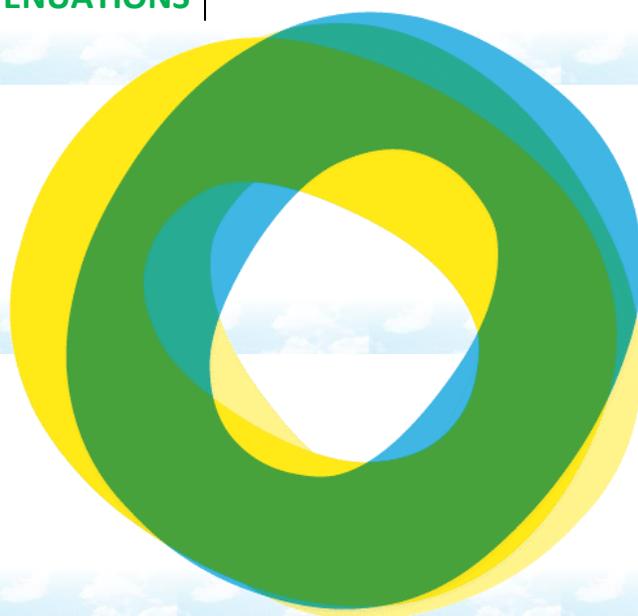


CLIMAT
AGROCLIMAT
IMPACTS
ADAPTATIONS | AGRICOLES
ATTENUATIONS



oracle

Bretagne



Etat des lieux
sur le changement climatique
et ses incidences agricoles
en région Bretagne

Edition 2021



Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR



Avec le soutien financier de :
ADEME DR Bretagne

Comité de pilotage :

CRA Bretagne
Météo France
ADEME DR Bretagne
Région Bretagne
OEB
DREAL
UR2
Breiz'hin
AELB
CRPF
DRAAF
AGROCAMPUS-INRA
BRETAGNE ENVIRONNEMENT
TRAME
INTERBEV
FRAB
FRCIVAM

Direction éditoriale et expertise agronomique

CRA Bretagne

Données et expertises climatiques

Météo France

Contributions :

CRA Bretagne
Météo France
DRAAF/SRISE
Arvalis - Institut du végétal

Document téléchargeable sur :

www.bretagne.chambagri.fr

Edition 2021 : liste des fiches

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE

A1. Température moyenne annuelle	p 12
A2. Température moyenne saisonnière	p 15
A3. Nombre de jours estivaux par an	p 18
A4. Nombre de jours de gel par an	p 21
A5. Cumul annuel des précipitations	p 24
A6. Cumul saisonnier des précipitations	p 27
A7. Cumul annuel d'évapotranspiration (ETP)	p 30
A8. Cumul saisonnier d'évapotranspiration potentielle (ETP)	p 33
A9. Nombre de jours pluvieux (>10 mm) par an	p 35
A10. Nombre de jours pluvieux (>10 mm) par saison	p 38

2 AGRO CLIMAT

B1. Bilan hydrique – période de sensibilité prairies, maïs, blé	p 41
B2. Nombre de jours de ralentissement de la pousse du ray grass anglais	p 44
B3. Date de récolte théorique maïs ensilage	p 47
B4. Nombre de jours échaudants blé	p 50
B5. Degrés-jours cycle(s) carpocapse de la pomme	p 53
B6. Degrés-jours cycle(s) pyrale du maïs	p 56
B7. Degrés-jours cycles puceron d'automne	p 59
B8. Bilan hydrique - novembre à mars	p 62
B9. Date de dernière gelée	p 65
B10. Eau bue supplémentaire par an par les bovins laits	p 67
B11. Nombre de jours de « coup de chaud » du hêtre	p 70
B12. Nombre de jours de gel – période de sensibilité du pommier	p 73
B13. Dates de vol de la pyrale monovoltine du maïs	p 75
B14. Nombre de jours de perturbation de l'induction florale du chou-fleur	p 78
B15. Bilan hydrique – période de sensibilité du chêne pédonculé	p 81



3 IMPACTS AGRICOLES

C1. Rendement maïs ensilage	p 84
C2. Rendement blé tendre	p 87
C3. Date de floraison pommier	p 90
C4. SWI – Indice d'humidité des sols	p 93

4 ADAPTATIONS

D.1 Leviers d'adaptation – prairie	p 96
D.2 Leviers d'adaptation – maïs ensilage	p 99
D.3 Leviers d'adaptation – blé	p 102
D.4 Leviers d'adaptation – pommier	p 105

Indicateur Année 1
Indicateur Année 2
Indicateur Année 3



Edito

Le changement climatique est déjà une réalité. Au niveau mondial, la température annuelle (terres et océans compris) a augmenté à un taux moyen de 0,07 °C par décennie depuis 1880. On note cependant que le taux moyen d'augmentation est deux fois plus élevé depuis 1980, et les 20 années les plus chaudes jamais enregistrées figurent parmi les 22 dernières années (OMM). À l'échelle nationale, la France métropolitaine a connu une hausse d'environ 1°C depuis 1900 (Denhartigh, 2015). L'accroissement des températures moyennes sur le 20^{ème} siècle est important (de 0,7 °C à plus de 1,1 °C), soit entre 0,07 et 0,11 °C par décennie (Moisselin *et al.*, 2002). Ce réchauffement s'est également accéléré depuis les années 80, et il est plus marqué sur les 40 dernières années que sur l'ensemble du 20^{ème} siècle en France métropolitaine. Dans le Grand Ouest, l'augmentation est également plus sensible à partir des années 1980, suite à une relative stagnation des températures entre les années 1950 et 1960 (Dubreuil *et al.*, 2012).

Au-delà de la hausse des températures, les changements climatiques sont multiples (évolution dans le régime des précipitations, multiplication des phénomènes extrêmes, etc.). Si les conséquences attendues sur les différentes activités socio-économiques sont nombreuses, certaines d'entre-elles sont déjà visibles, y compris dans le secteur agricole ; c'est tout l'enjeu du programme ORACLE, qui vise à retracer les tendances climatiques et agroclimatiques des dernières décennies.

Au travers d'indicateurs adaptés, les impacts (directs ou indirects) du changement climatique peuvent notamment être observés sur les cycles physiologiques du maïs, les dates de floraison de pommiers, les générations de ravageurs des cultures, ou encore les rendements. Si de nombreux changements sont sources de menaces, certains révèlent aussi des opportunités (allongement de la période de production de l'herbe, cultures dérobées, etc.). Aujourd'hui, les Chambres d'agriculture souhaitent enrichir les connaissances sur le changement climatique et ses effets sur l'agriculture afin d'aboutir à des stratégies d'adaptation concrètes pour les agriculteurs. Le programme ORACLE, initié par la Chambre de Poitou-Charentes (faisant désormais partie de la région Nouvelle-Aquitaine avec l'Aquitaine et le Limousin), est l'un des premiers outils à disposition de la recherche et du développement agricole en mesure de produire des indicateurs parlants. Ces derniers permettront aux ingénieurs et conseillers d'alimenter la réflexion et de construire les nouvelles pratiques agricoles dans le périmètre régional. L'étude porte essentiellement sur les productions végétales (cultures annuelles et pérennes) mais certains indicateurs concernent aussi plus ou moins indirectement les productions animales.

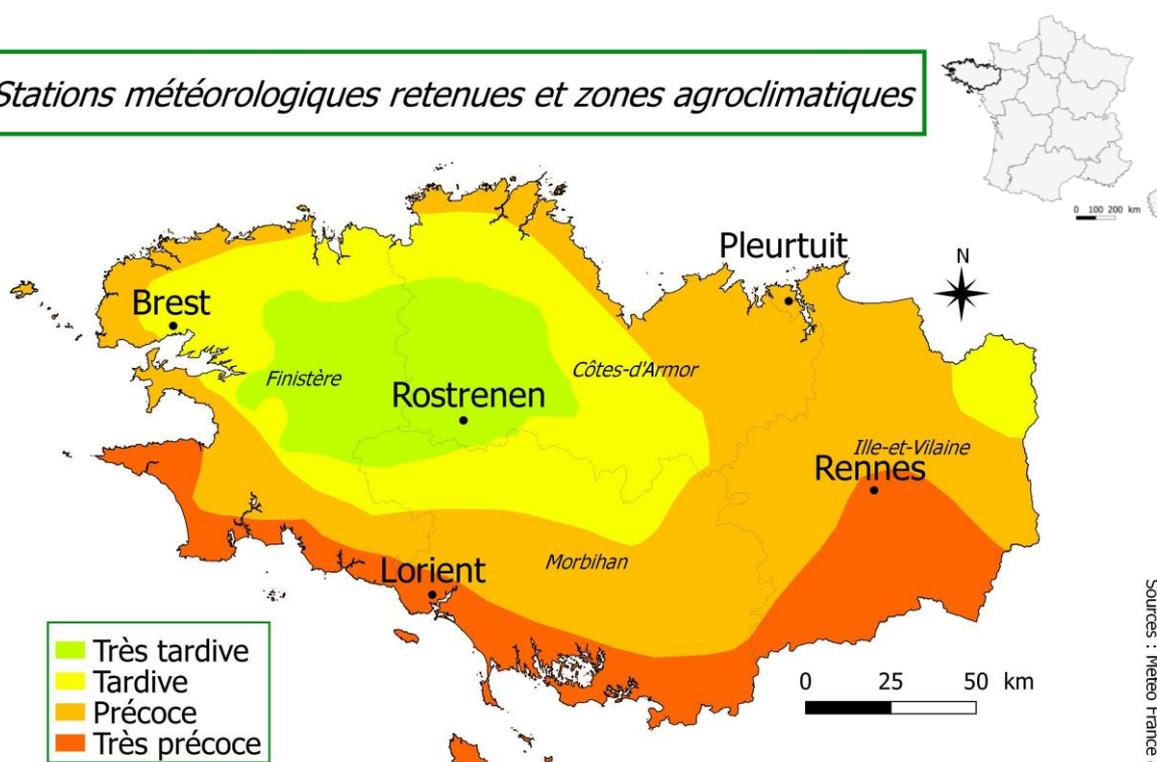
Le livret ORACLE est structuré en 4 thèmes, renseignant sur des tendances climatiques régionales (thème 1), les risques ou atouts agroclimatiques dégagés (thème 2), les impacts agricoles observés (thème 3) et les leviers d'adaptation (thème 4). Les thèmes 1 et 2 sont alimentés à partir de données climatiques fournies par Météo France, tandis que les thèmes 3 et 4 peuvent être renseignés à partir de données issues d'organismes agricoles et para-agricoles variés (stations expérimentales, institut du végétal, DRAAF, etc.). Chacun des thèmes est divisé en fiches détaillées. Ces dernières (excepté pour le volet adaptation) présentent des indicateurs analysés en termes de tendances (plus ou moins significatives) et de variabilité. Ces premiers résultats révèlent des tendances marquantes, mais aussi de fortes variabilités difficilement prévisibles qui imposent une réactivité pour absorber les variations interannuelles. Pour les filières agricoles, ces évolutions nécessitent d'intégrer les notions de risque et de résilience.

Les indicateurs sont généralement stationnels, excepté pour les indicateurs où l'évapotranspiration est mobilisée (indicateurs départementaux) et les indicateurs de rendements (indicateurs régionaux ou propres à un site en particulier (hors stations climatiques)). Plusieurs raisons ont guidé le choix des 5 stations bretonnes :

- Disponibilités des profondeurs historiques de données homogénéisées suffisantes (enregistrements fiables et continus depuis au moins 1960).
- Diversité de situations géographiques régionales représentatives de différents contextes climatiques (gradients latitudinaux, longitudinaux, intérieur-littoral, etc.) et agroclimatiques (zones plus ou moins précoces).

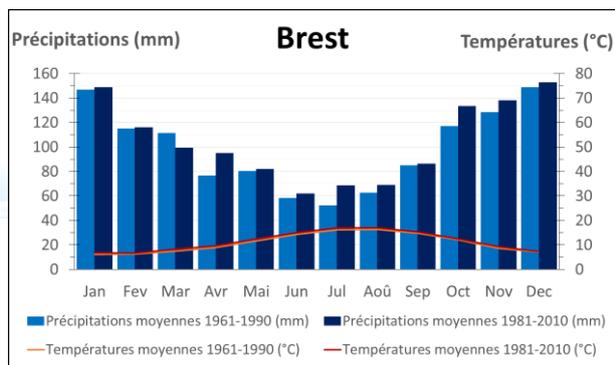
Ainsi, les 5 stations retenues pour l'Observatoire sont les suivantes : Brest, Rostrenen, Lorient, Pleurtuit, et Rennes.

Stations météorologiques retenues et zones agroclimatiques



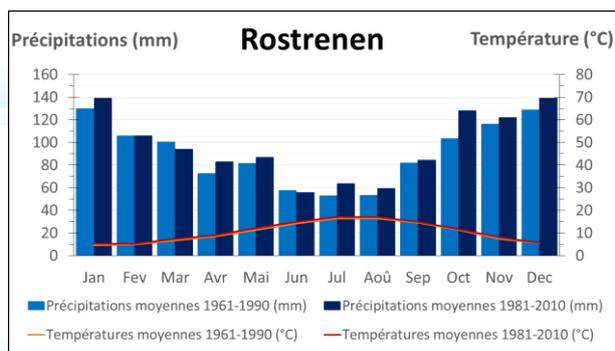
Sources : Météo France & OSM

Adaptée par TILLY Sylvain - Septembre 2019 - QGIS



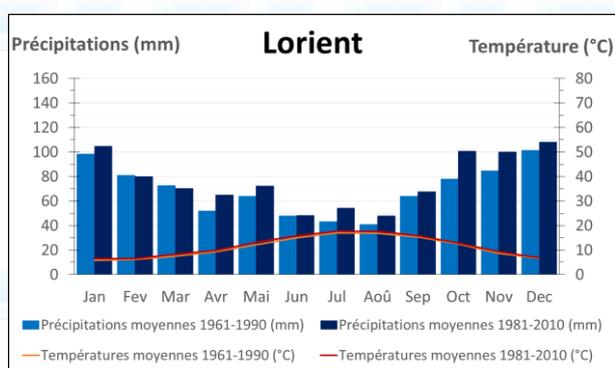
À Brest, station littorale Finistérienne « hyperocéanique », la température moyenne annuelle est de 11.4°C et il pleut environ 1250 millimètres par an (moyennes 1981-2010). L'amplitude thermique (différence entre la moyenne du mois le plus chaud et celle du mois le plus froid est d'environ 10°C. Les cumuls pluviométriques sont bien plus élevés en automne et en hiver (octobre à janvier notamment) qu'en été (juin, juillet, août). Sur la période 1981-2010, les températures ont augmenté pour chacun des mois et les précipitations également (excepté mars) par rapport à la période 1961-1990.

Station	Paramètre et période	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
Brest	Températures moyennes 1961-1990 (°C)	6.1	6.2	7.4	8.9	11.6	14.2	16.2	16.2	14.8	12.2	8.6	7.0	10.8
Brest	Températures moyennes 1981-2010 (°C)	6.7	6.7	8.3	9.6	12.5	14.9	16.9	16.9	15.2	12.5	9.3	7.2	11.4
Brest	Précipitations moyennes 1961-1990 (mm)	146	115	111	76	80	58	52	63	85	117	128	149	98
Brest	Précipitations moyennes 1981-2010 (mm)	149	116	99	95	82	62	69	69	86	133	138	153	104



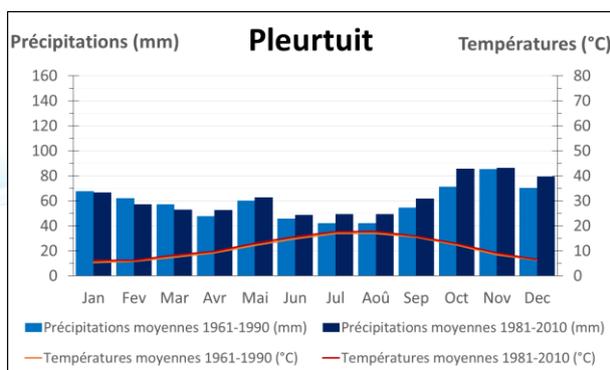
À Rostrenen, station intérieure Costarmoricaine située à environ 250 mètres d'altitude, la température moyenne annuelle est de 10.7°C et il pleut environ 1150 millimètres par an (moyennes 1981-2010). L'amplitude thermique est d'environ 12°C. Les cumuls pluviométriques sont bien plus élevés en automne et en hiver (octobre à janvier notamment) que lors des mois estivaux (juin, juillet, août). Sur la période 1981-2010, les températures ont augmenté pour chacun des mois et les cumuls pluviométriques sont plus élevés sur la majorité d'entre eux (excepté février, mars, et juin) par rapport à la période 1961-1990.

Station	Paramètre et période	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
Rostrenen	Températures moyennes 1961-1990 (°C)	4.6	4.9	6.7	8.5	11.4	14.2	16.4	16.3	14.5	11.4	7.4	5.5	10.1
Rostrenen	Températures moyennes 1981-2010 (°C)	5.2	5.3	7.5	9.1	12.2	15.0	17.0	17.1	15.0	11.7	8.0	5.7	10.7
Rostrenen	Précipitations moyennes 1961-1990 (mm)	130	106	100	72	82	58	53	53	82	103	116	129	90
Rostrenen	Précipitations moyennes 1981-2010 (mm)	139	106	94	83	87	56	64	59	85	128	122	139	97



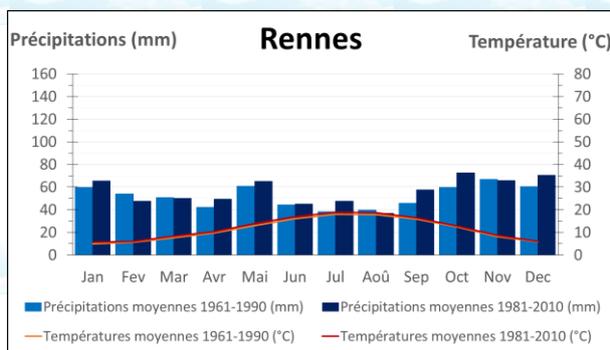
À Lorient, station littorale Morbihannaise, la température moyenne annuelle est de 11.7°C et il pleut environ 900 millimètres par an (moyennes 1981-2010). L'amplitude thermique est d'environ 11°C. Les cumuls pluviométriques sont plus élevés en automne et en hiver (octobre à janvier notamment) que lors des mois estivaux (juin, juillet, août). Sur la période 1981-2010, les températures ont cru pour chacun des mois et les cumuls pluviométriques sont plus élevés sur la majorité d'entre eux (excepté février, mars, et juin) par rapport à la période 1961-1990.

Station	Paramètre et période	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
Lorient	Températures moyennes 1961-1990 (°C)	5.8	6.1	7.4	9.3	12.2	15.1	17.1	16.9	15.4	12.5	8.6	6.7	11.1
Lorient	Températures moyennes 1981-2010 (°C)	6.4	6.4	8.3	9.9	13.2	15.8	17.7	17.7	15.8	12.9	9.3	6.9	11.7
Lorient	Précipitations moyennes 1961-1990 (mm)	98	81	73	52	64	48	43	41	64	78	85	101	69
Lorient	Précipitations moyennes 1981-2010 (mm)	105	80	70	65	72	48	54	48	68	101	100	108	77



À Pleurtuit, station d'Ille-et-Vilaine située à proximité de la mer, la température moyenne annuelle est de 11.6°C et il pleut environ 750 millimètres par an (moyennes 1981-2010). L'amplitude thermique est d'environ 12°C, le mois le plus doux étant généralement août et le mois le plus frais étant généralement janvier. Les cumuls pluviométriques sont légèrement plus faibles sur les mois estivaux (juin, juillet, août) que lors des autres mois de l'année. Sur la période 1981-2010, les températures ont augmenté pour chacun des mois et les cumuls pluviométriques sont légèrement plus élevés sur la majorité d'entre eux (excepté sur les 3 premiers mois de l'année) par rapport à la période 1961-1990.

Station	Paramètre et période	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
Pleurtuit	Températures moyennes 1961-1990 (°C)	5.4	5.8	7.4	9.2	12.1	14.8	16.9	17.0	15.5	12.4	8.5	6.2	10.9
Pleurtuit	Températures moyennes 1981-2010 (°C)	6.1	6.2	8.3	9.8	13.0	15.6	17.7	17.8	15.9	12.8	9.1	6.5	11.6
Pleurtuit	Précipitations moyennes 1961-1990 (mm)	67	62	57	48	60	45	42	42	54	71	85	70	59
Pleurtuit	Précipitations moyennes 1981-2010 (mm)	66	57	53	52	63	49	49	49	61	86	86	79	63



À Rennes (Ille-et-Vilaine), station au climat océanique dégradé, la température moyenne annuelle est de 11.9°C et il pleut environ 650 millimètres par an (moyennes 1981-2010). L'amplitude thermique est d'environ 13°C. Les cumuls pluviométriques sont légèrement plus faibles sur les mois estivaux (juin, juillet, août) que lors des autres mois de l'année. Sur la période 1981-2010, les températures ont augmenté pour chacun des mois par rapport à la période 1961-1990. Les cumuls pluviométriques sont en augmentation, excepté sur les mois de février, mars, août et novembre. À noter que P (Précipitations) est désormais inférieur à 2T (2 x Température) au mois d'août - synonyme d'un mois « sec » (selon Bagnouls et Gaussen, 1957) - en raison de la moindre pluviométrie et de l'élévation du mercure sur ce mois.

Station	Paramètre et période	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
Rennes	Températures moyennes 1961-1990 (°C)	5.0	5.7	7.6	9.7	12.9	16.0	18.0	17.8	15.9	12.4	8.1	5.8	11.2
Rennes	Températures moyennes 1981-2010 (°C)	5.7	6.0	8.4	10.3	13.9	16.9	18.9	18.8	16.3	12.9	8.7	6.0	11.9
Rennes	Précipitations moyennes 1961-1990 (mm)	60	54	51	42	61	44	39	40	46	60	67	60	52
Rennes	Précipitations moyennes 1981-2010 (mm)	66	48	50	50	65	45	48	37	58	73	66	71	56

Statistiques

L'ensemble des indicateurs de l'année 1 d'ORACLE ont été analysés à partir du logiciel de statistique (et langage de programmation) R. Les indicateurs de l'année 2 et 3 ont été analysés sur le logiciel Excel, par les mêmes procédés que l'année 1 explicités ci-après.

Ces derniers ont notamment été traités statistiquement à l'aide d'une régression linéaire. Ce test statistique permet de modéliser par une droite la relation entre deux variables (exemple : températures et années). Il s'agit donc de modélisation (simplification de la réalité) permettant de rendre plus aisée l'analyse. Le coefficient de la droite (valeur « a » dans la régression linéaire de la forme $y = ax + b$) donne l'évolution de la tendance ; un coefficient avec une valeur de « a » positive traduit une tendance à l'augmentation, tandis qu'un coefficient avec une valeur de « a » négative illustre une tendance à la diminution.

Le coefficient R^2 représente la proportion des points de mesures expliquée par la régression linéaire et renseigne sur la qualité du modèle. Plus la somme des écarts entre les valeurs et la régression sont élevées, plus la valeur de R^2 est petite, et plus la variabilité interannuelle est importante. Les analyses suivantes font état de valeurs de R^2 faibles, les données mesurées présentant une forte variabilité interannuelle. Ainsi, plus la variabilité interannuelle est forte, plus elle tend à masquer les tendances évolutives. Il est parfois nécessaire dans ce cas d'allonger la durée des séries de mesures pour « gommer » cet effet (CeStatS,2015). Cette valeur de R^2 est comprise entre 0 (le modèle n'explique rien) et 1 (le modèle est parfait et tous les points se « superposent » à la droite de régression). Les classes suivantes ont été définies afin d'exprimer le « degré » de variabilité interannuelle : la variabilité interannuelle est considérée extrêmement importante lorsque $R^2 < 0.1$, très importante lorsque $0.1 < R^2 < 0.2$, importante lorsque $0.2 < R^2 < 0.3$, et moyenne lorsque $R^2 > 0.3$.

R^2	$R^2 < 0.1$	$0.1 < R^2 < 0.2$	$0.2 < R^2 < 0.3$	$R^2 > 0.3$
Degré de variabilité interannuelle	Extrêmement importante	Très importante	Importante	Moyenne

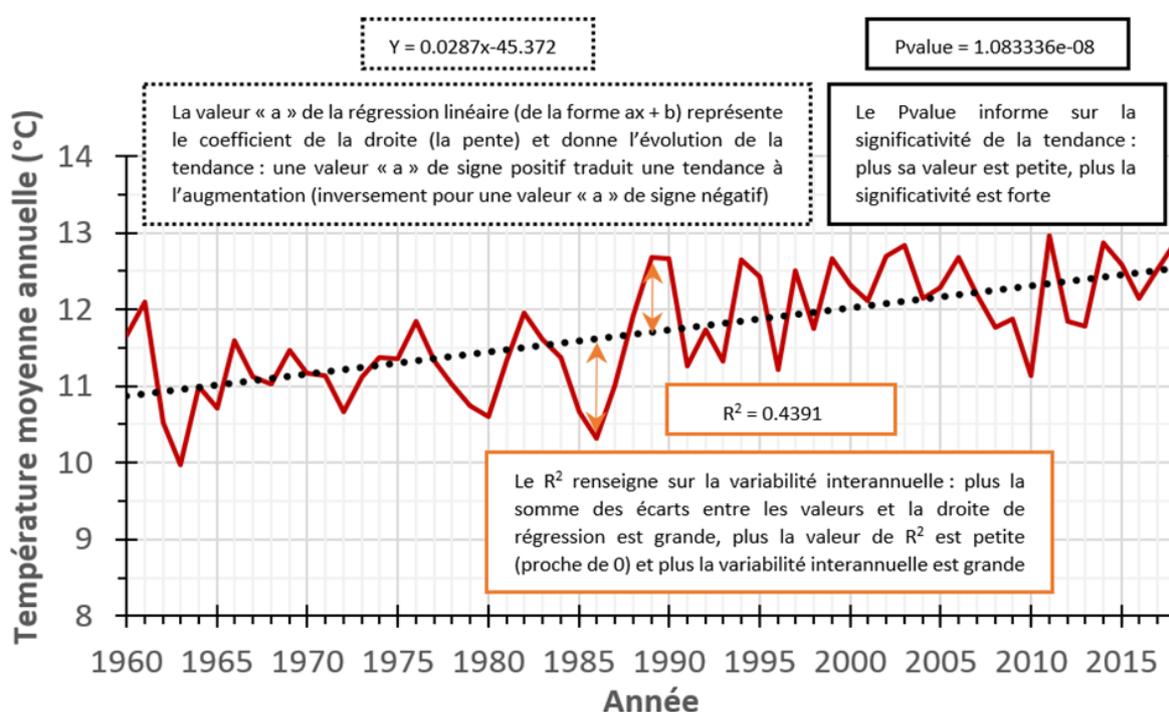
De plus, afin d'affirmer que les régressions linéaires correspondent à une tendance réelle et non pas à des variations dues au hasard, il faut être conscient du risque d'erreur que l'on prend à se tromper de conclusion. Les formules $P < 0.001$; $0.001 < P < 0.01$; et $0.01 < P < 0.05$ indiquent le niveau du risque d'erreur, c'est à dire un risque d'erreur respectivement inférieur à 0,1 % ; compris entre 0.1 et 1 % ; et compris entre 1 et 5 %. Une tendance avec le symbole $P < 0.001$ peut être considérée comme très fiable, puisqu'il a moins de 0,1 % de risque que la tendance soit due au hasard. Autrement dit, il y a plus de 99.9% de « chance » que la tendance ne soit pas due au hasard. Au contraire, on considère un résultat comme non significatif (NS) si le risque d'erreur est supérieur à 5 %, c'est-à-dire lorsqu'il y a moins de 95% de « chance » que la tendance ne soit pas due au hasard.

p-value	$p < 0.001$	$0.001 < p < 0.01$	$0.01 < p < 0.05$	$p > 0.05$
Significativité	Très fiable	Fiable	Assez fiable	Non Significatif (NS)
Risque d'erreur	<0.1 %	entre 0.1 et 1 %	entre 1 et 5 %	

Pour compléter l'analyse, les valeurs moyennes de la normale climatique 1961-1990 et de la période postérieure à 1990 (généralement 1991-2020) ont parfois été renseignées afin de témoigner de l'évolution. Ce choix de deux périodes de 30 ans correspond à la valeur préconisée par l'OMN. Parfois, pour la seconde période, des indicateurs ont été calculés jusqu'à 2019 ou 2021. Le choix a été fait de considérer « seulement » 29 ans ou 31 ans afin de comparer 2 périodes distinctes. Il est cependant fort probable que les valeurs moyennes calculées sur 1991-2019 ou 1991-2021 soient du même ordre de grandeur que celles calculées sur la période 1991-2020.

Enfin, les indicateurs de l'année 2 bénéficient de deux types de graphique pour affiner leur analyse. En plus des diagrammes classiques d'évolution d'un paramètre sur une échelle de temps, des bloxplots (ou « boîte à moustaches ») comparant deux périodes (généralement 1961-1990 et 1991-2020) viennent apporter des précisions quant à la répartition des données. Ces bloxplots permettent, au-delà du paramètre R^2 , de mesurer l'évolution de la variation interannuelle d'un indicateur. L'écart-type informe également de la répartition des valeurs autour de la moyenne.

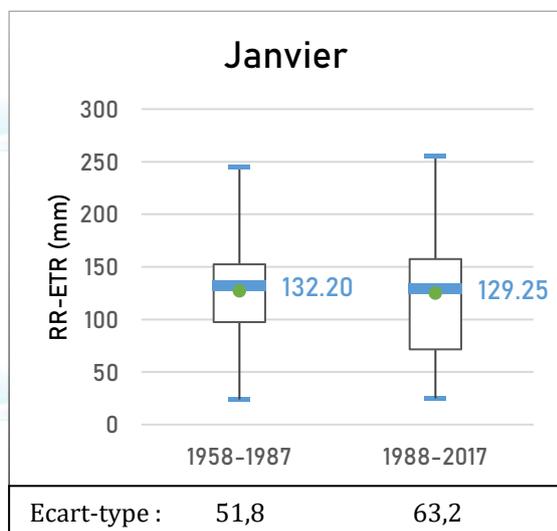
Exemple : Température moyenne annuelle observée à Rennes



L'évolution de la température moyenne observée à Rennes sur la période (1960-2018) montre que :

- la tendance observée est de $+0,29^\circ\text{C}$ par décennie à Rennes (car « a » = 0.0287), soit une évolution de $+1,66^\circ\text{C}$ en 58 ans ;
- $P < 0,001$ (car $P=1.083336e-08$), donc l'augmentation de la température est considérée comme très fiable car le risque que la tendance soit due au hasard est inférieur à 0,1 % : ainsi, la tendance est considérée comme significative car le risque que la tendance soit due au hasard est inférieur à 5 % ;
- $R^2 > 0,3$ (car $R^2 = 0.4391$), donc les variations de température d'une année à l'autre (variabilité dite interannuelle) sont moyennes

Exemple de bloxpot : Bilan hydrique (RR-ETR) observé en janvier en Finistère



Les barres bleues aux extrémités représentent les valeurs minimales et maximales.

La barre bleue centrale représente la médiane : 50 % des valeurs se trouvent au-dessus d'elle, 50 % en-dessous. Sa valeur est affichée à sa droite.

Le rond vert représente la moyenne.

Les extrémités de la case centrale représentent le 1^{er} et le 3^e quartile. Entre eux se trouvent 50 % des valeurs, 25 % sont supérieures au 3^e quartile, 25 % sont inférieures au 1^{er} quartile.

Cet exemple est significatif de l'intérêt des bloxplots. Ici, deux périodes de 30 ans sont comparées à savoir 1958-1987 et 1988-2017. Les deux périodes incluent des valeurs de bilan hydriques minimales et maximales similaires. Les valeurs médianes et moyennes sont également proches.

Pour autant on observe que l'étendue interquartile (écart entre le 1^{er} et le 3^e quartile) est plus grande pour la seconde période. L'écart-type renseigné en bas du graphique nous confirme que la répartition des valeurs autour de la moyenne est plus dispersée pour la période 1988-2017. Plus l'écart-type est grand, plus la dispersion autour de la moyenne est forte.

On peut conclure par le fait que la variation interannuelle a augmenté entre la première et la seconde période.

 Pour en savoir plus

CESTATS,; 2015. Formation statistique CNRS : Régression linéaire. 26p.

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Température moyenne annuelle

🔑 Nature et source des données

SH : séries homogénéisées (valeurs brutes de 2017 à 2020)
Données fournies par Météo France

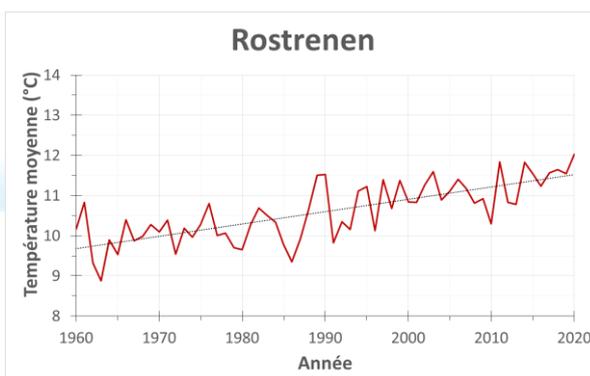
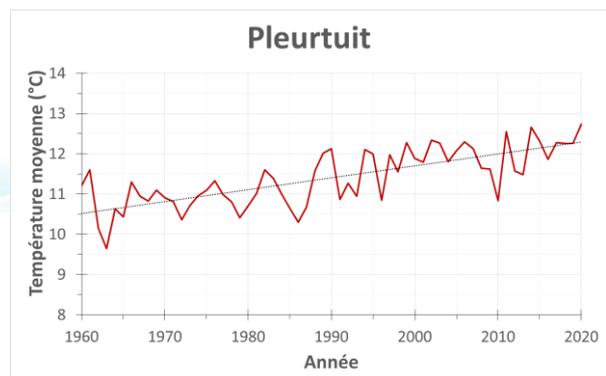
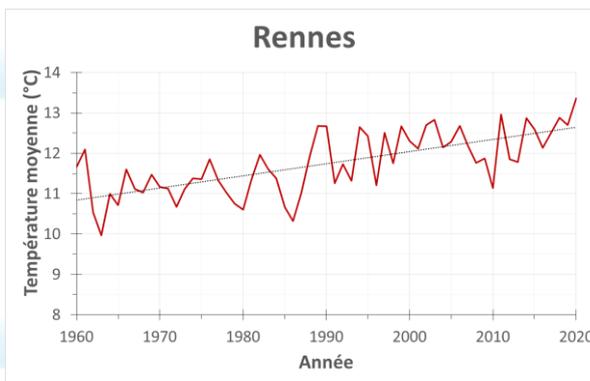
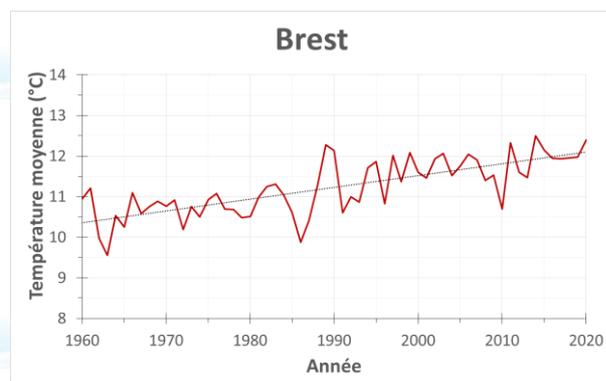
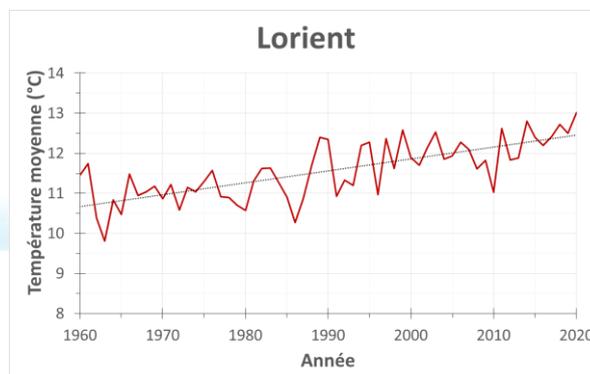
🕒 Indicateur 1

Pleurtuit : 1960-2020
Brest : 1960-2020
Lorient : 1960-2020
Rostrenen : 1960-2020
Rennes : 1960-2020

📊 Calcul de l'indicateur

Moyenne sur l'année des températures moyennes journalières

📈 Évolution observée





Analyse

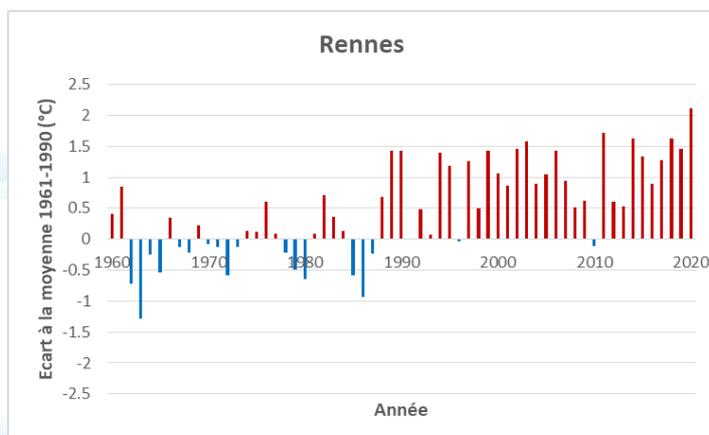
L'évolution de la température moyenne observée depuis 1960 pour chaque station bretonne montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1960-2020 sont de :
 - +0,29°C par décennie à Lorient** ($P < 0,001$) soit $+1,77^\circ\text{C}$ en 60 ans;
 - +0,29°C par décennie à Brest** ($P < 0,001$) soit $+1,74^\circ\text{C}$ en 60 ans;
 - +0,30°C par décennie à Rennes** ($P < 0,001$) soit $+1,80^\circ\text{C}$ en 60 ans;
 - +0,29°C par décennie à Pleurtuit** ($P < 0,001$) soit $+1,77^\circ\text{C}$ en 60 ans;
 - +0,31°C par décennie à Rostrenen** ($P < 0,001$) soit $+1,85^\circ\text{C}$ en 60 ans ;
- La variabilité de température d'une année à l'autre (variabilité interannuelle) est moyenne ($R^2 > 0,3$).

