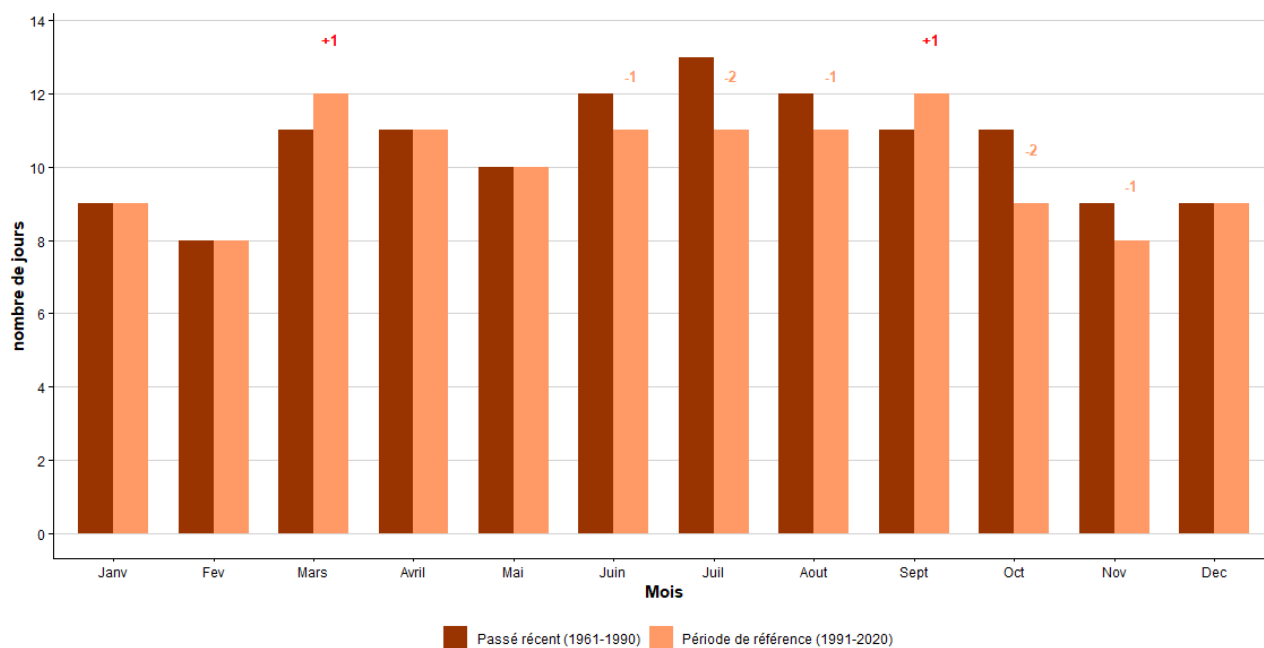
Mesures locales passées : Saint-Philbert-de-Grand-Lieu

Définition :

Période de sécheresse météorologique : nombre maximum de jours secs consécutifs, c'est-à-dire de jours avec des précipitations quotidiennes inférieures à 1 mm.

Une sécheresse météorologique entraîne par la suite deux autres types de sécheresse : une **sécheresse des sols** altérant la végétation et une **sécheresse hydrologique**, impactant le niveau d'eau dans les milieux aquatiques.

Dans le passé récent, la plus grande période de sécheresse était de **30 jours**. Durant la période de référence, il s'agit de **27 jours** consécutifs. Les périodes de sécheresses semblent avoir perdues en longueur par rapport au passé récent : en moyenne, le **nombre maximum de jours secs consécutifs a diminué d'un à deux jours en été et automne** (de juin à novembre) (Figure 24). Les mois de **mars et septembre sont les seuls à avoir gagné un jour de sécheresse** lors des périodes sèches. Les différences entre le passé récent à la période actuelle restent minimales, ce qui pourrait être expliqué par les précipitations plus importantes aujourd'hui qui contrebalancent les sécheresses.



