



CLIMAT  
AGROCLIMAT  
IMPACTS  
ADAPTATIONS | AGRICOLES  
ATTENUATIONS



# oracle

## Grand Est



Etat des lieux  
sur le changement climatique  
et ses incidences agricoles en Grand Est

**Edition 2018**



Avec le soutien de





Avec le soutien financier :

ADEME DR Grand Est

Région Grand Est

Comité de pilotage :

ADEME  
Chambres d'Agriculture  
Conseil régional Grand Est  
DRAAF Grand Est

DREAL Grand Est  
Inra Reims  
Météo-France

Direction éditoriale :

Chambres d'agriculture.

Expertise agronomique :

Chambres d'agriculture de la région Grand Est

Institut National de la Recherche Agronomique de Reims



Données et expertises climatiques :

Météo-France



Contributions :

Frédéric LEVRAULT- Expert climat des Chambres d'agriculture

Comité Champagne (CIVC)



Arvalis Institut du végétal



Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) - UMR1131 SVQV -Colmar

Documents téléchargeables sur :

<http://www.grandest.chambre-agriculture.fr/agro-environnement/qualite-de-lair-changement-climatique/>

Edition 2018

Prochaine parution : fin 2019

## Qu'est-ce qu'ORACLE Grand Est ?

---

ORACLE Grand Est (**O**bservatoire **R**égional sur l'**A**griculture et le **C**hangement **c**Limatiqu**E**) analyse l'évolution du climat en région Grand Est sur un pas de temps long (environ 50 ans) selon différents secteurs de productions agricoles, établissant un constat nécessaire aux choix techniques et (ré)orientations à opérer pour mieux s'adapter aux évolutions observées.

ORACLE Grand Est est organisé en 5 thèmes, signalés en tête de chaque fiche.

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE

2 AGRO CLIMAT

3 IMPACTS AGRICOLES

4 ADAPTATIONS

5 ATTENUATIONS

ORACLE Grand Est est destiné aux personnes qui, de près ou de loin, sont concernées par ces évolutions du climat : professionnels (agriculteurs, horticulteurs, paysagistes,..), conseillers (du secteur agricole, des collectivités territoriales et des services de l'Etat), décideurs politiques.

### Contacts :

Bertrand DUFRESNOY – Chambre d'agriculture de la Haute-Marne

[bdufresnoy@haute-marne.chambagri.fr](mailto:bdufresnoy@haute-marne.chambagri.fr)

Marie-Paule POILLION – Chambre d'agriculture de l'Aube

[marie-paule.poillion@aube.chambagri.fr](mailto:marie-paule.poillion@aube.chambagri.fr)

## Edition 2018 : liste des fiches (additions 2018 en **bleu**)

### 1 CHANGEMENT CLIMATIQUE

Température moyenne annuelle.....	6
Nombre de jours de gel par an.....	18
Nombre de jours estivaux par an .....	25
Cumul annuel de précipitations .....	34
Cumul saisonnier de précipitations.....	43
Cumul annuel d'évapotranspiration potentielle (ETP).....	55
Cumul saisonnier d'évapotranspiration potentielle (ETP) .....	63

### 2 AGRO CLIMAT

Risques de gel fort au printemps .....	76
Nombre de jours échaudants au printemps .....	80
Déficit hydrique climatique (Pluie-ETP) en période de végétation .....	84
Indice de fraîcheur des nuits modifié.....	92
Date de mise à l'herbe .....	96
Stress thermique de la pomme de terre : températures $\geq 30^{\circ}\text{C}$ .....	100
Mise en place du feuillage de la betterave .....	104
Choix variétaux pour le maïs : classe de précocité.....	108

### 3 IMPACTS AGRICOLES

Rendement du blé tendre .....	113
Date de début des vendanges en Champagne.....	123
Date de pleine floraison de la vigne en Champagne.....	127
Stades de développement de la vigne en Alsace .....	131

### 4 ADAPTATIONS

Date de semis du blé .....	135
Date de semis du maïs.....	138

### 5 ATTENUATIONS

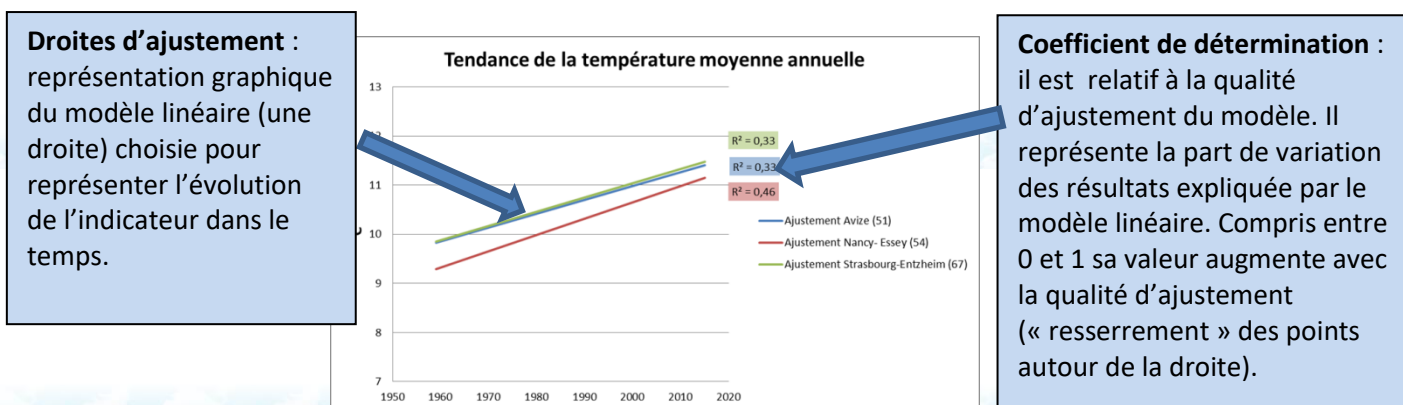
A venir - éditions suivantes



## Statistiques – Le minimum à savoir pour comprendre

L'analyse des séries historiques des indicateurs climatiques et agroclimatique (thèmes 1 et 2) est principalement centrée sur la **recherche de tendances de long terme**. Chaque série est modélisée par une droite d'ajustement (régression linéaire). Les informations fournies sur les fiches sont dans :

### Les graphiques de tendance :



### Les tableaux de tendance :

**Tendance :** pente de la droite (\*10 car exprimée par décennie) avec un intervalle de confiance à 68 %.

**Significativité de la tendance :**  
Explication sous le tableau

	Tendance du nombre de jours de gel par an en J/décennie	Coefficient de détermination (R²)
Esternay (51)	-3,02 ± 1,74 J de gel/dec <sup>ns</sup>	0,06
Saint-Dizier (52)	-3,62 ± 1,18 J de gel/dec**	0,15
Nancy-Essey (54)	-4,83 ± 1,26 J de gel/dec***	0,21
Nancy-Ochey (54)	-6,73 ± 1,64 J de gel/dec***	0,26
Metz-Frescaty (Auguay) (57)	-3,21 ± 1,26 J de gel/dec*	0,10
Phalsbourg (57)	-3,42 ± 1,57 J de gel/dec*	0,09
Strasbourg (67)	-1,72 ± 1,35 J de gel/dec <sup>ns</sup>	0,03
Strasbourg-Entzheim (67)	-4,36 ± 1,48 J de gel/dec**	0,15

Note : ns: non significatif; \*: significatif à P<0,05; \*\*: significatif à P<0,01; \*\*\*: significatif à P<0,001

La **significativité de la tendance** est déduite d'un test statistique sur la pente de la droite d'ajustement. Ce test consiste à évaluer la probabilité (P) que la pente soit nulle c'est à dire une absence d'évolution de l'indicateur dans le temps. La significativité de la tendance est d'autant plus élevée que cette probabilité est faible. Les seuils de probabilité décroissante utilisés sont à 5 %, 1 %, 0.1 %. Traduction : plus il y a d'astérisques plus la tendance linéaire est « sûre ».



## Statistiques – Traitement des séries chronologiques

Appliqués aux indicateurs climatiques et agroclimatiques (thèmes 1 et 2). Calcul effectués avec le logiciel XLSTAT

1- Régression linéaire simple de chaque variable, ajustement par la méthode des moindres carrés.

2- Calcul de la pente de la droite d'ajustement et de son erreur standard.

3- Test t de Student sur la pente de la droite :

- Hypothèse H0 : pente nulle contre Hypothèse alternative Ha : pente non nulle.
- Le test est réalisé aux seuils de 5 %, 1 %, 0,1 % . Lorsque l'hypothèse H0 est rejetée on en déduit une significativité de la tendance linéaire :

*\*: significatif à  $P < 0,05$ ; \*\*: significatif à  $P < 0,01$ ; \*\*\*: significatif à  $P < 0,001$*

Les conditions de validité de ce test de significativité :

- Erreurs centrées
- Homoscedasticité des erreurs
- Erreurs indépendantes
- Les erreurs suivent une loi gaussienne (hypothèse la moins essentielle pour les grands échantillons)

La vérification de ces hypothèses n'est pas systématique dans nos données.

4- Afin d'améliorer notre approche en conservant néanmoins le modèle linéaire des tendances nous avons doublé la régression par un test de tendance de Mann Kendall (non paramétrique de niveau 5 %) : test de l'hypothèse H0 : échantillon stationnaire contre H1 : échantillon non stationnaire.

5- Les résultats du test de Mann Kendall nous ont permis de détecter 2 types de discordance (voir tableau ci-dessous) :

- a. La tendance linéaire issue de la régression est significative mais le test de Mann Kendall ne détecte pas de tendance (4 séries sur 172). Dans ces cas-là les tendances sont déclarées non significatives par prudence.
- b. La tendance linéaire n'est pas significative mais le test de Mann Kendall détecte une tendance (3 séries sur 172). Dans ces situations la non significativité de la tendance linéaire est maintenue dans les résultats mais les commentaires font état de la tendance détectée par un test alternatif

	Test t student sur régression linéaire Probabilité de H0 : pente nulle	Test de tendance de Mann Kendall Probabilité de H0 : série stationnaire
"Evapotranspiration hivernale" dans le Bas Rhin (67)	0,041	0,055
"Date de mise à l'herbe" à Strasbourg-Entzheim (67)	0,048	0,051
"Cumul de précipitations automnales" à Carspach (68)	0,048	0,054
"Cumul de précipitations hivernales" à Esternay (51)	0,049	0,142
"Cumul de précipitations estivales" à Ham sur Meuse (08)	0,078	0,044
"Déficit hydrique climatique (Pluie-ETP) en saison de végétation dans la Marne (51)	0,070	0,024
"Stress thermique de la pomme de terre : températures > 30°C" à Reims-Courcy (51)	0,101	0,007



## Température moyenne annuelle

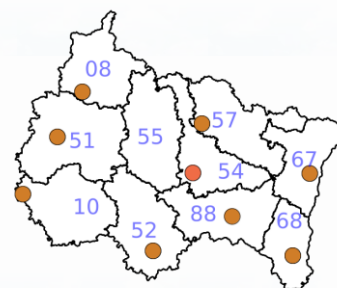
### 🔑 Nature et source des données

Séries homogénéisées (corrigées des biais et ruptures de mesure : changement d'opérateur, changement de capteur, modification de l'environnement, déplacement de station).

Données fournies par Météo-France. Les dernières années de certaines séries sont des données brutes n'ayant pas encore fait l'objet d'homogénéisation. Elles sont représentées en teinte plus claire sur les graphiques.

### 🕒 Indicateur 1

Juniville (08) :	1959 - 2010 (2011 - 2015 en données brutes)
Bouy-sur-Orvin (10) :	1959 - 2009 (2010 - 2015 en données brutes)
Avize (51) :	1959 - 2010 (2011 - 2015 en données brutes)
Langres (52) :	1959 - 2009 (2010 - 2015 en données brutes)
Nancy-Essey (54) :	1959 - 2015
Metz-Frescaty (57) :	1959 - 2015
Strasbourg-Entzheim (67) :	1959 - 2010 (2011 - 2015 en données brutes)
Mulhouse (68) :	1959 - 2010 (2011 - 2015 en données brutes)
Epinal (88) :	1959 - 2015

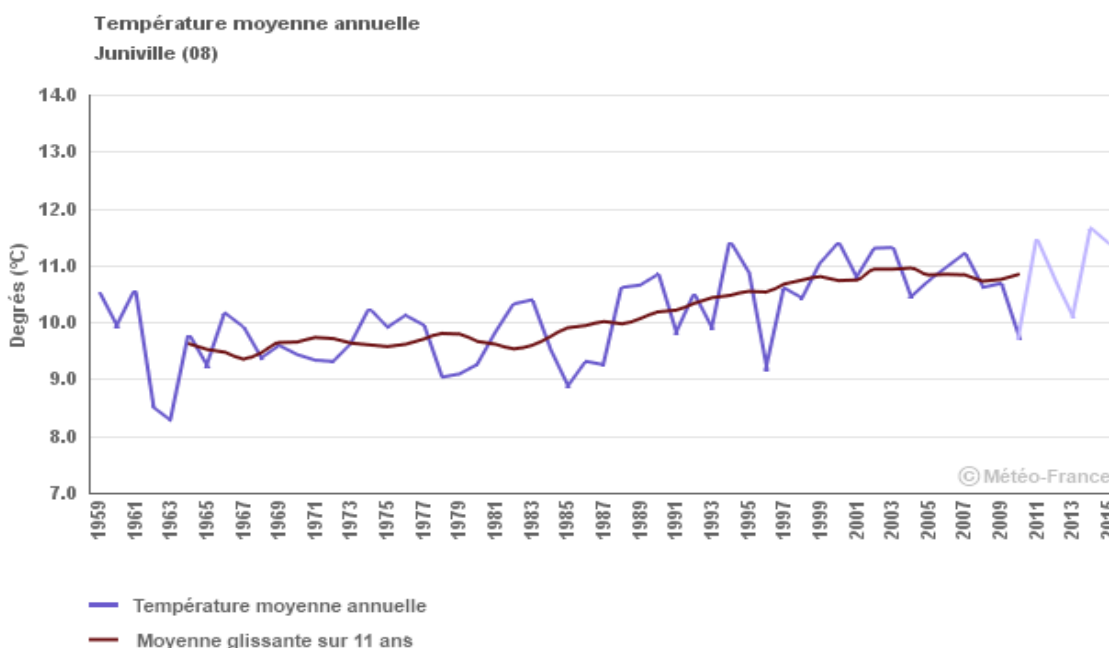


### 📊 Calcul de l'indicateur 1

Moyenne annuelle des températures moyennes journalières.

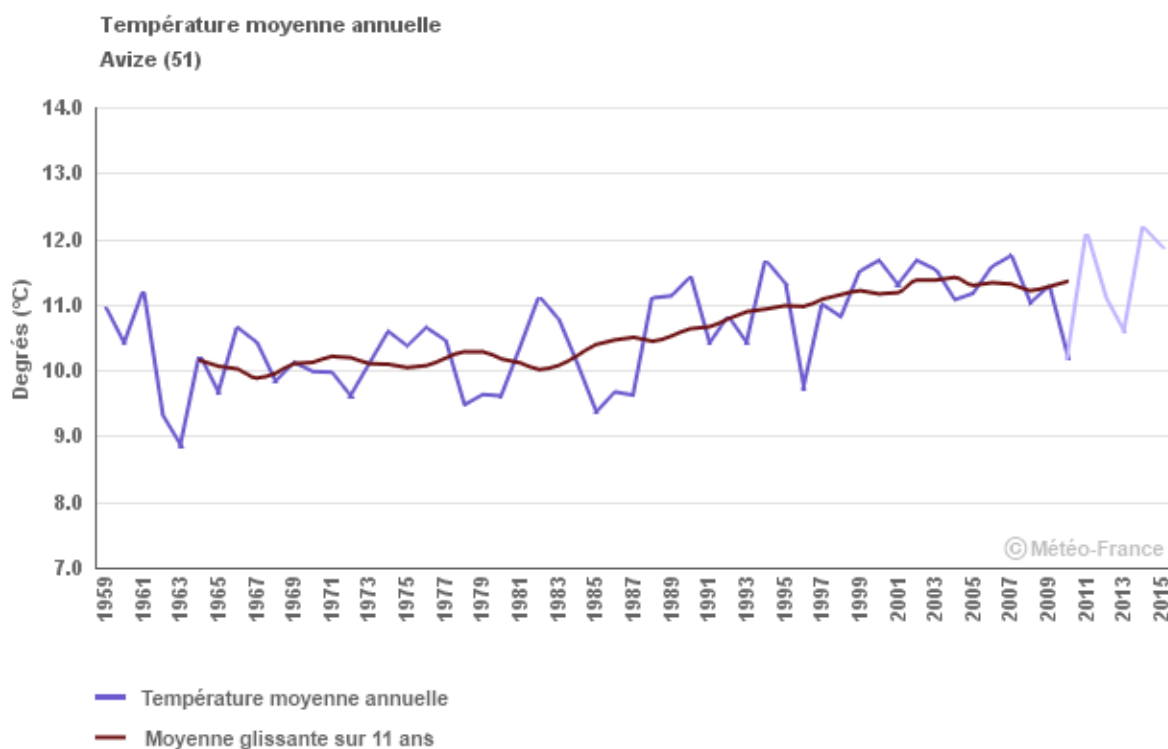
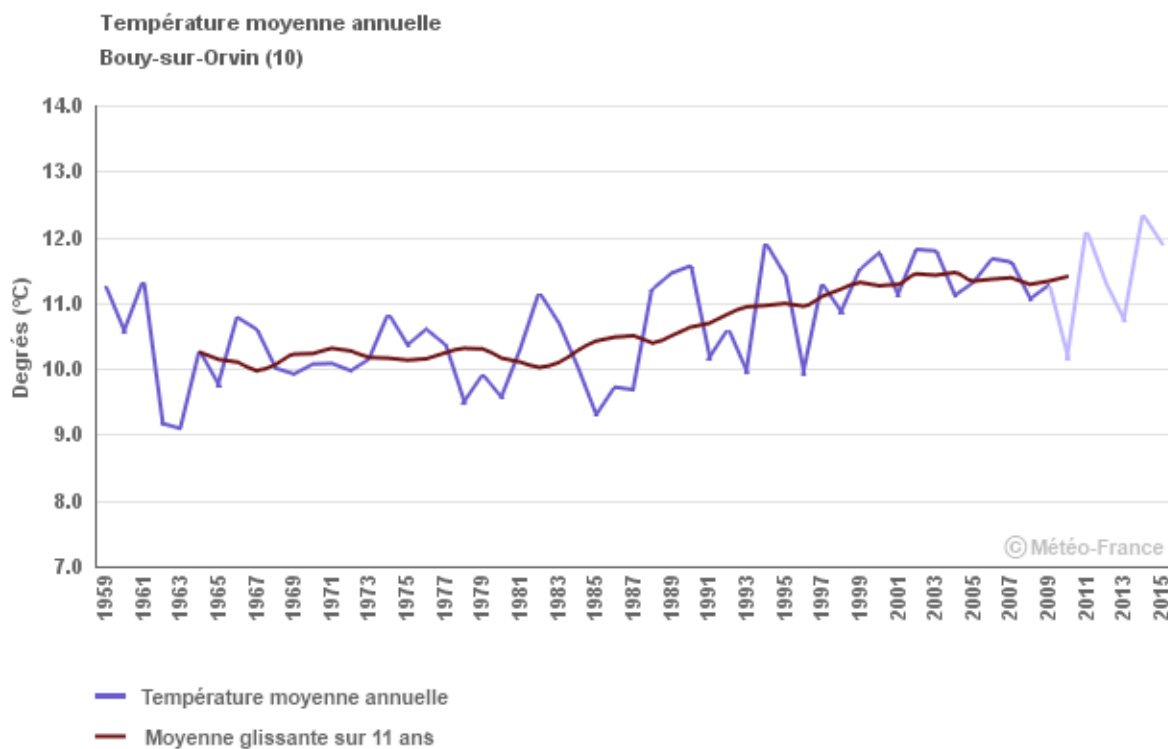
Moyenne glissante sur 11 ans : pour l'année N, il s'agit de la moyenne des années N-5 à N+5.

### 📈 Évolution observée





## Température moyenne annuelle



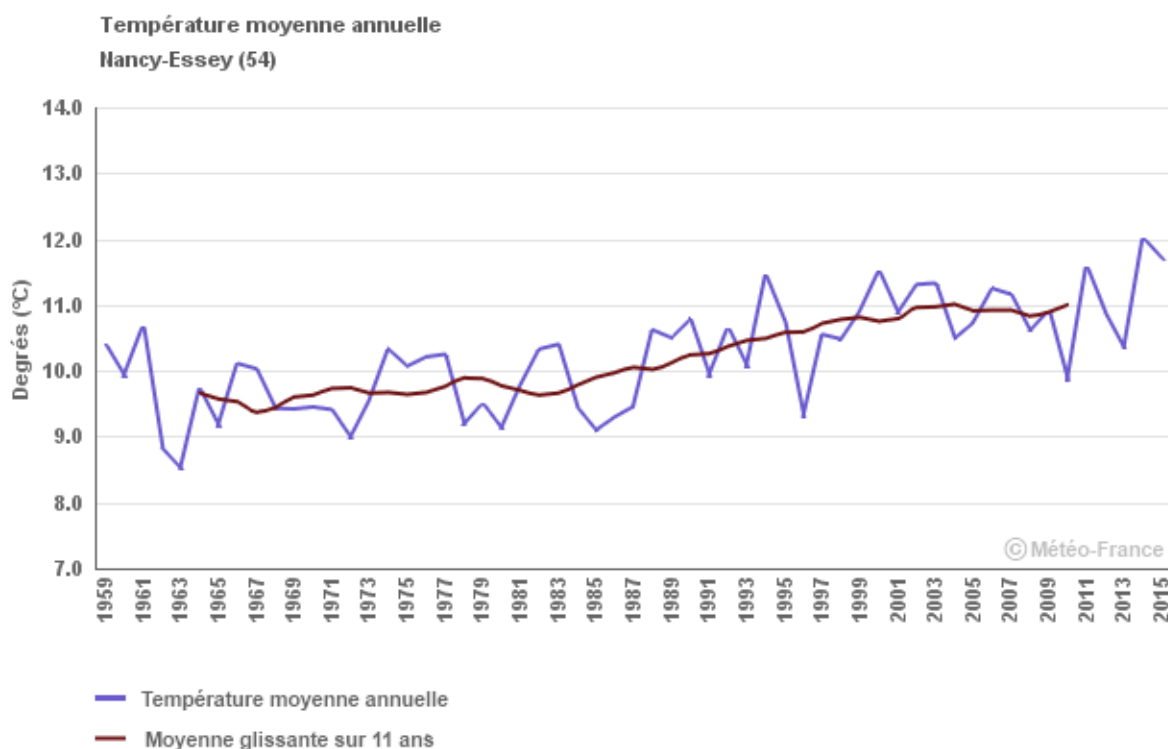
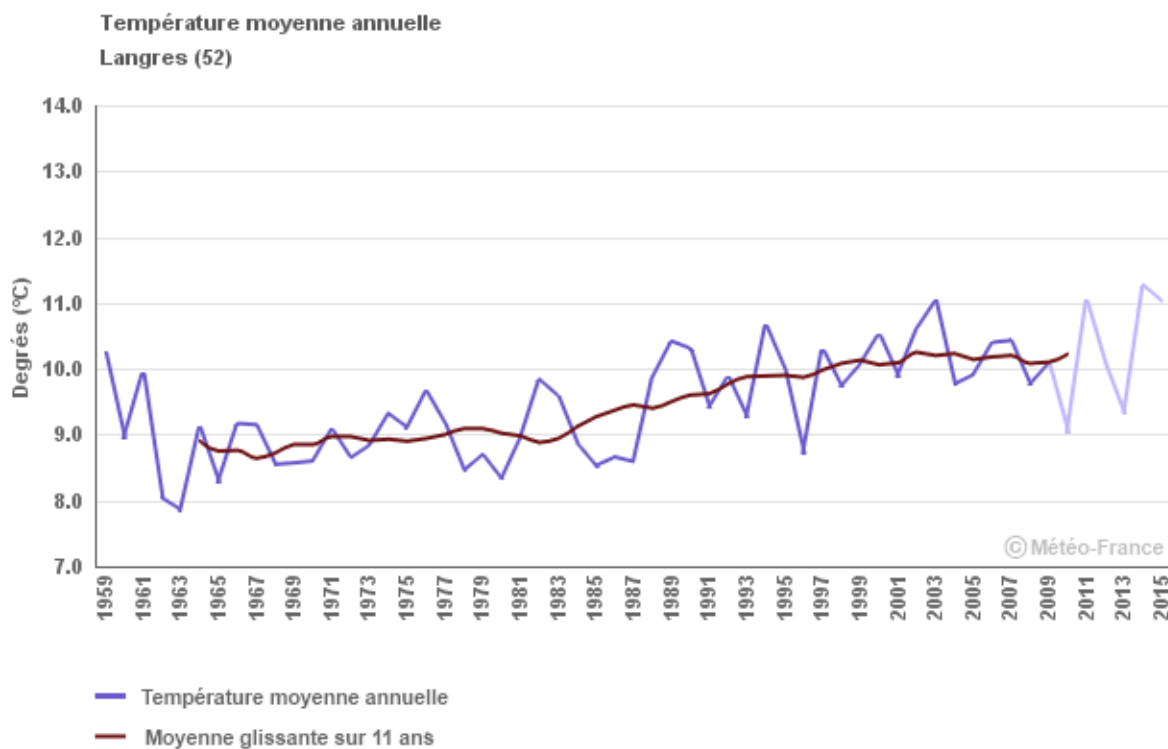


# 1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



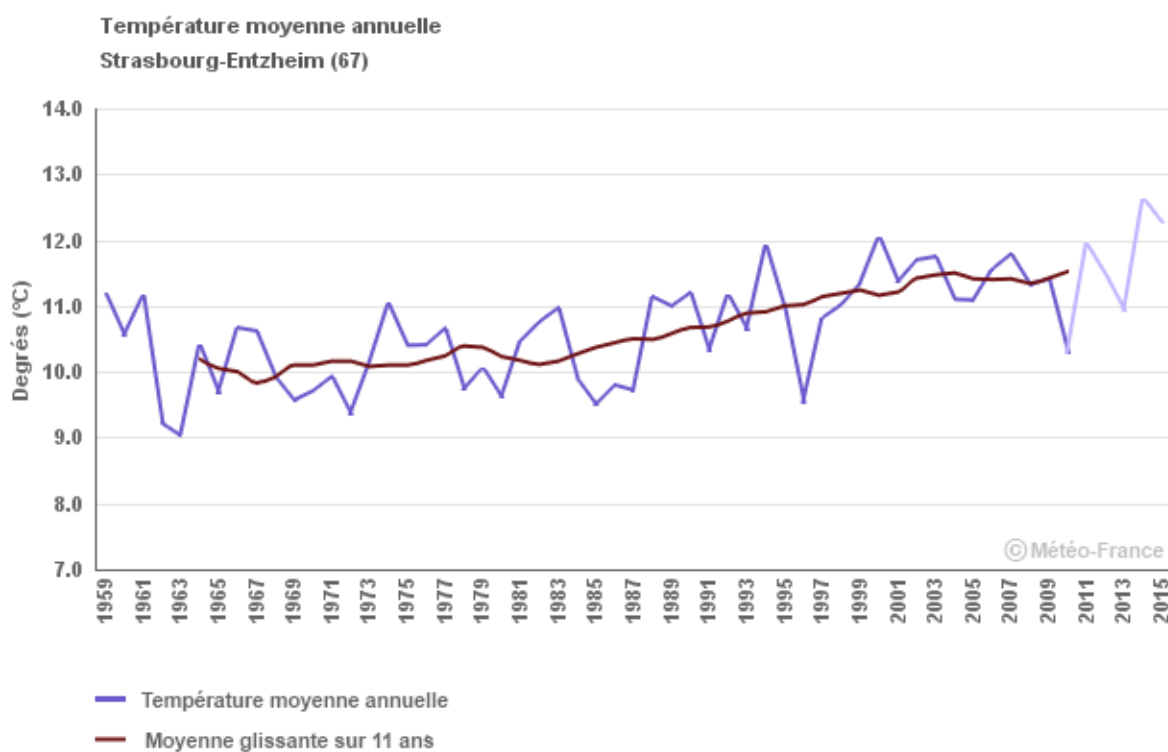
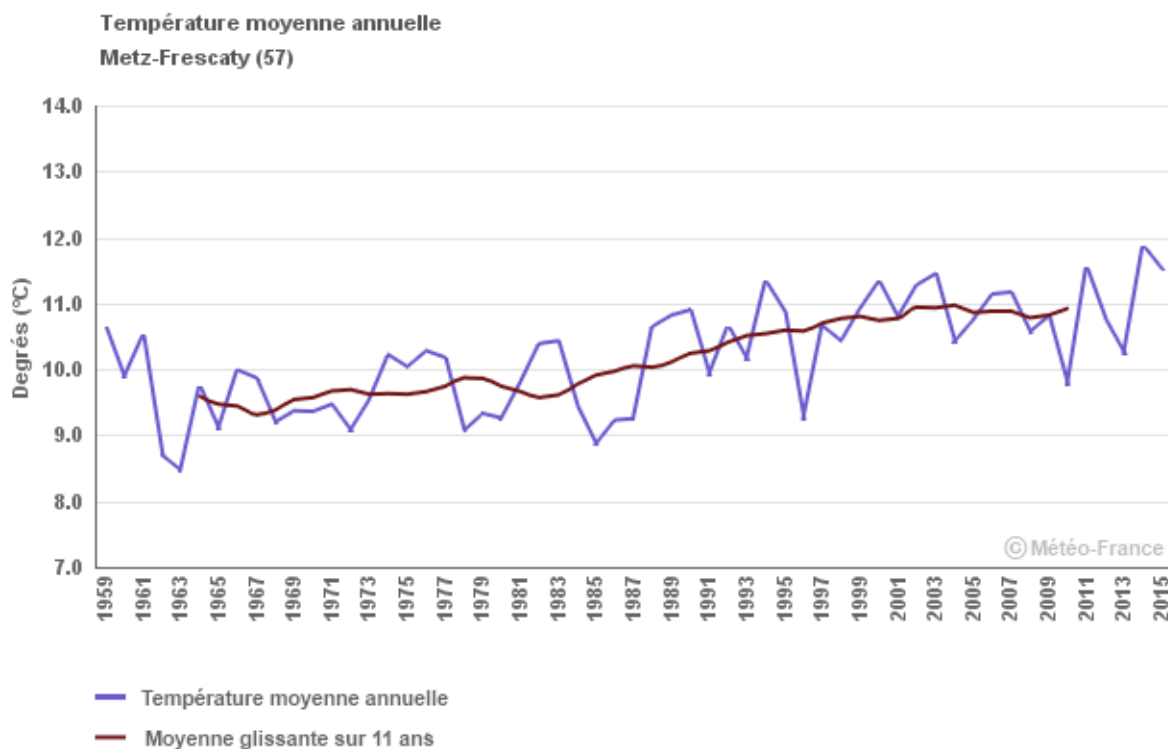
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

## Température moyenne annuelle



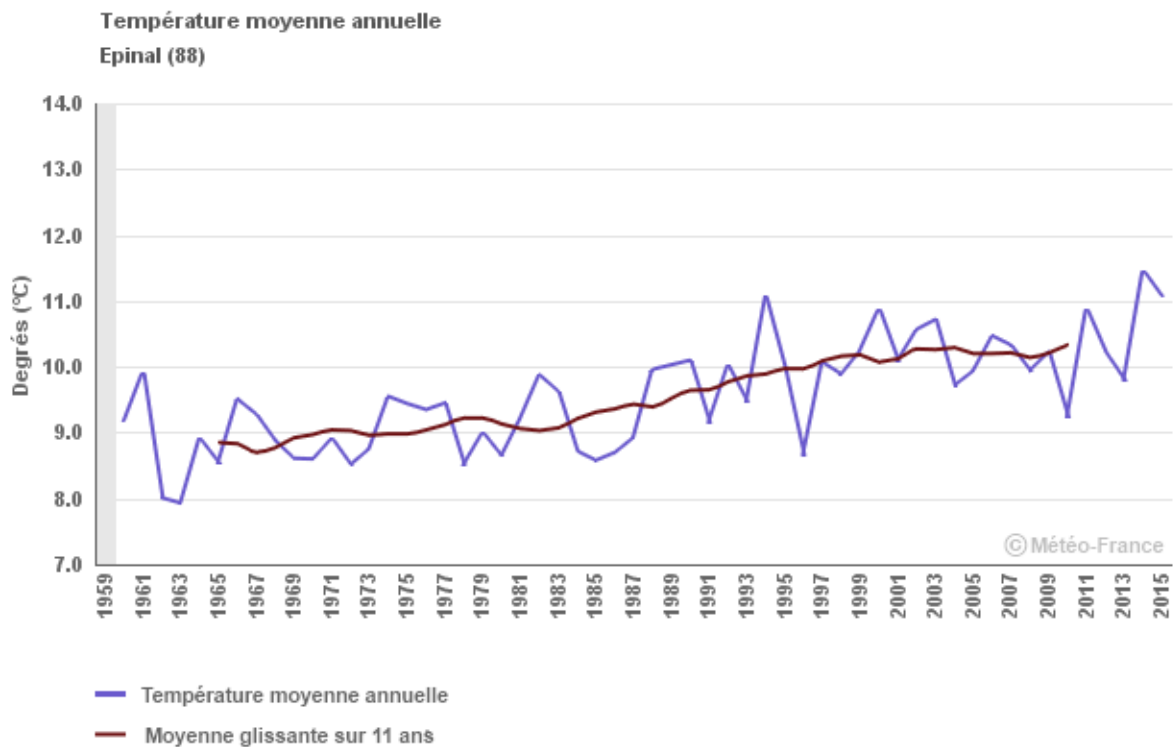
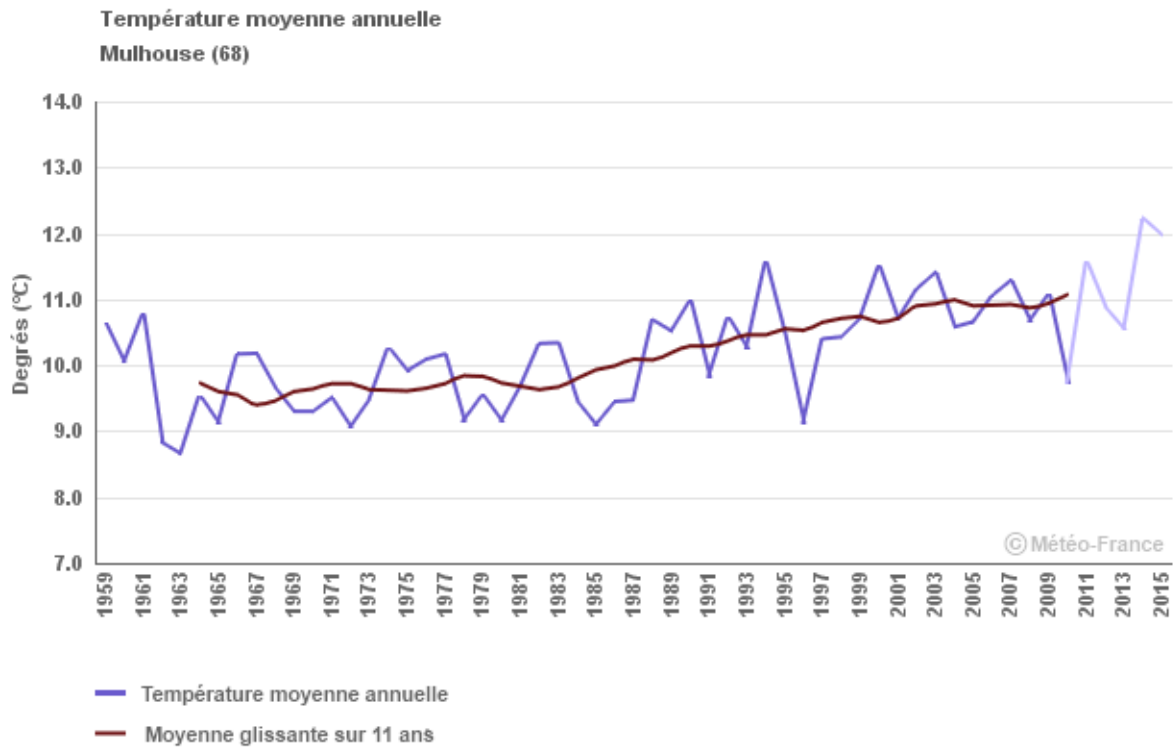


## Température moyenne annuelle





## Température moyenne annuelle

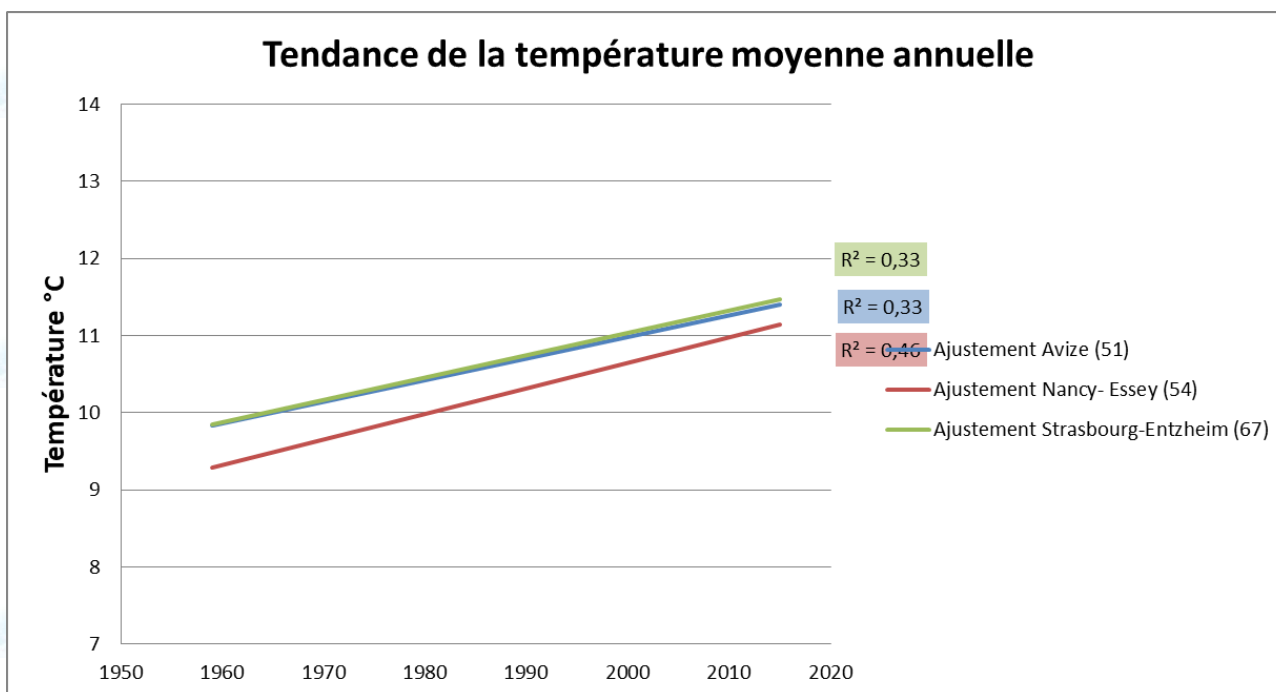


# 1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

## Température moyenne annuelle



	Evolution de la température moyenne annuelle ( °C/décennie)	Coefficient de détermination (R <sup>2</sup> )
Juniville (08)	0,30±0,06 °C/dec***	0,34
Bouy-sur-Orvin (10)	0,29±0,06 °C/dec***	0,31
Avize (51)	0,28±0,06 °C/dec***	0,33
Langres (52)	0,33±0,06 °C/dec***	0,4
Nancy-Essey (54)	0,33±0,05 °C/dec***	0,46
Metz-Frescaty (Augny) (57)	0,33±0,05 °C/dec***	0,44
Strasbourg-Entzheim (67)	0,29±0,06 °C/dec***	0,33
Mulhouse (68)	0,29±0,06 °C/dec***	0,34
Epinal (88)	0,36±0,05 °C/dec***	0,52

Note : ns= non significatif; \*= significatif à P<0,05; \*\*= significatif à P<0,01; \*\*\*= significatif à P<0,001

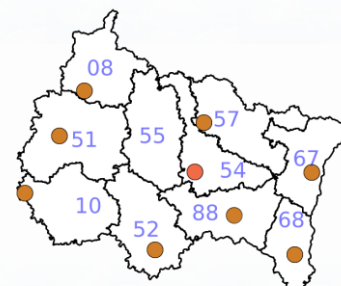


## Température moyenne annuelle



### Indicateur 2

Juniville (08) :	1959 - 2010 (2011 - 2015 en données brutes)
Bouy-sur-Orvin (10) :	1959 - 2009 (2010 - 2015 en données brutes)
Avize (51) :	1959 - 2010 (2011 - 2015 en données brutes)
Langres (52) :	1959 - 2009 (2010 - 2015 en données brutes)
Nancy-Essey (54) :	1959 - 2015
Metz-Frescaty (57) :	1959 - 2015
Strasbourg-Entzheim (67) :	1959 - 2010 (2011 - 2015 en données brutes)
Mulhouse (68) :	1959 - 2010 (2011 - 2015 en données brutes)
Epinal (88) :	1959 - 2015



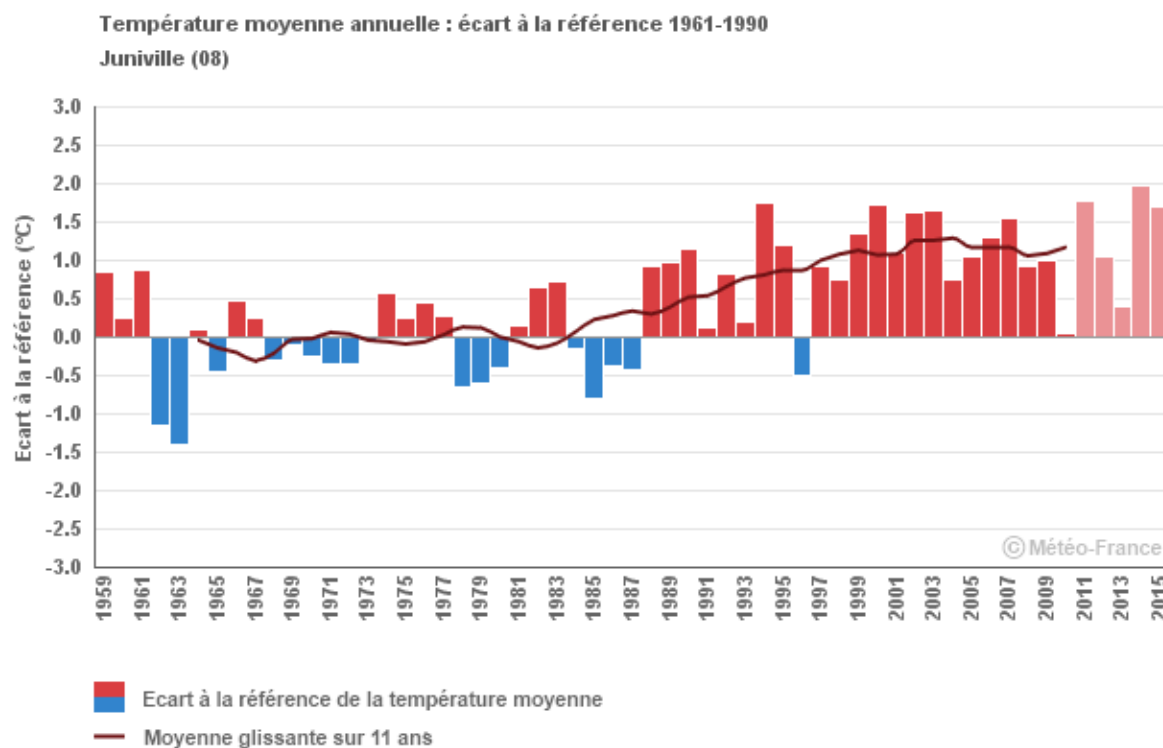
### Calcul de l'indicateur 2

Les données sont identiques à celles de l'indicateur 1 mais exprimées en anomalies : écart entre la température moyenne annuelle et la température moyenne pluriannuelle établie sur les mesures réalisées de 1961 à 1990.

Moyenne glissante sur 11 ans : pour l'année N, il s'agit de la moyenne des années N-5 à N+5.

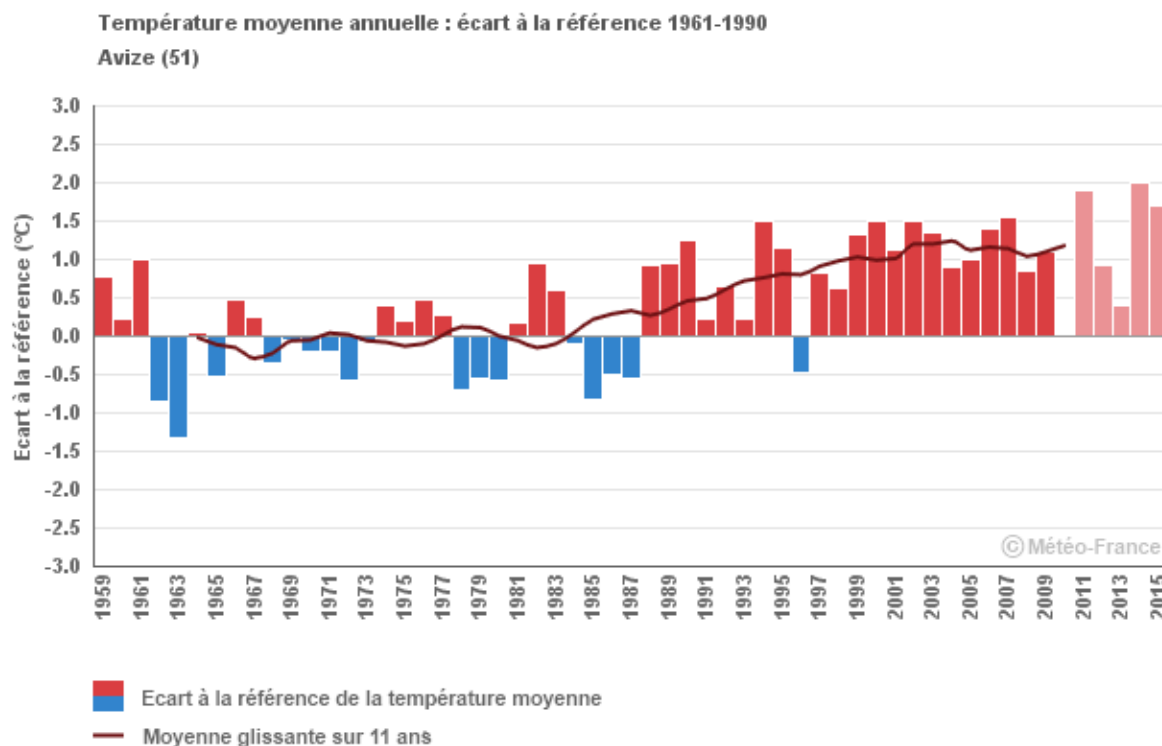
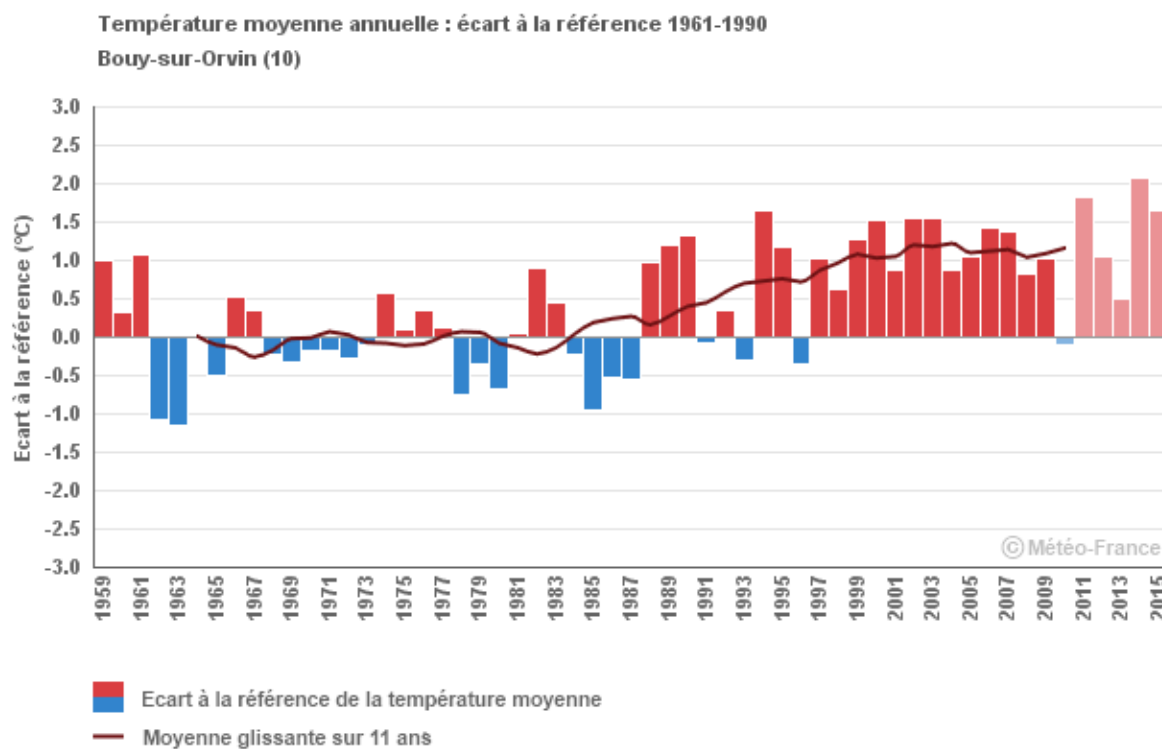


### Évolution observée





## Température moyenne annuelle



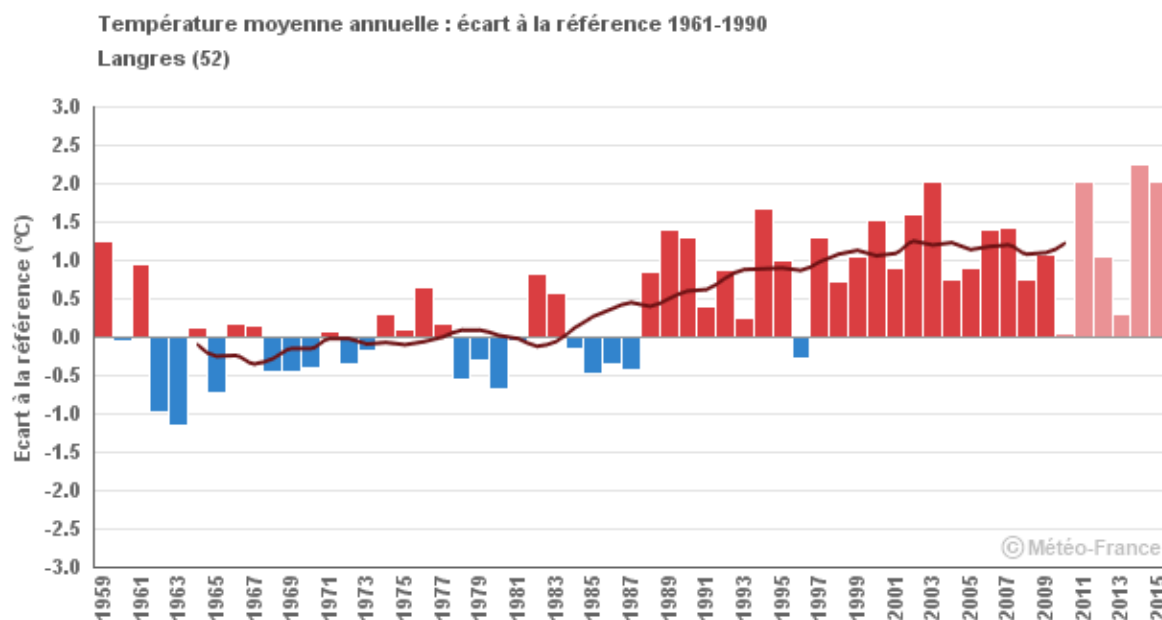
# 1

# CHANGEMENT CLIMATIQUE

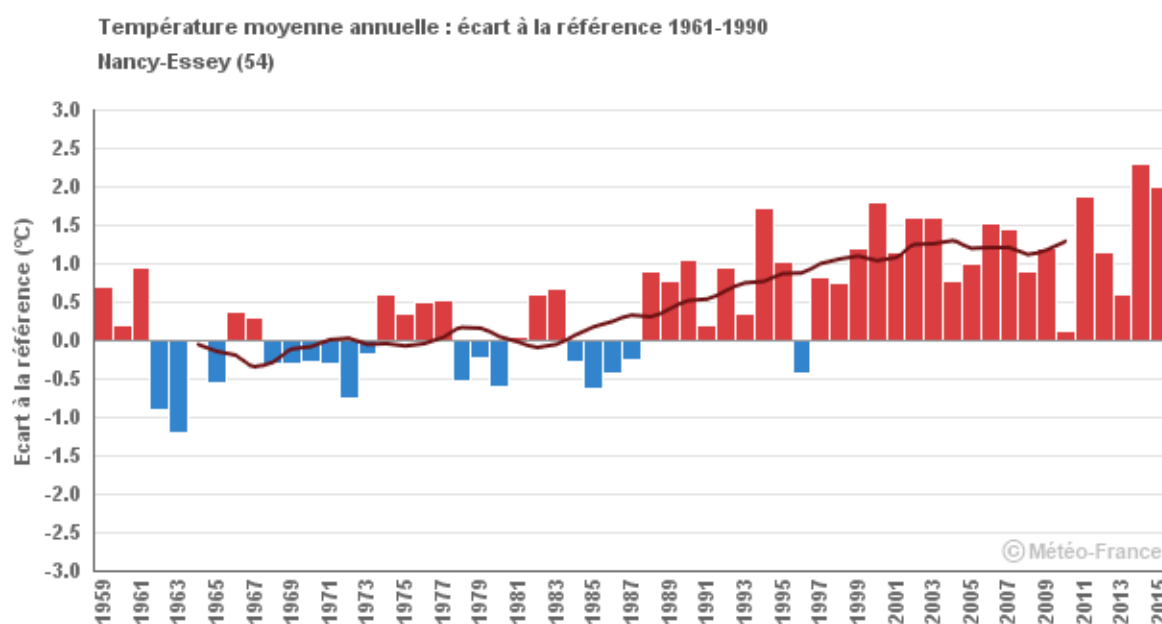


Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

## Température moyenne annuelle



■ Ecart à la référence de la température moyenne  
— Moyenne glissante sur 11 ans



■ Ecart à la référence de la température moyenne  
— Moyenne glissante sur 11 ans

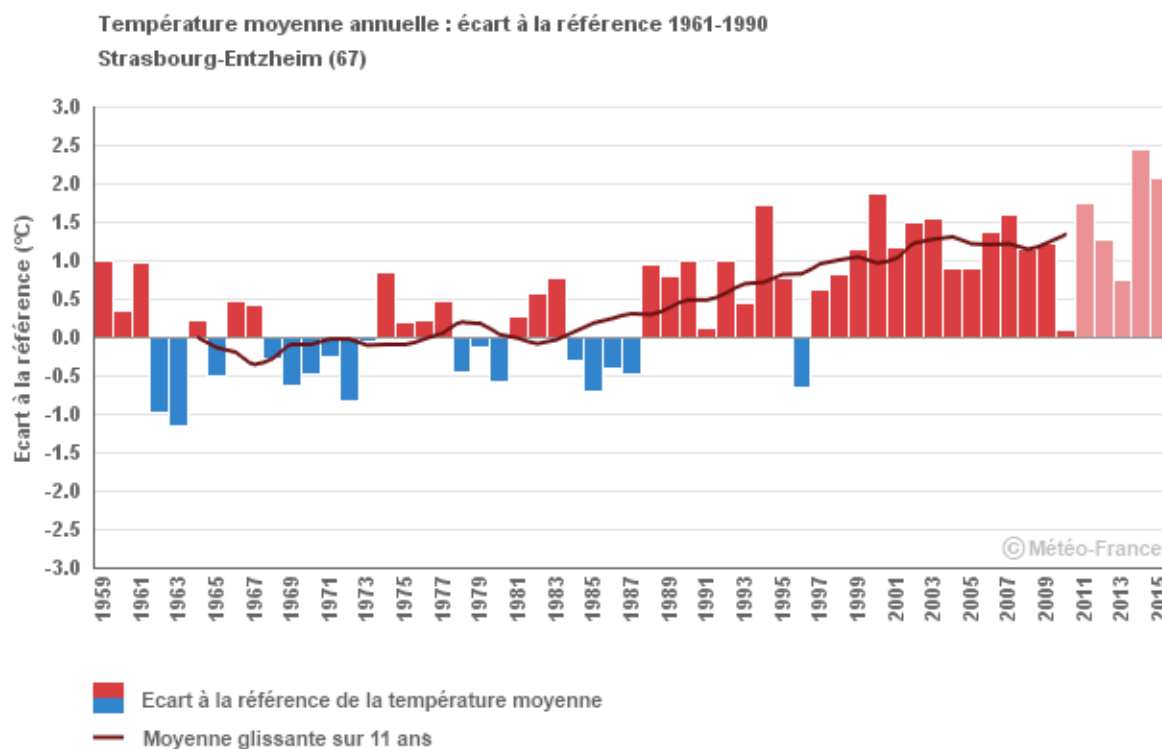
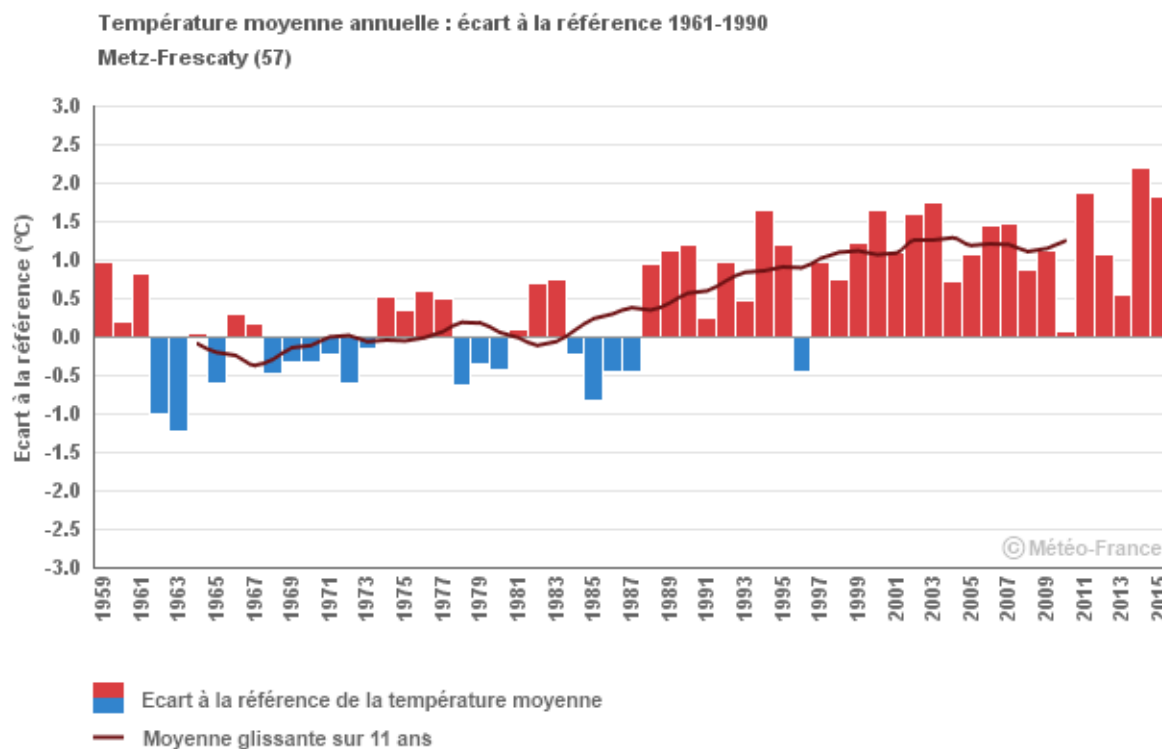
# 1

# CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

## Température moyenne annuelle





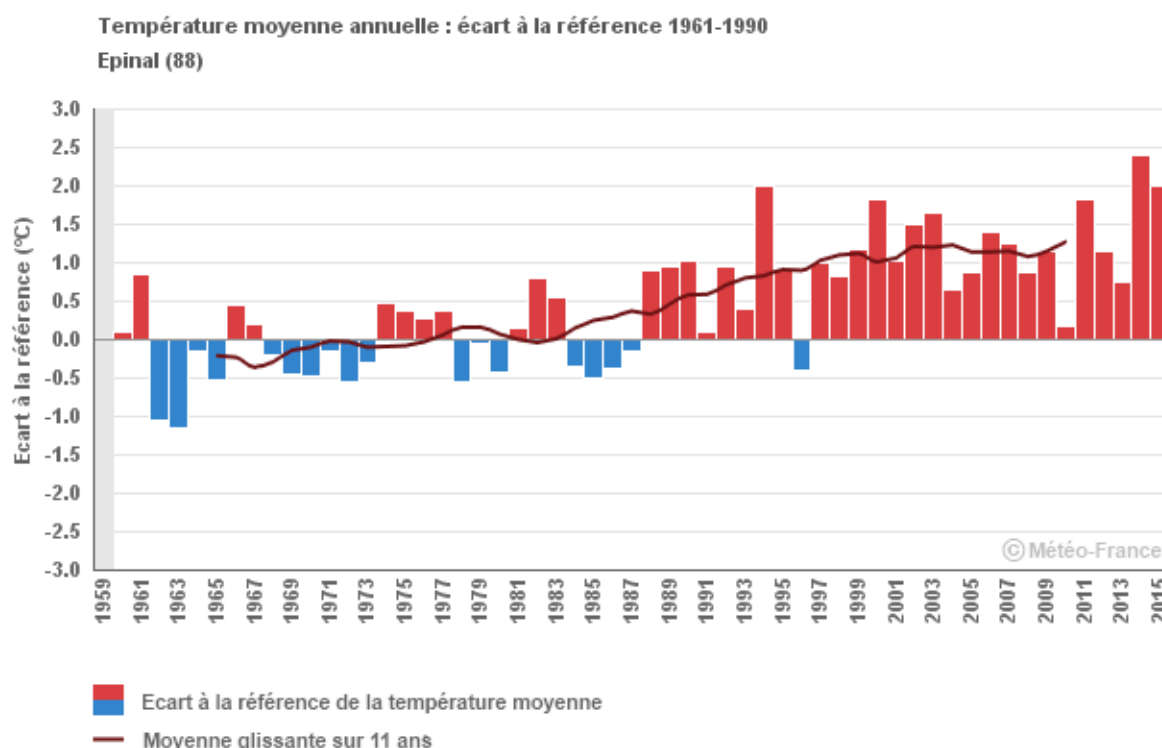
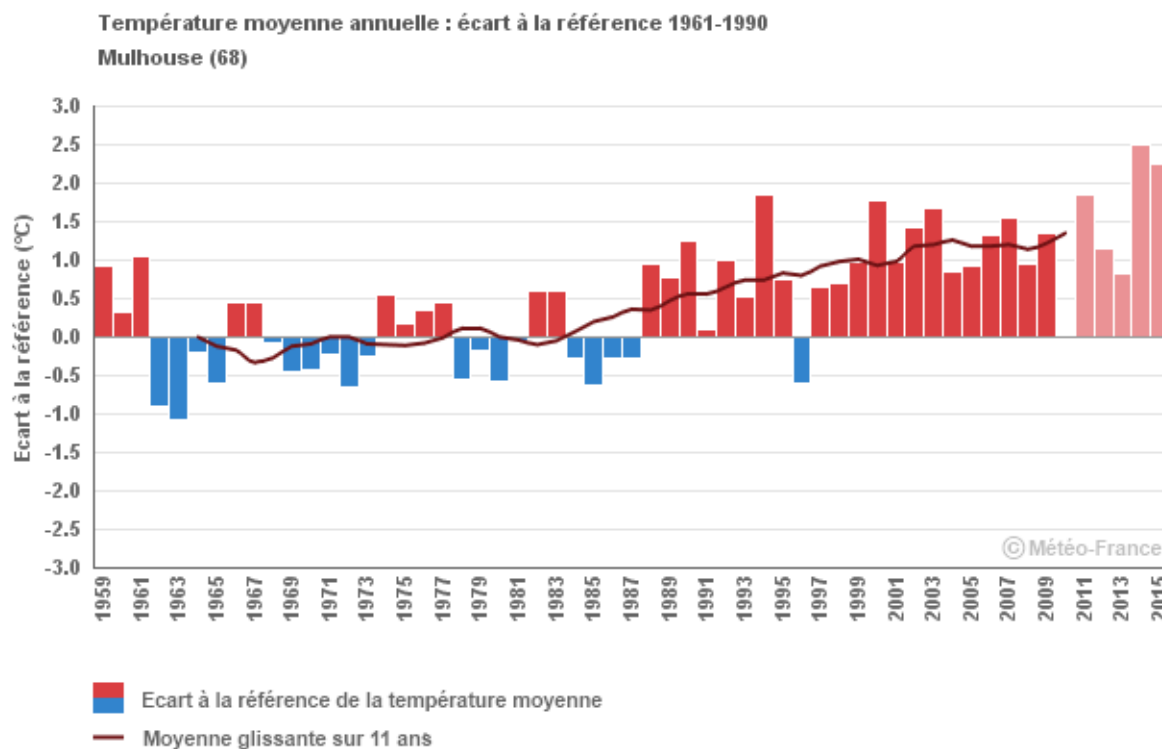
# 1

# CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

## Température moyenne annuelle





## Température moyenne annuelle

### Analyse

L'évolution de température observée en Grand Est depuis le milieu du XX<sup>ème</sup> siècle est cohérente avec celle observée en France métropolitaine. Quatre éléments méritent d'être soulignés :

- L'augmentation tendancielle de température très significative sur les 50 dernières années est similaire pour les 9 sites présentés : environ + 0,3 °C par décennie, révélant la forte homogénéité intrarégionale du réchauffement climatique global.
- Les fortes variations de température d'une année à l'autre (variabilité dite interannuelle) sont fréquemment supérieures à la variation tendancielle sur le long terme, perturbant ainsi la perception de la tendance.
- Les variations d'ampleur intermédiaire (la moyenne glissante sur 11 ans) entre groupes de quelques années (variabilité dite interdécennale) sont liées aux mécanismes climatiques à l'échelle planétaire et à leur inertie, et leur amplitude peut atteindre 1°C.
- L'augmentation tendancielle des températures depuis 50 ans (+ 0,3 °C par décennie) est trois fois plus forte que celle observée sur l'ensemble du XX<sup>ème</sup> siècle (+ 0,1°C par décennie au niveau national), illustrant ainsi l'accélération du réchauffement observée depuis le milieu du XX<sup>ème</sup> siècle et plus encore depuis le début des années 1980.

Cette accélération du réchauffement, observée en Grand Est comme en France, impacte fortement l'agriculture au travers notamment de la modification des calendriers culturaux et de l'augmentation de l'évapotranspiration des cultures.

#### A RETENIR

Les différentes séries de données homogénéisées disponibles sur 9 des 10 départements du Grand Est mettent en évidence une évolution des températures moyennes homogène au sein de la région et cohérente avec l'évolution observée sur l'ensemble de la France métropolitaine.

Globalement, sur la période 1959-2010, la tendance de l'augmentation de la température annuelle est de 0,3°C par décennie, avec une accélération sur les trois dernières décennies.

Cet accroissement important des températures, et son accélération, imposent d'adapter les références techniques (dates de semis et choix de variétés notamment) pour mieux accompagner l'évolution des pratiques des agriculteurs face aux évolutions climatiques des prochaines années.

### Pour en savoir plus

MOISSELIN J-M., SCHNEIDER M., CANELLAS C., MESTRE O. (2002) Les changements climatiques en France au XX<sup>ème</sup> siècle : étude des longues séries homogénéisées de données de température et de précipitations, La Météorologie, n°38, 45-57



## Nombre de jours de gel par an

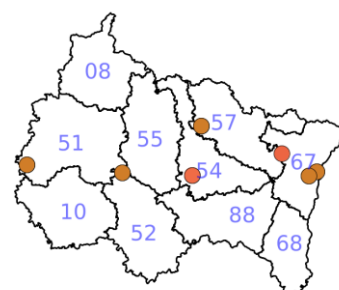
### 🔑 Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de référence (cf. Lexique simplifié p 141).

Données fournies par Météo-France. Les dernières années de certaines séries sont souvent des données brutes n'ayant pas encore fait l'objet d'homogénéisation. Elles sont représentées en teinte claire sur les graphiques.

### 🕒 Indicateur

Esternay (51) :	1963 - 2009 (2010 - 2015 en données brutes)
Saint-Dizier (52) :	1959 - 2015
Nancy-Essey (54) :	1959 - 2015
Nancy-Ochey (54) :	1967 - 2015
Metz-Frescaty (Auguay) (57) :	1959 - 2015
Phalsbourg (57) :	1959 - 2010 (2011 - 2015 données brutes)
Strasbourg (67) :	1959 - 2010 (2011 - 2015 données brutes)
Strasbourg-Entzheim (67) :	1959 - 2010 (2011 - 2015 données brutes)

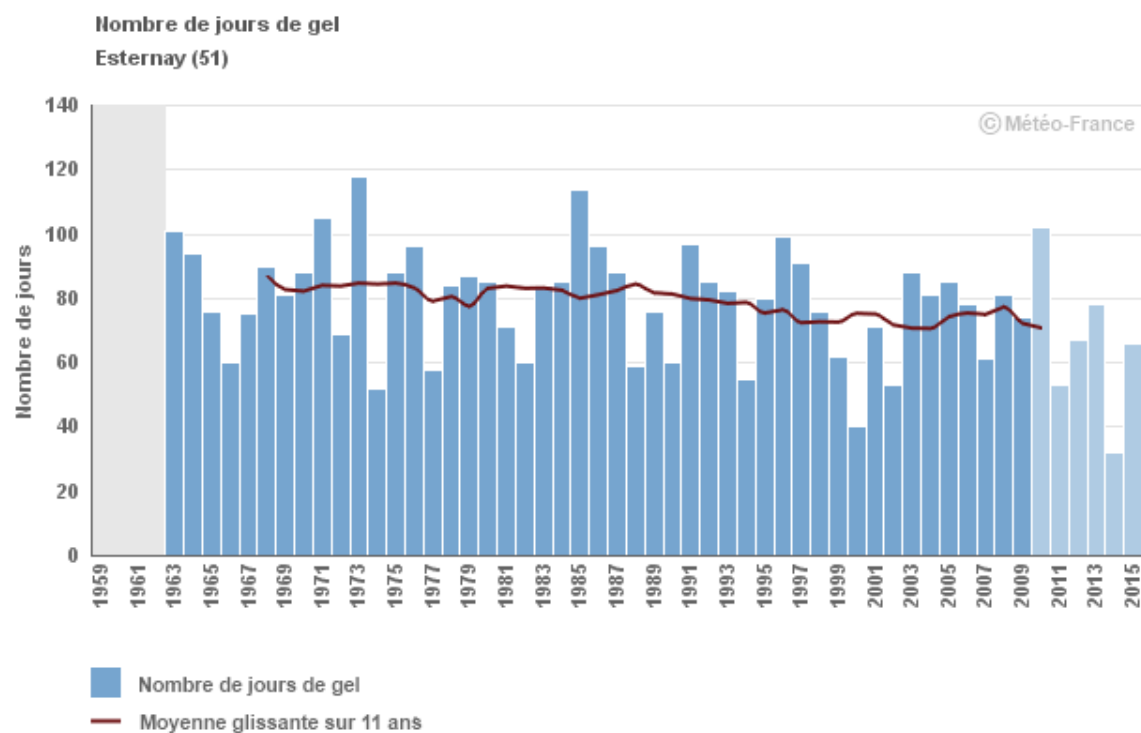


### 📊 Calcul de l'indicateur

Dénombrement, entre le 1<sup>er</sup> janvier et le 31 décembre de chaque année, des jours où la température minimale journalière est inférieure ou égale à 0°C.

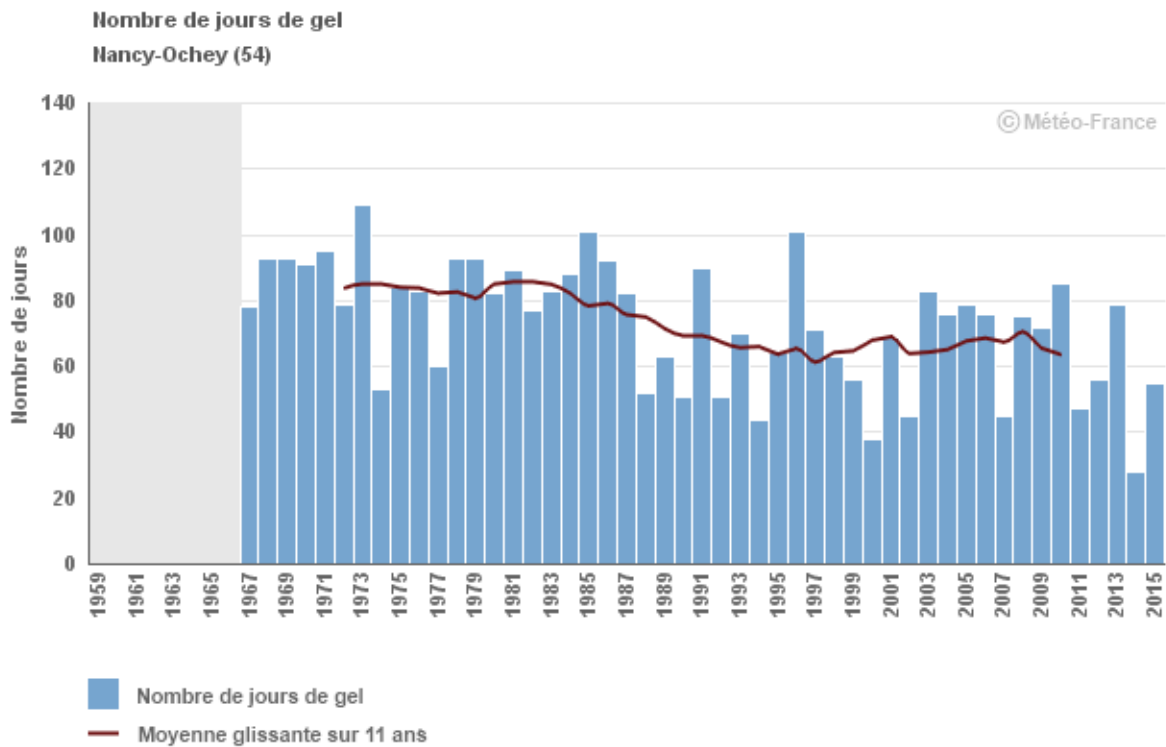
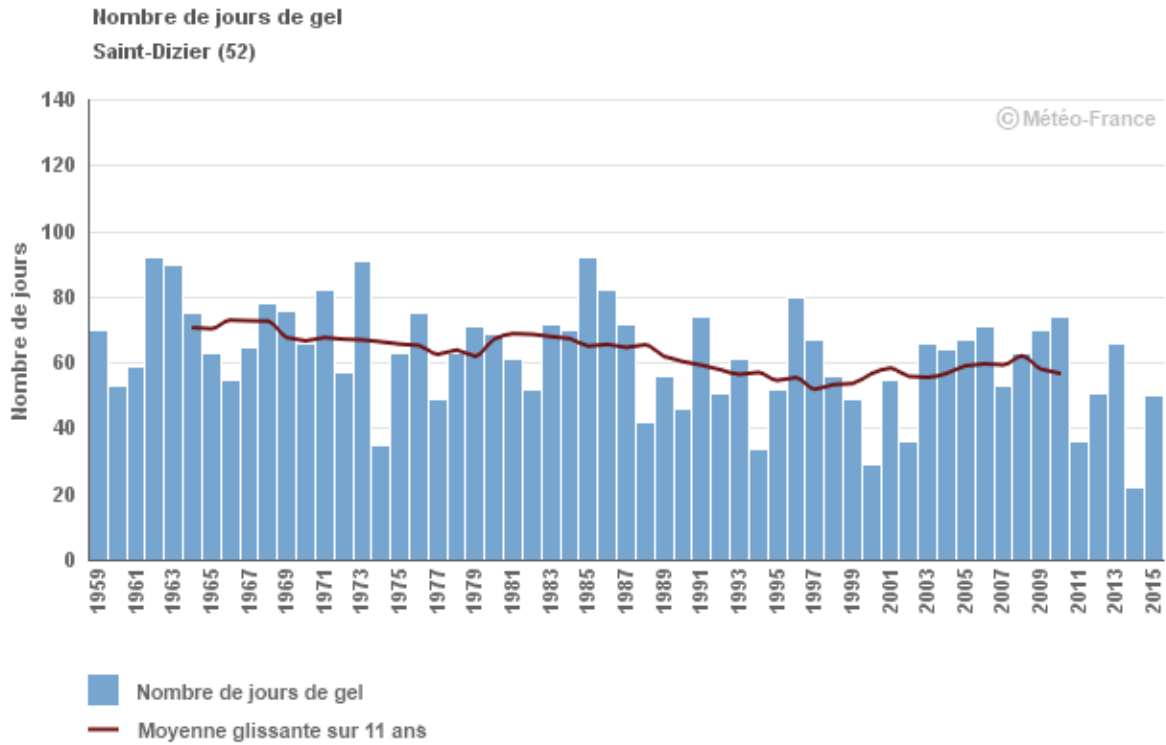
Moyenne glissante sur 11 ans : pour l'année N, il s'agit de la moyenne des années N-5 à N+5.

### 📈 Évolution observée



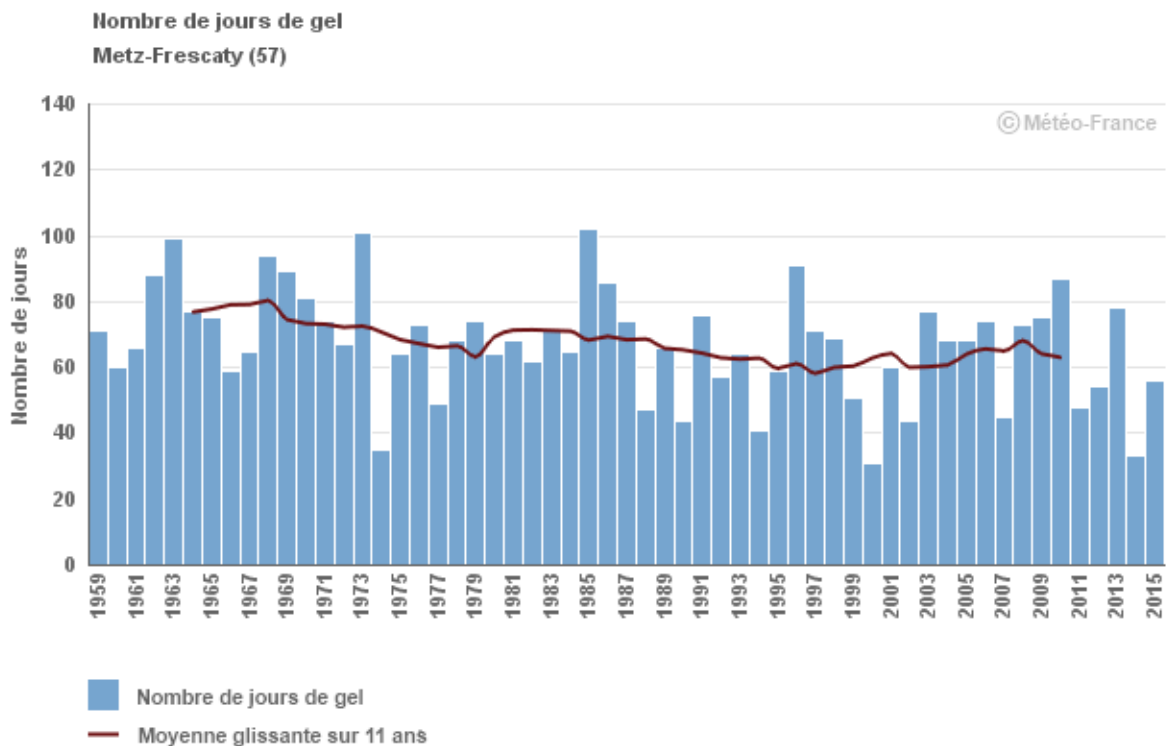
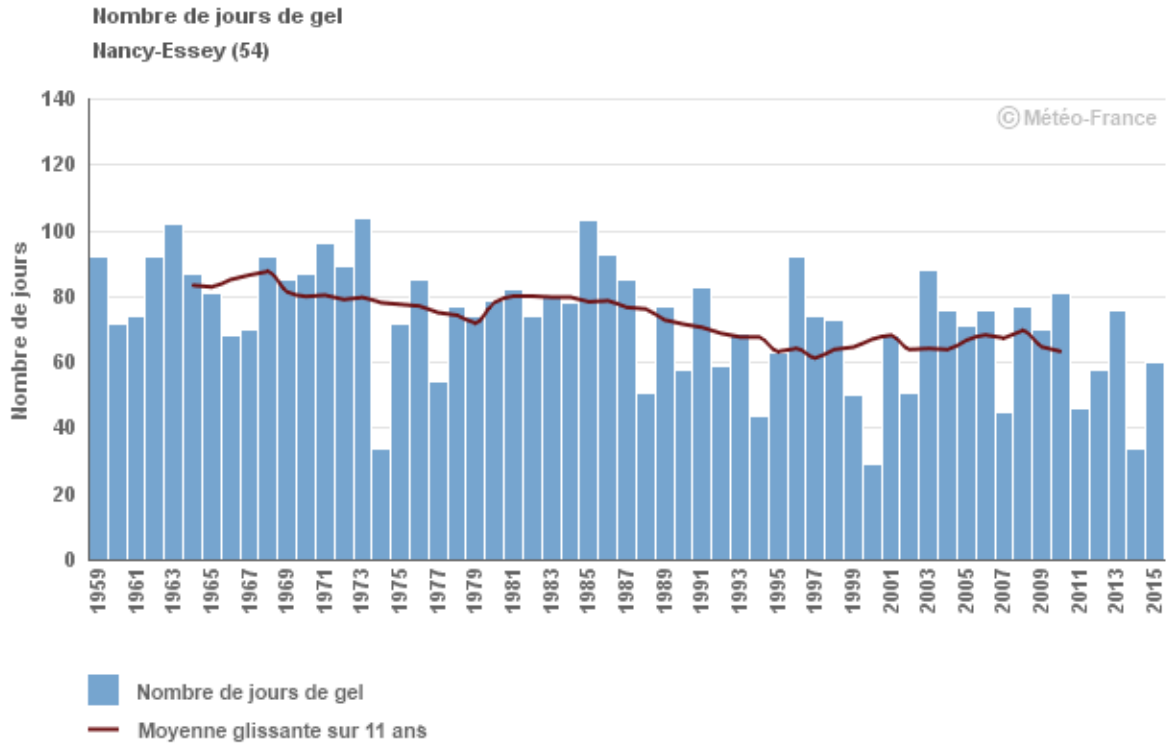


## Nombre de jours de gel par an





## Nombre de jours de gel par an



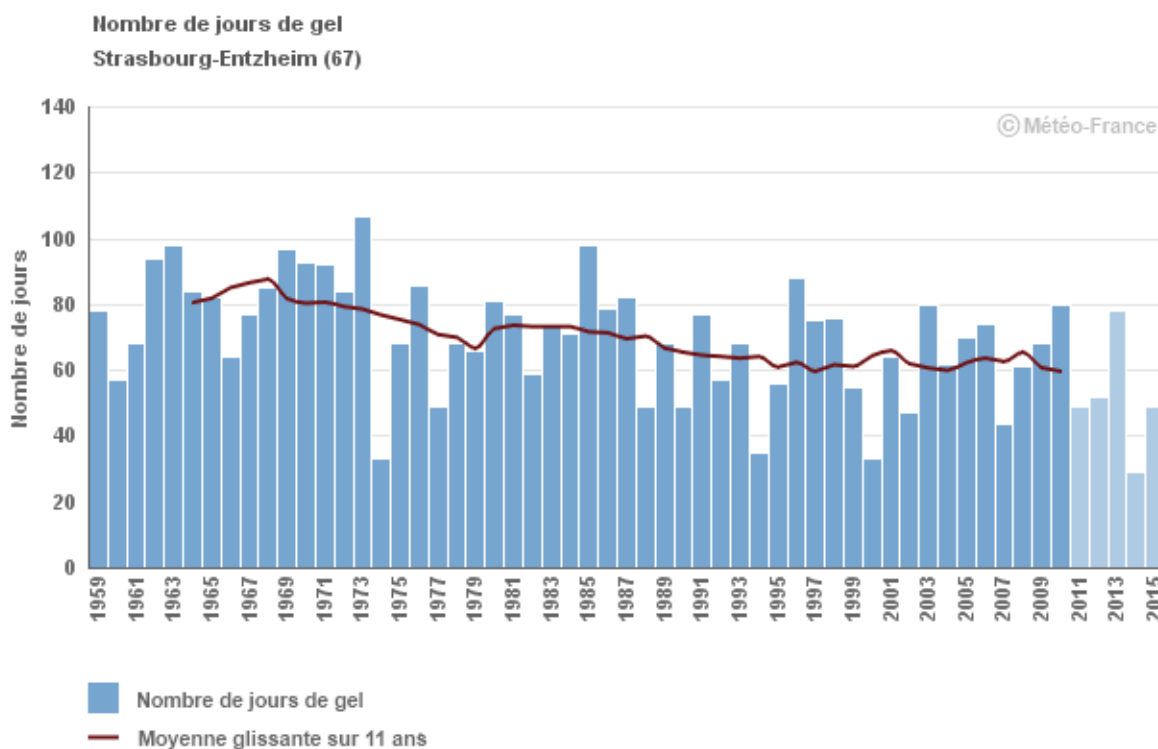
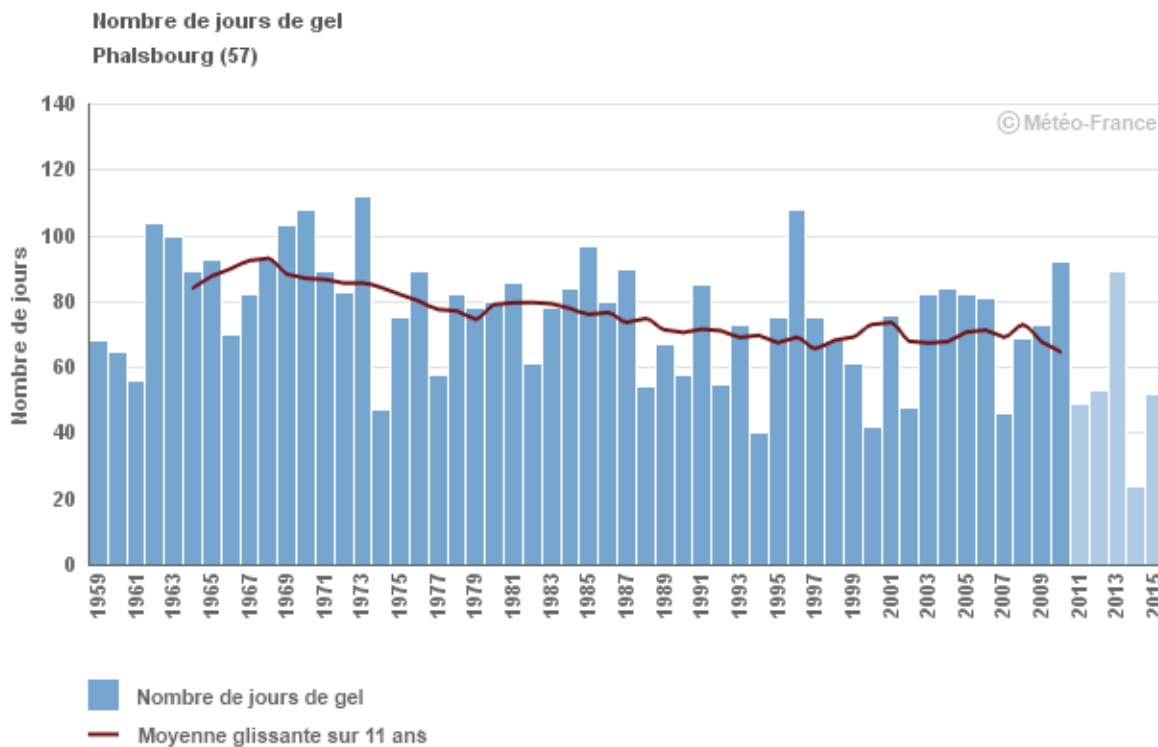
# 1

# CHANGEMENT CLIMATIQUE



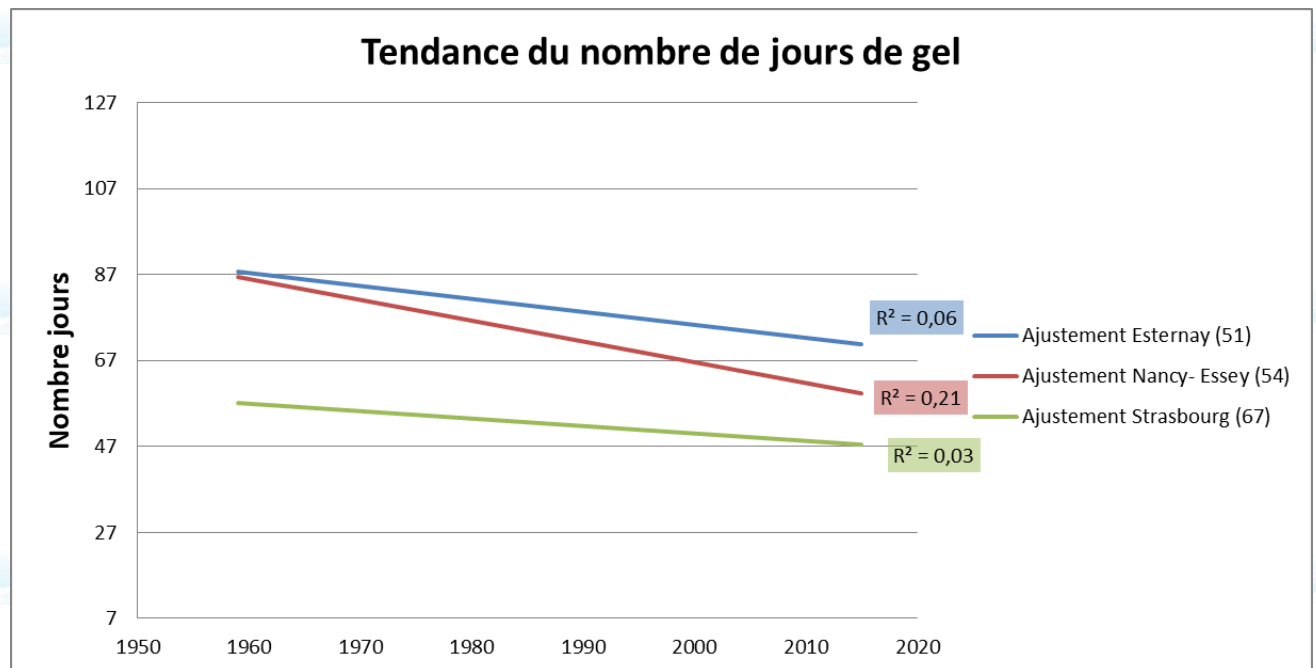
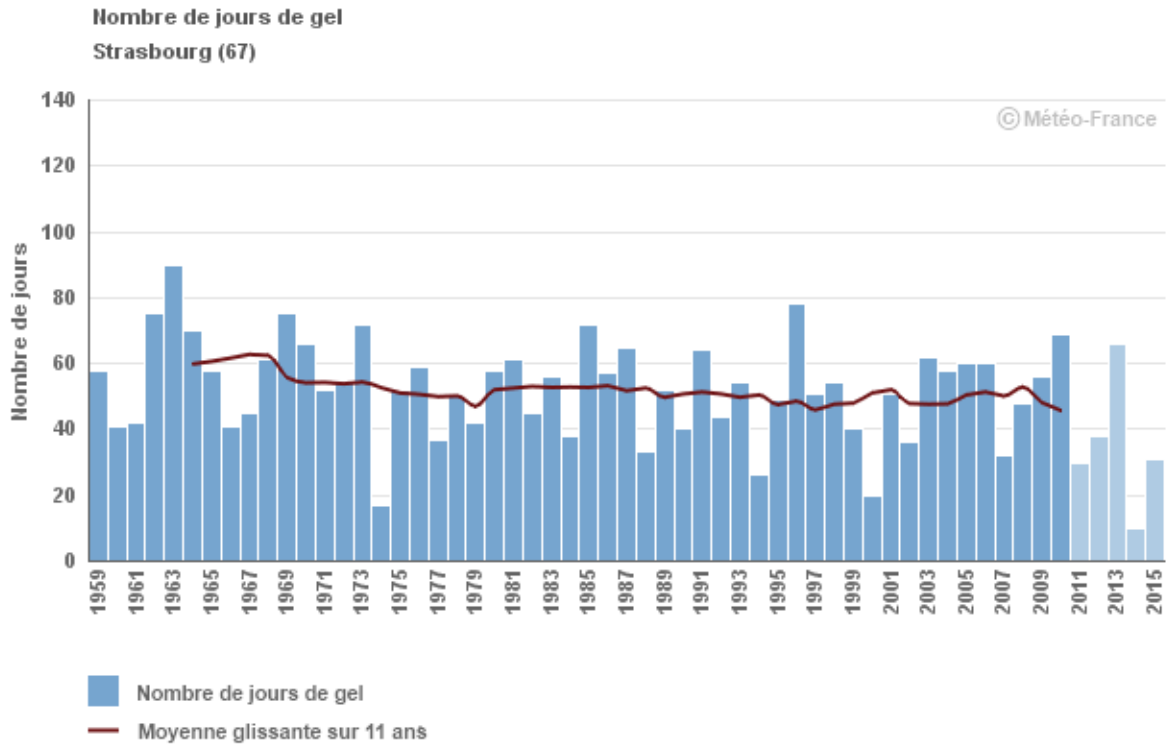
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

## Nombre de jours de gel par an





## Nombre de jours de gel par an





## Nombre de jours de gel par an

	Evolution du nombre de jours de gel par an (jours/décennie)	Coefficient de détermination (R <sup>2</sup> )
Esternay (51)	-3,02 ± 1,74 J de gel/dec <sup>ns</sup>	0,06
Saint-Dizier (52)	-3,62 ± 1,18 J de gel/dec <sup>**</sup>	0,15
Nancy-Essey (54)	-4,83 ± 1,26 J de gel/dec <sup>***</sup>	0,21
Nancy-Ochey (54)	-6,73 ± 1,64 J de gel/dec <sup>***</sup>	0,26
Metz-Frescaty (Augny) (57)	-3,21 ± 1,26 J de gel/dec <sup>*</sup>	0,10
Phalsbourg (57)	-3,42 ± 1,57 J de gel/dec <sup>*</sup>	0,09
Strasbourg (67)	-1,72 ± 1,35 J de gel/dec <sup>ns</sup>	0,03
Strasbourg-Entzheim (67)	-4,36 ± 1,48 J de gel/dec <sup>**</sup>	0,15

Note : ns= non significatif; \*= significatif à P<0,05; \*\*= significatif à P<0,01; \*\*\*= significatif à P<0,001

### Analyse

Pour les 8 sites étudiés (certains très proches géographiquement), l'évolution à la baisse du nombre annuel de jours de gel est majoritairement nette.

Cette diminution est tout à fait cohérente avec l'augmentation des températures moyennes annuelles (cf. fiche "Température moyenne annuelle").

Quelques compléments peuvent être apportés :

- L'amplitude des variations interannuelle pour le paramètre "nombre annuel de jours de gel" est supérieure à l'écart tendanciel entre le début et la fin de la période d'observation (une cinquantaine d'années) ; pour autant, une tendance nette à la diminution du nombre de jours de gel peut être observée.
- Les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période (1959-2015) sont variables entre les 8 sites et correspondent à une diminution de 3,4 à 6,7 jours de gel/décennie.
- Du fait de situations de départ différentes, la situation d'Esternay (51) dans les années 2010 correspond à celle de Saint-Dizier (52) au début des années 1960. De la même façon, Nancy (54) se rapproche de la situation historique de Strasbourg (67).
- La variabilité interannuelle ne semble pas visuellement évoluer fortement entre le début et la fin de la période d'observation ; en 2014, le nombre de jours de gel a atteint son minimum pour la plupart des sites.

Pour l'agriculture régionale, la diminution du nombre annuel de jours de gel a des répercussions sur de multiples processus de production végétale : la qualité de la préfloraison chez le tournesol, le développement végétatif automnal chez le colza, arrêt de la pousse de l'herbe à l'automne, etc.

On sait également que cette baisse de fréquence des épisodes froids a des incidences sur les cycles de reproduction et de croissance de certains parasites, bien que ces effets soient plus difficiles à quantifier que les effets directs du froid sur la croissance et le développement des cultures.

Les conséquences de cette diminution du nombre de jours froids sur les productions agricoles régionales doivent être examinées au cas par cas : espèces et stades sensibles concernés, mécanismes d'action du froid sur la production végétale, décalages phénologiques des cultures liés à l'élévation tendancielle de la température.





## Nombre de jours de gel par an

---

Cet indicateur constitue une première approche globale du phénomène du gel, cependant, pour affiner l'analyse de ses conséquences, il serait profitable de connaître la répartition saisonnière, voire mensuelle, de ces occurrences de gel.

### A RETENIR

Au cours des 50 dernières années, le nombre annuel de jours de gel a décru en Grand Est de plus de 3 à 6 jours par décennie.

La variabilité interannuelle est supérieure à l'évolution tendancielle sur la période d'observation.

Les impacts de cette réduction du nombre de jours froids sur les productions agricoles doivent être étudiés au cas par cas.



## Nombre de jours estivaux par an (j Tmax ≥ 25°C)

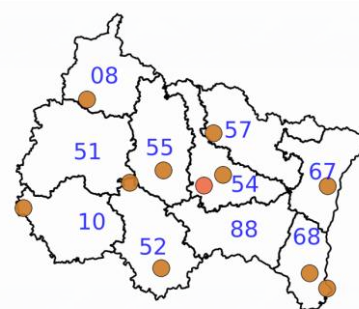
### Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de référence (cf. Lexique simplifié p 141).

Données fournies par Météo-France. Les dernières années de certaines séries sont souvent des données brutes n'ayant pas encore fait l'objet d'homogénéisation. Elles sont représentées en teinte claire sur les graphiques.

### Indicateur

Juniville (08) :	1966 - 2010 (2011 - 2015 en données brutes)
Bouy-Sur-Orvin (10) :	1963 - 2009 (2010 - 2015 en données brutes)
Langres (52) :	1959 - 2009 (2010 - 2015 en données brutes)
Saint-Dizier (52) :	1959 - 2015
Nancy-Essey (54) :	1959 - 2015
Nancy-Ochey (54) :	1959 - 2015
Erneville-aux-Bois (55) :	1959 - 2015
Metz-Frescaty (Aigny) (57) :	1959 - 2015
Strasbourg-Entzheim (67) :	1968 - 2010 (2011 - 2015 en données brutes)
Bâle-Mulhouse (68) :	1959 - 2010 (2011 - 2015 en données brutes)
Mulhouse (68) :	1965 - 2010 (2011 - 2015 en données brutes)



### Calcul de l'indicateur

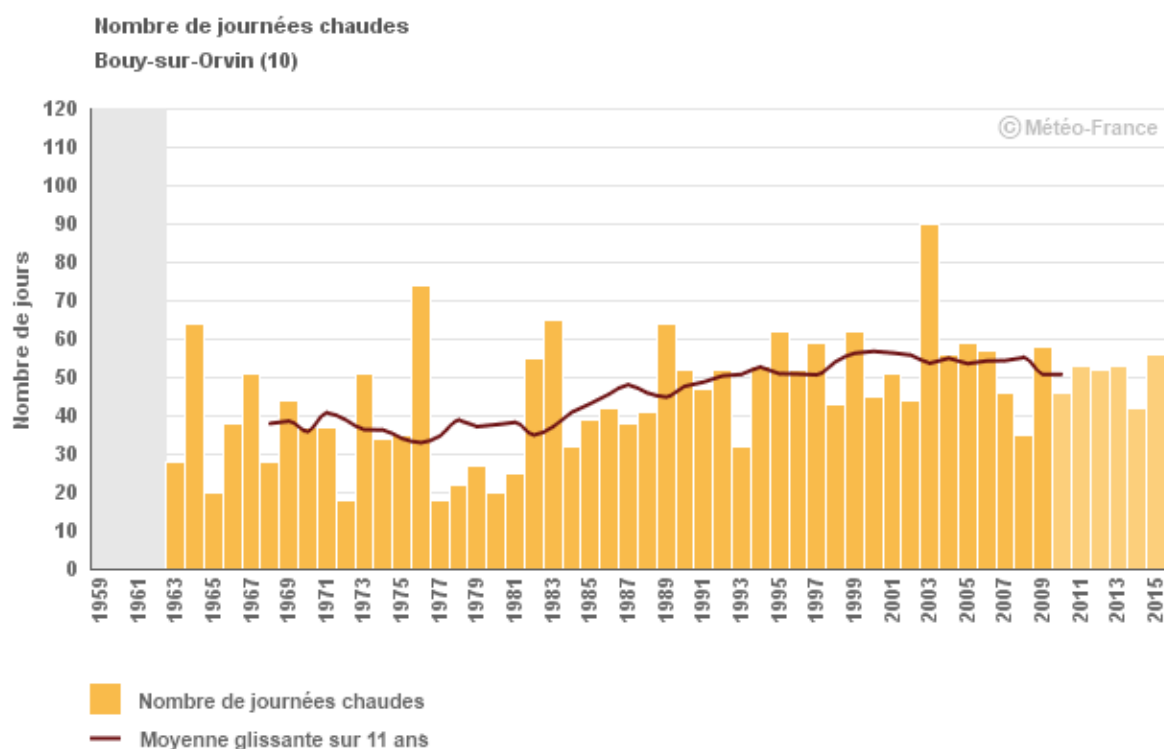
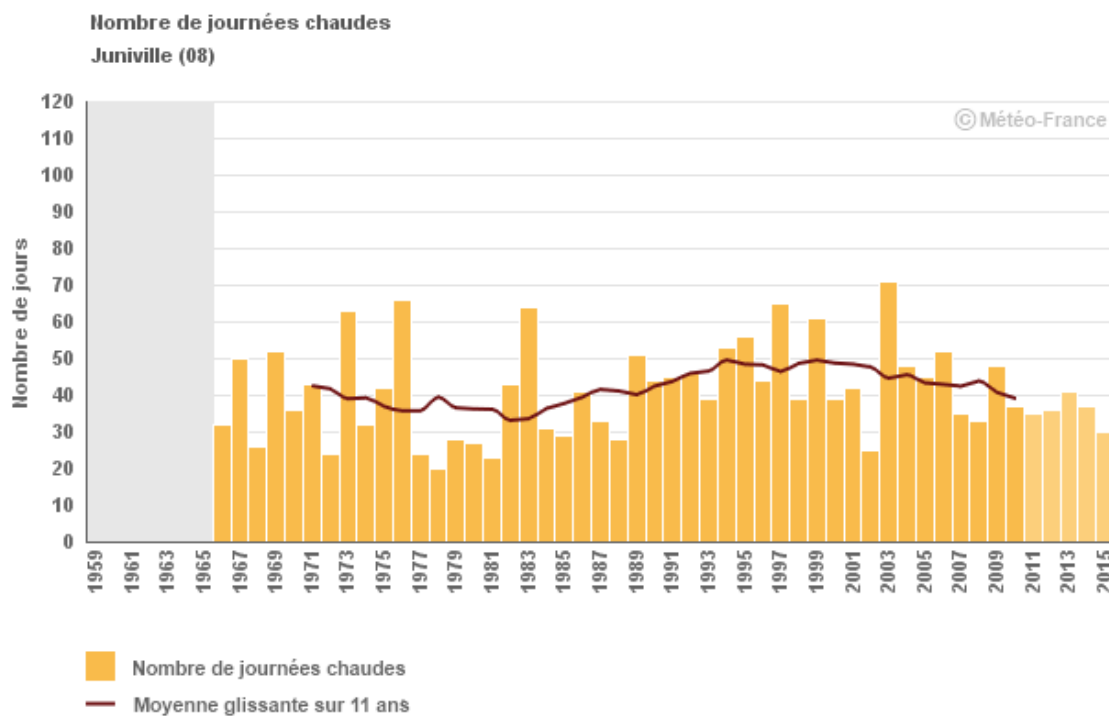
Dénombrement, entre le 1<sup>er</sup> janvier et le 31 décembre de chaque année, des jours où la température maximale journalière est supérieure ou égale à 25°C. Par coïncidence, le seuil retenu pour les jours estivaux (analyse climatique) se trouve être le même que celui correspondant au phénomène d'échaudage chez les céréales à paille (analyse agroclimatique. cf. fiche "Nombre de jours échaudants au printemps").

Moyenne glissante sur 11 ans : pour l'année N, il s'agit de la moyenne des années N-5 à N+5.

### Évolution observée

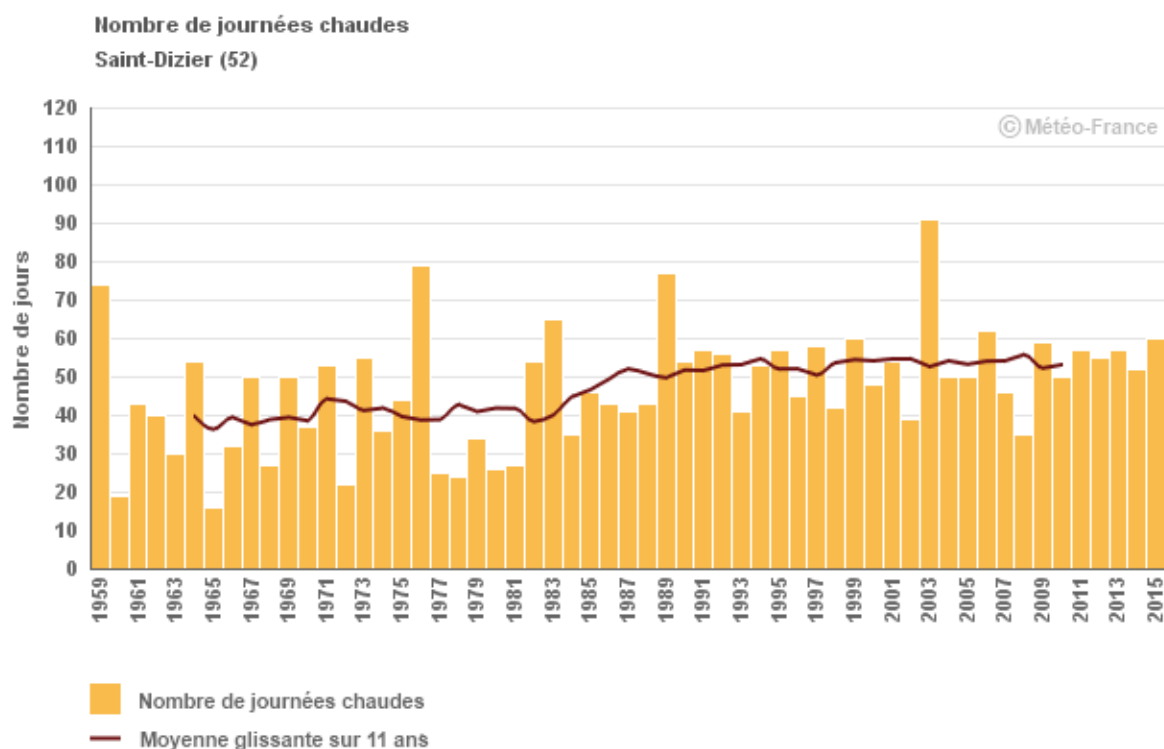
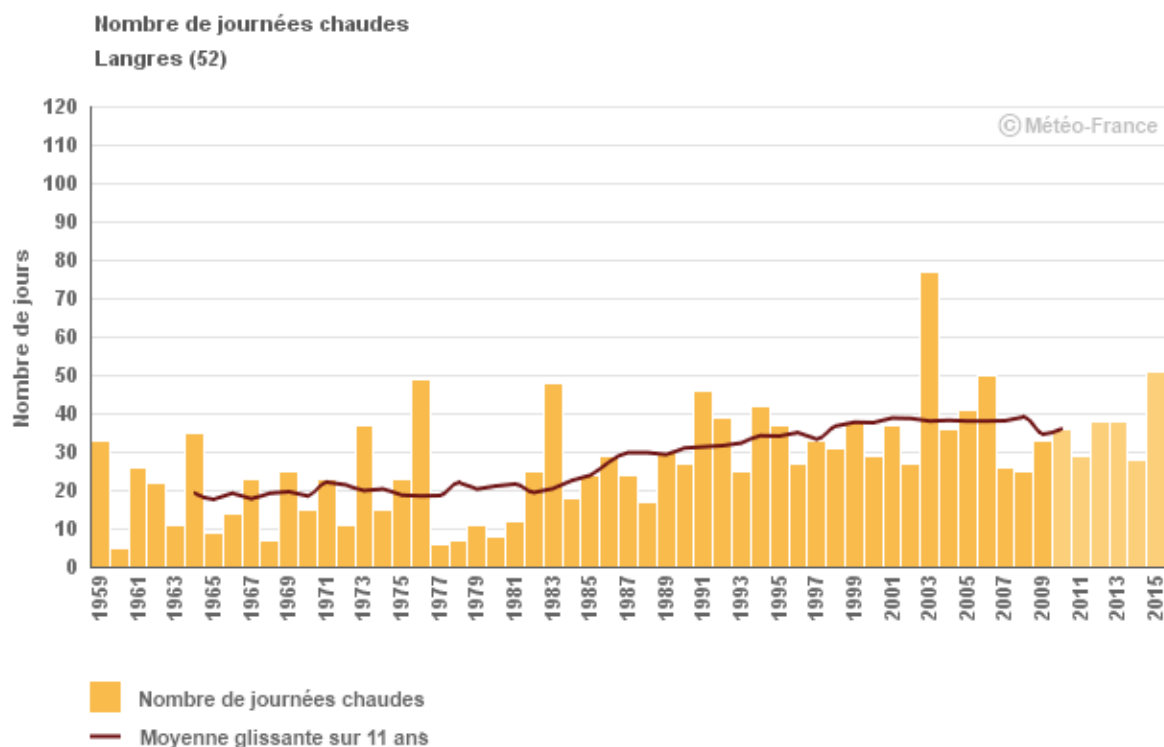


## Nombre de jours estivaux par an (j Tmax ≥ 25°C)





## Nombre de jours estivaux par an (j Tmax ≥ 25°C)



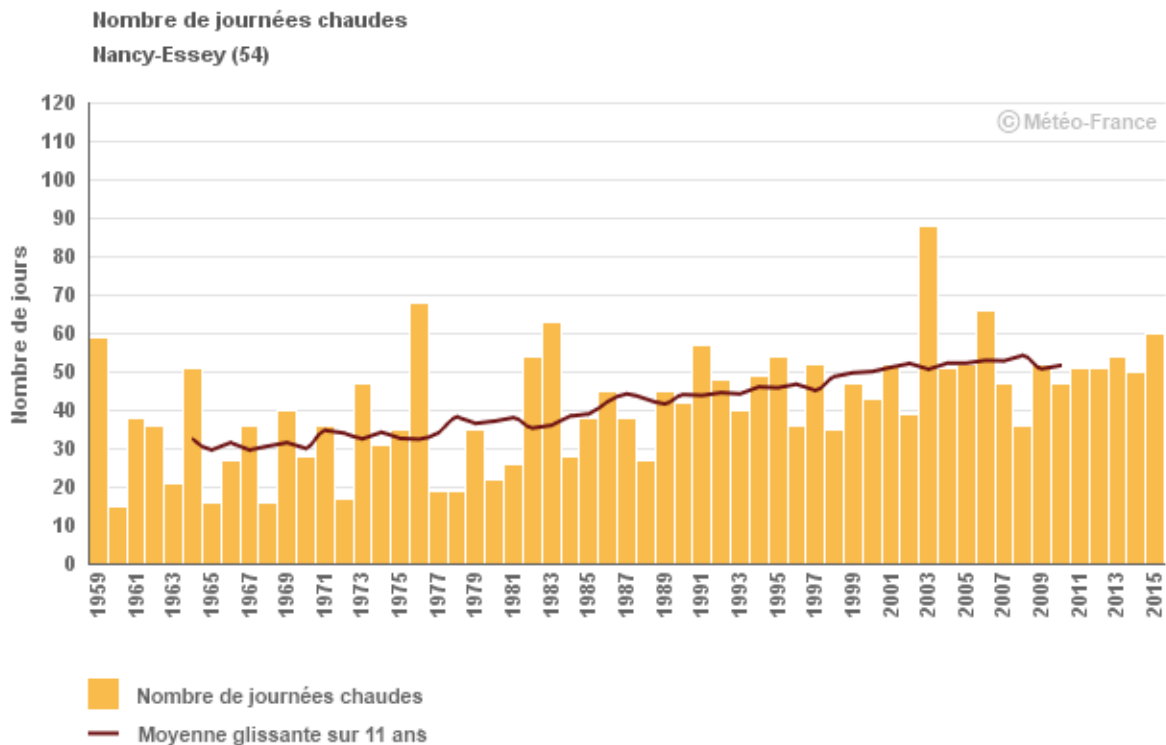
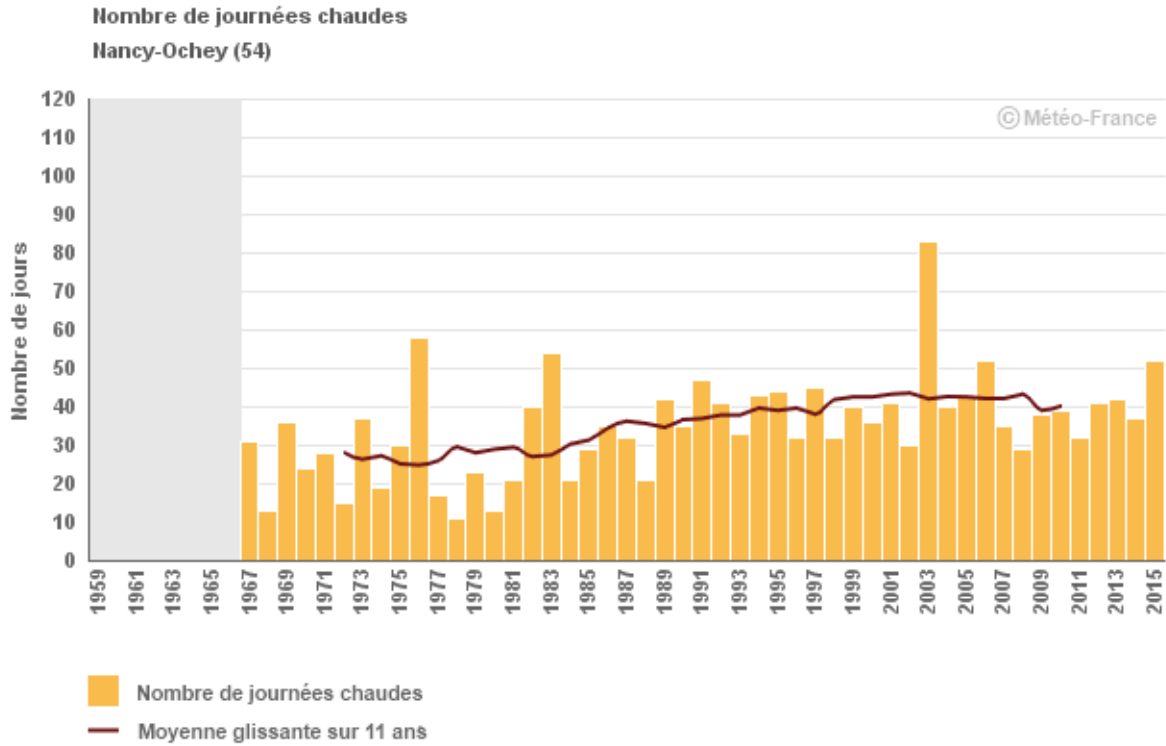
# 1

# CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

## Nombre de jours estivaux par an (j Tmax ≥ 25°C)



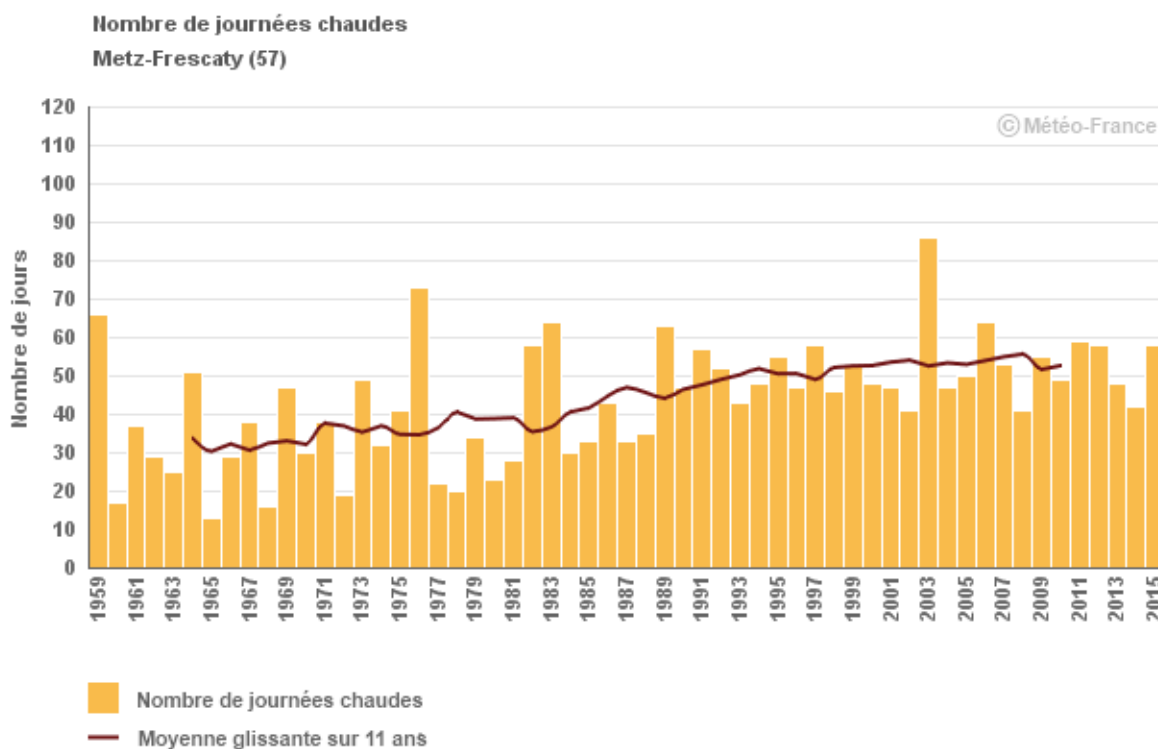
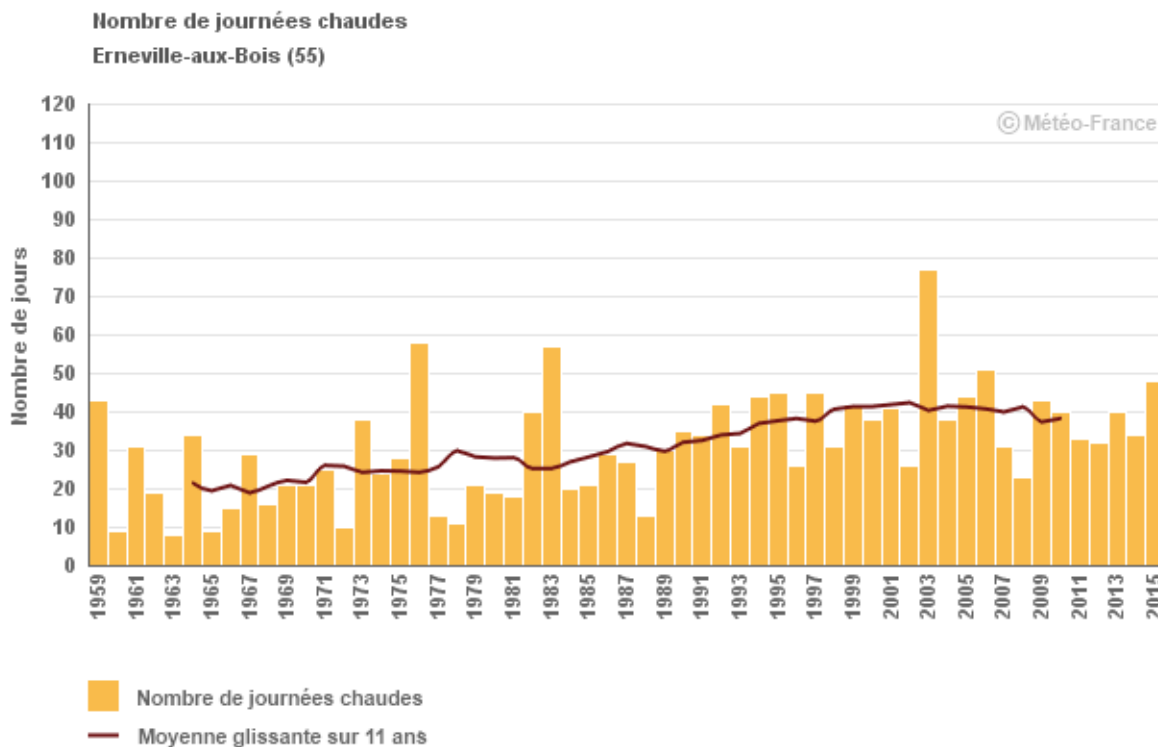
# 1

# CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

## Nombre de jours estivaux par an (j Tmax ≥ 25°C)



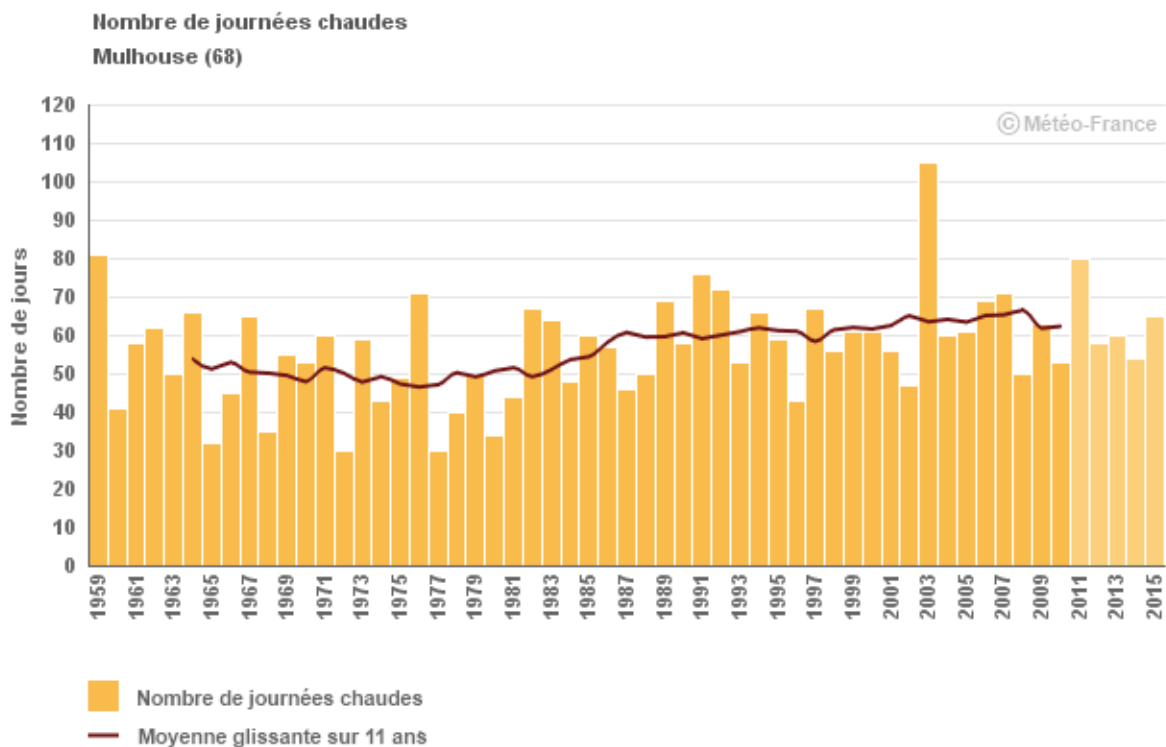
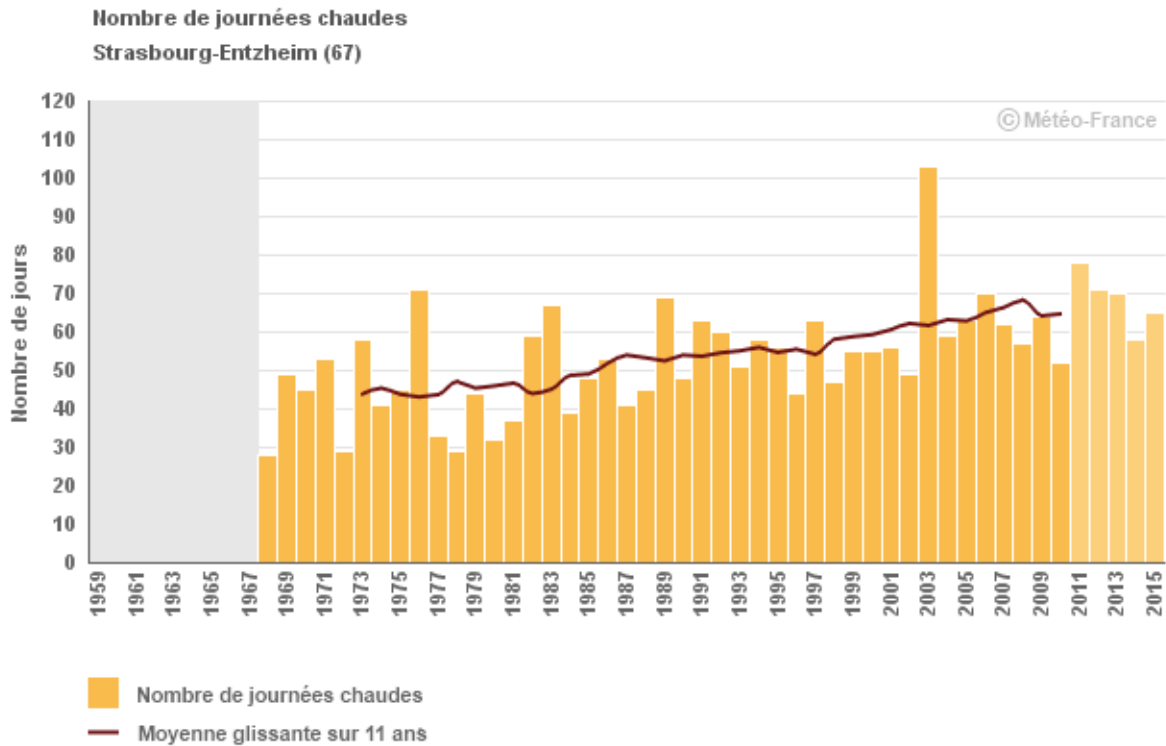
# 1

# CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

## Nombre de jours estivaux par an (j Tmax ≥ 25°C)



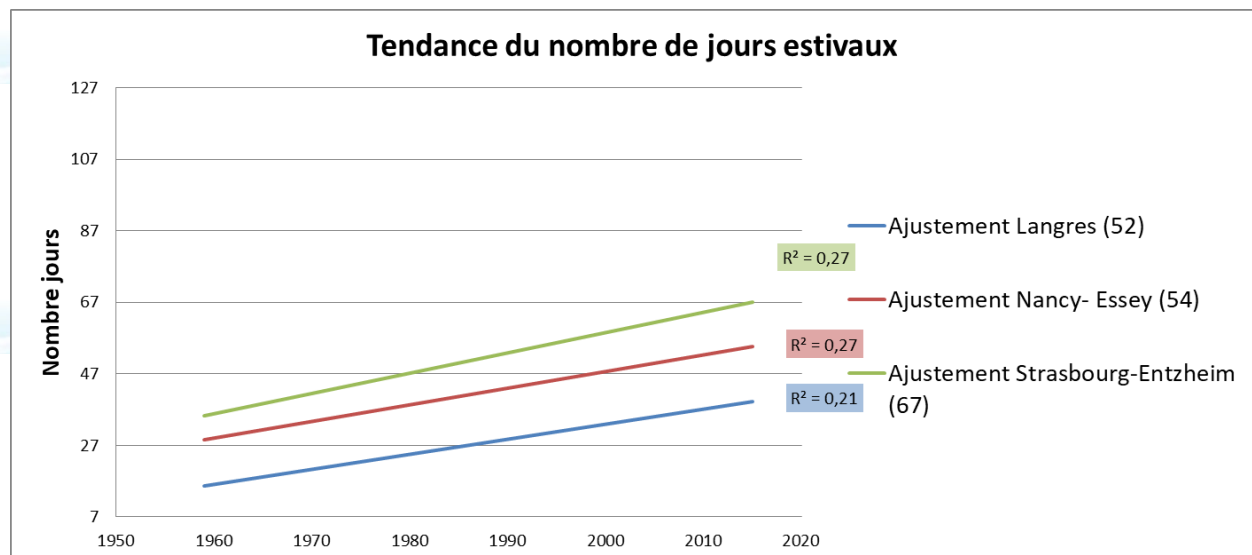
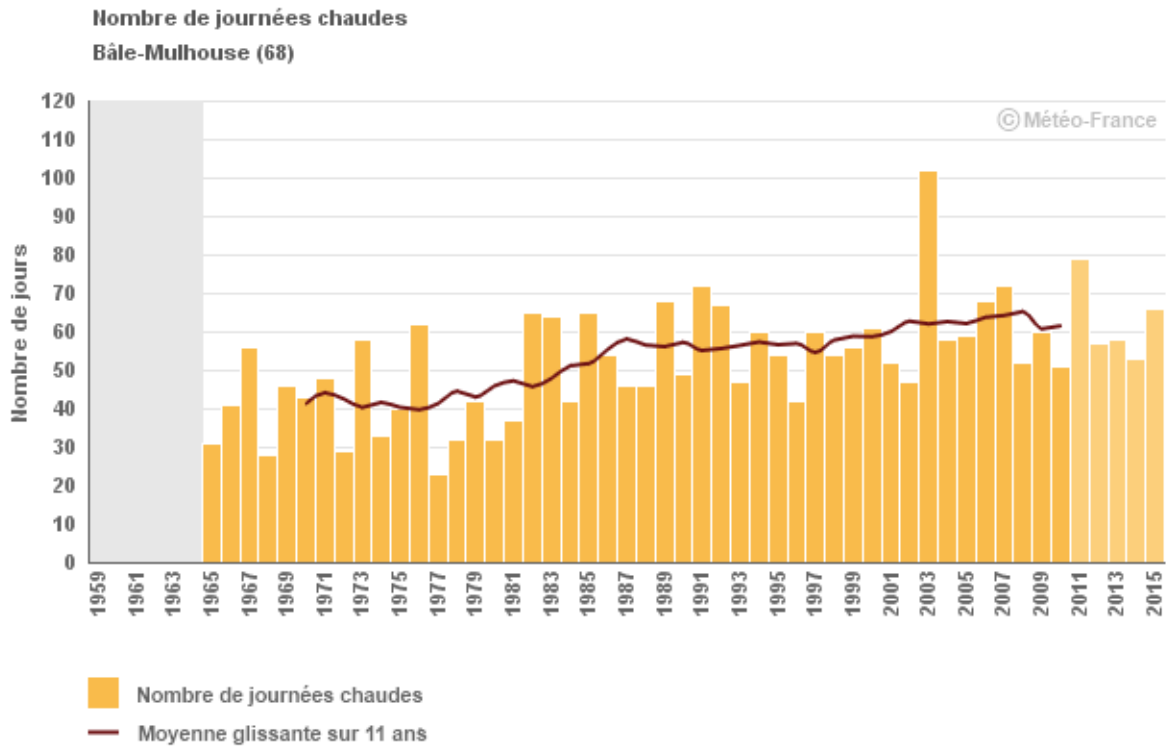
# 1

# CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

## Nombre de jours estivaux par an (j Tmax ≥ 25°C)







## Nombre de jours estivaux par an (j Tmax ≥ 25°C)

	Tendance du nombre de jours estivaux en Nb de jour/décennie	Coefficient de détermination (R <sup>2</sup> )
Juniville (08)	2,18 ± 1,47 J estiv./dec <sup>ns</sup>	0,30
Bouy-sur-Orvin (10)	5,08 ± 1,53 J estiv./dec <sup>**</sup>	0,20
Langres (52)	4,85 ± 1,15 J estiv./dec <sup>***</sup>	0,25
Saint-Dizier (52)	3,55 ± 1,13 J estiv./dec <sup>**</sup>	0,05
Nancy-Essey (54)	4,67 ± 1,02 J estiv./dec <sup>***</sup>	0,27
Nancy-Ochey (54)	4,31 ± 1,17 J estiv./dec <sup>***</sup>	0,26
Erneville-aux-Bois (55)	4,19 ± 0,97 J estiv./dec <sup>***</sup>	0,09
Metz-Frescaty (Aigny) (57)	4,65 ± 1,06 J estiv./dec <sup>***</sup>	0,27
Strasbourg-Entzheim (67)	5,72 ± 1,48 J estiv./dec <sup>***</sup>	0,22
Bâle-Mulhouse (68)	5,94 ± 1,38 J estiv./dec <sup>***</sup>	0,15
Mulhouse (68)	2,70 ± 1,23 J estiv./dec <sup>*</sup>	0,27

Note : ns= non significatif; \*= significatif à P<0,05; \*\*= significatif à P<0,01; \*\*\*= significatif à P<0,001

### Analyse

Pour 10 des 11 sites étudiés, on observe une nette augmentation du nombre annuel de jours estivaux. Cette augmentation est tout à fait cohérente avec l'augmentation des températures moyennes annuelles (cf. fiche "Température moyenne annuelle"). Les profils de cette augmentation sont relativement divers et l'importance relative du phénomène varie fortement.

Quelques compléments peuvent être apportés :

- Les tendances (ajustement linéaire) observées sur l'ensemble de la période varient de +2,7 à +6,0 jours estivaux par décennie.
- La variabilité interannuelle ne semble pas évoluer fortement entre le début et la fin de la période d'observation.

Ces résultats ne permettent pas de connaître la répartition intraannuelle de ces journées chaudes.

Pour l'agriculture régionale, cette augmentation des jours estivaux renvoie potentiellement à trois types de conséquences :

- Des risques de stress thermique et plus spécifiquement d'échaudage au printemps et en été.
- A l'automne, l'augmentation du nombre de jours chauds affecte la viticulture ; lors des vendanges, une température élevée des raisins peut favoriser une fermentation non désirée une fois le raisin en cuve.
- Le nombre de jours par an à forte évapotranspiration s'accroît en raison de la relation étroite entre température et évapotranspiration : la menace du stress hydrique se combine au stress thermique.



## Nombre de jours estivaux par an (j Tmax ≥ 25°C)

---

### A RETENIR

Le nombre de jours estivaux par an a nettement augmenté en Grand Est au cours des 50 dernières années : de 3 à 6 jours par décennie pour les sites étudiés, soit une augmentation atteignant parfois + 50 % sur cette période.

Les incidences de ces jours estivaux sur l'agriculture régionale sont multiples et nécessitent un examen détaillé de la répartition intra annuelle des augmentations observées.



## Cumul annuel de précipitations

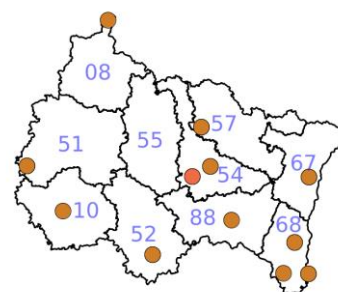
### 🔑 Nature et source des données

Séries homogénéisées (corrigées des biais et ruptures de mesure : changement d'opérateur, changement de capteur, modification de l'environnement, déplacement de station).

Données fournies par Météo-France. Les dernières années de certaines séries sont des données brutes n'ayant pas encore fait l'objet d'homogénéisation. Elles sont représentées en teinte plus claire sur les graphiques.

### 🕒 Indicateur

Ham-sur-Meuse (08) :	1959 - 2011 (2012 - 2015 en données brutes)
Troyes-Barbercy (10) :	1959 - 2012 (2013 - 2015 en données brutes)
Esternay (51) :	1959 - 2012 (2013 - 2015 en données brutes)
Langres (52) :	1959 - 2012 (2013 - 2015 en données brutes)
Nancy-Essey (54) :	1959 - 2014 (2015 en données brutes)
Nancy-Ochey (54) :	1959 - 2014 (2015 en données brutes)
Metz-Frescaty (Aigny) (57) :	1959 - 2014 (2015 en données brutes)
Strasbourg-Entzheim (67) :	1959 - 2010 (2011 - 2015 en données brutes)
Bâle-Mulhouse (68) :	1959 - 2010 (2011 - 2015 en données brutes)
Carspach (68) :	1959 - 2013 (2014 - 2015 en données brutes)
Colmar-Meyenheim (68) :	1959 - 2010 (2011 - 2015 en données brutes)
Epinal (88) :	1959 - 2011 (2012 - 2015 en données brutes)



### 📊 Calcul de l'indicateur

Les cumuls des précipitations journalières sont sommés du 1<sup>er</sup> janvier au 31 décembre de chaque année. Moyenne glissante sur 11 ans : pour l'année N, il s'agit de la moyenne des années N-5 à N+5.

### 📈 Évolution observée

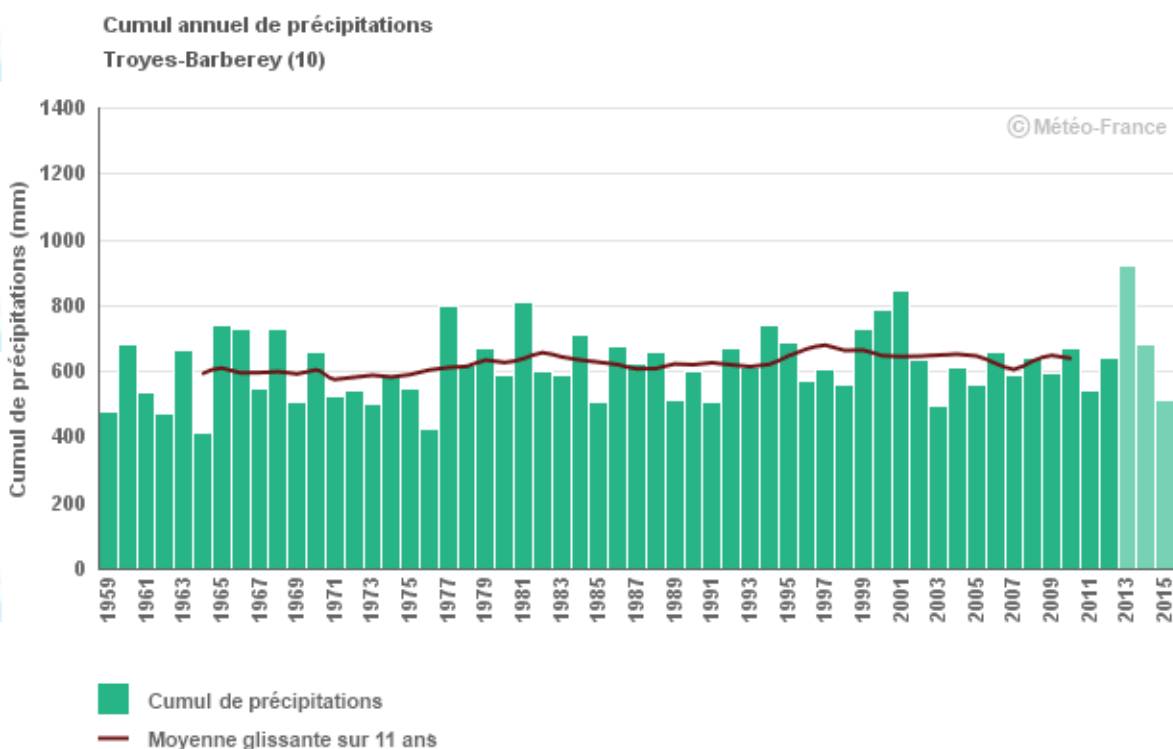
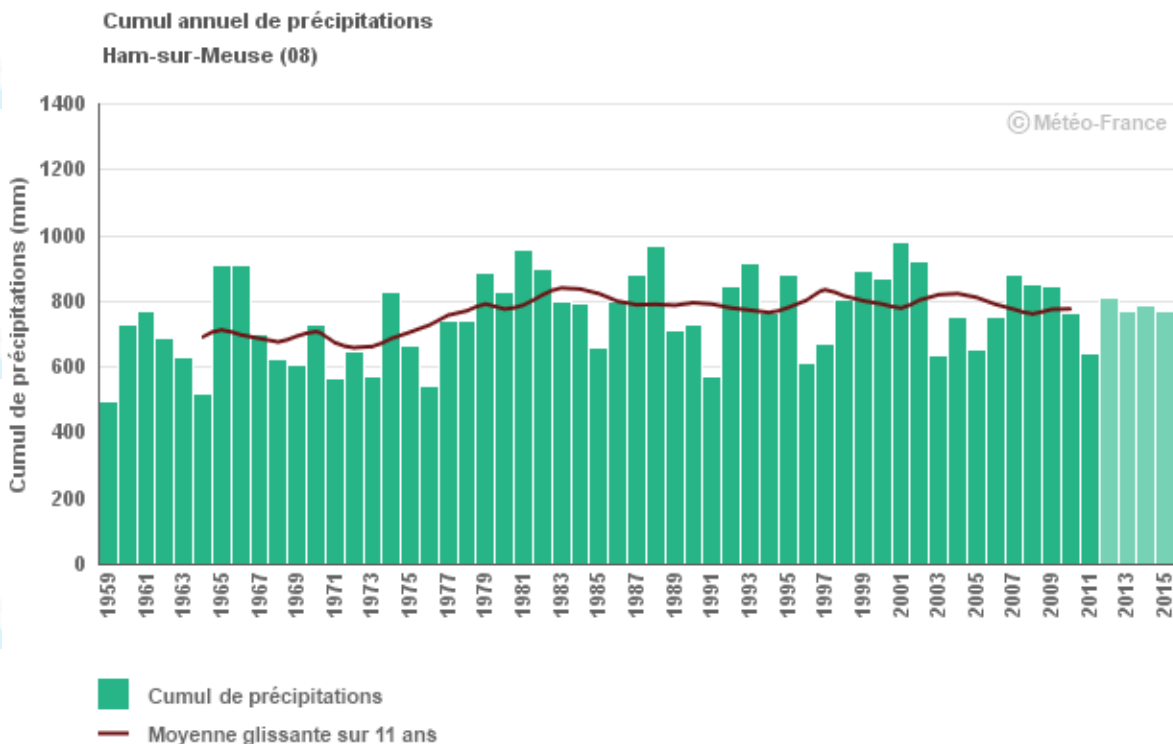
# 1

# CHANGEMENT CLIMATIQUE



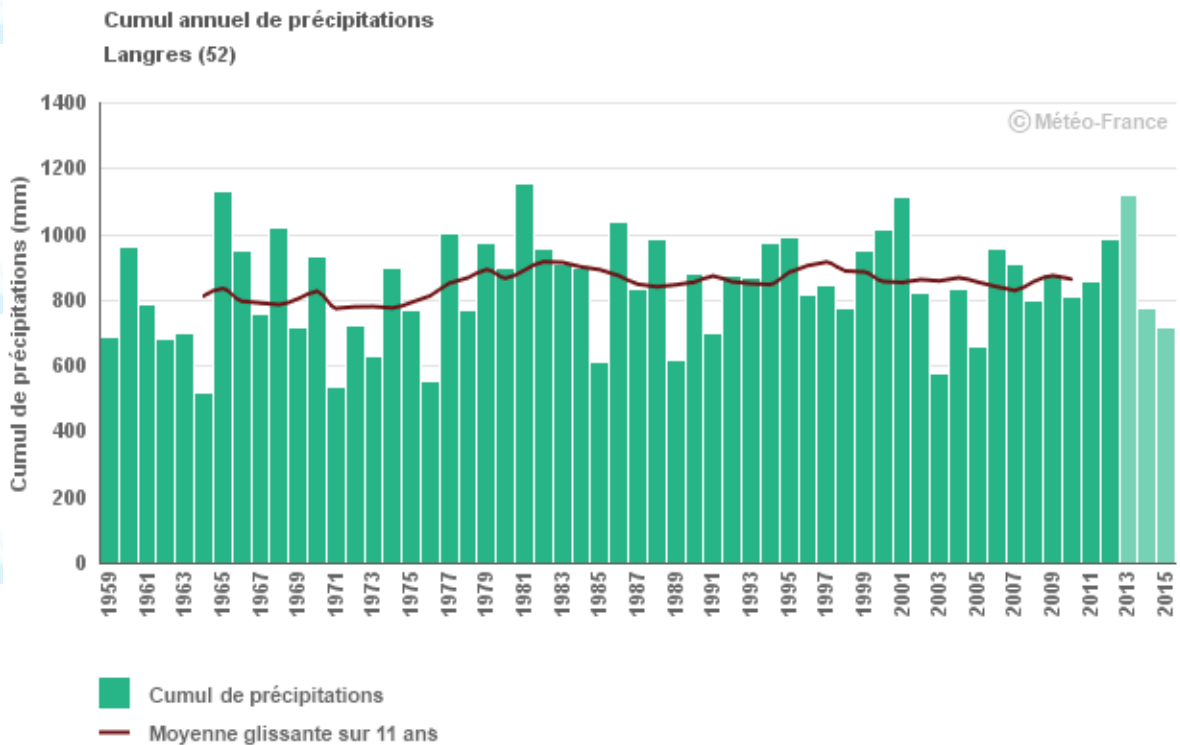
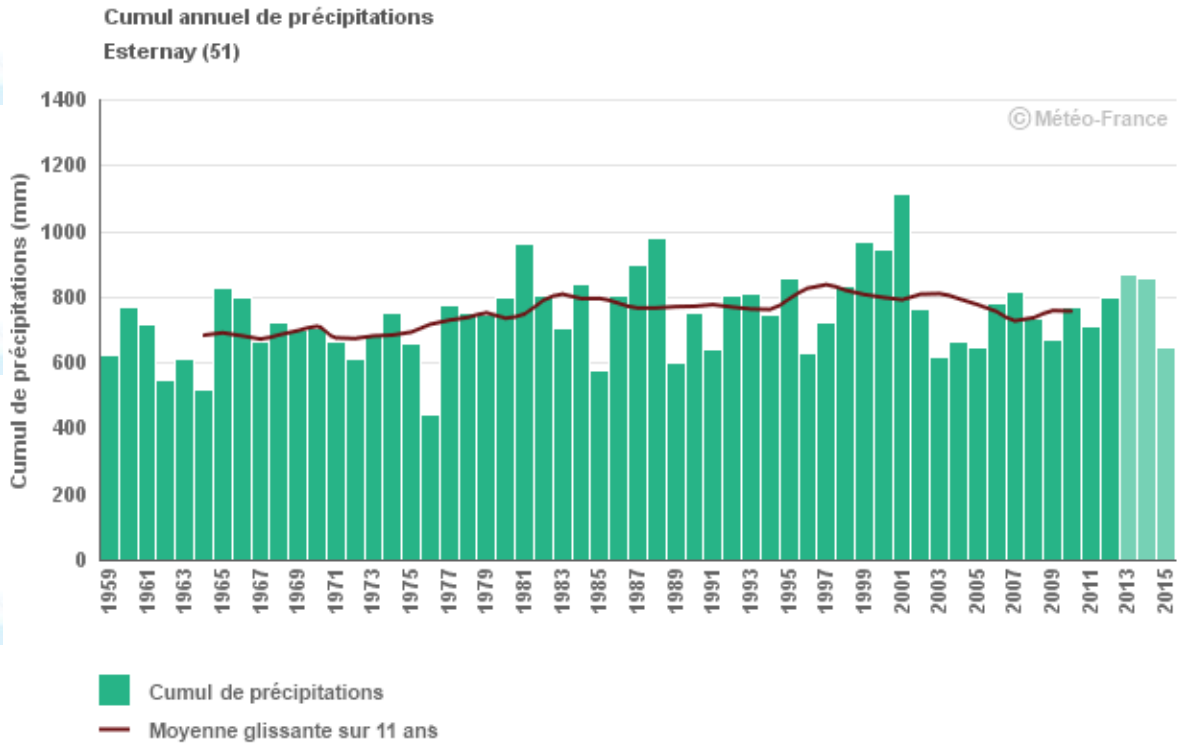
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

## Cumul annuel de précipitations



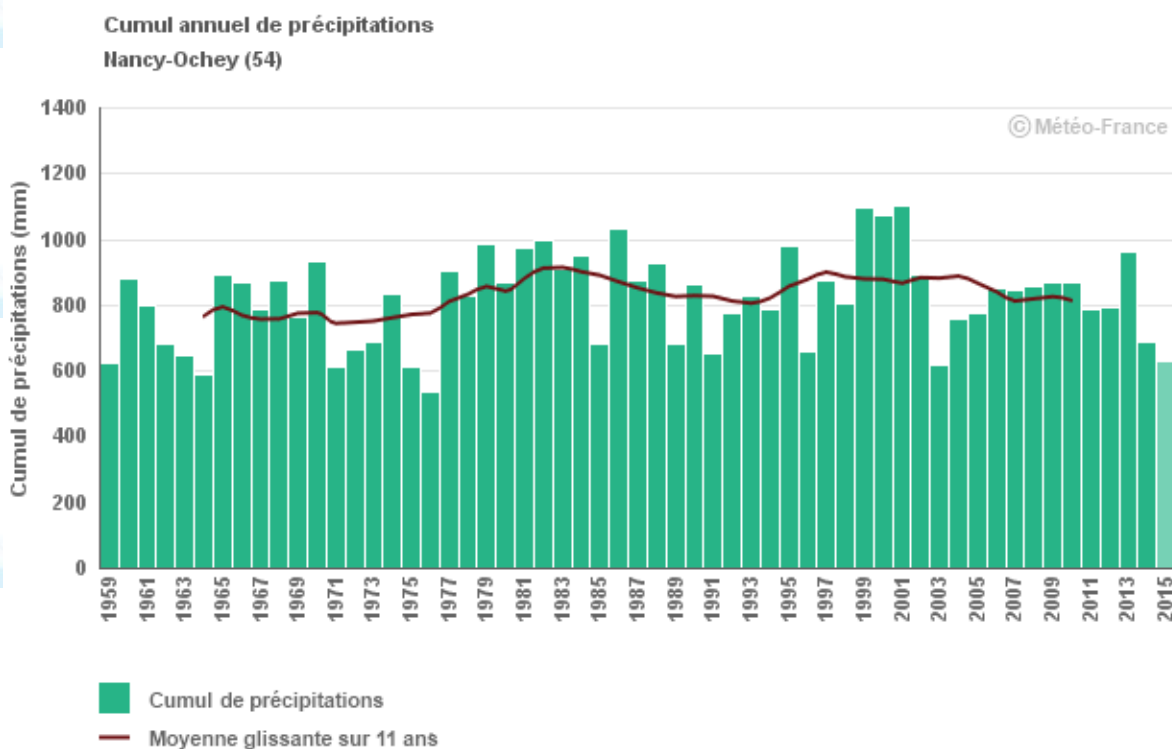
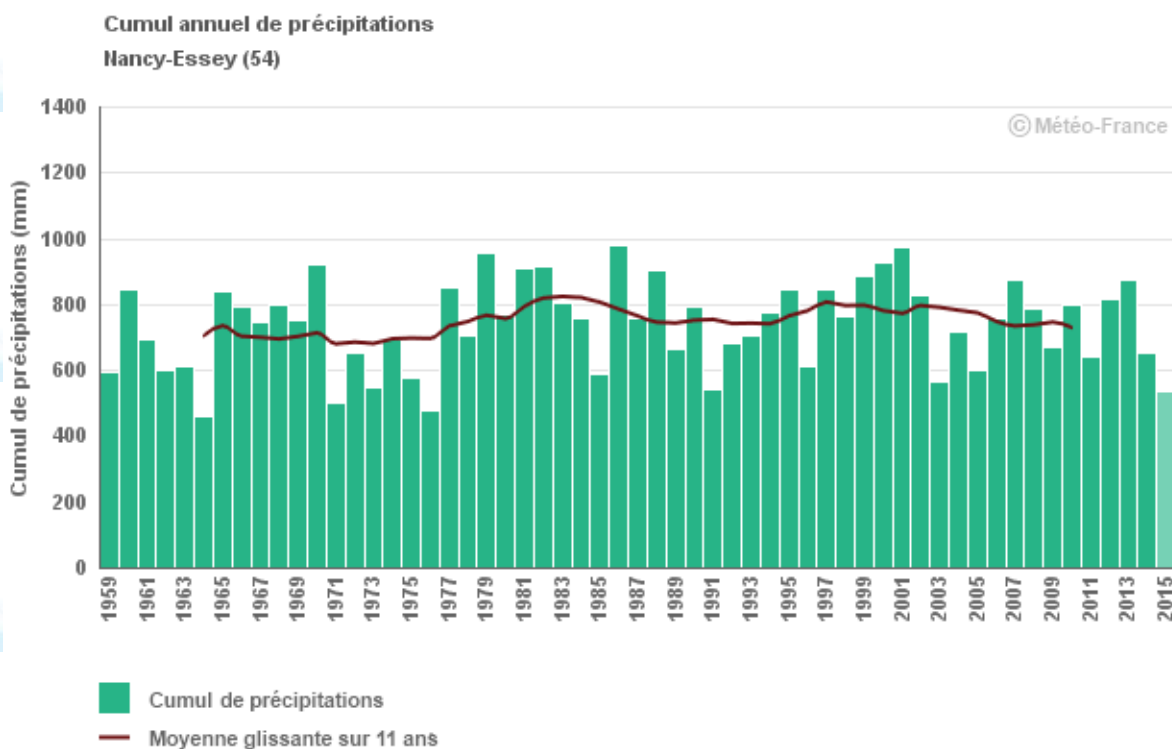


## Cumul annuel de précipitations



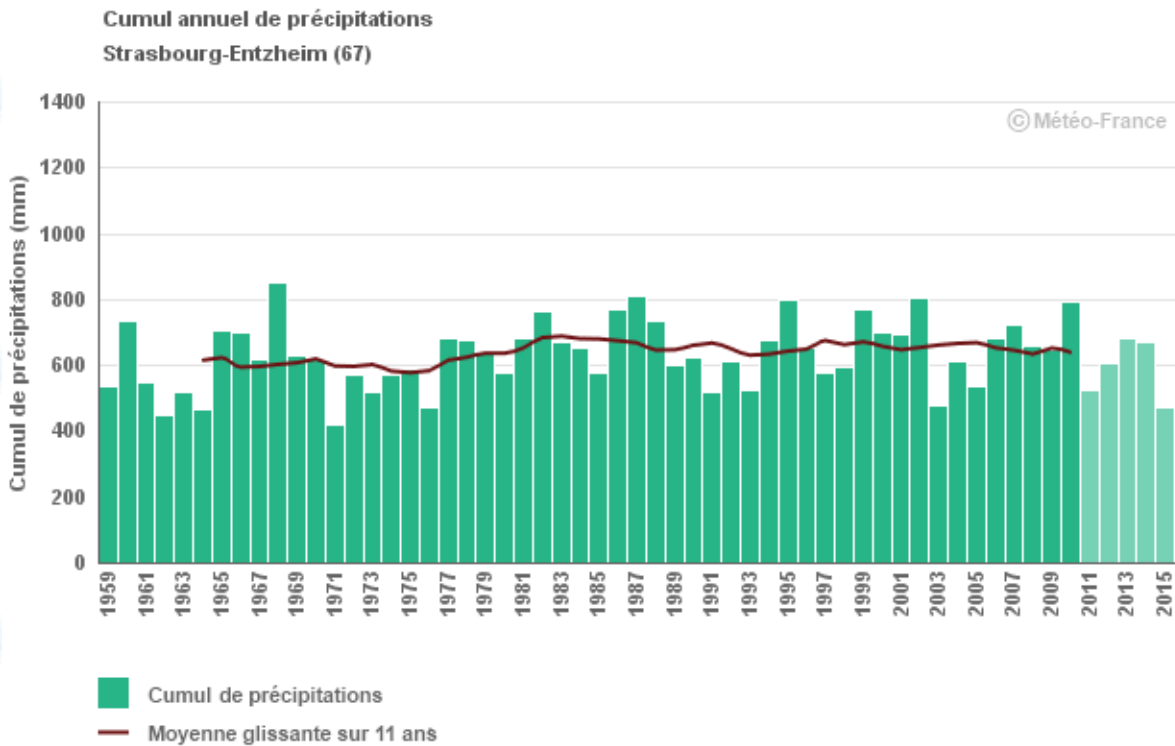
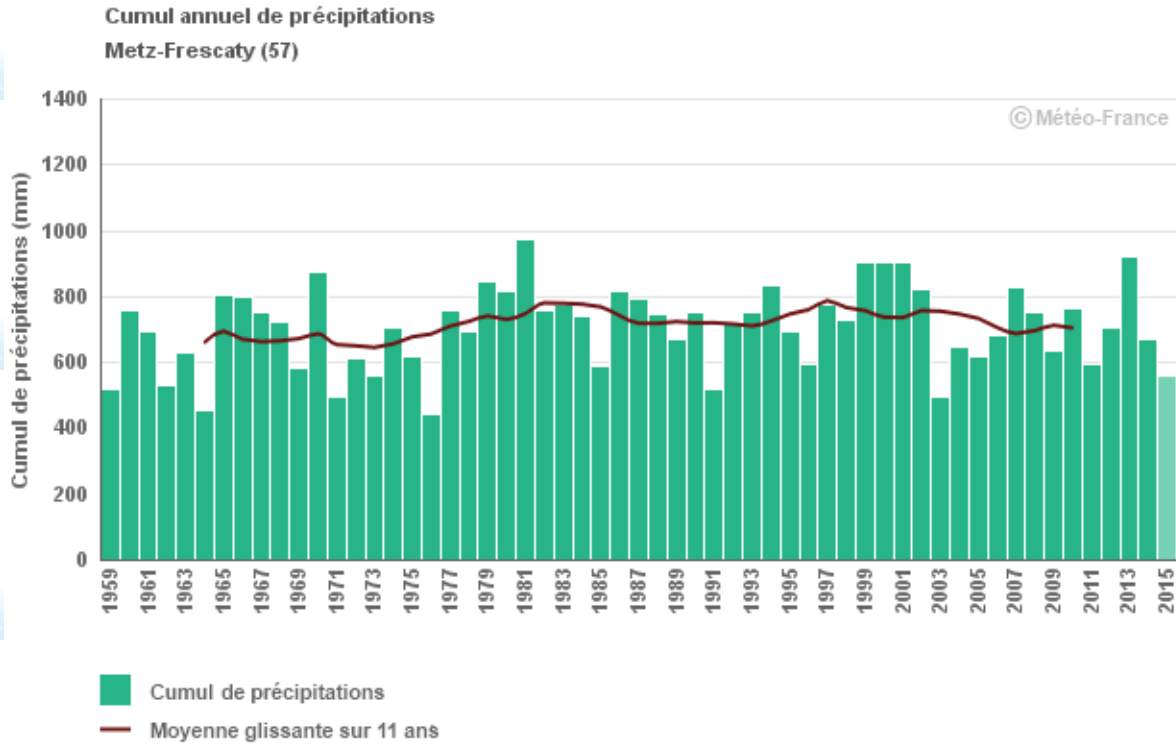


## Cumul annuel de précipitations





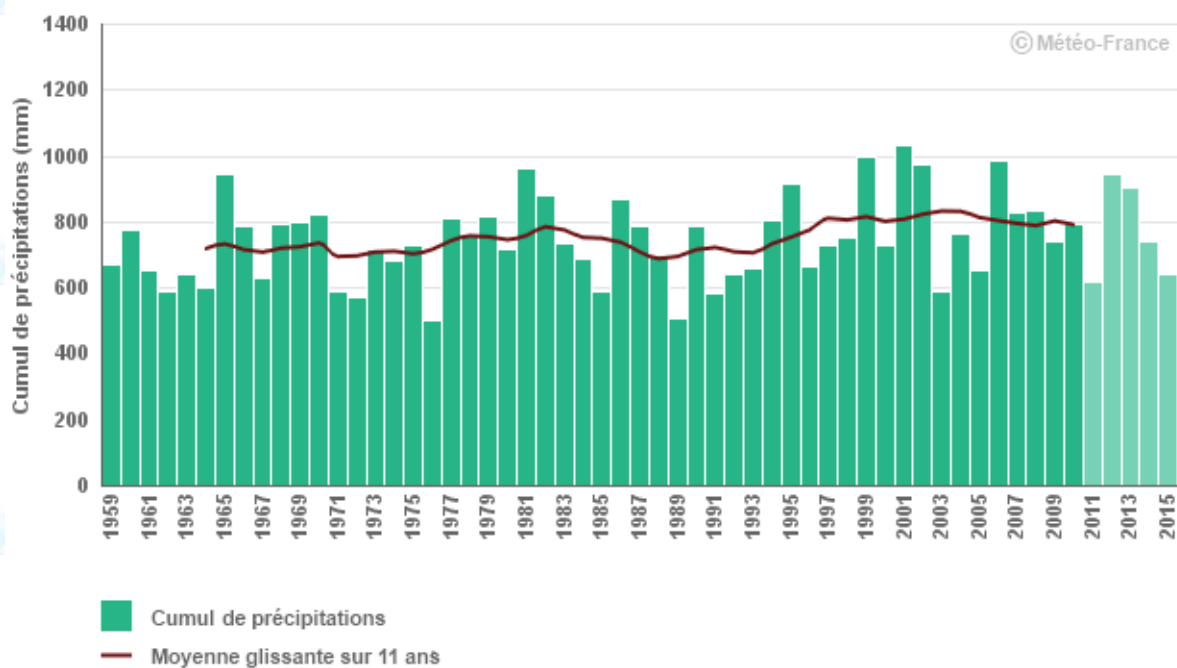
## Cumul annuel de précipitations



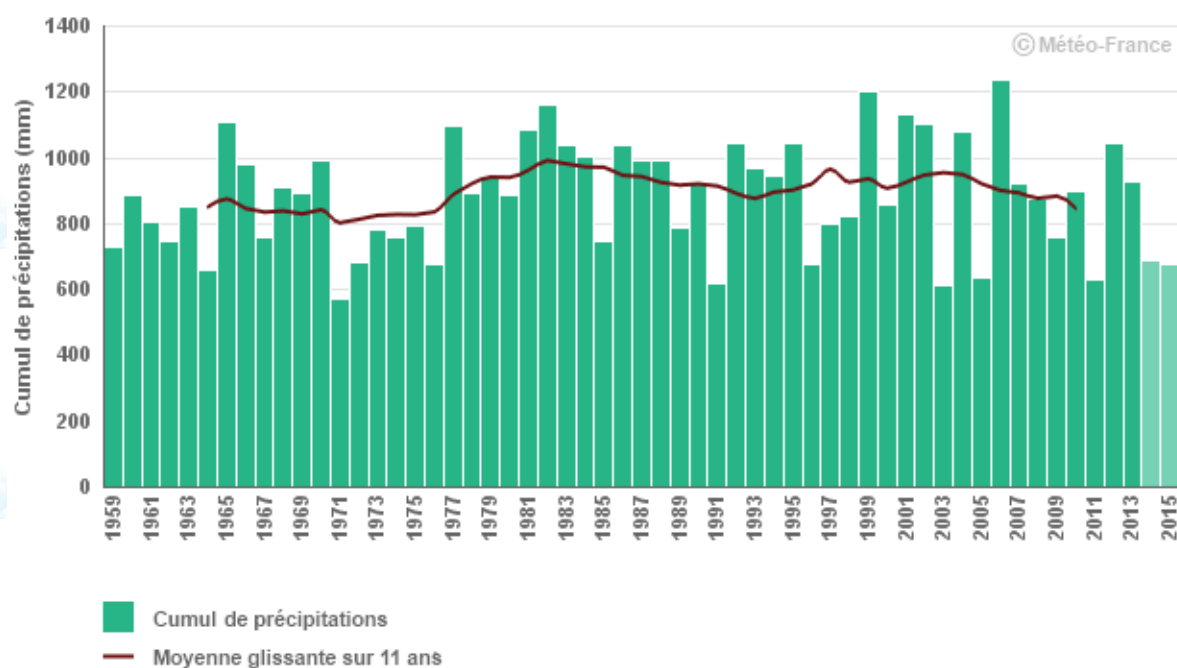


## Cumul annuel de précipitations

Cumul annuel de précipitations  
Bâle-Mulhouse (68)



Cumul annuel de précipitations  
Carspach (68)

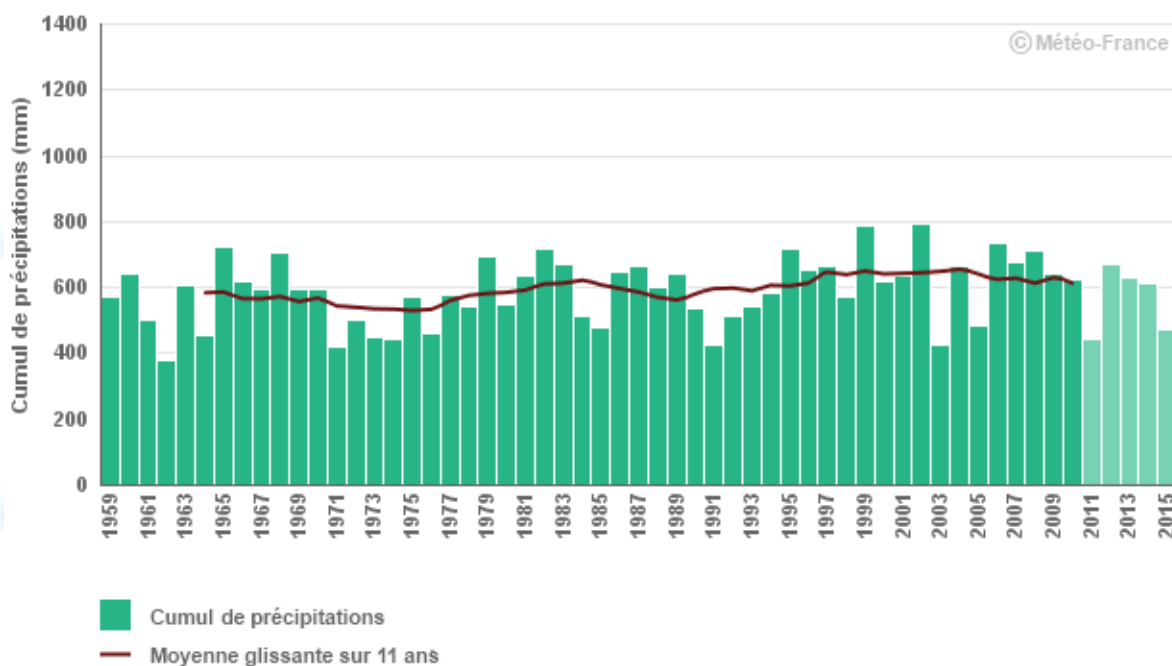




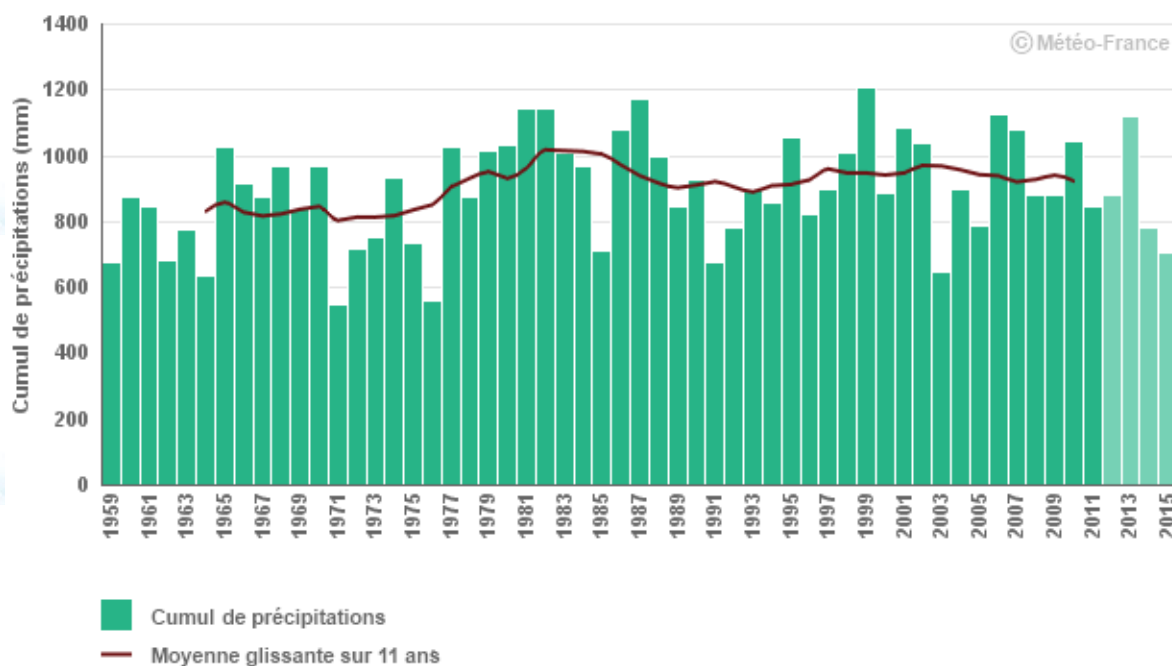


## Cumul annuel de précipitations

Cumul annuel de précipitations  
Colmar-Meyenheim (68)

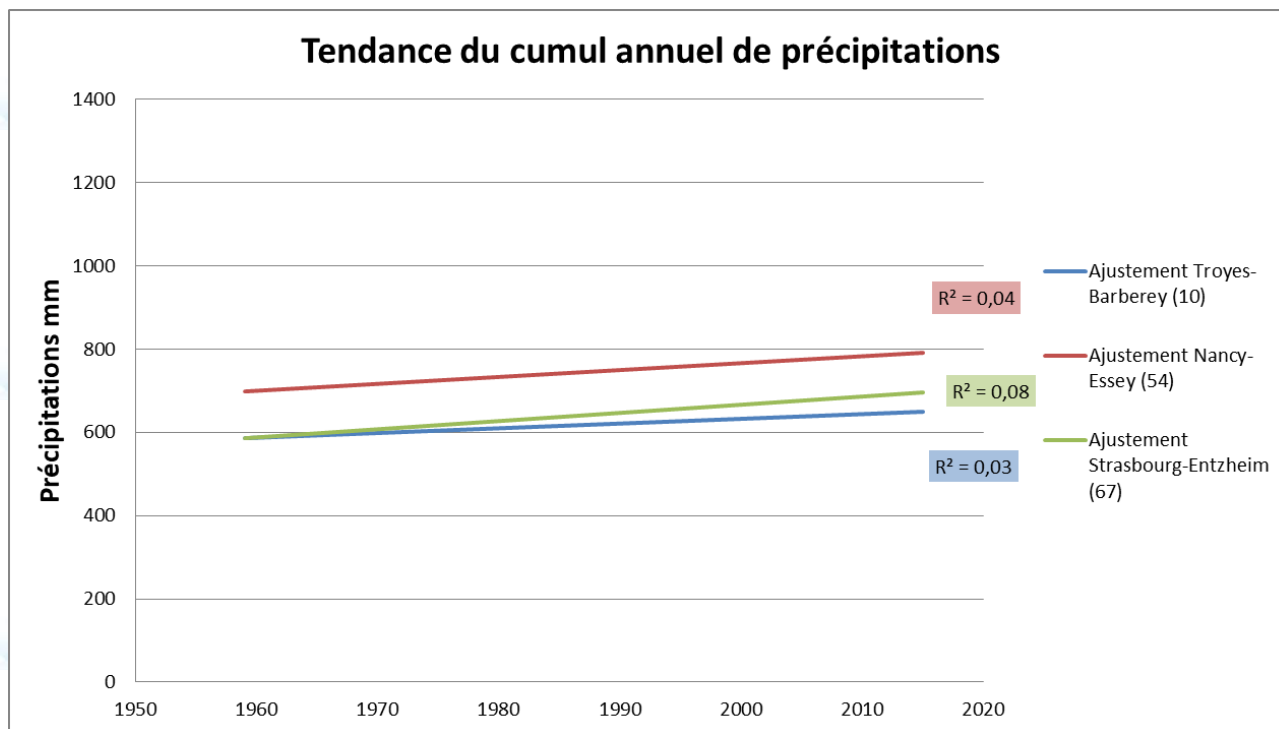


Cumul annuel de précipitations  
Epinal (88)





## Cumul annuel de précipitations



	Evolution des cumuls de précipitation annuels (mm/décennie)	Coefficient de détermination ( $R^2$ )
Ham-sur-Meuse (08)	$26,7 \pm 10,82$ mm/dec*	0,11
Troyes-Barberey (10)	$11,51 \pm 8,43$ mm/dec <sup>ns</sup>	0,03
Esternay (51)	$23,72 \pm 10,26$ mm/dec*	0,09
Langres (52)	$17,18 \pm 13,37$ mm/dec <sup>ns</sup>	0,03
Nancy-Essey (54)	$16,32 \pm 10,81$ mm/dec <sup>ns</sup>	0,04
Nancy-Ochey (54)	$20,41 \pm 10,95$ mm/dec <sup>ns</sup>	0,06
Metz-Frescaty (Auguay) (57)	$16,97 \pm 10,09$ mm/dec <sup>ns</sup>	0,05
Strasbourg-Entzheim (67)	$19,72 \pm 9,17$ mm/dec*	0,08
Bâle-Mulhouse (68)	$24,01 \pm 11,44$ mm/dec*	0,08
Carspach (68)	$17,71 \pm 14,04$ mm/dec <sup>ns</sup>	0,03
Colmar-Meyenheim (68)	$21,67 \pm 8,77$ mm/dec*	0,11
Epinal (88)	$31,72 \pm 13,71$ mm/dec*	0,10

Note : ns= non significatif; \*= significatif à  $P < 0,05$ ; \*\*= significatif à  $P < 0,01$ ; \*\*\*= significatif à  $P < 0,001$



## Cumul annuel de précipitations

### Analyse

L'historique des cumuls annuels de précipitations sur les 12 sites répartis en Grand Est depuis le début des années 1960 ne montre de tendance linéaire significative que pour la moitié d'entre eux. Ces tendances sont toutes orientées à la hausse et comprises entre +20 et +32 mm par décennie (soit +160 mm ou +20 % en 50 ans à Epinal (88)).