Les 5 stations bretonnes présentent une augmentation significative de leur température moyenne annuelle depuis 1960. Les résultats mettent en évidence une augmentation d'environ $+0,30^\circ\text{C}$ par décennie (moyenne des 5 stations), soit $+1,79^\circ\text{C}$ en 60 ans (1960-2020).

L'augmentation est voisine pour les 5 stations, de l'ordre de $0,31^\circ\text{C}$ par décennie à Rostrenen, $0,30^\circ\text{C}$ à Rennes et légèrement inférieure sur les autres postes de mesures ($0,29^\circ\text{C}$ par décennie). Ces éléments révèlent la forte homogénéité intra régionale du réchauffement. Ainsi, il n'y a pas de différences notables en termes de réchauffement moyen annuel entre les stations, qu'elles soient situées à proximité du littoral (Pleurtuit, Brest, Lorient) ou à l'intérieur des terres (Rennes, Rostrenen).

Le réchauffement s'est accéléré à partir du milieu des années 80, ce qui est conforme à l'augmentation perçue dans le Grand Ouest. À noter que pour chacune des stations bretonnes, 14 des 20 années les plus chaudes enregistrées depuis 1960 l'ont été au 21^{ème} siècle. À Rostrenen, Pleurtuit, et Rennes, les 7 années les plus chaudes ont été relevées après 2000. Les derniers rapports du GIEC et la plupart des projections climatiques confirment la très forte probabilité que ce réchauffement se poursuive.



L'étude de l'écart à la référence 1961-1990 à Rennes permet d'attirer l'attention sur les températures moyennes des 30 dernières années. En effet, ces dernières sont quasi - systématiquement supérieures à la référence, constat similaire pour les 4 autres stations.

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Pour aller plus loin : l'étude des températures saisonnières est nécessaire pour connaître la répartition du réchauffement au sein des différentes saisons (A2)

A RETENIR

Les différentes séries de données disponibles en Bretagne mettent en évidence une évolution des températures moyennes cohérente avec celle observée dans le Grand Ouest. Depuis 1960, la température moyenne annuelle s'est élevée d'environ 0.30°C par décennie, soit une augmentation de 1.79°C en 60 ans (moyennes des 5 stations). Notons que le réchauffement s'est accentué à partir du milieu des années 80. La hausse des températures est très homogène dans la région, sans différences marquées entre stations littorales et intérieures.



Pour en savoir plus

DUBREUIL V., PLANCHON O., LAMY C., BONNARDOT V., QUÉNOL H. ; 2012. Le changement climatique dans la France de l'Ouest : observations et tendances. In MÉROT, Ph., DUBREUIL, V., DELAHAYE, D., DESNOS, Ph.: Changement climatique dans l'Ouest, Presses Universitaires de Rennes, chap. 1, 19-30.

DUBREUIL V., BONNARDOT V., QUÉNOL H., BIGOT S., HUARD F., DEQUE M. (2012) : Le climat de la France de l'Ouest au XXIème siècle : que disent les modèles ? In MÉROT Ph., DUBREUIL V., DELAHAYE D., DESNOS Ph.: Changement climatique dans l'Ouest, Presses Universitaires de Rennes, chap. 4, 57-72.

MOISSELIN J-M., SCHNEIDER M., CANELLAS C., MESTRE O. ; 2002. Les changements climatiques en France au XXème siècle : étude des longues séries homogénéisées de données de températures et de précipitations, La Météorologie, n°38, 45-57.

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Température moyenne saisonnière

🔑 Nature et source des données

SH : séries homogénéisées
Données fournies par Météo France

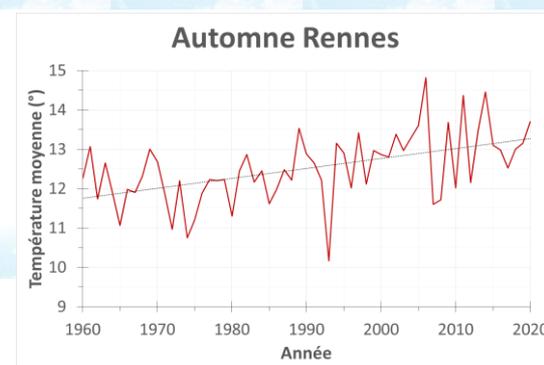
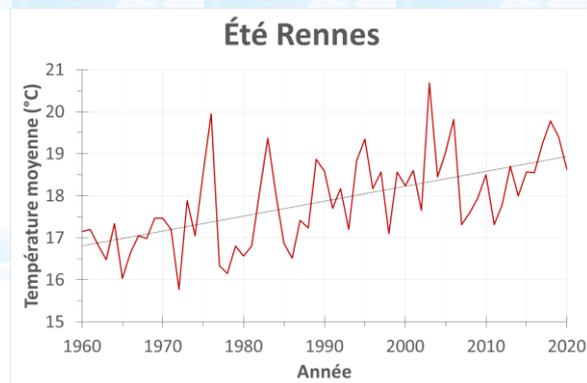
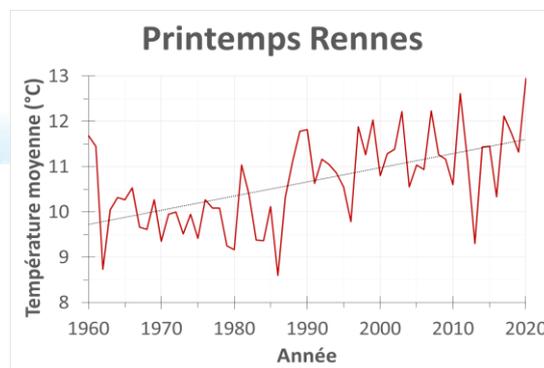
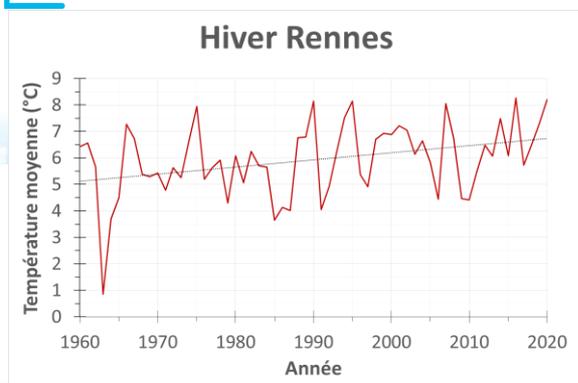
🕒 Indicateur 2

Pleurtuit : 1960-2020
Brest : 1960-2020
Lorient : 1960-2020
Rostrenen : 1960-2020
Rennes : 1960-2020

📊 Calcul de l'indicateur

Moyenne sur 3 mois des températures moyennes journalières : décembre à février (hiver), mars à mai (printemps), juin à août (été), septembre à novembre (automne)

📈 Évolution observée (pour une question de lisibilité des graphiques, une échelle « dynamique » a exceptionnellement été utilisée)



1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Analyse

L'évolution de la température moyenne saisonnière observée depuis 1960 à **Rennes** montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1960-2020 sont de :
 - +0,27°C par décennie en hiver** ($0.01 < P < 0,05$) soit +1.62°C en 60 ans;
 - +0,31°C par décennie au printemps** ($P < 0,001$) soit +1.87°C en 60 ans;
 - +0,35°C par décennie en été** ($P < 0,001$) soit +2.12°C en 60 ans;
 - +0,25°C par décennie en automne** ($P < 0,001$) soit +1.51°C en 60 ans;
- La variabilité interannuelle est très importante ($0.1 < R^2 < 0,2$) en hiver, importante ($0,2 < R^2 < 0,3$) en automne et moyenne en été et au printemps ($R^2 > 0.3$).

L'analyse des températures moyennes saisonnières des autres stations montre des résultats assez similaires à ceux de Rennes, avec des significativités plus ou moins fortes. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant (tableau I) :

	Hiver	Printemps	Été	Automne	°C/décennie
Rennes	+0.27 ($0.01 < P < 0,05$)	+0.31 ($P < 0,001$)	+0.35 ($P < 0,001$)	+0.25 ($P < 0,001$)	
Rostrenen	+0.30 ($P < 0,001$)	+0.33 ($P < 0,001$)	+0.32 ($P < 0,001$)	+0.27 ($P < 0,001$)	
Pleurtuit	+0.30 ($0,001 < P < 0,01$)	+0.29 ($P < 0,001$)	+0.32 ($P < 0,001$)	+0.25 ($P < 0,001$)	
Brest	+ 0.28 ($P < 0,001$)	+0.33 ($P < 0,001$)	+0.29 ($P < 0,001$)	+0.25 ($P < 0,001$)	
Lorient	+0.27 ($0.001 < P < 0,01$)	+0.34 ($P < 0,001$)	+0.30 ($P < 0,001$)	+0.25 ($P < 0,001$)	
Moyenne	+0.28	+0.32	+0.32	+0.25	

Tableau I – Évolution des températures moyennes saisonnières entre 1960 et 2020 sur les 5 stations étudiées

Les résultats des observations saisonnières des 5 stations montrent que l'augmentation de la température moyenne annuelle (cf. indicateur "Température moyenne annuelle") n'est pas homogène sur les quatre saisons. Cependant, les valeurs d'augmentations inter saisonnières restent relativement proches. Les moyennes des 5 stations nous laissent penser que la hausse des températures est généralement moins nette en hiver (+0.28°C par décennie) et en automne (+0.25°C par décennie) qu'en saisons printanière (+0.32°C par décennie) et estivale (+0.32°C par décennie). Quelques exceptions se dégagent cependant, à l'image de Pleurtuit, qui a connu une augmentation plus forte en saison hivernale (+0.30°C par décennie) qu'en saison printanière (+0.29°C par décennie). L'augmentation est plus sensible en saison estivale qu'en saison printanière pour les stations de Rennes et Pleurtuit, à l'inverse des stations littorales de Brest et de Lorient. L'augmentation est équivalente à Rostrenen pour les deux saisons.

Ces hausses de températures se traduisent notamment par une « remontée en latitude » progressive des types de climats. Les climats d'altitude sont également moins frais que par le passé. Notons par exemple que les valeurs de température printanière de Rostrenen enregistrées sur la période 1991-2020 (10.0°C) sont désormais de l'ordre de grandeur de celles observées à Rennes sur la période 1961-1990 (10.1).

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Pour aller plus loin : Pour une analyse encore plus fine, l'étude des températures mensuelles pourrait être intéressante. Les diagrammes ombrothermiques témoignent notamment d'augmentations plus ou moins sensibles au sein même des saisons entre les périodes 1961-1990 et 1991-2020.

A RETENIR

L'analyse des séries de mesures dans la région Bretagne montre que la température moyenne saisonnière est en augmentation sur l'ensemble des saisons. L'augmentation des températures est généralement plus sensible en saisons printanière et estivale qu'en saisons automnale et hivernale. Les différences inter saisonnières restent toutefois peu marquées.



Pour en savoir plus

DUBREUIL V., PLANCHON O., LAMY C., BONNARDOT V., QUÉNOL H. ; 2012. Le changement climatique dans la France de l'Ouest : observations et tendances. In MÉROT, Ph., DUBREUIL, V., DELAHAYE, D., DESNOS, Ph.: Changement climatique dans l'Ouest, Presses Universitaires de Rennes, chap. 1, 19-30.

DUBREUIL V., BONNARDOT V., QUÉNOL H., BIGOT S., HUARD F., DEQUE M. (2012) : Le climat de la France de l'Ouest au XXIème siècle : que disent les modèles ? In MÉROT Ph., DUBREUIL V., DELAHAYE D., DESNOS Ph.: Changement climatique dans l'Ouest, Presses Universitaires de Rennes, chap. 4, 57-72.

MOISSELIN J-M., SCHNEIDER M., CANELLAS C., MESTRE O. ; 2002. Les changements climatiques en France au XXème siècle : étude des longues séries homogénéisées de données de températures et de précipitations, La Météorologie, n°38, 45-57.

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Nombre de jours « estivaux » par an

🔑 Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de références (valeurs brutes de 2017 à 2020)
Données fournies par Météo France

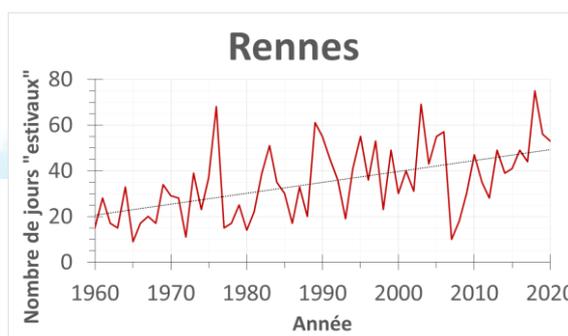
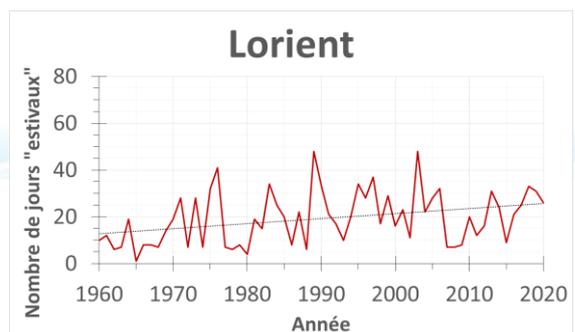
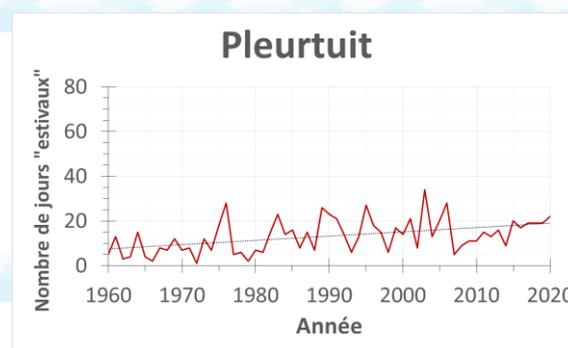
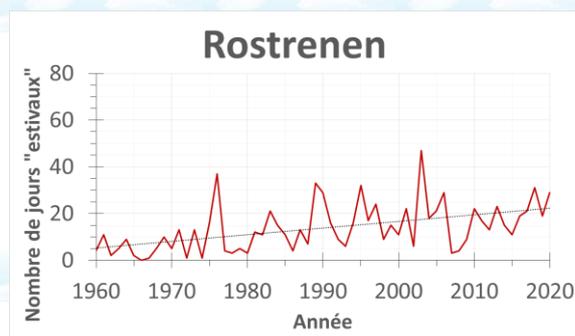
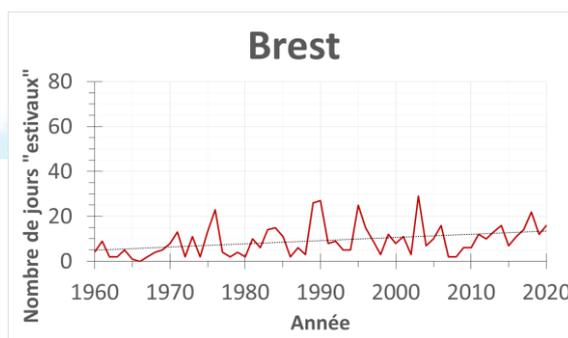
🕒 Indicateur 3

Pleurtuit : 1960-2020
Brest : 1960-2020
Lorient : 1960-2020
Rostrenen : 1960-2020
Rennes : 1960-2020

📊 Calcul de l'indicateur

Dénombrement, entre le 1er janvier et le 31 Décembre de chaque année, des jours où la température maximale journalière est supérieure ou égale à 25 °C.

📈 Évolution observée



 Analyse

L'évolution du nombre de jours « estivaux » depuis 1960 pour chaque station bretonne montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1960-2020 sont de :
+1.4 j par décennie à Brest ($0,001 < P < 0,01$) soit +8.5 j en 60 ans;
+1.9 j par décennie à Pleurtuit ($P < 0,001$) soit +11.4 j en 60 ans;
+2.1 j par décennie à Lorient ($0,01 < P < 0,05$) soit +12.8 j en 60 ans;
+2.8 j par décennie à Rostrenen ($P < 0,001$) soit +16.9 j en 60 ans;
+4.8 j par décennie à Rennes ($P < 0,001$) soit +28.7 j en 60 ans;
- La variabilité interannuelle est importante ($0,2 < R^2 < 0,3$) à Rennes, Rostrenen et Pleurtuit, et très importante ($0,1 < R^2 < 0,2$) à Brest et Lorient.

L'ensemble des stations a connu une augmentation significative des jours estivaux. Ces évolutions sont cohérentes avec l'augmentation des températures moyennes annuelles (cf. indicateur "Température moyenne annuelle"). L'augmentation des jours estivaux s'explique très probablement par la hausse des températures (maximales) en saisons printanière, estivale, et automnale.

Les jours chauds sont de plus en plus présents sur le littoral, bien que restant rares. En effet, malgré la hausse des températures, les stations littorales bénéficient de l'influence de la mer (régulation des températures) ce qui rend la barre des 25°C plus difficile à atteindre par rapport aux stations intérieures. Ces évolutions sont cohérentes avec l'effet tampon de la mer sur les températures (JOLY *et al.*, 2010). Ainsi, par rapport à des stations littorales comme Brest ou Lorient, Rennes enregistre plus de jours chauds en raison de l'influence continentale, et a « gagné » davantage de jours estivaux. À Rennes, en évolution tendancielle, les jours estivaux sont ainsi passés de 20 à près de 50 entre 1960 et aujourd'hui. À Rennes, sur la période 1961-1990, seules 4 années ont enregistré 40 jours estivaux ou plus (soit à peine plus d'une année sur 10), contre 18 années sur la période 1991-2020 (soit d'une année sur 3). En 2018, pour cette même station, la barre des 70 jours estivaux a été franchie à Rennes, avec 75 jours enregistrés. À Rostrenen, les jours estivaux ont grimpé de plus de 75% entre 1961-1990 (10 jours estivaux en moyenne) et 1991-2020 (proche de 18 jours estivaux en moyenne). Cette hausse du nombre de jours chauds devrait se poursuivre au cours du 21ème siècle au sein de la région Bretagne.

Pour aller plus loin : Les incidences de ces jours estivaux sur l'agriculture régionale sont multiples, mais nécessitent un examen détaillé de la répartition intra annuelle des augmentations observées. Ainsi, il pourrait être intéressant d'examiner mensuellement (voire par décennie) la façon dont ont évolué les jours estivaux afin d'évaluer l'évolution du risque par rapport à des périodes sensibles de cultures. L'indicateur agroclimatique sur l'échaudage du blé (cf. indicateur « nombre de jours échaudants ») est un exemple.

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

A RETENIR

Le nombre de jours estivaux par an a augmenté pour l'ensemble des stations bretonnes depuis 1960. La hausse est en revanche moins marquée pour les stations littorales.



Pour en savoir plus

DUBREUIL V., PLANCHON O., LAMY C., BONNARDOT V., QUÉNOL H. ; 2012. Le changement climatique dans la France de l'Ouest : observations et tendances. In MÉROT, Ph., DUBREUIL, V., DELAHAYE, D., DESNOS, Ph.: *Changement climatique dans l'Ouest*, Presses Universitaires de Rennes, chap. 1, 19-30.

DUBREUIL V., BONNARDOT V., QUÉNOL H., BIGOT S., HUARD F., DEQUE M. (2012) : Le climat de la France de l'Ouest au XXIème siècle : que disent les modèles ? In MÉROT Ph., DUBREUIL V., DELAHAYE D., DESNOS Ph.: *Changement climatique dans l'Ouest*, Presses Universitaires de Rennes, chap. 4, 57-72.

MOISSELIN J-M., SCHNEIDER M., CANELLAS C., MESTRE O. ; 2002. Les changements climatiques en France au XXème siècle : étude des longues séries homogénéisées de données de températures et de précipitations, *La Météorologie*, n°38, 45-57.

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Nombre de jours de gel par an

Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de références (valeurs brutes de 2017 à 2020)
Données fournies par Météo France

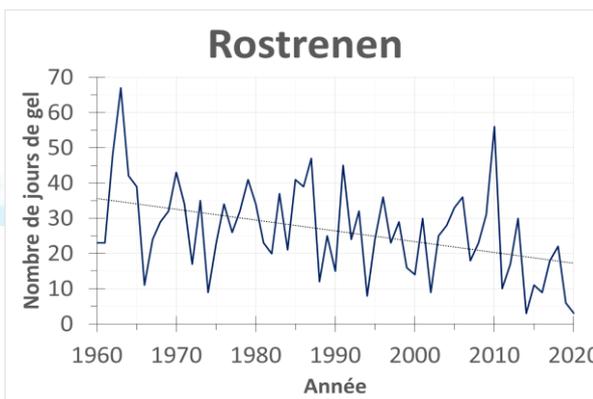
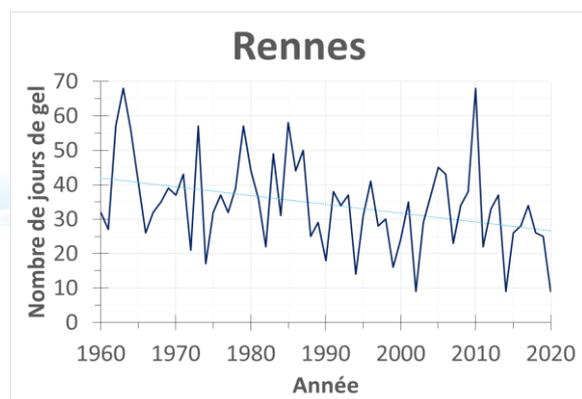
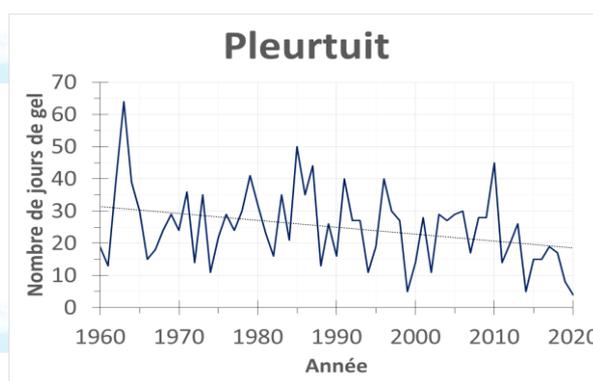
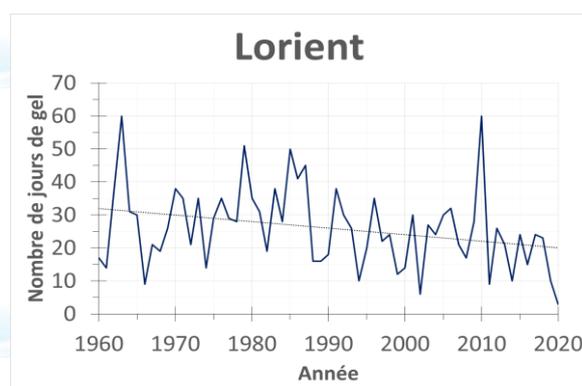
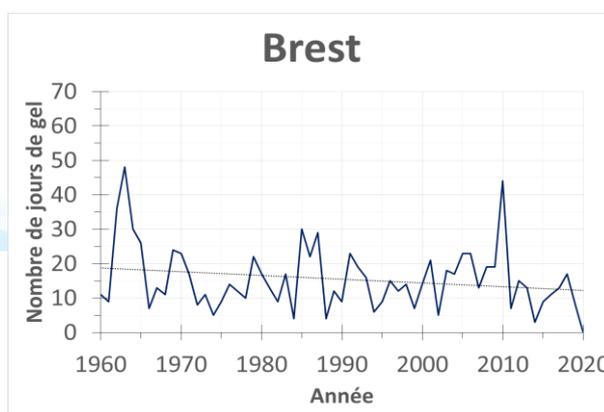
Indicateur 4

Pleurtuit : 1960-2020
Brest : 1960-2020
Lorient : 1960-2020
Rostrenen : 1960-2020
Rennes : 1960-2020

Calcul de l'indicateur

Dénombrement, entre le 1^{er} Janvier et le 31 Décembre de chaque année, des jours où la température minimale journalière est inférieure ou égale à 0°C.

Évolution observée





Analyse

L'évolution du nombre de jours de gel observée depuis 1960 pour chaque station bretonne montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1960-2020 sont de :
 - 1.1 j par décennie à Brest (NS) soit -6.5 j en 60 ans;
 - 2.0 j par décennie à Lorient ($0.01 < P < 0.05$) soit -11.9 j en 60 ans;
 - 2.1 j par décennie à Pleurtuit ($0.01 < P < 0.05$) soit -12.8 j en 60 ans;
 - 2.6 j par décennie à Rennes ($0.001 < P < 0.01$) soit -15.4 j en 60 ans ;
 - 3.1 j par décennie à Rostrenen ($P < 0,001$) soit -18.3 j en 60 ans;
- La variabilité interannuelle est très importante ($0,1 < R^2 < 0,2$) à Rostrenen, Rennes et Pleurtuit et extrêmement importante ($R^2 < 0.1$) à Lorient et Brest.

Brest est la seule station qui n'est pas marquée d'une tendance significativement à la baisse d'un point de vue statistique. Les quatre autres stations présentent une évolution significative.

La diminution observée pour l'ensemble des stations est cohérente avec l'augmentation des températures moyennes annuelles, et plus particulièrement avec l'augmentation des températures en période froide (fin d'automne, hiver, début de printemps). En effet, si les températures moyennes ont augmenté sur ces périodes, on peut également émettre l'hypothèse que les températures minimales se sont élevées (d'où une diminution du nombre de jours de gels). À noter que les stations littorales enregistrent de moins en moins de jours de gel, alors que ces derniers étaient déjà particulièrement rares (influence de la mer). La diminution des jours de gel n'est en revanche pas toujours très perceptible. Par exemple, à Brest, moins de 17 jours de gel ont été relevés en moyenne sur la période 1961-1990, contre 15 jours en moyenne sur la période postérieure à 1990. Par rapport aux stations littorales, les stations intérieures (Rennes et Rostrenen), qui enregistrent plus de jours avec températures négatives en raison de l'influence continentale, ont perdu davantage de jours de gel. En évolution tendancielle, les jours de gels à Rostrenen sont ainsi passés de plus de 35 à moins de 18 entre 1960 et aujourd'hui. Ces évolutions plus ou moins sensibles sont cohérentes avec l'effet tampon de la mer sur les températures (JOLY *et al.*, 2010). Cette diminution du nombre de jours de gel devrait se poursuivre au cours du 21ème siècle au sein de la région Bretagne.

Pour aller plus loin : Les graphiques élaborés annuellement ne permettent pas de préciser si la réduction du nombre de jours de gel porte sur une période particulière de l'année (fin d'automne, hiver, début de printemps). Pour une analyse plus fine, il pourrait être intéressant de suivre l'évolution des jours de gel mois par mois, voire par décade. Par ailleurs, il pourrait être utile de suivre les dates de première, voire de dernier gel. Cet indicateur ne permet pas non plus de renseigner l'intensité du gel. Pour cela, il pourrait notamment être judicieux de s'intéresser à l'évolution du nombre de jours où le mercure est descendu sous la barre des -3°C (ou -5°C). Suivre l'évolution de la durée des épisodes de froid pourrait également être utile. Par ailleurs, l'évolution du nombre de jours de gel peut impacter directement ou indirectement le développement des végétaux. Les effets sur les productions agricoles doivent être étudiés au cas par cas pour cibler les périodes sensibles.



A RETENIR

Le nombre de jours de gel a décru en Bretagne depuis 1960. Les stations littorales ont perdu moins de jours de gel par rapport aux stations « intérieures » de Rennes et Rostrenen. Cependant, toutes les stations excepté celle de Brest ont enregistré une tendance significativement à la baisse d'un point de vue statistique. Ces tendances à la diminution du nombre de jour de gel devraient se poursuivre à l'avenir.

Cette baisse du nombre de jours froids n'est pas forcément synonyme de réduction de risque de gel printanier pour les cultures sensibles. En effet, l'avancement phénologique des plantes découlant du réchauffement climatique peut impliquer une évolution des périodes à risque. Parallèlement, malgré la diminution tendancielle des jours de gel, on ne peut exclure des gels tardifs, la variabilité interannuelle du gel restant forte.



Pour en savoir plus

DUBREUIL V., PLANCHON O., LAMY C., BONNARDOT V., QUÉNOL H. ; 2012. Le changement climatique dans la France de l'Ouest : observations et tendances. In MÉROT, Ph., DUBREUIL, V., DELAHAYE, D., DESNOS, Ph.: Changement climatique dans l'Ouest, Presses Universitaires de Rennes, chap. 1, 19-30.

DUBREUIL V., BONNARDOT V., QUÉNOL H., BIGOT S., HUARD F., DEQUE M. (2012) : Le climat de la France de l'Ouest au XXIème siècle : que disent les modèles ? In MÉROT Ph., DUBREUIL V., DELAHAYE D., DESNOS Ph.: Changement climatique dans l'Ouest, Presses Universitaires de Rennes, chap. 4, 57-72.

MOISSELIN J-M., SCHNEIDER M., CANELLAS C., MESTRE O. ; 2002. Les changements climatiques en France au XXème siècle : étude des longues séries homogénéisées de données de températures et de précipitations, La Météorologie, n°38, 45-57.

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Cumul annuel des précipitations

🔑 Nature et source des données

SH : séries homogénéisées
Données fournies par Météo France

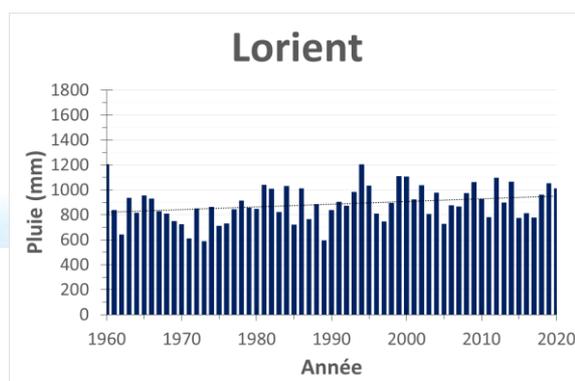
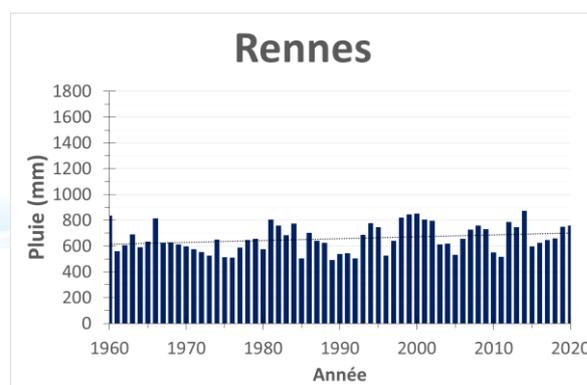
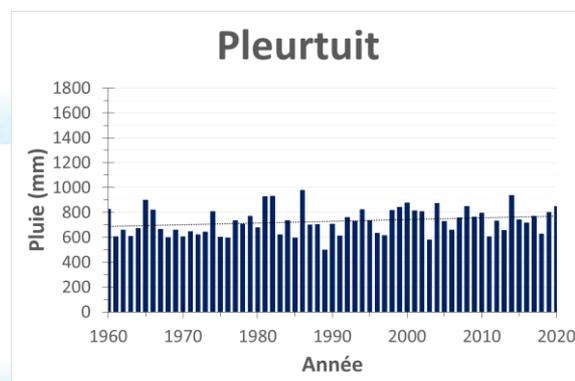
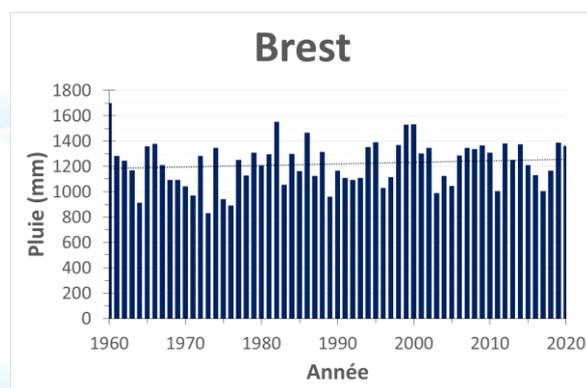
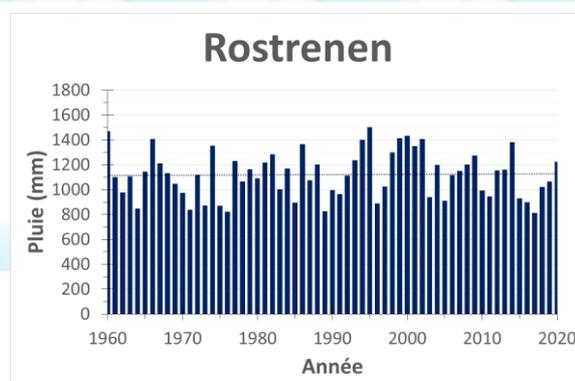
🕒 Indicateur 5

Pleurtuit : 1960-2020 (valeurs brutes en 2019 et 2020)
Brest : 1960-2020 (valeurs brutes de 2018 à 2020)
Lorient : 1960-2020 (valeurs brutes en 2019 et 2020)
Rostrenen : 1960-2020 (valeurs brutes de 2019 et 2020)
Rennes : 1960-2020 (valeur brute en 2020)

📊 Calcul de l'indicateur

Cumul sur l'année des précipitations journalières.

📈 Évolution observée





Analyse

L'évolution du cumul annuel des précipitations observée depuis 1960 pour chaque station bretonne montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1960-2020 sont de :
 - + **2 mm par décennie à Rostrenen** (NS) soit + 13 mm en 60 ans;
 - + **12 mm par décennie à Brest** (NS) soit + 70 mm en 60 ans;
 - + **14 mm par décennie à Pleurtuit** (NS) soit + 84 mm en 60 ans;
 - + **14 mm par décennie à Rennes** (NS) soit + 87 mm en 60 ans ;
 - + **22 mm par décennie à Lorient** ($0.01 < P < 0.05$) soit + 130 mm en 60 ans;
- La variabilité interannuelle est extrêmement importante ($R^2 < 0,1$) pour chacune des stations

Au cours des 60 dernières années, l'augmentation des pluies est significative pour aucune des stations, excepté Lorient. On observe cependant en Bretagne une tendance plus ou moins sensible à l'augmentation des précipitations annuelles, allant de +2 mm par décennie à Rostrenen à +22 mm par décennie à Lorient. La comparaison des cumuls pluviométriques entre les périodes 1961-1990 et 1991-2020 révèlent une pluviométrie à la hausse pour chacune des stations. À Lorient, la pluviométrie moyenne annuelle était de 825 mm sur la période 1961-1990, contre 935 mm sur la période postérieure à 1990, soit une augmentation d'environ 13%. Sur les décennies précédentes, on semble deviner des variations cycliques avec l'alternance de périodes de précipitations en hausse et en baisse, parfois marquées par des années de ruptures. Ces évolutions rendent difficilement perceptibles les éventuelles hausses, baisses (voire stagnation) des précipitations. Cette absence de signal clair sur les précipitations a notamment été constatée en France sur les latitudes intermédiaires. Cette situation se distingue de celle observée pour les températures, pour lesquelles les tendances sont à la hausse et plus homogènes spatialement.

Pour aller plus loin : l'étude des précipitations saisonnières est nécessaire pour connaître la répartition des pluies au sein des différentes saisons (A2).

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

A RETENIR

En région Bretagne, le cumul annuel des précipitations montre une légère tendance à l'augmentation des pluies allant de +2 mm par décennie à Rostrenen à +22 mm par décennie à Lorient. Ce signal est faiblement établi, très dépendant de la période suivie et du site observé (forte hétérogénéité spatiotemporelle).



Pour en savoir plus

DUBREUIL V., PLANCHON O., LAMY C., BONNARDOT V., QUÉNOL H. ; 2012. Le changement climatique dans la France de l'Ouest : observations et tendances. In MÉROT, Ph., DUBREUIL, V., DELAHAYE, D., DESNOS, Ph.: Changement climatique dans l'Ouest, Presses Universitaires de Rennes, chap. 1, 19-30.

DUBREUIL V., BONNARDOT V., QUÉNOL H., BIGOT S., HUARD F., DEQUE M. (2012) : Le climat de la France de l'Ouest au XXIème siècle : que disent les modèles ? In MÉROT Ph., DUBREUIL V., DELAHAYE D., DESNOS Ph.: Changement climatique dans l'Ouest, *Presses Universitaires de Rennes*, chap. 4, 57-72.

MOISSELIN J-M., SCHNEIDER M., CANELLAS C., MESTRE O. ; 2002. Les changements climatiques en France au XXème siècle : étude des longues séries homogénéisées de données de températures et de précipitations, *La Météorologie*, n°38, 45-57.

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Cumul saisonnier des précipitations

🔑 Nature et source des données

SH : séries homogénéisées
Données fournies par Météo France

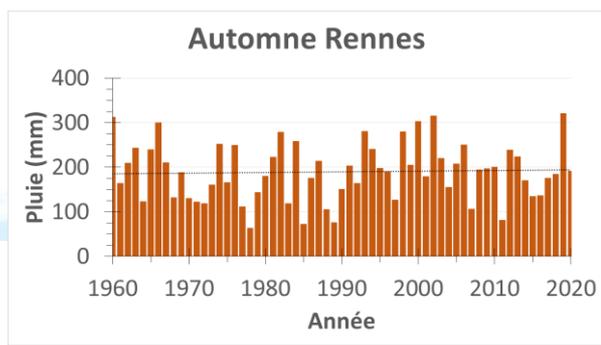
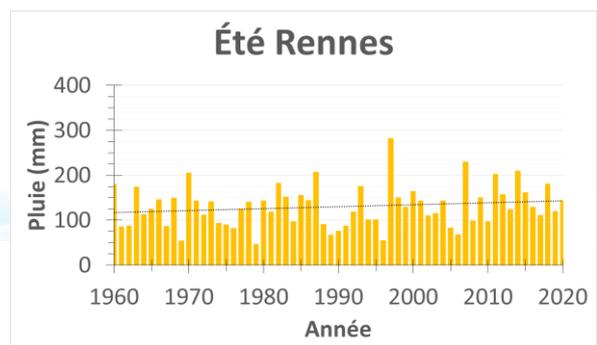
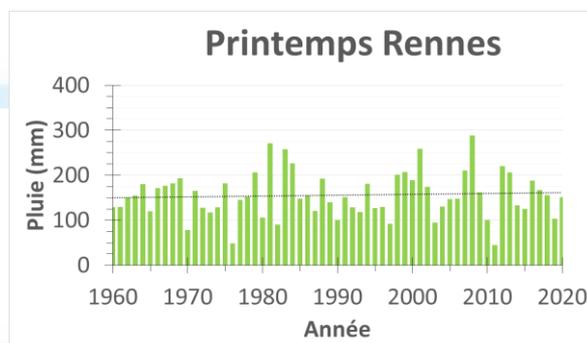
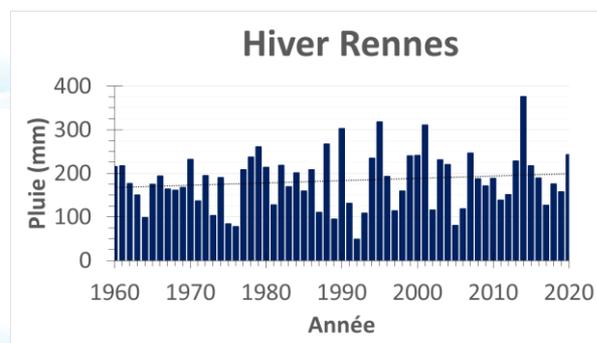
🕒 Indicateur 6

Pleurtaut : 1960-2020
Brest : 1960-2020 (valeur brute de 2018 à 2020)
Lorient : 1960-2020 (valeurs brutes en 2019 et 2020)
Rostrenen : 1960-2018 (valeurs brutes en 2019 et 2020)
Rennes : 1960-2018 (valeurs brutes en 2019 et 2020)

📊 Calcul de l'indicateur

Cumul sur 3 mois des précipitations journalières : décembre à février (hiver), mars à mai (printemps), juin à août (été), septembre à novembre (automne).