Source des données : Météo-France
L. Alcaraz, SNPN - RNN Lac de Grand-Lieu

Figure 24 : Evolution du nombre maximum de jours secs consécutifs par mois (station Saint-Philbert)



Figure 25 : le lac de Grand-Lieu à l'étiage "extrême", octobre 2016 (JM Gillier, SNPN – RNN Lac de Grand-Lieu)

Projections futures locales : Lac de Grand-Lieu

En 2050, le nombre de jours en période de sécheresse pourra augmenter d'un jour par mois au printemps et en été, ainsi qu'en décembre (Figure 26). Il diminuera d'un jour en janvier et février, expliqué par des précipitations plus abondantes. A horizon 2100, le **nombre de jours secs consécutifs augmentera de 2 à 4 jours en été**, pouvant atteindre des périodes de **15 jours de sécheresse en moyenne dans le mois**.

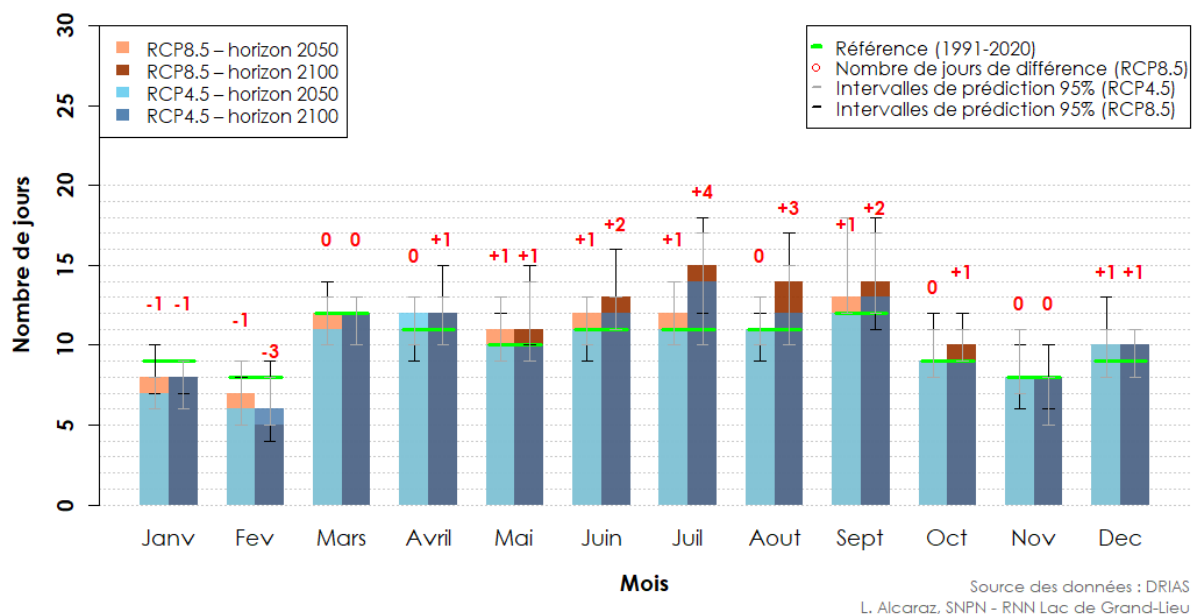


Figure 26 : Nombre de jours de sécheresse par mois : projections à horizon proche (2021-2050) et horizon lointain (2071-2100), selon deux scénarios (RCP4.5 et RCP8.5) - Lac de Grand-Lieu (maille SAFRAN 11183)

Evapotranspiration potentielle (ETP) cumulée

Mesures locales passées : Nantes-Bouguenais

Actuellement, l'**ETP cumulée annuelle est de 841,8 mm**, et a **augmenté de 71 mm** en 30 ans (*Figure 27*). Cette augmentation a surtout eu lieu **en été** (+27,6 mm) et **au printemps** (+22,2 mm) : il s'agit de la période critique pour les végétaux et également de la période de **stress hydrique** estival. En 2022, lors de l'année la plus chaude jamais enregistrée, la plus grande ETP moyenne annuelle a aussi été enregistrée, culminant à 1072,1 mm évapotranspirés.