Les tendances observées pour le cumul annuel des précipitations sont d'une amplitude largement plus faible que les variations interannuelles, qui peuvent dépasser les 400 mm entre 2 années consécutives. Cependant on remarquera la relative homogénéité des valeurs de tendance observées en différents points du territoire.

Ces valeurs ne nous fournissent pas d'indication sur la répartition des précipitations au cours de l'année, alors que c'est un élément déterminant pour l'évolution des cultures.

#### A RETENIR

L'évolution tendancielle des précipitations depuis 1950 est légèrement à la hausse lorsqu'elle est significative et relativement homogène sur le territoire du Grand Est.

Cependant cette hausse globale semble plutôt concentrée sur les 25 premières années.

C'est actuellement une situation de précipitations annuelles relativement stables que nous vivons, sans cependant échapper à de fortes disparités interannuelles.

Néanmoins, le fait de considérer des cumuls annuels globaux peut masquer des tendances différentes pour chacune des saisons, d'où l'importance d'étudier également l'évolution des précipitations saisonnières (cf. fiche "Cumul saisonnier des précipitations")

### Pour en savoir plus

MOISSELIN J-M., SCHNEIDER M., CANELLAS C., MESTRE O. (2002) Les changements climatiques en France au XX<sup>ème</sup> siècle : étude des longues séries homogénéisées de données de température et de précipitations, La Météorologie, n°38, 45-57



## Cumul saisonnier de précipitations

### 🔑 Nature et source des données

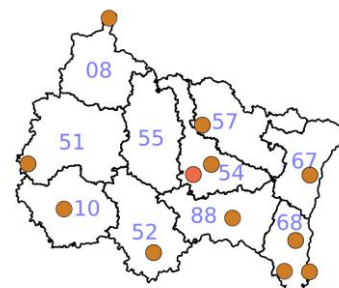
Séries homogénéisées (corrigées des biais et ruptures de mesure : changement d'opérateur, changement de capteur, modification de l'environnement, déplacement de station).

Données fournies par Météo-France. Les dernières années de certaines séries sont des données brutes n'ayant pas encore fait l'objet d'homogénéisation. Elles sont représentées en teinte plus claire sur les graphiques.

### 🕒 Indicateur

Le présent document ne permet pas de présenter de façon exhaustive les données (4 saisons par station) de chaque station (12 stations) au risque d'un alourdissement excessif. Les données des stations de Troyes-Barbère (10), Nancy-Essey (54) et Strasbourg-Entzheim (67) sont les seules présentées graphiquement mais l'analyse de tendance qui suit est faite sur les résultats obtenus sur l'ensemble des stations.

Ham-sur-Meuse (08) :	1959 - 2011 (2012 - 2015 en données brutes)
<b>Troyes Barbère (10) :</b>	<b>1959 - 2012 (2013 - 2015 en données brutes)</b>
Esternay (51) :	1959 - 2012 (2013 - 2015 en données brutes)
Langres (52) :	1959 - 2012 (2013 - 2015 en données brutes)
<b>Nancy-Essey (54) :</b>	<b>1959 - 2014 (2015 en données brutes)</b>
Nancy-Ochey (54) :	1959 - 2014 (2015 en données brutes)
Metz-Frescaty (Augny) (57) :	1959 - 2014 (2015 en données brutes)
<b>Strasbourg-Entzheim (67) :</b>	<b>1959 - 2010 (2011 - 2015 en données brutes)</b>
Bâle-Mulhouse (68) :	1959 - 2010 (2011 - 2015 en données brutes)
Carspach (68) :	1959 - 2013 (2014 - 2015 en données brutes)
Colmar-Meyenheim (68) :	1959 - 2010 (2011 - 2015 en données brutes)
Epinal (88) :	1959 - 2011 (2012 - 2015 en données brutes)



### 📊 Calcul de l'indicateur

Cumul trimestriel des précipitations journalières selon un découpage des saisons utilisé par les climatologues :

- Hiver : Décembre - Janvier - Février
- Printemps : Mars - Avril - Mai
- Été : Juin - Juillet - Aout
- Automne : Septembre – Octobre - Novembre

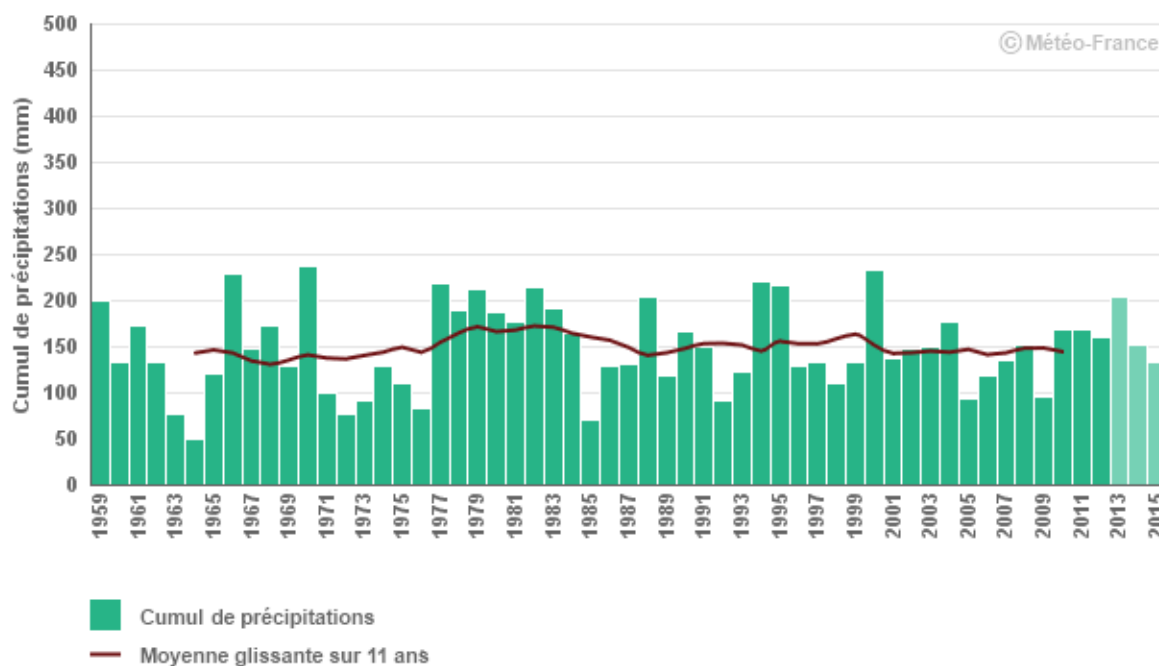
Moyenne glissante sur 11 ans : pour l'année N, il s'agit de la moyenne des années N-5 à N+5.



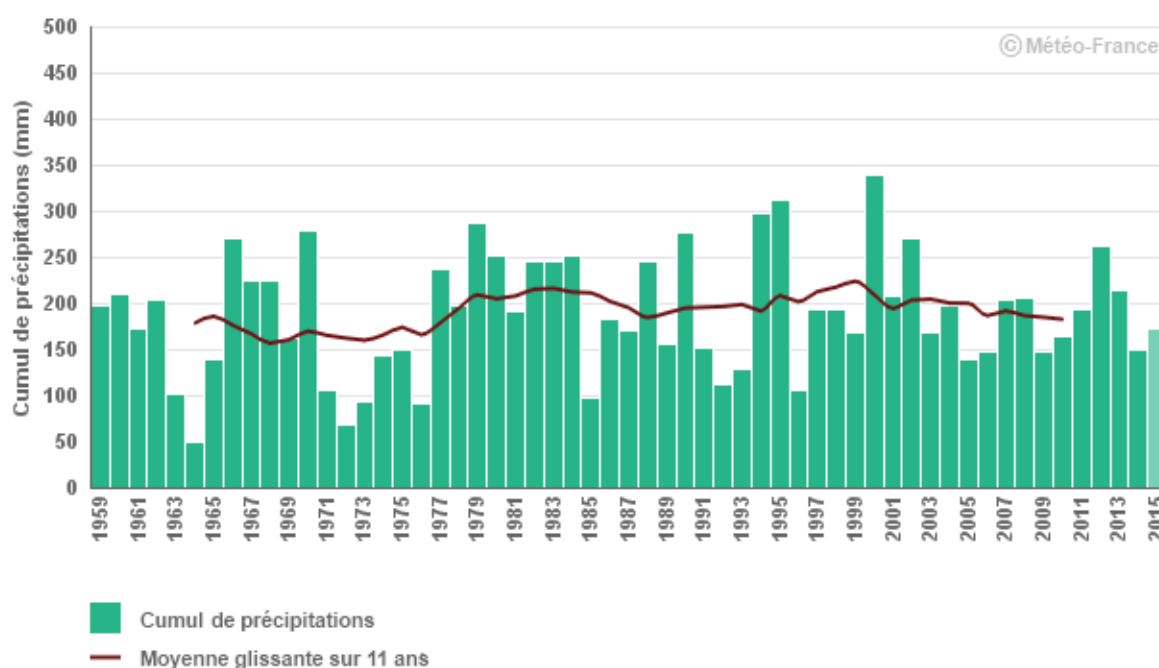
## Cumul saisonnier de précipitations

### Évolution observée en hiver : Décembre à Février

Cumul hivernal de précipitations  
Troyes-Barberey (10)



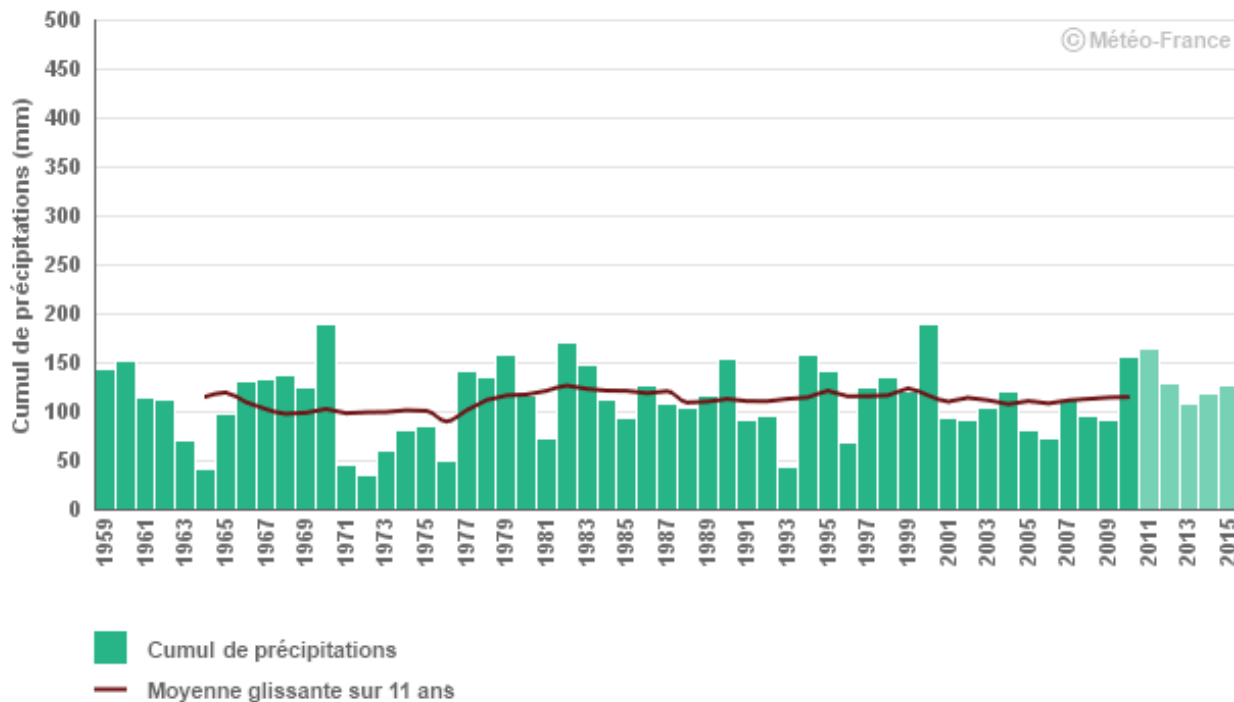
Cumul hivernal de précipitations  
Nancy-Essey (54)



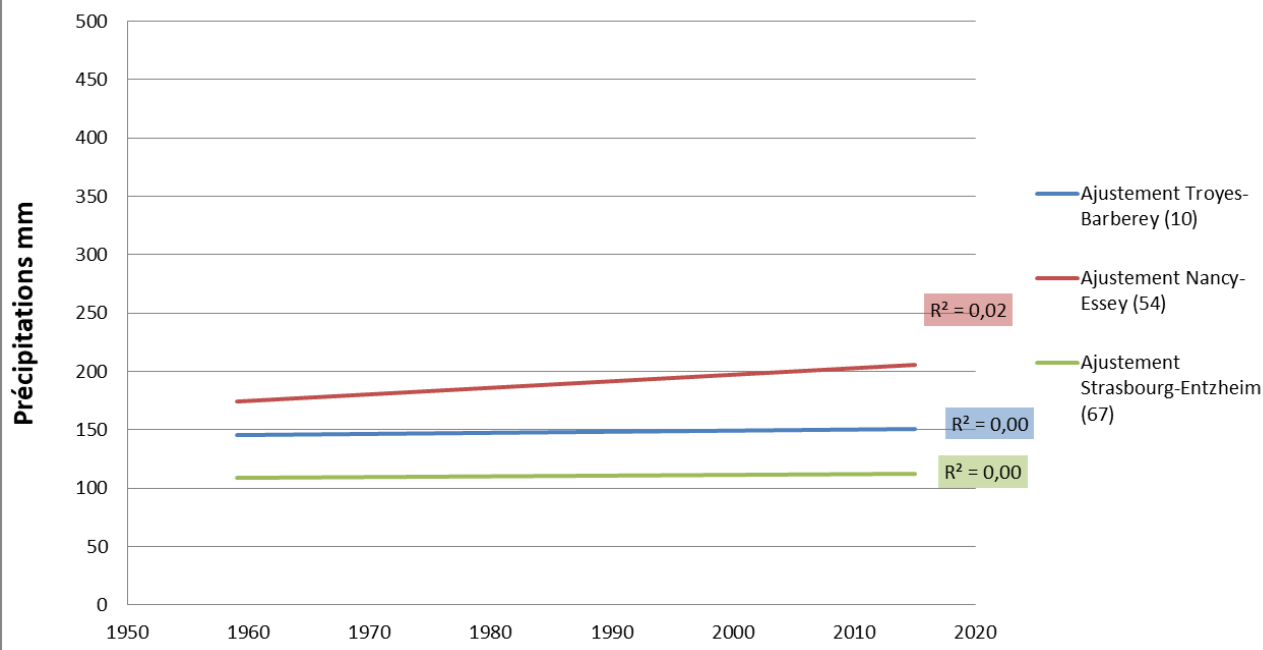


## Cumul saisonnier de précipitations

Cumul hivernal de précipitations  
Strasbourg-Entzheim (67)



Tendance du cumul hivernal de précipitations





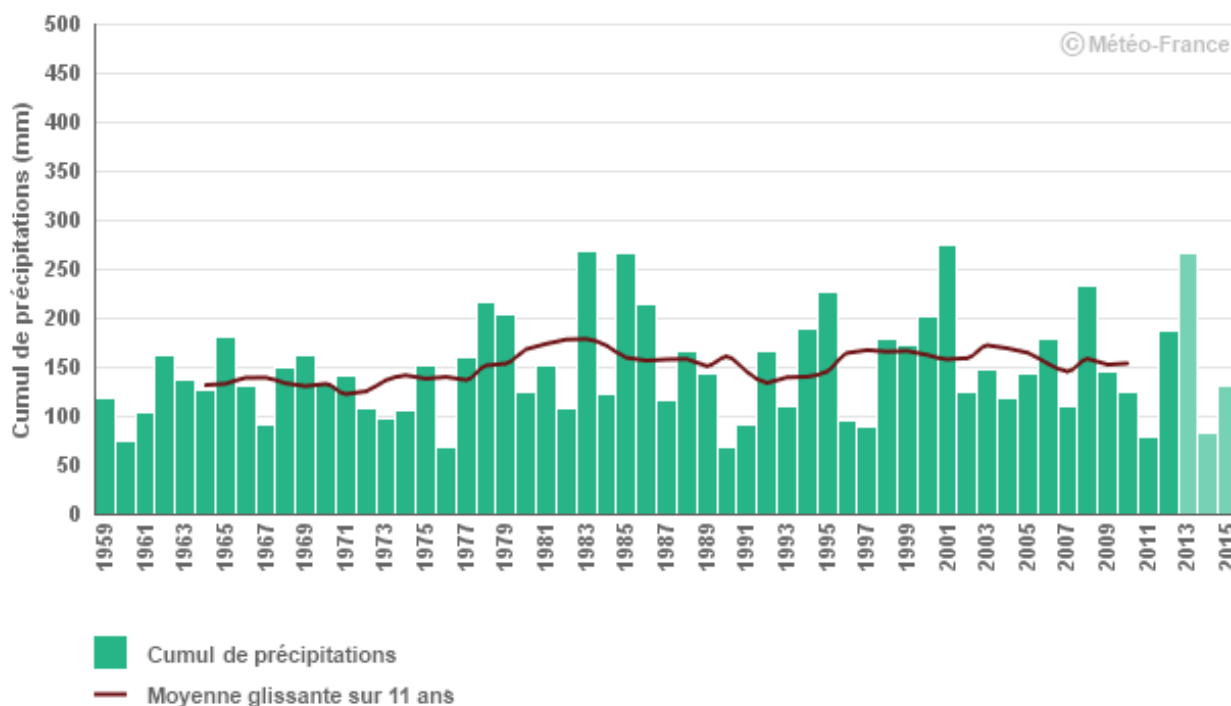
## Cumul saisonnier de précipitations

	Evolution des cumuls hivernaux de précipitation (mm/décennie)	Coefficient de détermination (R <sup>2</sup> )
Ham-sur-Meuse (08)	10,00 ± 5,42 mm/dec <sup>ns</sup>	0,06
Troyes-Barberey (10)	0,90 ± 3,95 mm/dec <sup>ns</sup>	0,00
Esternay (51)	9,61 ± 4,76 mm/dec <sup>ns</sup>	0,07
Langres (52)	3,37 ± 6,30 mm/dec <sup>ns</sup>	0,01
Nancy-Essey (54)	5,68 ± 5,33 mm/dec <sup>ns</sup>	0,02
Nancy-Ochey (54)	4,35 ± 5,86 mm/dec <sup>ns</sup>	0,01
Metz-Frescaty (Aigny) (57)	7,98 ± 5,14 mm/dec <sup>ns</sup>	0,04
Strasbourg-Entzheim (67)	0,57 ± 3,25 mm/dec <sup>ns</sup>	0,00
Bâle-Mulhouse (68)	-1,01 ± 4,70 mm/dec <sup>ns</sup>	0,00
Carspach (68)	0,37 ± 6,69 mm/dec <sup>ns</sup>	0,00
Colmar-Meyenheim (68)	0,83 ± 3,81 mm/dec <sup>ns</sup>	0,00
Epinal (88)	1,04 ± 6,69 mm/dec <sup>ns</sup>	0,00

Note : ns= non significatif; \*= significatif à P<0,05; \*\*= significatif à P<0,01; \*\*\*= significatif à P<0,001

### Evolution observée au printemps : Mars à Mai

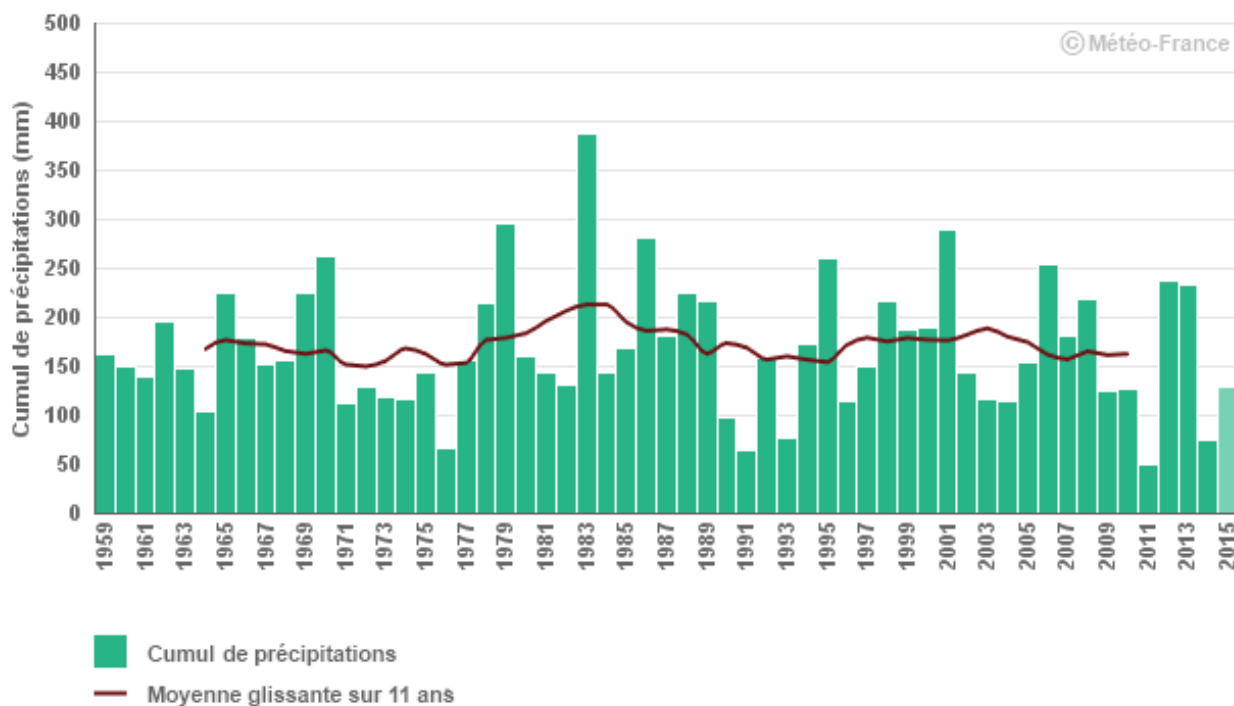
Cumul printanier de précipitations  
Troyes-Barberey (10)



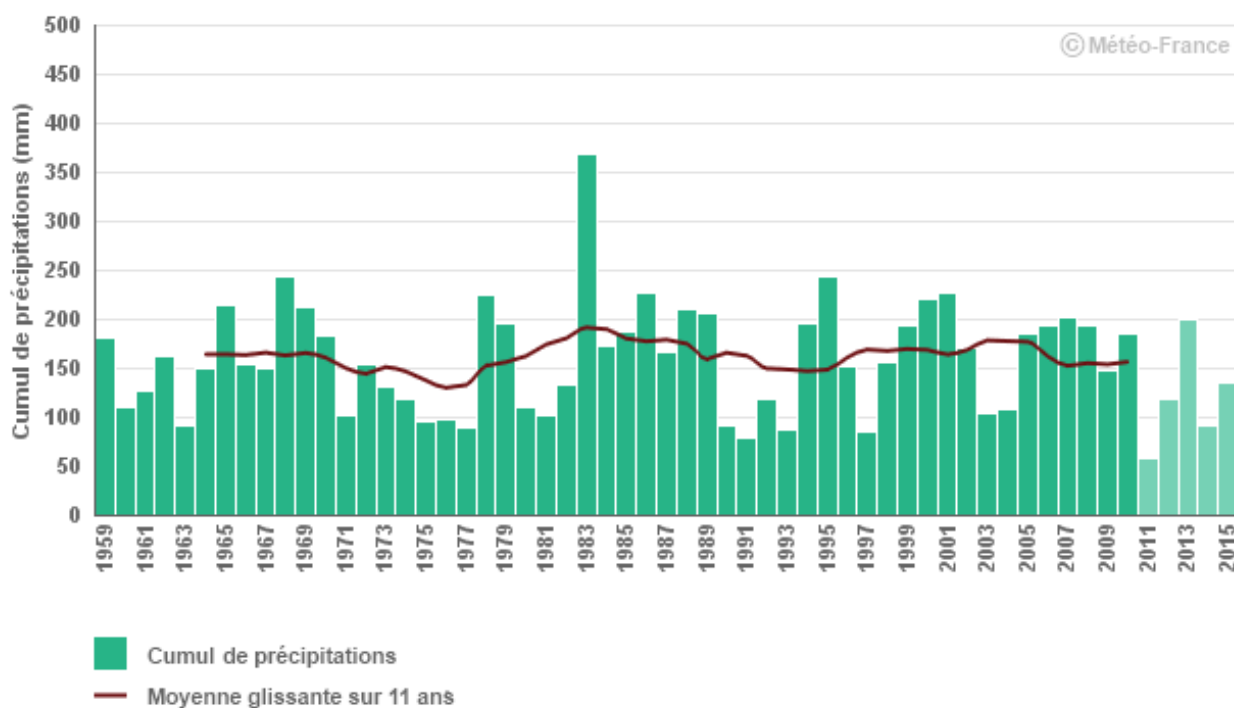


## Cumul saisonnier de précipitations

Cumul printanier de précipitations  
Nancy-Essey (54)



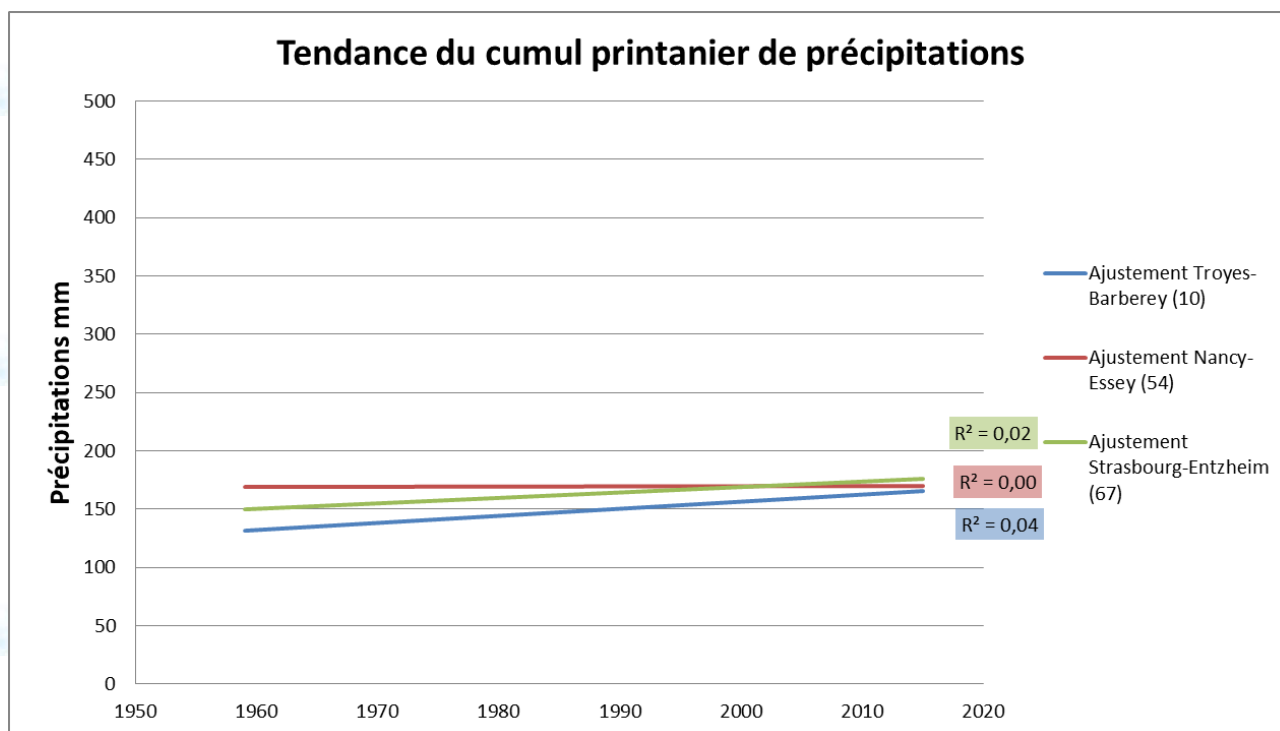
Cumul printanier de précipitations  
Strasbourg-Entzheim (67)







## Cumul saisonnier de précipitations



	Evolution des cumuls printaniers de précipitations (mm/décennie)	Coefficient de détermination (R <sup>2</sup> )
Ham-sur-Meuse (08)	6,58 ± 4,36 mm/dec <sup>ns</sup>	0,02
Troyes-Barbère (10)	5,93 ± 4,22 mm/dec <sup>ns</sup>	0,00
Esternay (51)	4,00 ± 4,46 mm/dec <sup>ns</sup>	0,01
Langres (52)	0,62 ± 6,34 mm/dec <sup>ns</sup>	0,01
Nancy-Essey (54)	0,04 ± 5,47 mm/dec <sup>ns</sup>	0,02
Nancy-Ochey (54)	2,48 ± 6,13 mm/dec <sup>ns</sup>	0,04
Metz-Frescaty (Auguay) (57)	-1,60 ± 4,61 mm/dec <sup>ns</sup>	0,00
Strasbourg-Entzheim (67)	4,32 ± 4,8 mm/dec <sup>ns</sup>	0,00
Bâle-Mulhouse (68)	6,23 ± 6,03 mm/dec <sup>ns</sup>	0,00
Carspach (68)	-0,19 ± 6,79 mm/dec <sup>ns</sup>	0,00
Colmar-Meyenheim (68)	2,66 ± 4,95 mm/dec <sup>ns</sup>	0,02
Epinal (88)	3,87 ± 6,76 mm/dec <sup>ns</sup>	0,04

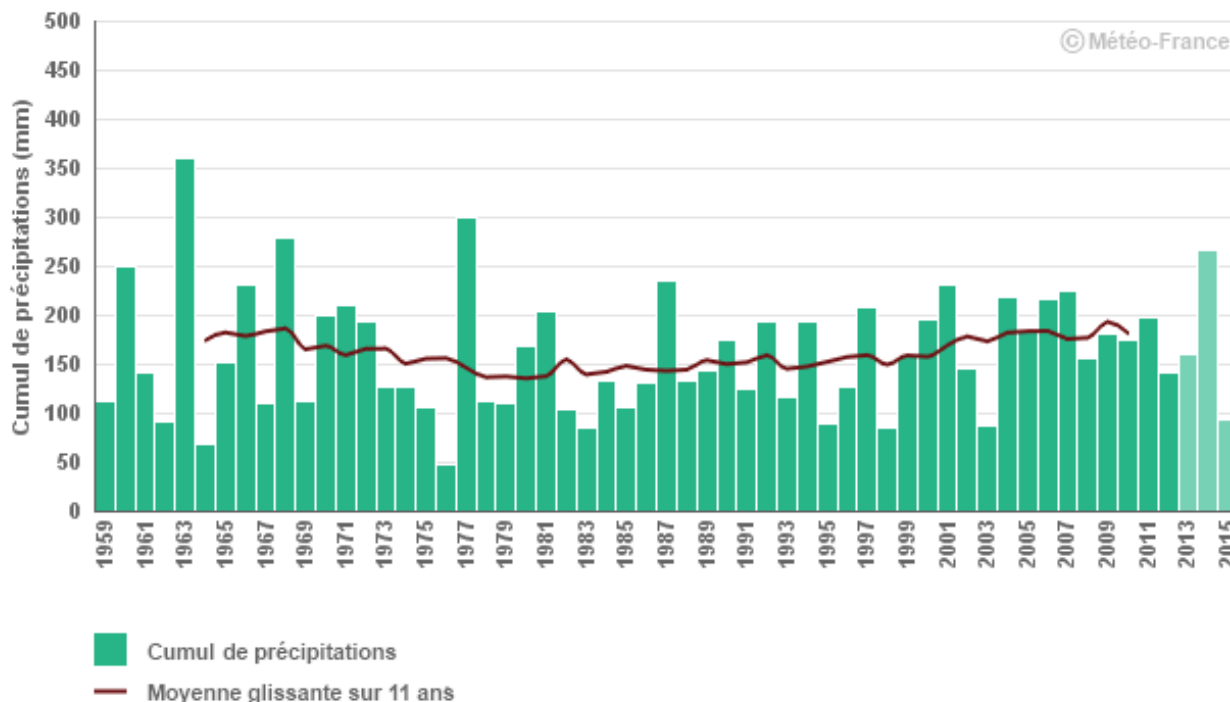
Note : ns= non significatif; \*= significatif à P<0,05; \*\*= significatif à P<0,01; \*\*\*= significatif à P<0,001



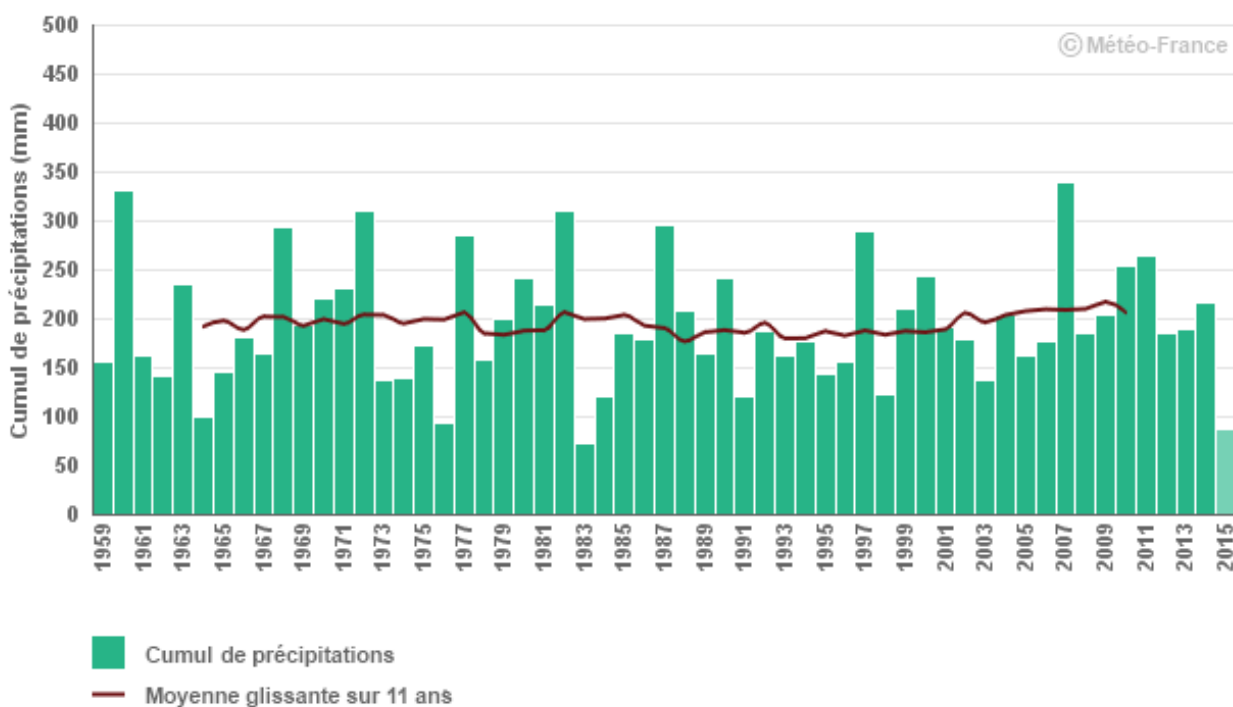
## Cumul saisonnier de précipitations

### Evolution observée en été : Juin à Juillet

Cumul estival de précipitations  
Troyes-Barbèrey (10)



Cumul estival de précipitations  
Nancy-Essey (54)



# 1

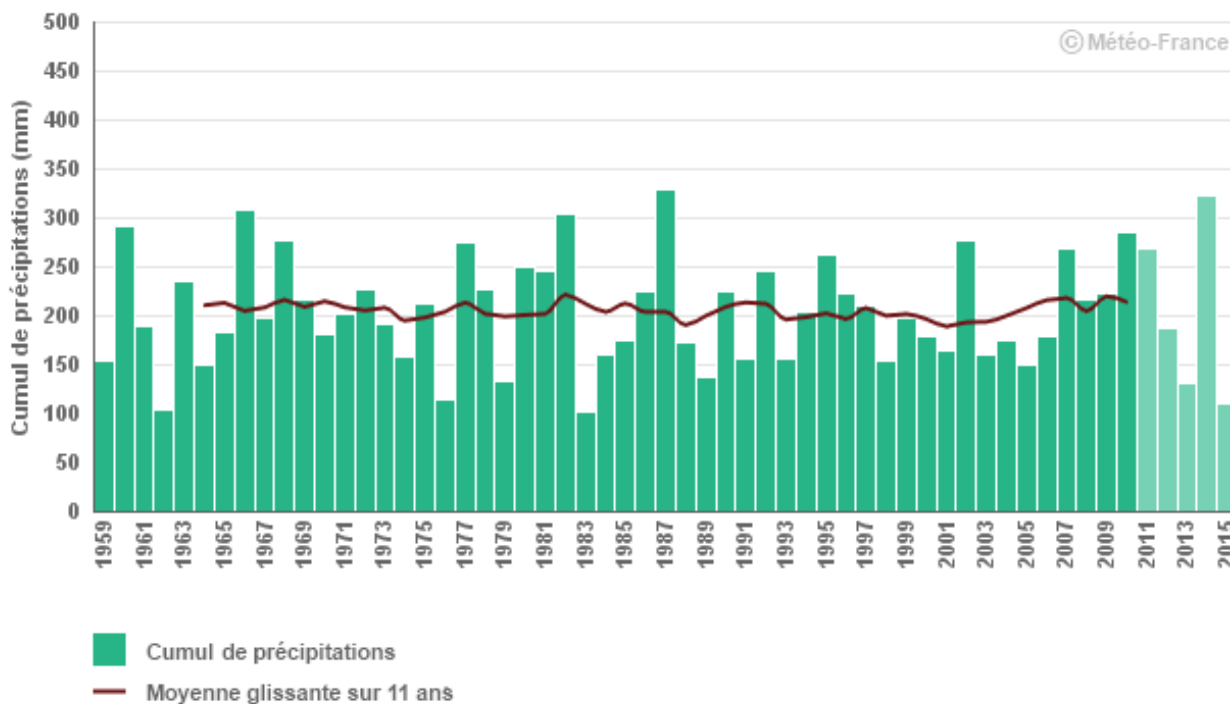
# CHANGEMENT CLIMATIQUE



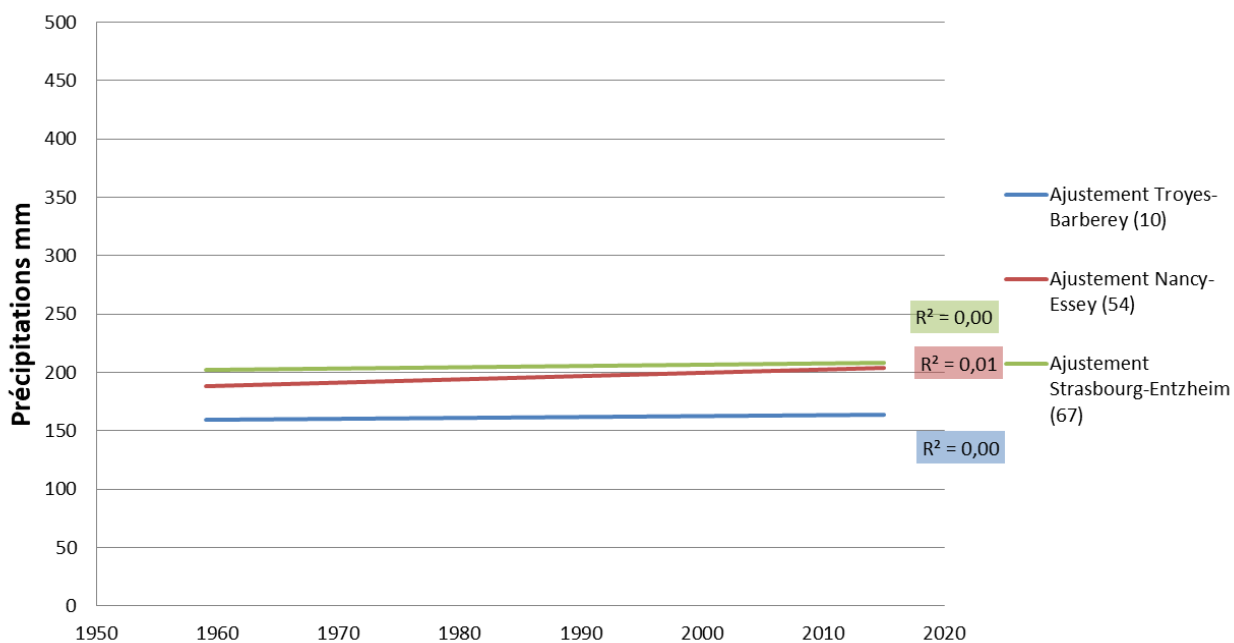
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

## Cumul saisonnier de précipitations

Cumul estival de précipitations  
Strasbourg-Entzheim (67)



Tendance du cumul estival de précipitations





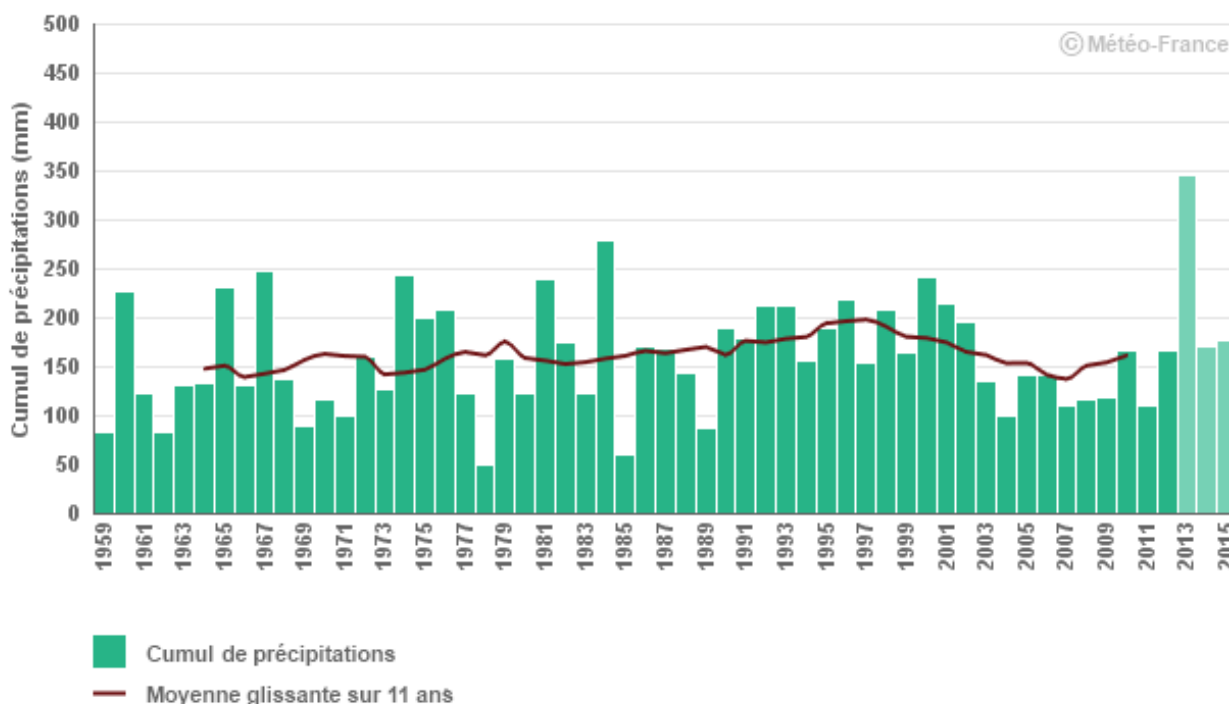
## Cumul saisonnier de précipitations

	Evolution des cumuls estivaux de précipitations (mm/décennie)	Coefficient de détermination (R <sup>2</sup> )
Ham-sur-Meuse (08)	8,23 ± 4,58 mm/dec <sup>ns</sup>	0,01
Troyes-Barbère (10)	0,85 ± 5,25 mm/dec <sup>ns</sup>	0,01
Esternay (51)	6,04 ± 4,79 mm/dec <sup>ns</sup>	0,02
Langres (52)	6,79 ± 5,81 mm/dec <sup>ns</sup>	0,04
Nancy-Essey (54)	2,74 ± 5,05 mm/dec <sup>ns</sup>	0,03
Nancy-Ochey (54)	7,41 ± 5,39 mm/dec <sup>ns</sup>	0,06
Metz-Frescaty (Augny) (57)	2,89 ± 4,66 mm/dec <sup>ns</sup>	0,03
Strasbourg-Entzheim (67)	1,01 ± 4,7 mm/dec <sup>ns</sup>	0,01
Bâle-Mulhouse (68)	3,55 ± 5,2 mm/dec <sup>ns</sup>	0,01
Carspach (68)	4,46 ± 5,65 mm/dec <sup>ns</sup>	0,03
Colmar-Meyenheim (68)	4,89 ± 4,55 mm/dec <sup>ns</sup>	0,00
Epinal (88)	8,67 ± 5,98 mm/dec <sup>ns</sup>	0,00

Note : ns= non significatif; \*= significatif à P<0,05; \*\*= significatif à P<0,01; \*\*\*= significatif à P<0,001

### Evolution observée en Automne : de Septembre à Novembre

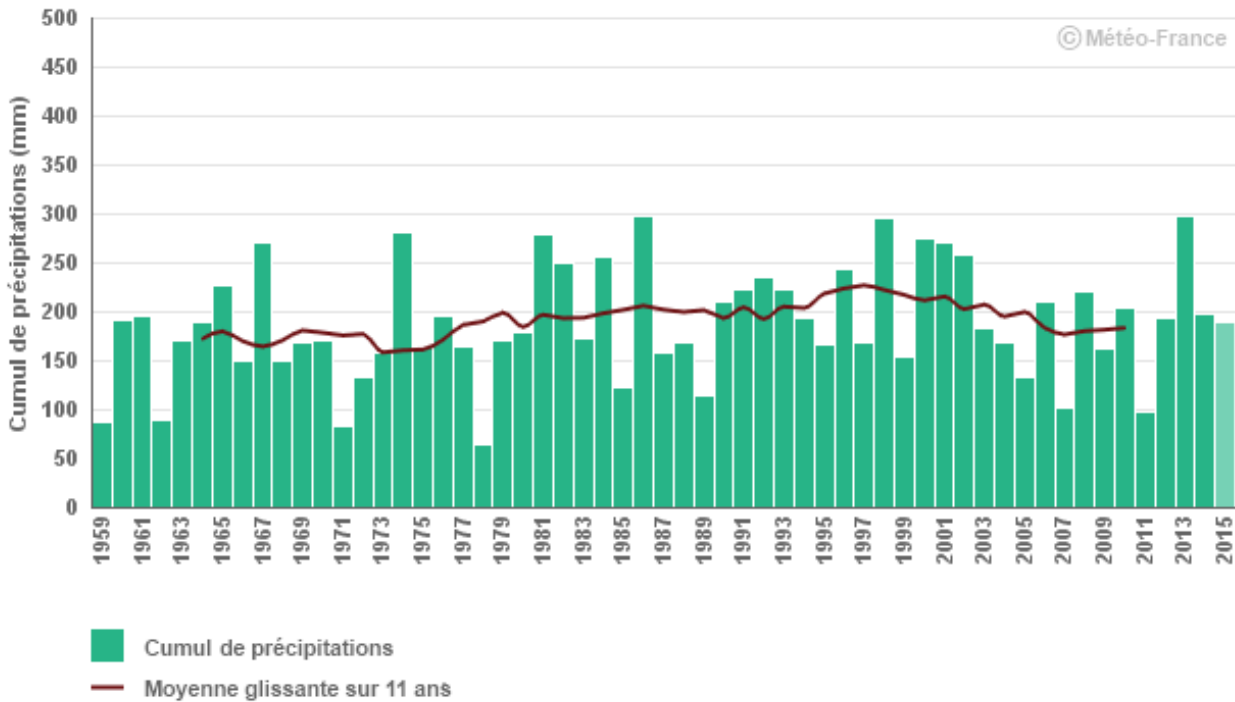
Cumul automnal de précipitations  
Troyes-Barbère (10)



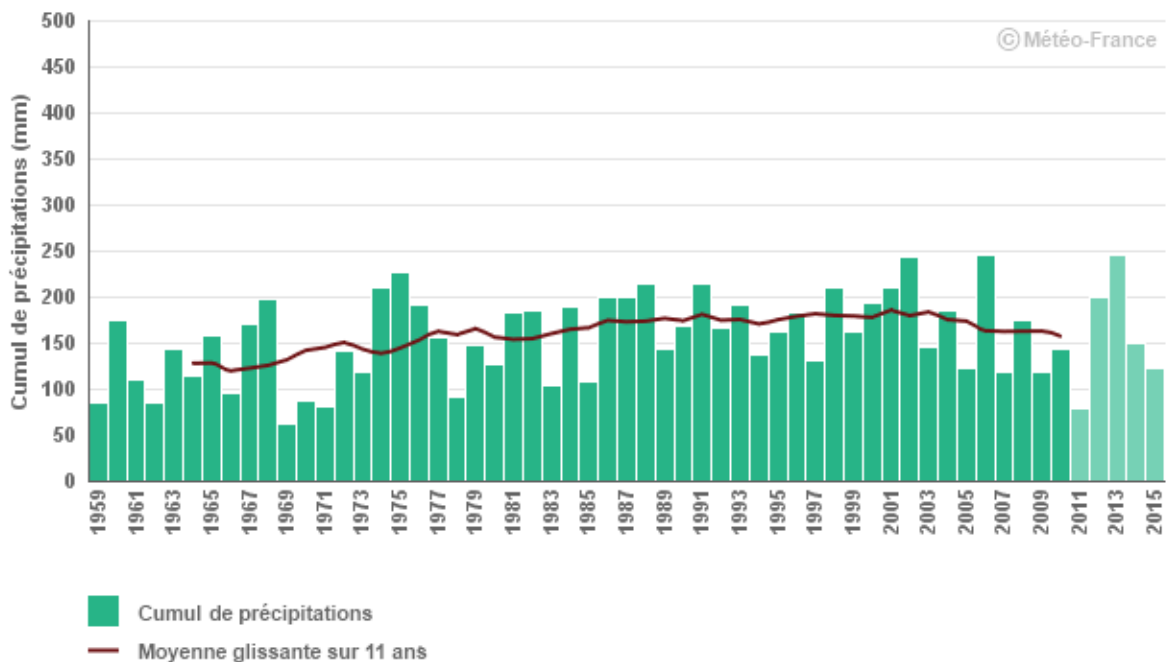


## Cumul saisonnier de précipitations

Cumul automnal de précipitations  
Nancy-Essey (54)

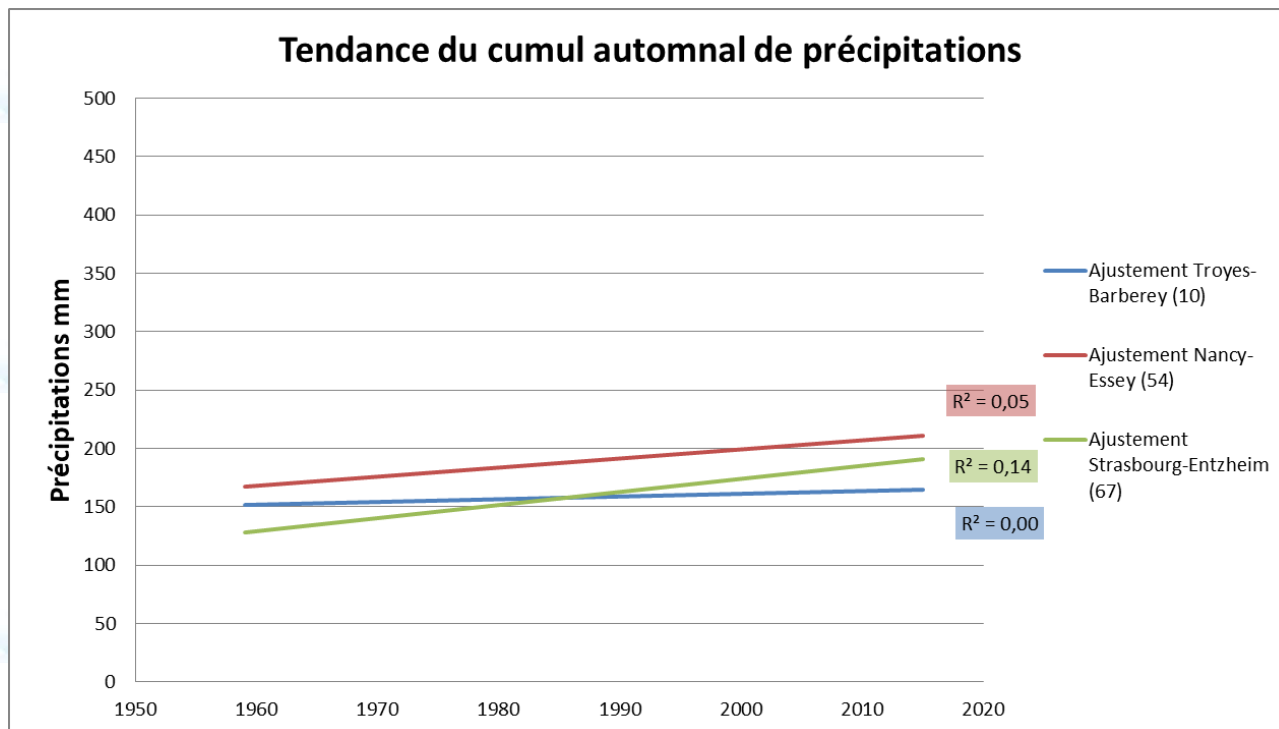


Cumul automnal de précipitations  
Strasbourg-Entzheim (67)





## Cumul saisonnier de précipitations



	Evolution des cumuls automnaux de précipitations (mm/décennie)	Coefficient de détermination ( $R^2$ )
Ham-sur-Meuse (08)	$-1,37 \pm 5,01$ mm/dec <sup>ns</sup>	0,11
Troyes-Barbère (10)	$2,14 \pm 4,45$ mm/dec <sup>ns</sup>	0,07
Esternay (51)	$2,11 \pm 5,56$ mm/dec <sup>ns</sup>	0,14
Langres (52)	$3,54 \pm 6,12$ mm/dec <sup>ns</sup>	0,08
Nancy-Essey (54)	$7,71 \pm 4,76$ mm/dec <sup>ns</sup>	0,00
Nancy-Ochey (54)	$6,32 \pm 5,18$ mm/dec <sup>ns</sup>	0,00
Metz-Frescaty (Aigny) (57)	$7,70 \pm 4,77$ mm/dec <sup>ns</sup>	0,01
Strasbourg-Entzheim (67)	$10,37 \pm 3,65$ mm/dec**	0,05
Bâle-Mulhouse (68)	$11,55 \pm 4,59$ mm/dec*	0,05
Carspach (68)	$12,77 \pm 6,31$ mm/dec <sup>ns</sup>	0,03
Colmar-Meyenheim (68)	$10,32 \pm 3,62$ mm/dec**	0,14
Epinal (88)	$13,65 \pm 6,41$ mm/dec*	0,00

Note : ns= non significatif; \*= significatif à  $P < 0,05$ ; \*\*= significatif à  $P < 0,01$ ; \*\*\*= significatif à  $P < 0,001$



## Cumul saisonnier de précipitations

### Analyse

Sur la période 1959-2010 on relève très peu de tendances significatives sur les cumuls saisonniers de précipitation :

- En hiver, aucune station ne montre de tendance linéaire significative.
- En automne, 3 stations d'Alsace (67-68) et celle des Vosges (88) montrent une tendance significative à la hausse entre + 10 et + 14 mm par décennie.
- Pour le printemps et l'été, aucune tendance linéaire significative ne se dessine quelle que soit la station considérée. Cependant, une méthode statistique alternative (cf. « Statistiques. Traitement des séries chronologiques) met en évidence une légère tendance à la hausse sur la pluviométrie estivale de Ham Sur Meuse (08).

Les cumuls saisonniers offrent une plus grande précision que les cumuls annuels, mais ne sauraient rendre compte de toutes les évolutions possibles des régimes de précipitations (extrêmes, fréquences, etc).

Ces résultats restent cohérents avec les observations à plus large échelle en France métropolitaine, où il ne se dégage pas de tendance forte contrairement aux indicateurs de température.

#### **A RETENIR**

L'évolution tendancielle des précipitations saisonnières conforte les observations de cumuls annuels. Il n'y a pas de mise en évidence d'évolution marquée de cet indicateur.

Les quelques tendances mises en évidence restent relativement faibles au regard des variations interannuelles



## Cumul annuel d'évapotranspiration potentielle (ETP)

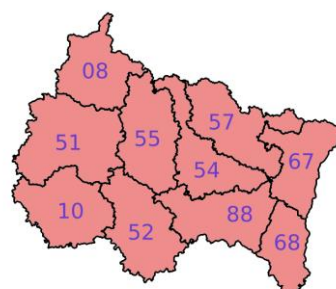
### Nature et source des données

Chaîne de calcul SIM (Cf. Lexique simplifié p 141). Indicateur spatialisé rapporté au territoire de chaque département.