📈 Évolution observée





Analyse

L'évolution du cumul saisonnier des précipitations observée depuis 1960 à **Rennes** montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1960-2020

sont de :

- + **5 mm par décennie en hiver** (NS) soit + 32 mm en 60 ans;
- + **2 mm par décennie au printemps** (NS) soit + 11 mm en 60 ans;
- + **4 mm par décennie en été** (NS) soit + 26 mm en 60 ans;
- + **1 mm par décennie en automne** (NS) soit + 9 mm en 60 ans ;
- La variabilité interannuelle est extrêmement importante ($R^2 < 0,1$) pour chacune des saisons

L'analyse des précipitations moyennes saisonnières de l'ensemble des stations est présentée dans le tableau suivant (cf. Tableau II).

	Hiver	Printemps	Été	Automne	mm/décennie
Rennes	+ 5 (NS)	+ 2 (NS)	+ 4 (NS)	+ 1 (NS)	
Rostrenen	+ 5 (NS)	- 5 (NS)	+ 6 (NS)	- 6 (NS)	
Pleurtuit	+ 3 (NS)	- 1 (NS)	+ 8 (0.01<P<0.05)	+ 2 (NS)	
Brest	+ 3 (NS)	- 6 (NS)	+ 9 (NS)	0 (NS)	
Lorient	+ 9 (NS)	+ 2 (NS)	+ 5 (NS)	+ 3 (NS)	
Moyenne	+5	-1	+6	0	

Tableau II - Évolution du cumul saisonnier des précipitations entre 1960 et 2020 sur les 5 stations étudiées

Les observations saisonnières permettent d'affiner l'interprétation de la tendance annuelle des cumuls de précipitations (cf. indicateur "Cumul annuel des précipitations"). Si quasiment aucune tendance saisonnière n'est significative, on remarque cependant une légère tendance à la hausse pour l'ensemble des stations lors des saisons hivernales et estivales. En revanche, le suivi printanier et automnal de la pluviométrie depuis 1960 révèle des évolutions divergentes en fonction des sites (baisse, relative stagnation, hausse).

Ainsi, il semblerait que l'évolution non significative du cumul annuel des précipitations soit la résultante d'évolutions non significatives sur l'ensemble des quatre saisons, avec parfois des saisons à tendances inverses qui tendent à équilibrer le cumul annuel (à l'image de Brest et Rostrenen).

À l'avenir, plusieurs simulations (modélisations issues des scénarios RCP 4.5 et 8.5 notamment) prévoient une diminution du cumul estival des précipitations, soit une évolution contraire à celle constatée ces dernières décennies. Les cumuls pluviométriques pourraient également baisser en saisons printanière et automnale, mais stagner (voire augmenter) en hiver. Cependant, compte tenu des fortes incertitudes qui résident sur le paramètre pluviométrie, ces dynamiques doivent être interprétées avec grande prudence.



Pour aller plus loin : l'étude des cumuls des précipitations mensuelles permettrait de vérifier si l'évolution des précipitations saisonnières ne masquerait pas des modifications intra saisonnières. Les diagrammes ombrothermiques témoignent notamment d'augmentations plus ou moins sensibles - voire parfois divergentes - au sein même des saisons entre les périodes 1961-1990 et 1991-2020.

Par ailleurs, l'indicateur ne renseigne pas sur les "modalités" précises de ces précipitations (fréquence et durée des épisodes pluvieux, fréquence et durée des épisodes sans pluie, intensité des précipitations, etc.). Il serait intéressant d'analyser ces modalités.

A RETENIR

Entre 1960 et 2020, aucune saison ne montre de tendance significative à l'augmentation des précipitations. Une tendance à des cumuls plus élevés en saisons hivernale et estivale semble cependant s'être dessinée. Les régimes et les évolutions printanière et automnale présentent des résultats contrastés selon les stations. On note une importante variabilité interannuelle des pluies saisonnières, avec des phénomènes cycliques qui se traduisent par l'alternance de périodes de hausse et de diminution des précipitations. Les dynamiques futures des précipitations sont très incertaines.



Pour en savoir plus

DUBREUIL V., PLANCHON O., LAMY C., BONNARDOT V., QUÉNOL H. ; 2012. Le changement climatique dans la France de l'Ouest : observations et tendances. In MÉROT, Ph., DUBREUIL, V., DELAHAYE, D., DESNOS, Ph.: Changement climatique dans l'Ouest, Presses Universitaires de Rennes, chap. 1, 19-30.

DUBREUIL V., BONNARDOT V., QUÉNOL H., BIGOT S., HUARD F., DEQUE M. (2012) : Le climat de la France de l'Ouest au XXIème siècle : que disent les modèles ? In MÉROT Ph., DUBREUIL V., DELAHAYE D., DESNOS Ph.: Changement climatique dans l'Ouest, Presses Universitaires de Rennes, chap. 4, 57-72.

MOISSELIN J-M., SCHNEIDER M., CANELLAS C., MESTRE O. ; 2002. Les changements climatiques en France au XXème siècle : étude des longues séries homogénéisées de données de températures et de précipitations, La Météorologie, n°38, 45-57.



Cumul annuel d'évapotranspiration potentielle (ETP)

🔑 Nature et source des données

Chaîne SIM
Données fournies par Météo France

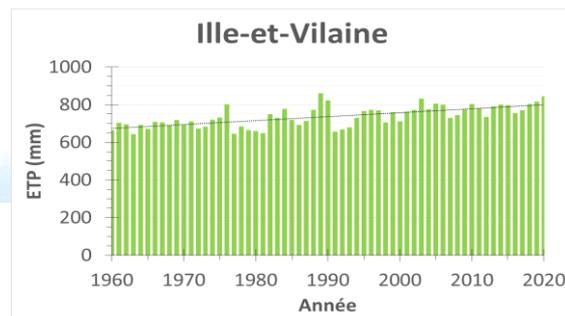
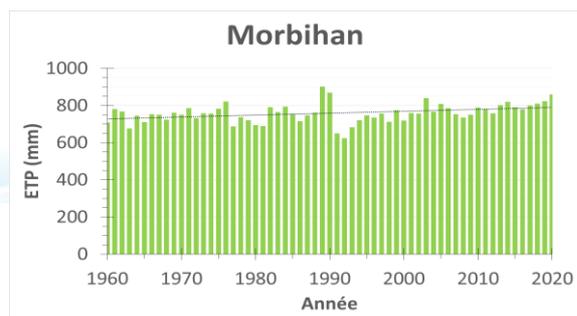
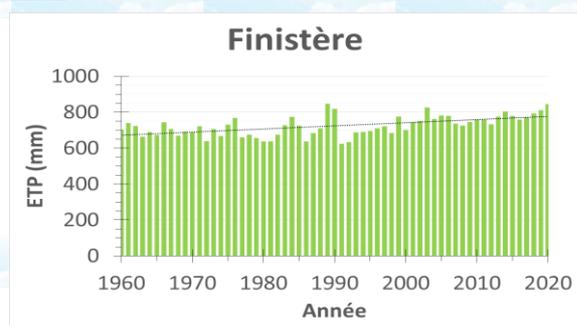
🕒 Indicateur 7

Finistère : 1960-2020
Côtes d'Armor : 1960-2020
Morbihan : 1960-2020
Ille et Vilaine : 1960-2020

📊 Calcul de l'indicateur

Au moyen de la chaîne de modélisation SIM, les bilans d'eau et d'énergie au niveau du sol sont calculés jour par jour en chaque point d'une grille de 8 km de côté couvrant le territoire régional. Ceci fournit les évapotranspirations potentielles journalières en chacun de ces points. Ensuite, l'évapotranspiration potentielle est cumulée sur l'année : on obtient l'évapotranspiration potentielle annuelle par point. Dans chaque département, la moyenne des évapotranspirations potentielles annuelles de tous les points du département est calculée pour délivrer l'évapotranspiration potentielle annuelle départementale. Cette opération est répétée pour chaque année de 1960 à 2020.

📈 Évolution observée





Analyse

L'évolution du cumul annuel d'évapotranspiration observée depuis 1960 pour chaque département breton montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1960-2020 sont de :
 - + **18 mm par décennie dans le Finistère** ($P < 0.001$) soit + 105 mm en 60 ans ;
 - + **10 mm par décennie dans le Morbihan** ($0.001 < P < 0.01$) soit + 61 mm en 60 ans ;
 - + **18 mm par décennie dans les Côtes d'Armor** ($P < 0.001$) soit + 107 mm en 60 ans ;
 - + **21 mm par décennie en Ille-et-Vilaine** ($P < 0,001$) soit + 126 mm en 60 ans ;
- La variabilité interannuelle est moyenne pour le Finistère, les Côtes d'Armor et l'Ille et Vilaine ($R^2 > 0.3$), et très importante ($0.1 < R^2 < 0.2$) pour le Morbihan.

L'ETP correspond à une valeur de référence représentant la demande climatique. Il s'agit de l'évapotranspiration d'un couvert végétal bas (ex : gazon tondu ras), continu et homogène dont l'alimentation en eau n'est pas limitante et qui n'est soumis à aucune limitation d'ordre nutritionnel, physiologique ou pathologique. L'ETP est calculée à partir des données climatiques tels que le vent, l'humidité de l'air, la température, ou encore le rayonnement.

Entre 1960 et 2020, l'évapotranspiration potentielle annuelle a augmenté d'une vingtaine de mm par décennie pour les départements d'Ille-et-Vilaine, des Côtes d'Armor, et du Finistère, contre 10 mm par décennie dans le Morbihan. L'ETP annuelle a augmenté de 1% (Morbihan) à 7% (Ille-et-Vilaine) entre 1961-1990 et 1991-2020. L'accroissement de l'évapotranspiration résulte notamment de l'augmentation des températures observée sur cette période (cf. indicateur "Température moyenne annuelle"). On note une certaine augmentation régulière de l'ETP ces dernières années, tous départements confondus. Ces résultats sont en accord avec ceux du projet CLIMATOR qui prévoient une augmentation sensible de l'ETP à Rennes dans les prochaines décennies (Brisson & Levrault, 2010).

L'augmentation de l'ETP est toutefois plus relative dans le Morbihan. Cela peut s'expliquer par une ETP déjà supérieure dans ce département avant les années 90. En effet, sur la période 1961-1990, l'ETP moyenne annuelle est de 755 mm dans le Morbihan, contre 708 mm en moyenne sur les trois autres départements. De plus, peut-être que l'évolution de l'ETP par saison est plus hétérogène dans le Morbihan par rapport aux autres départements bretons.

Pour aller plus loin : L'augmentation de l'évapotranspiration potentielle mise ici en évidence au seul pas de temps annuel ne nous renseigne pas sur la répartition au sein de l'année de cette augmentation (cf. indicateur « Cumul saisonnier d'évapotranspiration potentielle »).

Par ailleurs, la caractérisation de l'état hydrique réel des cultures sur cette période d'étude nécessiterait le calcul de l'évapotranspiration réelle¹ des plantes durant les cycles culturaux.

¹ ETR : évapotranspiration réelle (=quantité d'eau perdue par un couvert végétal installé sur un sol sur lequel l'eau peut être limitante).

**A RETENIR**

Entre 1960 et 2020, l'évapotranspiration potentielle annuelle a augmenté d'une vingtaine de mm par décennie dans les départements d'Ille-et-Vilaine, du Finistère, et des Côtes-d'Armor, contre 10 mm par décennie dans le Morbihan. Découlant notamment de l'augmentation des températures, cette hausse d'évapotranspiration devrait donc se poursuivre à l'avenir.

**Pour en savoir plus**

Chloé Lamy. Impact du changement climatique sur la fréquence et l'intensité des sécheresses en Bretagne. Géographie. Université Rennes 2, 2013.



Cumul saisonnier d'évapotranspiration potentielle (ETP)

🔑 Nature et source des données

Chaîne SIM

Données fournies par Météo France

🕒 Indicateur 8

Finistère : 1960-2020

Côtes d'Armor : 1960-2020

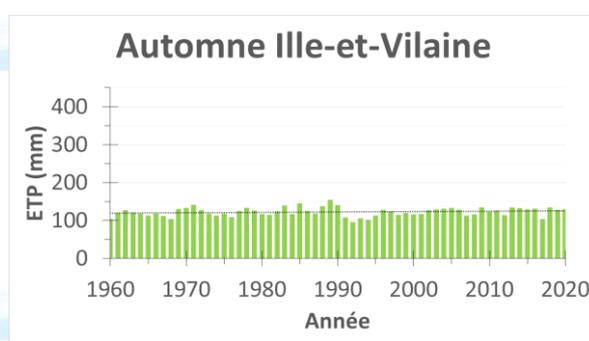
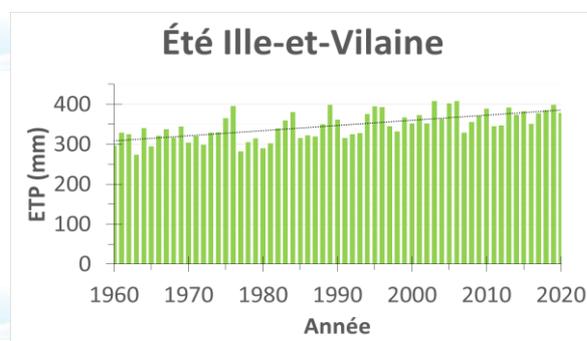
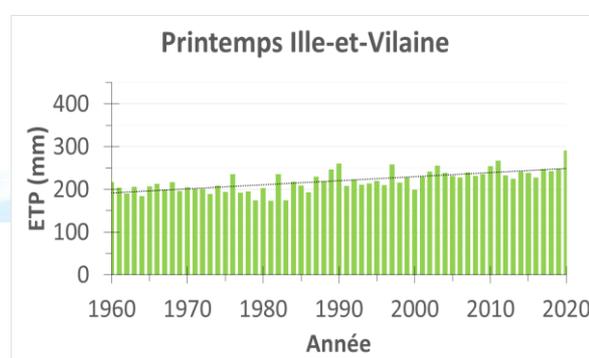
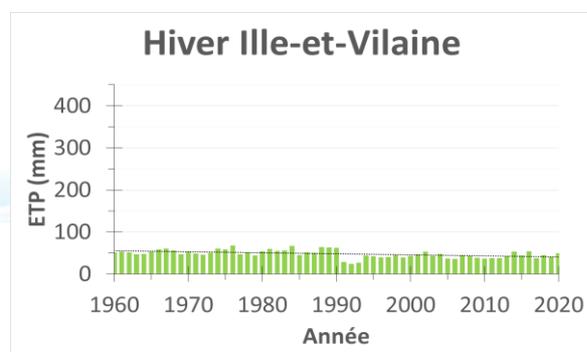
Morbihan : 1960-2020

Ille-et-Vilaine : 1960-2020

📊 Calcul de l'indicateur

Cumul sur trois mois des évapotranspirations (ETP) journalières : décembre à février (hiver), mars à mai (printemps), juin à août (été), septembre à novembre (automne).

📈 Évolution observée





Analyse

L'évolution du cumul saisonnier d'ETP observée depuis 1960 en **Ille-et-Vilaine** montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1960-2020 sont de :
 - + 2 mm par décennie en hiver** ($P < 0.001$) soit + 14 mm en 60 ans;
 - + 9 mm par décennie au printemps** ($P < 0.001$) soit + 57 mm en 60 ans;
 - + 13 mm par décennie en été** ($P < 0.001$) soit + 76 mm en 60 ans;
 - + 1 mm par décennie en automne** (NS) soit + 6 mm en 60 ans;
- La variabilité interannuelle est moyenne ($R^2 > 0,3$) en été et au printemps, importante ($0.2 < R^2 < 0,3$) en hiver et extrêmement importante ($R^2 < 0,1$) en automne.

Une analyse pour le Morbihan, les Côtes-d'Armor, et le Finistère, conduit à des tendances similaires, la hausse d'ETP étant toutefois plus ou moins nette selon les départements (cf. Tableau III).

	Hiver	Printemps	Été	Automne	mm/décennies
Finistère	- 2 (0.001 < P < 0.01)	+ 9 (P < 0.001)	+ 10 (P < 0.001)	+ 0 (NS)	
Côtes d'Armor	- 1 (0,01 < P < 0,05)	+ 8 (P < 0.001)	+ 9 (P < 0.001)	+ 2 (0.01 < P < 0.05)	
Morbihan	- 4 (P < 0.001)	+ 7 (P < 0.001)	+ 8 (P < 0.001)	- 2 (NS)	
Ille et Vilaine	- 2 (P < 0.001)	+ 9 (P < 0,001)	+ 13 (P < 0.001)	+ 1 (NS)	
Moyenne	- 2	+ 8	+ 10	+ 0	

Tableau III - Évolution des cumuls saisonniers d'ETP entre 1960 et 2020 sur les 4 départements bretons

La tendance à l'augmentation de l'ETP annuelle cache des disparités saisonnière. Si l'ETP en automne ne présente pas d'évolution de 1960 à 2020, l'ETP en hiver diminue significativement sur cette même période. L'augmentation de l'ETP annuelle s'explique pour l'ensemble des départements uniquement par l'élévation très significative des valeurs de l'ETP au printemps et à l'été. Les augmentations de ces dernières valeurs sont à corréliser avec l'augmentation des températures printanières et estivales (cf. indicateur « Température moyenne saisonnière »). À noter que l'échelle statique employée permet de mettre en évidence des cumuls d'ETP très contrastés entre les saisons. L'été enregistre des cumuls d'environ 350 mm, tandis que l'hiver, les cumuls avoisinent les 50 mm.

Pour aller plus loin : l'évolution de l'évapotranspiration potentielle mise ici en évidence au pas de temps saisonnier ne nous renseigne pas sur la répartition mensuelle de cette augmentation. Par ailleurs, comme pour l'ETP annuelle, la caractérisation de l'état hydrique réel des cultures sur cette période d'étude nécessiterait le calcul de l'évapotranspiration réelle des plantes durant les cycles culturaux.

A RETENIR

Entre 1960 et 2020 une augmentation très significative de l'ETP est observée en été et au printemps. A l'inverse, il n'y a pas d'évolution notable de l'ETP en automne, alors que l'ETP en hiver évolue significativement à la baisse pour l'ensemble des départements bretons.

Pour en savoir plus

Chloé Lamy. Impact du changement climatique sur la fréquence et l'intensité des sécheresses en Bretagne. Géographie. Université Rennes 2, 2013.

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Nombre de jours pluvieux (>10mm) par an

🔑 Nature et source des données

SH : séries homogénéisées
Données fournies par Météo France

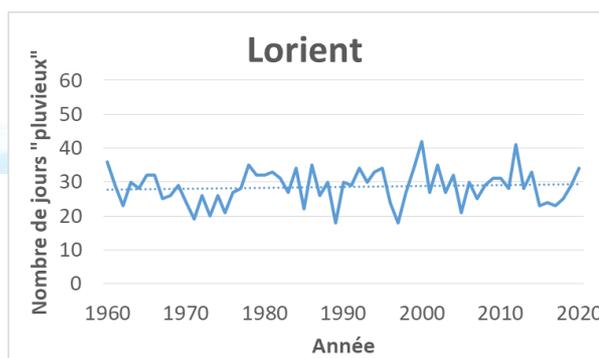
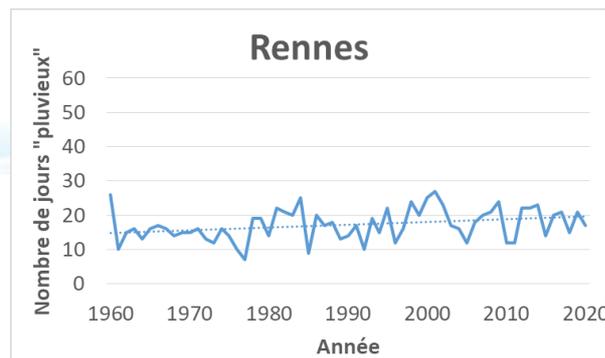
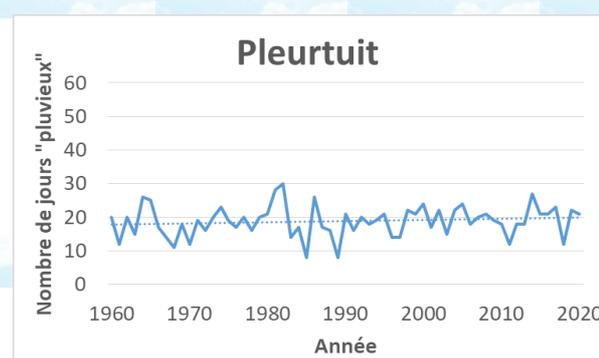
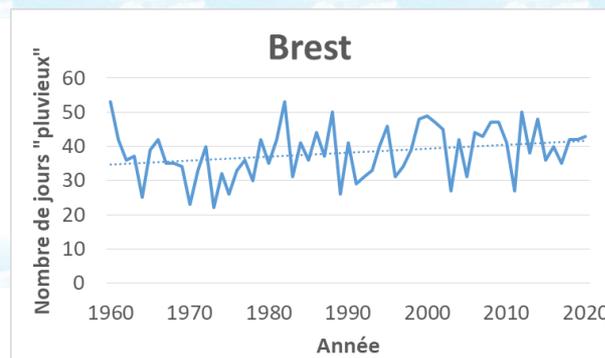
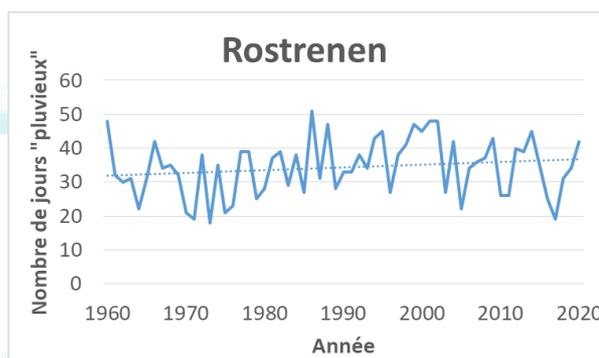
🕒 Indicateur 9

Pleurtuit : 1960-2020
Brest : 1960-2020
Lorient : 1960-2020
Rostrenen : 1960-2020
Rennes : 1960-2020

📊 Calcul de l'indicateur

Le nombre de jours par an où
la pluviométrie dépasse 10mm.

📈 Évolution observée



 Analyse

L'évolution du nombre de jours « pluvieux » par an observée depuis 1960 pour chaque station bretonne montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1960-2020 sont de :
- + **0.8 jours par décennie à Rostrenen (NS)** soit + 5 jours en 60 ans;
- + **1.1 jours par décennie à Brest (NS)** soit + 7 jours en 60 ans;
- + **0.3 jours par décennie à Pleurtuit (NS)** soit + 2 jours en 60 ans;
- + **0.8 jours par décennie à Rennes (0.01<P<0.05)** soit + 5 jours en 60 ans ;
- + **0.2 jours par décennie à Lorient (NS)** soit + 1.5 jours en 60 ans;
- La variabilité interannuelle est extrêmement importante ($R^2 < 0,1$) pour chacune des stations

On peut noter tout d'abord la différence de nombre de jours pluvieux (>10mm) entre la partie ouest et la partie est de la Bretagne. A Rostrenen, Brest et Lorient, il y a en moyenne plus de 30 jours pluvieux par an alors que l'on ne dépasse pas les 20 jours pluvieux en moyenne par an à Pleurtuit et Rennes. Cependant, l'évolution est similaire sur presque toute la Bretagne avec une augmentation non-significative du nombre de jours pluvieux au cours des 60 dernières années, qu'il est possible de lier à l'augmentation des précipitations (cf. indicateur « Cumul annuel des précipitations »). L'augmentation la plus importante se trouve à Brest avec plus de 7 jours pluvieux en plus par an en 2020 par rapport à 1960. Toutefois, l'augmentation est seulement significative à Rennes en passant d'une moyenne tendancielle de 15 jours pluvieux en 1960 à 20 jours pluvieux en 2020. A l'inverse, les tendances à l'augmentation à Lorient et Pleurtuit sont plus mesurées, sûrement dues à la proximité avec le littoral. La moyenne 1991-2020 est toutefois systématiquement supérieure à celle de 1961-1990 pour toutes les stations bretonnes.

La variabilité interannuelle est extrêmement importante, montrant que d'une année à l'autre, le nombre de jours pluvieux peut varier du simple au double. Par exemple, l'année 2011 a été marquée par peu de jours « pluvieux » alors qu'à l'inverse il y a eu beaucoup de jours « pluvieux » en 2012. À Brest, il y a eu 27 jours « pluvieux » en 2011 et 50 en 2012, les tendances sont similaires pour les autres stations.

Si les tendances à l'augmentation du nombre de jours « pluvieux » se confirment à l'avenir, cela pourra être problématique pour l'agriculture bretonne car la part de pluie utile au rechargement des réserves en eau du sol diminuera nécessairement. De plus, si ces jours tombent durant les périodes d'épandage d'engrais, le risque de ruissellement des produits et pollution des cours d'eau augmentera. Les agriculteurs pourraient aussi voir les fenêtres de préparation des sols et semis se rétrécir si les tendances actuelles sont confirmées. Enfin, cela peut donner une indication de la portance des prairies à la sortie de l'hiver si l'indicateur est plus précis sur les périodes.

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Pour aller plus loin : l'étude du nombre de jours pluvieux par saison est nécessaire pour connaître la répartition des périodes de fortes pluies et ainsi en déduire les conséquences sur les méthodes de travail de l'agriculteur et l'environnement.

A RETENIR

Entre 1960 et 2020 une augmentation non significative du nombre de jours « pluvieux » (>10 mm) par an est observée sur les cinq stations bretonnes, surtout à Rennes et Brest. Si les tendances se confirment ces prochaines années, cela deviendrait une réelle problématique pour le milieu agricole.



Pour en savoir plus

Chloé Lamy. Impact du changement climatique sur la fréquence et l'intensité des sécheresses en Bretagne. Géographie. Université Rennes 2, 2013.

DUBREUI V, Huon F, Lejeune C. Les précipitations intenses en Bretagne. Norois, n°170, p.395-406. 1996.

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Nombre de jours pluvieux (>10mm) par saison

🔑 Nature et source des données

SH : séries homogénéisées
Données fournies par Météo France

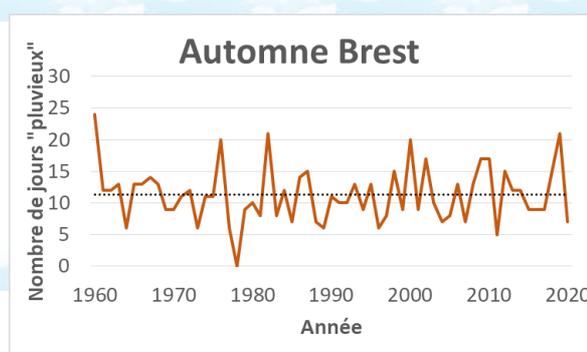
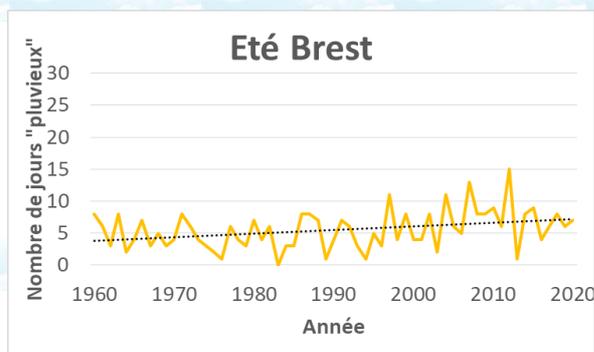
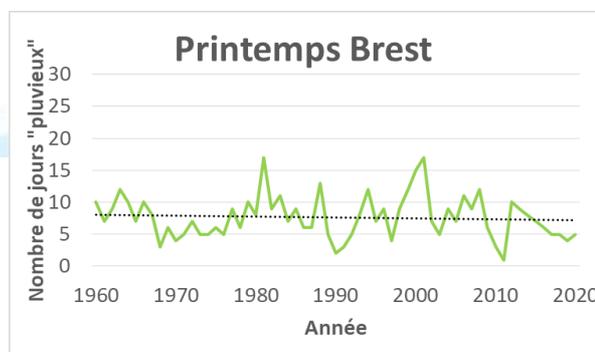
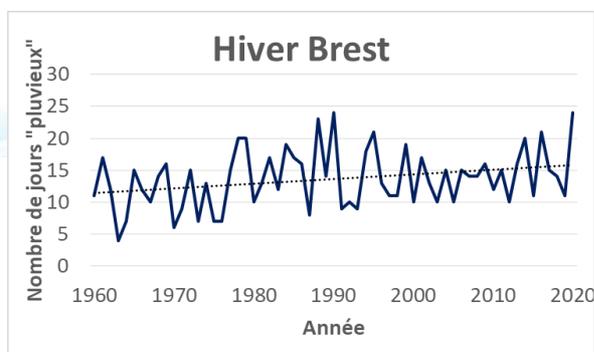
🕒 Indicateur 10

Pleurtnit : 1960-2020
Brest : 1960-2020
Lorient : 1960-2020
Rostrenen : 1960-2020
Rennes : 1960-2020

📊 Calcul de l'indicateur

Le nombre de jours par saison où la pluviométrie dépasse 10mm.

📈 Évolution observée





Analyse

L'évolution du nombre de jours pluvieux observé par saison depuis 1960 à **Brest** montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1960-2020 sont de :
 - + **0.7 jours par décennie en hiver** ($0.01 < P < 0.05$) soit + 4.4 jours en 60 ans;
 - **0.1 jours par décennie au printemps** (NS) soit - 0.8 mm en 60 ans;
 - + **0.6 jours par décennie en été** ($0.01 < P < 0.05$) soit + 3.4 jours en 60 ans;
 - + **0 jours par décennie en automne** (NS) soit + 0 jours en 60 ans ;
- La variabilité interannuelle est très importante en été ($0.1 < R^2 < 0.2$) à Brest et extrêmement importante ($R^2 < 0,1$) pour chacune des trois autres saisons

L'analyse du nombre de jours pluvieux par saison dans l'ensemble des stations est présentée dans le tableau suivant (cf. Tableau IV).

	Hiver	Printemps	Été	Automne	jours/décennie
Rennes	+ 0.3 (NS)	+ 0.3 (NS)	+ 0.0 (NS)	+ 0.1 (NS)	
Rostrenen	+ 0.5 (NS)	- 0.0 (NS)	+ 0.3 (NS)	+ 0.0 (NS)	
Pleurtuit	+ 0.1 (NS)	- 0.1 (NS)	+ 0.2 (NS)	+ 0.1 (NS)	
Brest	+ 0.7 ($0.01 < P < 0.05$)	- 0.1 (NS)	+ 0.5 ($0.001 < P < 0.01$)	+ 0.0 (NS)	
Lorient	+ 0.1 (NS)	- 0.0 (NS)	+ 0.1 (NS)	+ 0.0 (NS)	
Moyenne	+0.3	+0.0	+0.2	+0.0	

Tableau IV – Évolution du nombre de jours pluvieux entre 1960 et 2020 sur les 5 stations étudiées

La tendance à l'augmentation annuelle du nombre de jours pluvieux sur les 5 stations cache des divergences entre les saisons. Les tendances saisonnières chiffrées ci-dessus sont en corrélation avec les tendances du cumul des précipitations saisonnières (cf. indicateur « Cumul saisonniers des précipitations »). En effet, le nombre de jours pluvieux a tendance à augmenter en hiver et été sur les cinq stations bretonnes, mais seulement à Brest de façon significative. A l'inverse, une stagnation du nombre de jours pluvieux est observée à l'automne voire une diminution au printemps (Rennes faisant exception). Si les évolutions semblent très peu importantes, il faut les mettre en parallèle avec la quantité de jours pluvieux sur certaines saisons comme l'été. Par exemple, en évolution tendancielle, il y a moins de 4 jours pluvieux l'été à Brest en 1960 mais plus de 7 jours pluvieux l'été à Brest en 2020 soit quasiment le double.

La variabilité interannuelle est extrêmement importante. Cependant, si les tendances se confirment dans les années à venir, cela pourrait être une bonne nouvelle pour les agriculteurs. En effet, le printemps et l'automne sont les saisons où les jours pluvieux peuvent avoir d'importantes conséquences comme des travaux au champ dans de mauvaises conditions (préparation du sol, semis, ...).

Pour aller plus loin : Une analyse du nombre de jours pluvieux mensuelle n'aurait pas grand intérêt d'un point de vue climatologue. Cependant, il serait intéressant d'analyser le nombre de jours pluvieux avec différents seuils, notamment celui des fortes pluies de plus de 20 mm. Un autre indicateur intéressant à mettre en place porterait sur le nombre de jours pluvieux successifs sur des périodes clés comme autour de la date de mise à l'herbe ou bien lors des semis d'automne.

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

A RETENIR

Le nombre de jours pluvieux saisonniers suit les tendances des cumuls de précipitations saisonnières. Entre 1960 et 2020, une augmentation non significative du nombre de jours « pluvieux » (>10 mm) en été et hiver est observée sur les cinq stations bretonnes, notamment à Brest où ces évolutions sont significatives. A l'inverse, le nombre de jours pluvieux stagne en automne sur toutes les stations et diminue au printemps de façon non significative. Seule la station de Rennes déroge aux tendances en augmentant le nombre de jours pluvieux même au printemps. Cela explique la tendance significative à l'augmentation du nombre de jours pluvieux par an à Rennes.



Pour en savoir plus

Chloé Lamy. Impact du changement climatique sur la fréquence et l'intensité des sécheresses en Bretagne. Géographie. Université Rennes 2, 2013.

DUBREUIL V, Huon F, Lejeune C. Les précipitations intenses en Bretagne. Norois, n°170, p.395-406. 1996.



Bilan hydrique estival – période de sensibilité prairies, maïs, blé

🔑 Nature et source des données

Chaîne SIM
Données fournies par Météo France

🕒 Indicateurs 1

Finistère : 1959-2020
Côtes-d'Armor : 1959-2020
Morbihan : 1959-2020
Ille-et-Vilaine : 1959-2020

📊 Calcul de l'indicateur

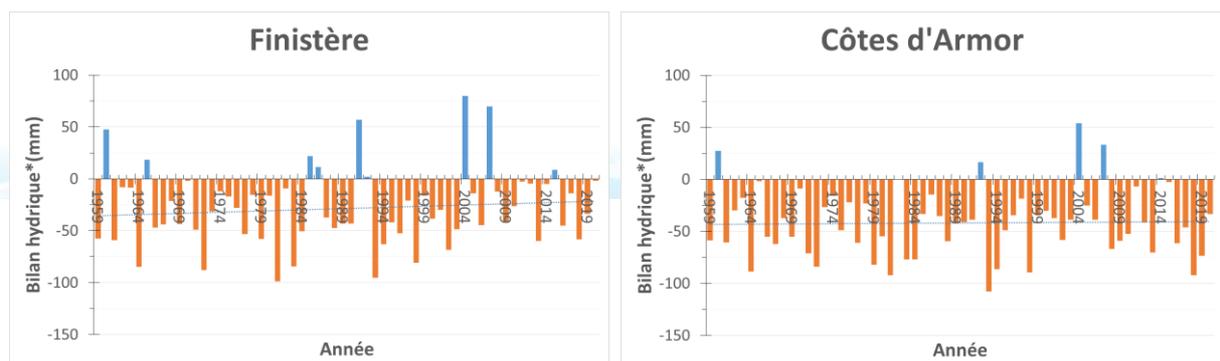
À partir de juin, les céréales à paille peuvent être particulièrement sensibles aux sécheresses. Un stress hydrique sur le blé à partir de la mi-juin peut notamment avoir des incidences sur le remplissage des grains et sur le potentiel de rendement.

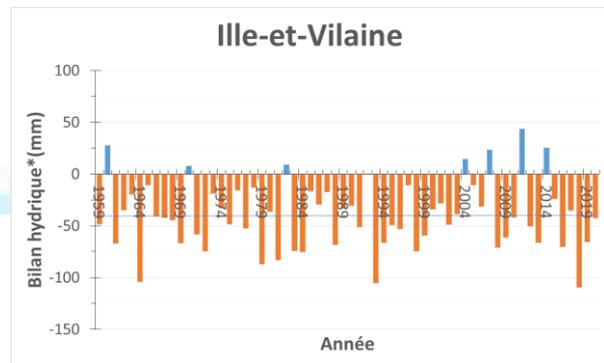
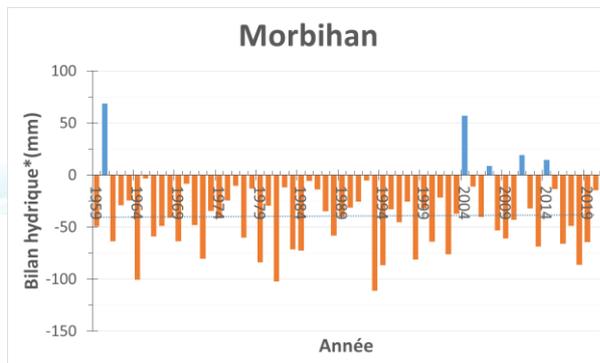
Pour le maïs, le stress hydrique en période estival peut également impacter le remplissage des grains et réduire leur nombre par épis. Le risque se concentre davantage sur les mois de juillet et août, quelques semaines avant et après la floraison, qui intervient couramment entre mi-juillet et début août.