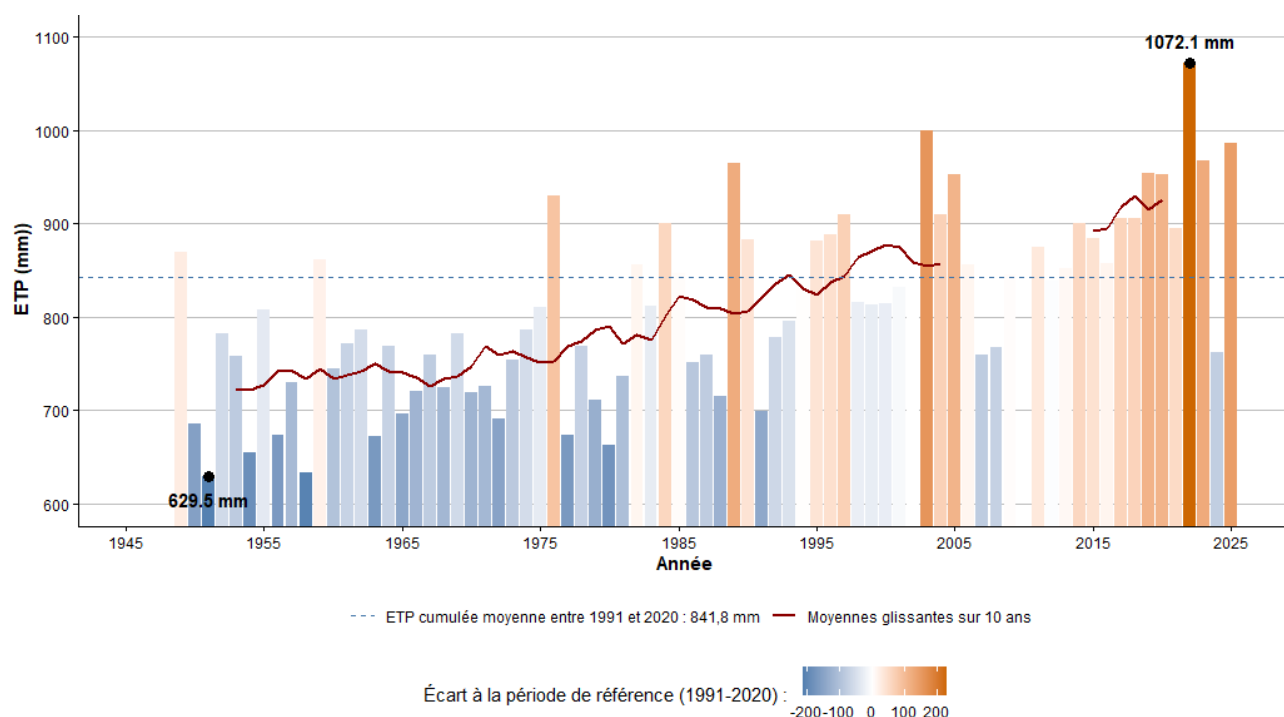


Figure 27 : Evolution du cumul annuel de l'ETP entre 1946 et 2025 (Station Nantes-Bouguenais)

Projections futures locales : Lac de Grand-Lieu

Malgré une incertitude assez forte, les cumuls d'ETP **augmenteront tous les mois, d'environ 5% d'ici 2050 et de 10 à 20% d'ici 2100**, avec le scénario RCP8.5 donnant un écart par rapport aux valeurs de référence deux fois plus élevé que le scénario RCP4.5 en 2100 (*Figure 28*). Les augmentations seront les plus importantes en fin d'été et début d'automne : une perte en eau qui s'intensifie avec le changement climatique est d'autant plus critique durant ces périodes.