Données fournies par Météo-France.

### Indicateur

Ardennes (08) :	1959 - 2015
Aube (10) :	1959 - 2015
Marne (51) :	1959 - 2015
Haute-Marne (52) :	1959 - 2015
Meurthe-et-Moselle (54) :	1959 - 2015
Meuse (55) :	1959 - 2015
Moselle (57) :	1959 - 2015
Bas-Rhin (67) :	1959 - 2015
Haut-Rhin (68) :	1959 - 2015
Vosges (88) :	1959 - 2015



### Calcul de l'indicateur

Rappel : l'**évapotranspiration potentielle (ETP)** est la quantité d'eau évaporée par le sol et transpirée par une culture de référence dans des conditions climatiques données et lorsque la disponibilité en eau n'est pas limitante.

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 en chacun de ces points est cumulée sur l'année : on obtient l'évapotranspiration potentielle annuelle par point.

En dernier lieu, dans chaque département, la moyenne des évapotranspirations potentielles annuelles de tous les points du département est calculée pour délivrer l'évapotranspiration potentielle annuelle départementale.

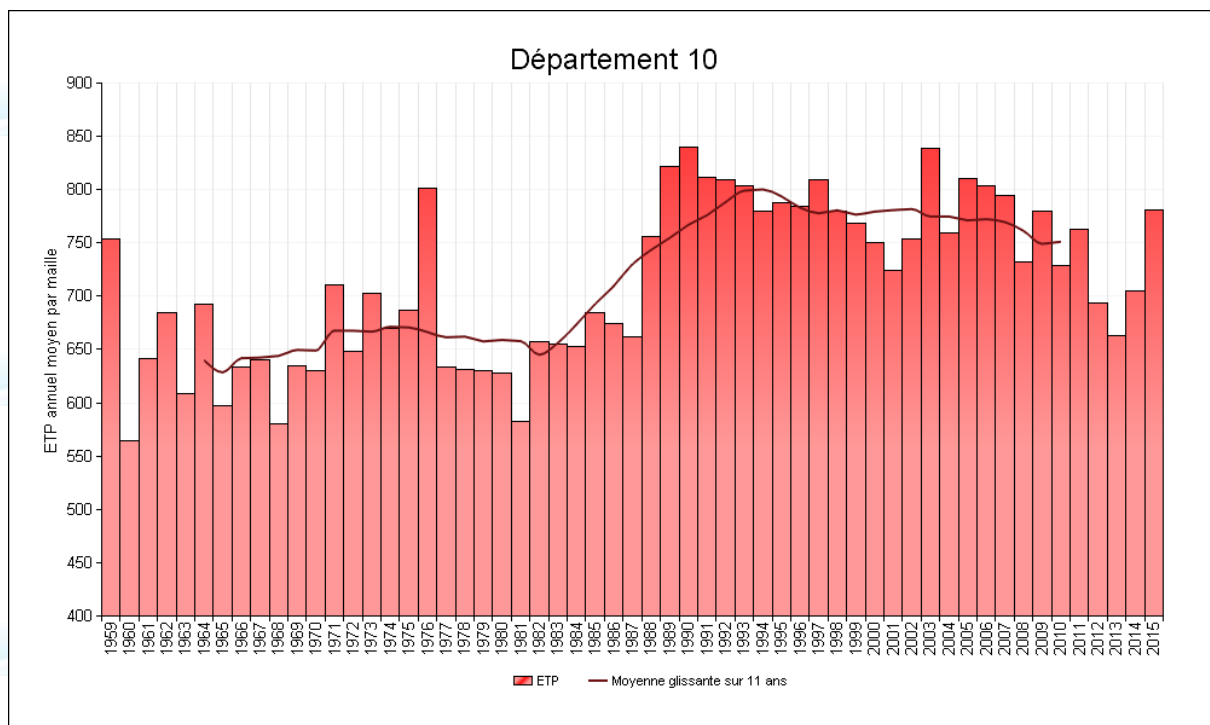
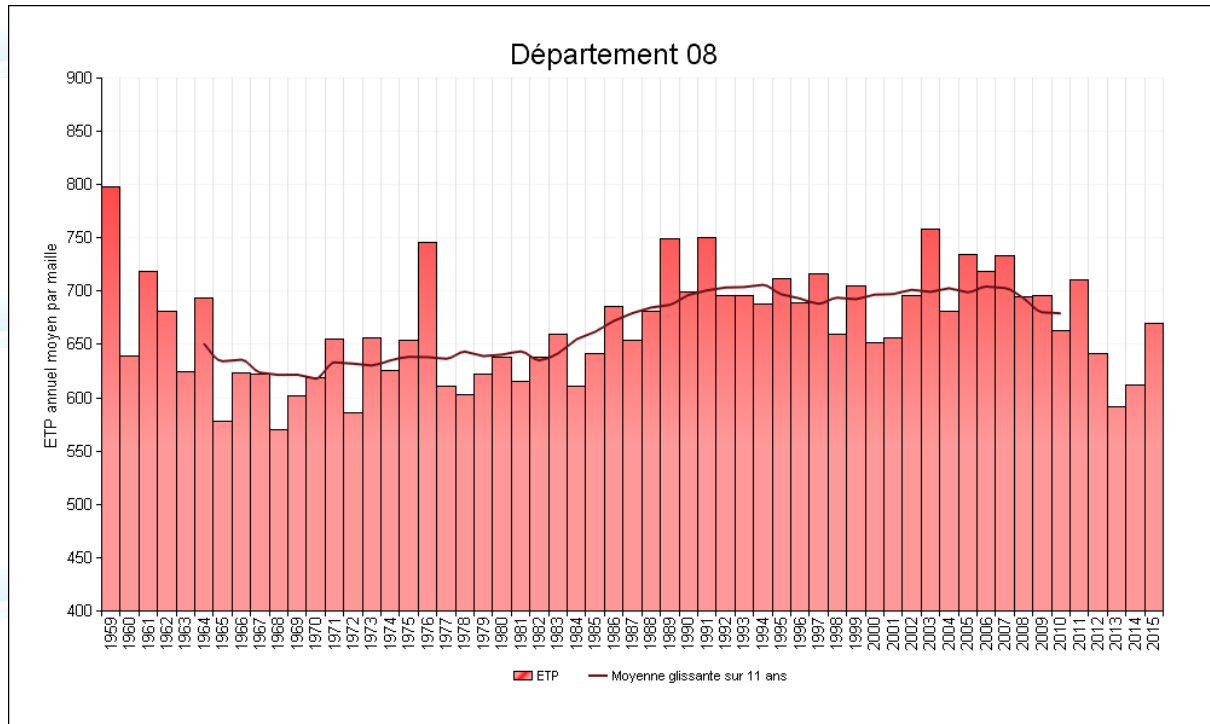
Pour finir, cette opération est répétée pour chaque année de 1959 à 2015.

### Évolution observée



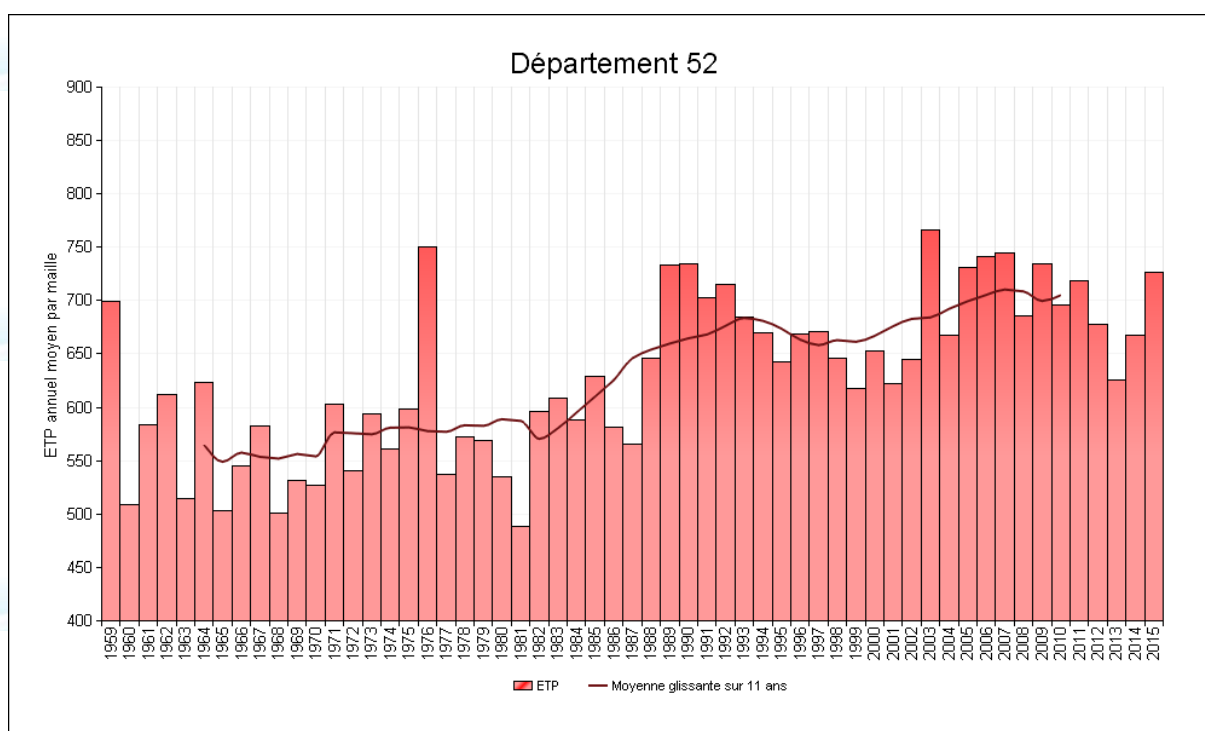
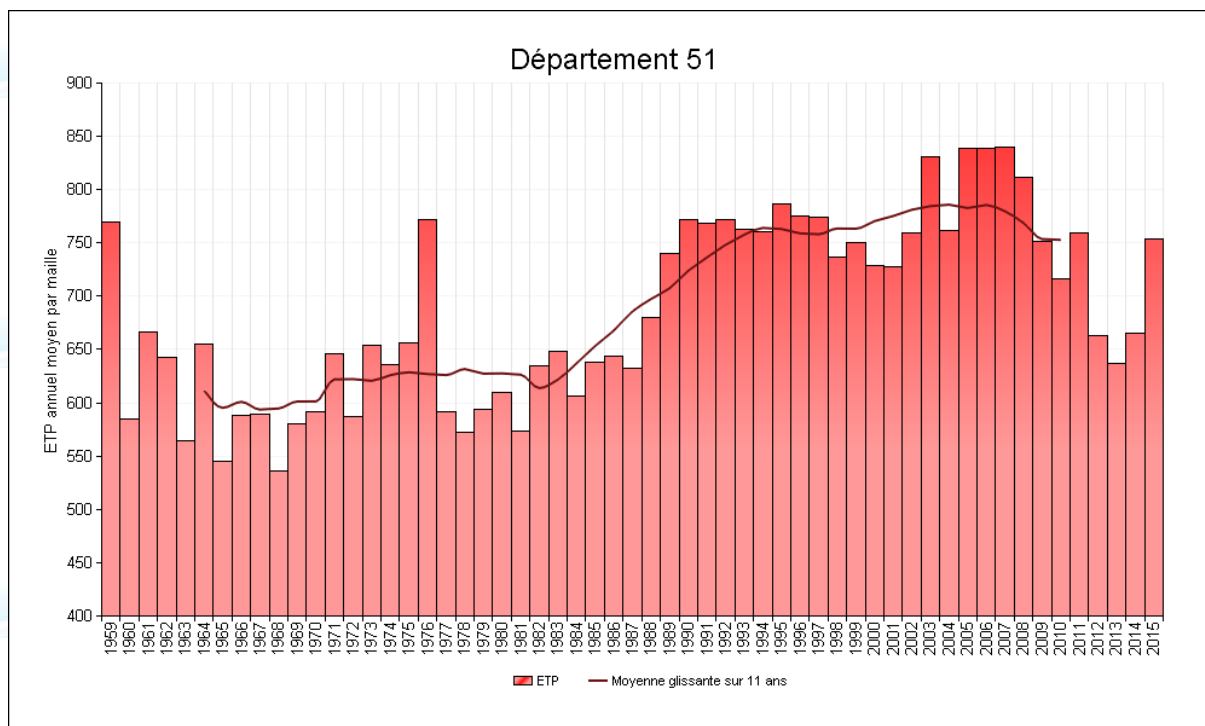


## Cumul annuel d'évapotranspiration potentielle (ETP)



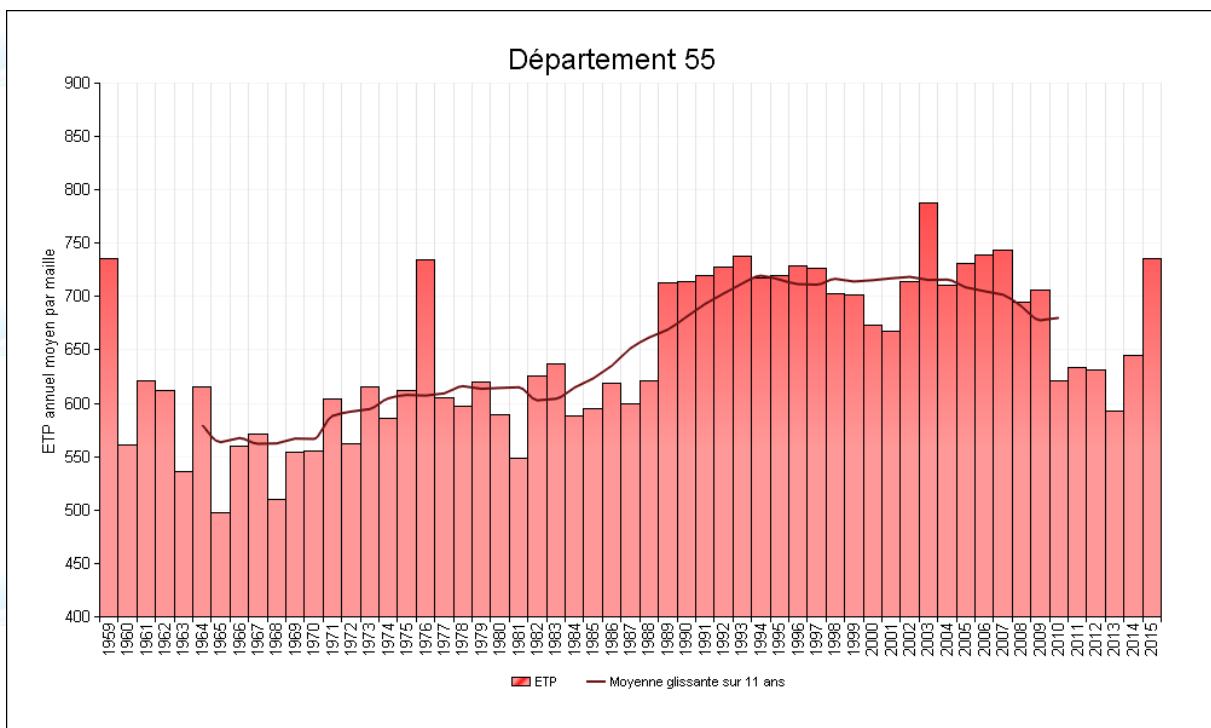
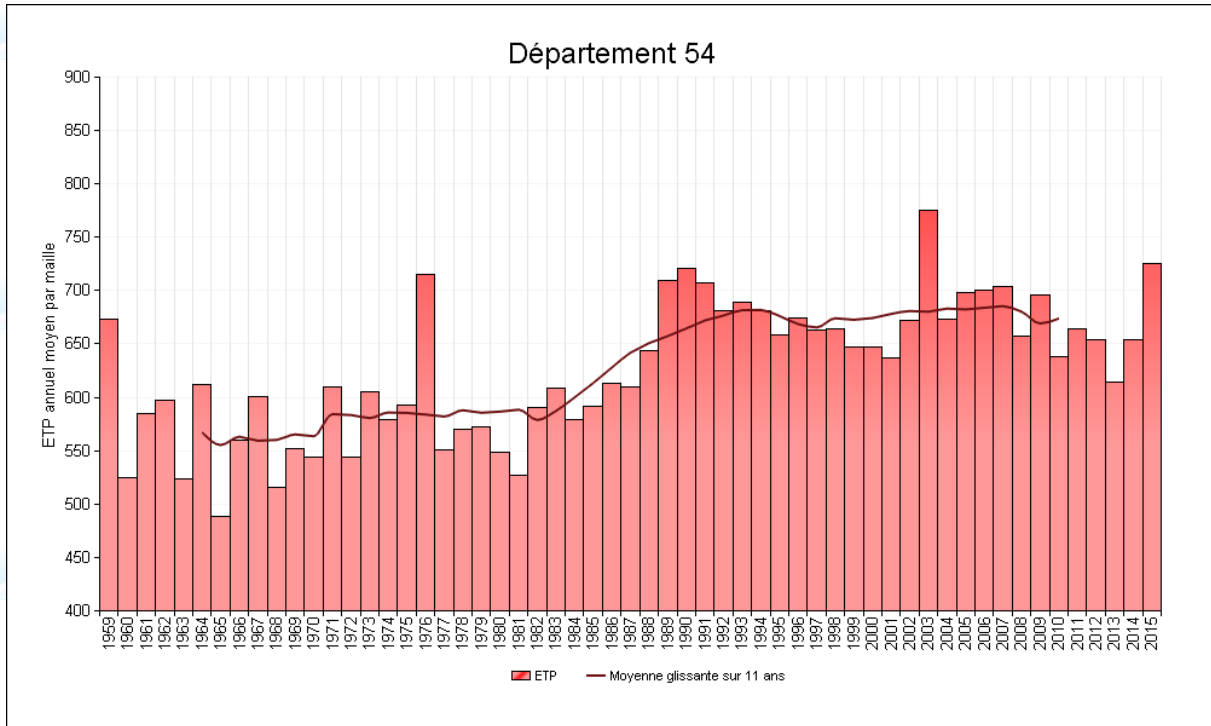


## Cumul annuel d'évapotranspiration potentielle (ETP)



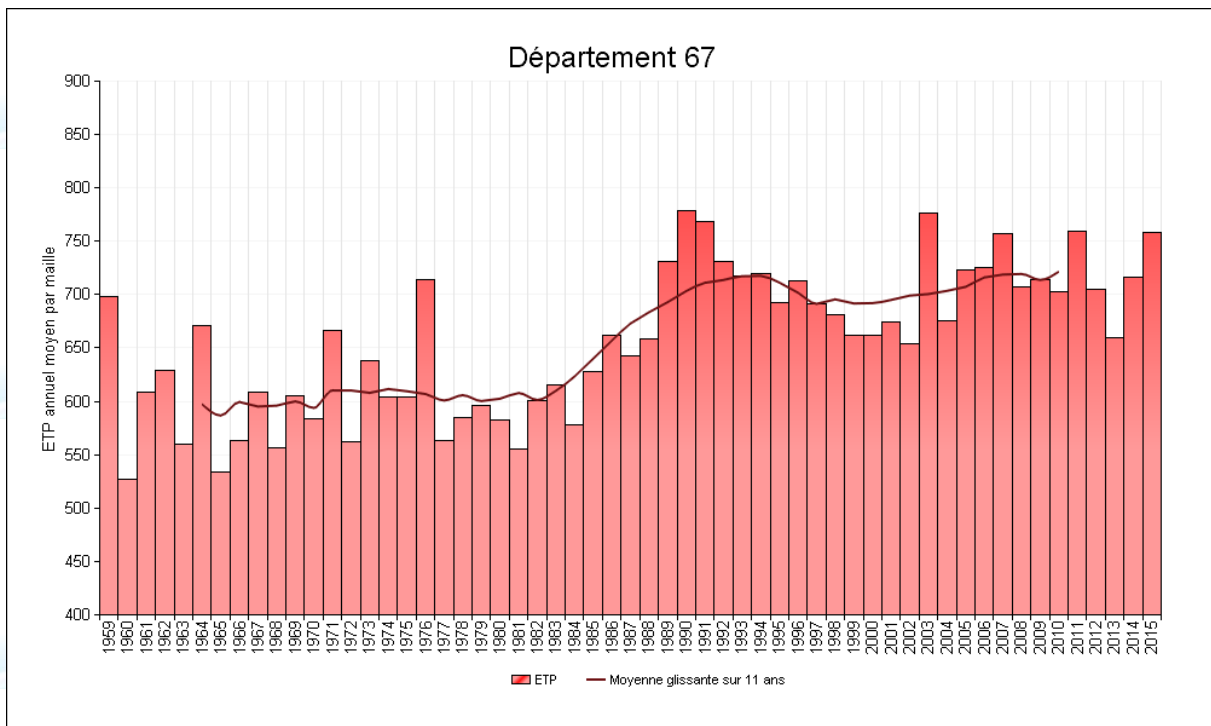
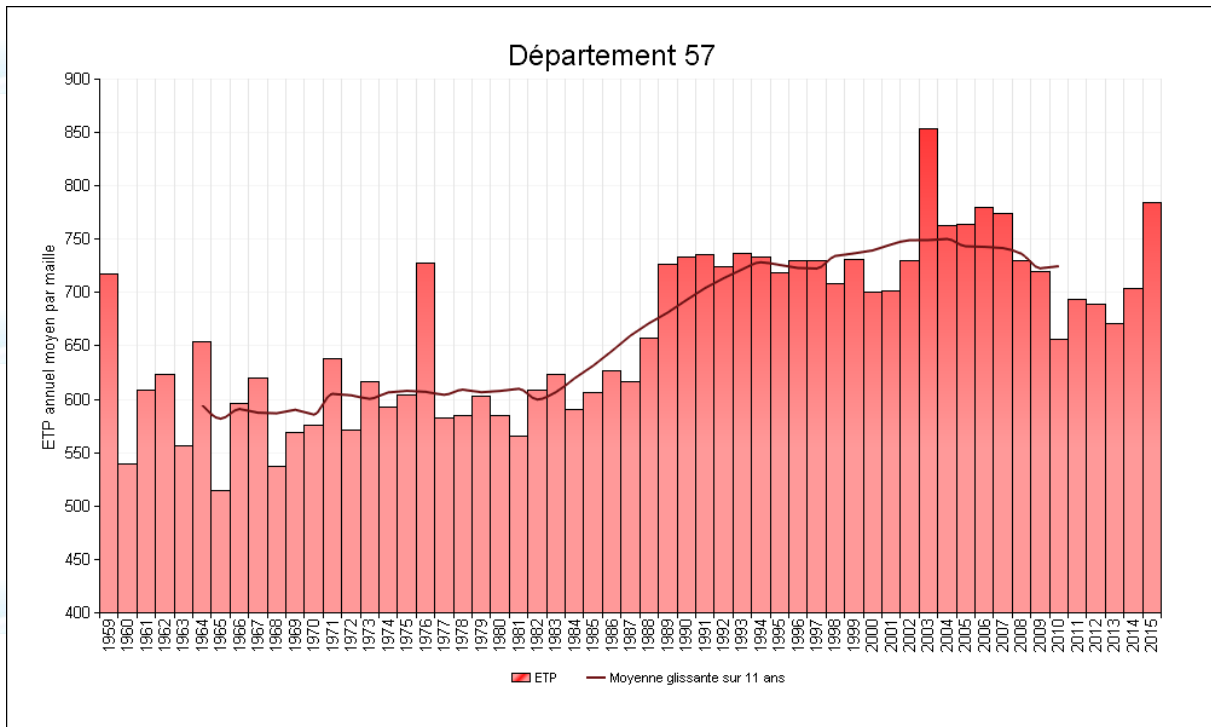


## Cumul annuel d'évapotranspiration potentielle (ETP)



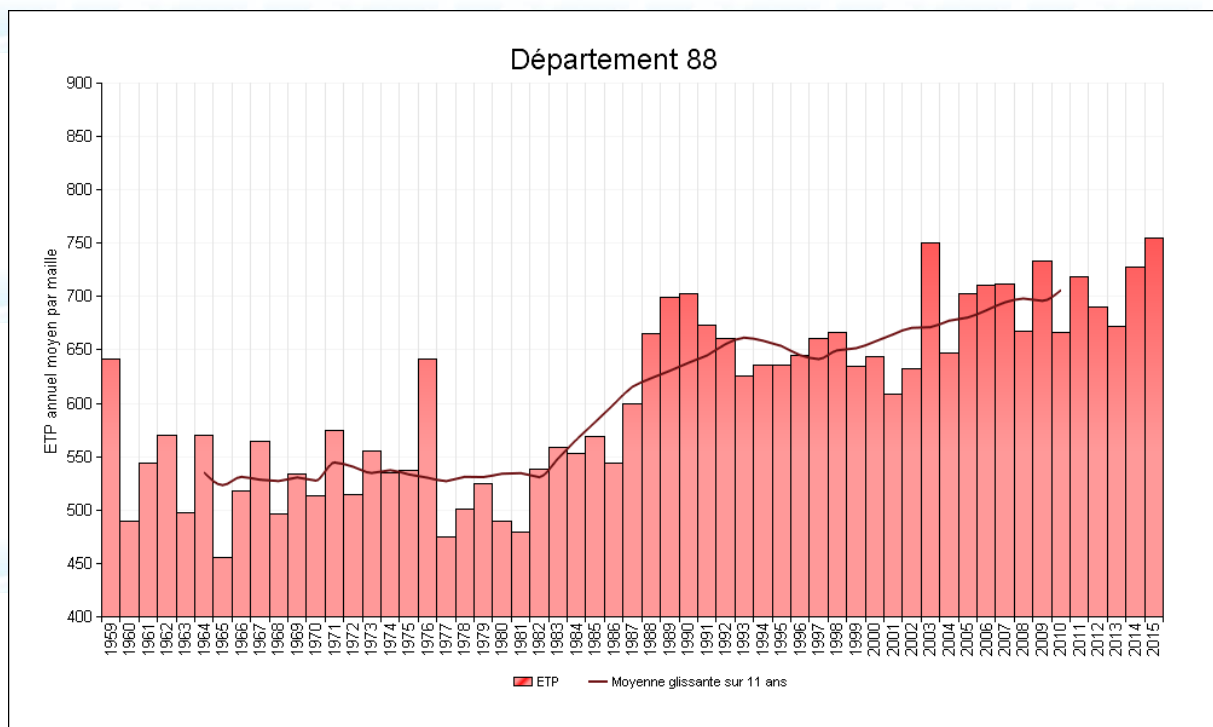
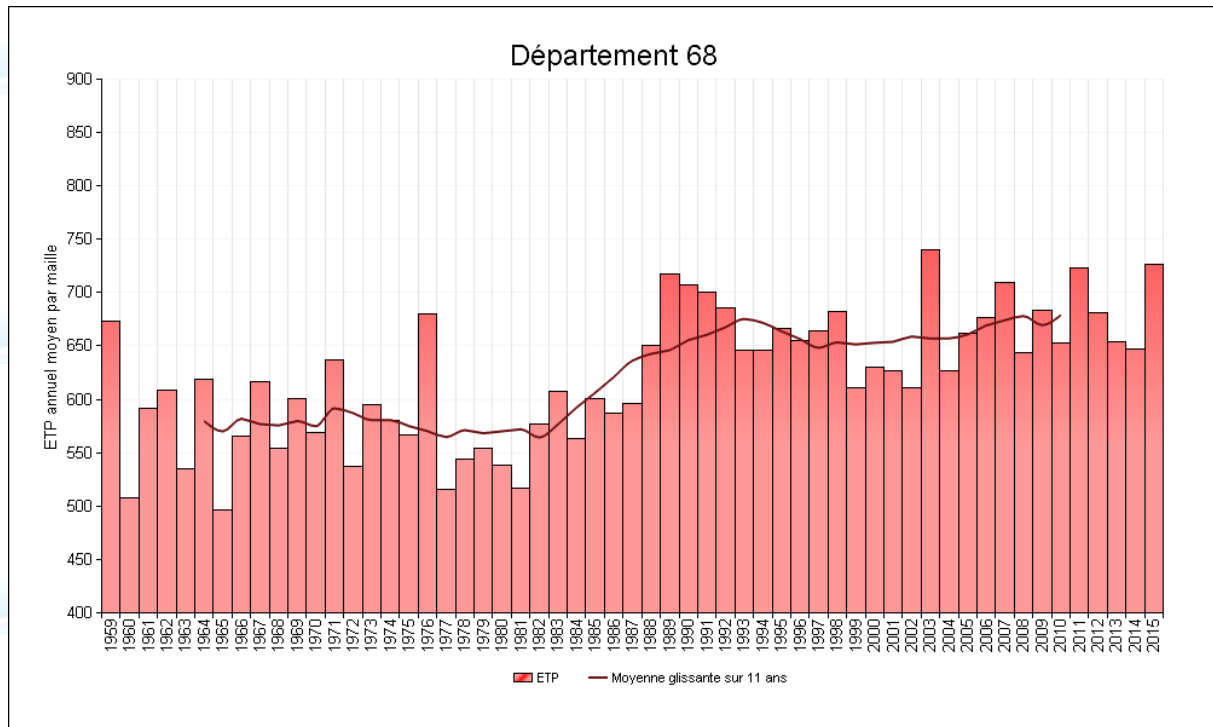


## Cumul annuel d'évapotranspiration potentielle (ETP)



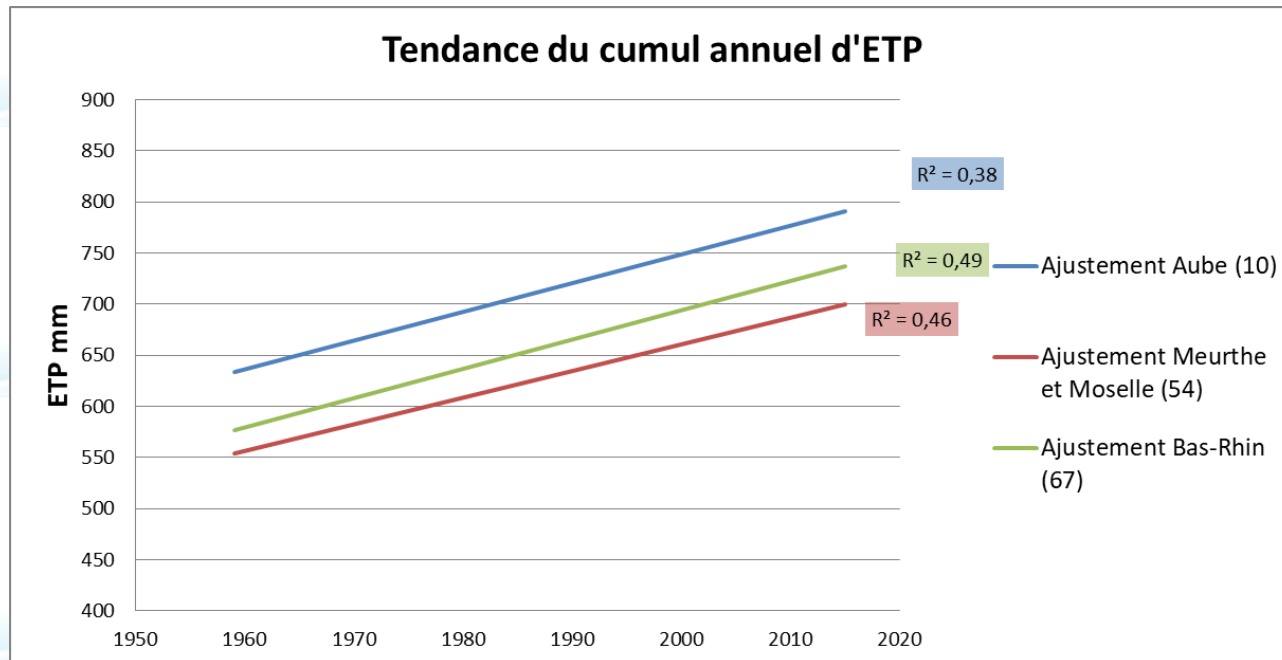


## Cumul annuel d'évapotranspiration potentielle (ETP)





## Cumul annuel d'évapotranspiration potentielle (ETP)



	Evolution du cumul annuel d'ETP (mm/décennie)	Coefficient de détermination ( $R^2$ )
Ardennes (08)	$8,52 \pm 3,92$ mm/dec*	0,08
Aube (10)	$28,20 \pm 4,83$ mm/dec***	0,38
Marne (51)	$34,33 \pm 5,24$ mm/dec***	0,44
Haute-Marne (52)	$30,88 \pm 4,53$ mm/dec***	0,46
Meurthe-et-Moselle (54)	$26,14 \pm 3,8$ mm/dec***	0,46
Meuse (55)	$25,96 \pm 4,59$ mm/dec***	0,37
Moselle (57)	$33,60 \pm 4,28$ mm/dec***	0,53
Bas-Rhin (67)	$28,76 \pm 3,96$ mm/dec***	0,49
Haut-Rhin (68)	$23,95 \pm 3,8$ mm/dec***	0,42
Vosges (88)	$39,65 \pm 3,95$ mm/dec***	0,65

Note : ns= non significatif; \*= significatif à  $P < 0,05$ ; \*\*= significatif à  $P < 0,01$ ; \*\*\*= significatif à  $P < 0,001$

### Analyse

Les évolutions tendanciennes correspondant aux ajustements linéaires varient entre :

- + 9 mm par décennie pour les Ardennes (soit + 48 mm en 55 ans)
- + 40 mm par décennie pour les Vosges (soit + 220 mm en 55 ans)



## Cumul annuel d'évapotranspiration potentielle (ETP)

La comparaison des départements entre eux est à manier avec précaution compte tenu des hypothèses (sols notamment) propres à la chaîne de calcul SIM. Cependant le département des Ardennes se détache assez nettement des 9 autres par la moindre augmentation de l'ETP et une tendance moins significative.

On notera ici que la recherche d'une tendance linéaire semble un peu délicate au regard des profils graphiques.

Dans les 10 départements de la région, la moyenne glissante semble mettre en évidence un accroissement plus marqué de l'évapotranspiration au milieu de la période considérée.

L'augmentation des évapotranspirations potentielles départementales 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. Pour cela, une étude par saison et/ou par mois reste à effectuer.

A précipitations inchangées, cet accroissement de l'évapotranspiration potentielle doit être compris comme un durcissement des conditions hydriques pour la végétation (naturelle ou cultivée) par augmentation de la « demande » atmosphérique en eau. Ceci posé, la caractérisation de l'état hydrique des cultures sur cette période d'étude nécessite le calcul de l'évapotranspiration réelle des plantes durant les cycles culturaux. Un tel calcul, qui nécessite un paramétrage fin (durée des cycles, coefficients culturaux, réserve utile des sols), constitue un prolongement possible de la présente fiche.

### A RETENIR

Au cours des cinquante dernières années, l'évapotranspiration potentielle annuelle a augmenté dans tous les départements de la région Grand Est (entre +40 et +220 mm).

L'augmentation de l'évapotranspiration potentielle annuelle est marquée dans les années 80, ce qui est concomitant avec l'augmentation plus rapide de la température.

Cet accroissement de l'évapotranspiration potentielle annuelle traduit un durcissement des conditions hydriques pour les plantes compte tenu de la modeste progression des cumuls annuels des précipitations sur la même période.



## Cumul saisonnier d'évapotranspiration potentielle (ETP)

### Nature et source des données

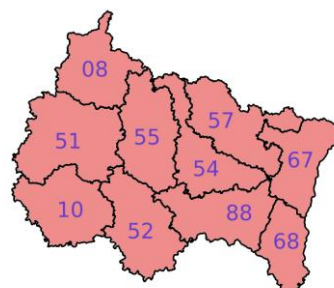
Chaîne de calcul SIM (Cf. Lexique simplifié p 141). Indicateur spatialisé rapporté au territoire de chaque département.

Données fournies par Météo-France.

### Indicateur

Le présent document ne permet pas de présenter de façon exhaustive les données (4 saisons par département) de chacun des 10 départements au risque d'un alourdissement excessif. Les données de l'Aube, de la Meurthe-et-Moselle et du Bas-Rhin sont les seules présentées graphiquement mais l'analyse de tendance qui suit est faite sur les résultats obtenus sur l'ensemble des départements.

Ardennes (08) :	1959-2015
<b>Aube (10) :</b>	<b>1959-2015</b>
Marne (51) :	1959-2015
Haute-Marne (52) :	1959-2015
<b>Meurthe-et-Moselle (54) :</b>	<b>1959-2015</b>
Meuse (55) :	1959-2015
Moselle (57) :	1959-2015
<b>Bas-Rhin (67) :</b>	<b>1959-2015</b>
Haut-Rhin (68) :	1959-2015
Vosges (88) :	1959-2015



### Calcul de l'indicateur

Rappel : l'évapotranspiration potentielle (ETP) est la quantité d'eau évaporée par le sol et transpirée par une culture de référence dans des conditions climatiques données et lorsque la disponibilité en eau n'est pas limitante.

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.

L'évapotranspiration potentielle en chacun de ces points est ensuite cumulée par trimestre correspondant aux saisons des climatologues :

- Hiver : Décembre - Janvier - Février
- Printemps : Mars - Avril - Mai
- Été : Juin - Juillet - Aout
- Automne : Septembre - Octobre - Novembre

On obtient ainsi l'évapotranspiration potentielle trimestrielle (saisonnière) par point.

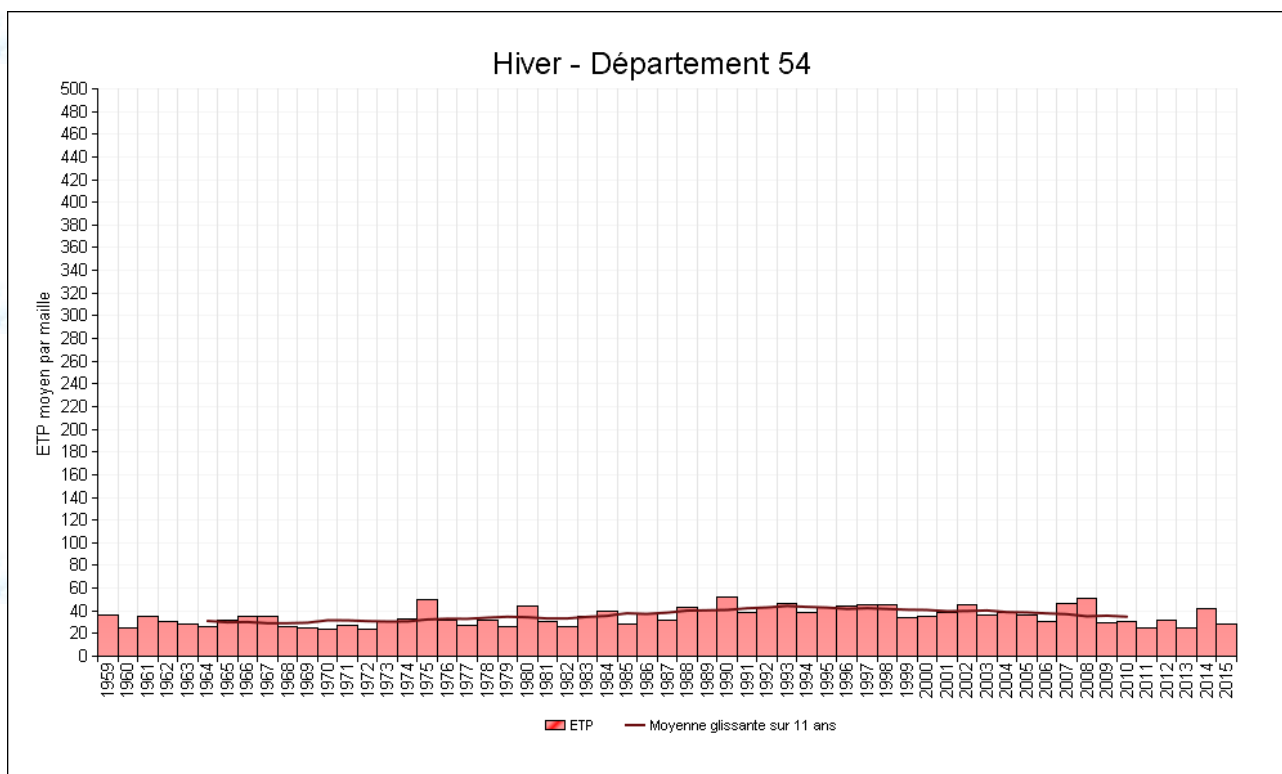
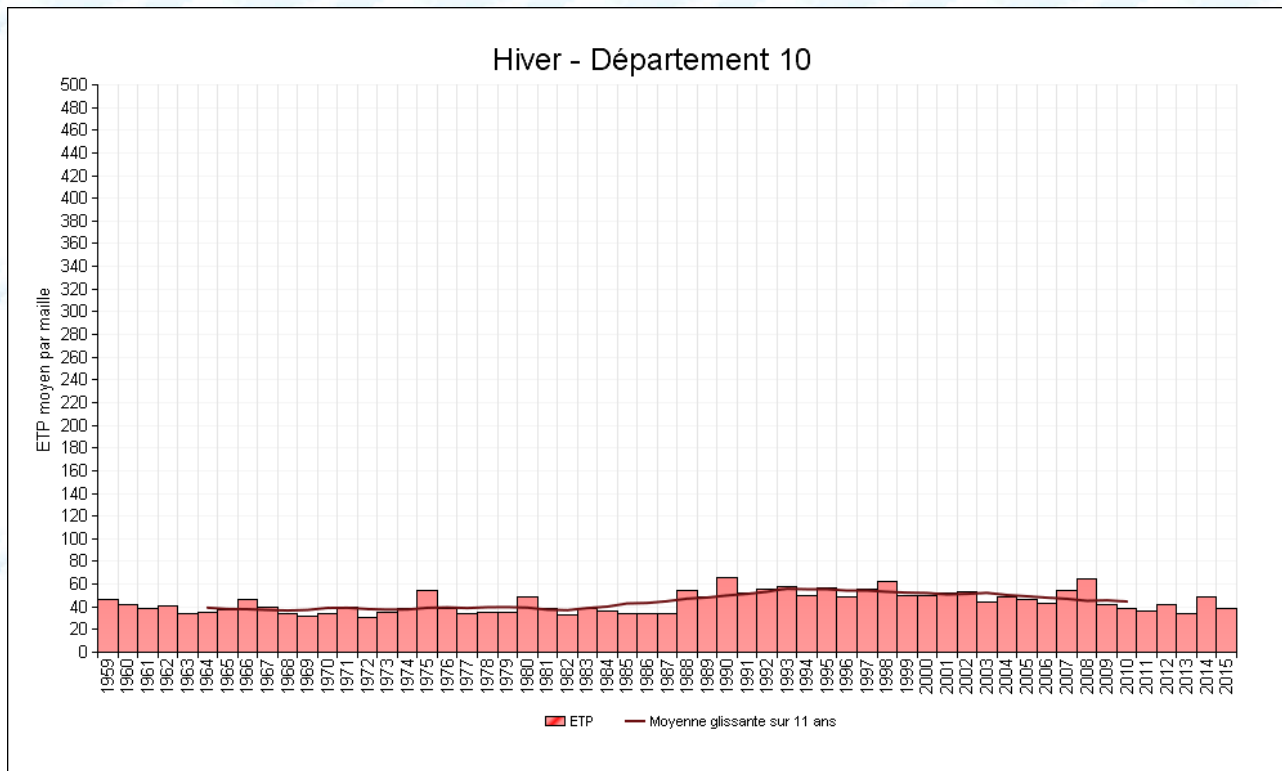
En dernier lieu, dans chaque département la moyenne des évapotranspirations potentielles annuelles de tous les points du département est calculée pour délivrer l'évapotranspiration potentielle saisonnière départementale. Pour finir, cette opération est répétée pour chaque de 1959 à 2015.





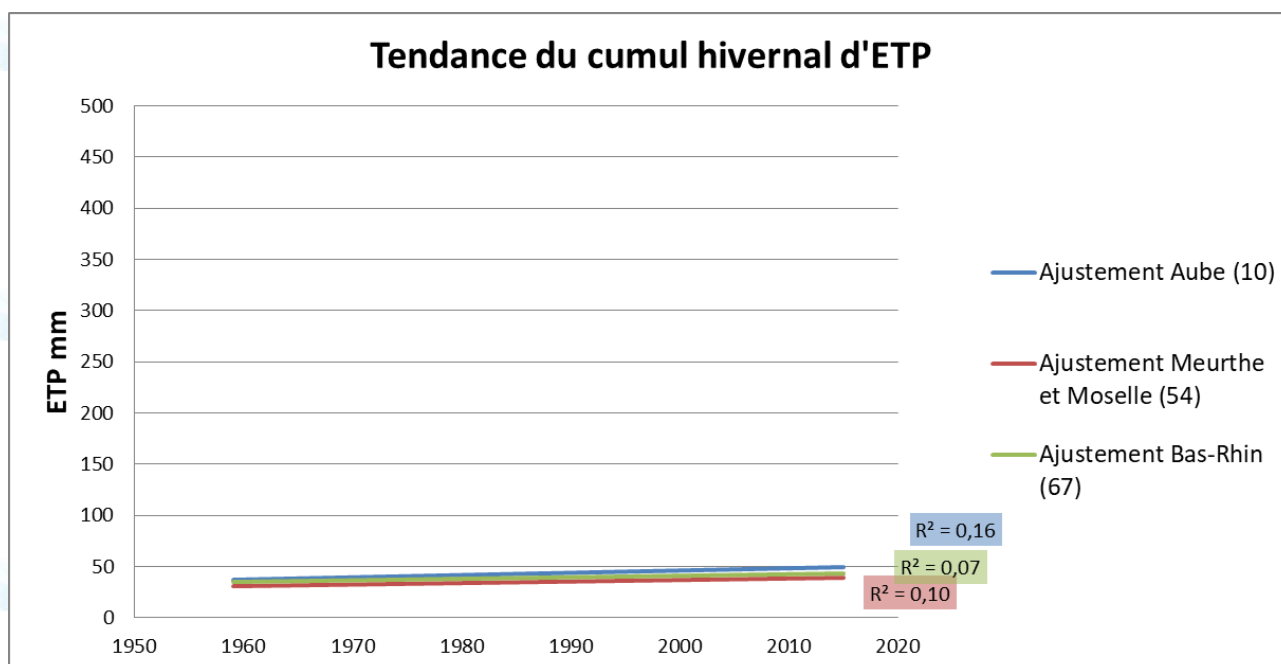
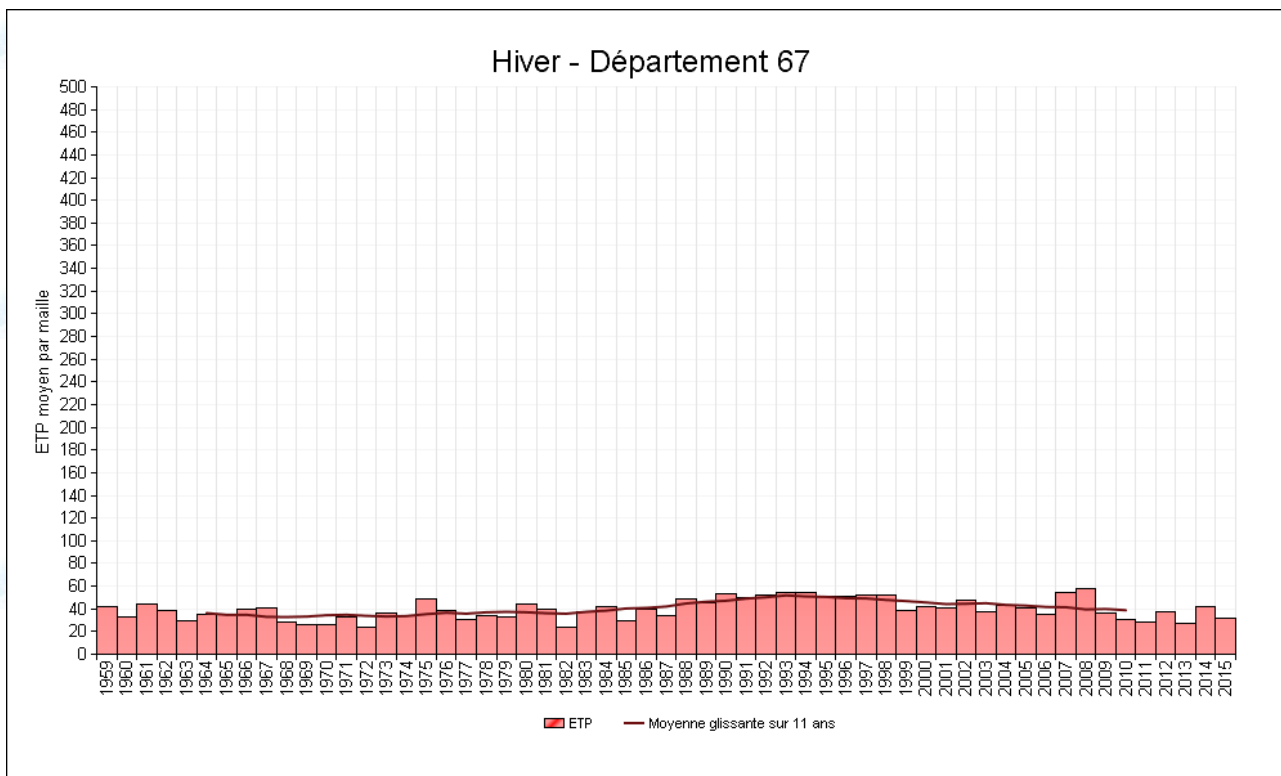
## Cumul saisonnier d'évapotranspiration potentielle (ETP)

Evolution observée en hiver : de Décembre à Février





## Cumul saisonnier d'évapotranspiration potentielle (ETP)



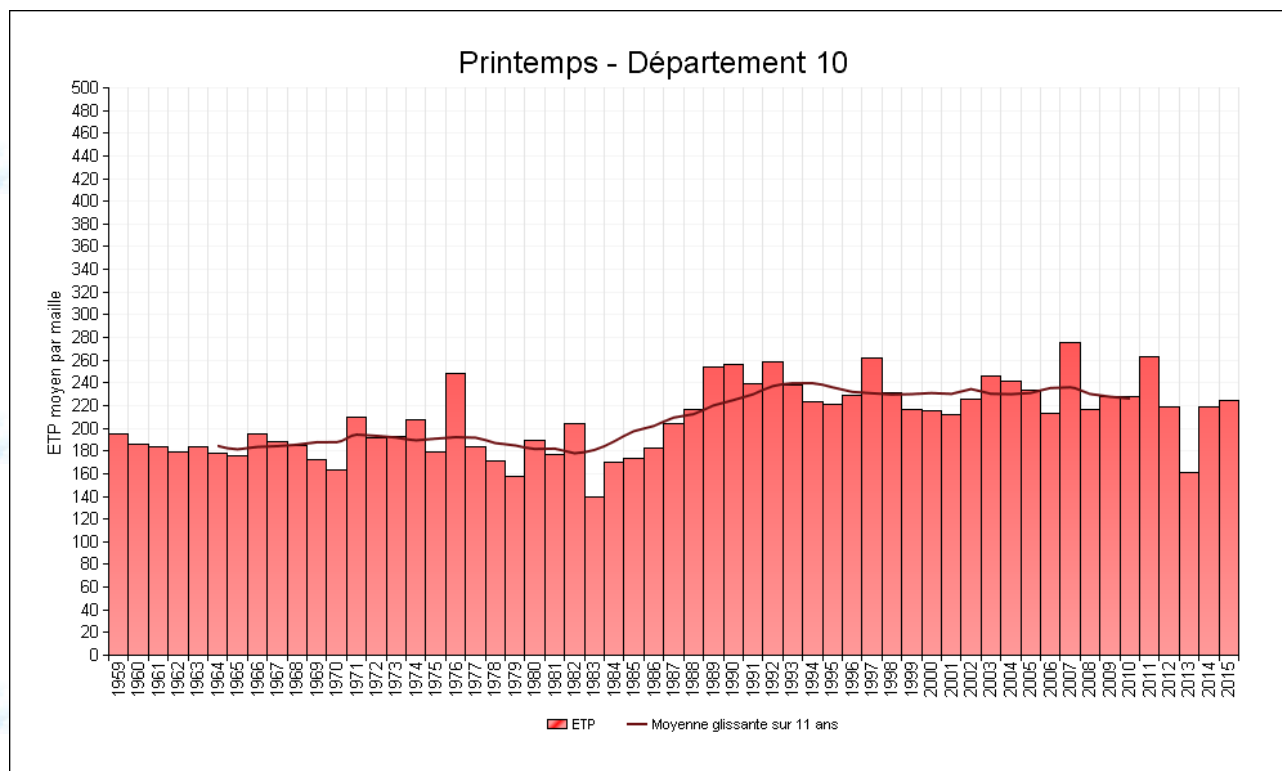


## Cumul saisonnier d'évapotranspiration potentielle (ETP)

	Evolution du cumul hivernal (décembre à février) d'ETP (mm/décennie)	Coefficient de détermination (R <sup>2</sup> )
Ardennes (08)	-0,11 ± 0,59 mm/dec <sup>ns</sup>	0,00
Aube (10)	2,18 ± 0,68 mm/dec <sup>**</sup>	0,16
Marne (51)	1,20 ± 0,7 mm/dec <sup>ns</sup>	0,05
Haute-Marne (52)	0,89 ± 0,64 mm/dec <sup>ns</sup>	0,03
Meurthe-et-Moselle (54)	1,47 ± 0,59 mm/dec <sup>*</sup>	0,10
Meuse (55)	1,22 ± 0,65 mm/dec <sup>ns</sup>	0,06
Moselle (57)	1,32 ± 0,64 mm/dec <sup>*</sup>	0,07
Bas-Rhin (67)	1,44 ± 0,69 mm/dec <sup>ns</sup>	0,07
Haut-Rhin (68)	2,03 ± 0,62 mm/dec <sup>**</sup>	0,16
Vosges (88)	3,33 ± 0,6 mm/dec <sup>***</sup>	0,36

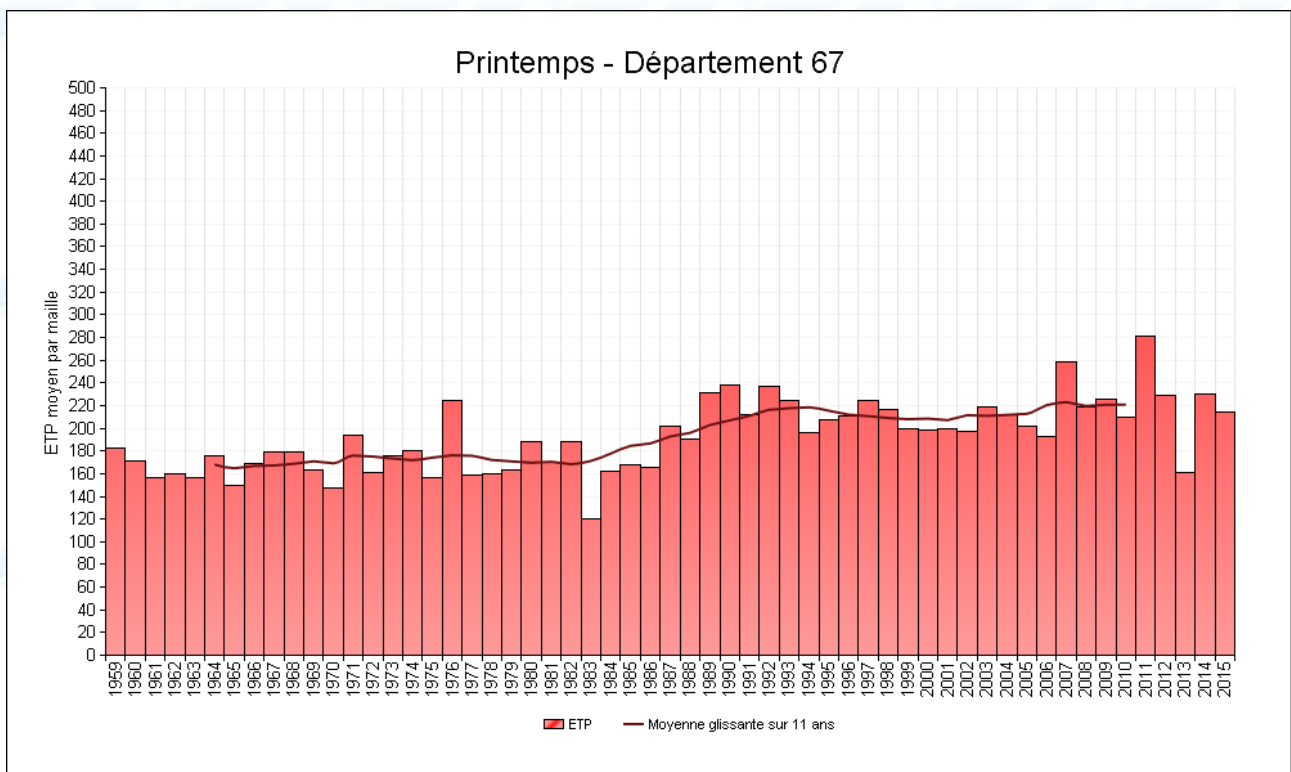
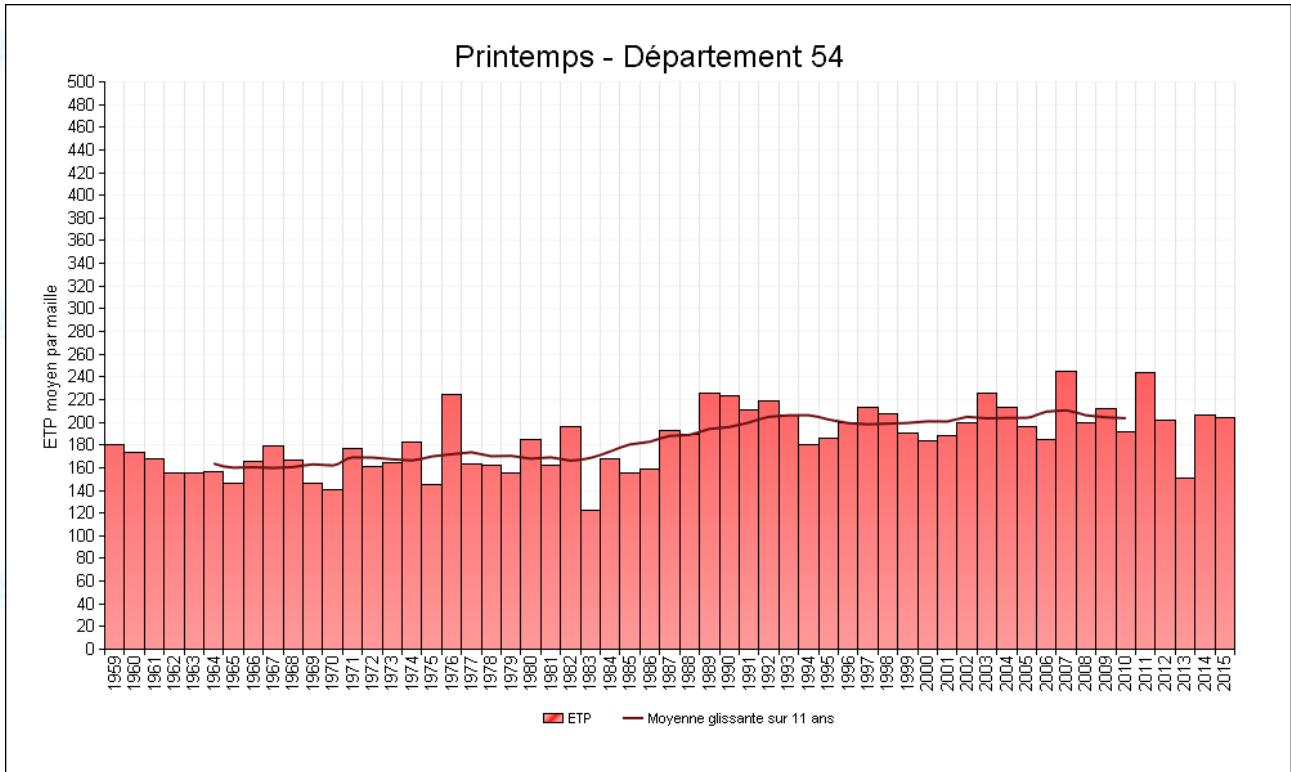
Note : ns= non significatif; \*= significatif à P<0,05; \*\*= significatif à P<0,01; \*\*\*= significatif à P<0,001