Concernant le ray grass anglais, la période post-épiaison débute généralement dans la seconde moitié de juin. Cette phase d'apparition des repousses d'été est particulièrement sensible au stress hydrique.

Ainsi, il s'agit ici de faire le **cumul (Pluie-ETR) du 15 juin au 25 août**, période durant laquelle les céréales à paille, le maïs, ou encore les prairies peuvent être particulièrement sensibles au stress hydrique. Le calcul s'effectue à partir de la chaîne d'analyse spatiale du bilan hydrique SAFRAN-ISBA-MODCOU » (SIM). Cette chaîne modélise l'indicateur de d'humidité des sols (SWI) sur une grille de 8 x 8 km, dont les valeurs sont calculées en chaque point de la grille (environ une centaine par département) et moyennées sur le département.

📈 Évolution observée





*Cumul (Pluie-ETR) du 15 juin au 25 août

Analyse

L'évolution du bilan hydrique du 15 juin au 25 août observée depuis 1959 pour chaque département breton montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1959-2020 sont de :
 - + **2.3 mm par décennie dans le Finistère** (NS) soit + 14.2 mm en 62 ans;
 - + **0.5 mm par décennie dans les Côtes d'Armor** (NS) soit + 3.0 mm en 62 ans;
 - + **0.4 mm par décennie dans le Morbihan** (NS) soit + 2.4 mm en 62 ans;
 - + **0.1 mm par décennie en Ille-et-Vilaine** (NS) soit + 0.9 mm en 62 ans ;
- La variabilité interannuelle est extrêmement importante ($R^2 < 0.1$) pour chacun des départements

Les bilans hydriques « estivaux » des quatre départements bretons révèlent des hausses entre moins de 1 mm et 15 mm sur la période 1959-2020. Ces tendances pourraient laisser penser à une très légère amélioration de ce bilan dans le Finistère depuis 1960 et une relative stagnation sur le reste du territoire breton. Ainsi, même si l'évapotranspiration augmente significativement sur la période, la hausse des précipitations estivales compense équitablement. Les départements ont même enregistré entre 5 et 9 années avec un bilan hydrique positif (du 15 juin au 25 août), dont 64 % intervenues dans les 30 dernières années. Cependant, compte tenu des tendances non significatives (quel que soit le département) et de la forte incertitude de ce paramètre, il convient d'avoir plus de recul avant de tirer des conclusions trop précipitées. Ainsi, le blé, le maïs, et les prairies ne semblent pas avoir connu d'amélioration (ni de durcissement) notable de leur bilan hydrique depuis 1960 sur la période 15 juin - 25 août.

Pour aller plus loin : pour une analyse plus fine, il serait intéressant de réaliser le calcul à partir des valeurs d'ETR propre à chacune des productions végétales (blé, maïs, ray grass anglais, etc.). Dans la même logique, il serait judicieux de discriminer davantage les périodes de sensibilité de chaque production. Enfin, s'agissant d'un indicateur départemental, il n'est pas à exclure que ce dernier masque des réalités locales significatives (en termes d'amélioration ou de détérioration du bilan hydrique) ; il pourrait ainsi être intéressant de suivre cet indicateur sur des secteurs géographiques plus restreints.



A RETENIR

Aucune tendance significative ne se dégage concernant le bilan hydrique en période « estivale » (15 juin-25 août) entre 1959 et 2020. En tendance, le bilan hydrique est en évolution positive dans les quatre départements bretons. Compte tenu de la « non significativité » des tendances, il semble trop tôt pour parler d'amélioration notable du bilan hydrique, même dans le Finistère qui enregistre la plus grande augmentation. Demain, la baisse des précipitations attendue en saisons printanière et estivale couplée à la hausse des températures et d'ETP sur ces mêmes saisons pourrait laisser craindre une dégradation du bilan hydrique.



Pour en savoir plus

Chloé Lamy. Impact du changement climatique sur la fréquence et l'intensité des sécheresses en Bretagne. Géographie. Université Rennes 2, 2013.

DURAND J.M, 2007. Les effets du déficit hydrique sur la plante : aspects physiologiques, Fourrages, 190, 181-195.

BRISSON N., LEVRAULT F, 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME.



Nombre de jours de ralentissement de la pousse du RGA

🔑 Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de références (valeurs brutes de 2017 à 2020)
Données fournies par Météo France

🕒 Indicateurs 2

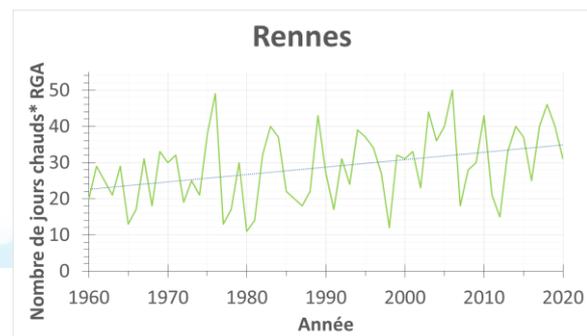
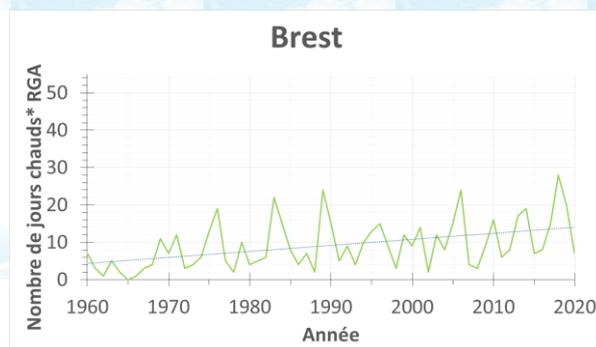
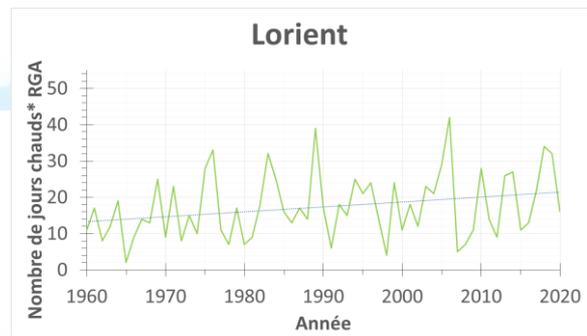
Pleurtuit : 1960-2020
Brest : 1960-2020
Lorient : 1960-2020
Rostrenen : 1960-2020
Rennes : 1960-2020

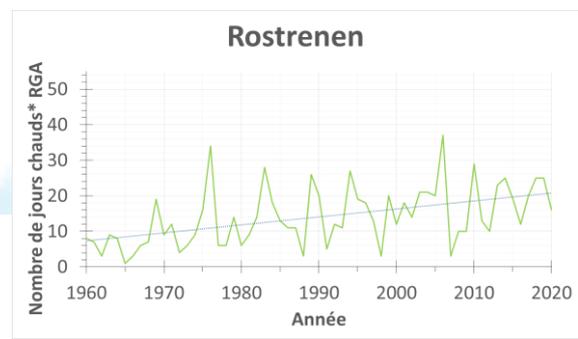
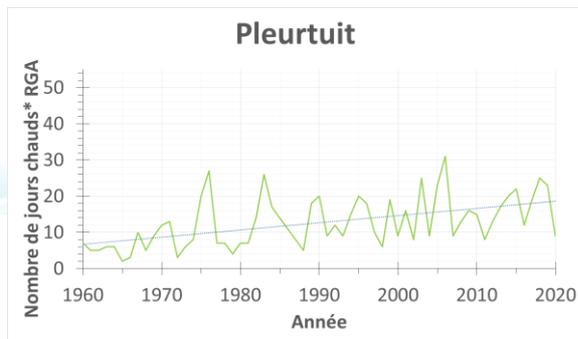
📊 Calcul de l'indicateur

Sur certains secteurs bretons, les mois de juin et juillet peuvent s'accompagner d'une production potentiellement intéressante d'herbe. Or, un coup de chaud durant ces mois peut considérablement ralentir (voire stopper) la production de l'herbe sur cette période. La grande majorité des prairies bretonnes est constituée à base de Ray Grass Anglais (RGA), dont la croissance ralentie à partir de 23°C (GNIS).

Ainsi, on calcule le nombre de jours où la température atteint ou excède les 23°C du 1^{er} juin au 31 juillet.

📈 Évolution observée





*Nombre de jours où la température $\geq 23^{\circ}\text{C}$ du 1^{er} juin au 31 juillet

Analyse

L'évolution du nombre de jours où la température maximale a atteint ou dépassé les 23°C du 1^{er} juin au 31 juillet observée depuis 1960 pour chaque station bretonne montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1960-2020 sont de :

- + **1.4 J par décennie à Lorient** ($0.01 < P < 0.05$) soit + 8.1 J en 60 ans;
- + **1.6 J par décennie à Brest** ($P < 0.001$) soit + 9.7 J en 60 ans;
- + **2.0 J par décennie à Rennes** ($0.001 < P < 0.01$) soit + 12.3 J en 60 ans;
- + **2.0 J par décennie à Pleurtuit** ($P < 0.001$) soit + 12.0 J en 60 ans ;
- + **2.2 J par décennie à Rostrenen** ($P < 0.001$) soit + 13.4 J en 60 ans;

- La variabilité interannuelle est importante ($0.2 < R^2 < 0.3$) à Pleurtuit et Rostrenen, très importante ($0.1 < R^2 < 0.2$) à Brest et Rennes, et extrêmement importante ($R^2 < 0.1$) à Lorient.

Le nombre de jours de ralentissement de la pousse du RGA a augmenté sur chacun des secteurs. L'augmentation la plus modérée est à Lorient (+8.1J en 60 ans), tandis que la hausse la plus sensible est observée à Rostrenen (+ 13.4 J en 60 ans). Signalons la forte variabilité interannuelle de cet indicateur, s'illustrant parfois par de fortes différences entre années consécutives. Cette variabilité interannuelle est extrêmement importante à Lorient. Ainsi, la station de Lorient a enregistré 42 jours avec une température maximale supérieure ou égale à 23°C en juin et juillet 2006 (année marquée par une saison estivale particulièrement chaude), contre seulement 5 en juin et juillet 2007. Cependant, cette variabilité interannuelle ne semble pas avoir augmenté (ou diminué) au cours des dernières décennies. L'évolution positive de la fréquence de jours chauds induit un durcissement des conditions estivales pour la pousse de l'herbe. Couplés à une éventuelle détérioration du bilan hydrique sur cette période, ces jours chauds supplémentaires pourraient impliquer un creux estival de la pousse de l'herbe d'autant plus marqué.



Pour aller plus loin : étudier le bilan hydrique pour le RGA sur les mois de juin et juillet pourrait permettre d'affiner l'analyse. De plus, suivre l'évolution du nombre de jours où la température est supérieure ou égale à 23°C pour chacun des mois (voire par décade) permettrait de savoir si certaines périodes sont davantage (voire moins) concernées par ces conditions. Par ailleurs, un jour chaud « temporaire » (isolé dans le temps) peut n'avoir que très peu d'incidence sur la pousse de l'herbe. Ainsi, il pourrait être judicieux de suivre le nombre d'épisodes où plusieurs jours consécutifs atteignent ou dépassent les 23°C.

A RETENIR

Le nombre de jours de ralentissement de la pousse du RGA a augmenté sur chacune des stations bretonnes entre 1960 et 2020. En tendance, cela correspond à 8.1 jours supplémentaires à Lorient (gain le plus faible) et 13.4 jours en plus à Rostrenen en 60 ans (gain le plus fort).



Pour en savoir plus

BRISSON N., LEVRAULT F, 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME.

Réagir face à la sécheresse, dans l'immédiat et sur le long terme. 24/08/18. Paysan Breton.

CARRE A., DEPOIX R. Surfaces prairiales : comment optimiser leur exploitation ?. 27/07/18. GNIS



Date de récolte théorique maïs fourrage

🔑 Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de références
Données fournies par Météo France

🕒 Indicateurs 3

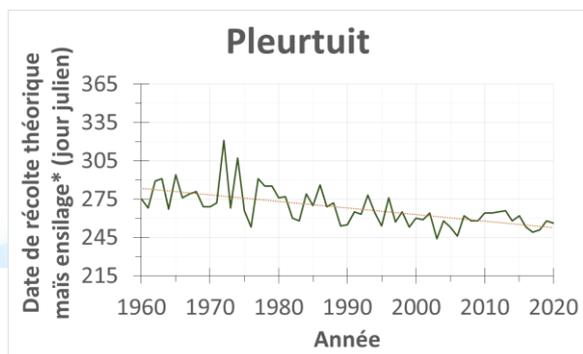
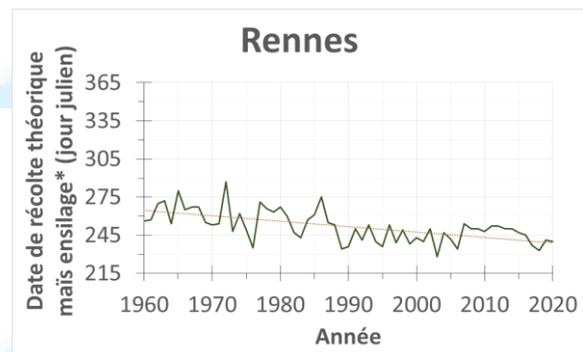
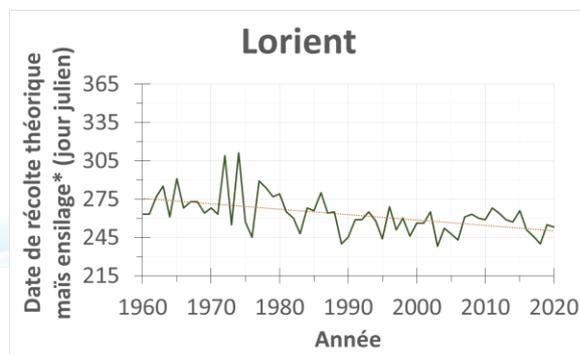
Pleurtuit : 1960-2020 (valeurs brutes de 2017 à 2020)
Brest : 1960-2020 (valeurs brutes de 2017 à 2020)
Lorient : 1960-2020 (valeurs brutes de 2017 à 2020)
Rostrenen : 1960-2020 (valeurs brutes de 2017 à 2020)
Rennes : 1960-2020 (valeurs brutes de 2016 à 2020)

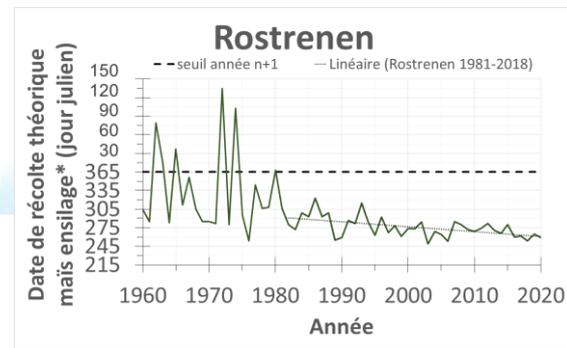
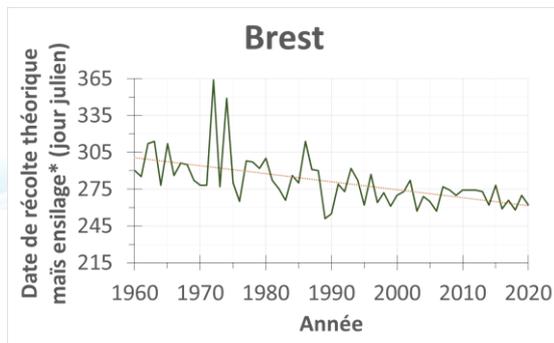
📊 Calcul de l'indicateur

En Bretagne, les semis de maïs interviennent généralement entre fin avril et début mai. Pour des variétés dites « précoces » (\approx indice 270), les plus répandues dans la région, le nombre de degrés-jours moyen nécessaire à l'accomplissement du cycle (semis-récolte à 32% de MS) du maïs ensilage peut être fixé à 1425 DJ. On considère une base à 6°C et un plafonnement à 30°C, le développement du maïs se faisant entre 6°C (zéro de germination du grain de maïs) et 30°C (température au-delà de laquelle le maïs stoppe son développement)

Ainsi, on cumule 1425 DJ à partir du 1^{er} mai en base 6°C avec un plafonnement à 30°C.

📈 Évolution observée





*Date de franchissement de 1425 DJ initialisée au 1^{er} mai en base 6°C avec un plafonnement à 30°C.

Analyse

L'évolution de la date d'atteinte de 1425°CJ à partir du 1^{er} mai observée depuis 1960 pour chaque station bretonne montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1960-2020 (1981-2020 pour Rostrenen) sont de :
 - **4.2 J par décennie à Rennes** ($P < 0,001$) soit - 25.4 J en 60 ans;
 - **4.2 J par décennie à Lorient** ($P < 0,001$) soit - 25.3 J en 60 ans;
 - **5.2 J par décennie à Pleurtuit** ($P < 0,001$) soit - 31.0 J en 60 ans;
 - **6.5 J par décennie à Brest** ($P < 0,001$) soit - 39.1 J en 60 ans ;
 - **8.0 J par décennie à Rostrenen** ($P < 0,001$) soit - 30.9 J en **39 ans**;
- La variabilité interannuelle est moyenne ($R^2 > 0.3$) à Pleurtuit, Rennes, et Brest et importante ($0.2 < R^2 < 0.3$) à Rostrenen et Lorient.

Les 1425 DJ cumulés à partir du 1^{er} mai sont atteints de plus en plus tôt dans l'année pour l'ensemble des stations. Cela traduit une date de récolte théorique de plus en plus précoce, expliquée par la hausse des températures à l'origine du raccourcissement du cycle du maïs ensilage. Ainsi, si ce seuil était généralement franchi de mi-septembre à fin octobre dans les années 60 (excepté le cas de Rostrenen), il est désormais atteint entre fin août et fin septembre.

C'est à Lorient que l'avancement est le moins prononcé, avec 25.3 jours « gagnés » en 60 ans. À Brest, en tendance, la date théorique de récolte a avancé de près de 40 jours depuis 1960. Ainsi, pour un semis d'une telle variété (précoce) au 1^{er} mai, la date de récolte intervient désormais plutôt mi-septembre à Brest, et non plus fin octobre comme dans les années 60. À Brest, cette date théorique intervenait avant octobre - c'est-à-dire avant le 274^{ème} jour de l'année - à peine plus de 1 année sur 10 sur la période antérieure à 1991, contre 6 années sur 10 sur la période postérieure à 1990. À Rostrenen, les 1425 DJ étaient atteints avant novembre - c'est-à-dire avant le 305^{ème} jour de l'année - environ une année sur deux sur la période 1961-1990, tandis qu'ils le sont quasi systématiquement sur la période postérieure à 1990 (seule 1993 fait figure d'exception). À noter qu'à Rostrenen, la tendance n'a été calculée que sur la période post 1981 en raison d'années de récoltes théoriques intervenant en année n + 1 avant cette période. En effet, les récoltes interviennent en pratique « au plus tard » avant les premières gelées. Ainsi, le franchissement de 1425 DJ ne traduit pas une date de récolte envisageable lorsqu'il intervient



tardivement, et notamment en année n+1 (1962, 1965, 1972, 1974, 1980). Ces situations s'expliquent probablement par des années marquées par des étés et/ou des arrières saisons froides, synonyme d'une disponibilité thermique insuffisante en année n à Rostrenen. Or, la station costarmoricaine est une station d'altitude qui enregistre généralement les températures automnale et hivernale les plus fraîches. L'évolution est malgré tout spectaculaire pour Rostrenen sur la période 1981-2020, puisqu'en tendance, la date de récolte théorique a avancé d'1 mois en seulement 39 ans.

Pour aller plus loin : il convient de rappeler qu'il s'agit d'une date d'ensilage théorique, qui, pour des raisons climatiques (conditions climatiques défavorables) ou encore logistiques (programmation des chantiers d'ensilages) peut ne pas être réalisable le jour de franchissement des 1425 DJ en question. Considérer des variétés avec des indices de précocités différents et/ou des dates de semis autres permettrait de compléter l'analyse sur le raccourcissement du cycle du maïs ensilage.

A RETENIR

La date de récolte théorique du maïs ensilage est de plus en plus précoce pour l'ensemble des stations. En tendance, depuis 1960, le cycle du maïs ensilage s'est raccourci d'environ 24 jours à Rennes, contre près de 40 jours à Brest. Ainsi, la période de récolte théorique se situe désormais entre fin août et fin septembre, et non plus entre mi-septembre et fin octobre comme dans les années 60 (excepté le cas particulier de Rostrenen).



Pour en savoir plus

BRISSON N., LEVRAULT F, 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME.

Somme de températures base 6-30 cumulées pour un maïs semé le 1/05/18...jusqu'au 11/09/18. Chambre d'agriculture de Bretagne



Nombre de jours échaudants blé

🔑 Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de références (valeurs brutes de 2017 à 2020)
Données fournies par Météo France

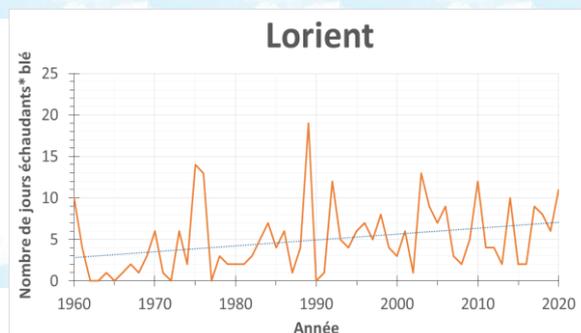
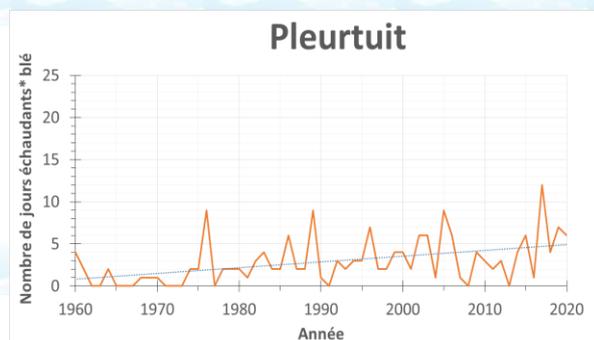
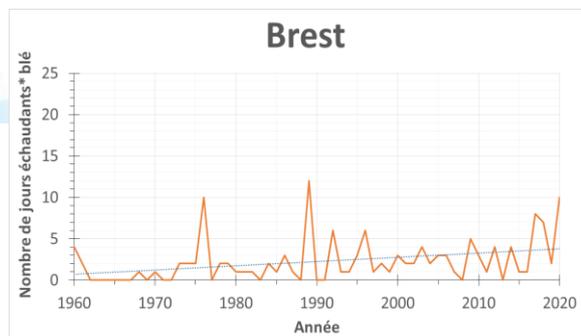
🕒 Indicateurs 4

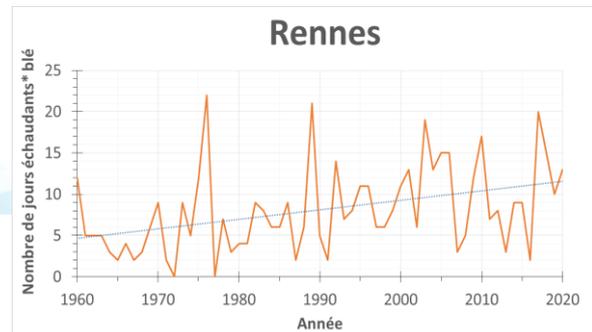
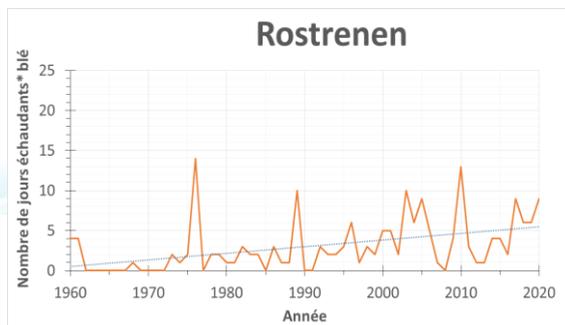
Pleurtuit : 1960-2020
Brest : 1960-2020
Lorient : 1960-2020
Rostrenen : 1960-2020
Rennes : 1960-2020

📊 Calcul de l'indicateur

Les céréales à paille et notamment le blé sont sensibles au phénomène d'échaudage, accident intervenant lorsque la température atteint ou dépasse les 25°C lors de la croissance (ou remplissage) des grains. Plus exactement, la période à risque s'étale de l'épiaison à la maturité physiologique. En Bretagne, c'est généralement à partir de mi-mai que débute cette phase sensible sur les secteurs les plus précoces (Ille-et-Vilaine notamment). Elle peut se poursuivre jusqu'à fin juin sur certains secteurs bretons (Finistère notamment). Ainsi, on calcule le nombre de jours où la température atteint ou excède les 25°C du 15 mai au 30 juin.

📈 Évolution observée





*Jours où la température $\geq 25^{\circ}\text{C}$ du 15 mai au 30 juin.

Analyse

L'évolution du nombre de jours où la température maximale a atteint ou dépassé les 25°C du 15 mai au 30 juin observée depuis 1960 pour chaque station bretonne montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1960-2020 sont de :
 - + 0.5 J par décennie à Brest** ($0.001 < P < 0.01$) soit + 3.1 J en 60 ans;
 - + 0.7 J par décennie à Pleurtuit** ($P < 0.001$) soit + 4.1 J en 60 ans;
 - + 0.7 J par décennie à Lorient** ($0.01 < P < 0.05$) soit + 4.2 J en 60 ans;
 - + 0.8 J par décennie à Rostrenen** ($P < 0.001$) soit + 5.0 J en 60 ans ;
 - + 1.1 J par décennie à Rennes** ($0,001 < P < 0,01$) soit + 6.9 J en 60 ans;
- La variabilité interannuelle est très importante ($0.1 < R^2 < 0.2$) à Pleurtuit, Rennes, Brest et Rostrenen, et extrêmement importante ($R^2 < 0.1$) à Lorient

Les jours échaudants ont augmenté de façon significative pour l'ensemble des stations entre le 15 mai et le 30 juin. Les accroissements les plus importants ont été observés par les stations intérieures de Rostrenen et de Rennes qui, sur la période 1960-2020, enregistrent des hausses respectives de 0.8 et 1.1 jour par décennie. À Rennes, les années avec des « pics d'échaudage » supérieurs à 10 sont de plus en plus fréquentes. Ces derniers intervenaient « seulement » 1 année sur 10 sur la période 1961-1990, contre 1 année sur 2 désormais (1991-2020). Si la hausse est moins sensible que dans les terres sur les secteurs côtiers, il apparaît cependant que les années sans échaudages se font de plus en plus rares. À Brest par exemple, alors qu'on enregistrait à peine plus d'une année sur deux avec échaudage sur la période 1961-1990, l'occurrence est passée à 9 années sur 10 sur la période postérieure à 1990. Bien que pouvant paraître peu marquées, ces tendances à la hausse sont préoccupantes compte tenu des impacts générés par l'échaudage. En effet, ces jours échaudants pendant le stade critique du remplissage du grain peuvent impacter le PMG (poids de mille grain), une des composantes principales du rendement en fin de cycle. Mis en parallèles avec une éventuelle détérioration du bilan hydrique sur cette période, ces accidents d'échaudage pourraient impacter davantage la progression des rendements à l'avenir.



A RETENIR

En tendance, les jours échaudants ont augmenté de 3.1 J en 60 ans (Brest) à 6.9 J en 60 ans (Rennes). Bien que pouvant paraître peu marquée, la hausse du nombre de jours échaudants qui se dessine suscite de nombreuses interrogations en raison des impacts engendrés par le phénomène.



Pour en savoir plus

BRISSON N., LEVRAULT F, 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME.

GATE P. ; 1995. Ecophysiologie du blé de la plante à la culture. Editions Lavoisier et ITCF. 429 pages



Degrés-jours cycle(s) carpocapse de la pomme

🔑 Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de références (valeurs brutes de 2017 à 2020)
Données fournies par Météo France

🕒 Indicateurs 5

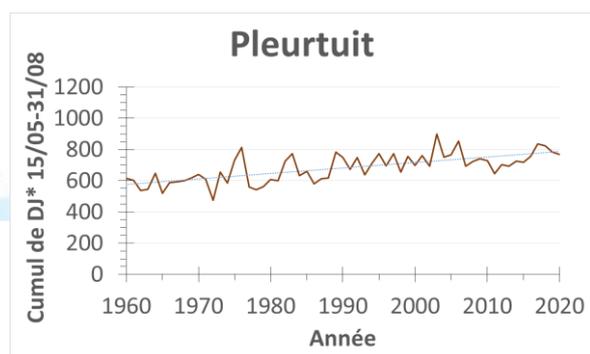
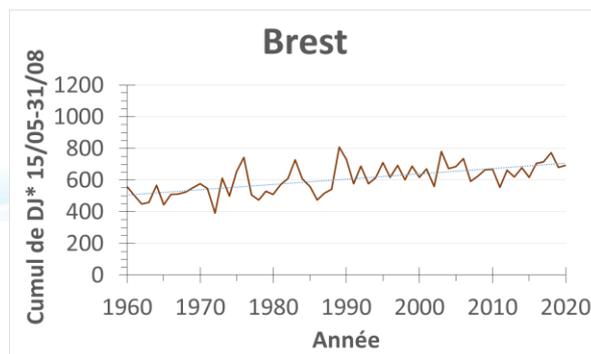
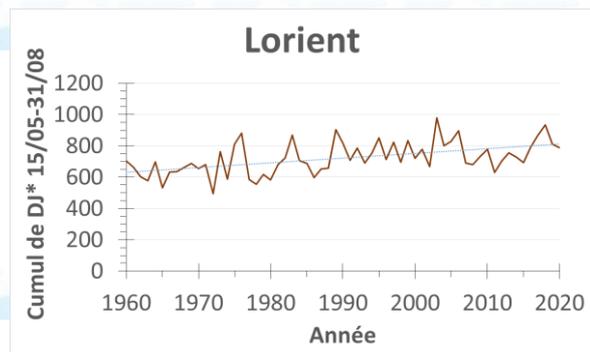
Pleurtuit : 1960-2020
Brest : 1960-2020
Lorient : 1960-2020
Rostrenen : 1960-2020
Rennes : 1960-2020

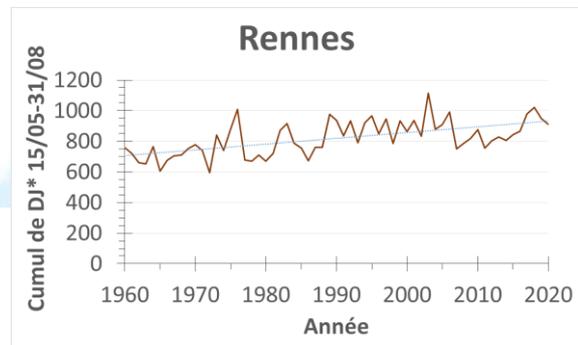
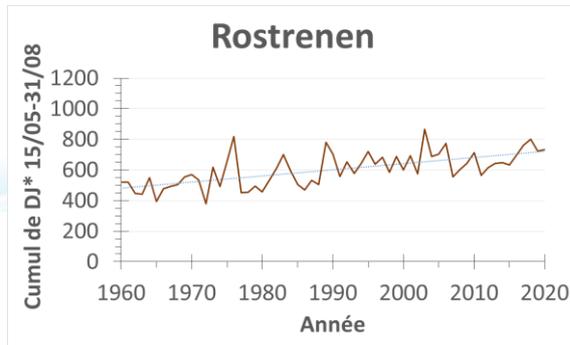
📊 Calcul de l'indicateur

Le carpocapse démarre généralement son cycle de ponte courant mai, puis les stades successifs s'accomplissent à partir d'une température moyenne supérieure à 10°C. Les larves du carpocapse peuvent occasionner des dégâts sur les pommiers jusqu'à l'automne, période à partir de laquelle les températures deviennent généralement moins favorables à leur développement. La fin de la période « estivale » correspond également à la période de cueillettes de certaines variétés de pommes.

Ainsi, on cumule les degrés-jours (DJ) base 10°C du 15 mai au 31 août.

📈 Évolution observée





*Cumul de degrés-jours (DJ) base 10°C

Analyse

L'évolution du cumul des DJ en base 10°C du 15 mai au 31 août observée depuis 1960 pour chaque station bretonne montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1960-2020 sont de :
 - + **30.0 DJ par décennie à Lorient** ($P < 0,001$) soit + 180.3 DJ en 60 ans;
 - + **33.5 DJ par décennie à Brest** ($P < 0,001$) soit + 201.1 DJ en 60 ans;
 - + **35.5 DJ par décennie à Pleurtuit** ($P < 0,001$) soit + 212.9 DJ en 60 ans;
 - + **37.6 DJ par décennie à Rennes** ($P < 0,001$) soit + 225.7 DJ en 60 ans ;
 - + **40.1 DJ par décennie à Rostrenen** ($P < 0,001$) soit + 240.7 DJ en 60 ans;
- La variabilité interannuelle est importante à Lorient ($0,2 < R^2 < 0,3$) et moyenne pour les autres stations ($R^2 > 0,3$)

La hausse des températures invite les arboriculteurs à s'interroger sur l'évolution des ravageurs (localisation, effectifs, cycles, etc.). Le carpocapse des pommes et des poires (*Cydia pomonella*) figure parmi les ravageurs les plus redoutables des vergers. Il est également présent sur le noyer, le cognassier, ou encore sur le prunier ou l'abricotier. Les attaques provoquées par les larves de ce papillon peuvent diminuer considérablement la valeur quantitative et qualitative des récoltes. Or, depuis les dernières décennies, le réchauffement climatique pourrait avoir favorisé l'accomplissement d'un second cycle de carpocapses en Bretagne. Si des moyens de lutte efficaces ne sont pas déployés, les impacts de la seconde génération viennent s'accumuler aux dégâts occasionnés par la première génération.

La somme des températures a augmenté de 30 à plus de 40 DJ (base 10°C) par décennie en fonction des stations de 1960 à 2020 entre le 15 mai et le 31 août. Sur cette période de l'année, la somme de température dépasse désormais quasi systématiquement les 605 DJ pour l'ensemble des stations, seuil considéré comme étant le point de départ d'une seconde génération potentielle. Cette augmentation s'explique par une disponibilité thermique plus forte sur les saisons printanière et estivale. À noter cependant quelques nuances entre stations. En effet, bien que cela soit de plus en plus rare, la barre des 605 DJ a moins souvent été dépassée à Rostrenen et à Brest. En revanche, elle l'a systématiquement été pour les autres stations depuis au moins 30 ans. Ainsi, à Brest par exemple, les 605 DJ ont été franchis environ 1 année sur 4 sur la période 1961-1990, contre plus de 3 années sur 4 sur la période 1991-2020. À Pleurtuit, ce seuil a été dépassé environ 1 année sur 2 sur la période 1961-1990, et systématiquement sur la période postérieure à 1990.



Ainsi, cette augmentation des températures semble être de plus en plus propice au développement d'une seconde génération de carpocapses. En effet, au vu de l'accroissement des DJ, l'occurrence d'apparition d'une seconde génération est de plus en plus forte. De plus, le cycle de cette seconde génération tend également à s'allonger dans le temps, impliquant des dégâts potentiellement plus importants en arboriculture fruitière. Au regard de l'augmentation de la somme des DJ, il est fort probable qu'un troisième cycle puisse démarrer dans le futur proche sur les secteurs les plus chauds.

A RETENIR

Depuis 1960, la somme des températures a augmenté de 30 à plus de 40 DJ (base 10°C) par décennie en fonction des stations entre le 15 mai et le 31 août. À Rennes, Lorient et Pleurtuit, le seuil des 605 DJ est systématiquement dépassé depuis au moins une trentaine d'années, synonyme d'un deuxième cycle de carpocapses (en théorie). La pression d'une seconde génération est également de plus en plus forte sur les secteurs comme Brest où Rostrenen, où la disponibilité thermique est plus faible par rapport aux autres stations. Ainsi, les conditions sont de plus en plus favorables à l'accomplissement d'un second cycle de carpocapse, et laissent même penser qu'un troisième cycle puisse s'opérer prochainement sur les secteurs les plus chauds.



Pour en savoir plus

BRISSON N., LEVRAULT F. ; 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME.

BRODEUR J., BOIVIN G., BOURGEOIS G., CLOUTIER C., DOYON J., GRENIER P., GAGNONA A. E. ; 2013. Impacts des changements climatiques sur le synchronisme entre les ravageurs et leurs ennemis naturels : conséquences sur la lutte biologique en milieu agricole au Québec. Rapport Ouranos. Rapport final du projet Ouranos N°5500005-103.

MAAARO ; 2011. Carpocapse de la pomme. Ontario [en ligne]. Disponible sur <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/codling.htm>.