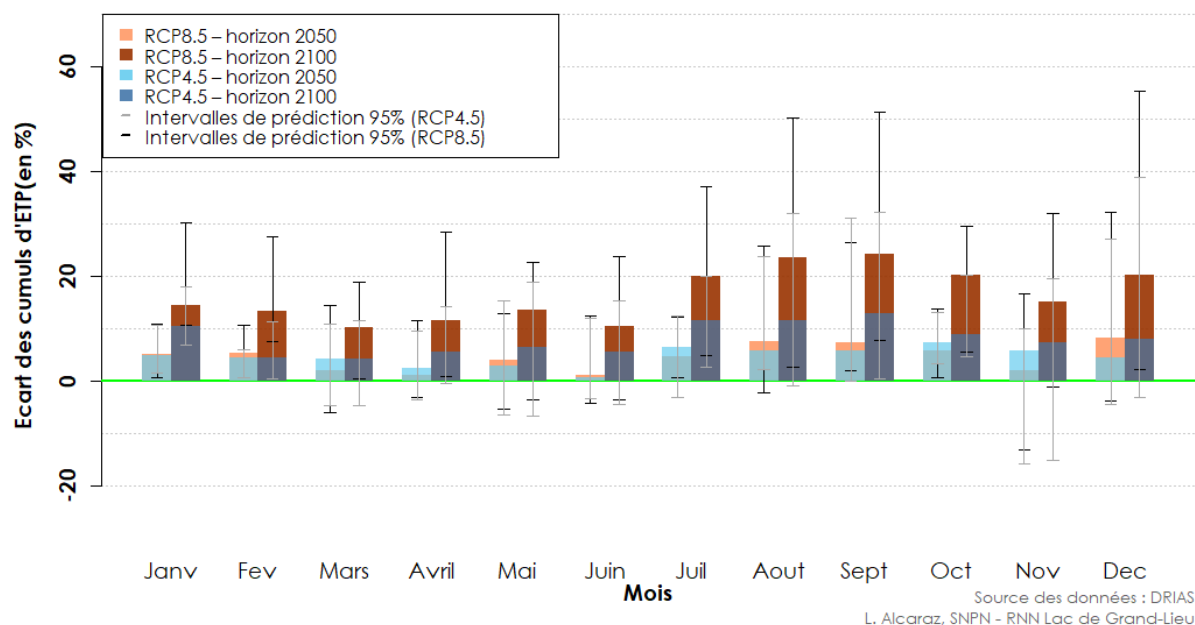
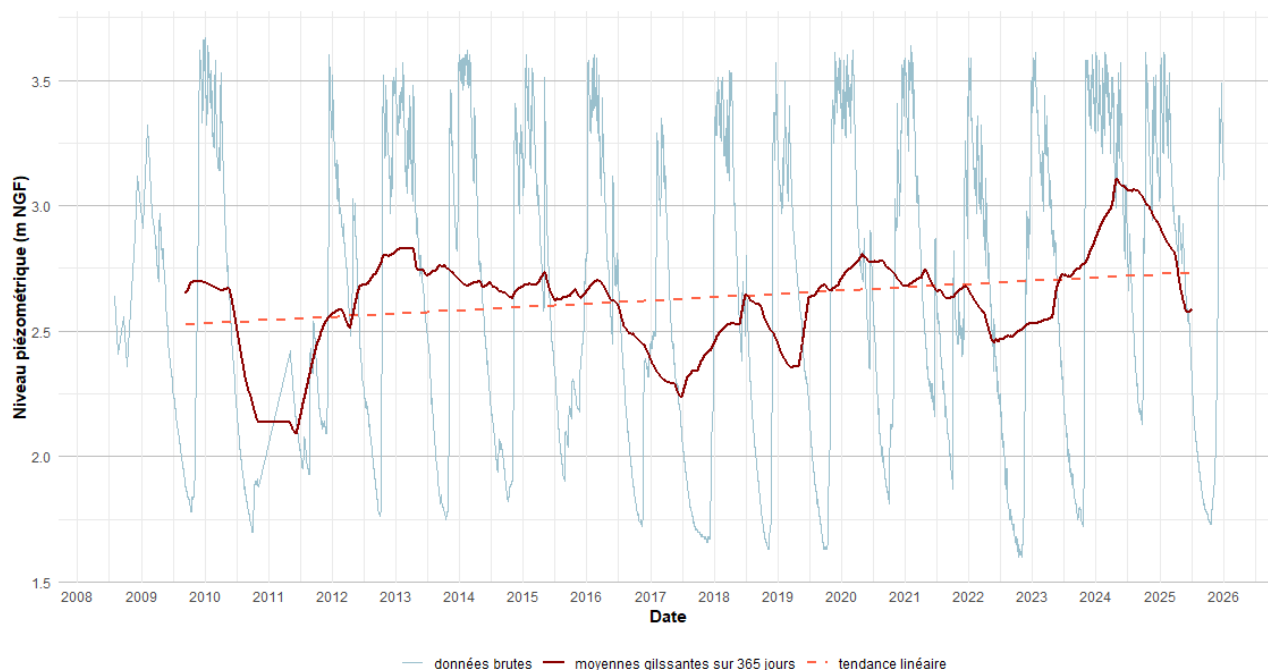


Figure 28 : Ecarts des cumuls mensuels de l'ETP (en %) par rapport à la période de référence (1991-2020) : projections à horizon proche (2021-2050) et horizon lointain (2071-2100), selon deux scénarios (RCP4.5 et RCP8.5) - Lac de Grand-Lieu (maille SAFRAN 11183)

Niveau piézométrique

Mesures locales passées : Saint-Philbert-de-Grand-Lieu

Les données brutes du niveau piézométrique de la nappe des sables indiquent **une très forte variabilité saisonnière** (assecs en été, recharge en hiver) (Figure 29). En ignorant les cycles saisonniers grâce à la méthode des moyennes glissantes sur 365 jours (donc un an), on observe une **faible tendance à la hausse** du niveau piézométrique depuis 2008, de **+1,3 cm/an**, avec tout de même une variabilité interannuelle qui domine largement.