### Evolution observée au printemps : Mars à Mai



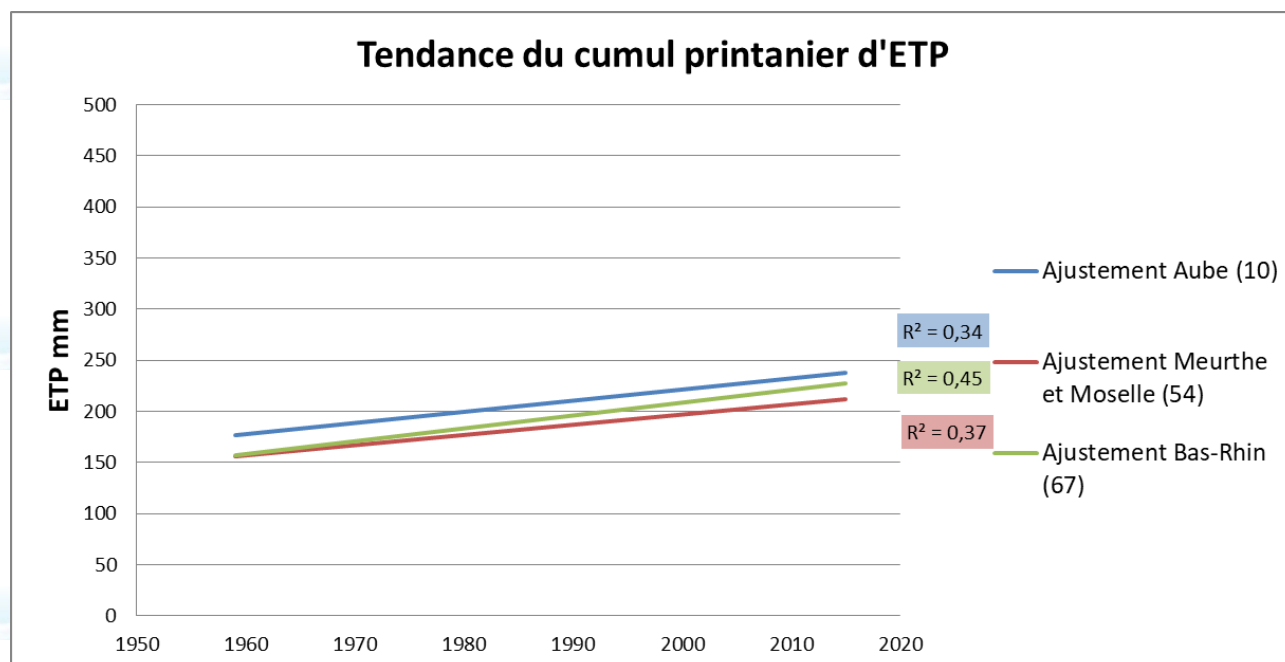


## Cumul saisonnier d'évapotranspiration potentielle (ETP)





## Cumul saisonnier d'évapotranspiration potentielle (ETP)



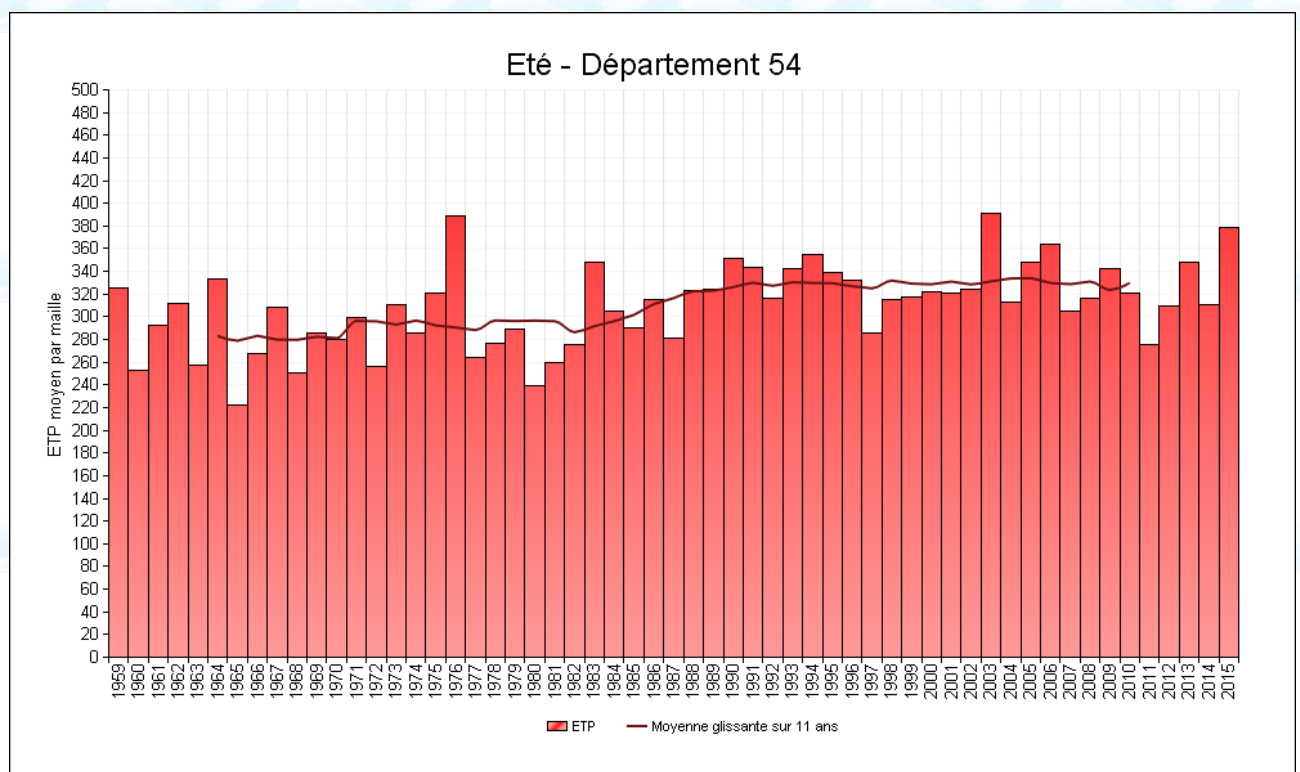
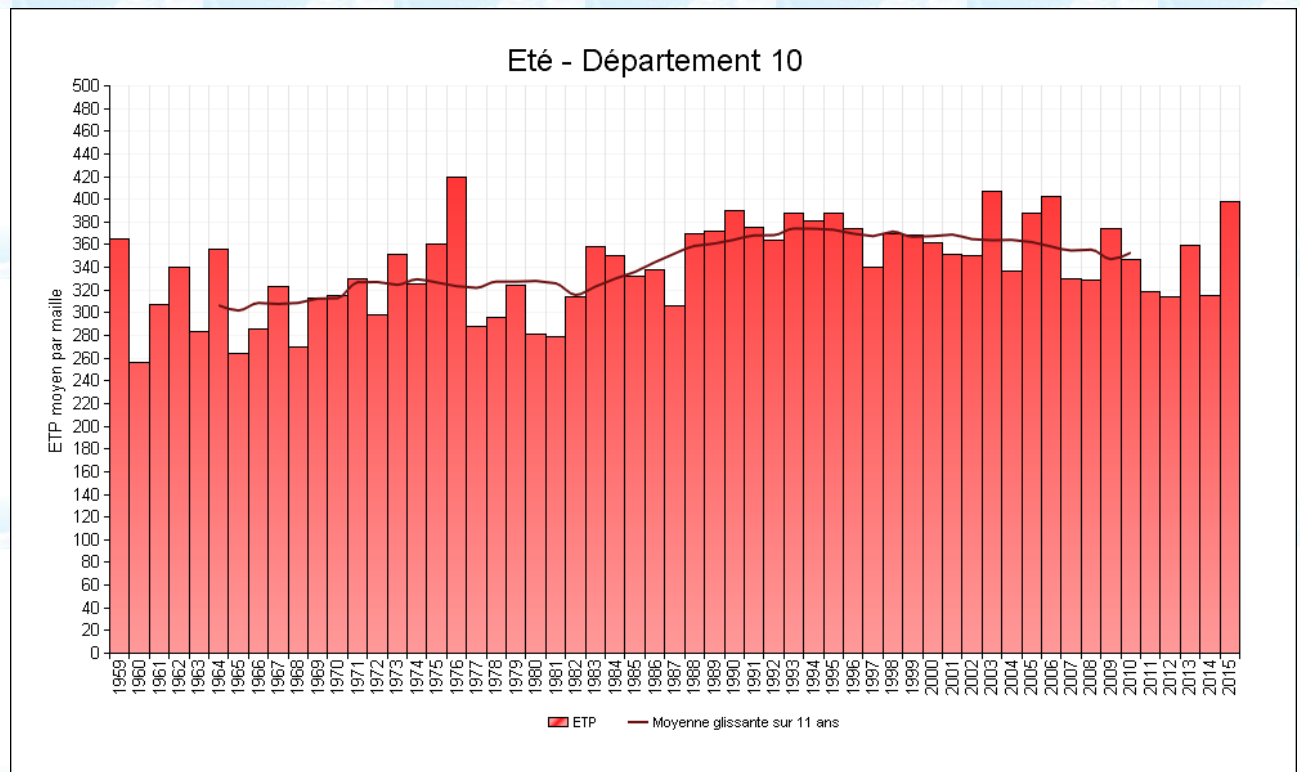
	Evolution du cumul printanier (mars à mai) d'ETP (mm/décennie)	Coefficient de détermination ( $R^2$ )
Ardennes (08)	$4,96 \pm 1,78$ mm/dec**	0,12
Aube (10)	$10,87 \pm 2,05$ mm/dec***	0,34
Marne (51)	$12,43 \pm 2,11$ mm/dec***	0,39
Haute-Marne (52)	$11,66 \pm 1,95$ mm/dec***	0,40
Meurthe-et-Moselle (54)	$9,88 \pm 1,75$ mm/dec***	0,37
Meuse (55)	$10,32 \pm 1,92$ mm/dec***	0,34
Moselle (57)	$13,42 \pm 1,87$ mm/dec***	0,48
Bas-Rhin (67)	$12,49 \pm 1,88$ mm/dec***	0,45
Haut-Rhin (68)	$10,17 \pm 1,79$ mm/dec***	0,37
Vosges (88)	$14,57 \pm 1,78$ mm/dec***	0,55

Note : ns= non significatif; \*= significatif à  $P < 0,05$ ; \*\*= significatif à  $P < 0,01$ ; \*\*\*= significatif à  $P < 0,001$



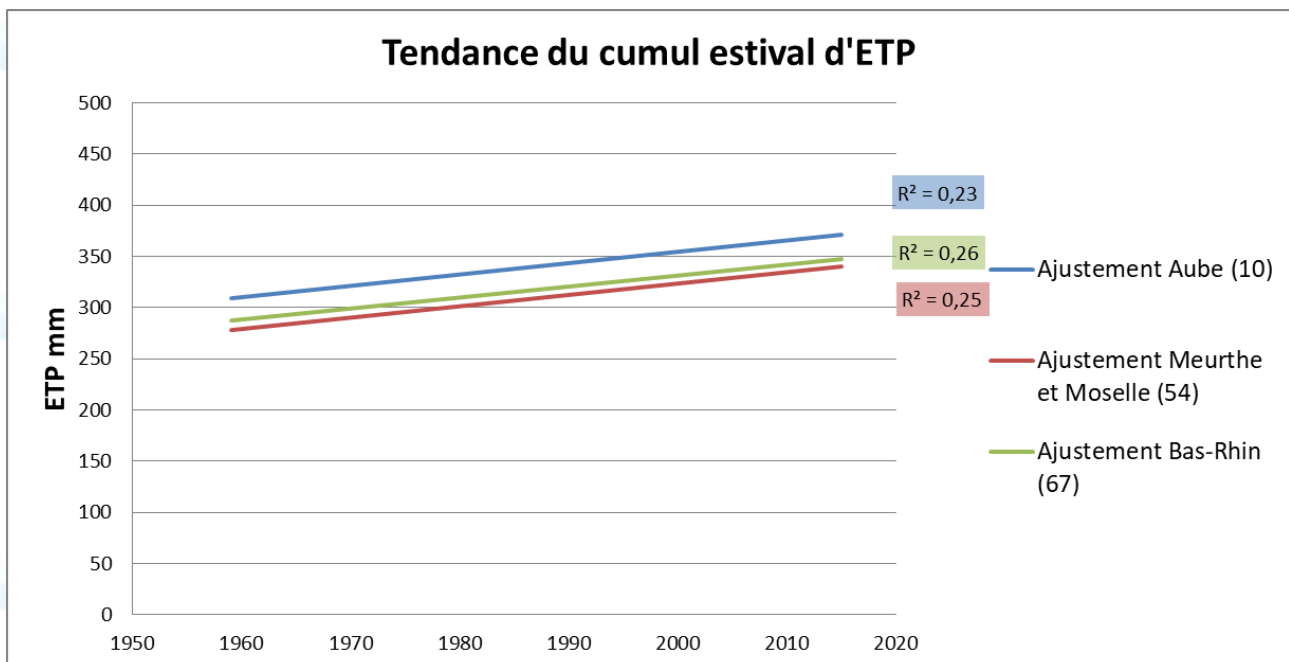
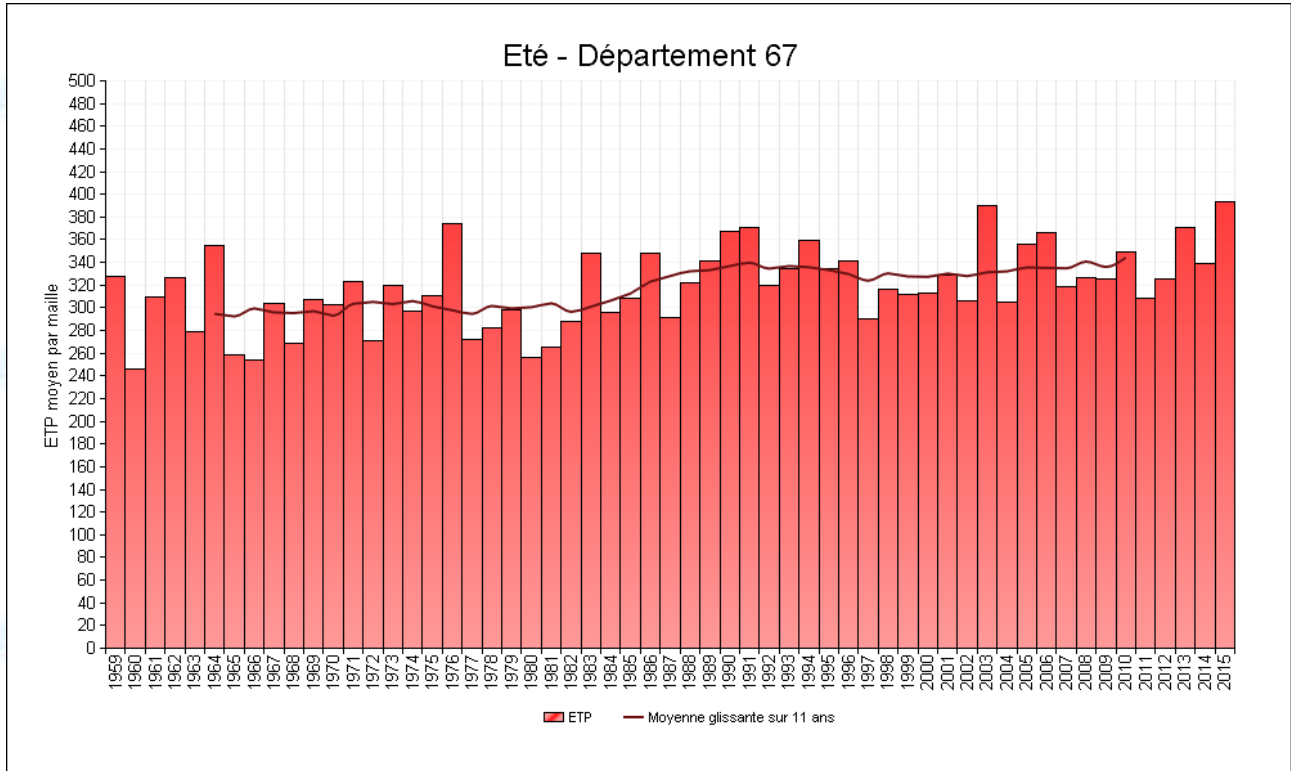
## Cumul saisonnier d'évapotranspiration potentielle (ETP)

Evolution observée en été: Juin à Juillet





## Cumul saisonnier d'évapotranspiration potentielle (ETP)



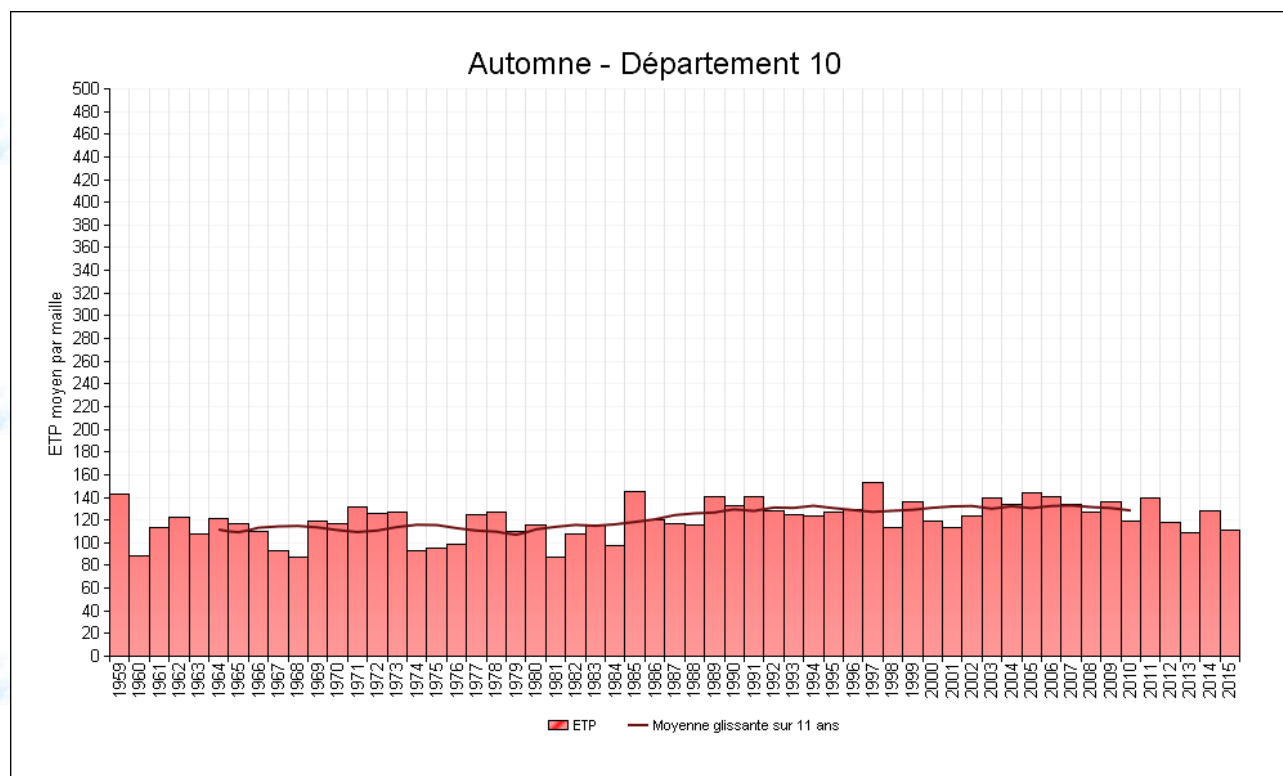


## Cumul saisonnier d'évapotranspiration potentielle (ETP)

	Evolution du cumul estival (juin à août) d'ETP (mm/décennie)	Coefficient de détermination (R <sup>2</sup> )
Ardennes (08)	2,61 ± 2,27 mm/dec <sup>ns</sup>	0,02
Aube (10)	11,17 ± 2,76 mm/dec <sup>***</sup>	0,23
Marne (51)	14,68 ± 2,87 mm/dec <sup>***</sup>	0,32
Haute-Marne (52)	14,29 ± 2,85 mm/dec <sup>***</sup>	0,31
Meurthe-et-Moselle (54)	11,11 ± 2,57 mm/dec <sup>***</sup>	0,25
Meuse (55)	10,52 ± 2,7 mm/dec <sup>***</sup>	0,22
Moselle (57)	14,16 ± 2,65 mm/dec <sup>***</sup>	0,34
Bas-Rhin (67)	10,70 ± 2,44 mm/dec <sup>***</sup>	0,26
Haut-Rhin (68)	7,76 ± 2,34 mm/dec <sup>**</sup>	0,17
Vosges (88)	14,91 ± 2,46 mm/dec <sup>***</sup>	0,40

Note : ns= non significatif; \*= significatif à P<0,05; \*\*= significatif à P<0,01; \*\*\*= significatif à P<0,001

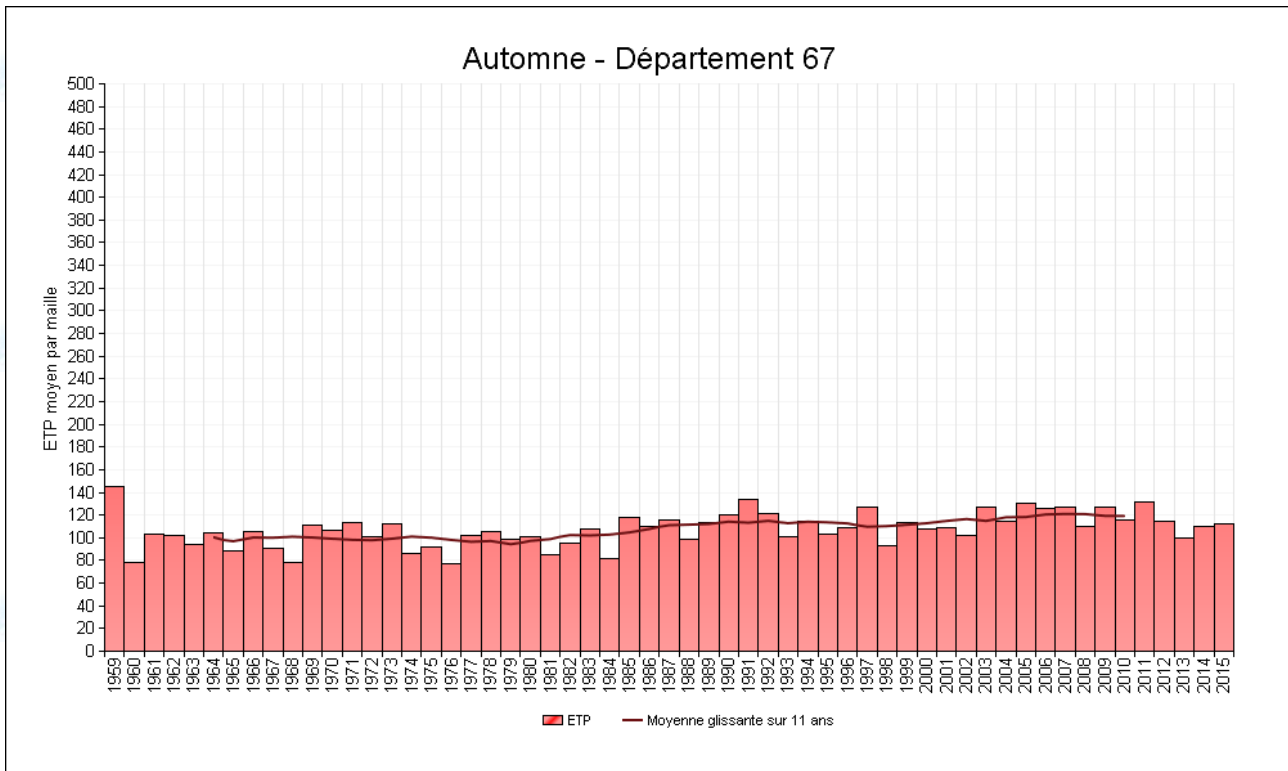
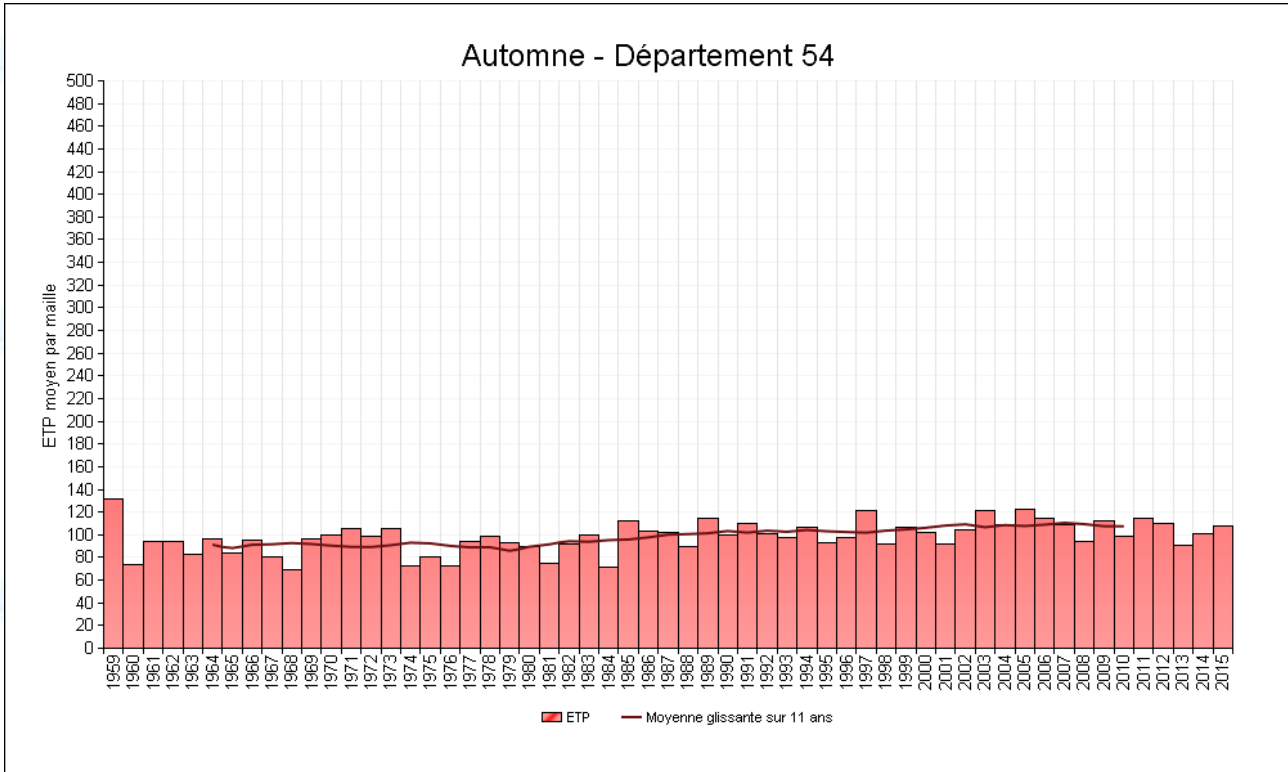
### Evolution observée en automne : Septembre à Novembre





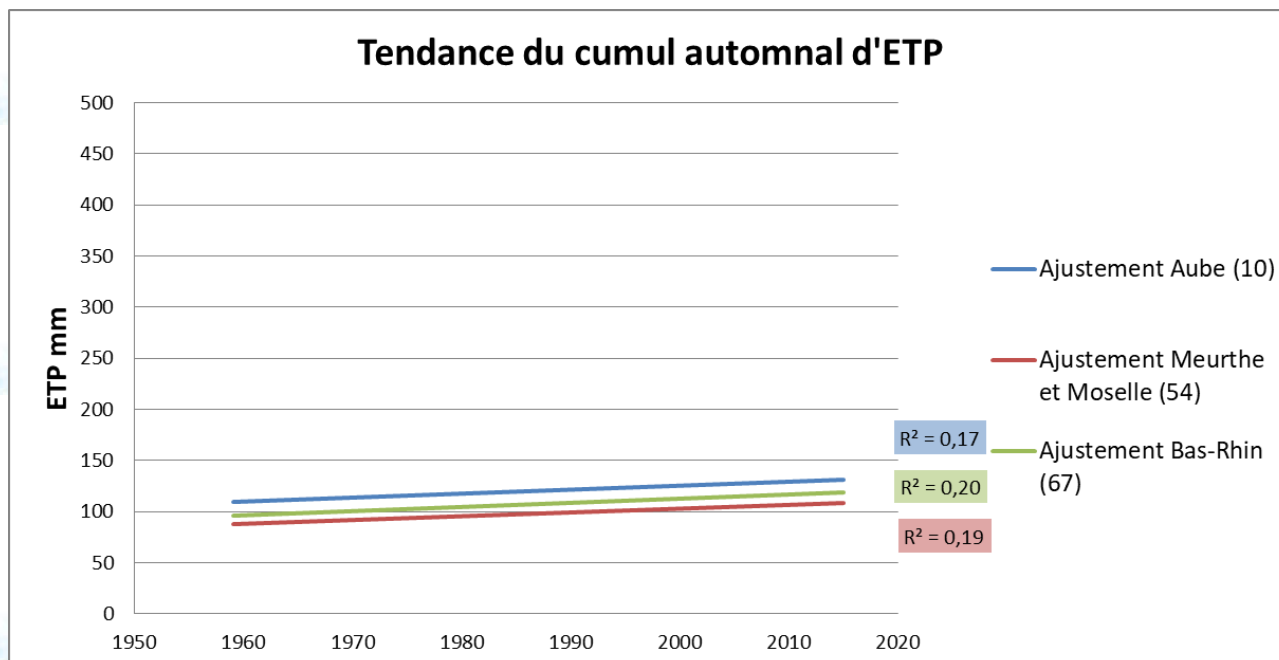


## Cumul saisonnier d'évapotranspiration potentielle (ETP)





## Cumul saisonnier d'évapotranspiration potentielle (ETP)



	Evolution du cumul automnal (septembre à novembre) d'ETP (mm/décennie)	Coefficient de détermination (R <sup>2</sup> )
Ardennes (08)	1,01 ± 1,15 mm/dec <sup>ns</sup>	0,01
Aube (10)	3,87 ± 1,16 mm/dec <sup>**</sup>	0,17
Marne (51)	5,94 ± 1,25 mm/dec <sup>***</sup>	0,29
Haute-Marne (52)	3,94 ± 1,2 mm/dec <sup>**</sup>	0,16
Meurthe-et-Moselle (54)	3,64 ± 1 mm/dec <sup>***</sup>	0,19
Meuse (55)	3,82 ± 1,12 mm/dec <sup>**</sup>	0,17
Moselle (57)	4,61 ± 1,13 mm/dec <sup>***</sup>	0,23
Bas-Rhin (67)	4,01 ± 1,07 mm/dec <sup>***</sup>	0,20
Haut-Rhin (68)	3,90 ± 1,03 mm/dec <sup>***</sup>	0,21
Vosges (88)	6,76 ± 1,05 mm/dec <sup>***</sup>	0,43

Note : ns= non significatif; \*= significatif à P<0,05; \*\*= significatif à P<0,01; \*\*\*= significatif à P<0,001



## Cumul saisonnier d'évapotranspiration potentielle (ETP)

### Analyse

Les tendances globales observées sur l'ensemble de la période 1959 – 2015 sont assez régulières avec une augmentation de l'ETP répartie sur l'ensemble des saisons mais une prééminence de la période printanière.

Les résultats du département des Ardennes se détachent par l'absence de tendance significative 3 saisons sur 4.

Sur les 4 saisons, les Vosges présentent des augmentations de l'ETP saisonnière plus importantes que les autres départements.

Lorsque les tendances sont considérées sur l'ensemble de la période (1959 - 2015) de manière **absolue** on obtient le tableau suivant :

	Hiver	Printemps	Été	Automne
Ardennes (08)	NS	+ 28 mm	NS	NS
Aube (10)	+ 12 mm	+ 61 mm	+ 63 mm	+ 22 mm
Marne (51)	NS	+ 70 mm	+ 82 mm	+ 33 mm
Haute-Marne (52)	NS	+ 65 mm	+ 80 mm	+ 22 mm
Meurthe-et-Moselle (54)	+ 8 mm	+ 55 mm	+ 62 mm	+ 20 mm
Meuse (55)	NS	+ 58 mm	+ 59 mm	+ 21 mm
Moselle (57)	+ 7 mm	+ 75 mm	+ 79 mm	+ 26 mm
Bas-Rhin (67)	NS	+ 70 mm	+ 60 mm	+ 22 mm
Haut-Rhin (68)	+ 11 mm	+ 57 mm	+ 43 mm	+ 22 mm
Vosges (88)	+ 19 mm	+ 82 mm	+ 83 mm	+ 38 mm

Lorsque les tendances sont considérées sur l'ensemble de la période (1959 - 2015) de manière **relative** (par rapport à la moyenne (1959-2015) on obtient le tableau suivant :

	Hiver	Printemps	Été	Automne
Ardennes (08)	NS	+ 14 %	NS	NS
Aube (10)	+ 28 %	+ 29 %	+ 18 %	+ 18 %
Marne (51)	NS	+ 34 %	+ 25 %	+ 29 %
Haute-Marne (52)	NS	+ 35 %	+ 26 %	+ 22 %
Meurthe-et-Moselle (54)	+ 23 %	+ 30 %	+ 20 %	+ 21 %
Meuse (55)	NS	+ 30 %	+ 19 %	+ 21 %
Moselle (57)	+ 21 %	+ 38 %	+ 24 %	+ 25 %
Bas-Rhin (67)	NS	+ 36 %	+ 19 %	+ 21 %
Haut-Rhin (68)	+ 30 %	+ 32 %	+ 14 %	+ 22 %
Vosges (88)	+ 57 %	+ 46 %	+ 28 %	+ 40 %



## Cumul saisonnier d'évapotranspiration potentielle (ETP)

---

### A RETENIR

La tendance significative à la hausse de l'évapotranspiration potentielle est commune aux trois saisons hors l'hiver mais est renforcée au printemps.

La disparité territoriale est mise en évidence :

- Au printemps, l'augmentation va de + 14 % dans les Ardennes à + 46 % dans les Vosges,
- En été, l'augmentation va de + 14 % dans le Haut-Rhin à + 28 % dans les Vosges,
- En automne, l'augmentation va de + 18 % dans l'Aube à + 40 % dans les Vosges.



oracle  
Grand Est

## 2 CHANGEMENT CLIMATIQUE RELU POUR L'AGRICULTURE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

### Risques de gel fort au printemps

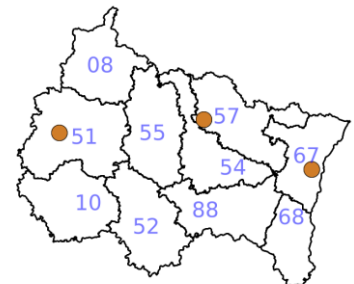
#### 🔑 Nature et source des données

Séries homogénéisées (corrigées des biais et ruptures de mesure : changement d'opérateur, changement de capteur, modification de l'environnement, déplacement de station).

Données fournies par Météo-France. Les dernières années de certaines séries sont des données brutes n'ayant pas encore fait l'objet d'homogénéisation. Elles sont représentées en teinte plus claire sur les graphiques.

#### 🕒 Indicateurs

Avize (51) : 1984 - 2015 (2016 en données brutes).  
Metz-Frescaty (Agnny) (57) : 1959 - 2013  
Strasbourg-Entzheim (67) : 1959 - 2013



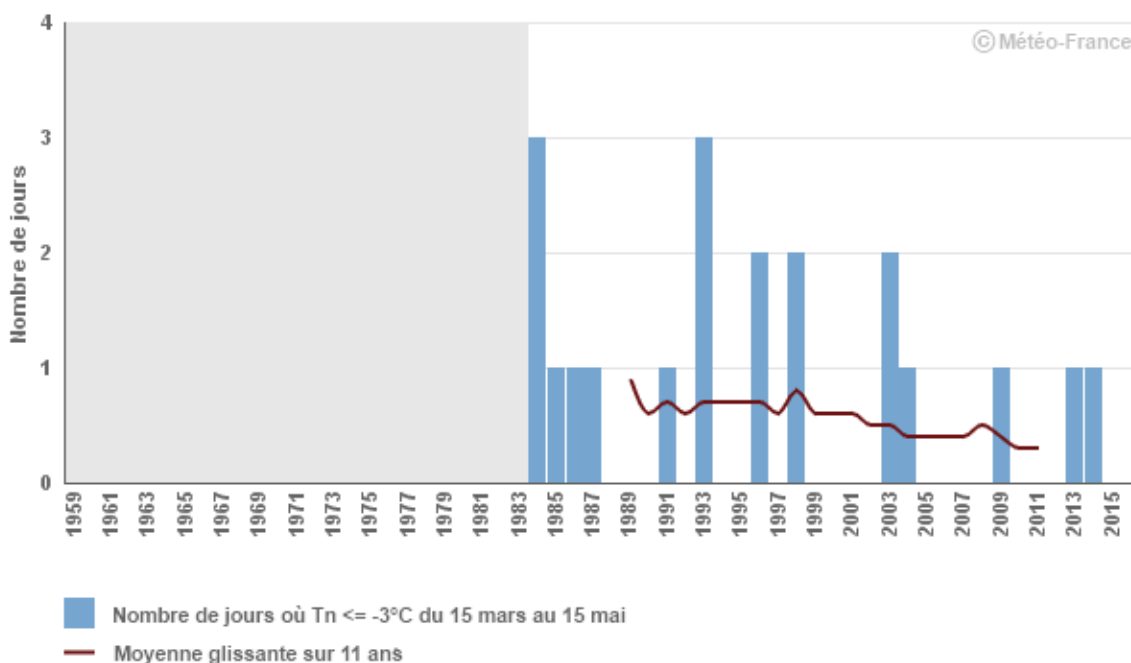
#### 🧮 Calcul de l'indicateur

Nombre de jours où la température minimale journalière est inférieure ou égale à  $-3^{\circ}\text{C}$  sur la période du 15 mars au 15 mai.

Moyenne glissante sur 11 ans : pour l'année N, il s'agit de la moyenne des années N-5 à N+5.

#### 📈 Évolution observée

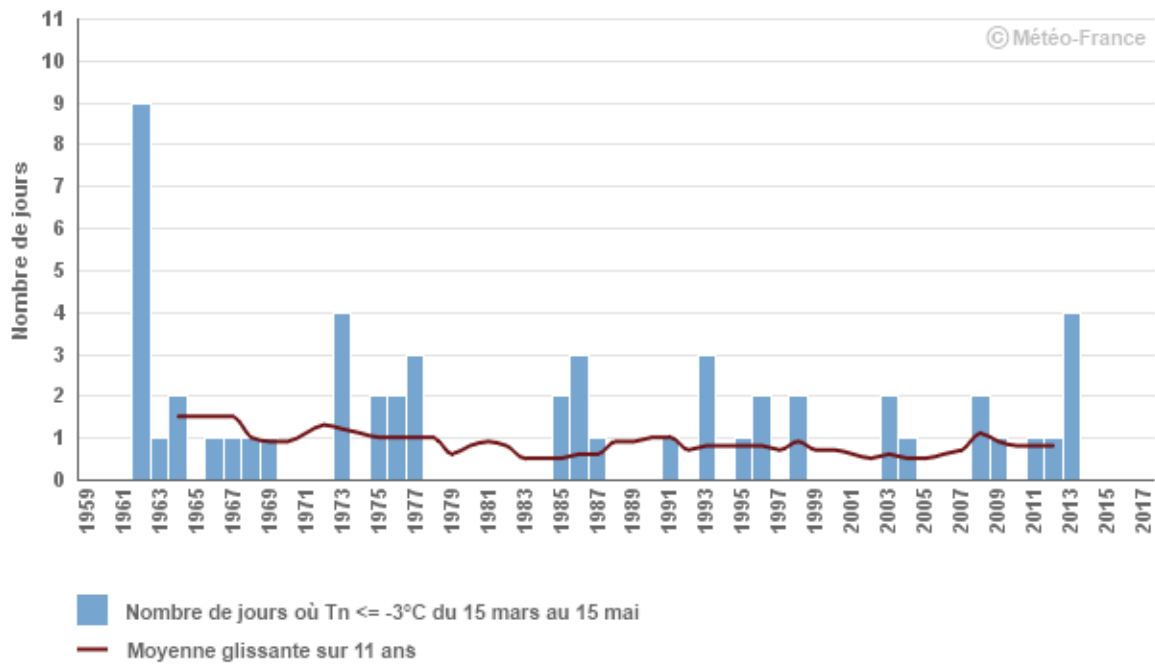
Nombre de jours où la température minimale journalière  $\leq -3^{\circ}\text{C}$  du 15 mars au 15 mai  
Avize



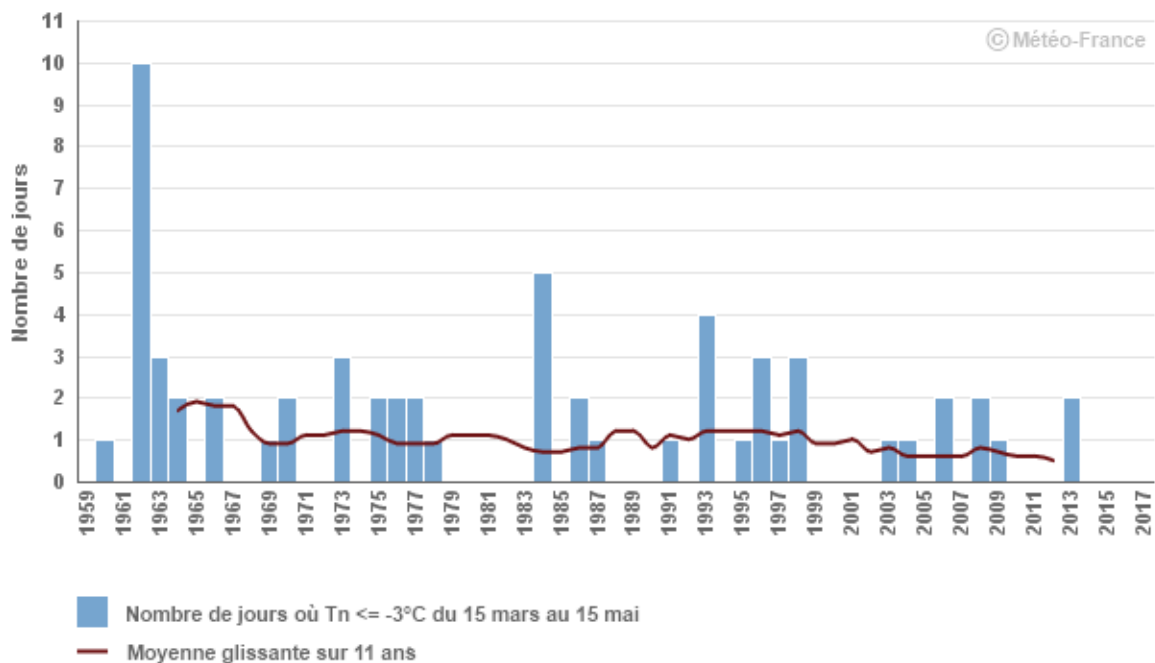


## Risques de gel fort au printemps

Nombre de jours où la température minimale journalière  $\leq -3^{\circ}\text{C}$  du 15 mars au 15 mai  
Metz-Frescaty (57)

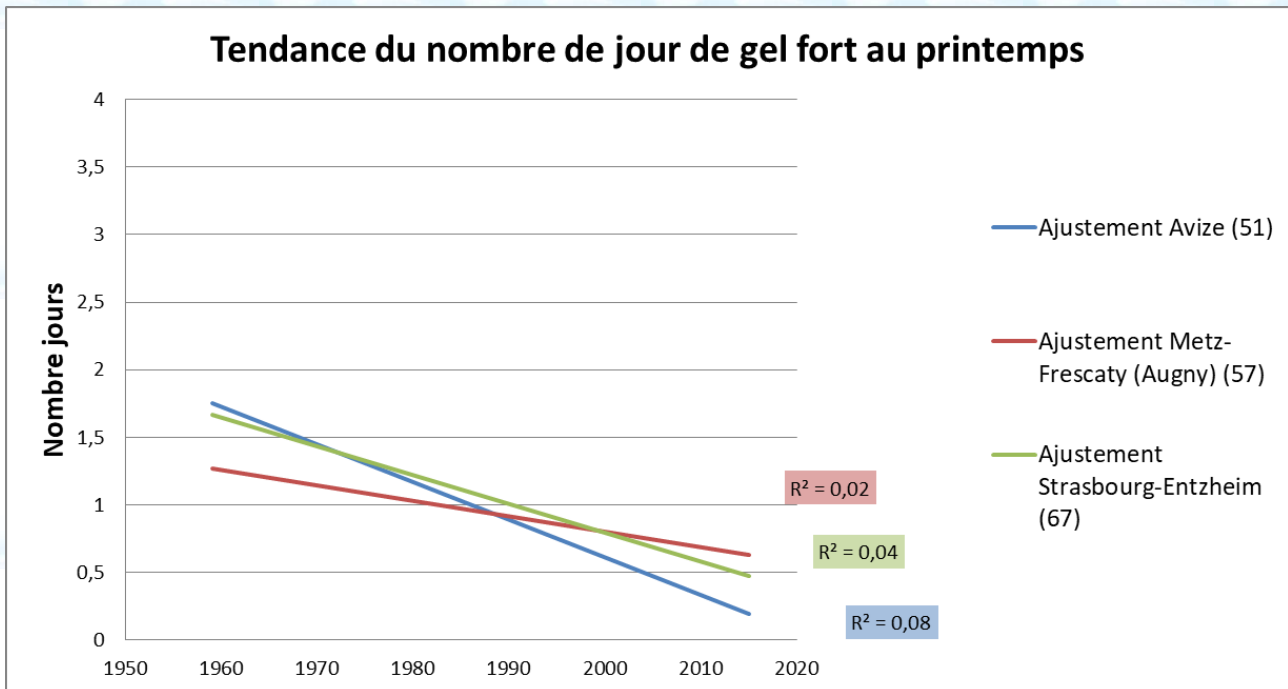


Nombre de jours où la température minimale journalière  $\leq -3^{\circ}\text{C}$  du 15 mars au 15 mai  
Strasbourg-Entzheim (67)





## Risques de gel fort au printemps



	Evolution du nombre de jours de gel fort au printemps ( $T \leq -3^\circ\text{C}$ du 15 mars au 15 mai) (Nb jours/ décennie)	Coefficient de détermination ( $R^2$ )
Avize (51)	$-0,28 \pm 0,17$ Nb J/dec <sup>ns</sup>	0,08
Metz-Frescaty (Augny) (57)	$-0,11 \pm 0,12$ Nb J/dec <sup>ns</sup>	0,02
Strasbourg-Entzheim (67)	$-0,21 \pm 0,14$ Nb J/dec <sup>ns</sup>	0,04

Note : ns= non significatif; \*= significatif à  $P < 0,05$ ; \*\*= significatif à  $P < 0,01$ ; \*\*\*= significatif à  $P < 0,001$

### Analyse

Le risque de gel en sortie d'hiver est susceptible de concerner la vigne, mais aussi les grandes cultures.

Pour les résultats de la station d'Avize (51) présentés ici, on note la faible profondeur de la série (depuis 1984).

Aucun ajustement linéaire ne donne de tendance significative.

Dans le même temps, la moyenne glissante semble légèrement orientée à la baisse. Ce phénomène est plus marqué sur la série d'Avize (plus courte).

On peut supposer que cela est dû à la diminution du nombre de jours pour les années les plus froides (voir graphique).



## Risques de gel fort au printemps

---

Ce résultat est cohérent avec la hausse globale des températures. Il ouvre des possibilités de démarrage plus rapide de cycles culturaux « sortie hiver » et rend moins fondamentales les caractéristiques de résistance au gel printanier des variétés mises en terre.

Néanmoins, le risque de gelée printanière forte ne disparaît pas. De plus, les considérations de réchauffement des températures moyennes et d'avancement des stades de développement des cultures, pourraient paradoxalement maintenir, voire augmenter, l'exposition à ce risque.

### A RETENIR

Diminution apparente de fréquence et d'amplitude des événements de gel fort (<-3°C) au printemps (15/3 au 15/5) mais maintien du risque.





oracle  
Grand Est

# 2 CHANGEMENT CLIMATIQUE RELU POUR L'AGRICULTURE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

## Nombre de jours échaudants au printemps

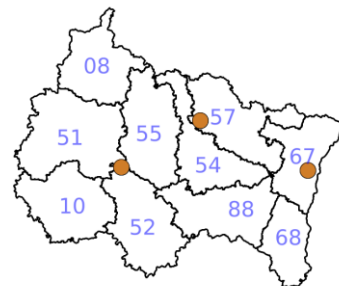
### 🔑 Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de référence (cf. Lexique simplifié p 141)

Données fournies par Météo-France. Les dernières années de certaines séries sont souvent des données brutes n'ayant pas encore fait l'objet d'homogénéisation. Elles sont représentées en ton clair sur les graphiques.

### 🕒 Indicateurs

Saint-Dizier (52) : 1959 - 2015 (2016 en données brutes)  
Metz-Frescaty (Augny) (57) : 1959 - 2015 (2016 - 2017 en données brutes)  
Strasbourg-Entzheim (67) : 1959 - 2015 (2016 - 2017 en données brutes)



### 📊 Calcul de l'indicateur

Nombre de jours où la température maximale est  $\geq 25^\circ\text{C}$  comptabilisés du 1<sup>er</sup> avril au 30 juin.

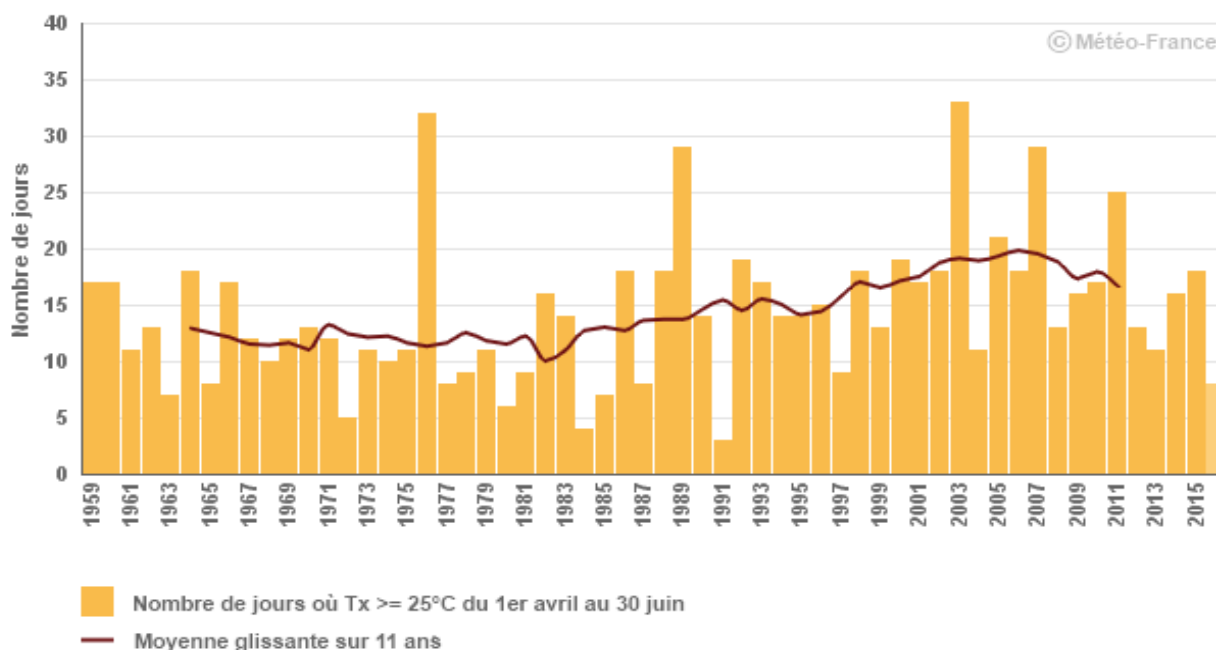
Les céréales à paille (blé notamment) sont sensibles au phénomène "d'échaudage" thermique, accident de croissance des grains dû aux températures élevées. Il est couramment admis que l'échaudage se manifeste à partir d'une température de  $25^\circ\text{C}$ . Le réchauffement climatique accroît mécaniquement le nombre de jours échaudants.

Pour mesurer la progression de ce phénomène, on observe l'évolution à long terme du nombre de jours échaudants au sein d'une plage de temps fixe. On retient la plage du 1<sup>er</sup> avril au 30 juin, considérant qu'elle recouvre bien la période de croissance des grains des céréales à paille.

Moyenne glissante sur 11 ans : pour l'année N, il s'agit de la moyenne des années N-5 à N+5.