Degrés-jours cycle(s) pyrale bivoltine du maïs

🔑 Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de références (valeurs brutes en 2017, 2018 et 2019)
Données fournies par Météo France

🕒 Indicateurs 6

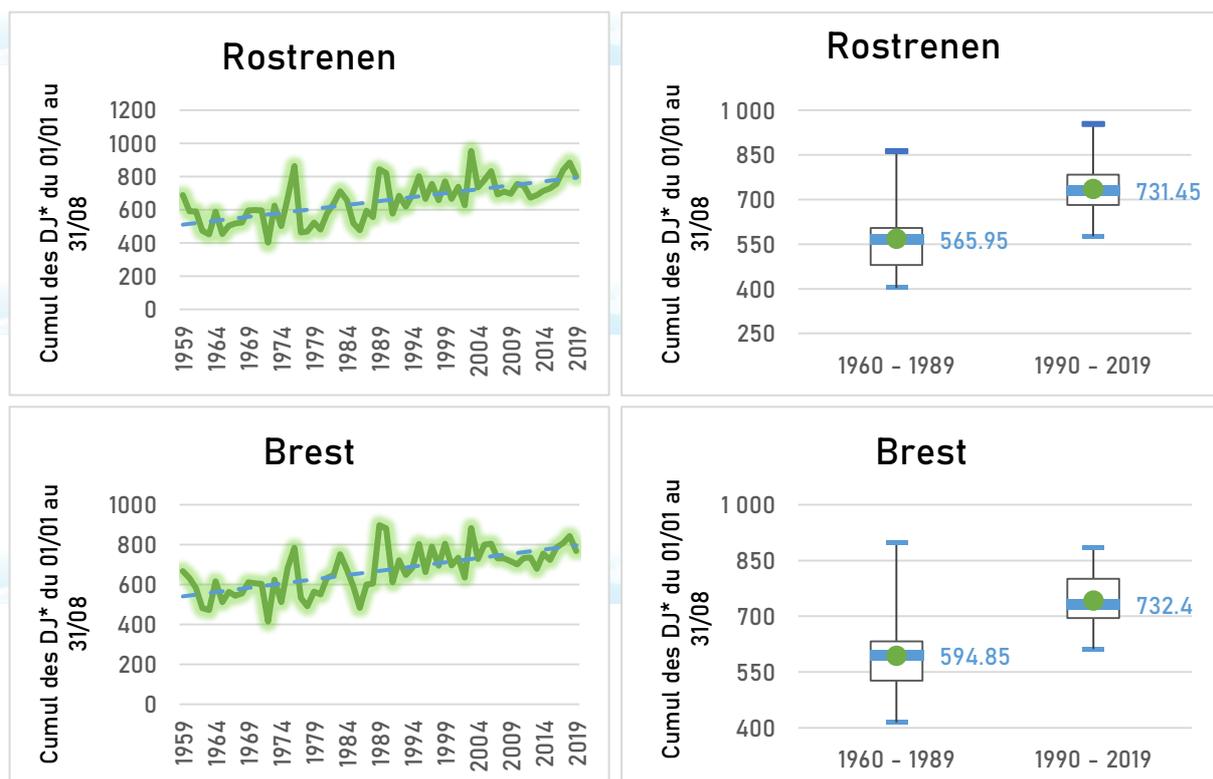
Pleurtuit : 1959-2019
Brest : 1959-2019
Lorient : 1960-2019
Rostrenen : 1959-2019
Rennes : 1959-2019

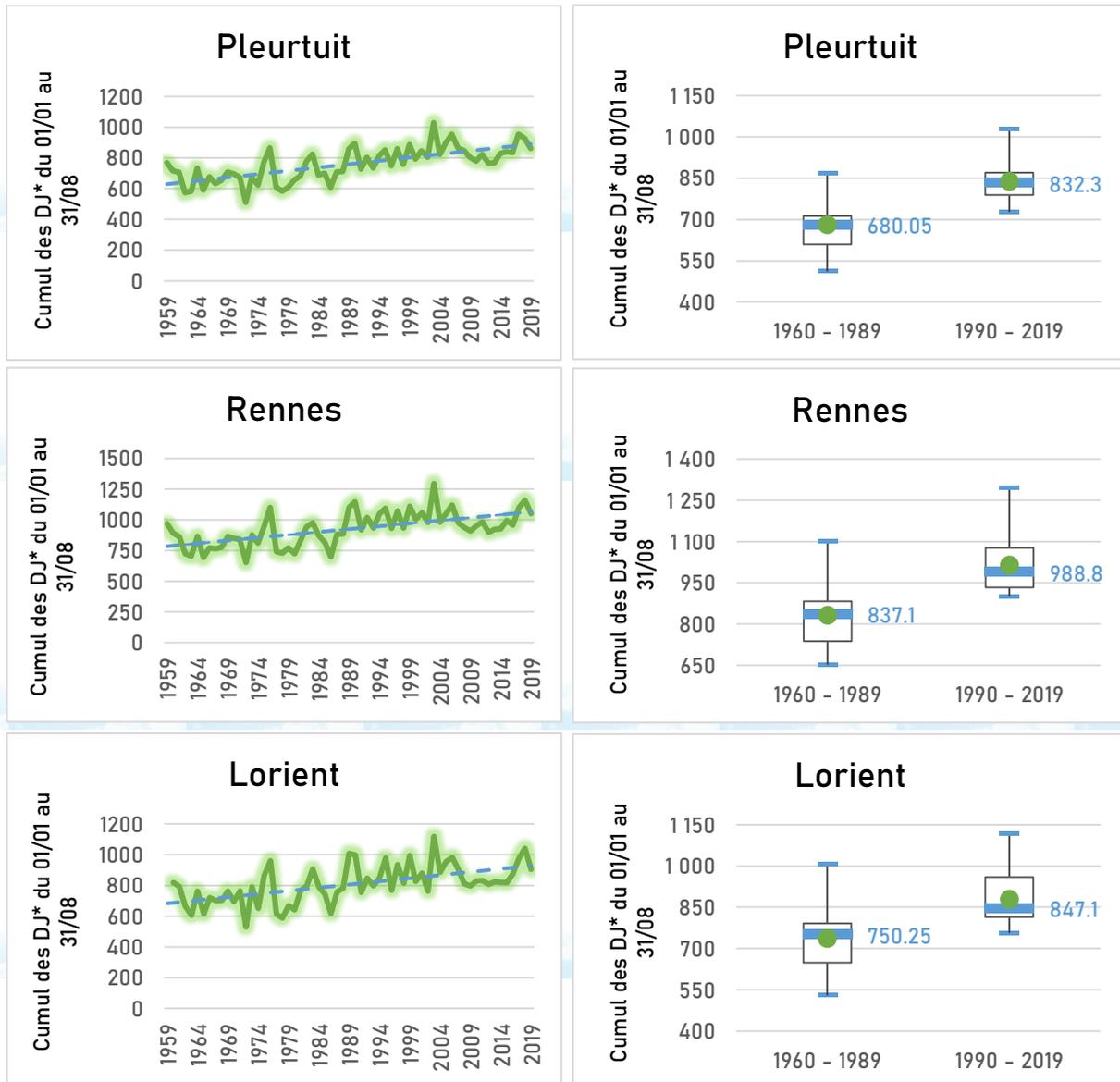
📊 Calcul de l'indicateur

Plusieurs facteurs influencent le développement de la pyrale, parmi lesquels la température joue un rôle prépondérant. En effet, les larves de la pyrale du maïs commencent leur pupaison lorsque les températures s'élèvent au-dessus de 10°C (OMAFRA). A partir de septembre, les larves entrent en diapause jusqu'au printemps suivant.

Ainsi, on cumule les degrés-jours (DJ) base 10°C écrêté 35°C du 1^{er} janvier au 31 août.

📈 Évolution observée





*Cumul de degrés-jours (DJ) base 10°C écrêté 35°C

Analyse

L'évolution du cumul des DJ en base 10°C du 1^{er} janvier au 31 août observée depuis 1959 pour chaque station bretonne (depuis 1960 pour Lorient) montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1959-2019 sont de :
 - + **40,9 DJ par décennie à Lorient** ($P < 0,001$) soit + 241,3 DJ en 59 ans ;
 - + **42,6 DJ par décennie à Brest** ($P < 0,001$) soit + 255,6 DJ en 60 ans ;
 - + **43,3 DJ par décennie à Pleurtuit** ($P < 0,001$) soit + 259,8 DJ en 60 ans ;
 - + **46,5 DJ par décennie à Rennes** ($P < 0,001$) soit + 279 DJ en 60 ans ;
 - + **47,2 DJ par décennie à Rostrenen** ($P < 0,001$) soit + 283,2 DJ en 60 ans
- La variabilité interannuelle est moyenne pour toutes les stations ($R^2 > 0,3$)



La hausse des températures modifie les conditions de culture des céréales ainsi que le développement des nuisibles. La pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*) est le ravageur le plus courant des cultures de maïs. Lorsque les températures dépassent les 10°C, au printemps, les larves jusqu'alors en diapause se nymphosent. Elles marquent les feuilles de la plante et creusent des galeries dans les épis puis s'attaquent progressivement à la tige.

La somme des températures a augmenté de 40 à 50 DJ (base 10°C écarté 35°C) par décennie en moyenne sur chacune des stations entre le 1^{er} janvier et le 31 août. Ceci avance la date de nymphose des pyrales et d'une manière générale leurs différents stades phénologiques. Deux races de pyrales sont présentes sur le territoire breton : les univoltines (une seule génération par an) et les bivoltines (2 générations par an).

Le pic de vol de la race univoltine est atteint aux alentours de 500 DJ. Ce seuil est atteint tous les ans avant la fin du mois d'août depuis 1959 dans toutes les stations météorologiques sélectionnées.

Le pic de vol de la première génération de la race bivoltine est lui atteint à 320 DJ et celui de la 2^{ème} génération à 760 DJ. Le seuil de première génération est toujours atteint. Le seuil de seconde génération est dépassé tous les ans à Rennes depuis 1987, à Lorient depuis 1992 et à Pleurtuit depuis 1999. Les stations de Brest et Rostrenen l'ont dépassé de justesse lors de, respectivement 12 et 9 années depuis 1976 soient 3 et 2 années sur 10. La tendance est significative et nous pouvons observer à l'aide des graphiques « boxplots » que la variabilité ne semble pas augmenter.

La pression parasitaire de la pyrale sur le maïs est donc en augmentation. Le risque d'apparition d'une seconde génération chez la race bivoltine se renforce à Lorient, Rennes et Pleurtuit tandis qu'il commence à apparaître à Brest et Rostrenen. Des moyens de lutte existent pour limiter l'impact de la pyrale sur les volumes de récolte comme l'utilisation du trichogramme, un prédateur naturel, ou de pesticides (coragen, pyréthrinoides).

A RETENIR

Depuis 1959, la somme des températures a augmenté de 40 à 50 DJ (base 10°C écarté 35°C) par décennie en fonction des stations entre le 1^{er} janvier et le 31 août. À Rennes, Lorient et Pleurtuit, le seuil des 760 DJ est systématiquement dépassé depuis respectivement 32, 27 et 20 ans, synonyme d'un deuxième cycle de pyrales de la race bivoltine (en théorie). La pression d'une seconde génération est également de plus en plus forte sur les secteurs comme Brest ou Rostrenen, où la disponibilité thermique est plus faible par rapport aux autres stations. Ainsi, les conditions sont de plus en plus favorables à l'accomplissement d'un second cycle de pyrales bivoltines et il est à prévoir un élargissement du territoire en proie à celle-ci.



Pour en savoir plus

BRISSON N., LEVRAULT F. ; 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME.

BRODEUR J., BOIVIN G., BOURGEOIS G., CLOUTIER C., DOYON J., GRENIER P., GAGNONA A. E. ; 2013. Impacts des changements climatiques sur le synchronisme entre les ravageurs et leurs ennemis naturels : conséquences sur la lutte biologique en milieu agricole au Québec. Rapport Ouranos. Rapport final du projet Ouranos N°5500005-103.

DERRON J.O., GOY G., BREITENMOSER S. ; 2016. Caractérisation biologique de la race de la pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*) à deux générations présente dans le Bassin lémanique. Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil.



Degrés-jours cycles puceron d'automne

🔑 Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de références (valeurs brutes en 2017, 2018 et 2019)
Données fournies par Météo France

🕒 Indicateurs 7

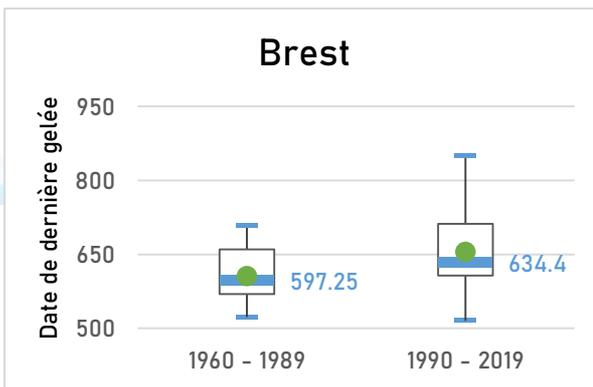
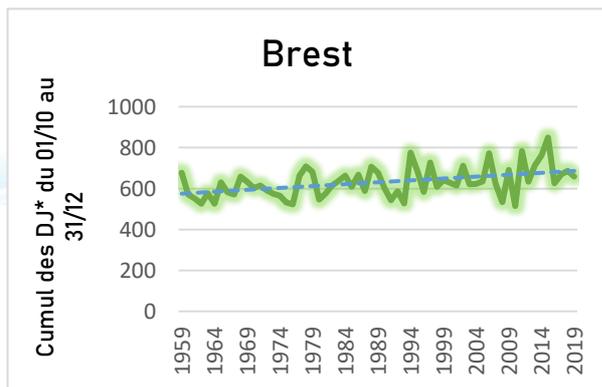
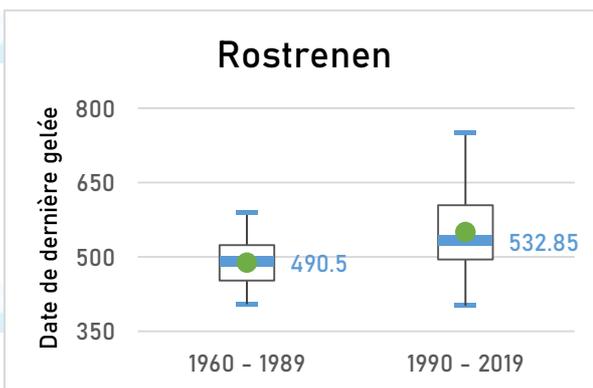
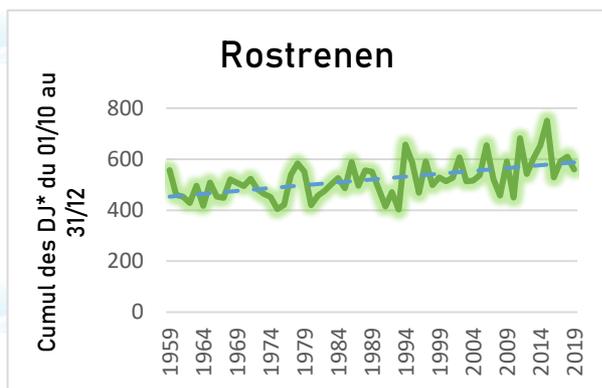
Pleurtuit : 1959-2019
Brest : 1959-2019
Lorient : 1960-2019
Rostrenen : 1959-2019
Rennes : 1959-2019

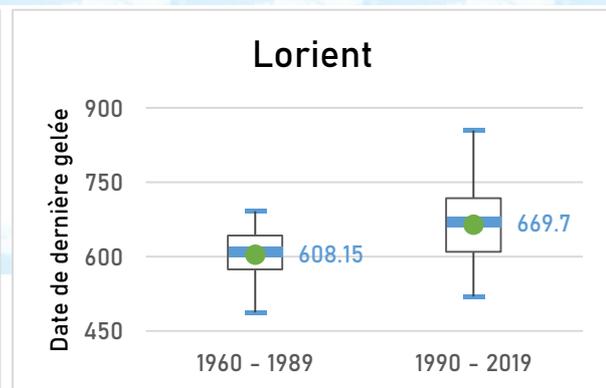
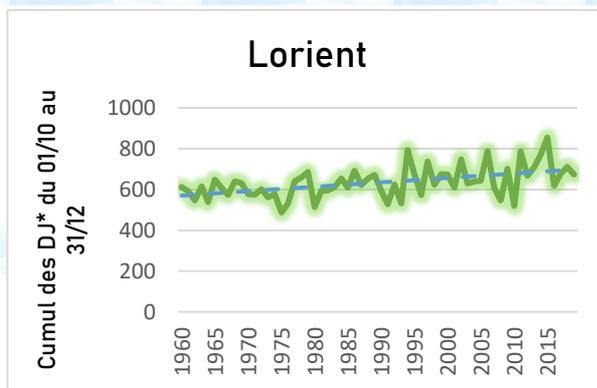
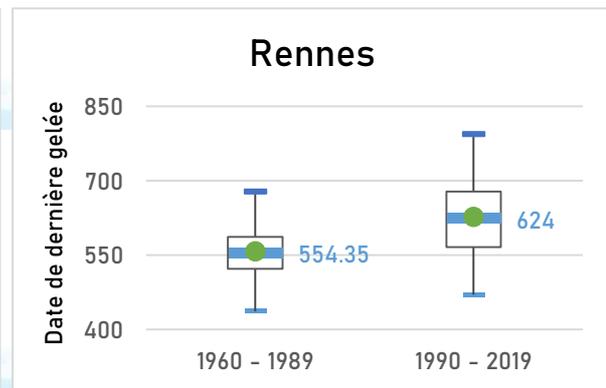
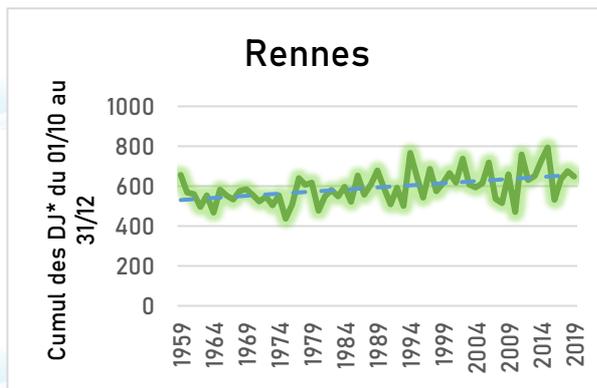
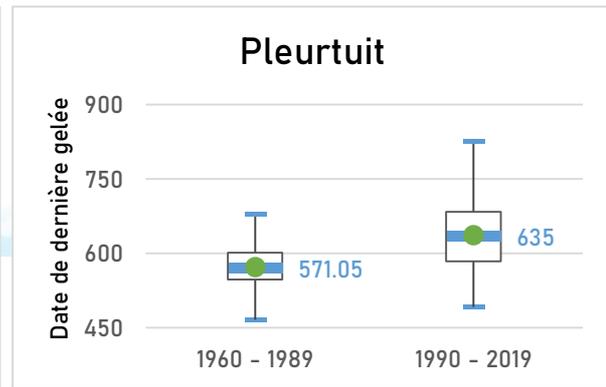
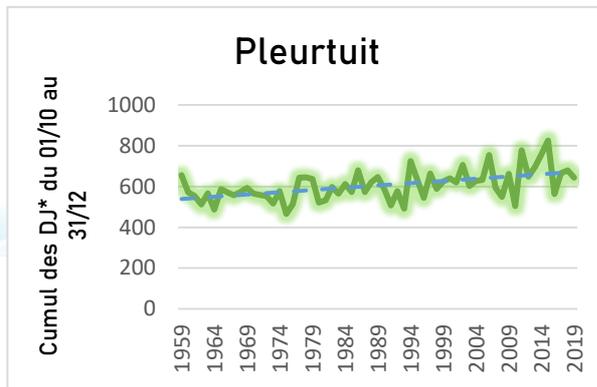
📊 Calcul de l'indicateur

Plusieurs facteurs influencent le développement des pucerons d'automne, parmi lesquels la température joue un rôle prépondérant. En effet, les pucerons possèdent une zone de confort thermique entre 3 et 25°C et peuvent nuire au blé lors de sa période de sensibilité, celle-ci s'étalant du 1^{er} octobre au 31 décembre

Ainsi, on cumule les degrés-jours (DJ) base 3°C écarté 25°C du 1^{er} octobre au 31 décembre.

📈 Évolution observée





*Cumul de degrés-jours (DJ) base 3°C écarté 25°C

Analyse

L'évolution du cumul des DJ en base 3°C écarté 25°C du 1^{er} octobre au 31 décembre observée depuis 1959 pour chaque station bretonne (depuis 1960 pour Lorient) montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1959-2019 sont de :
 - + **21,6 DJ par décennie à Lorient** ($P < 0,001$) soit + 127,4 DJ en 59 ans ;
 - + **18,5 DJ par décennie à Brest** ($P < 0,001$) soit + 111 DJ en 60 ans ;
 - + **22,1 DJ par décennie à Pleurtuit** ($P < 0,001$) soit + 132,6 DJ en 60 ans ;
 - + **21,0 DJ par décennie à Rennes** ($P < 0,001$) soit + 126 DJ en 60 ans ;
 - + **22,4 DJ par décennie à Rostrenen** ($P < 0,001$) soit + 134,4 DJ en 60 ans
- La variabilité interannuelle est importante pour toutes les stations ($0,2 > R^2 > 0,3$)



On observe une augmentation significative de la somme des températures, base 3°C écarté 25°C, sur l'ensemble des stations météorologiques. Néanmoins, la variation interannuelle est élevée et a été largement supérieure sur la période 1990-2019 par rapport à 1960-1989. Cette augmentation de la somme des températures est en cohérence avec les indicateurs de température moyenne saisonnière (cf. Indicateur A2). Cette douceur de l'automne et du début d'hiver qui tend à augmenter favorise le développement des pucerons.

Le puceron d'automne (*Rhopalosiphum padi*) est un ravageur courant du blé. Les contaminations des parcelles se déroulent en deux phases. Tout d'abord, les ailés (pucerons virulifères) provoquent des vols de dissémination quand les températures atteignent 10 à 12 °C. Cette phase démarre généralement à la mi-septembre et peut durer jusqu'à la mi-novembre. Ensuite, leur descendance, non ailée (pucerons aptères), se dissémine dans la parcelle grâce à leur forte fécondité. De plus, plus les températures sont élevées (jusqu'à 25°C), plus la ponte est rapide (Arvalis, 2014). Des températures favorables peuvent ainsi engendrer rapidement des populations importantes dans les parcelles. Par ailleurs, si leur seuil d'activité est fixé à 3°C, les pucerons peuvent résister à des températures jusqu'à -4°C, ce qui leur assure de survivre aux hivers les plus rigoureux même si ces derniers peuvent réduire leur activité. Les pucerons ont la faculté de transmettre le virus de la JNO (Jaunisse Naissante sur Orge) dès les premiers vols de dissémination. En fonction de la taille de l'effectif, les dégâts causés au blé peuvent réduire la récolte de quelques quintaux à près de -40 qtx par hectare (Arvalis, 2012).

Des moyens de lutte peuvent être saisis. L'intervention en plein-champ à l'automne n'est pas la plus efficace, le traitement préventif des semences est privilégié. Cependant, pour les sols séchant, des traitements en végétation peuvent être recourus en cas de présence avérée de pucerons, et non en prévention (Arvalis, 2013). De plus on peut réduire la pression en jouant sur la date de semis.

Les pucerons d'automne sur blé sont également sensibles à d'autres facteurs climatiques comme le vent ou la durée d'ensoleillement. Cet indicateur, ici présenté, ne saurait déterminer à lui seul les années ayant connues des vagues importantes d'invasion par le puceron. Cependant, la tendance observée laisse à imaginer des cultures de plus en plus sous pression face à cette menace, et ce même dans les territoires relativement épargnés à l'ouest et au nord de la Bretagne.

A RETENIR

Depuis 1960, la somme des températures a augmenté de 18 à 23 DJ (base 3°C écarté 25°C) par décennie en fonction des stations entre le 1^{er} octobre et le 31 décembre, période de sensibilité du blé. Cette augmentation des températures d'automne et de début d'hiver favorise l'activité des pucerons et accélère leur reproduction. La pression parasitaire augmente donc et avec elle l'élévation du risque de contamination du blé par la JNO et la perte de récolte.



Pour en savoir plus

ARVALIS. (2012). Pucerons vecteurs de viroses, Jaunisse Naissante de l'Orge, Barley, Yellow Dwarf Virus.

ARVALIS. (2013). Ravageurs d'automne : pucerons, la lutte s'organise.

Lien de l'article : <https://www.arvalis-infos.fr/ravageurs-d-automne-pucerons-la-lutte-s-organise-@/view-13999-arvarticle.html>

ARVALIS. (2014). Ne pas baisser la garde contre les pucerons.

Lien vers l'article : <https://www.arvalis-infos.fr/ne-pas-baisser-la-garde-contre-les-pucerons-@/14339/view.jspz?obj=arvarticle&id=14339&syndtype=null&hasRedirected=true>



Bilan hydrique – novembre à mars

🔑 Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de références ; chaîne d'analyse spatiale SIM
Données fournies par Météo France

🕒 Indicateurs 8

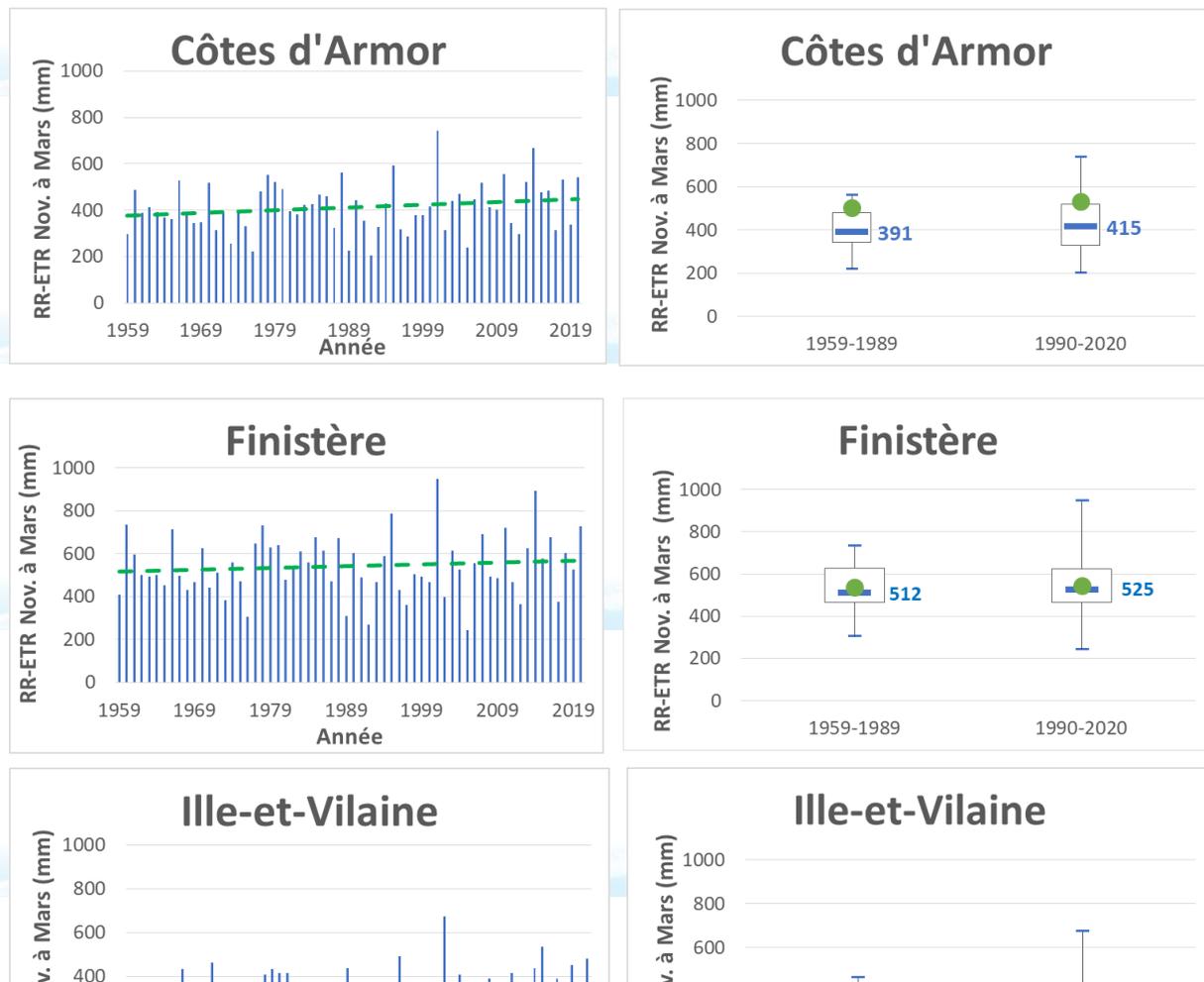
Côtes d'Armor : 1959-2020
Ille-et-Vilaine : 1959-2020
Morbihan : 1959-2020
Finistère : 1959-2020

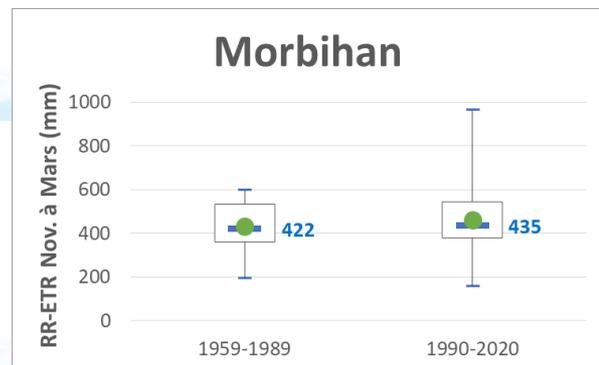
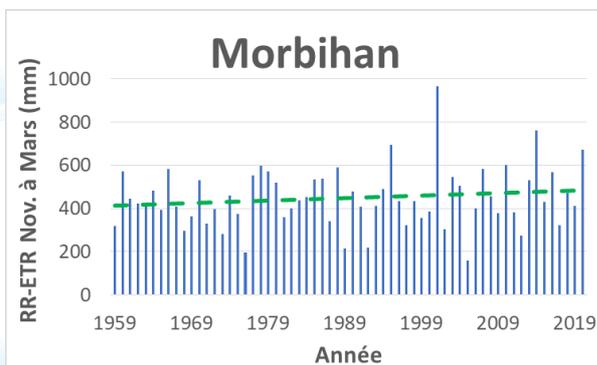
📊 Calcul de l'indicateur

Le bilan hydrique détermine la réserve utile en eau des sols et donc la quantité d'eau disponible pour les cultures. Le calcul s'effectue à partir de la chaîne d'analyse spatiale du bilan hydrique « SAFRAN-ISBA-MODCOU » (SIM). Cette chaîne modélise l'indicateur d'humidité des sols (SWI) sur une grille de 8 x 8 km, dont les valeurs sont calculées en chaque point de la grille (environ une centaine par département) et moyennées sur le département.

Ainsi, on calcule le cumul (Pluie-ETR) pour chacun des mois de novembre à mars, ce qui nous donne le bilan hydrique hivernal étendu. Les graphiques ci-dessous présentent les bilans totaux de novembre à mars cumulant les bilans mensuels pour chaque département.

Note : Année 1959 = Nov et Dec 1958, Jan, Fev et Mars 1959.





	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Total	mm/décennie
Côtes d'Armor	+2.32	+3,51	+1.70	+4,32	-0,30	+11,55	
Finistère	+3.98	+0.31	+1.40	+5,52	-2,77	+8.45	
Ille-et-Vilaine	+0.68	+2,75	+1,54	+1,49	-0,59	+5.86	
Morbihan	+2.92	+3.11	+3,28	+3,41	-1,22	+11.51	
Moyenne	+2.47	+2.42	+1.98	+3,68	-1.22	+9.34	

Tableau V – Évolution des bilans hydriques mensuels entre 1959 et 2020 sur les 4 départements bretons

Analyse

L'évolution du bilan hydrique (RR-ETR) de novembre à mars observée depuis 1959 pour les quatre départements bretons montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1959-2020 sont de :
 - + **11,55 mm par décennie en Côtes d'Armor** (NS) soit + 70.45 mm en 61 ans ;
 - + **8.45 mm par décennie en Finistère** (NS) soit + 51.54 mm en 61 ans ;
 - + **5.86 mm par décennie en Ille-et-Vilaine** (NS) soit + 35.75 mm en 61 ans ;
 - + **11.51 mm par décennie en Morbihan** (NS) soit + 70.21 mm en 61 ans.
- La variabilité interannuelle est extrêmement importante pour tous les départements ($R^2 < 0,1$)



Le bilan hydrique hivernal étendu de novembre à mars calculé ici permet d'étudier le niveau de la recharge des nappes souterraines. En introduisant dans le calcul les précipitations et l'évapotranspiration réelle, nous prenons en compte les conditions climatiques ainsi que des caractéristiques du couvert végétal du département.

Les fiches « Cumul saisonnier des précipitations » et « Cumul saisonnier de l'évapotranspiration potentielle » font état d'une légère augmentation des précipitations hivernales ainsi que de la demande en eau de l'atmosphère à cette période. Ainsi les résultats relativement stables observés pour l'évolution du bilan hydrique est cohérent avec les résultats de ces deux fiches mentionnées.

Cependant, on constate tout de même une augmentation de la recharge en eau des sols dans tous les départements, plus précisément entre 35 et 75 mm supplémentaires entre 1959 et 2020 pour l'ensemble des mois de novembre à mars. Si nous nous intéressons à l'échelle mensuelle, nous remarquerons une hausse du bilan hydrique pour chacun des mois de novembre à février. Or, l'évolution des bilans hydriques des mois de mars sont en baisse sur les quatre départements. Si ces tendances ne sont pas significatives, il est tout de même à noter que le stress hydrique est en légère hausse pour le premier mois du printemps.

Par ailleurs, la variabilité interannuelle a largement augmenté dans tous les départements sur la période 1990-2020 par rapport à la période 1959-1989. En effet, on note que l'écart-type, qui mesure la dispersion des valeurs autour de la moyenne est passé de :

- **89.2 mm** sur la période 1959-1989 à **120.2 mm** en Côtes d'Armor sur la période 1990-2020
- **113.1 mm** sur la période 1959-1989 à **160.0 mm** en Finistère sur la période 1990-2020
- **108.6 mm** sur la période 1959-1989 à **160.8 mm** en Morbihan sur la période 1990-2020
- **67.3 mm** sur la période 1959-1989 à **109,6 mm** en Ille-et-Vilaine sur la période 1990-2020

Ainsi, si le bilan hydrique a augmenté de novembre à février et diminué en mars depuis 1959, la principale information à retenir de cet indicateur est sans doute le renforcement de la variabilité interannuelle. Celle-ci entraîne une réflexion de l'agriculteur sur le choix des cultures et variétés, pour assurer une récolte, en s'adaptant au mieux aux conditions hydrologiques changeantes d'une année à l'autre.

A RETENIR

L'étude du bilan hydrique hivernal en Bretagne depuis 1959 démontre une augmentation (non significative) de la ressource en eau disponible dans les sols de novembre à février et d'une baisse en mars. De plus, la variation interannuelle a nettement progressé sur la période 1990-2020 par rapport à 1959-1989. Il semblerait que les hivers secs ne soient pas un problème systématique mais plutôt ponctuel, dû au renforcement de cette variabilité.



Pour en savoir plus

BRISSON N., LEVRAULT F. ; 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME.



Date de dernière gelée

🔑 Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de références
Données fournies par Météo France

🕒 Indicateurs 9

Pleurtuit : 1950-2021

Rostrenen : 1955-2021

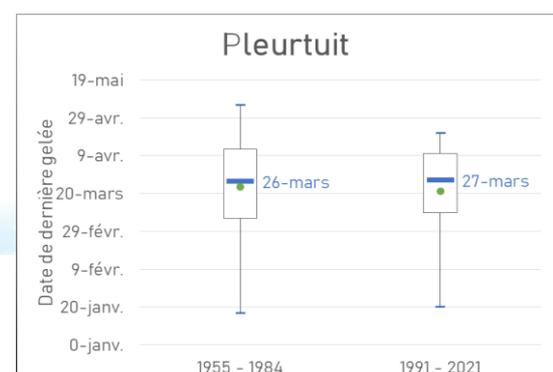
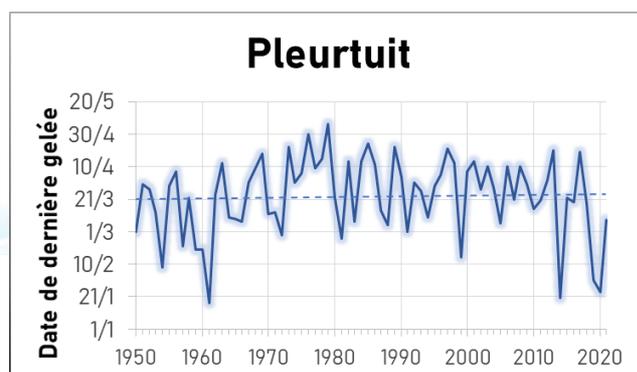
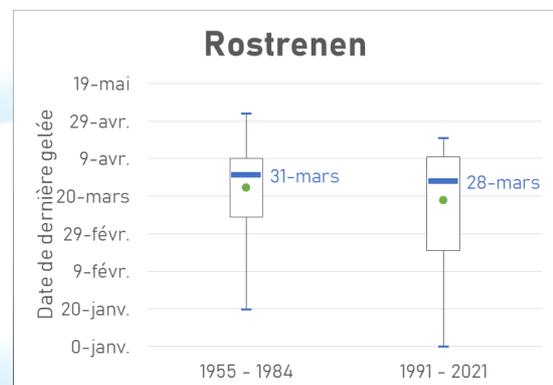
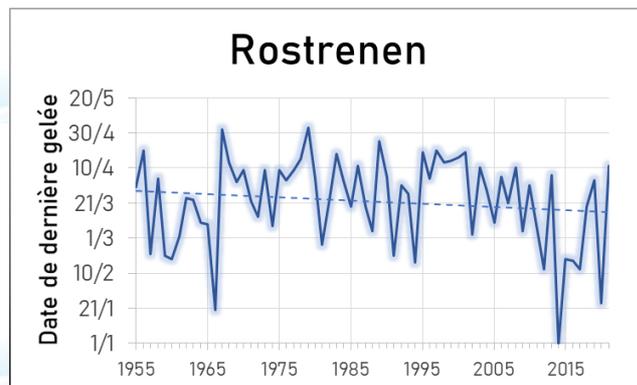
Rennes : 1950-2021

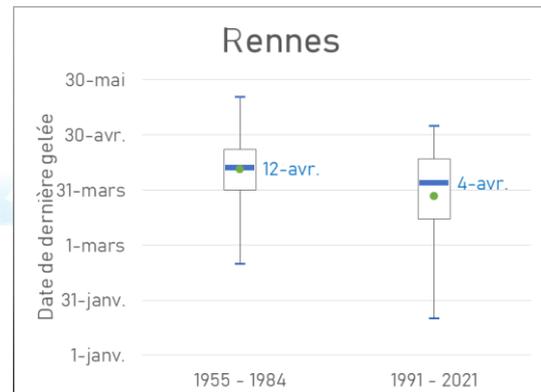
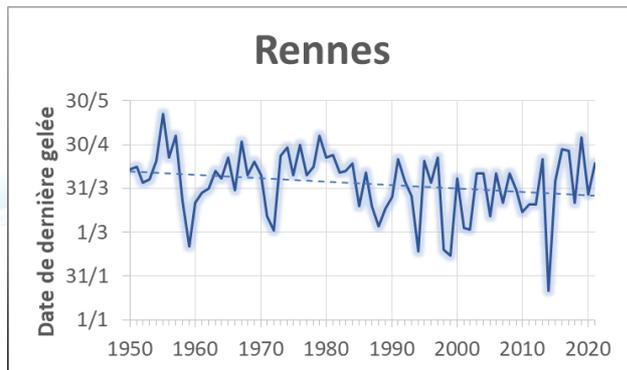
Brest et Lorient non-retenues pour cause de trop forte influence océanique (pas d'historique suffisant de gel)

📊 Calcul de l'indicateur

La date du dernier gel printanier est une indication primordiale pour les maraichers et arboriculteurs. Le gel tardif peut menacer la production d'une saison si celui-ci intervient dans une période sensible pour les cultures.