Source des données : Hub'eau - Piézométrie
L. Alcaraz, SNPN - RNN Lac de Grand-Lieu

Figure 29 : Evolution du niveau de la nappe des sables du bassin versant de Grand-Lieu, de fin 2008 à début 2026

Projections futures régionales : à l'échelle des Pays de la Loire et du bassin versant de Grand-Lieu

EXPLORE2 est un projet porté par l'INRAE qui a permis d'avoir des simulations des **modifications du taux de recharge potentielle** (part des précipitations efficaces rechargeant les aquifères par infiltration) des nappes phréatiques. Selon l'étude HMUC réalisée en 2024 sur le bassin versant du lac de Grand-Lieu par le Syndicat Grand-Lieu Estuaire, les 7 stations hydrologiques EXPLORE2 du bassin versant indiquent, lors de simulations de recharge des nappes phréatiques, qu'il y aurait dans le futur **une disponibilité en eau souterraine similaire à ce que l'on connaît actuellement** (Chenut *et al.*, 2024). Des différences selon les horizons et les scénarios sont marquées, mais il serait même possible que la recharge des aquifères par rapport à la situation historique 1976-2005) augmente de 3 à 10% en moyenne sous le scénario RCP4.5, et de 4 à 9% en moyenne sous le scénario RCP8.5, avec des grandes incertitudes. Malgré ces résultats plutôt positifs communs à la moitié nord de la France, il faut aussi penser aux impacts indirects du changement climatique, comme les prélèvements agricoles dans les nappes pour l'irrigation (Caballero *et al.*, 2025). En effet, les résultats de EXPLORE2 ne prennent en compte que les impacts directs du changement climatique sur la recharge (bilan hydrique « naturel »).

Avec le changement climatique, le GIEC Pays de la Loire (2022) prévoit, à l'échelle nationale, une **baisse globale du débit moyen annuel des cours d'eau** de 10 à 40% en 2070 (par rapport à la période 1961-1990). Avec ceci, la **ressource en eau reculerait de 10 à 55%**, avec des différences selon les bassins versant, et la tension sur l'eau pourrait devenir de plus en plus accrue à cause des périodes de sécheresse et des fortes températures, notamment pour l'irrigation des cultures. Ces projections pourraient alors s'ajouter aux projections EXPLORE2, et il serait possible que le niveau de la nappe des sables de Grand-Lieu en soit tout de même impacté dans le futur.

Tableau 5 : Récapitulatif de l'évolution des indicateurs de la baisse estivale du niveau du lac <u>annuellement</u>	
Passé récent 1961 - 1990	
Nombre de jours en période de sécheresse	126 jours Max. : 30 jours (juin 1976 et avril 1984)
Cumul de l'ETP (mm)	770,7 mm
Niveau piézométrique (m NGF)	?
Présent : période de référence 1991-2020	
Nombre de jours en période de sécheresse	121 jours Max. : 27 jours (septembre 2024)
Cumul de l'ETP (mm)	841,8 mm
Niveau piézométrique (m NGF)	2,6 m NGF (moyenne entre 2009-2025)
Futur dans un monde sans politique climatique : Horizon 2050 (H1) Horizon 2100 (H2)	
Différence du nombre de jours en période de sécheresse	↘ ↗ H1 : -2 jours (janvier, février), +5 jours (mai, juin, juillet, septembre, décembre) H2 : -4 jours (janvier, février), +15 jours (avril à octobre, décembre)
Différence des cumuls d'ETP (%)	↗ H1 : +5% (fin d'été et hiver) H2 : +13% (janvier à juin), +20% (juillet à décembre)
Niveau piézométrique (m NGF)	→ ? ↘