### 📈 Évolution observée

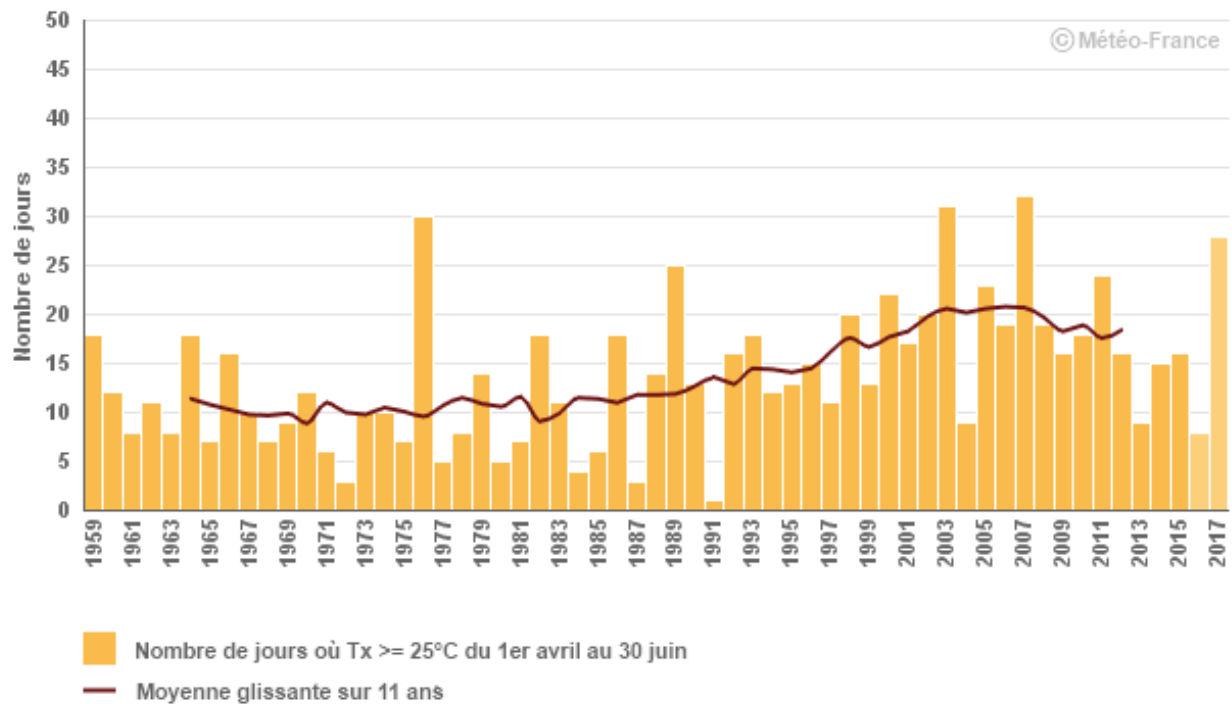
Nombre de jours où la température maximale journalière  $\geq 25^\circ\text{C}$  du 1<sup>er</sup> avril au 30 juin  
Saint-Dizier



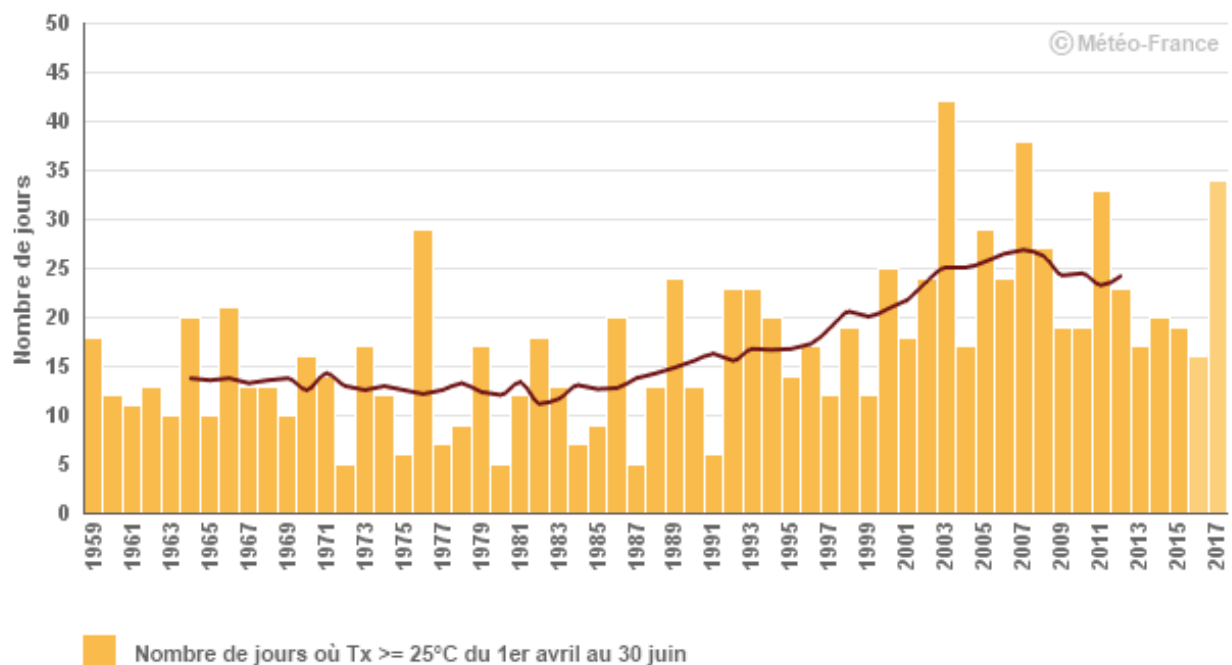


## Nombre de jours échaudants au printemps

Nombre de jours où la température maximale journalière  $\geq 25^{\circ}\text{C}$  du 1er avril au 30 juin  
Metz-Frescaty (57)

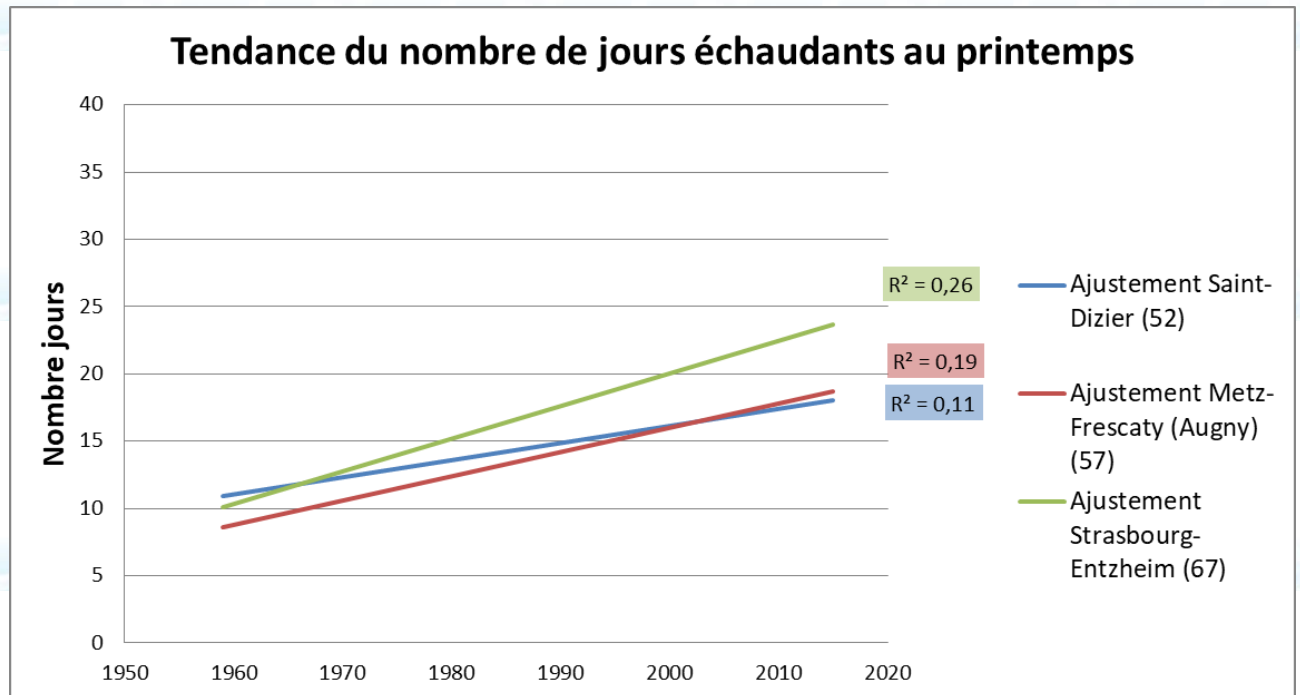


Nombre de jours où la température maximale journalière  $\geq 25^{\circ}\text{C}$  du 1er avril au 30 juin  
Strasbourg-Entzheim (67)





## Nombre de jours échaudants au printemps



	Evolution du nombre de jours échaudants au printemps (01/04 au 15/06) (Nb jours/ décennie)	Coefficient de détermination (R <sup>2</sup> )
Saint-Dizier (52)	1,27 ± 0,49 Nb jours/dec*	0,11
Metz-Frescaty (Augny) (57)	1,82 ± 0,51 Nb jours/dec***	0,19
Strasbourg-Entzheim (67)	2,43 ± 0,55 Nb jours/dec***	0,26

Note : ns= non significatif; \*= significatif à P<0,05; \*\*= significatif à P<0,01; \*\*\*= significatif à P<0,001

### Analyse

L'évolution tendancielle (ajustement linéaire) de cet indicateur sur l'ensemble de la période d'observation (1959 – 2015) varie de + 1,3 à + 2,4 jours échaudants par décennie (soit + 50 % à + 100% sur la période). Même si la mise en perspective des observations et des modélisations doit être faite avec précaution, et malgré la variabilité interannuelle marquée, on peut visualiser une tendance à l'accroissement.

La tendance traduite en fréquence (bien que ces jours échaudants soient souvent consécutifs) :

- Début(1960): 11 jours échaudants correspondant à une fréquence d'un jour sur huit.
- Fin (2010): 18 jours échaudants correspondant à une fréquence d'un jour sur cinq.



## Nombre de jours échaudants au printemps

Remarque : La conclusion de l'augmentation des risques d'échaudage se fait à cycle cultural constant alors que l'avancement des calendriers culturaux provoqué par l'élévation des températures réduit l'exposition des cultures à ces jours échaudants (phénomène "d'esquive").

### A RETENIR

Entre 1959 et 2015, nous observons une évolution de +1,3 à +2,4 jours échaudant par décennie. Selon la localisation de la station météo, cela correspond à une augmentation de 50 à 100% du nombre de jours sur la période étudiée (55 ans).



### Pour en savoir plus

GATE Ph., 1995 – Ecophysiologie du blé. Ed Lavoisier et ITCF. ISBN 2-7430-0046-5. 429 pages.

Fiche Oracle « Rendement du blé tendre ».



oracle  
Grand Est

## 2 CHANGEMENT CLIMATIQUE RELU POUR L'AGRICULTURE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

### Bilan hydrique climatique (Pluie-ETP) en période de végétation

#### 🔑 Nature et source des données

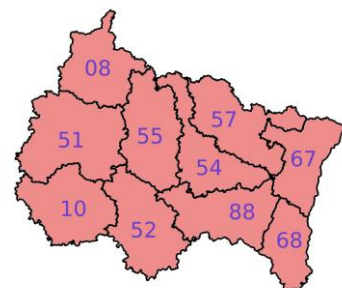
SIM : chaîne de calcul Safran Isba Modcou (cf. Lexique simplifié p 141). Indicateur spatialisé rapporté au territoire de chaque département.

Données fournies par Météo-France.

#### 🕒 Indicateur

Cumul de (pluies – ETP) du 1<sup>er</sup> mars au 30 octobre.

Ardennes (08) :	1959 - 2015
Aube (10) :	1959 - 2015
Marne (51) :	1959 - 2015
Haute-Marne (52) :	1959 - 2015
Meuse (55) :	1959 - 2015
Meurthe et Moselle (57) :	1959 - 2015
Bas-Rhin (67) :	1959 - 2015
Haut-Rhin (68) :	1959 - 2015
Vosges (88) :	1959 - 2015



#### 📊 Calcul de l'indicateur

Sur une période donnée (approximativement la période de végétation dans le cas étudié ici), la différence entre les précipitations et l'évapotranspiration potentielle constitue une appréciation du degré d'aridité du climat.

Le changement climatique se traduisant par une hausse de l'évapotranspiration (liée principalement à l'accroissement de la température) et, jusqu'à présent, une relative constance des précipitations.

Le bilan hydrique climatique a vocation à diminuer sur le long terme, signal d'une contrainte hydrique climatique croissante : lorsque ce bilan est négatif on parle alors souvent de déficit hydrique climatique.

Les précipitations et l'ETP journalières sont déterminées par combinaison d'observations et de modélisations (on parle de réanalyse) en chaque point d'une grille (un point tous les 8 km) couvrant le territoire régional.

Pour chacun des points, les pluies et l'ETP journalières sont cumulées du 1<sup>er</sup> mars au 30 octobre. On obtient ainsi les cumuls de précipitations et les cumuls d'ETP en chaque point de la grille.

Puis, on calcule la différence entre ces deux cumuls ; ce qui délivre le bilan hydrique en chaque point de grille.

Ensuite on calcule la moyenne départementale de cette différence pour l'ensemble des points couvrant chaque département. Ce qui fournit le bilan hydrique départemental pour la période considérée.

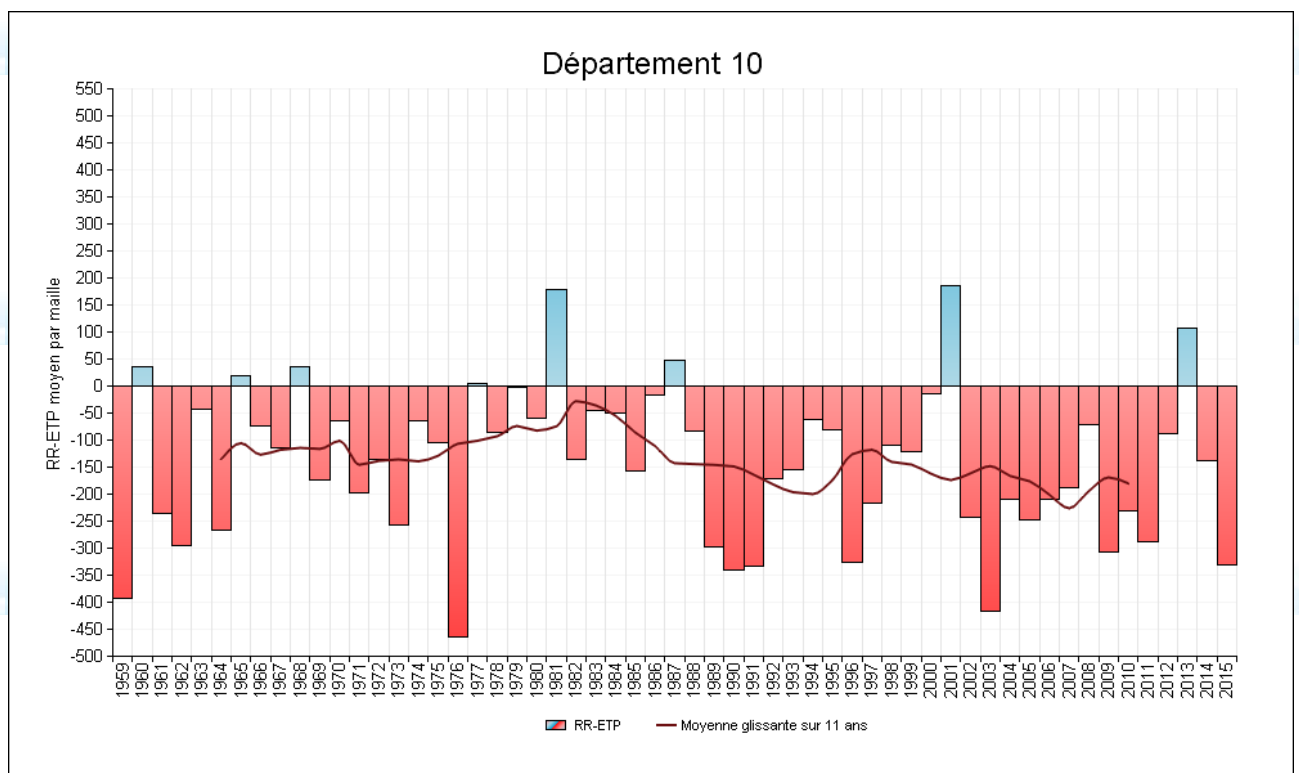
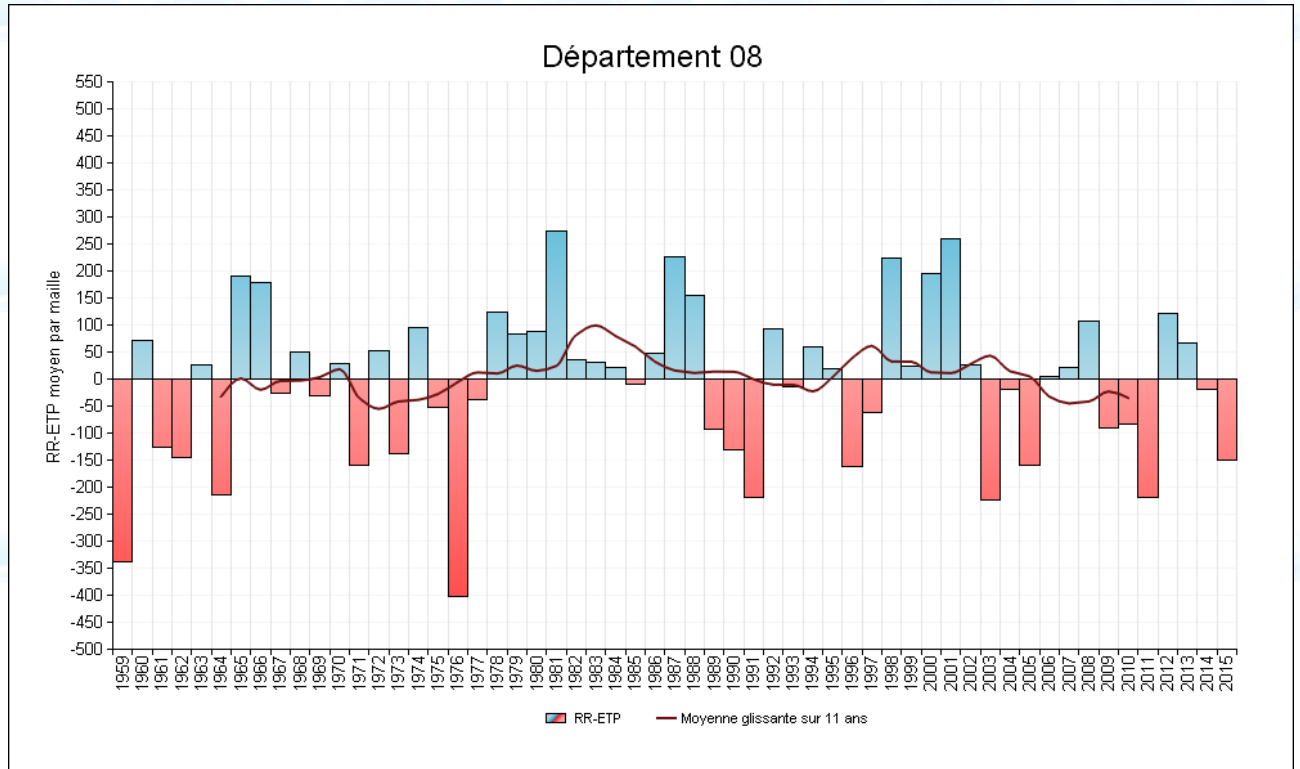
Enfin, cette succession d'opérations est répétée pour chacune des années allant de 1959 à 2015.

Moyenne glissante sur 11 ans : pour l'année N, il s'agit de la moyenne des années N-5 à N+5.



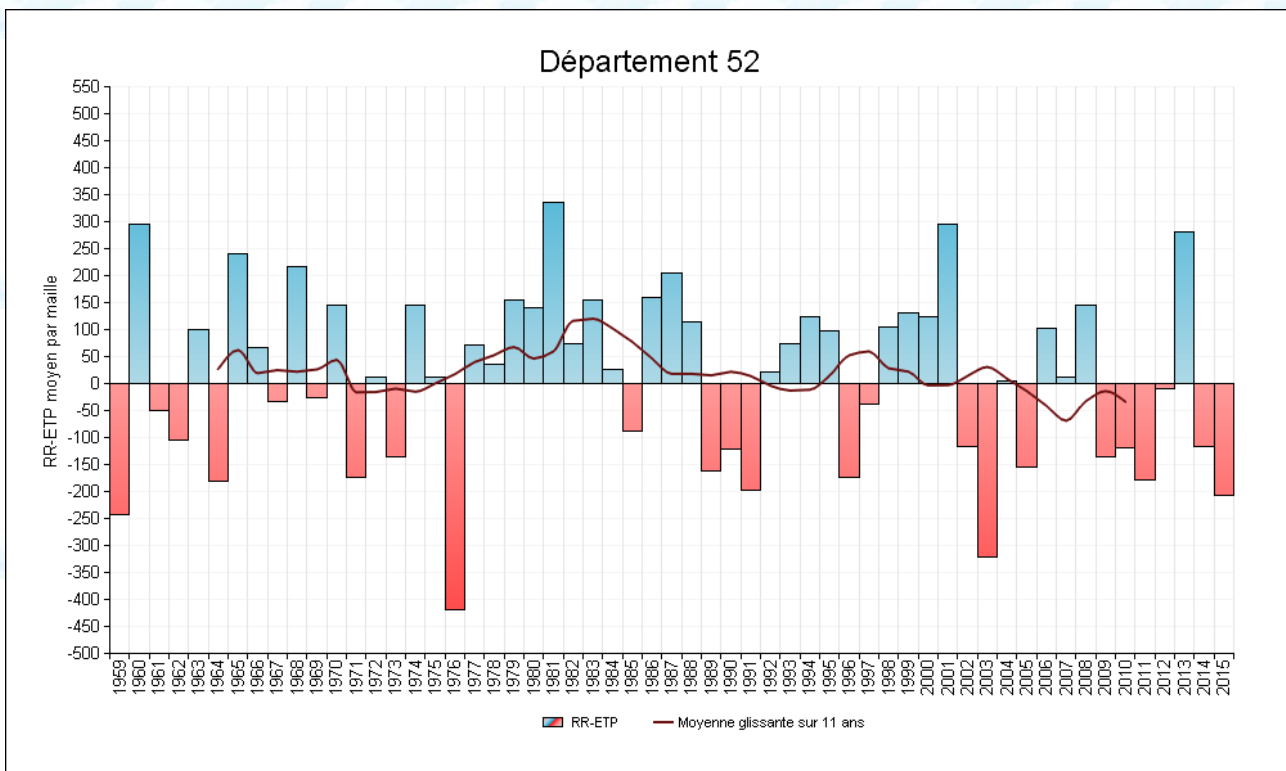
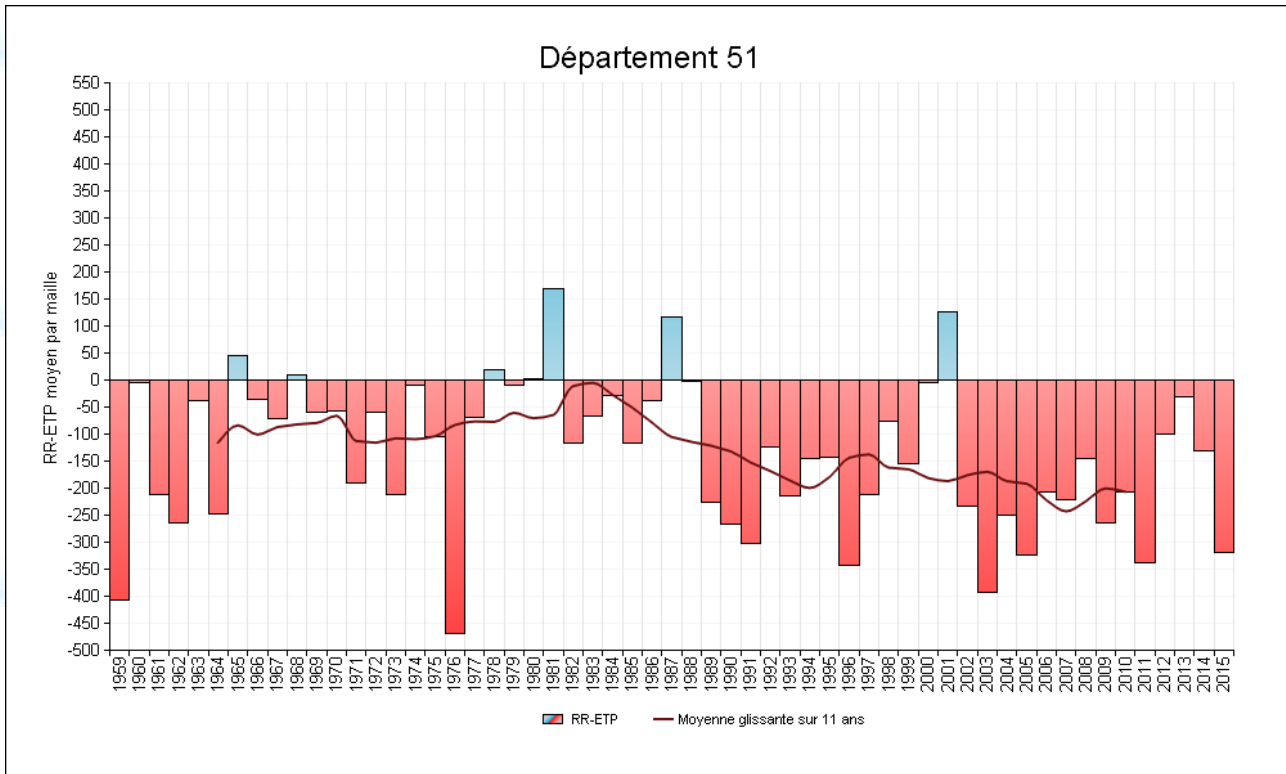
## Bilan hydrique climatique (Pluie-ETP) en période de végétation

### Évolution observée



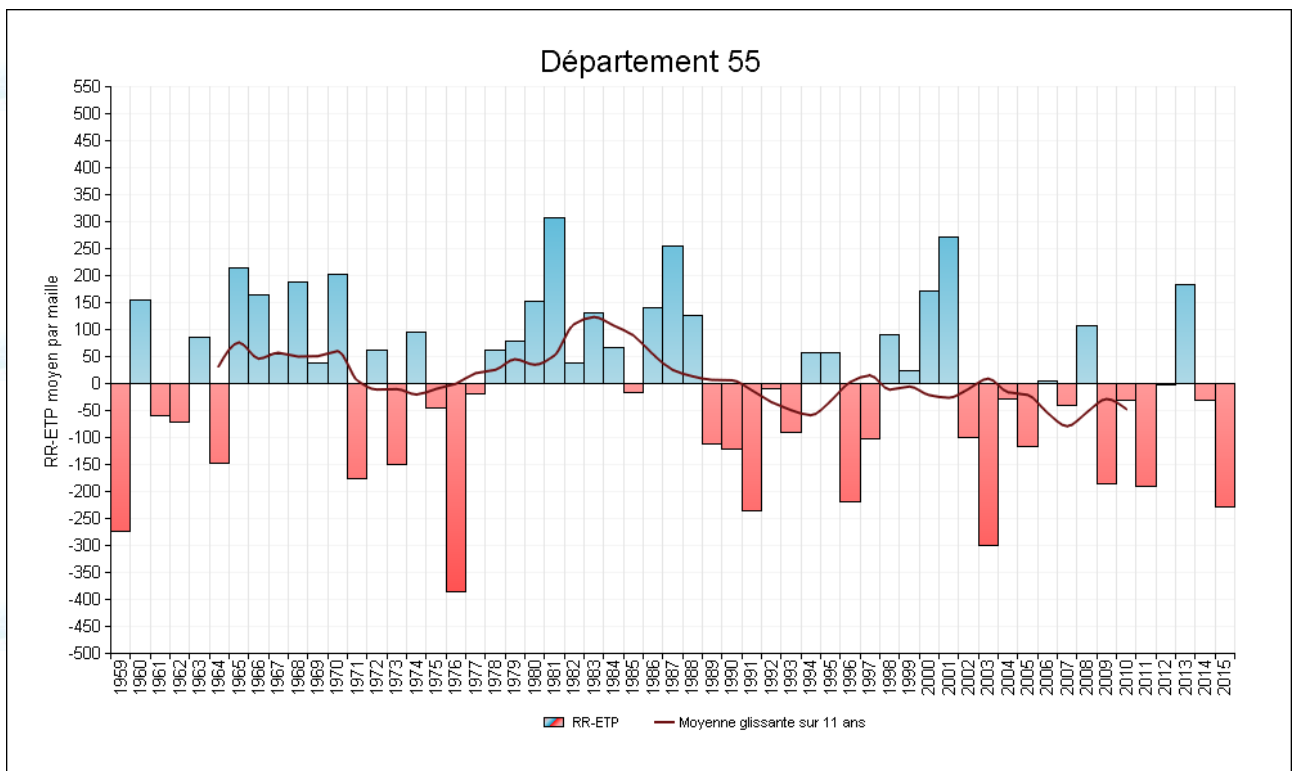
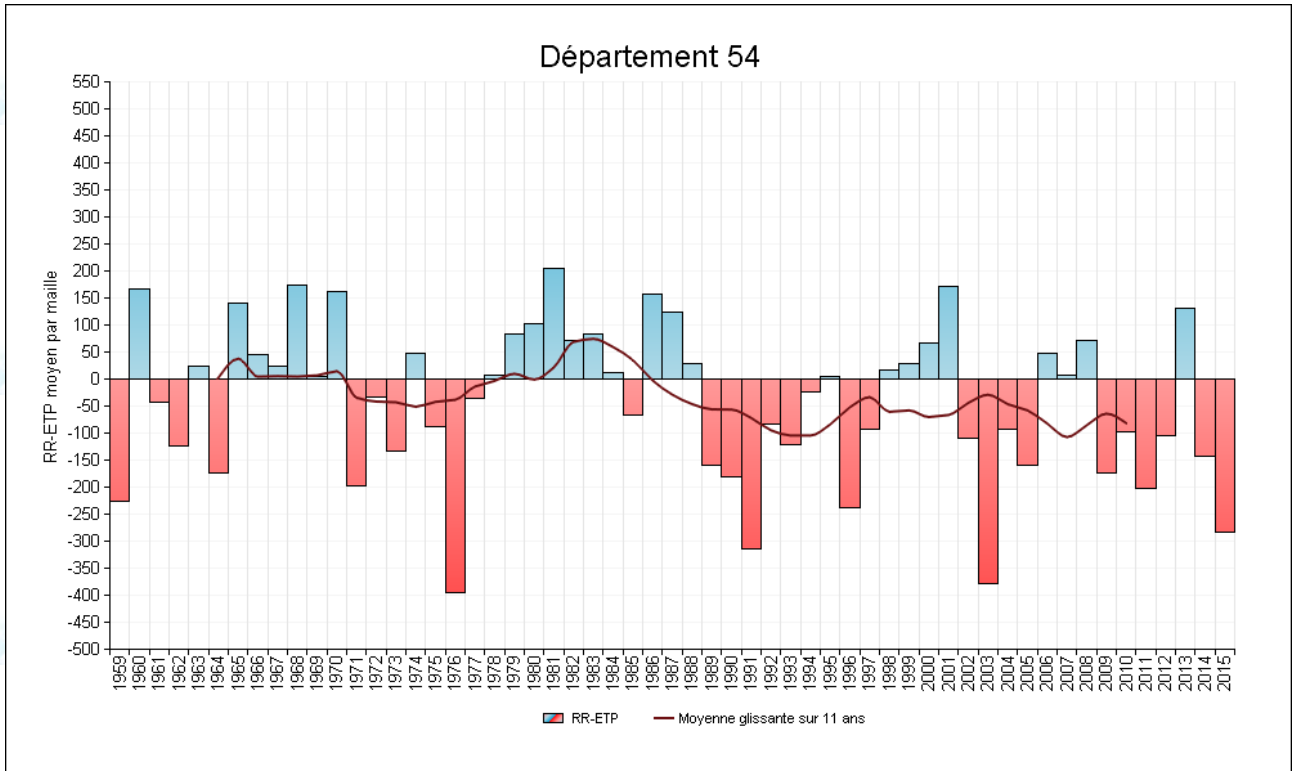


## Bilan hydrique climatique (Pluie-ETP) en période de végétation





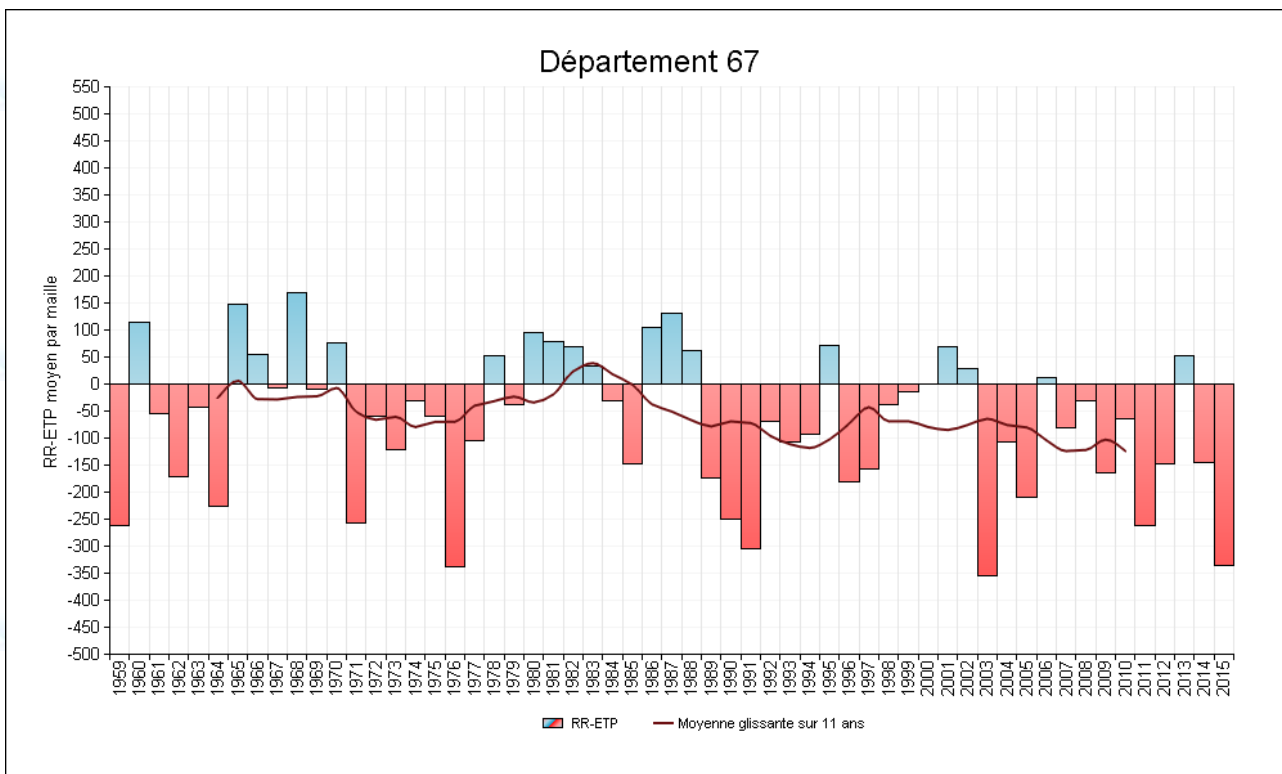
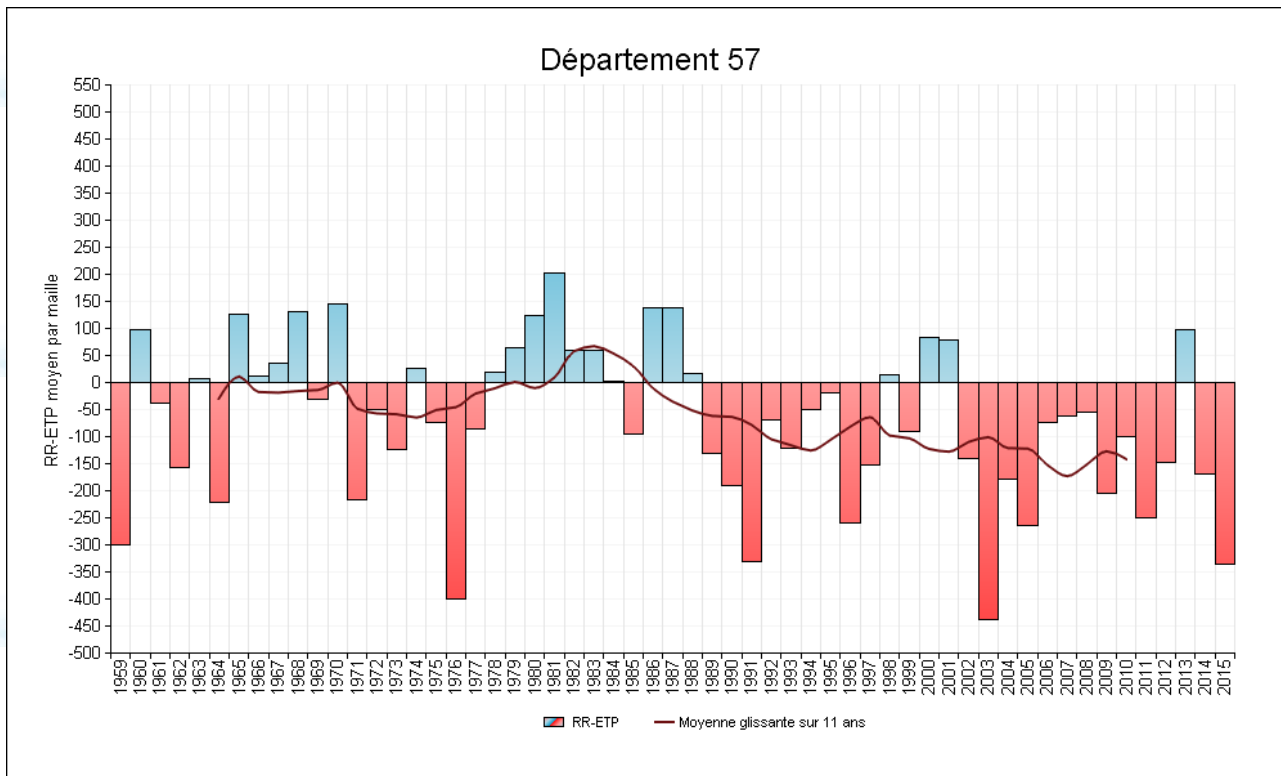
## Bilan hydrique climatique (Pluie-ETP) en période de végétation





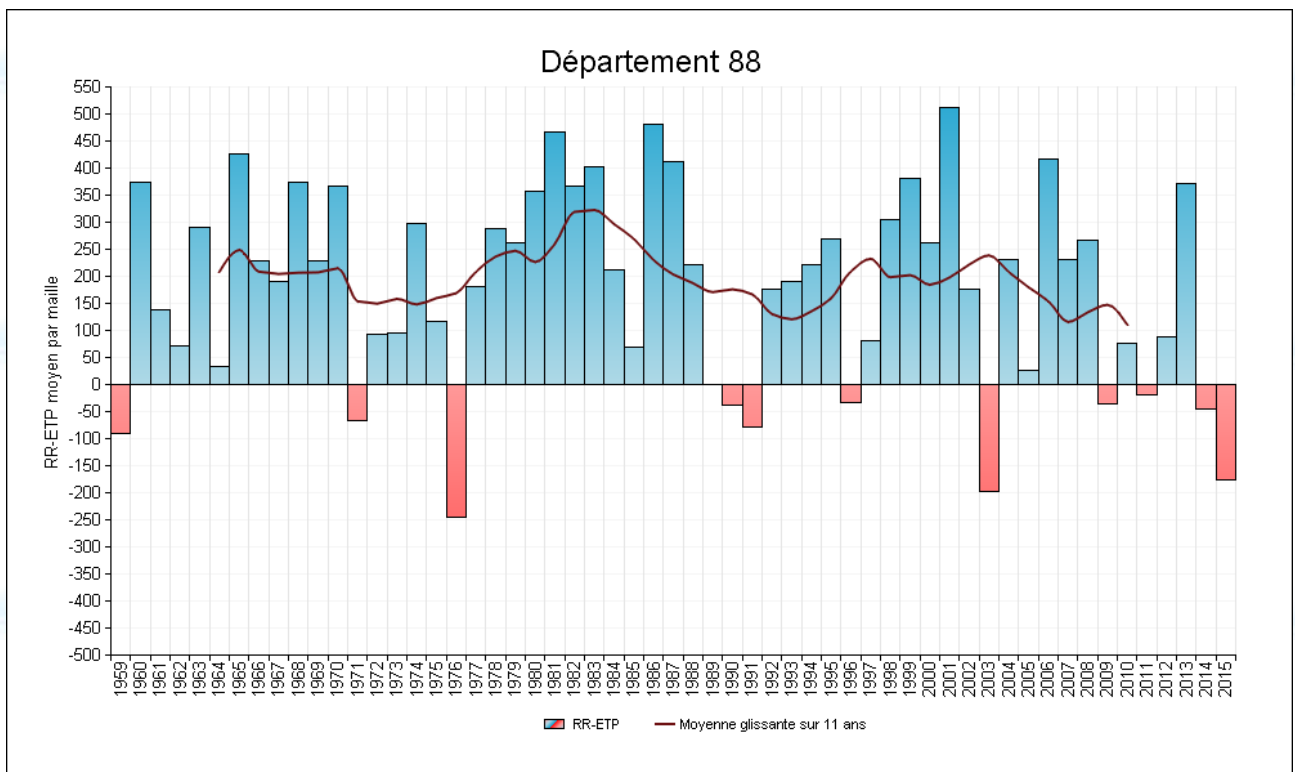
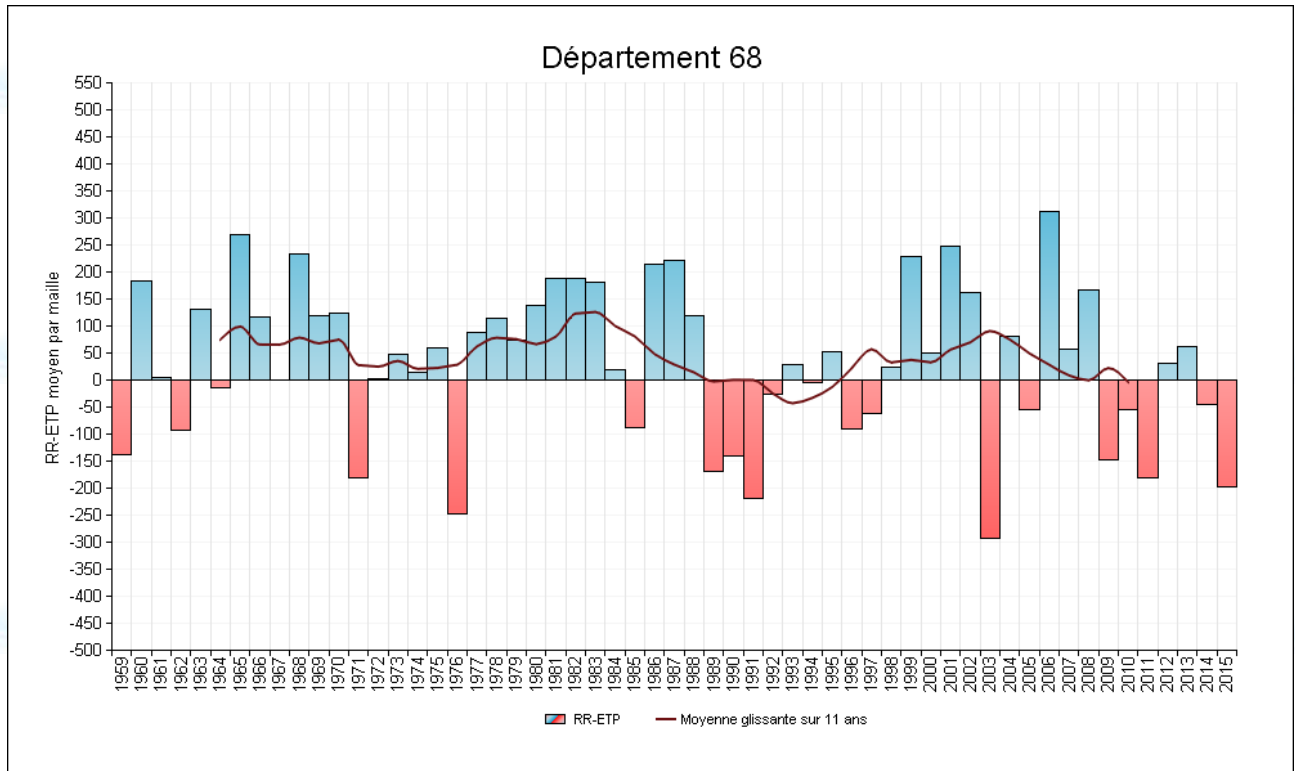


## Bilan hydrique climatique (Pluie-ETP) en période de végétation



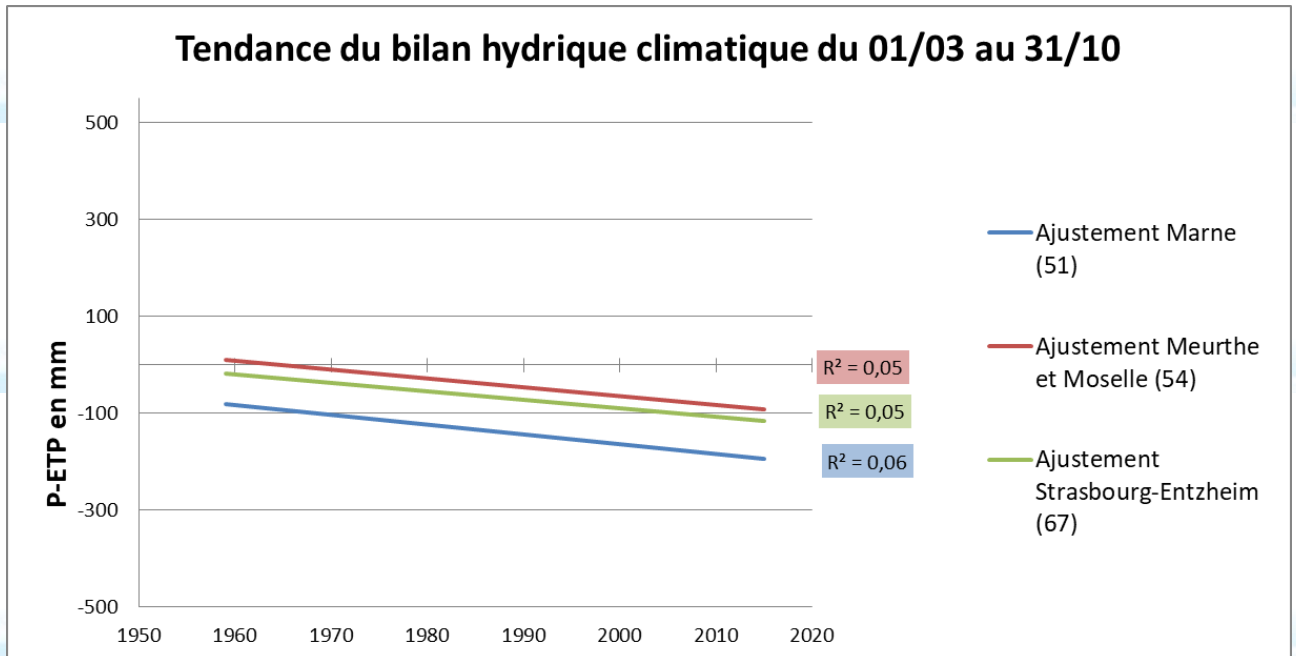


## Bilan hydrique climatique (Pluie-ETP) en période de végétation





## Bilan hydrique climatique (Pluie-ETP) en période de végétation



	Evolution du bilan hydrique climatique (Pluie-ETP) ( mm/décennie)	Coefficient de détermination ( $R^2$ )
Ardennes (08)	$5,1 \pm 11,6$ mm/dec <sup>ns</sup>	0,00
Aube (10)	$-9,8 \pm 11,4$ mm/dec <sup>ns</sup>	0,01
Marne (51)	$-20,1 \pm 10,9$ mm/dec <sup>ns</sup>	0,06
Haute-Marne (52)	$-10,2 \pm 13,2$ mm/dec <sup>ns</sup>	0,01
Meurthe-et-Moselle (54)	$-18,3 \pm 11,3$ mm/dec <sup>ns</sup>	0,05
Meuse (55)	$-14,4 \pm 12,3$ mm/dec <sup>ns</sup>	0,02
Moselle (57)	$-25,3 \pm 11,5$ mm/dec*	0,08
Bas-Rhin (67)	$-17,7 \pm 10,5$ mm/dec <sup>ns</sup>	0,05
Haut-Rhin (68)	$-13,6 \pm 11,4$ mm/dec <sup>ns</sup>	0,03
Vosges (88)	$-25,3 \pm 11,5$ mm/dec*	0,08

Note : ns= non significatif; \*= significatif à  $P < 0,05$ ; \*\*= significatif à  $P < 0,01$ ; \*\*\*= significatif à  $P < 0,001$

### Analyse

Les situations des dix départements s'échelonnent entre un bilan hydrique médian excédentaire de 181 mm dans les Vosges et déficitaire de 136 mm dans l'Aube.



## Bilan hydrique climatique (Pluie-ETP) en période de végétation

La variabilité interannuelle est particulièrement marquée, avec une large gamme de valeurs :

		Bilan Hydrique (Pluie-ETP) du 01 mars au 31 octobre - en mm									
		10	51	57	67	54	55	52	08	68	88
minimum		-464	-468	-438	-354	-396	-386	-419	-402	-294	-244
maximum		186	170	202	168	206	307	335	273	312	512
moyenne		-142	-136	-69	-67	-40	2	12	-6	34	181
médiane		-136	-125	-62	-54	-25	4	22	22	47	212

A de nombreuses reprises, la différence entre deux années consécutives dépasse 100 mm, voire 200 mm. Cette forte variabilité perturbe fortement la lecture d'une éventuelle tendance.

Les seules tendances linéaires significatives observées concernent les départements de la Moselle et les Vosges dont le bilan hydrique se dégrade de 25 mm par décennie. Cela représente un manque d'eau de 140 mm sur l'ensemble de la période d'observation (55 ans). Une méthode statistique alternative détecte une tendance significative du même ordre de grandeur dans le département de la Marne (51) (cf Fiche « Statistiques »).

Les situations des départements dont le bilan est **régulièrement déficitaire ou proche de zéro (moyenne et médiane) doivent faire l'objet d'une attention particulière afin de préserver leur ressource en eau.**

On rappelle que le déficit hydrique climatique (pluie – ETP), s'il est une estimation de l'aridité du climat sur une période donnée, ne constitue pas une quantification du besoin en eau des plantes. Cette dernière nécessite le calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR). Cela implique un paramétrage précis de la réserve utile des sols et des dynamiques de croissance foliaire des plantes.

### A RETENIR

Le bilan hydrique (pluie – ETP) du 1 mars au 30 octobre en région Grand Est s'établit de façon hétérogène sur le territoire et semble évoluer très majoritairement à la baisse.

Sur l'ensemble de la période étudiée (1959 à 2015) les départements de la Marne, la Moselle et les Vosges présentent une tendance significative à la baisse d'environ -140 mm.

L'accroissement observé du déficit hydrique estival résulte d'une augmentation de l'évapotranspiration potentielle.

Malgré des évolutions de précipitation légèrement positives, ce déficit hydrique climatique nous permet de mettre en évidence la pression qui s'exerce sur la disponibilité de l'eau pour les cultures.



**oracle**  
Grand Est

## 2 CHANGEMENT CLIMATIQUE RELU POUR L'AGRICULTURE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

### Indice de fraîcheur des nuits modifié

#### 🔑 Nature et source des données

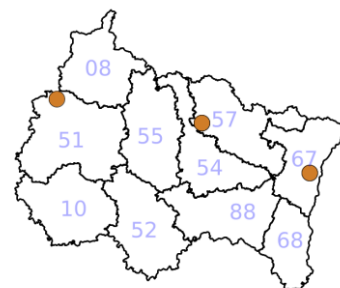
SQR : séries quotidiennes de référence (cf. Lexique simplifié p 141)

Données fournies par Météo-France. Les dernières années de certaines séries sont souvent des données brutes n'ayant pas encore fait l'objet d'homogénéisation. Elles sont représentées en ton clair sur les graphiques.

#### 🕒 Indicateur

Indice de fraîcheur des nuits modifié du 01/08 au 30/09.

Reims-Courcy (51) :	1959 - 2010
Metz-Frescaty (Aigny) (57) :	1959 - 2015 (2016 - 2017 en valeurs brutes)
Strasbourg-Entzheim (67) :	1959 - 2015 (2016 - 2017 en valeurs brutes)



#### 🧮 Calcul de l'indicateur

Moyenne des températures minimales journalières du 1<sup>er</sup> août au 30 septembre. Ce calcul s'écarte de la méthodologie officielle CCM Géoviticole (Tonietto J., Carbonneau A., 2000) en étendant cette moyenne sur 2 mois au lieu du seul mois de septembre. Ce choix réside dans la nécessité de couvrir une période de maturation potentielle des raisins plus étendue correspondant aux différences des vignobles régionaux.

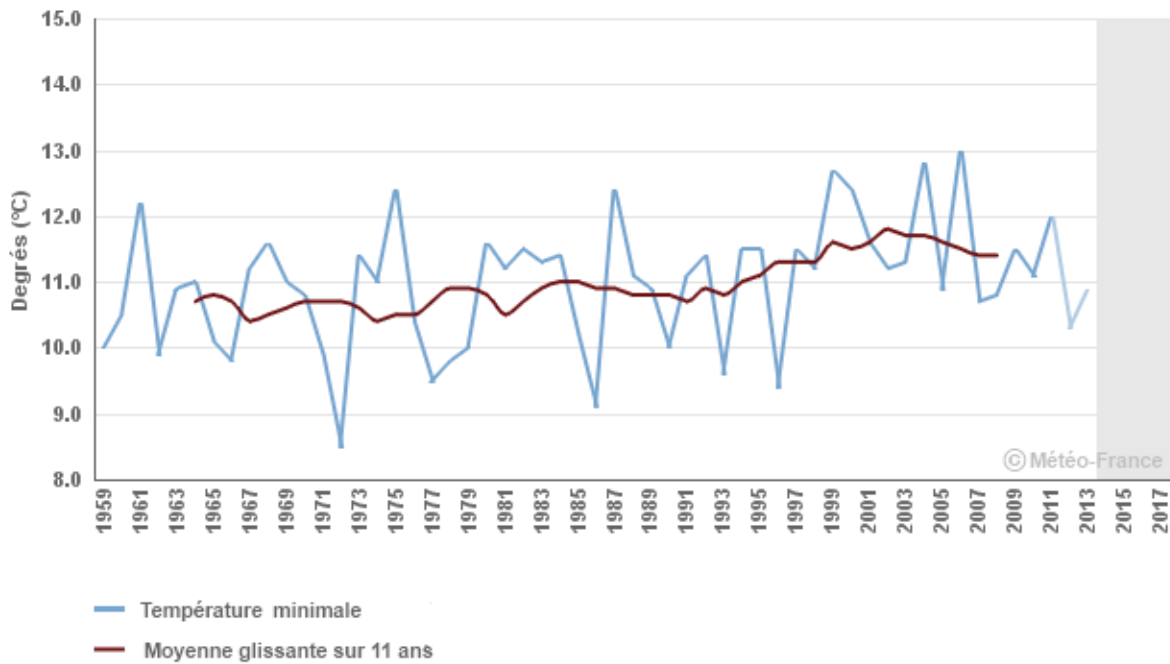
Moyenne glissante sur 11 ans : pour l'année N, il s'agit de la moyenne des années N-5 à N+5.

#### 📈 Évolution observée

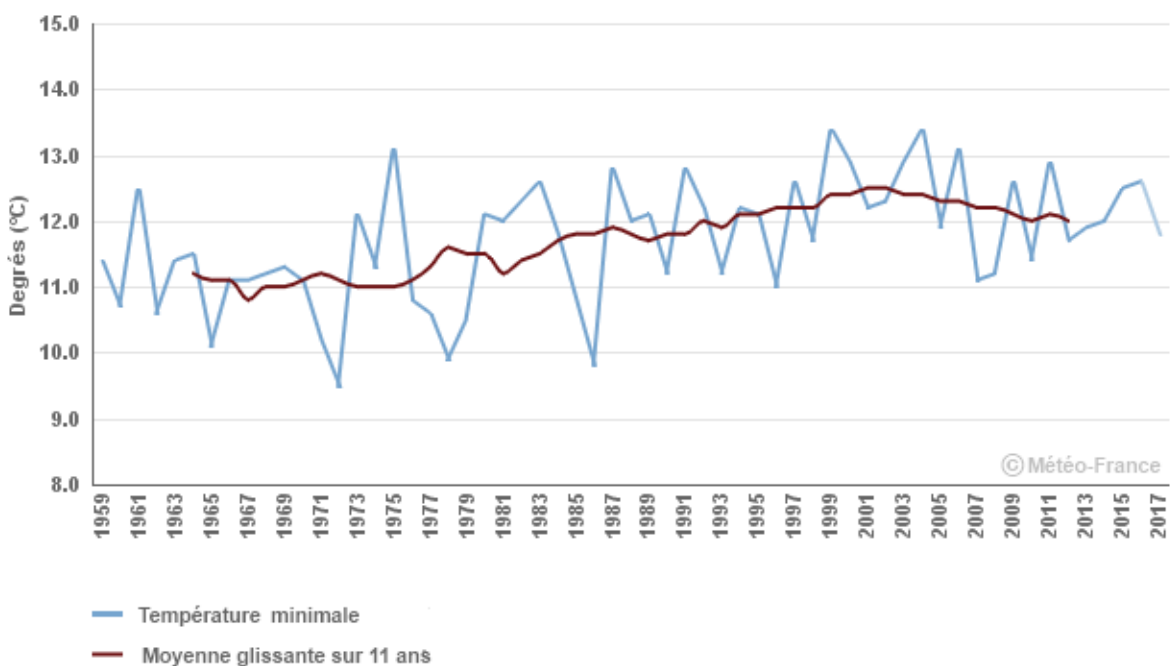


## Indice de fraîcheur des nuits modifié

Moyenne de la température minimale du 01 août au 30 septembre  
Reims-Courcy (51)



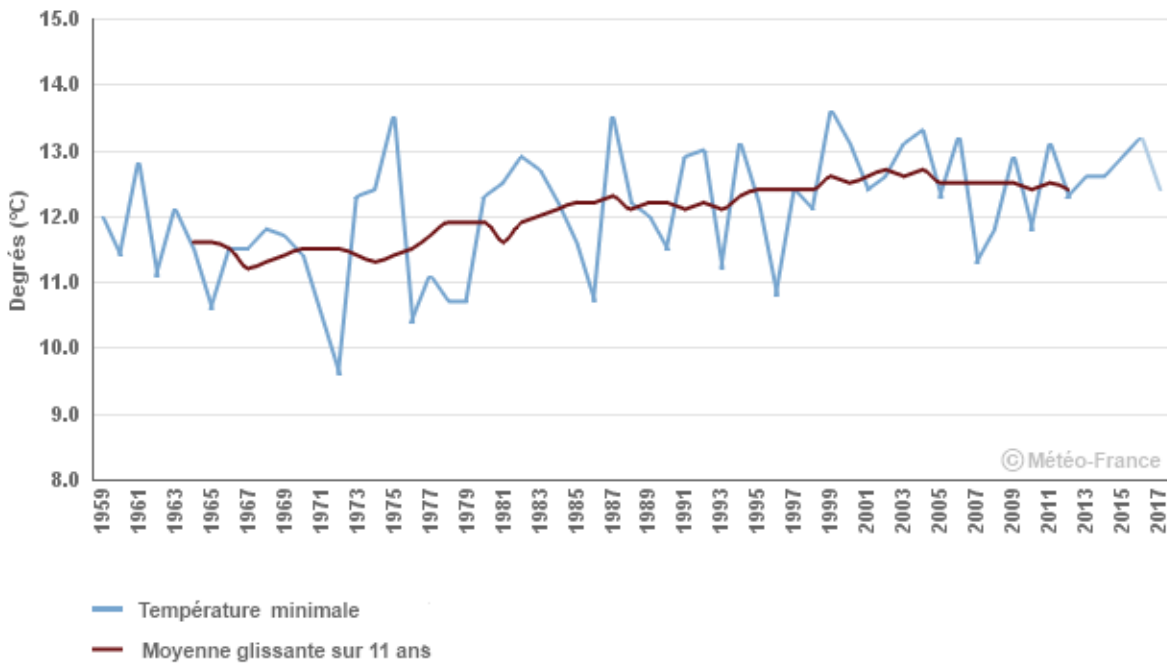
Moyenne de la température minimale du 01 août au 30 septembre  
Metz-Frescaty (57)



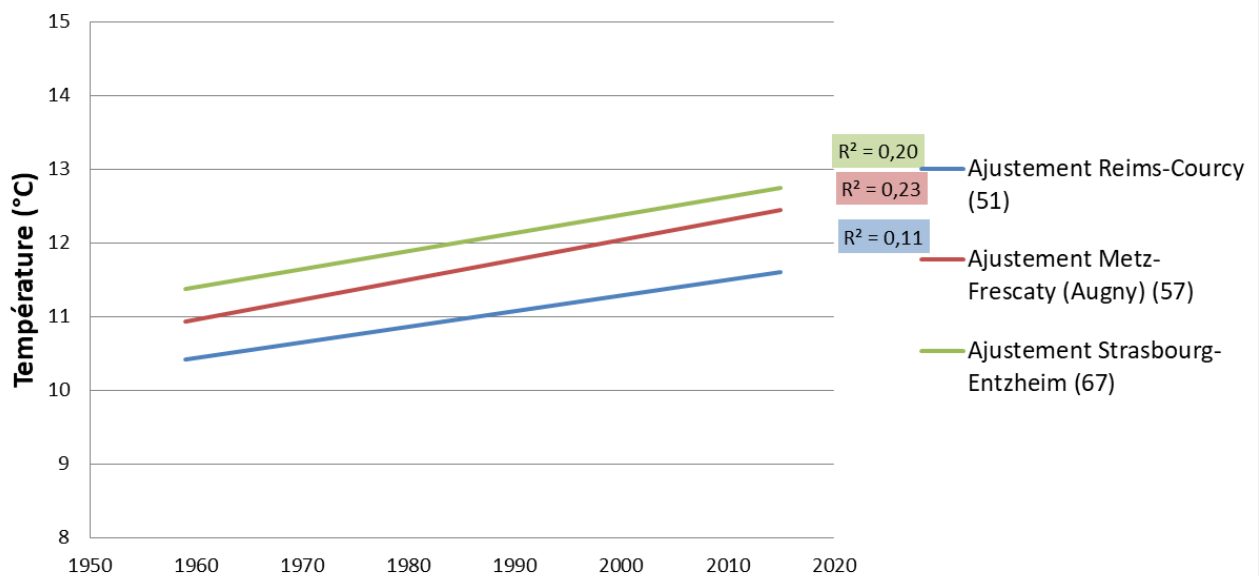


## Indice de fraîcheur des nuits modifié

Moyenne de la température minimale du 01 août au 30 septembre  
Strasbourg-Entzheim (67)



Tendance l'indice de fraîcheur des nuits (01/08 - 30/09)





## Indice de fraîcheur des nuits modifié

	Tendance de l'indice de fraîcheur des nuits 01/08 au 30/09 en °C par décennie	Coefficient de détermination (R <sup>2</sup> )
Reims-Courcy (51)	0,21 ± 0,09 °C/dec*	0,11
Metz-Frescaty (Augny) (57)	0,27 ± 0,07 °C/dec***	0,23
Strasbourg-Entzheim (67)	0,25 ± 0,07 °C/dec***	0,20

Note : ns= non significatif; \*= significatif à P<0,05; \*\*= significatif à P<0,01; \*\*\*= significatif à P<0,001

### Analyse

La moyenne des températures journalières minimales évolue à la hausse de façon assez homogène sur les trois sites régionaux, tout en considérant que la tendance est plus significative en Alsace et en Lorraine qu'en Champagne-Ardenne et représente à peu près 1,25 degré d'augmentation sur l'ensemble de la période 1959-2010.