Ainsi, on relève la dernière date de la première moitié de l'année où la température minimale fut inférieure ou égale à 0°C.





Analyse

L'évolution de la date de la dernière gelée observée depuis 1950 (1955 pour Rostrenen) pour les trois stations sélectionnées montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1950-2021 sont de :
 - **1.83 j par décennie à Rostrenen** (NS) soit - 12.1 j en 66 ans ;
 - **0,44 j par décennie à Pleurtuit** (NS) soit - 3.1 j en 71 ans ;
 - **2,42 j par décennie à Rennes** (NS) soit - 17.2 j en 71 ans.
- La variabilité interannuelle est extrêmement importante pour toutes les stations ($R^2 < 0,1$)

Les tendances (non-significatives) montrent une avancée de la date de dernière gelée à Rostrenen et Rennes et une quasi-stagnation à Pleurtuit. Cependant, ces résultats sont à prendre avec beaucoup de précaution.

Tout d'abord la variation interannuelle est extrêmement importante. En effet, à Rostrenen, entre 1955 et 1984, 50 % des années ont connu une dernière gelée située entre le 8 mars et le 9 avril soit un mois d'intervalle. Sur cette période le gel le plus tardif est intervenu le 3 mai et le plus précoce le 19 janvier. Sur la période 1991-2021, toujours à Rostrenen, 50 % des années ont connu une dernière gelée entre le 19 février et le 10 avril, soit plus de sept semaines. Sur cette période, le gel le plus tardif a eu lieu le 20 avril et pour ce qui est du minimum, la station n'a mesuré aucune température en-dessous de 0°C en 2014. Cette très grande variabilité est observée sur les trois stations sélectionnées. Malgré une légère avancée en moyenne constatée, il ne semble pas que le risque de gel tardif ait pour autant diminué.

Par ailleurs, les mesures des stations météorologiques cachent d'importantes disparités spatiales. A la faveur du relief, de l'exposition au soleil et des vents dominants, des « plaques de froid » peuvent s'abattre en fond de vallée au printemps pouvant causer des dégâts importants dans les vergers notamment, quand bien même les stations n'enregistrent pas de températures négatives. C'est tout particulièrement le cas de la station de Rostrenen, se situant à 200 m d'altitude.

A RETENIR

L'étude de la dernière date de gel depuis les années 1950 sur trois stations bretonnes montre un avancement de la date de dernier gel en particulier à Rennes. Seulement, la significativité de la tendance est trop faible pour conclure d'un recul du risque de gel tardif, d'autant que la variabilité interannuelle est extrêmement élevée. Par ailleurs, les mesures relevées en stations météorologiques ne sont pas sans cacher des disparités locales. Le gel tardif pourrait même être plus menaçant si la précocité des cultures se renforce.



Eau bue supplémentaire par an par les bovins laits

🔑 Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de références
Données fournies par Météo France

🕒 Indicateurs 10

Pleurtaut : 1958-2020
Brest : 1958-2020
Lorient : 1958-2020
Rostrenen : 1958-2020
Rennes : 1958-2020

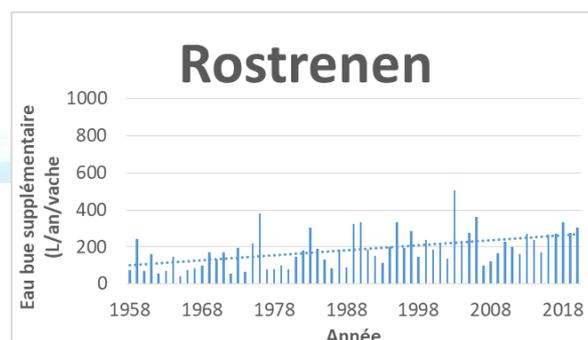
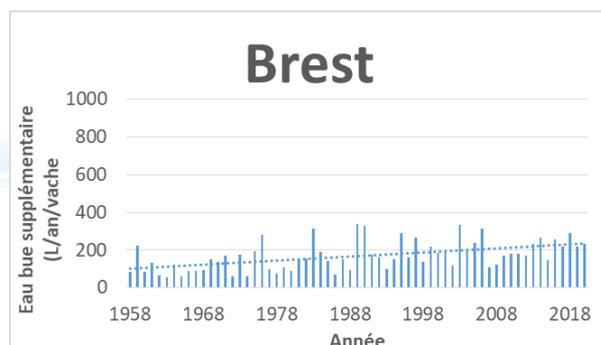
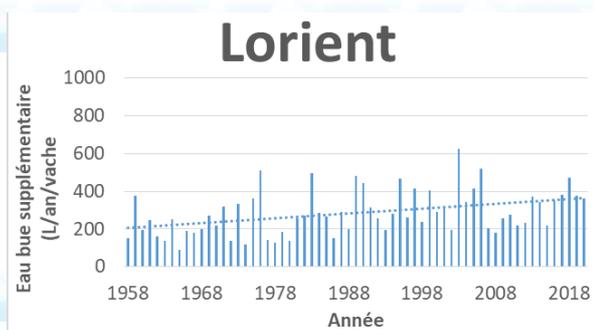
📊 Calcul de l'indicateur

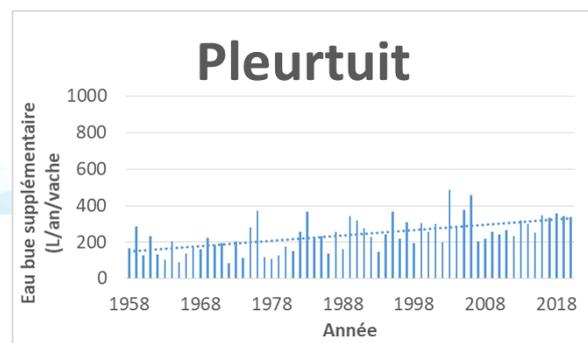
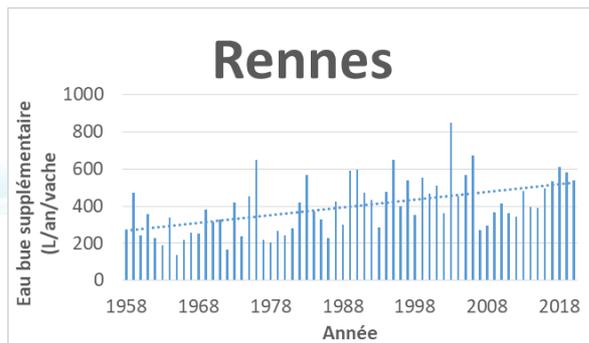
Selon l'Inrae, à partir d'une température moyenne journalière supérieure à 15°C, les bovins laits boivent une quantité d'eau supplémentaire qui augmente de façon exponentielle avec la température. Ainsi, la quantité d'eau bue supplémentaire est calculée chaque jour où $T_m > 15^\circ\text{C}$. Les résultats sont sommés à l'échelle annuelle. Généralement les jours concernés s'étalent du mois d'avril au mois d'octobre.

Cet indicateur, produit par l'Inrae (cf. source « Pour en savoir plus »), permet de quantifier l'évolution des besoins en eau des bovins laits en s'affranchissant de la ration de ces derniers.

*Calcul journalier : Quantité eau bue supplémentaire (L/vache/jour) = $((85.2 * \text{EXP}((T_m - 24.9)/8)) + 2.25 * \text{EXP}((T_m - 12)/6.8) - 28.2) * 0.14 * \text{PV}^{0.57} * 86.4) / 2500$ avec Poids vif = 650kg

📈 Évolution observée





Analyse

L'évolution de la quantité d'eau bue supplémentaire par vache laitière par an depuis 1958 montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1958-2020 sont de :
 - + **26.0 L/vache par décennie à Lorient** ($P < 0,001$) soit + 161 L/vache en 62 ans ;
 - + **21.7 L/vache par décennie à Brest** ($P < 0,001$) soit + 134 L/vache en 62 ans ;
 - + **29.3 L/vache par décennie à Pleurtuit** ($P < 0,001$) soit + 182 L/vache en 62 ans ;
 - + **41.3 L/vache par décennie à Rennes** ($P < 0,001$) soit + 256 L/vache en 62 ans ;
 - + **27.3 L/vache par décennie à Rostrenen** ($P < 0,001$) soit + 169 L/vache en 62 ans ;
- La variabilité interannuelle est moyenne à Pleurtuit ($R^2 > 0,3$), importante à Brest, Rostrenen et Rennes ($0,2 > R^2 > 0,3$), et très importante à Lorient ($0,1 < R^2 < 0,2$)

Les tendances d'eau bue supplémentaire par les vaches laitières due à la chaleur ont augmenté de manière significative pour les 5 stations bretonnes, entre +80% (à Lorient) à +170% (à Rostrenen) de 1958 à 2020. Ces tendances sont à corréliser avec l'augmentation des températures moyennes saisonnières (cf. indicateur A2. « Température moyenne saisonnière ») sur la même période. L'accroissement est plus important à Rennes dû à la proximité de la ville et son climat moins tempéré que sur les côtes. La variabilité interannuelle n'est pas à négliger, surtout à Lorient, mais les moyennes des années 1991-2020 sont systématiquement supérieures de plus de 60 L/vache/an aux moyennes 1961-1990.

L'eau représente un enjeu majeur pour ses prochaines décennies car c'est une ressource vitale qui va se raréfier et donc par conséquent prendre de la valeur. Cette dernière devra donc être gérée et contrôlée de manière cohérente. Si l'on prend comme un exemple un troupeau laitier de 80 vaches près de Rennes, le troupeau va boire, en tendance, 20 000L de plus par an en 2020 qu'en 1958. En 2021, le m³ coûte 4.12€ (Agence de l'eau Loire Bretagne, 2021), 20 000L représente alors une charge de 82.4€ par an pour l'éleveur. En sachant qu'une vache boit entre 50 et 150 L d'eau par jour en fonction de sa ration, c'est comme si une vache buvait l'équivalent de 1 à 5 jours de consommation d'eau en plus en l'espace de 6 décennies. Si les prix de l'eau augmentent considérablement comme ça peut être le cas, la charge financière en abreuvement en eau pourrait ne plus être négligeable pour l'agriculteur. De plus, la dimension environnementale et la pression sociale liée pourra compliquer la gestion en eau du troupeau pour l'éleveur.

Pour aller plus loin : La ressource en eau en Bretagne contrairement au reste de la France provient à 80 % des eaux de surfaces. Ces dernières seront les plus impactées à l'avenir par l'augmentation des températures et de l'évapotranspiration. L'élevage utilise 7 % de la quantité totale de ressource en eau en Bretagne en 2020, d'après l'Observatoire de l'environnement, ce qui est loin d'être négligeable.



A RETENIR

Depuis 1958, les vaches laitières boivent en moyenne entre 21 et 42 L de plus par décennie en Bretagne. Cette augmentation très significative est surtout perçue à Rennes mais l'est également sur tout le territoire breton. Bien qu'il existe une variabilité interannuelle importante, la tendance risque de continuer d'augmenter ces prochaines années, vu la multiplication des épisodes de sécheresses prévu dans un futur proche.



Pour en savoir plus

INRA 2018 - Alimentation des ruminants - éditions quae , Versailles , France, 728 p, chapitre 17, paragraphe 17.6.



Nombre de jours de « coup de chaud » du hêtre

🔑 Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de références
Données fournies par Météo France

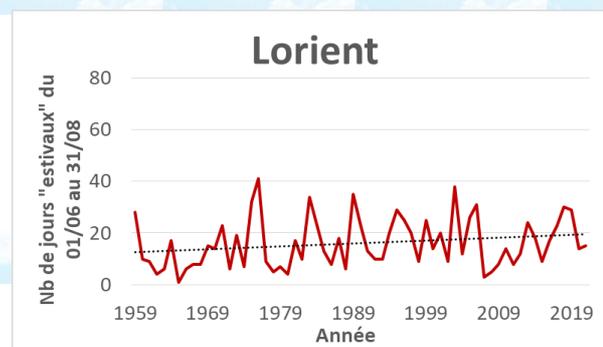
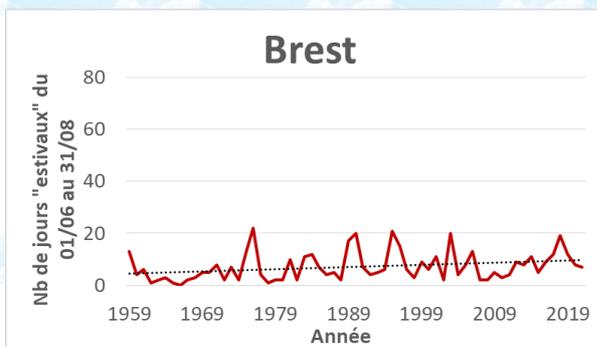
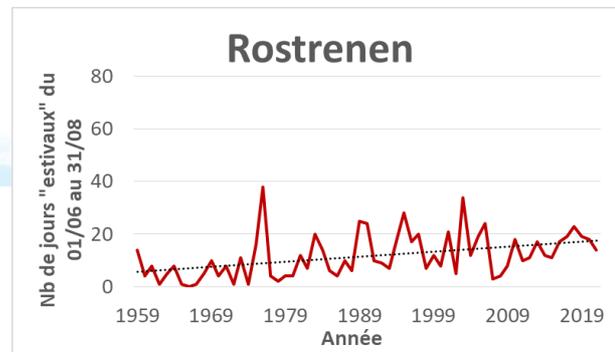
🕒 Indicateurs 11

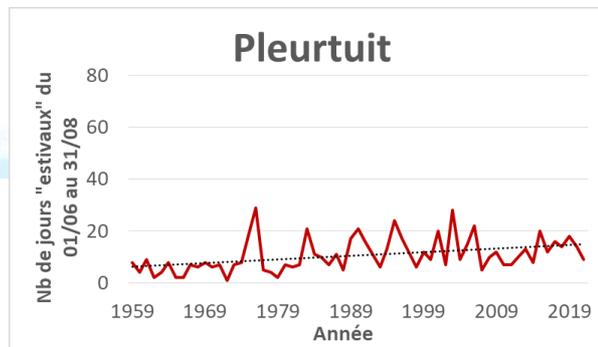
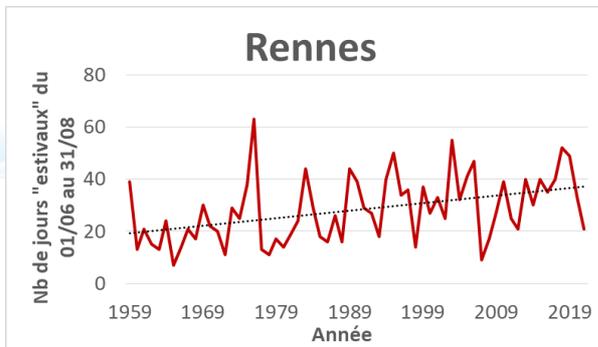
Pleurtuit : 1959-2020
Brest : 1959-2020
Lorient : 1959-2020
Rostrenen : 1959-2020
Rennes : 1959-2020

📊 Calcul de l'indicateur

La température optimale pour le hêtre se situe en dessous de 20°C. Cependant, on considère que le hêtre subit des coups de chaud lorsque la température maximale journalière est supérieure ou égale à 25°C. Ainsi, on calcule le nombre de jours de « coup de chaud du hêtre (Nombre de jours où $T_x \geq 25^\circ\text{C}$) durant la période estivale du 1^{er} juin au 31 août. Ces jours sont aussi communément appelés « jours estivaux ».

📈 Évolution observée





Analyse

L'évolution du nombre de jours de « coup de chaud » du hêtre observée depuis 1959 pour les quatre départements bretons montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1959-2020 sont de :
 - + **1.9 jours par décennie à Rostrenen** ($P < 0.001$) soit + 11.9 jours en 61 ans ;
 - + **0.8 jours par décennie à Brest** ($0.01 < P < 0.05$) soit + 5.1 jours en 61 ans ;
 - + **1.1 jours par décennie à Lorient** ($0.01 < P < 0.05$) soit + 6.8 en 61 ans ;
 - + **2.9 jours par décennie à Rennes** ($P < 0.001$) soit + 17.7 jours en 61 ans ;
 - + **1.4 jours par décennie à Pleurtuit** ($0.001 < P < 0.01$) soit + 8.6 jours en 61 ans.
- La variabilité interannuelle est très importante sur les stations de Rostrenen, Rennes et Pleurtuit ($0.1 < R^2 < 0.2$) et extrêmement importante aux stations de Brest et Lorient ($R^2 < 0,1$).

Le hêtre est une des essences feuillues principales des bocages bretons avec le chêne pédonculé et le châtaignier. Ce dernier est fragilisé par le changement climatique car c'est une essence très sensible aux fortes chaleurs, particulièrement au début de l'été (Juin) . L'impact des chaleurs sur le fonctionnement physiologique du hêtre est très mal connu. Les fortes vagues de chaleurs peuvent avoir comme conséquences des pertes de croissances, des détériorations des houppiers voire la mortalité de l'arbre. Ce dernier cas de figure reste peu fréquent en Bretagne. Les rares études à ce sujet sont effectuées en forêt. Il est à noter que le hêtre est d'autant plus impacté en bocages car la fraîcheur n'est pas conservée dans son environnement proche comme c'est le cas en forêt.

Les tendances à l'augmentation du nombre de jours de « coup de chaud » du hêtre durant la période estivale (du 01/06 au 31/08) sont significatives pour les cinq stations bretonnes. Cette tendance est corrélée à l'indicateur «A3. Nombre de jours « estivaux » par an ». En effet, les stations situées près du littoral sont – logiquement - moins impactées que les stations se situant dans les terres (Rennes et Rostrenen). Toutefois, la variabilité interannuelle est très importante. Par exemple, il a été comptabilisé 31 jours de coup de chauds du hêtre à Lorient en 2006 et seulement 3 jours l'année suivante.

De plus, la période de sensibilité du hêtre à la chaleur pourrait se prolonger en aval et amont de l'été. En effet, le nombre de jours de coup de chauds du hêtre augmente aussi au printemps passant de 0.94 jours « estivaux » en moyenne de 1961 à 1990 à 1.88 de 1991 à 2020, en moyenne en Bretagne. Le mois de septembre participe aussi à ce prolongement en passant de 2.15 jours « estivaux » dans le mois à 3.15 sur les mêmes périodes citées précédemment.



Pour aller plus loin : De nombreuses études sur l'adaptation des principales essences au changement climatique sont en cours de réalisation en France. Ces dernières permettraient une analyse plus fine de l'impact des fortes chaleurs sur les essences d'arbres et notamment le hêtre.

A RETENIR

Le nombre de jours de coup de chaud du hêtre a tendance à augmenter de façon significative sur tout le territoire breton, surtout dans les terres. L'impact sur la physiologie du hêtre va être de plus en plus visible à l'échelle du territoire si des importantes vagues de chaleur comme ce fut le cas dernièrement en 2018 continuent d'être observées durant l'été.



Pour en savoir plus

DITTMAR C., ZECH W., ELLING W., 2003. Growth variations of Common beech (*Fagus sylvatica* L.) under different climatic and environmental conditions in Europe - A dendroecological study. *ELSEVIER, Forest Ecology and Management*, vol. 173, n° 1-3, pp. 63-78.

LATTE N. et al. 2017. Le hêtre face au changement climatique : le cas de la Belgique. Liège Université.

TEISSIER DU CROS E., 1981. *Le Hêtre*. Versailles : Institut national de la recherche agronomique (INRA). 614 p.

PEUKE A. D. et al. 2002. Identification of drought-sensitive beech ecotypes by physiological parameters. *New Phytologist*, vol 154, Issue 2, p.373-387.



Nombre de jours de gel – période sensibilité du pommier

🔑 Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de références
Données fournies par Météo France

🕒 Indicateurs 12

Pleurtuit : 1959-2021
Brest : 1959-2021
Lorient : 1959-2021
Rostrenen : 1959-2021
Rennes : 1959-2021

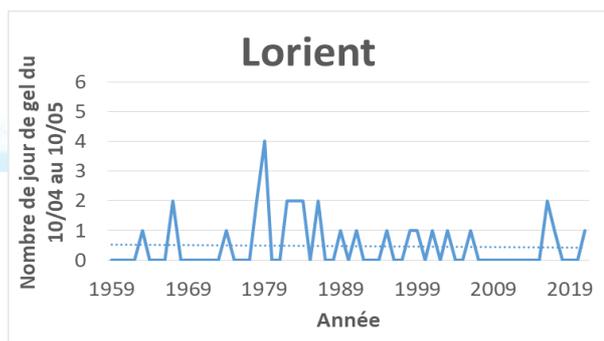
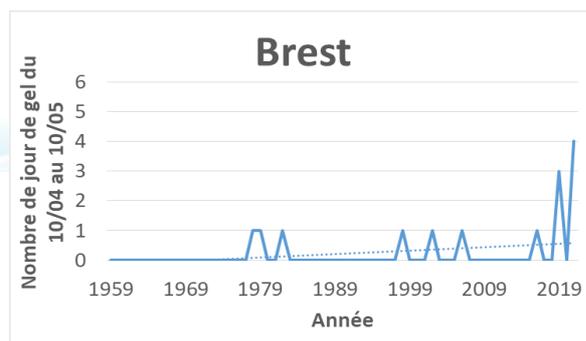
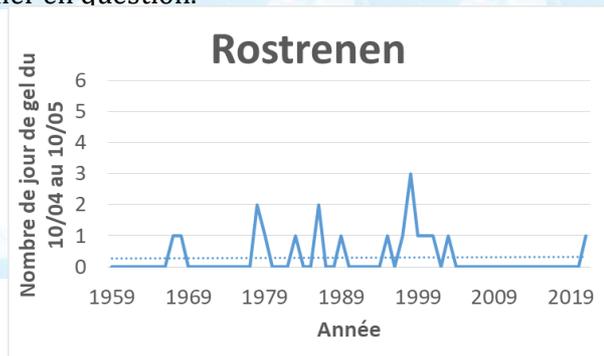
Note : Les données des stations de Lorient, Brest et dans une moindre mesure Pleurtuit sont à analyser avec précaution car elles sont fortement influencées par le climat océanique qui limite les risques de gel.

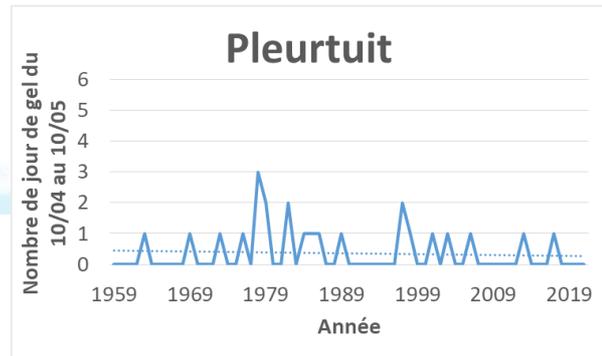
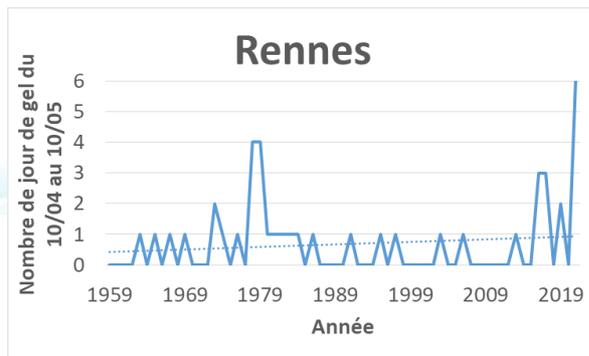
📊 Calcul de l'indicateur

Le pommier est particulièrement sensible aux gels lors du début de la floraison et plus particulièrement entre le stade bouton rose et le stade fruit 12 mm. L'intervalle entre ces deux stades est d'environ 2-3 jours. Cependant, en fonction du climat de l'année, de la variété, de la localisation et de l'environnement proche du pommier, cette période de sensibilité oscille entre le 10 avril et le 10 mai en Bretagne.

C'est pourquoi, l'indicateur choisi est le nombre de jours de gel du 10 avril au 10 mai. Suite aux explications ci-dessus, il est à noter que pour un pommier donné, même une année avec de nombreux jours de gel sur cette période, il peut n'avoir aucun dégât car les jours de gels n'ont pas eu lieu lors de la période de sensibilité du pommier en question.

📈 Évolution observée





Analyse

L'évolution du nombre de jours de gel du 10 avril au 10 mai depuis 1959 pour les cinq stations bretonnes montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1959-2021 sont de :
 - + **0.0 jour par décennie à Rostrenen** (NS) soit + 0.0 jour en 62 ans ;
 - + **0.1 jour par décennie à Brest** ($0.01 < P < 0.05$) soit + 0.7 jour en 62 ans ;
 - **0.0 jour par décennie à Lorient** (NS) soit - 0.1 jour en 62 ans ;
 - + **0.0 jour par décennie à Rennes** (NS) soit + 0.5 jour en 62 ans ;
 - **0.0 jour par décennie à Pleurtuit** (NS) soit - 0.2 jour en 62 ans.
- La variabilité interannuelle est extrêmement importante sur toutes les stations ($R^2 < 0,1$).

Pour l'ensemble des stations, il n'y a pas eu de gel sur plus de la moitié des années sur la période 1959-2021, allant de 60 % d'années sans gel à Rennes à plus de 85 % à Brest. Ainsi, le nombre très réduit de données non nulles ne permet pas d'effectuer des analyses statistiques quantitatives robustes. Les résultats des tests statistiques sont donc à prendre avec précaution.

La variabilité interannuelle est extrêmement importante. En 2020, il n'y a eu aucun gel sur la période alors qu'en 2021, il y a eu des records de nombre de gel à Brest (4) et Rennes (6) sur la période. De même, les tendances ne sont pas clairement établies avec de légères augmentations du nombre de jour de gel pendant la période de sensibilité du pommier à Rennes et Brest et de légères diminutions sur la même période à Lorient et Pleurtuit alors qu'une stagnation est observée à Rostrenen.

Les nombreuses gelées tardives au printemps de 2019 et 2021 ont inquiété les arboriculteurs sur le risque d'augmentation du nombre de gelée à cette période. A ce jour, ces événements sont trop récents et trop peu répétés pour qu'une tendance soit dessinée. Il est donc tout à fait possible que les gelées tardives de ces dernières années ne soient qu'un événement climatique isolé, comme ce fut le cas en 1978-1979. Cette idée peut être confortée par le relatif avancement de la date de dernière gelée (cf. indicateur « Date de dernière gelée »). Toutefois, le risque de gelée sur la période 10 avril – 10 mai ne diminue pas dans un futur proche.

A RETENIR

Il n'y a aucune tendance significative à l'augmentation ou la diminution du nombre de gelée sur la période 10 avril – 10 mai qui comprend la période de sensibilité au gel des pommiers en Bretagne. Sur toutes les stations, il n'y a aucun jour de gel sur la période au moins 6 années sur 10 (à Rennes), allant jusqu'à 8 années sur 10 (à Brest). De plus, il n'y a pas de différence significative entre les périodes 1960-1990 et 1991-2021 concernant la proportion d'années avec ou sans gel. Depuis 1959, le risque de dégât dû au gel sur pommier n'a pas évolué.



Dates de vol de la pyrale monovoltine du maïs

🔑 Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de références
Données fournies par Météo France (valeurs brutes de 2017 à 2020)

🕒 Indicateurs 13

Pleurtuit : 1959-2020
Brest : 1959-2020
Lorient : 1960-2020
Rostrenen : 1959-2020
Rennes : 1959-2020

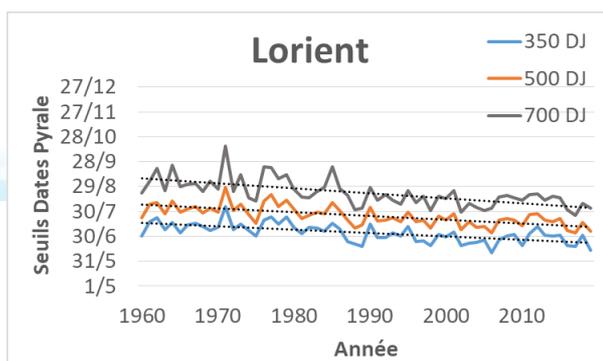
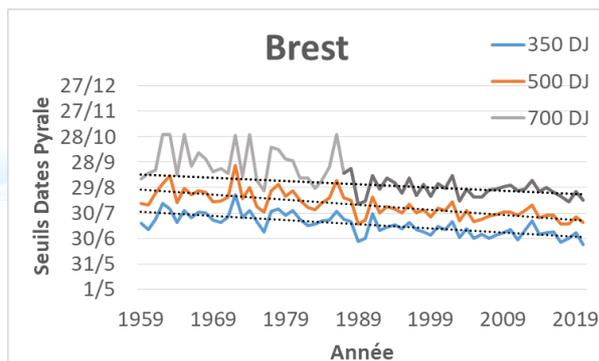
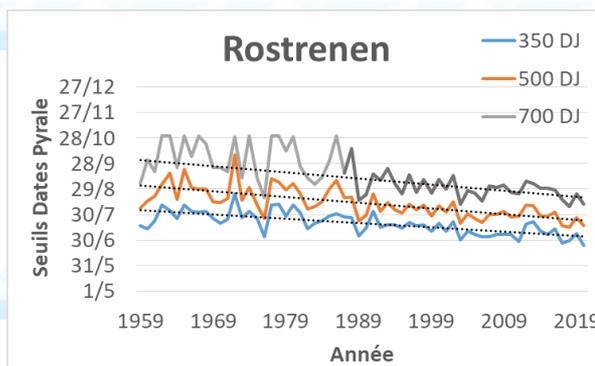
📊 Calcul de l'indicateur

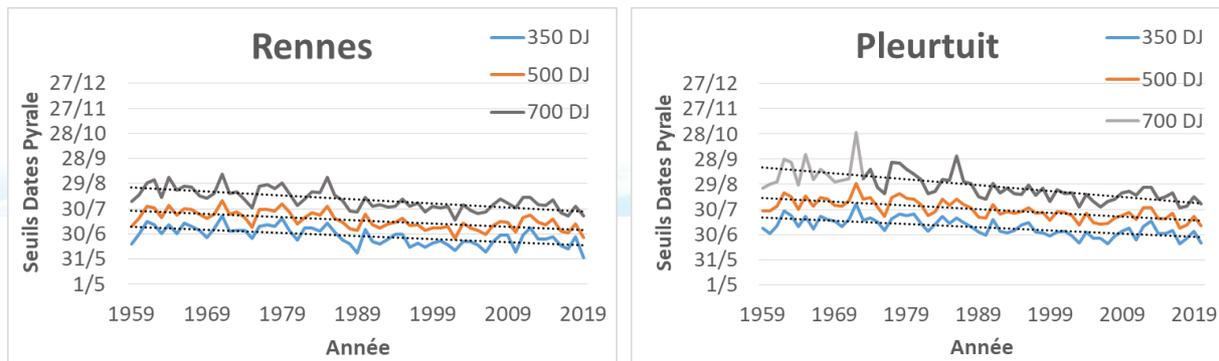
La pyrale monovoltine (un cycle et donc un vol par an) est grandement majoritaire en Bretagne. Plusieurs facteurs influencent le développement de cette pyrale, parmi lesquels la température joue un rôle prépondérant. En effet, les larves de la pyrale du maïs commencent leur pupaison lorsque les températures s'élèvent au-dessus de 10°C (OMAFRA). **L'activité des pyrales commence à partir de 350 DJ base 10°C écrêté 25°C à compter du 1^{er} janvier. La période de vols intenses s'étend de 500 DJ à 700 DJ b10 écrêté 25°C.** A l'automne, la pyrale, à l'état larvaire, entre en diapause jusqu'au printemps suivant.

Ainsi, l'indicateur correspond aux dates où l'on atteint 350, 500 et 700 DJ base 10°C, écrêté à 25°C chaque année.

Si les 700DJ ne sont pas atteint avant le 31 octobre, on considère cette date comme fin de l'activité des pyrales et entrée en diapause.

📈 Évolution observée





Analyse

L'évolution de la date théorique de début d'activité des pyrales monovoltines sur maïs (350DJ) observée depuis 1959 (1960 à Lorient) sur les cinq stations bretonnes montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1959-2020 sont de :
 - **5.0 jours par décennie à Rostrenen** ($P < 0.001$) soit - 30.8 jours en 61 ans ;
 - **4.9 jours par décennie à Brest** ($P < 0.001$) soit - 29.9 jours en 61 ans ;
 - **4.1 jours par décennie à Lorient** ($P < 0.001$) soit - 24.7 en 60 ans ;
 - **3.7 jours par décennie à Rennes** ($P < 0.001$) soit - 22.6 jours en 61 ans ;
 - **3.8 jours par décennie à Pleurtuit** ($P < 0.001$) soit - 23.2 jours en 61 ans.
- La variabilité interannuelle est moyenne sur les cinq stations bretonnes ($R^2 > 0.3$).

Le réchauffement de la température moyenne hivernale, printanière et estivale (cf. indicateur « Température moyenne saisonnière ») conduit aussi à des dépassements de plus en plus tôt des seuils de degrés jours.

En effet, les tendances montrent une avancée très significative du début d'activité des pyrales durant l'été. L'avancée est d'au moins 22 jours en 61 ans à Rennes (passant du 9 juillet au 16 juin) à un mois complet, à Rostrenen (passant du 4 août au 4 juillet). En valeur brute, le début d'activité des pyrales à Rennes est la plus précoce. Il faut compter une dizaine de jours après pour observer le début d'activité des pyrales à Lorient et Pleurtuit. Près d'un mois après Rennes, les pyrales deviennent à leurs tours actives à Brest et Rostrenen.

Toutefois, cela reste des seuils théoriques, la température n'est pas le seul paramètre influant sur le cycle de la pyrale. Le développement dans le temps de la culture de maïs est un paramètre non négligeable. Cependant, les stades de la culture de maïs sont aussi franchis de plus en plus rapidement dû à l'augmentation de la température.

L'évolution de la date théorique de début des vols de pyrales monovoltines sur maïs (500DJ) observée depuis 1959 (1960 à Lorient) sur les cinq stations bretonnes montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1959-2020 sont de :
 - **6.8 jours par décennie à Rostrenen** ($P < 0.001$) soit - 41.2 jours en 61 ans ;
 - **5.9 jours par décennie à Brest** ($P < 0.001$) soit - 36.3 jours en 61 ans ;
 - **4.4 jours par décennie à Lorient** ($P < 0.001$) soit - 26.7 en 60 ans ;
 - **3.8 jours par décennie à Rennes** ($P < 0.001$) soit - 23.2 jours en 61 ans ;
 - **4.5 jours par décennie à Pleurtuit** ($P < 0.001$) soit - 27.2 jours en 61 ans.
- La variabilité interannuelle est moyenne sur les cinq stations bretonnes ($R^2 > 0.3$).

Pour trois stations (Rostrenen, Brest et Pleurtuit), le dépassement des 700 DJ n'a pas eu lieu certaines années. Dans ce cas, on ne prend en compte seulement les données des années à partir desquelles ce phénomène n'arrive pas. Concrètement, les données d'évolution de la date théorique de fin des vols de pyrales monovoltines sur maïs analysées sont de 1987 à 2020 pour Rostrenen et Brest, de 1973 à 2020 pour Pleurtuit, de 1960 à 2020 pour Lorient et de 1959 à 2020 pour Rennes. Elles montrent que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur les périodes citées ci-dessus sont de :
 - **7.2 jours par décennie à Rostrenen** ($0.001 < P < 0.01$) soit - 24.3 jours en 34 ans ;
 - **3.8 jours par décennie à Brest** ($0.01 < P < 0.05$) soit - 13.0 jours en 34 ans ;
 - **6.0 jours par décennie à Lorient** ($P < 0.001$) soit - 36.0 en 60 ans ;
 - **4.8 jours par décennie à Rennes** ($P < 0.001$) soit - 29.1 jours en 61 ans ;
 - **7.0 jours par décennie à Pleurtuit** ($P < 0.001$) soit - 33.5 jours en 48 ans.
- La variabilité interannuelle est très importante à Brest ($0.1 < R^2 < 0.2$), importante à Rostrenen ($0.2 < R^2 < 0.3$) et moyenne sur les trois autres stations bretonnes ($R^2 > 0.3$).

Il est observé une avancée très significative du début des vols intenses sur les cinq stations. Cette avancée allant de 23 jours (Rennes) à 42 jours (Rostrenen) est même plus rapide que celle du début d'activité des pyrales. Le début des vols avance de fin juillet au 7 juillet à Rennes, du 10 août à mi-juillet à Lorient et Pleurtuit, et de fin août au 20 juillet à Brest et Rostrenen. Les tendances sont encore plus marquées concernant le dépassement du seuil des 700 DJ (pour les stations où il est possible d'analyser toutes les données depuis 1960). Ainsi, la période de vols intenses est avancée d'environ un mois en 60 ans. Il est aussi intéressant d'observer que ce seuil de 700DJ est systématiquement dépassé aujourd'hui partout en Bretagne alors que cela était loin d'être évident sur la partie ouest de la Bretagne il y a encore 30 ans. Cela montre que toute la Bretagne est concernée par le réchauffement climatique.

De plus, elle durait, en moyenne de 1959 à 1989, 33 jours alors que sur la période 1990-2020, elle ne dure que 26 jours. Le raccourcissement de la période de vols des pyrales est surtout marqué à Rostrenen, Brest et Pleurtuit. Ce raccourcissement ne permet pas de limiter les risques de dégâts de ce ravageur. En effet, les vols peuvent être plus denses qu'auparavant.

Enfin, il faudra aussi adapter sa lutte anti-pyrale. En effet, les trichogrammes, utilisés en lutte biologique, doivent aussi être lâchés plus tôt (aux alentours du seuil des 500 DJ). La lutte chimique avec l'utilisation du Coragen devrait théoriquement aussi être avancée dans le temps (après le seuil des 700 DJ).

A RETENIR

L'activité et les vols de pyrales monovoltines sont significativement de plus en plus précoces. Ils ont lieu en moyenne un mois plus tôt en 2020 par rapport à 1960. La période de vols des pyrales se rétrécit aussi mais le risque ne diminue pas. La lutte anti-pyrale doit aussi être adaptée et avancée dans le calendrier.