XI. Montée du niveau marin :

Bien qu'aucun évènement de submersion marine n'ait eu lieu sur le secteur de Grand-Lieu, il est important de rappeler sa proximité à l'océan et sa connexion à la Loire. Lors de la tempête Xynthia en 2010, le niveau de submersion avait été très important, jusque sur les berges de la Loire dans les terres, mais sans atteindre le lac (GIEC Pays de la Loire, 2022). Le lac de Grand-Lieu et ses pourtours sont cependant **sous risque d'inondation**, car à une altitude basse, inférieure à 5 m. En effet, la **conjonction d'évènements extrêmes et de la hausse du niveau marin** apporte un risque pour le futur. Une hausse du niveau marin, combinée à une submersion marine et à de fortes précipitations au niveau du bassin versant rendrait les évacuations d'eau plus compliquées, car le réseau hydrographique serait saturé de toute part. Cela entraînerait alors des débordements et inondations au niveau du lac et des cours d'eau. A cause du changement climatique, les **évènements extrêmes comme les submersions marines, les inondations continentales et les fortes précipitations seront dans le futur plus marqués, fréquents et même coûteux**. Il est donc important de prendre en considération ce risque qui actuellement semble lointain.

La carte ci-dessous illustre en bleu clair les zones exposées au risque inondation lors d'une submersion marine **dans le cas où le niveau marin sera 50 cm plus haut** que le niveau de 2016. Il s'agit des zones qui pourraient être inondées lors d'une conjonction d'évènements (submersion et fortes pluies) d'ici 2050-2100 selon les scénarios. Pour référence, le scénario RCP8.5 annonce une **augmentation du niveau marin entre 0,61 et 1,10 m selon les modèles d'ici 2100** par rapport au niveau de 1986-2005 (GIEC, 2019). On constate alors que toutes les communes riveraines du lac seraient touchées, avec des **zones urbanisées se trouvant dans ces zones à risques** comme à Saint-Philbert-de-Grand-Lieu, La Chevrolière (dont l'ancien village de pêcheurs Passay) ou encore Pont-Saint-Martin (*Figure 30*).

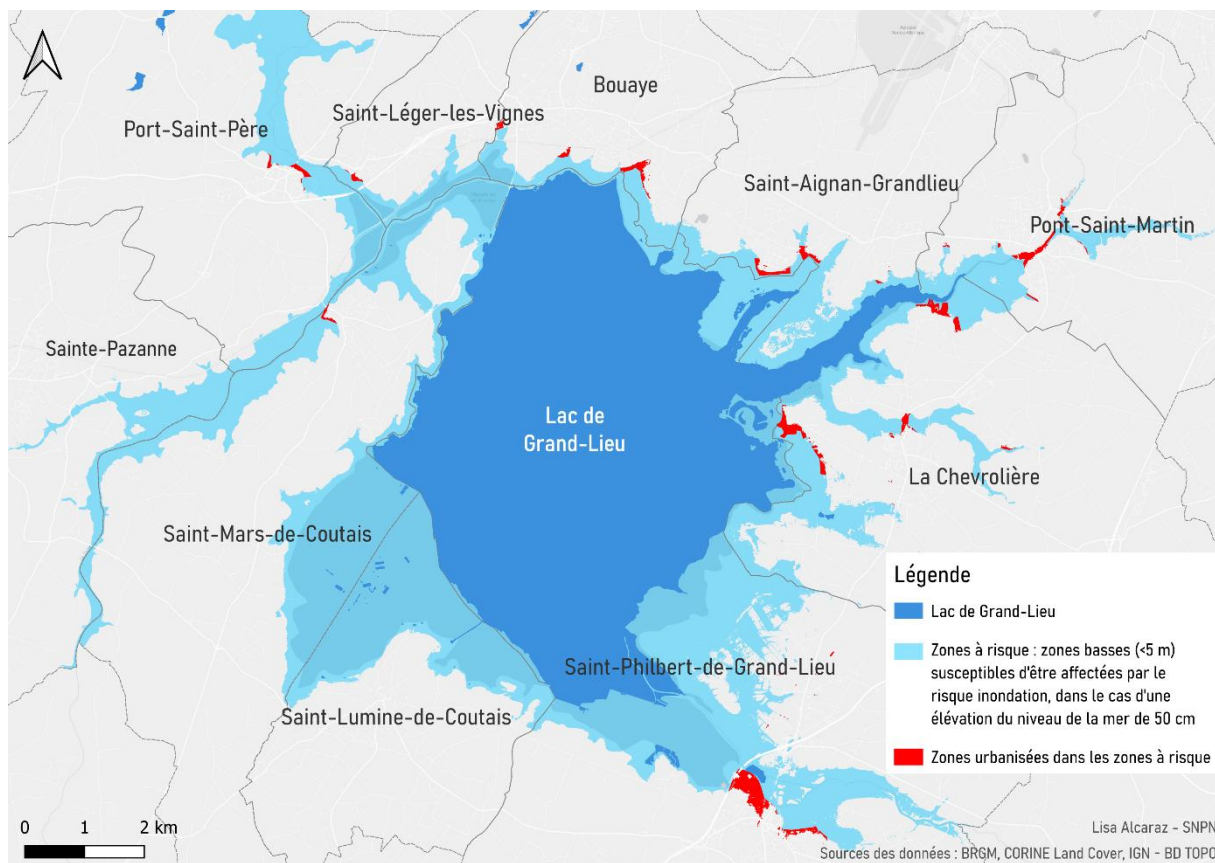
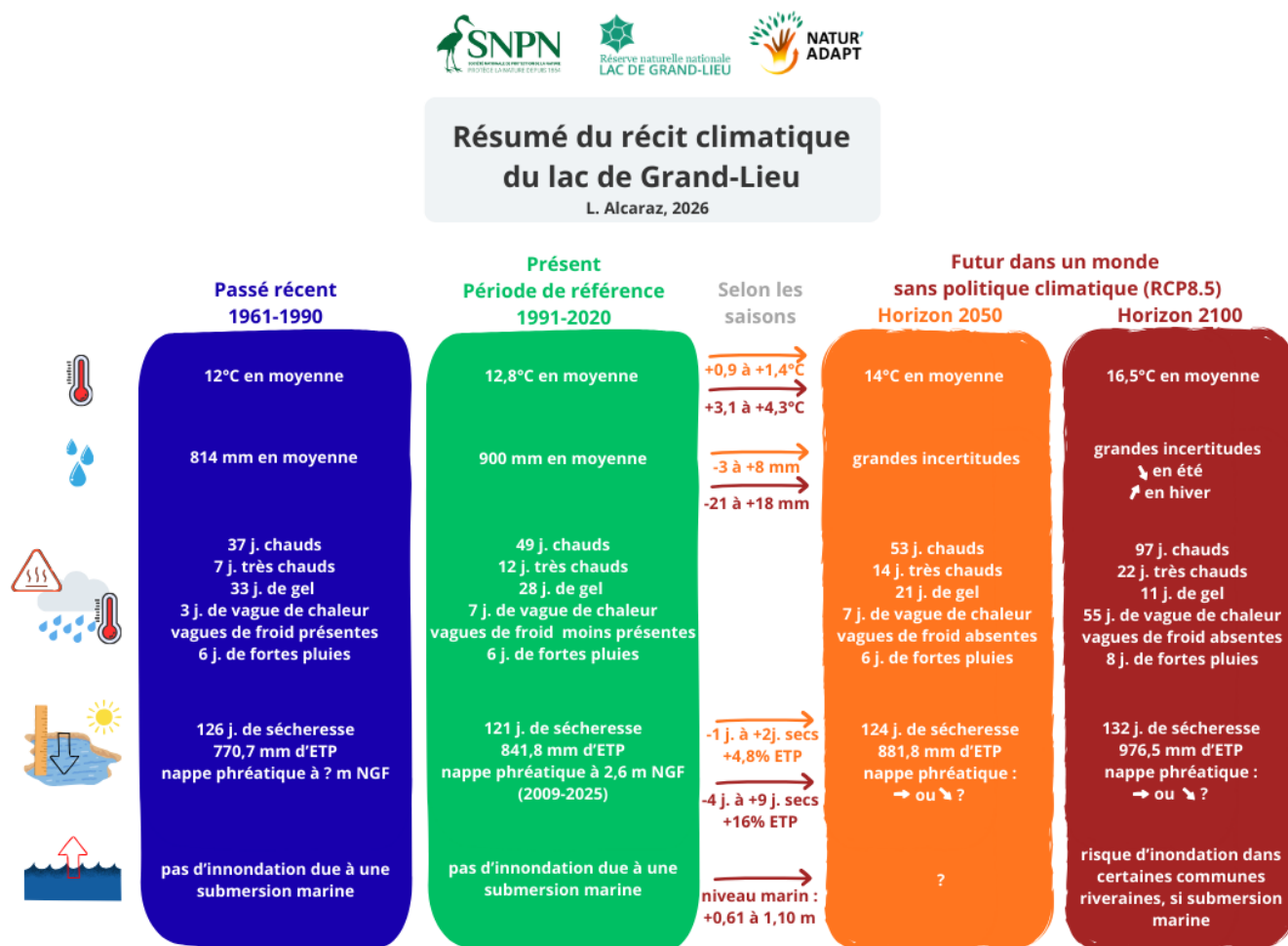