Pour en savoir plus

Leclercq D. Bulletin Santé du Végétal Grandes Cultures Bretagne. Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne. Hors-série. Ecembre 2020.

Naïbo B., Druésne C. 2008. Les trichogrammes au secours du maïs. Arvalis - Institut du Végétal. Perspectives agricoles. N°341. Janvier 2008.



Nombre de jours de perturbation de l'induction florale du chou-fleur

🔑 Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de références
Données fournies par Météo France

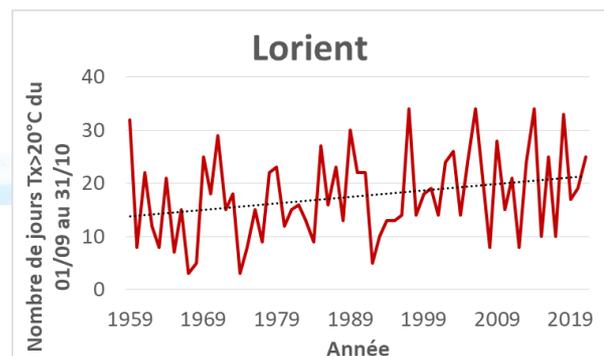
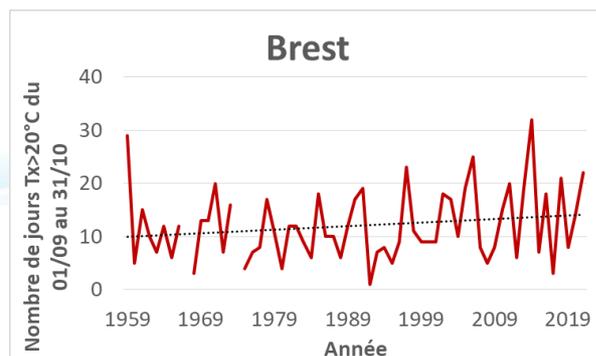
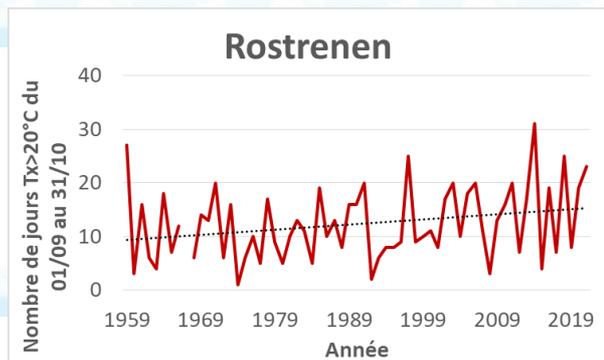
🕒 Indicateurs 14

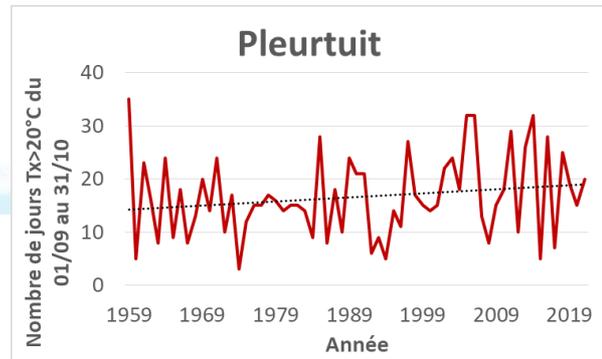
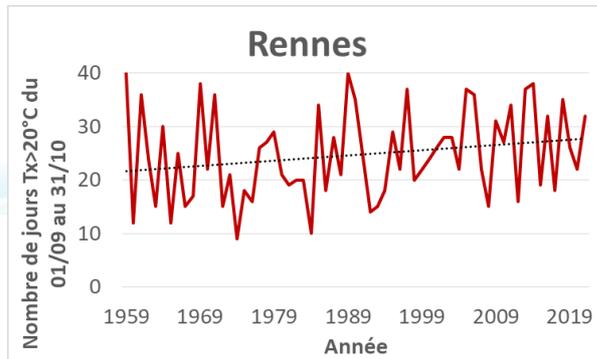
Pleurtuit : 1959-2021
Brest : 1959-2021 (années 1967 et 1974 manquantes)
Lorient : 1959-2021
Rostrenen : 1959-2021 (année 1967 manquante)
Rennes : 1959-2021

📊 Calcul de l'indicateur

L'induction florale du chou-fleur, qui permet de passer de la phase végétative à la phase reproductrice, est une période où le chou-fleur a besoin de froid. Dans le cas contraire, l'induction florale est incomplète, il y a alors présence de chitoun (ou bractée), c'est-à-dire que la plante produit en même temps des feuilles (bractées) et la pomme. Ce problème qualitatif a pour conséquences un déclassement des lots de chou-fleur voire une destruction de parcelles entières dans certains cas. Les variétés les plus atteintes par cette problématique sont celles où l'induction florale à lieu durant l'automne (septembre-octobre). C'est pourquoi, l'indicateur choisi est le nombre de jours en septembre et octobre où la température maximale (Tx) est supérieure à 20°C. Ce seuil a été déterminé à la suite des travaux anglais du scientifique D.C.E. Wurr.

📈 Évolution observée





Analyse

L'évolution du nombre de jours de perturbation de l'induction florale du chou-fleur depuis 1959 pour les cinq stations bretonnes montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1959-2021 sont de :
 - + **0.9 jour par décennie à Rostrenen** ($0.01 < P < 0.05$) soit + 5.8 jours en 62 ans ;
 - + **0.7 jour par décennie à Brest** (NS) soit + 4.2 jours en 62 ans ;
 - + **1.2 jour par décennie à Lorient** ($0.01 < P < 0.05$) soit + 7.6 jours en 62 ans ;
 - + **1.0 jour par décennie à Rennes** (NS) soit + 6.2 jours en 62 ans ;
 - + **0.8 jour par décennie à Pleurtuit** (NS) soit + 4.8 jours en 62 ans.
- La variabilité interannuelle est extrêmement importante sur toutes les stations ($R^2 < 0,1$).

La tendance du nombre de jours avec une température maximale supérieure à 20°C du 1^{er} septembre au 31 octobre augmente sur les cinq stations bretonnes. Cette tendance est significative seulement sur les stations de Lorient et Rostrenen. Seulement, si l'on ne comptabilise pas l'année 1959, année exceptionnellement chaude, les tendances à l'augmentation seraient significatives pour toutes les stations.

La variabilité interannuelle est extrêmement importante sur chaque station. On observe même une alternance année avec indicateur élevé/ année avec indicateur faible quasi systématique ces 10 dernières années. Cependant, les tendances à l'augmentation sont bien réelles. La moyenne de l'indicateur sur la période 1991-2020 est automatiquement supérieure de plus de 2.5 jours par rapport à la moyenne 1961-1990 pour une même station.

En valeur brute, il est intéressant de noter que la station avec le plus faible nombre de jours de perturbation du développement du chou-fleur, et la plus faible augmentation, est la station de Brest, elle est aussi la plus proche du secteur où il y a la grande majorité des producteurs de chou-fleur en Bretagne (côte nord du Finistère). A Brest, il y avait 10.5 jours en moyennes dépassant les 20°C de 1961 à 1990. Cette moyenne s'est élevée à 13 jours de moyenne sur la période 1991-2020. Les secondes et troisièmes stations les moins impactées sont Rostrenen et Pleurtuit, où il y a aussi des surfaces de productions dédiées au chou-fleur. Malgré cela, il est probable que les producteurs de chou-fleur – et de légumes en général – auront de plus en plus de difficultés à faire face à des automnes chauds, entraînant les problématiques de qualité de leur récolte (chitoun par exemple).



A RETENIR

La production de chou-fleur, se trouvant essentiellement sur la côte nord de la Bretagne, doit faire face à des tendances à l'augmentation du nombre de jours chauds ($T_x > 20^\circ\text{C}$) en septembre et octobre. Si cette tendance n'est pas significative sur la période 1959-2021, elle pourra l'être rapidement ces prochaines années. Par conséquent, les problèmes qualitatifs seront de plus en plus fréquents et pourraient amener à repenser la filière globale du chou-fleur.



Pour en savoir plus

ESTORGUES V, DUBOIS P-Y, PENGUILLY D, BEYER D. Chou-fleur, pourquoi autant de Chitoun durant l'hiver 2011-2012 ? Aujourd'hui & demain. N°111, MAI 2012. Pages 9-12.

Wurr, D.C.E. and Fellows, J.R. (2000). TEMPERATURE INFLUENCES ON THE PLANT DEVELOPMENT OF DIFFERENT MATURITY TYPES OF CAULIFLOWER. Acta Hort. 539, 69-74.

Wurr D.C.E., Fellows J.R., Fuller M.P.. Simulated effects of climate change on the production pattern of winter cauliflower in the UK. Scientia Horticulturae, Volume 101, Issue 4. 2004. Pages 359-372. ISSN 0304-4238.



Bilan hydrique – période de sensibilité du chêne pédonculé

🔑 Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de références ; chaîne d'analyse spatiale SIM
Données fournies par Météo France

🕒 Indicateurs 8

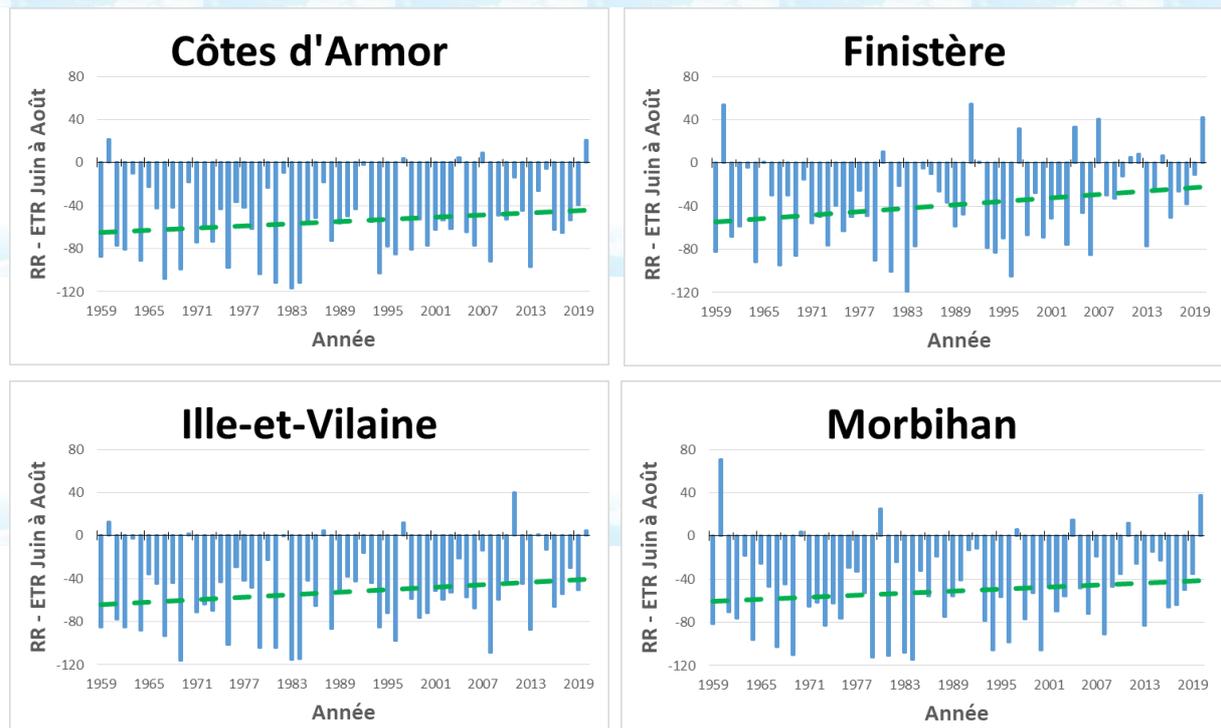
Côtes d'Armor : 1959-2020
Ille-et-Vilaine : 1959-2020
Morbihan : 1959-2020
Finistère : 1959-2020

📊 Calcul de l'indicateur

Le bilan hydrique détermine la réserve utile en eau des sols et donc la quantité d'eau disponible pour les végétaux. Le calcul s'effectue à partir de la chaîne d'analyse spatiale du bilan hydrique « SAFRAN-ISBA-MODCOU » (SIM). Cette chaîne modélise l'indicateur d'humidité des sols (SWI) sur une grille de 8 x 8 km, dont les valeurs sont calculées en chaque point de la grille (environ une centaine par département) et moyennées sur le département.

Le chêne pédonculé souffre du manque d'eau durant la période estivale. Ainsi, on calcule le cumul (Pluie-ETR) pour les mois de juin, juillet et août, ce qui nous donne le bilan hydrique estival. Les graphiques ci-dessous présentent les bilans totaux estivaux, cumulant les bilans mensuels pour chaque département.

📈 Évolution observée





	Juin	Juillet	Août	Total	mm/décennie
Côtes d'Armor	+2.47	+0.31	+0.53	+3.32	
Finistère	+2.19	+2.20	+0.94	+5.33	
Ille-et-Vilaine	+3.04	+0.66	+0.10	+3.80	
Morbihan	+2.21	+0.94	-0.05	+3.10	
Moyenne	+2.48	+1.03	+0.38	+3.89	

Tableau VI – Évolution des bilans hydriques mensuels entre 1959 et 2020 sur les 4 départements bretons

Analyse

L'évolution du bilan hydrique (RR-ETR) estival observée depuis 1959 pour les quatre départements bretons montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1959-2020 sont de :
 - + **3.32 mm par décennie en Côtes d'Armor** (NS) soit + 20.2 mm en 62 ans ;
 - + **5.33 mm par décennie en Finistère** (NS) soit + 32.5 mm en 62 ans ;
 - + **3.80 mm par décennie en Ille-et-Vilaine** (NS) soit + 23.2 mm en 62 ans ;
 - + **3.10 mm par décennie en Morbihan** (NS) soit + 18.9 mm en 62 ans.
- La variabilité interannuelle est extrêmement importante pour tous les départements ($R^2 < 0,1$)

Le chêne pédonculé est l'essence d'arbre la plus commune dans les bocages bretons. Ce dernier vit et survit dans des climats tempérés et humides bien qu'il ait une bonne capacité d'adaptation. Il est ainsi présent sur une grande partie de l'Europe. Cependant, le chêne pédonculé est sensible aux sécheresses estivales et donc laisse progressivement sa place au chêne pubescent dans le sud de l'Europe, qui lui, tolère mieux la sécheresse et les canicules.

En Bretagne, il est observé des tendances non significatives à l'augmentation des précipitations estivales, mais aussi de l'évapotranspiration potentielle estivale (cf. fiches « Cumul saisonnier des précipitations » et « Cumul saisonnier de l'évapotranspiration »). Ainsi, ce bilan hydrique permet d'observer les tendances d'évolution de la ressource en eau pour les bocages l'été.

Il est souvent entendu que les étés sont de plus en plus chauds et secs. Pourtant, ce bilan hydrique montre que la ressource en eau durant l'été augmente en tendancielle de façon non significative pour chacun des départements bretons. Cette légère augmentation a surtout lieu durant la première quinzaine de juin, d'où l'écart important entre ce bilan hydrique et celui pour les cultures (cf. Bilan hydrique – période de sensibilité prairies, maïs, blé).

A première vue, le chêne pédonculé ne semble donc pas subir de plus en plus les sécheresses estivales, au contraire. De plus, en cas de moins bonne répartition des pluies sur la période, le développement racinaire en pivot du chêne lui permettra de retenir et puiser dans le sol au maximum la ressource en eau.

Ces résultats peuvent tout à fait être en accord avec des fenêtres de sécheresses courtes mais remarquables durant les mois de juillet et août. De plus, la variabilité interannuelle étant extrêmement importante, il peut y avoir des alternances entre des étés très secs et des étés très humides. Là encore, la variabilité interannuelle reste constante entre les périodes 1959-1989 et 1990-2020.



A RETENIR

Contrairement à ce qu'il était possible de croire, le chêne pédonculé ne fait pas face à des étés de plus en plus secs pour l'instant. D'après ce bilan hydrique, le risque d'impact de sécheresse sur le chêne pédonculé n'augmente pas. Au contraire, l'étude du bilan hydrique estival en Bretagne depuis 1959 montre une augmentation (non significative) de la ressource en eau sur la période de sensibilité du chêne pédonculé. Ces tendances cachent des variations interannuelles extrêmement importantes. Le risque de sécheresses estivales causant d'importants dégâts sur le chêne lors d'un été ne diminue donc pas.



Pour en savoir plus

BONFILS P., RIGLING R. et al. 2015. Le chêne face aux changements climatiques. Perspectives d'avenir d'une essence. Institut fédéral de recherches WSL.

BREDA N., PEIFFER M. ; 1999. Dépérissement forestier en vallée du Rhin. Etude du bilan hydrique des chênaies de la forêt domaniale de La Harth (Haut-Rhin) et impact des épisodes de sécheresse sur la croissance radiale des chênes. INRAE. ([hal-02839880](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02839880))

BRISSON N., LEVRAULT F. ; 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME.

GRANIER A., BADEAU V., BREDA N. 2009. Modélisation du bilan hydrique des peuplements forestiers. INRAE.

3 IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Rendement maïs fourrage

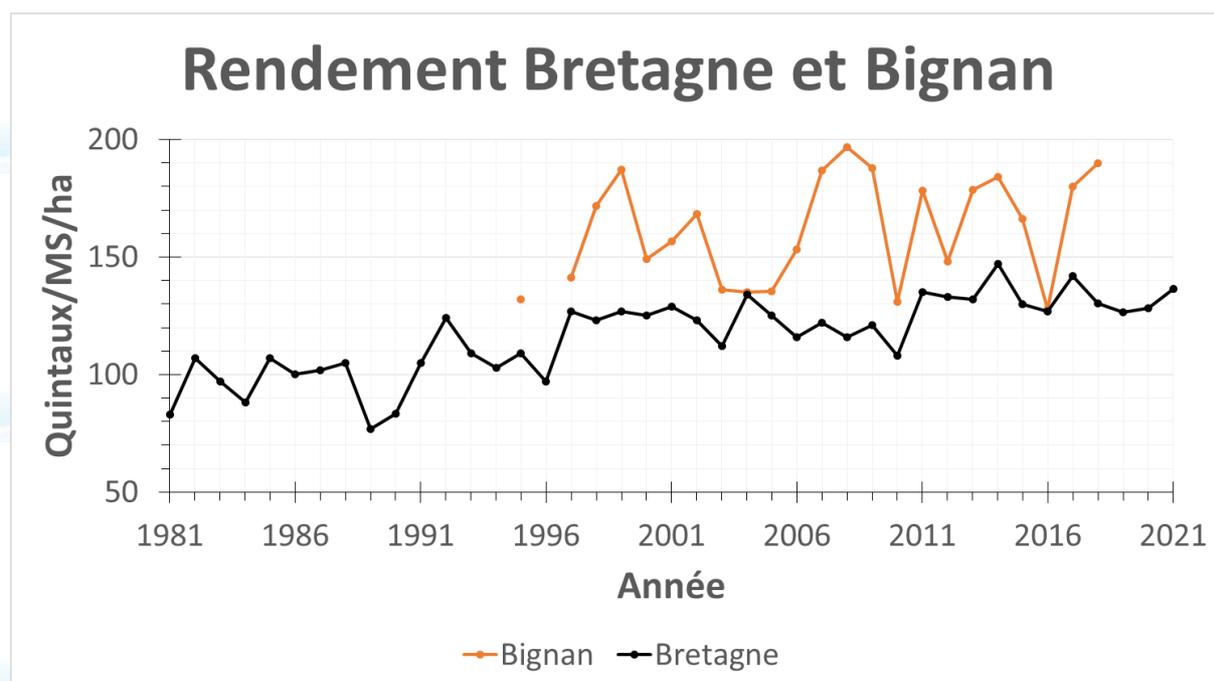
🔑 Nature et source des données

Données fournies par Arvalis (Bignan) et Agreste (Bretagne)

🕒 Indicateur 1

Bretagne (1981-2021)
Secteur de Bignan (1995-2018) – année 1996 manquante

📈 Évolution observée



📊 Analyse

L'évolution des rendements en maïs ensilage observée en Bretagne et sur le secteur de Bignan montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur la période 1981-2021 (Bretagne) et 1995-2018 (Bignan) sont de :
 - + **11.1 q/ms/décennie en Bretagne** ($P < 0,001$) soit + 45.4 q/ms en 41 ans;
 - + **10.4 q/ms/décennie à Bignan** ($P < 0,001$) soit + 24.8 q/ms en 24 ans;
- la variabilité interannuelle est extrêmement importante ($R^2 < 0.1$) à Bignan et moyenne ($R^2 > 0.3$) en Bretagne

3 IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Le maïs ensilage a connu une forte augmentation de rendement sur la période 1981 – 2021 dans la région Bretagne (+0.11 t/ms/ha/an). On note des tendances plutôt similaires pour les 4 départements bretons - non représentés ici - (1981 - 2021) et pour le secteur de Bignan (1995-2018). À Bignan, commune morbihannaise située à une cinquantaine de kilomètres à l'est de Lorient, les valeurs de rendements sont systématiquement supérieures à la moyenne bretonne. Cette différence peut notamment s'expliquer par des semis plus homogènes et des pertes à la récolte moins importantes (micro-parcelles). Le plafonnement « maximale » des intrants dans la station expérimentale peut également être un facteur explicatif. En moyenne, les valeurs de rendements sont plus élevées de 36 quintaux. Les différences peuvent toutefois être bien plus fortes voire nettement plus faibles en fonction des années, à l'image de 2008 (différence de 80 quintaux) et 2016 (différence de 1 quintal).

Le rôle du changement climatique dans l'évolution des rendements de maïs fourrage n'a pas encore été prouvé de façon précise. Cependant, plusieurs hypothèses peuvent être proposées pour expliquer cette augmentation de rendement :

D'une part, une avancée des dates de semis - réalisée plus ou moins consciemment par les agriculteurs depuis de nombreuses années - combinée à l'utilisation de variétés plus tardives, toutes deux permises par l'augmentation des températures. Par ailleurs, d'autres facteurs tels que l'intensification de l'agriculture, l'amélioration de la technicité culturale, le choix de type de sol, ou encore les progrès génétiques ont également favorisé cette hausse de rendements. Ces différents facteurs auraient ainsi permis de régulariser la production interannuelle et d'augmenter le rendement moyen en Bretagne.

Si le gain de disponibilité thermique peut être vu comme une opportunité (gains de rendements, possibilités de cultures dérobées, etc.), il ne faut cependant pas oublier que la multiplication des stress thermiques et hydriques risque de pénaliser davantage la culture de maïs demain, avec de potentielles incidences sur les rendements sur certains secteurs. À titre d'exemple, le raccourcissement des stades tend à faire « glisser » la phase de remplissage des grains vers les mois les plus chauds. Ainsi, le remplissage des grains risque d'être plus précoce, pouvant impliquer de potentielles pertes de rendements. En revanche, le remplissage pourrait se faire sur une durée plus courte, raccourcissant ainsi la période à risque.

Pour aller plus loin : les hypothèses explicatives de ces hausses de rendements demandent à être confirmées de façon plus précises, notamment en ce qui concerne les évolutions induites (ou permises) par le changement climatique en Bretagne. Ainsi, analyser un historique des dates de semis (pour témoigner d'un éventuel avancement) et engager un travail de monitoring sur la précocité des espèces (pour illustrer une éventuelle utilisation de variétés plus tardives) pourrait permettre de valider (ou non) ces pistes. S'il s'avère que le changement climatique a en partie « guider » ces choix, ce type de renseignements (dates de semis et précocité des variétés) pourrait faire l'objet d'indicateurs.

3 IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

A RETENIR

Le rendement en maïs ensilage est en augmentation en Bretagne depuis au moins le début des années 80. Ce gain de rendement est notamment visible aux échelles régionales et départementales (depuis 1981) et sur le secteur de Bignan (depuis 1995). Si le poids des hypothèses explicatives de cette progression de rendement n'a pas encore été clairement établi, plusieurs pistes ont tout de même été avancées. La hausse constatée en Bretagne pourrait notamment être due à une avancée des semis, ou encore à l'utilisation de variétés plus tardives. D'autres hypothèses peuvent être émises tels que les choix de type de sol, l'intensification agricole, ou encore les progrès génétiques. Outre ces leviers, le réchauffement climatique a également pu permettre la régularisation de la production interannuelle.



Pour en savoir plus

BRISSON N., LEVRAULT F, 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME.

3 IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Rendement blé tendre

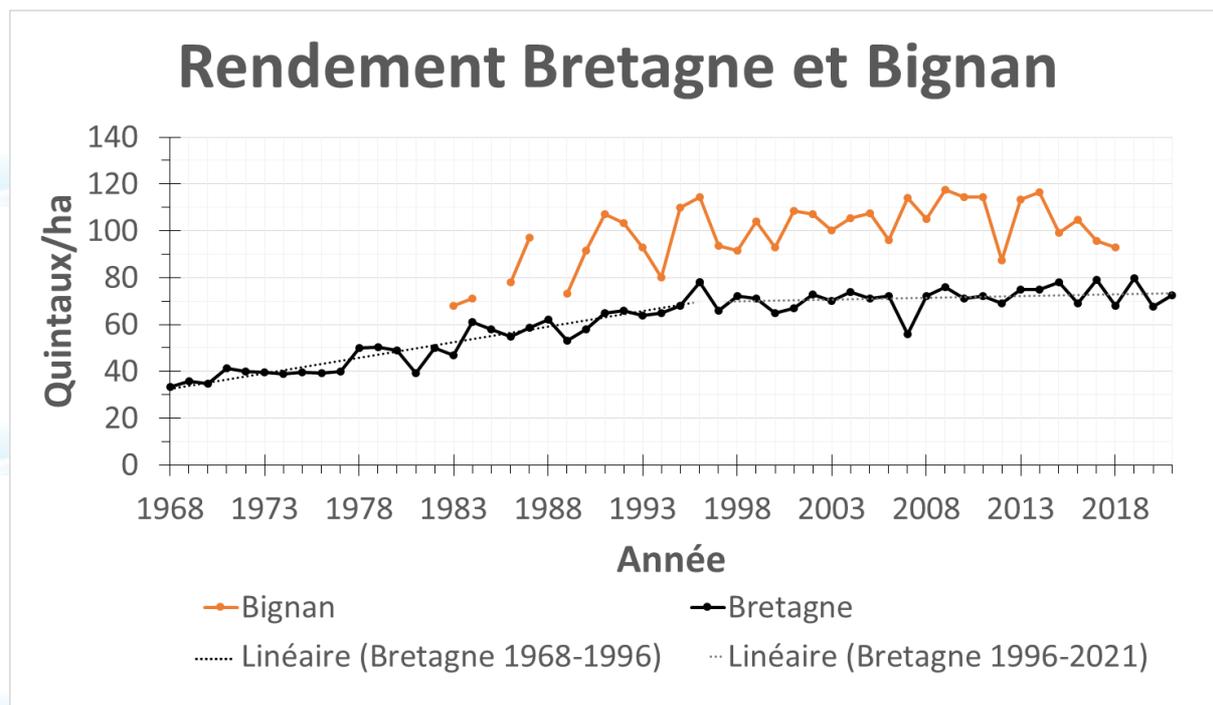
🔑 Nature et source des données

Données fournies par Arvalis (Bignan) et Agreste (Bretagne)

🕒 Indicateur 2

Bretagne (1968-2021)
Secteur de Bignan (1983-2018) - années 1985 et 1988 manquantes

📈 Évolution observée



📈 Analyse

L'évolution des rendements en blé tendre observée en Bretagne et sur le secteur de Bignan montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur la période 1968-2021 (Bretagne) et 1983-2018 (Bignan) sont de :
 - + **7.8 q/ha/décennie en Bretagne** ($P < 0.001$) soit + 42.5 q/ha en 54 ans;
 - + **7.3 q/ha/décennie à Bignan** ($P < 0.001$) soit + 26.4 q/ha en 36 ans;
- la variabilité interannuelle est moyenne ($R^2 > 0.3$) à Bignan et en Bretagne

3 IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Depuis 1968 et jusqu'à la fin des années 1990, le rendement moyen régional en blé tendre a connu une progression notable, ce qui a permis de passer d'environ 30 q/ha à la fin des années 1960 à 70 q/ha dans les années 1990 (Agreste).

Cette augmentation significative s'explique notamment par l'amélioration variétale, combinée à l'intensification de l'agriculture et l'accroissement de la technicité de culture (fertilisation, protection phytosanitaire, préparation de sol, semis, récolte, etc.).

À partir de la seconde moitié des années 1990, on constate une interruption assez brutale de cette progression, suivie d'un « plafonnement » des rendements autour de 70 quintaux. En Bretagne, on note que ce dernier apparaît dans les années post 1995. Les courbes de tendance distinctes (post et pré 1996 incluse) permettent d'illustrer ce basculement avec un changement de pente très net. Ainsi, sur la période 1968 – 1996, l'augmentation des rendements était de l'ordre de +13.3 q/ha/décennie, contre une progression nettement moins sensible sur la période 1996-2021 (1.5 q/ha/décennie). Les tendances sont plutôt similaires à l'échelle des départements (non représentés ici) et pour le secteur de Bignan (1983-2018). En termes de quantités de rendements, on constate des valeurs supérieures d'une trentaine de quintaux à Bignan par rapport à la moyenne bretonne. Les principaux facteurs explicatifs sont identiques à ceux exposés pour le maïs (plafonnement des apports en azote et optimisation des rendements en micro parcelles).

Ce phénomène de plafonnement se remarque dans la majorité des départements français avec quelques nuances sur l'année de rupture (généralement entre 1991 et 2000) en fonction des localités. Les travaux de N. BRISSON *et al* (2010) ont permis d'identifier 1996 comme étant l'année d'apparition du plafonnement moyen en France métropolitaine, marquant le basculement des rendements en blé tendre. Ces études ont également permis d'exposer certaines des causes de ce plafonnement et d'établir un lien avec le changement climatique :

D'une part, une baisse de la fertilisation azotée du blé tendre en France entre 2000 et 2007 (environ 20 kg/N/ha), consécutive à la mise en application de la Directive Nitrates, serait à l'origine d'une légère diminution du rendement sur cette période de l'ordre de -0.15 q/ha/an.

D'autre part, les modifications dans les rotations culturales ont généré une réduction de 5 à 10% des légumineuses, entraînant une baisse des rendements de blé tendre de -0.35 q/ha/an.

Par ailleurs, le progrès génétique ne serait pas en cause dans ce plafonnement. En effet, la progression de rendements de blé tendre résultant de l'amélioration variétale serait restée relativement stable en France depuis 1980, impliquant une augmentation continue comprise entre + 1.0 et +1.2 q/ha/an.

Cependant, ces deux premières causes ne suffisent pas à elles seules pour expliquer le plafonnement des rendements. La stagnation des rendements pourrait être en grande partie due au réchauffement climatique. Cette relative stabilisation serait notamment consécutive à une augmentation sensible de l'échaudage, qui aurait induit une baisse de rendement de blé tendre comprise entre -0.2 et -0.5q/ha/an.

Ainsi, le changement climatique aurait bien eu un impact négatif sur la physiologie du blé tendre en Bretagne, impact perceptible depuis le milieu des années 1990 avec le plafonnement des rendements. Il expliquerait pour « un tiers à moitié » ce phénomène. La multiplication de ces stress thermiques au moment du remplissage des grains se superpose à l'effet dépréciateur de plusieurs facteurs (baisse de la fertilisation azotée, raréfaction des légumineuses dans les

3 IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

rotations, etc.). Ces impacts générant des diminutions de rendement sont « heureusement » plus que compensés par les gains de rendements découlant de l'accroissement de la technicité de la culture, des changements de pratiques, ou encore du progrès génétique, permettant ainsi aux rendements de progresser légèrement.

Pour aller plus loin : des études plus poussées devront être menées afin d'identifier les causes exactes de cette rupture (d'origines multifactorielles), et notamment le poids des facteurs climatiques par rapport à ce plafonnement en région Bretagne.

A RETENIR

On observe en Bretagne un plafonnement des rendements en blé tendre qui débute à la fin des années 1990. Ce phénomène, également observable dans la majorité des régions de France métropolitaine, résulterait en partie du changement climatique qui a accru les stress hydriques et thermiques en fin de cycle cultural. L'augmentation de l'échaudage serait ainsi un des facteurs explicatifs du plafonnement des rendements de blé, du moins sur certains secteurs bretons.



Pour en savoir plus

BRISSEON N., GATE L., GOUACHE D., CHARMET G., OURY F.X., HUARD F. ; 2010. Why are wheat yields stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for France. *Field crops research*(119), 201-212.

GATE P., BRISSEON N., CHARMET G., GOUACHE D., & OURY F. X. ; 2009a. Les causes du plafonnement du rendement du blé en France ? *Changement climatique : Conséquences et enseignements pour les grandes cultures et l'élevage herbivore*, 20-34. Paris.

GATE P., VIGNIER L., DEUDON O., & GOUACHE D. ; 2009b. *Changement climatique: impact sur le blé en France et pistes d'adaptation. Conséquences et enseignements pour les grandes cultures et l'élevage herbivore*, 85-99. Paris.

3 IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Date de floraison pommier

🔑 Nature et source des données

Observation en verger de pommes à cidres

Données fournies par un conseiller en arboriculture fruitière du secteur de Dinan (Dominique Biche, CRAB)

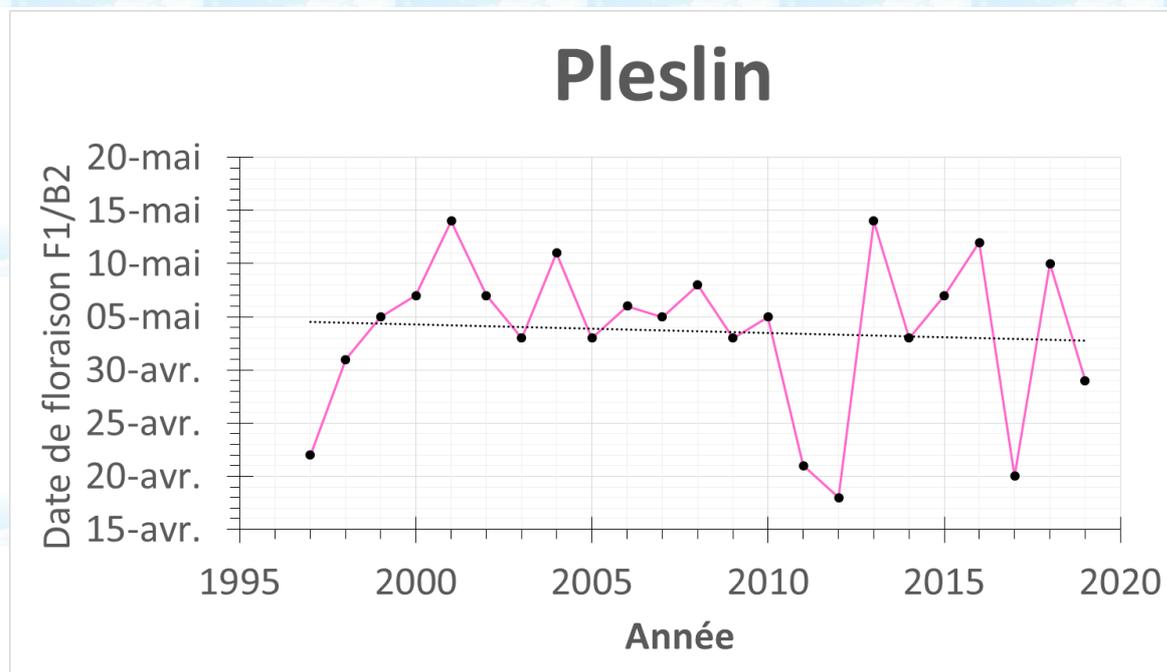
🕒 Indicateur 3

Secteur de Dinan : 1997-2019

📊 Calcul de l'indicateur

Relevé de date de floraison au stade F1/B2 (1^{ère} fleur ouverte sur bois de 2 ans)

📈 Évolution observée



📈 Analyse

L'évolution de la date de début du stade F1/B2 (1^{ère} fleur ouverte sur bois de 2 ans) du pommier *Douce Coët Ligne* à Pleslin depuis 1997 montre que :

- la tendance (ajustement linéaire) observée sur la période d'étude 1997-2019 est de **-0.8 jours par décennie à Pleslin** (NS), soit -1.7 jours en 22 ans
- la variabilité interannuelle est extrêmement importante ($R^2 < 0,1$).

3 IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Pleslin est une commune costarmoricaine située au sud de Pleurtuit, à une dizaine de kilomètres de la mer. À Pleslin, la date de floraison F1/B2 (1ère fleur ouverte sur bois de 2 ans) du pommier *Douce Coët Ligne* a avancé de -0.8 j par décennie, soit -1.7 j en 22 ans. Notons que le jeu de données débute en 1997, l'une des années les plus précoces des dernières décennies en termes de floraison, ce qui tend à sous-estimer la tendance. Cependant, bien qu'étant légèrement moins nette que sur d'autres secteurs, cette avancée semble s'accorder avec l'évolution observée dans les bassins fruitiers français (Legave, 2009). Cette tendance à l'avancée des dates de floraison résulte d'une réduction de la durée de la croissance florale (levée de dormance à floraison), expliquée par la hausse des températures sur les premiers mois de l'année. Par ailleurs, à Pleslin, la variabilité interannuelle des dates de floraison semble s'être accrue depuis une dizaine d'années.

Bien que modeste, cet avancement de la date de floraison invite à s'interroger sur le risque de gel. Chez le pommier, le développement des fruits est directement impacté lorsque le gel intervient, avant, pendant, et après la floraison, la phase la plus critique se manifestant lors des premières chutes de pétales. Malgré le réchauffement climatique et la tendance à la diminution du nombre de jours de gel sur l'année, la forte variabilité interannuelle n'écarte pas le risque de gels tardifs sur pommiers, d'autant plus que la floraison tend à intervenir de plus en plus tôt. À titre d'exemple, l'année 2019 a été plutôt précoce en termes de floraison (sans être exceptionnelle), et plusieurs gels tardifs (avril et début mai) se sont manifestés lors de cette phase sensible du pommier. Les gels des 5 et 6 mai 2019 ont d'ailleurs impacté le pommier *Douce Coët Ligne*. Au vu de la courbe de tendance et de la forte variabilité interannuelle, des floraisons au moins aussi précoces qu'en 2019 risquent de se multiplier demain.