Figure 30 : Carte des zones à risque d'inondation en cas de submersion, au niveau du lac de Grand-Lieu (scénario d'une élévation du niveau de la mer de 50 cm)

XII. Résumé schématique :



XIII. Ressources :

Amiot L., Bonnardot V., Dubreuil V. 2022. Le changement climatique en Bretagne et Pays de la Loire - projet CLIMATVEG. <https://www.vegepolys-valley.eu/projet-climatveg/livrables/resultats-climatveg-transversal>.

Amiot L., Dubreuil V., Bonnardot V. 2024. Cartographie du changement climatique en Pays de la Loire ». IGARUN (Institut de Géographie et d'Aménagement de l'Université de Nantes). <https://cahiers-nantais.fr/index.php?id=1795>.

Caballero Y., Lanini S., Maréchal JC., et Vergnes JP. 2025. Comment le changement climatique perturbe la recharge des eaux souterraines. <http://theconversation.com/comment-le-changement-climatique-perturbe-la-recharge-des-eaux-souterraines-255628>.

Chenut R. 2024. Etude H.M.U.C Grand Lieu rapport Volet Climat pour le Syndicat Grand Lieu Estuaire. Rives & Eaux du Sud-Ouest.

CLIMAT HD par Météo-France. 2024. <https://meteofrance.com/climathd>.

Coudurier C., Petit L., Tissot AC., Lochon I., Dane J., Champion E. 2023. Démarche d'adaptation au changement climatique Natur'Adapt – *Guide méthodologique d'élaboration d'un diagnostic de vulnérabilité et d'opportunité et d'un plan d'adaptation à l'échelle d'une aire protégée*. LIFE Natur'Adapt – Réserves Naturelles de France. 70 p.

Dubreuil, V. 2022. *Le changement climatique en France illustré par la classification de Köppen*. La Météorologie. (116):37-47. doi:[10.37053/lameteorologie-2022-0012](https://doi.org/10.37053/lameteorologie-2022-0012).

DRIAS, les futurs du climat par Météo-France. 2020. *Aide à la sélection des modèles*. <https://www.drias-climat.fr/accompagnement/sections/255>

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). 2022. *The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 1^{re} éd. Cambridge University Press.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). 2023. *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* DOI : [10.59327/IPCC/AR6-9789291691647](https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647).

Groupe interdisciplinaire d'experts sur le changement climatique en Pays de la Loire (GIEC Pays de la Loire). 2022. *1^e rapport*.

Ouzeau G., Déqué M., Jouini M., Planton S., Vautard R. 2014. *Le climat de la France au XXI^e siècle, volume 4*. Ministère de l'énergie, du développement durable et de l'Energie.

Piecuch C. G. et Beal L. M. (2023). *Robust Weakening of the Gulf Stream During the Past Four Decades Observed in the Florida Straits*. Geophysical Research Letters, 50(18). DOI : [10.1029/2023GL105170](https://doi.org/10.1029/2023GL105170)

Ramstein, Gilles. 2017. *Une brève histoire du climat de la Terre*. Reflets de la physique (55):6-14. DOI : [10.1051/refdp/201755006](https://doi.org/10.1051/refdp/201755006).

Ruddiman W. F. 2013. *The Anthropocene*. Annual Review of Earth and Planetary Sciences (41):45-68. DOI : [10.1146/annurev-earth-050212-123944](https://doi.org/10.1146/annurev-earth-050212-123944).

Voituriez B. (s.d.). *Le Gulf Stream va-t-il s'arrêter et refroidir l'Europe ?* Le Climat en Questions - Institut Paul-Simon Laplace. <https://www.climat-en-questions.fr/reponse/gulf-stream-par-bruno-voituriez/>