Pour aller plus loin : il est nécessaire de poursuivre les enregistrements de date de floraison à Pleslin afin d'apporter plus de justesse et de fiabilité à l'analyse. Assurer un suivi de dates de floraison sur davantage d'années permettrait de confirmer (ou non) les tendances des dernières décennies avec davantage de certitudes. Dans un souci de conseil et pour approfondir l'analyse, il serait intéressant d'observer l'évolution du risque de gel des dernières décennies durant la phase sensible du pommier. Schématiquement, cette phase sensible s'échelonne entre le stade bouton rose (au plus tôt début avril) et le stade fruit 12 mm (au plus tard mi-mai).

3 IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

A RETENIR

Les dates d'apparition du début de la floraison F1/B2 (1^{ère} fleur ouverte sur bois de 2 ans) ont légèrement avancé ces 22 dernières années. En tendance, elles ont gagné 1.7 jours depuis 1997. Malgré la tendance à la diminution du nombre de jours de températures négatives, la forte variabilité interannuelle fait subsister le risque de gel en période de floraison, d'autant plus que cette dernière tend à intervenir de plus en plus tôt.



Pour en savoir plus

GLEIZER B., LEGAVE J-M., BERTHOUMIEU J-F., MATHIEU V. ; 2007. Les arboriculteurs face aux changements climatiques. Evolution de la phénologie florale et du risque de gel printanier. *Ctifl*(235), 37-40.

MATHIEU V. ; 2011. Cycle de développement du pommier. L'influence des conditions climatiques. *Infos Ctifl*(277), 34-44.

LEGAVE J-M. ; 2009. Comment faire face aux changements climatiques en arboriculture fruitière ? *Innovations Agronomiques*(7), 165-177.

MÊME K., 2018. Changement climatique et floraison des pommiers dans la région du futur PNR Vallée de la Rance – Côte d'Émeraude. Mémoire de Master GAED-ETA, Université Rennes 2. 63p.

DUBREUIL V *et al* . Changement Climatique et date de floraison des pommiers dans le Val de Rance (Bretagne). XXXIIème Colloque Internationale de l'AIC Thessaloniki - Grèce 29 mai au 1 juin 2019.

3 IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

SWI – Soil Wetness Index

🔑 Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de références ; chaîne d'analyse spatiale SIM
Données fournies par Météo France, accessible gratuitement en ligne

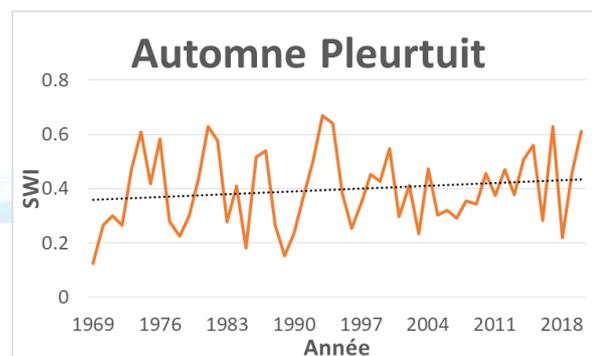
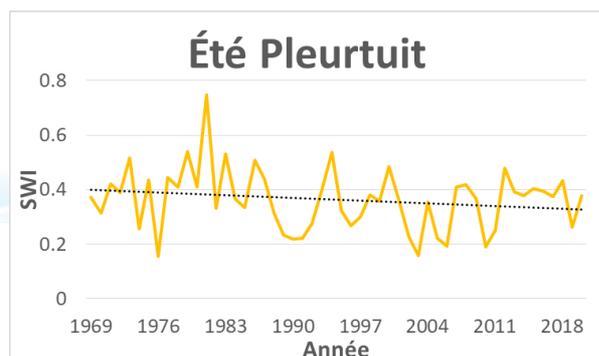
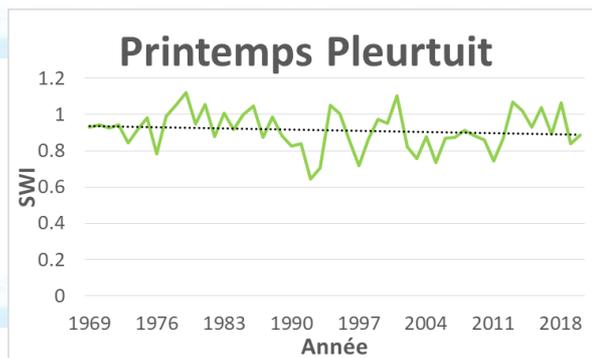
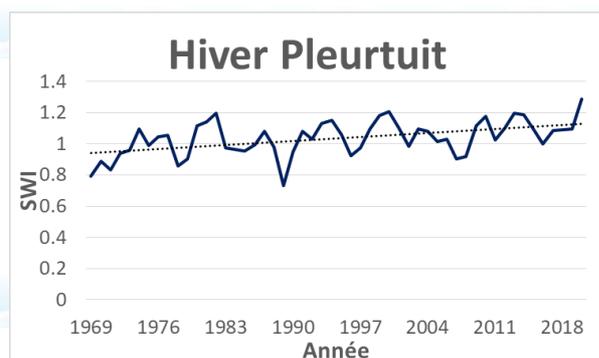
🕒 Indicateur 3

Pleurtuit : 1969-2020
Brest : 1969-2020
Lorient : 1969-2020
Rostrenen : 1969-2020
Rennes : 1969-2020

📊 Calcul de l'indicateur

L'indicateur SWI est un indice de quantification d'humidité des sols allant de 0 à 1.4. Le calcul s'effectue à partir de la chaîne d'analyse spatiale du bilan hydrique « SAFRAN-ISBA-MODCOU » (SIM). Cette chaîne modélise l'indicateur d'humidité des sols sur une grille de 8 x 8 km, dont les valeurs sont calculées en chaque point de la grille (environ une centaine par département). Ici, il a été retenu chaque point le plus proche des cinq stations habituellement utilisées pour les indicateurs.

📈 Évolution observée



3 IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

L'analyse de l'évolution de l'indice SWI dans l'ensemble des stations est présentée dans le tableau suivant (cf. Tableau VI).

	Hiver	Printemps	Été	Automne	Points de 1969 à 2020
Rennes	+ 0.13 (0.001<P<0.01)	- 0.03 (NS)	+ 0.04 (NS)	+ 0.09 (NS)	
Rostrenen	+ 0.11 (0.01<P<0.05)	- 0.03 (NS)	- 0.07 (NS)	+ 0.01 (NS)	
Pleurtuit	+ 0.19 (P<0.001)	- 0.05 (NS)	- 0.07 (NS)	+ 0.05 (NS)	
Brest	+ 0.12 (0.001<P<0.01)	- 0.07 (NS)	+ 0.04 (NS)	+ 0.10 (NS)	
Lorient	+ 0.12 (0.01<P<0.05)	- 0.05 (NS)	- 0.03 (NS)	+ 0.05 (NS)	
Moyenne	+0.13	-0.05	- 0.02	+0.06	

Tableau VII – Évolution par saison de l'indice d'humidité des sols entre 1969 et 2020 sur les 5 stations étudiées

Analyse

L'évolution du SWI observée par saison depuis 1969 à **Pleurtuit** montre que :

- les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période 1969-2020 sont de :

+ 0.19 pts en 52 ans en hiver (P>0.001);

- 0.05 pts en 52 ans au printemps (NS);

- 0.07 pts en 52 ans en été (NS);

+ 0.05 points en 52 ans en automne (NS);

- La variabilité interannuelle est importante en hiver ($0.2 < R^2 < 0.3$) à Pleurtuit et extrêmement importante ($R^2 < 0,1$) pour chacune des trois autres saisons sur toutes les stations.

L'indicateur d'humidité des sols SWI varie très peu mais cela ne reflète pas la réalité car il oscille seulement entre 0 et 1.4 et de plus, il est toujours moyenné sur trois mois (mois n-2, mois n-1 et mois n). Ainsi, même si les tendances ne sont pas significatives, il est intéressant de les commenter. La variété interannuelle, elle, n'évolue pas.

En hiver, les sols sont de plus en plus humides. Ces résultats sont logiques car ils sont corrélés avec les tendances à l'augmentation de la pluviométrie sur cette période. De même, à l'automne, il est observé une stagnation voire une augmentation de l'humidité des sols, qui s'explique par une augmentation de la pluviométrie.

La saison estivale est un cas intéressant. Sur trois stations, les sols sont de plus en plus secs l'été. Certes, l'évapotranspiration augmente, mais c'est aussi le cas des précipitations estivales. Le nombre de jours pluvieux (>10 mm) qui augmente aussi l'été, peut indiquer que les précipitations sont moins bien réparties temporellement sur la saison. La baisse de l'indicateur pourrait être expliquée par des périodes décennales très sèches et d'autres plus humides où une partie de la pluviométrie ne rechargerait pas la réserve utile des sols mais ruissellerait car elle tomberait de manière trop intense. Enfin, au printemps, les sols s'assèchent à cause d'une importante augmentation de l'ETP et une stagnation voire diminution sur certaines stations de la pluviométrie.

Au printemps et à l'été, les besoins en eau des cultures sont les plus importants, c'est aussi les saisons où les sols s'assèchent d'année en année. A l'inverse, l'automne et l'hiver sont des saisons où les besoins en eau sont faibles et la ressource en excès. L'augmentation de l'humidification des sols à cette période n'est pas forcément une bonne nouvelle pour l'agriculteur. Les fenêtres de bonnes conditions de récoltes et de semis à l'automne pourraient par exemple se rétrécir. Cependant, ces projections sont tendanciennes et la variabilité interannuelle extrêmement importante. Ainsi, seul le risque d'être confronté à ces problèmes augmente.

3 IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

A RETENIR

Les sols sont de plus en plus humides durant la période hivernale (significatif) et automnale (non-significatif). A l'inverse, les sols ont tendance à s'assécher de plus en plus au printemps et même l'été pour certaines stations. La variabilité interannuelle est extrêmement importante.



Leviers d'adaptation - Prairies



Analyse

L'augmentation des températures en saisons printanière, automnale, et hivernale (cf. indicateur « Température moyenne saisonnière ») se traduit par une production d'herbe plus précoce au printemps et plus tardive en fin d'année. Ces évolutions offrent la possibilité de mettre à l'herbe plus tôt au printemps et plus tard en automne (voire en hiver), selon les systèmes et dans la limite de la portance des sols. L'élargissement des périodes d'exploitations peut permettre de compenser (au moins en partie) la perte de production estivale provoquée par les fortes températures et le manque d'eau. Ces conditions « extrêmes » sont amenées à s'amplifier dans un futur proche (Brisson & Levrault, 2010 ; Ruget *et al.*, 2013). Il s'agira notamment de ne pas surpâturer dans de telles conditions afin de ne pas dégrader davantage les prairies. D'une manière générale, les éleveurs devront adapter leurs calendriers de mise à l'herbe et de valorisation de l'herbe pour coïncider au mieux avec les périodes de production et de pause estivale (Brisson & Levrault, 2010 ; Durand *et al.*, 2013). Des stocks de sécurité de fourrage pourront permettre d'anticiper le manque de production d'herbe en période estivale.

Les recherches génétiques actuelles s'orientent vers de nouvelles variétés d'espèces prairiales traditionnelles (ray grass, trèfle, etc.) plus résilientes au stress hydrique et thermique et vers l'adaptation de nouvelles espèces importées aux conditions régionales. (Durand *et al.*, 2013).

À l'avenir, il peut cependant être intéressant de favoriser davantage les prairies multi-espèces couplant graminées et légumineuses. Les légumineuses permettent en effet une meilleure résistance au stress hydrique du couvert. Les prairies multi-espèces limitent également la variabilité interannuelle du rendement grâce à la variété d'espèces. En revanche, une telle méthode nécessite de mener une réflexion sur le choix des espèces pour limiter le tri par les animaux et pour s'adapter aux différentes typologies édaphiques, climatiques, et culturales.

Sur les secteurs chauds et secs disposant d'une faible réserve utile (RU), une substitution du trèfle par la luzerne peut être une solution – notamment pour les prairies de fauche –, cette légumineuse supportant davantage les sols séchant et les températures élevées. Pour limiter la dégradation des prairies en période estivale et augmenter la production d'herbe, il peut également être intéressant d'opter pour des espèces de graminées plus tolérantes aux stress hydriques et aux fortes chaleurs par rapport au RGA (fétuque élevée, dactyle, etc.). Des implantations de chicorée et/ou de plantain, espèces au système racinaire profond, sont également envisageables.

Il est également possible de jouer sur la précocité de variétés. Dans les secteurs les plus sensibles aux sécheresses estivales, où la production est généralement fortement compromise en été, il peut être intéressant de se tourner vers des variétés moins tardives (intermédiaires à tardives plutôt que très tardives) qui produisent davantage au printemps. Cependant, des variétés plus précoces de ray grass anglais impliquent généralement une remontaison de l'épis l'été, ce qui complexifie la gestion du pâturage en période estivale. En outre, de telles variétés seront par



définition moins productives l'été, ce qui peut entraîner un manque à gagner en cas d'années favorables (sans stress hydrique estival).

Pour aller plus loin : le changement climatique invite également à s'interroger sur l'évolution d'autres « risques » liés aux prairies (conditions hydriques pour les travaux au champ, disponibilité de fenêtres météo pour la fauche, etc.). En cas de dégradations de ces situations, les mesures d'adaptation associées devront être proposées.

Fiches à consulter :

A1. Température moyenne annuelle

A2. Température moyenne saisonnière

A3. Nombre de jours estivaux par an

A5. Cumul annuel des précipitations

A6. Cumul saisonnier des précipitations

A7. Cumul annuel d'ETP

A8. Cumul saisonnier d'ETP

B1. Bilan hydrique – période de sensibilité prairies, maïs, blé

B2. Ralentissement de la pousse du RGA

A RETENIR

Plusieurs solutions sont envisageables pour lutter contre les effets du changement climatique ou bénéficier de ses « opportunités » ; en voici quelques une :

Opportunité températures élevées au printemps et en fin d'année

- valoriser davantage les périodes de production au printemps et en automne/hiver

Risque stress hydrique et creux estival

- favoriser les prairies avec des mélanges multi-espèces adaptés à chaque parcelle

- opter pour des espèces plus résistantes à la sécheresse (luzerne, fétuque élevée, plantain, chicorée etc.) dans les terrains les plus secs

- utiliser des variétés moins tardives (intermédiaires à tardives) dans les secteurs soumis à la sécheresse estivale

- prévoir des stocks de sécurité afin d'anticiper le manque de production en période estivale



Pour en savoir plus

BRISSON N., LEVRAULT F, 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME.

DENHARTIGH C. ; 2015. Adaptation de l'agriculture aux changements climatiques, recueil d'expériences territoriales. Réseau action climat France.

VERT J., VILLIEN C.(coord.), Agriculture Forêt Climat : vers des stratégies d'adaptation, Centre d'études et de prospective, Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2013.

DURAND J. L. ; 2007. Les effets du déficit hydrique sur la plante : aspects physiologiques. Fourrages, 190, 181-195.

DURAND J. L., LOREGAU J., PICON-COCHARD C., VOLAIRE F. ; 2013. Ecophysiologie de la réponse et de l'adaptation des plantes fourragères et prairiales au changement climatique. Journées AFPF, 26-27 mars. 49- 68.

RUGET F., DURAND J. L., RIPOCHE D., GRAUX A. I., BERNARD B., LACROIX B., MOREAU J. C. ; 2013. Impacts des changements climatiques sur les productions de fourrages (prairies, luzerne, maïs) : variabilité selon les régions et les saisons. Journées AFPF, 26-27 mars. 35-48.

MOREAU J-C., MADRID A. Pour l'adaptation des élevages laitiers au changement climatique – des résultats pour le sud de l'Ille-et-Vilaine. Climalait. Décembre 2018.



Leviers d'adaptation – Maïs ensilage



Analyse

En raison de l'« amélioration » de la disponibilité thermique, (cf. indicateur « Date de récolte théorique maïs ensilage »), il est possible d'opter pour des semis précoces et/ou de favoriser l'usage de variétés plus tardives dans le cas où la culture n'est pas sujette au stress hydrique (sols profonds notamment). Cela permettrait d'augmenter les rendements en maïs ensilage (ou grain) dans la région. Le gain de disponibilité thermique peut également permettre les cultures dérobées, mais la gamme de possibilités est moins élevée si les maïs sont récoltés tardivement. Ainsi, il convient de ne pas opter pour les variétés de maïs les plus tardives afin d'avoir un large panel de possibilités de dérobées (compromis à trouver).

Pour l'heure, l'usage de l'irrigation n'est pas d'actualité pour la plupart des secteurs bretons, mais certaines localités (tels que le sud et l'est de la région) pourraient être demain davantage concernées par des problématiques de stress hydrique. Ainsi, à l'avenir, sur certains secteurs, il pourrait être difficile de garantir des rendements stables de maïs sans l'irriguer. Si l'amélioration du matériel (aspersion, goutte à goutte, etc.) et des conditions d'utilisation (absence de vent, etc.) peuvent permettre de limiter les pertes en eau (Renoux, 2015), ce levier (irrigation) est en revanche très incertain en raison des attentes sociétales et environnementales et de la priorisation des usages. Les retenues d'eau avec remplissage en hiver pour l'irrigation estivale pourraient être une alternative intéressante, mais les impacts environnementaux de ces réserves ne doivent être négligés.

Dans les secteurs chauds et secs, il s'agira d'opter pour une stratégie d'esquive afin d'éviter que les périodes de stress hydrique coïncident avec les phases les plus sensibles de la culture (10 jours avant la floraison et 3 semaines après). Cela peut s'obtenir par l'utilisation de variétés plus précoces (cycle court) à combiner – ou non – avec des dates de semis plus précoces (dès que la portance des sols le permet et que les sols sont suffisamment chauds). Ce second levier est notamment rendu possible grâce à la diminution du nombre de jours de gel, à condition que les gels tardifs soient également moins nombreux.

Dans les secteurs marqués par de forts stress hydriques, il est également envisageable de semer moins dense pour réduire la concurrence à l'eau.

Par ailleurs, détruire plus tôt le précédent (légumineuse dans de nombreux cas) peut également être une alternative intéressante afin qu'il « entame » moins les réserves hydriques du futur maïs.

Dans un souci de sécurisation des rendements, il est également envisageable d'opter pour des mélanges de variétés de maïs, des mélanges d'espèces céréalières, ou encore des méteils récoltés en ensilage ou en grain selon les besoins.

Aussi, le gain de rendement passe par la sélection de variétés plus tolérantes aux conditions de stress hydrique et thermique.



Par ailleurs, lorsque l'eau est la ressource limitante, la substitution du maïs fourrage par du sorgho peut être une alternative intéressante. En effet, dans des conditions de forte sécheresse, le sorgho permet des rendements supérieurs au maïs fourrage. Autrefois important, l'écart de rendement entre le maïs et le sorgho tend à diminuer, ce qui peut inviter à se tourner vers cette espèce. De plus, la digestibilité du sorgho tend à s'améliorer.

A1. Température moyenne annuelle

A2. Température moyenne saisonnière

A3. Nombre de jours estivaux par an

A5. Cumul annuel des précipitations

A6. Cumul saisonnier des précipitations

A7. Cumul annuel d'ETP

A8. Cumul saisonnier d'ETP

B1. Bilan hydrique – période de sensibilité prairies, maïs, blé

B3. Date de récolte théorique maïs ensilage

C1. Rendement maïs ensilage

Pour aller plus loin : la réduction du nombre de jours de gel sur l'année peut masquer des évolutions différentes, voire des tendances contraires sur certaines périodes de l'année. Pour une analyse plus précise sur l'évolution du risque de gels tardifs - un des nombreux paramètres à appréhender dans le cas de semis plus précoces -, il faudrait s'assurer que le risque de gel diminue également sur les mois de mars et avril. Enfin, l'adaptation du maïs aux effets du changement climatique ne se résume pas uniquement aux éléments mentionnés ci-dessus. Il convient de s'interroger sur l'exposition de la culture aux bio-agresseurs (taupins, pyrales, etc.) en raison de l'élévation des températures. D'autres risques (tels que la verse, les excès d'eau, etc.) sont également à étudier plus finement.



A RETENIR

Plusieurs solutions sont envisageables pour lutter contre les effets du changement climatique et bénéficier de ses « opportunités », en voici quelques-unes :

❑ **Opportunité gain disponibilité thermique**

- opter pour des semis plus précoces
- se tourner vers des variétés plus tardives (sur les secteurs les moins concernés par les stress hydriques et thermiques)
- semer des cultures dérobées

❑ **Risques stress hydriques et thermiques**

- détruire le précédent plus tôt
- opter pour des semis plus précoces
- semer moins dense
- se tourner vers des variétés plus précoces (sur les secteurs les plus concernés par les stress hydriques et thermiques)
- privilégier les mélanges de variétés, d'espèces, ou les méteils afin de sécuriser le rendement
- favoriser les variétés les plus tolérantes à la sécheresse et aux températures élevées
- substituer le maïs fourrage par du sorgho



Pour en savoir plus

BRISSON N., LEVRAULT F, 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME.

DENHARTIGH C. ; 2015. Adaptation de l'agriculture aux changements climatiques, recueil d'expériences territoriales. Réseau action climat France.

VERT J., VILLIEN C.(coord.), Agriculture Forêt Climat : vers des stratégies d'adaptation, Centre d'études et de prospective, Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2013.

LE PICHON D. ; 2011. Alternative à l'ensilage de maïs le sorgho sucrier BMR. *Cap élevage*(54), 16-18.

FERARD A., CHAUVEAU H. ; 11/12/15. Sorgho fourragers : différents types pour différentes valorisations. Journée technique fourrages – Rennes. Institut du végétal.



Leviers d'adaptation - Blé



Analyse

L'augmentation de l'échaudage est un des nombreux facteurs explicatifs du plafonnement des rendements de blé. Si certains secteurs (nord-ouest de la région notamment) restent pour l'heure peu concernés par le risque, ce dernier devrait s'intensifier davantage à l'avenir. Sur les secteurs les plus sujets à l'échaudage (est et sud de la région notamment), il est possible d'opter pour des stratégies d'esquive afin de limiter ces jours d'échaudage. Si cette esquive peut s'obtenir par des semis plus avancés, cette option est cependant plutôt déconseillée aujourd'hui au regard des risques associés (adventices, piétin, pucerons d'automne, gel de printemps, etc.). La contrainte du manque d'eau dans les sols au moment des semis pourrait également être plus prégnante à l'avenir (Brisson et levrault, 2010). Ainsi, la stratégie d'esquive la plus judicieuse serait d'opter, non pas pour des semis précoces, mais plutôt pour des variétés plus précoces à épiaison (pour réduire le risque d'échaudage en fin de cycle) et stables au stade épi 1 cm (pour ne pas accentuer le risque de gel tardif). Bien qu'étant généralement moins productives que les variétés tardives, les variétés précoces impliquent des décalages de cycles bien plus importants que les avancements de phases générés par des semis précoces ; la période d'échaudage peut ainsi être considérablement avancée vers des mois plus frais, permettant d'amoinrir nettement le risque.

Aussi, l'amélioration variétale (actuellement à l'étude) doit se poursuivre afin de se tourner vers des variétés plus tolérantes aux stress thermiques, hydriques, et aux maladies.

En outre, les méteils (mélange pois – céréales par exemple) peut être une alternative intéressante face aux incertitudes climatiques et aux conséquences qui pourraient en découler. Le protéagineux permet notamment de limiter les pertes de rendement dues aux maladies, aux adventices et à la verse, et favorise un blé plus riche en protéines. De plus, les besoins en eau et en nutriments de ces cultures sont différents et décalés dans le temps, ce qui limite la concurrence à l'eau et sécurise d'autant plus le rendement. Des mélanges de variétés de blé ou des mélanges d'espèces céréalières sont également envisageables dans l'optique de sécuriser les rendements.

D'autre part, dans les terrains chauds et secs disposant d'une faible réserve utile (RU), la substitution du blé par l'orge pourrait être bénéfique (Gate *et al.*, 2009).

Pour aller plus loin : de nombreux paramètres directement ou indirectement liés au changement climatique restent à suivre afin d'évaluer si les risques se sont réellement accrus (ou ont diminué) ces dernières décennies, et si ces derniers sont amenés à se renforcer (ou non) à l'avenir. À titre d'exemple, il pourrait être intéressant d'étudier l'évolution des températures froides (gel, besoins en vernalisation, etc.) lors des périodes à enjeux. Pour réaliser son cycle de développement floral, le blé a en effet besoin de températures suffisamment basses en hiver. Or les températures hivernales tendent à être de plus en plus élevées, ce qui suscite des interrogations. De surcroît, le stade épi 1 cm est extrêmement sensible aux « forts » gels (- 4.5°C), ces derniers pouvant être létale pour les épis. En raison de l'avancement des stades de développement du blé engendré par l'élévation globale des températures, ce stade tend à se rapprocher de la fin de l'hiver (toutes choses égales par ailleurs). Par l'avancement des stades qu'elles impliquent, des variétés plus précoces à épiaison peuvent également accentuer le risque (si elles sont également plus précoces au stade épi 1 cm). Les excès d'eau en périodes à « enjeux » restent également à suivre. Ces



derniers génèrent en effet de multiples impacts, tant sur la plante (asphyxie racinaire, infection par des phyto-pathogène, etc.) que sur les opérations culturales (semis, désherbage mécanique, récolte, etc.). D'une manière générale, il pourrait être judicieux de suivre l'évolution des conditions climatiques favorables aux maladies fongiques (septorioses, fusarioses, etc.), aux ravageurs (pucerons d'automne, taupins, etc.), aux adventices, ou encore aux verses. Si de tels risques et/ou pressions sont amenés à s'intensifier, les mesures d'adaptations associées devront être déployées. Enfin, les recherches sur la valorisation du CO₂ par les plantes en C3 (parmi lesquelles figurent le blé, les plantes fourragères, etc.) doivent se poursuivre. Des taux de CO₂ plus élevés pourraient en effet « booster » la productivité de ce type de plante, constituant ainsi une « opportunité ».

A1. Température moyenne annuelle

A2. Température moyenne saisonnière

A3. Nombre de jours estivaux par an

A5. Cumul annuel des précipitations

A6. Cumul saisonnier des précipitations

A7. Cumul annuel d'ETP

A8. Cumul saisonnier d'ETP

B1. Bilan hydrique – période de sensibilité prairies, maïs, blé

B4. Nombre de jours échaudants blé

C2. Rendement blé tendre

A RETENIR

Plusieurs solutions sont envisageables pour lutter contre les effets du changement climatique ; en voici quelques-unes :

❑ **Risque échaudage**

- opter pour des variétés plus précoces pour éviter de faire coïncider les phases sensibles avec les jours d'échaudage

❑ **Risque stress thermique et hydrique**

- favoriser les variétés les plus tolérantes aux stress thermiques et hydriques

- favoriser les mélanges de variétés de blé, des mélanges d'espèces céréalières, voire des méteils pour sécuriser les rendements

- substituer le blé par de l'orge dans les terrains séchants disposant d'une faible RU

4 ADAPTATIONS AGRICOLES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique



Pour en savoir plus

BRISSEON N., LEVRAULT F, 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME.

DENHARTIGH C. ; 2015. Adaptation de l'agriculture aux changements climatiques, recueil d'expériences territoriales. Réseau action climat France.

VERT J., VILLIEN C.(coord.), Agriculture Forêt Climat : vers des stratégies d'adaptation, Centre d'études et de prospective, Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2013.

Préconisations régionales campagne 2018-2019, blé tendre d'hiver, variétés et interventions d'automne, Bretagne. Choisir et décider. Arvalis - institut du végétal.



Leviers d'adaptation - Pommier



Analyse

Le bilan hydrique devrait très probablement se détériorer dans les années à venir en raison de l'augmentation des températures. La baisse des précipitations attendue (excepté en hiver) pourrait également amplifier la dégradation du bilan hydrique. Cependant, l'anticipation risque d'être complexe pour les arboriculteurs du fait de la forte variabilité climatique, et notamment des fortes incertitudes qui subsistent sur l'évolution des pluies. Il n'est d'ailleurs pas à exclure que des années fraîches et humides viennent s'intercaler dans une période à dominante chaude et sèche (par exemple). La multiplication de ces stress hydriques pourrait cependant contraindre les arboriculteurs les plus concernés par ce risque à s'équiper de systèmes d'irrigation (voire de réserves), accentuant d'autant plus la pression sur la ressource en eau et les conflits d'usages. Afin de trouver une alternative à l'irrigation, il conviendrait ainsi d'implanter les futurs pommiers sur des sites moins sujets aux stress hydriques (secteurs humides avec forte réserve utile, etc.) et de favoriser des variétés plus tolérantes au manque d'eau.

Avec la hausse des températures, une deuxième génération de carpocapses se met déjà en place sur certains secteurs bretons. Dans cette optique, ce second cycle implique des ajustements conséquents en termes de gestion (moyens de lutte, matériel agricole, main d'œuvre, etc.). Pour les pommes de table, les protections de vergers par filets devront se multiplier à l'avenir. Adopter cette méthode pour les pommes à cidre est en revanche plus complexe compte tenu de la hauteur et de la largeur des arbres. Il est alors possible de se tourner vers de la confusion sexuelle à partir de diffusion de phéromones. Cependant, aujourd'hui, ce système de diffusion reste bien souvent couplé à l'utilisation de produits phytosanitaires (bio ou conventionnels) en raison de son manque d'efficacité. Ainsi, ce moyen de lutte devra gagner en efficacité à l'avenir. Dans un contexte de fortes attentes sociétales et environnementales, les filets et la diffusion de phéromone seront à privilégier par rapport à l'usage de produits phytosanitaires. Par ailleurs, pour limiter la détérioration des fruits, il peut être judicieux de se tourner vers des variétés de pommes moins attaquées par ce ravageur ou dont le taux de pourrissement (successif à un percement de carpocapses) est faible.

Le risque de gel « tardif » au moment de la floraison demeure toujours sur certains secteurs bretons en raison de la hausse des températures qui induit un fleurissement de pommiers de plus en plus précoce dans l'année. Ainsi, sur les secteurs à haut risque de gel au moment de la floraison, il est préconisé de tailler tardivement l'arbre fruitier (post floraison) pour minimiser les pertes de rendements. En termes de stratégies d'adaptation, privilégier des variétés à floraison très tardive (fleurissant après mi-mai) ou des variétés moins sensibles aux températures négatives semble être une bonne voie pour limiter la soumission au risque de gel. Pour l'implantation des futurs pommiers, il est également possible de jouer sur la localisation, en privilégiant par exemple les zones côtières moins sujettes au risque de gel printanier. Dans la même logique, il est préférable d'éviter l'implantation dans les secteurs les plus soumis au risque de gel « tardif » (bas-fonds, secteurs localisés en centre Bretagne, etc.).



Pour aller plus loin : les effets directs ou indirects du changement climatique sur le pommier ne s'arrêtent pas là. Il se pourrait également que la diminution du nombre de jours de froid influe sur la dormance du pommier et sur la satisfaction des besoins en froid de l'arbre fruitier (effet qui pourrait contrebalancer, voire « réguler » l'avancée de la date de floraison). Les stress hydriques pourraient également s'accroître à l'avenir. De surcroît, le réchauffement climatique pourrait impliquer des cueillettes encore plus précoces. En outre, la hausse des températures interroge sur l'extension géographique et les dommages d'autres ravageurs (pucerons cendrés, hoplocampes, etc.). En cas d'incidences sur la production, les mesures d'adaptation associées devront ainsi être déployées.

A1. Température moyenne annuelle

A2. Température moyenne saisonnière

A3. Nombre de jours estivaux par an

A5. Cumul annuel des précipitations

A6. Cumul saisonnier des précipitations

A7. Cumul annuel d'ETP

A8. Cumul saisonnier d'ETP

B1. Bilan hydrique – période de sensibilité prairies, maïs, blé

B5. Degrés-jours cycle(s) carpocapse de la pomme

B12. Nombre de jours de gel – période de sensibilité du pommier

C3. Date de floraison de pommier

A RETENIR

Plusieurs solutions sont envisageables pour lutter contre les effets du changement climatique; en voici quelques-unes :

Risque stress hydrique

- planter les pommiers dans des secteurs moins secs disposant d'une forte réserve utile afin d'atténuer le risque de stress hydrique

Risque carpocapses

- privilégier les secteurs de moindre disponibilité thermique (ex : littoral) afin de minimiser le risque de seconde (voire de troisième) génération de carpocapses

- favoriser des variétés à cicatrisation rapide suite à une attaque de carpocapses

- poursuivre la recherche pour améliorer les moyens de lutte (filets, phéromones, etc.)

Risque gel au moment de la floraison

- opter pour des variétés très tardives pour éviter de faire coïncider les phases sensibles (floraison) avec les jours de gel

- privilégier les secteurs les moins exposés au gel

- privilégier les tailles tardives (post floraison) sur les secteurs à haut risque de gel au moment de la floraison

Risque stress hydrique, gel, et carpocapse

- favoriser des variétés plus tolérantes au stress hydrique, aux températures négatives, et aux carpocapses

4 ADAPTATIONS AGRICOLES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique



Pour en savoir plus

VERT J., VILLIEN C.(coord.), Agriculture Forêt Climat : vers des stratégies d'adaptation, Centre d'études et de prospective, Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2013.

GLEIZER B., LEGAVE J-M., BERTHOUMIEU J-F., MATHIEU V. ; 2007. Les arboriculteurs face aux changements climatiques. Evolution de la phénologie florale et du risque de gel printanier. *Ctjfl*(235), 37-40.

MATHIEU V. ; 2011. Cycle de développement du pommier. L'influence des conditions climatiques. *Infos Ctjfl*(277), 34-44.

LEGAVE J-M. ; 2009. Comment faire face aux changements climatiques en arboriculture fruitière ? *Innovations Agronomiques*(7), 165-177.

Lexique simplifié

Adaptation Ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques présents ou futurs ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter les opportunités bénéfiques. En agriculture, l'adaptation :

- diffère en fonction du système de production et de sa localisation notamment ;
- peut concerner tout ou partie de chaque système de production ;
- consiste à atténuer les effets néfastes du changement climatique tout autant qu'à exploiter ses opportunités ;
- nécessite la connaissance des évolutions probables du climat et des relations entre climat et production végétale.

Atténuation Réduction des émissions de gaz à effet de serre issues des activités humaines destinée à réduire l'ampleur du changement climatique.

Chaîne SIM (SAFRAN-ISBA-MODCOU) Chaîne de calcul opérationnelle de Météo France dédiée à l'étude spatialisée du bilan d'eau et d'énergie au pas de temps journalier depuis 1958. Elle couvre la France métropolitaine avec une grille de 8km x 8 km. Elle permet notamment d'étudier l'évolution de l'humidité du sol et des pluies efficaces (infiltration + ruissellement) à l'échelle de territoires.

Impact Effet du changement climatique sur une activité humaine ou sur son environnement. S'étudie généralement en l'absence de toute mesure d'adaptation.

Observation Information issue d'un constat ou d'une mesure in situ. Elle correspond à une réalisation véritable du phénomène étudié. Les séries longues d'observations permettent d'identifier d'éventuelles tendances climatiques ou agricoles en lien avec le changement climatique.

Modélisation Représentation virtuelle d'un système et de ses lois de fonctionnement permettant de reproduire son fonctionnement, notamment par voie informatique. Modélisation climatique et modélisation agronomique sont utilisées pour estimer les effets futurs à long terme (mi XXIème et fin XXIème siècle) du changement climatique sur l'agriculture.

Ré-analyse Utilisation a posteriori des modèles numériques de prévision du temps pour reconstruire le climat passé à partir de l'ensemble des données météorologiques disponibles. Dans le cadre du projet Climsec, une réanalyse hydro-météorologique a été effectuée sur la période 1958-2008 en utilisant la chaîne de modèles Safran-Isba-Modcou (SIM).

Série climatologique Suite – idéalement continue - de données météorologiques en un lieu donné, suffisamment longue (30 ans au moins) pour caractériser le climat de ce lieu.

Série homogénéisée (SH) Série climatologique corrigée à l'aide de méthodes statistiques des biais et des ruptures liés aux modifications dans les conditions de la mesure (déplacement de la station, changement de capteur...) ayant impacté la valeur mesurée. Non corrigés, ces biais et ruptures peuvent conduire à des conclusions erronées sur les évolutions climatiques observées. Les séries homogénéisées constituent donc des références pour analyser l'évolution du climat des décennies écoulées. Pour un usage agricole, leur principale limite réside dans leur pas de temps mensuel.

Série quotidienne de référence (SQR) Série climatologique à pas de temps journalier et sans correction des biais et ruptures, jugée apte à l'étude du changement climatique observé. Elle est sélectionnée par identification dans les SH (Cf. série homogénéisée) de périodes supposées homogènes pour chaque série de données. Pour un usage agricole, leur principal atout réside dans leur pas de temps journalier qui permet le calcul d'indicateurs agro-climatiques.

Scénario d'émission (de gaz à effet de serre) Hypothèse d'évolution future des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Les concentrations en gaz à effet de serre issues des scénarios d'émission, permettent d'alimenter les modèles climatiques de description des climats futurs possibles.



Qu'est-ce qu'ORACLE Bretagne ?

ORACLE_{Bretagne} (Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique) établit un constat objectif du changement climatique en région Bretagne et de ses conséquences avérées sur l'activité agricole régionale. Il s'appuie principalement sur des observations qui sont mises à jour une fois par an.

ORACLE_{Bretagne} est organisé en 4 thèmes, signalés en tête de chaque fiche.

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE

2 AGRO CLIMAT

3 IMPACTS AGRICOLES

4 ADAPTATIONS

ORACLE_{Bretagne} est destiné à tous ceux qui se sentent concernés par l'avenir de l'agriculture régionale en lien avec le changement climatique : agriculteurs, conseillers agricoles, agents des services de l'état, élus et agents de collectivités territoriales, gestionnaires de ressources ou de territoires, membres d'associations, enseignants, élèves, etc.

Contacts :

Laurence LIGNEAU - Chambre régionale d'agriculture de Bretagne
laurence.ligneau@bretagne.chambagri.fr

Frédéric LEVRAULT - Chambre d'agriculture de Nouvelle-Aquitaine
frederic.levrault@na.chambagri.fr

Étude menée en 2019 par Sylvain TILLY (Université Rennes 2)
sylvain.tilly.22@outlook.fr

Étude poursuivie en 2021 par Paul LARDOUX (L'Institut Agro – Rennes)
paul.lardoux@bretagne.chambagri.fr