Ces résultats sont cohérents avec la hausse globale des températures et relativement proche de l'évolution de 0,3°C/dec de la température moyenne annuelle.

Ce réchauffement des nuits au cours de la maturation des raisins, amplifié par l'avancement phénologique, affecte la biosynthèse des composés aromatiques (acide malique, anthocyanes, arômes).

D'une façon générale, on pourrait dire que dans les conditions nyctothermiques chaudes de maturation, la tendance est d'observer une perte des arômes. Les cépages rouges risquent aussi d'avoir une coloration relativement faible. Au contraire, les conditions nyctothermiques fraîches de maturation sont essentiellement des conditions favorables à la coloration et aux arômes des raisins. Ces deux caractéristiques du raisin s'expriment surtout dans des conditions héliothermiques suffisantes pour arriver à la maturation.

Les différents leviers disponibles (notamment itinéraires techniques et matériel végétal utilisé) pour moins exposer la vigne à ces températures nocturnes élevées dans le mois qui précède la récolte, doivent être envisagés pour les temps futurs.

### A RETENIR

Hausse homogène de l'indice de fraîcheur des nuits d'environ 0,25°C par décennie.

L'enjeu pour la viticulture se situe sur la qualité organoleptique des produits puisque cet élément impacte les conditions de maturation du raisin.



### Pour en savoir plus

TONIETTO J., CARBONNEAU A. (2016). Régime thermique en période de maturation du raisin dans le géoclimat viticole. In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LE ZONAGE VITIVINICOLE, 4, 2002, Avignon, França. Résumés.... Inter Rhône e Office International de la Vigne et du Vin - O.I.V. Tome I, p.279-289.

TONIETTO J., CARBONNEAU A. (2000). Système de Classification Climatique Multicritères (CCM) Géoviticole. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL ZONIFICACION VITIVINÍCOLA, 3., Puerto de la Cruz, Tenerife, 2000. Annales. Puerto de la Cruz, Tenerife: OIV/Gesco, 1-16, v. II.





oracle  
Grand Est

## 2 CHANGEMENT CLIMATIQUE RELU POUR L'AGRICULTURE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

### Date de mise à l'herbe

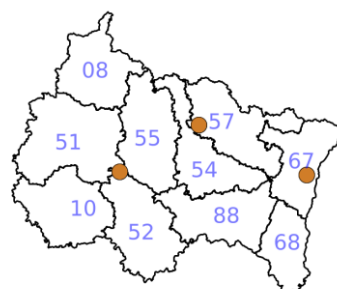
#### 🔑 Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de référence (cf. Lexique simplifié p 141)

Données fournies par Météo-France. Les dernières années de certaines séries sont souvent des données brutes n'ayant pas encore fait l'objet d'homogénéisation. Elles sont représentées en ton clair sur les graphiques.

#### 🕒 Indicateur

Saint-Dizier (52) :	1959 - 2016 (2017 en valeurs brutes)
Metz-Frescaty (Agnny) (57) :	1959 - 2016 (2017 en valeurs brutes)
Strasbourg-Entzheim (67) :	1959 - 2016 (2017 en valeurs brutes)



#### 📊 Calcul de l'indicateur

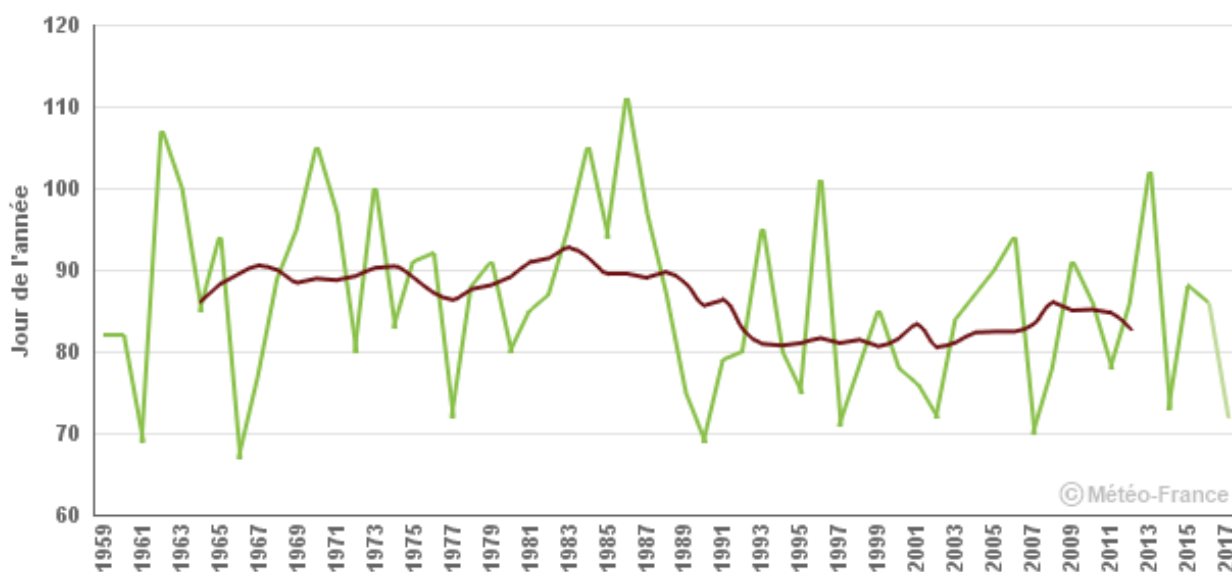
Date de franchissement du seuil de 300 degrés-jours en base 0 initiée au 1er février et plafonnée à 18°C.

On effectue la somme des températures moyennes journalières positives et plafonnées à 18 °C en commençant au premier février. On retient la date du jour où la limite de 300 °J est franchie. Cette date est exprimée en jours julien : numérotation continue à partir du 1<sup>er</sup> janvier.

Moyenne glissante sur 11 ans : pour l'année N, il s'agit de la moyenne des années N-5 à N+5.

#### 📈 Évolution observée

Date de franchissement de 300°CJ de la somme de température base 0°C écrêtée à 18°C, à partir du 01/02  
Saint-Dizier (52)

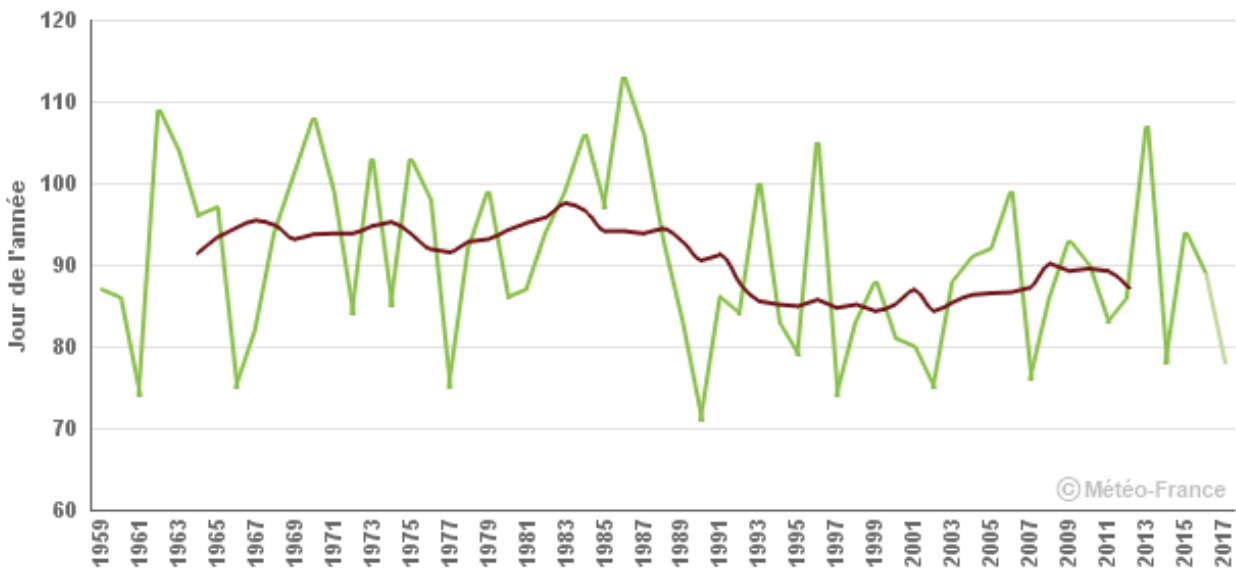


— Date de franchissement de 300°CJ de la somme de température base 0°C écrêtée à 18°C, à partir du 01/02  
 — Moyenne glissante sur 11 ans



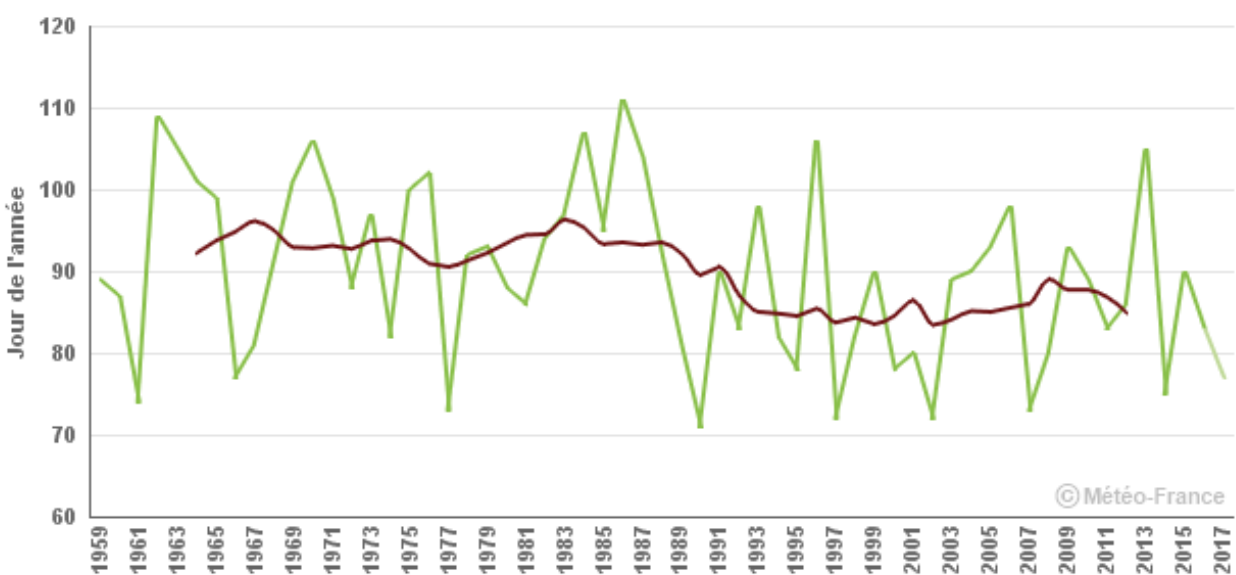
## Date de mise à l'herbe

Date de franchissement de 300°CJ de la somme de température base 0°C écrêtée à 18°C, à partir du 01/02  
Metz-Frescaty (57)



— Date de franchissement de 300°CJ de la somme de température base 0°C écrêtée à 18°C, à partir du 01/02  
— Moyenne glissante sur 11 ans

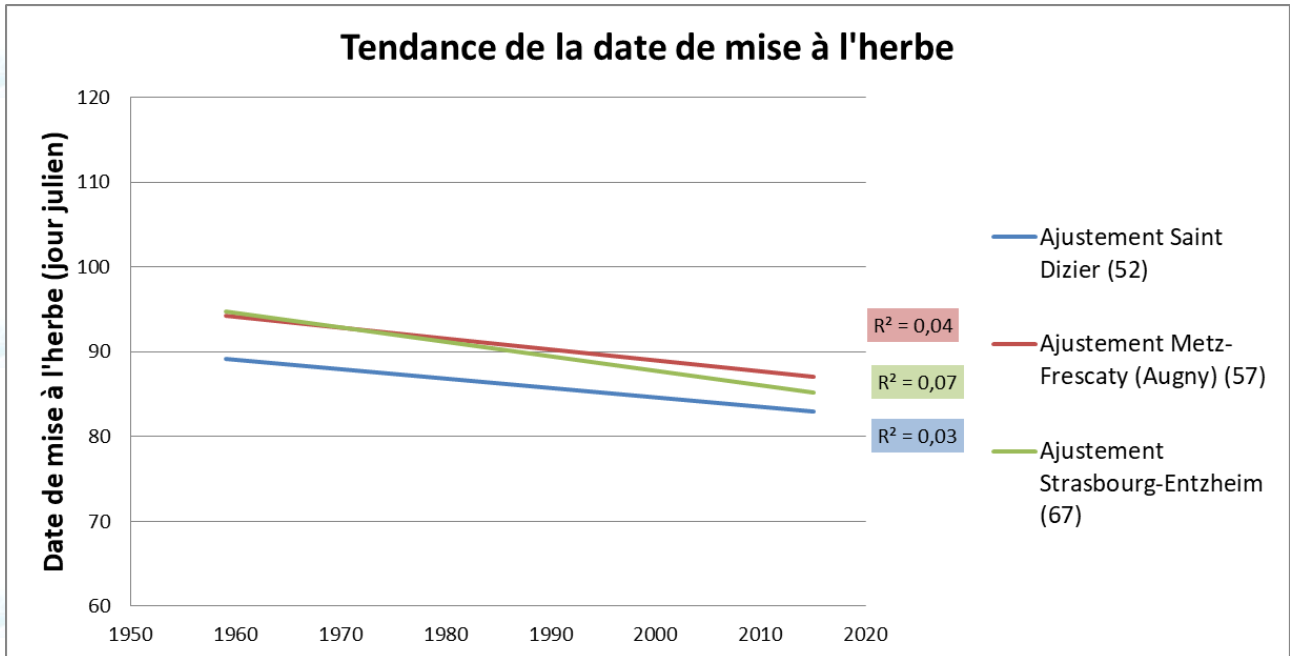
Date de franchissement de 300°CJ de la somme de température base 0°C écrêtée à 18°C, à partir du 01/02  
Strasbourg-Entzheim (67)



— Date de franchissement de 300°CJ de la somme de température base 0°C écrêtée à 18°C, à partir du 01/02  
— Moyenne glissante sur 11 ans



## Date de mise à l'herbe



	Tendance de la date de mise à l'herbe en nombre de jours par décennie	Coefficient de détermination (R <sup>2</sup> )
Saint-Dizier (52)	$-1,11 \pm 0,85 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{dec}^{\text{ns}}$	0,03
Metz-Frescaty (Augny) (57)	$-1,29 \pm 0,84 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{dec}^{\text{ns}}$	0,04
Strasbourg-Entzheim (67)	$-1,70 \pm 0,84 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{dec}^{\text{ns}}$	0,07

Note : ns= non significatif; \*= significatif à  $P < 0,05$ ; \*\*= significatif à  $P < 0,01$ ; \*\*\*= significatif à  $P < 0,001$

### Analyse

Les moyennes glissantes font apparaître graphiquement une avancée de la mise à l'herbe entre les années 1960 et les années 2010. Les trois sites semblent présenter une accélération nette du phénomène à la fin des années 1980. Cependant aucun site ne présente une tendance linéaire significative.

Les grandes variations interannuelles masquent la tendance et traduisent bien une réalité de terrain dans laquelle les éleveurs adaptent la sortie des animaux aux conditions climatiques de l'année en cours. Cette décision de l'éleveur intègre également d'autres aspects techniques tels que l'humidité des sols et leur portance, les types animaux, etc.



## Date de mise à l'herbe

---

### A RETENIR

Une avancée de la date moyenne de mise à l'herbe d'environ 9 jours est observée sur la période d'observation mais sans mise en évidence statistique d'une tendance significative. La variabilité interannuelle est importante.



oracle  
Grand Est

## 2 CHANGEMENT CLIMATIQUE RELU POUR L'AGRICULTURE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

### Stress thermique de la pomme de terre : températures $\geq 30^{\circ}\text{C}$

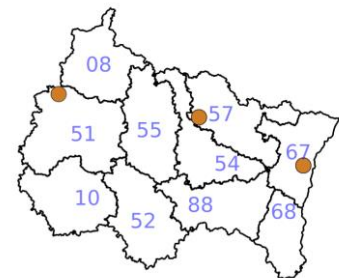
#### 🔑 Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de référence (cf. Lexique simplifié p 141)

Données fournies par Météo-France. Les dernières années de certaines séries sont souvent des données brutes n'ayant pas encore fait l'objet d'homogénéisation. Elles sont représentées en ton clair sur les graphiques.

#### 🕒 Indicateurs

Reims-Courcy (51) :	1959 - 2010 (2011 - 2013 en données brutes)
Metz-Frescaty (Augny) (57) :	1959 - 2015 (2016 - 2017 en données brutes)
Strasbourg-Entzheim (67) :	1959 - 2015 (2016 - 2017 en données brutes)



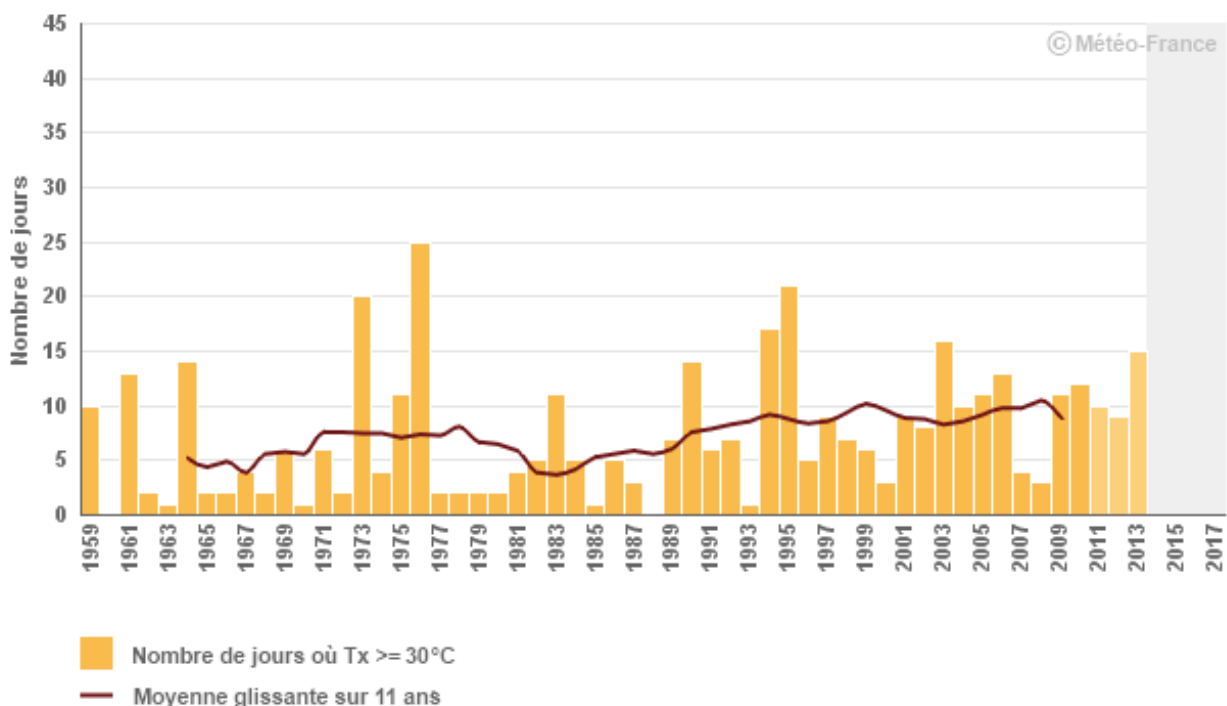
#### 📊 Calcul de l'indicateur

Dénombrement, entre le 1<sup>er</sup> janvier et le 31 décembre de chaque année, des jours où la température maximale journalière est supérieure ou égale à  $30^{\circ}\text{C}$ .

Moyenne glissante sur 11 ans : pour l'année N, il s'agit de la moyenne des années N-5 à N+5.

#### 📈 Évolution observée

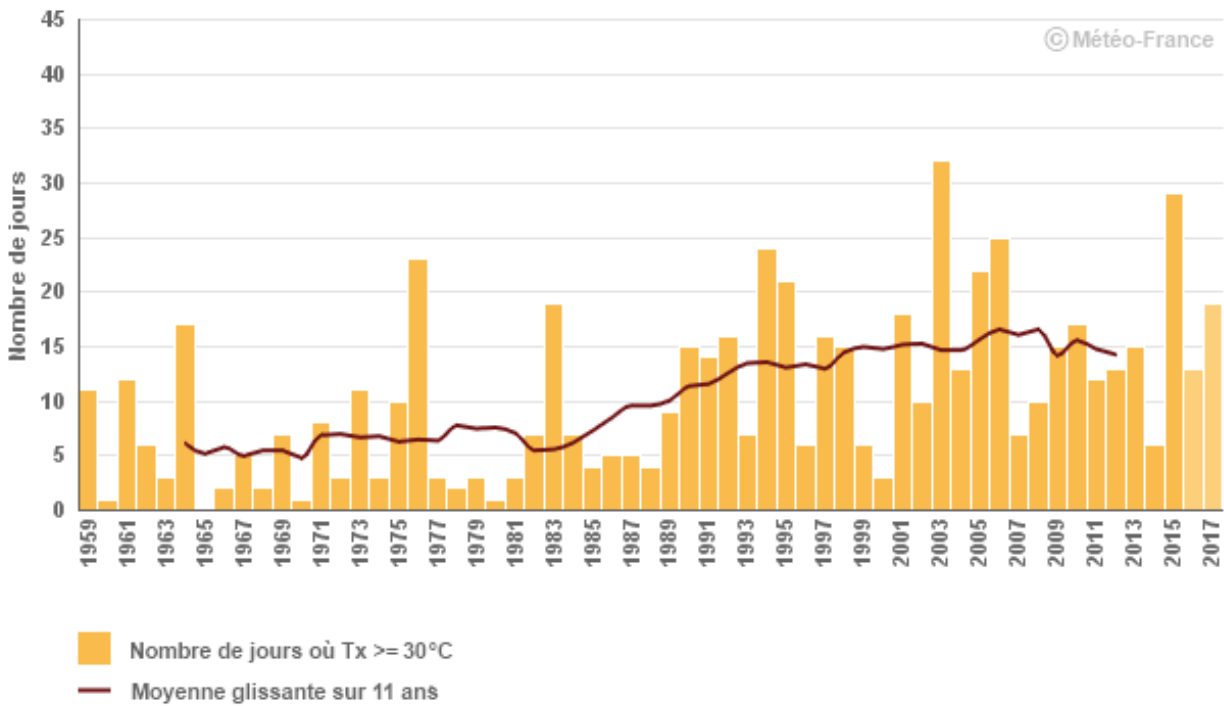
Nombre de jours où la température maximale journalière  $\geq 30^{\circ}\text{C}$   
Reims-Courcy (51)



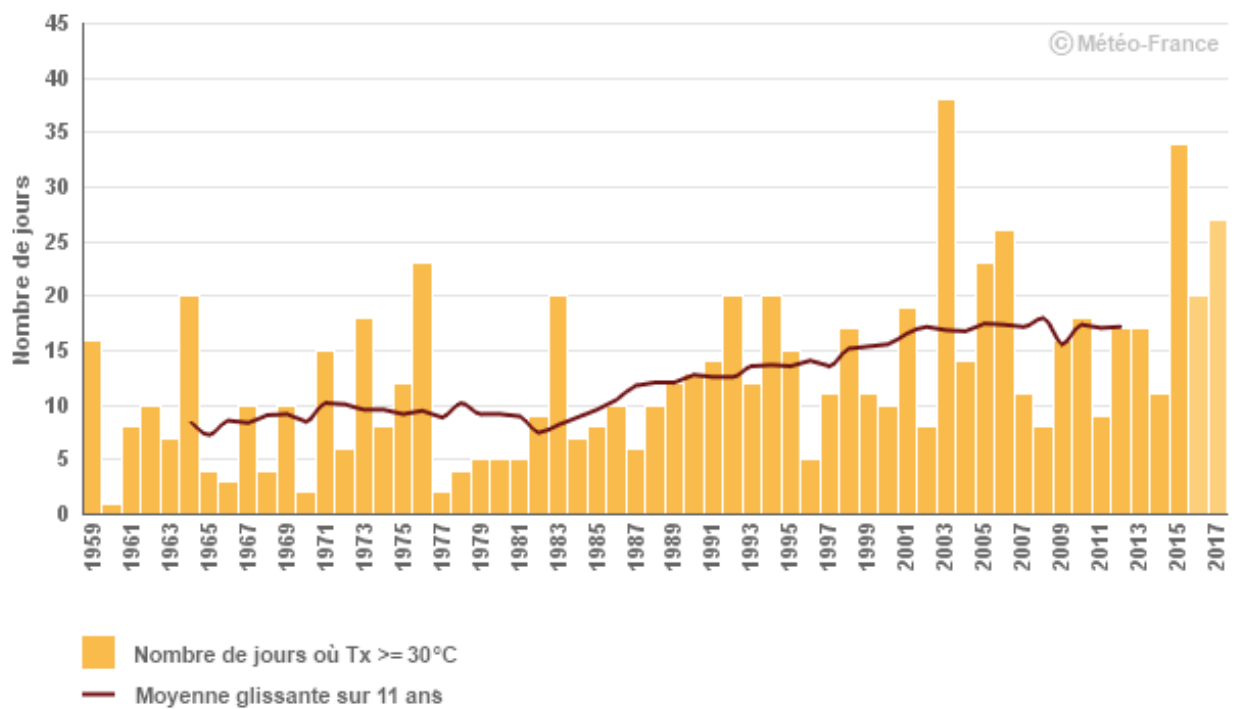


## Stress thermique de la pomme de terre : températures $\geq 30^{\circ}\text{C}$

Nombre de jours où la température maximale journalière  $\geq 30^{\circ}\text{C}$   
Metz-Frescaty (57)

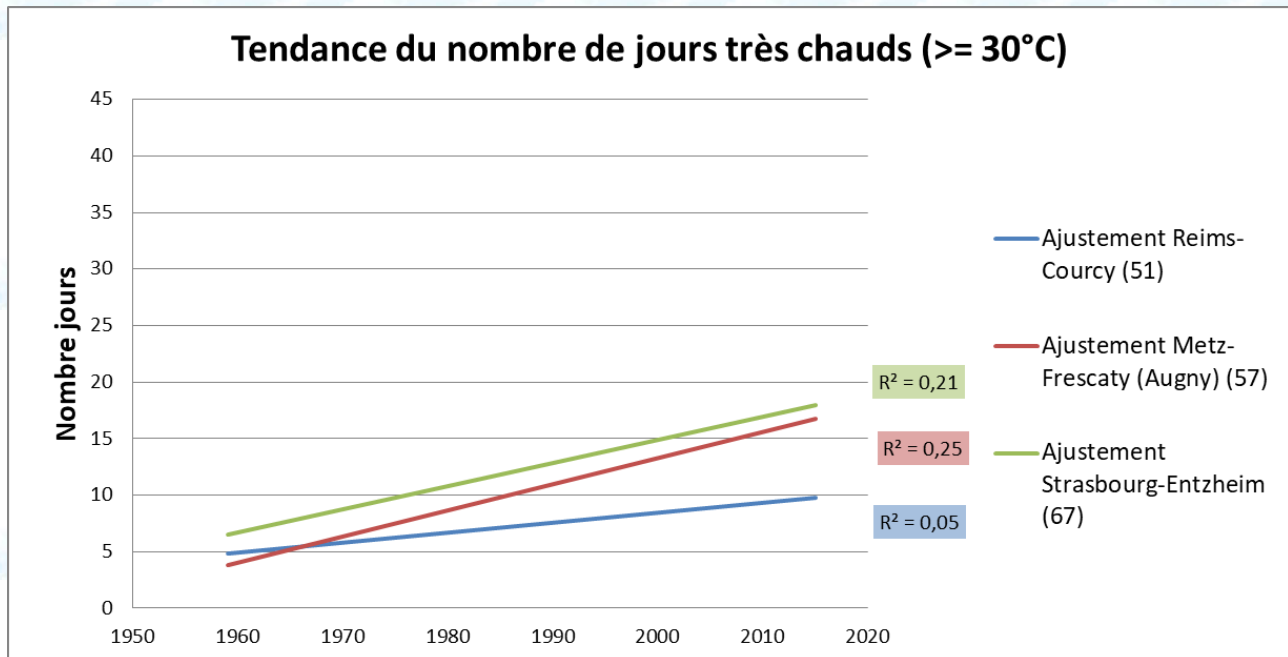


Nombre de jours où la température maximale journalière  $\geq 30^{\circ}\text{C}$   
Strasbourg-Entzheim (67)





## Stress thermique de la pomme de terre : températures $\geq 30^{\circ}\text{C}$



	Evolution du nombre de jours de stress thermique de la pomme de terre ( $T \geq 30^{\circ}\text{C}$ ) (Nbj/décennie)	Coefficient de détermination ( $R^2$ )
Reims-Courcy (51)	$0,88 \pm 0,53 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{dec}^{\text{ns}}$	0,05
Metz-Frescaty (Augny) (57)	$2,31 \pm 0,54 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{dec}^{\text{***}}$	0,25
Strasbourg-Entzheim (67)	$2,06 \pm 0,54 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{dec}^{\text{***}}$	0,21

Note : ns= non significatif; \*= significatif à  $P < 0,05$ ; \*\*= significatif à  $P < 0,01$ ; \*\*\*= significatif à  $P < 0,001$

### Analyse

Les fortes chaleurs bloquent le développement de la plante, augmentent les besoins en eau et favorisent la repousse physiologique des pommes de terre.

La repousse physiologique est liée à un blocage de la tubérisation : les premiers tubercules formés ne se développent plus et de nouveaux stolons sont émis sur ceux-ci, ressemblant à des germes. Ces stolons s'allongent d'autant plus que la durée de blocage est longue. Lorsque les conditions climatiques redeviennent favorables (abaissement des températures, précipitations) la tubérisation reprend et une seconde génération se forme sur les stolons émis.

Selon les scénarios climatiques et la réceptivité des plantes, la repousse physiologique peut donc se manifester sous différentes formes : émission de nouveaux stolons sur les tubercules, nouvelle génération de tubercules, surgeons, diabolos,...

Lorsqu'elle est importante, cette repousse physiologique peut avoir de graves impacts sur le rendement commercialisable de la parcelle : hétérogénéité de qualité et de maturité entre tubercules, vitrosité, inaptitude à la friture, développement de pourritures au champ et/ou en conservation...



### **Stress thermique de la pomme de terre : températures $\geq 30^{\circ}\text{C}$**

Des tendances linéaires significatives sont mises en évidence sur les sites de Metz-Frescaty (Aigny) (57) et de Strasbourg-Entzheim (67) à hauteur d'au moins + 2 j/décennie. Une telle évolution sur un évènement initialement rare (environ 5 jours par an) représente une évolution relative de + 100 à + 200 %.

Une méthode statistique alternative détecte aussi une tendance significative à la hausse sur la série de Reims Courcy (51).

Les variations interannuelles sont de grande amplitude.

#### **A RETENIR**

Le nombre annuel de jours très chaud ( $\geq 30^{\circ}\text{C}$ ) a nettement progressé puisqu'il est multiplié par 2, voire 3 entre 1959 et 2015 suivant les sites. Ces fortes chaleurs entraîne un arrêt de développement de la plante et favorisent le phénomène de repousse physiologique qui est susceptible d'avoir de graves impacts sur le rendement commercialisable de la culture de pomme de terre.





oracle  
Grand Est

## 2 CHANGEMENT CLIMATIQUE RELU POUR L'AGRICULTURE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

### Mise en place du feuillage de la betterave

#### Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de référence (cf. Lexique simplifié p 141)

Données fournies par Météo-France. Les dernières années de certaines séries sont souvent des données brutes n'ayant pas encore fait l'objet d'homogénéisation. Elles sont représentées en ton clair sur les graphiques.

#### Indicateur

Reims-Courcy (51) : 1959-2010 (2011-2013 en données brutes)

Metz-Frescaty (Augny) (57) : 1959 – 2015 (2016-2017 en données brutes)

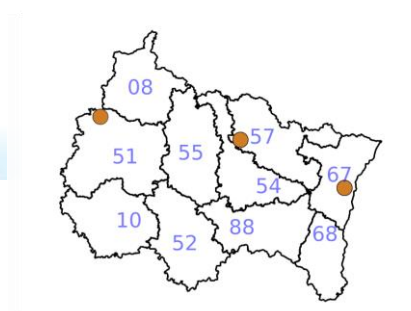
Strasbourg-Entzheim (67) : 1959 – 2015 (2016-2017 en données brutes)

#### Calcul de l'indicateur

Date de franchissement du seuil de 1000 degrés-jours par une somme de température en base 0 initiée au 1<sup>er</sup> avril.

On effectue la somme des températures moyennes journalières positives en commençant au 1<sup>er</sup> avril. La date retenue par l'indicateur est la date correspondant au dépassement de la limite de 1000 °J. Cette date est exprimée en jours julien : numérotation continue à partir du 1<sup>er</sup> janvier.

Moyenne glissante sur 11 ans : pour l'année N, il s'agit de la moyenne des années N-5 à N+5.

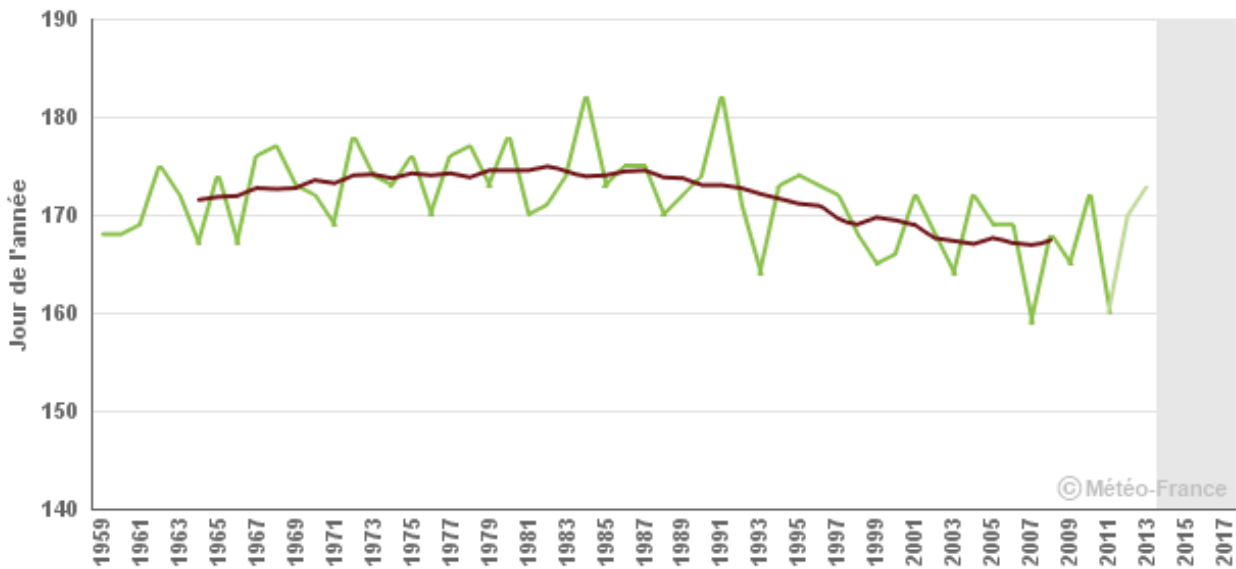


#### Évolution observée



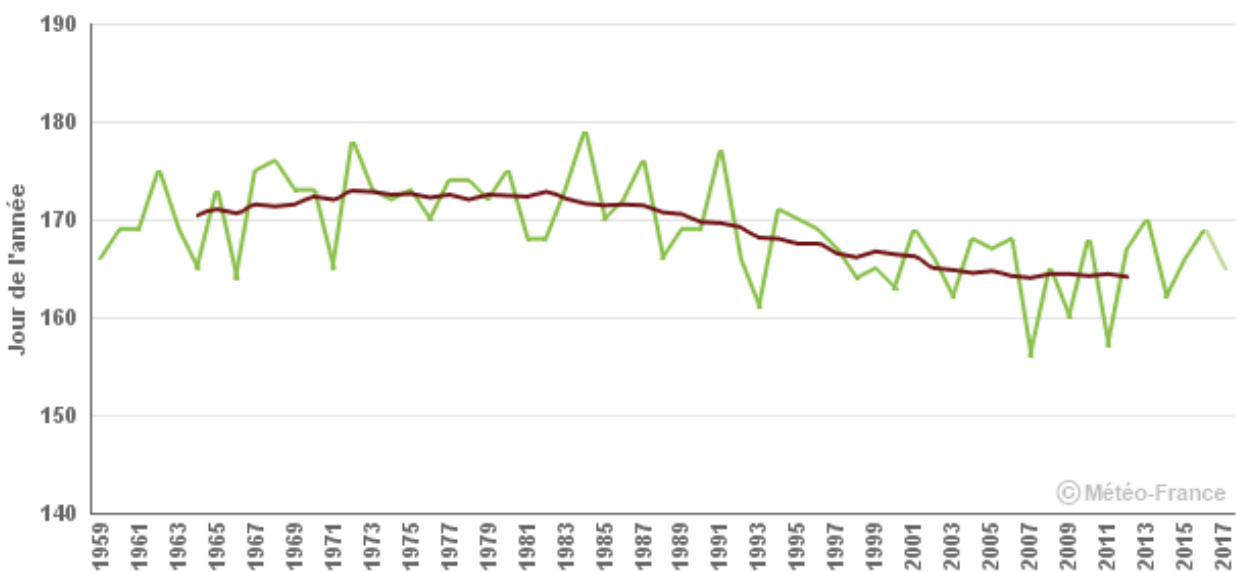
## Mise en place du feuillage de la betterave

Date de franchissement de 1000°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 01/04  
Reims-Courcy (51)



— Date de franchissement de 1000°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 01/04  
— Moyenne glissante sur 11 ans

Date de franchissement de 1000°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 01/04  
Metz-Frescaty (57)

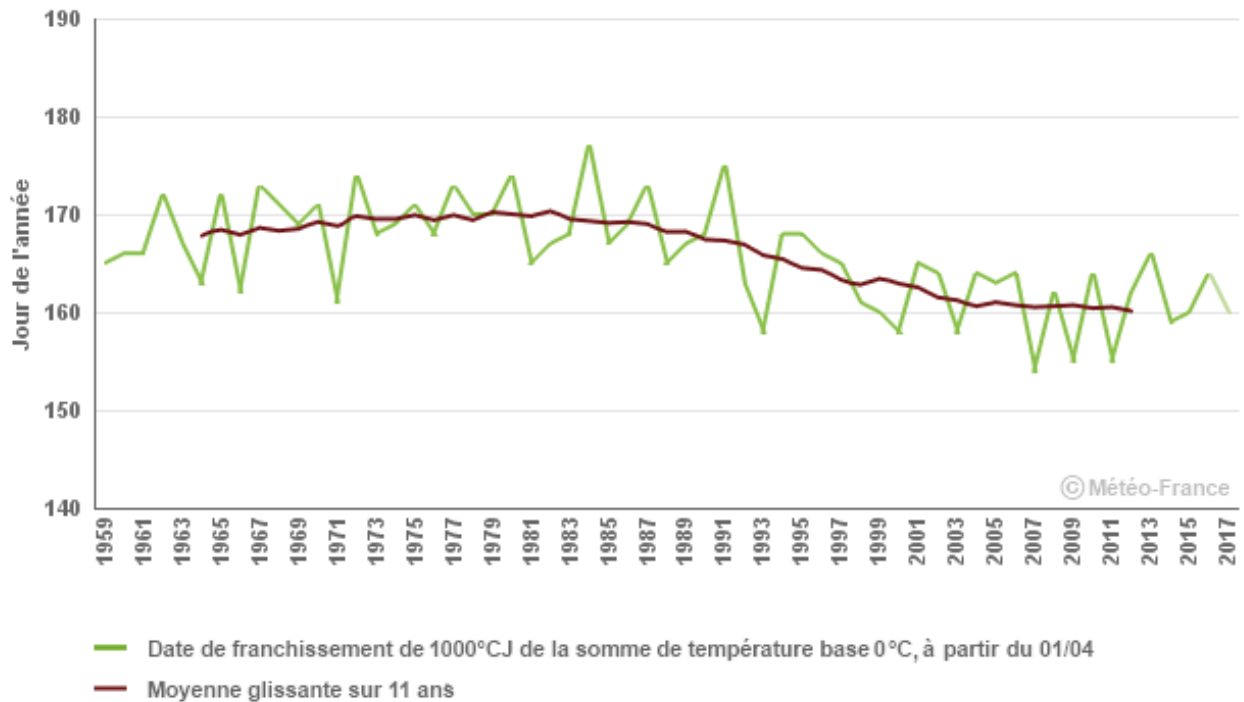


— Date de franchissement de 1000°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 01/04  
— Moyenne glissante sur 11 ans

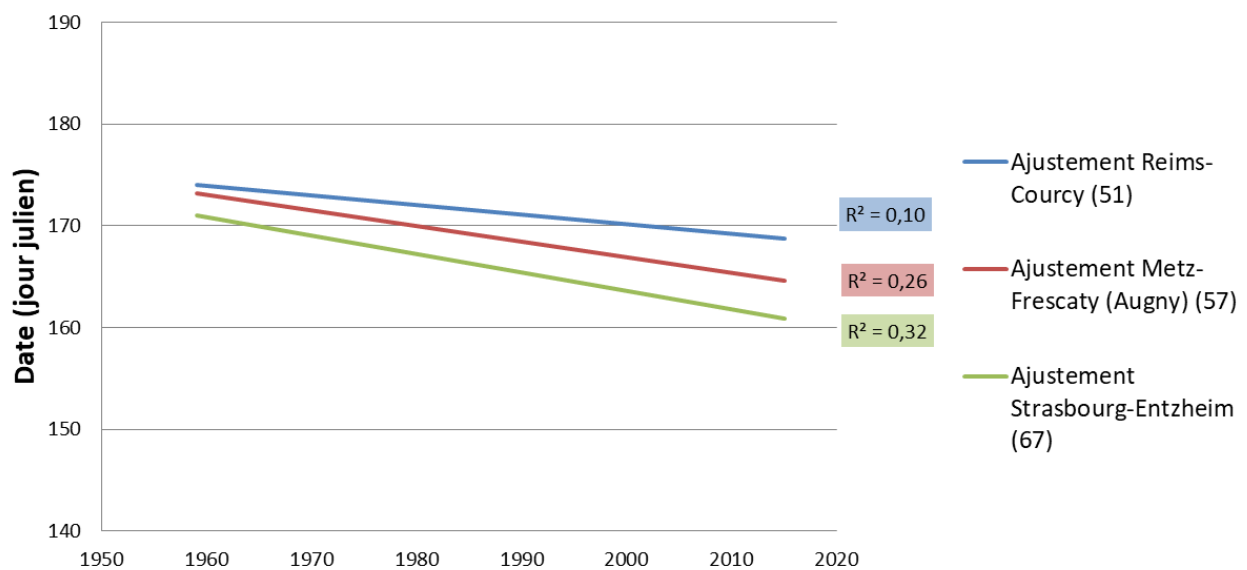


## Mise en place du feuillage de la betterave

Date de franchissement de 1000°CJ de la somme de température base 0°C, à partir du 01/04  
Strasbourg-Entzheim (67)



Tendance date de franchissement 1 000°J





## Mise en place du feuillage de la betterave

	Tendance de la mise en place du feuillage de la betterave (date d'atteinte de 1000 °J initiée au 1 <sup>er</sup> avril) en jours par décennie	Coefficient de détermination (R <sup>2</sup> )
Reims-Courcy (51)	-0,93 ± 0,40 Jour/dec*	0,10
Metz-Frescaty (Augny) (57)	-1,53 ± 0,35 Jour/dec***	0,26
Strasbourg-Entzheim (67)	-1,81 ± 0,35 Jour/dec***	0,32

Note : ns= non significatif; \*= significatif à P<0,05; \*\*= significatif à P<0,01; \*\*\*= significatif à P<0,001

### Analyse

Un des enjeux du bon développement de la betterave est la rapidité de mise en place du système foliaire. La somme de 1000 °J à partir du semis correspond à une couverture du sol proche de 100%. Les conditions d'efficacité de la photosynthèse sont alors en place. Cela correspond à l'atteinte d'un rythme de croisière de la croissance de la betterave.

Les tendances calculées varient du simple au double entre la Champagne-Ardenne et l'Alsace soit un recul de 4 à 8 jours sur l'ensemble de la période. Cela correspond à une accélération de 5 à 10 % de la couverture du sol par la betterave.

L'accélération est à la fois plus forte et plus significative sur la région de Strasbourg-Entzheim (67).

L'observation visuelle des moyennes glissantes montre une avancée de la date sur la partie la plus récente de la période, depuis le début des années 1980.

#### A RETENIR

Au cours de la période étudiée (55 ans), nous observons une réduction de 4 à 8 jours du temps nécessaire à la mise en place du feuillage de la betterave pour atteindre une couverture complète du sol. La tendance la plus forte et la plus significative est observée à Strasbourg-Entzheim (67).

### Pour en savoir plus



oracle

Grand Est

## 2 CHANGEMENT CLIMATIQUE RELU POUR L'AGRICULTURE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

### Choix variétaux pour le maïs : classe de précocité

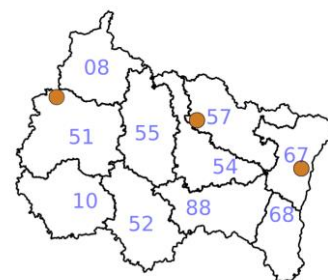
#### 🔑 Nature et source des données

SQR : séries quotidiennes de référence (cf. Lexique simplifié p 141)

Données fournies par Météo-France. Les dernières années de certaines séries sont souvent des données brutes n'ayant pas encore fait l'objet d'homogénéisation. Elles sont représentées en ton clair sur les graphiques.

#### 🕒 Indicateurs

Reims-Courcy (51) :	1959 - 2010 (2011 - 2013 en données brutes)
Metz-Frescaty (Augny) (57) :	1959 - 2015 (2016 - 2017 en données brutes)
Strasbourg-Entzheim (67) :	1959 - 2015 (2016 - 2017 en données brutes)



#### 📊 Calcul de l'indicateur

Somme de température en base 0 écrêtée à 30°C du 15/04 au 15/10.

On effectue la somme des températures moyennes journalières supérieures à 6°C (minimum de végétation) et inférieure à 30°C sur la période s'étendant du 15 avril au 15 octobre. Cette somme de température, exprimée en degré-jours (°J), sert à caractériser la disponibilité en chaleur pour le développement du maïs sur la période correspondant en moyenne aux pratiques actuelles régionales pour le maïs grain.

Moyenne glissante sur 11 ans : pour l'année N, il s'agit de la moyenne des années N-5 à N+5.

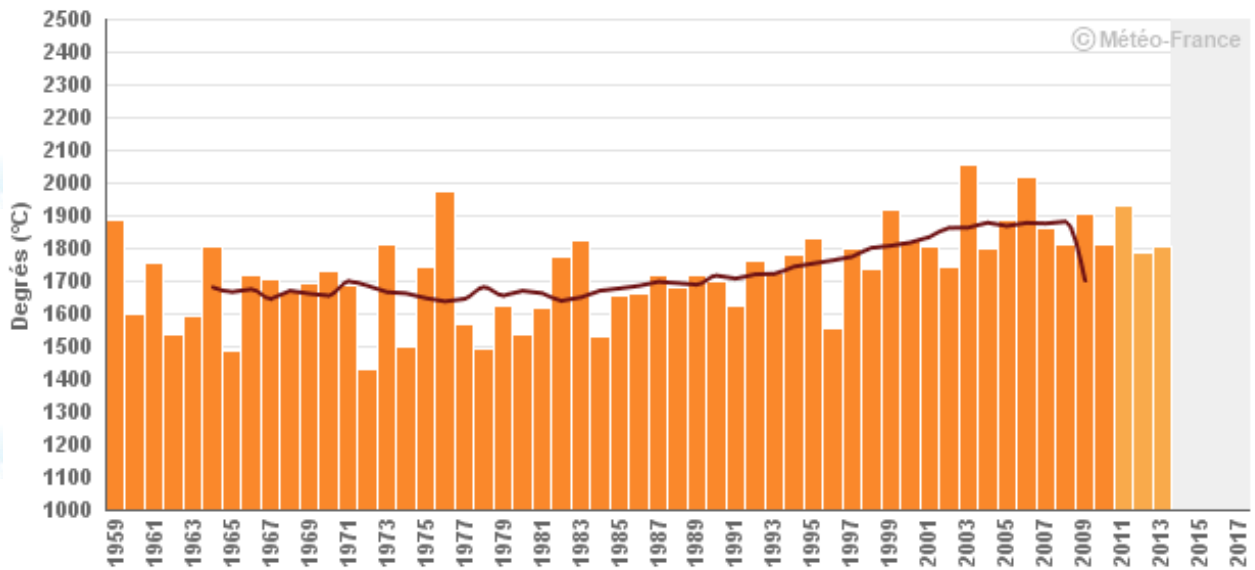


## Choix variétaux pour le maïs : classe de précocité

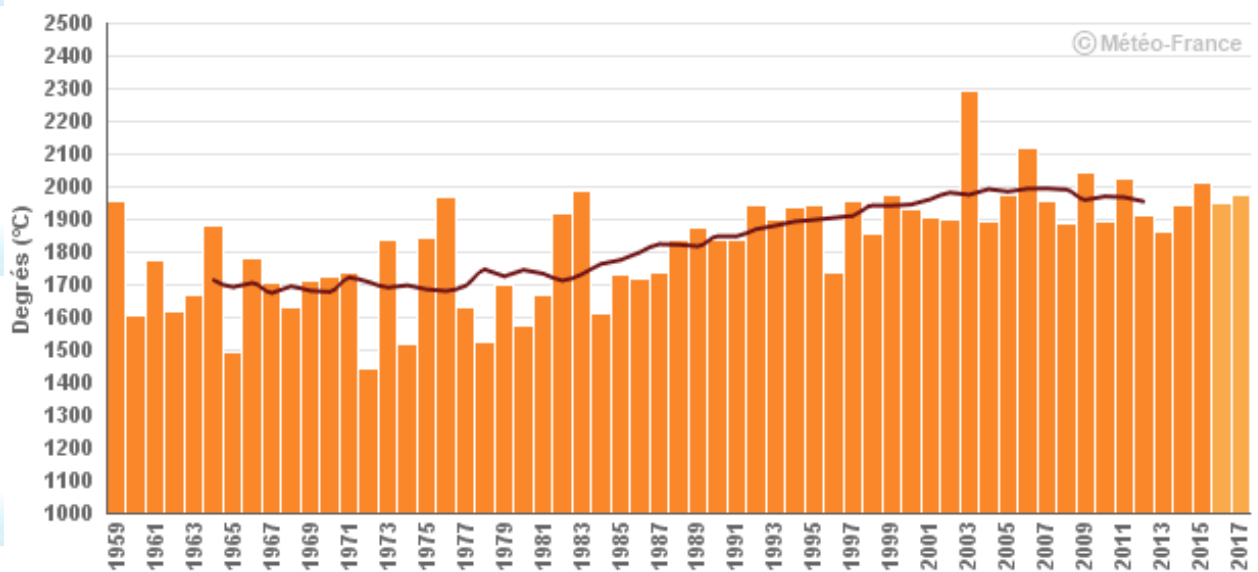


### Évolution observée

Somme des températures moyennes base 6°C écartées à 30°C du 15 avril au 15 octobre  
Reims-Courcy (51)



- Somme des températures moyennes journalières base 6°C écartées à 30°C du 15 avril au 15 octobre
- Moyenne glissante sur 11 ans

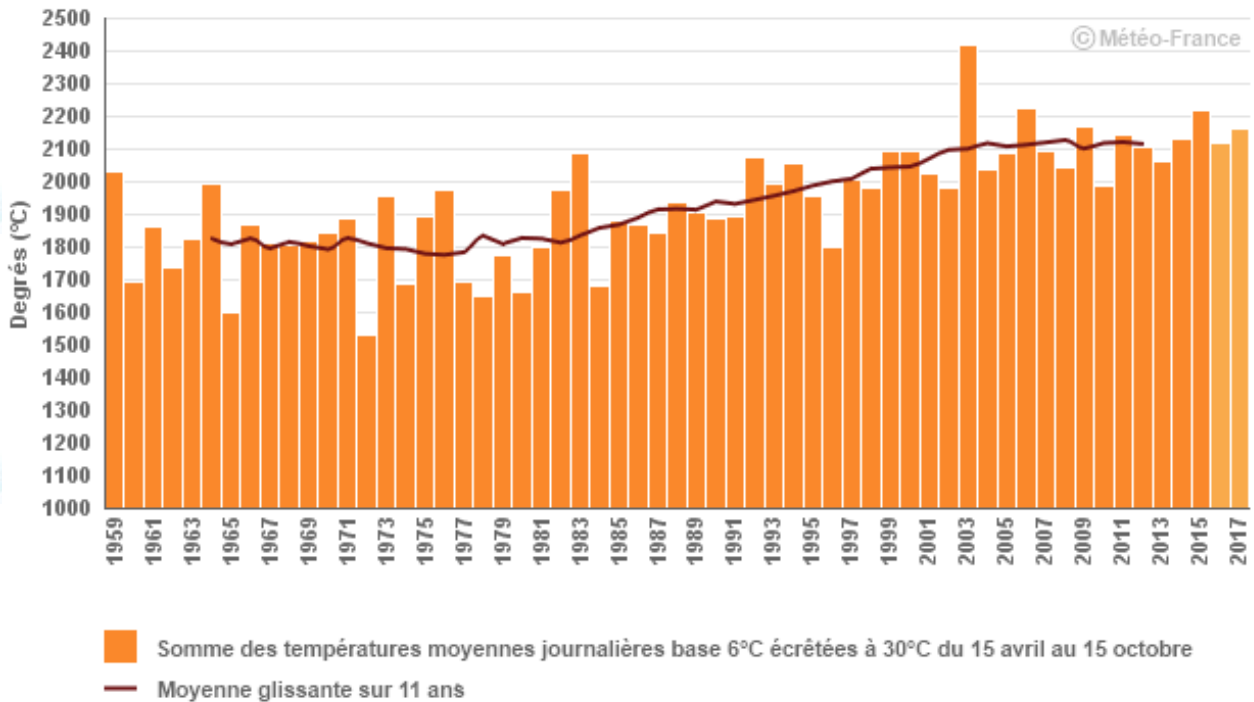


- Somme des températures moyennes journalières base 6°C écartées à 30°C du 15 avril au 15 octobre
- Moyenne glissante sur 11 ans

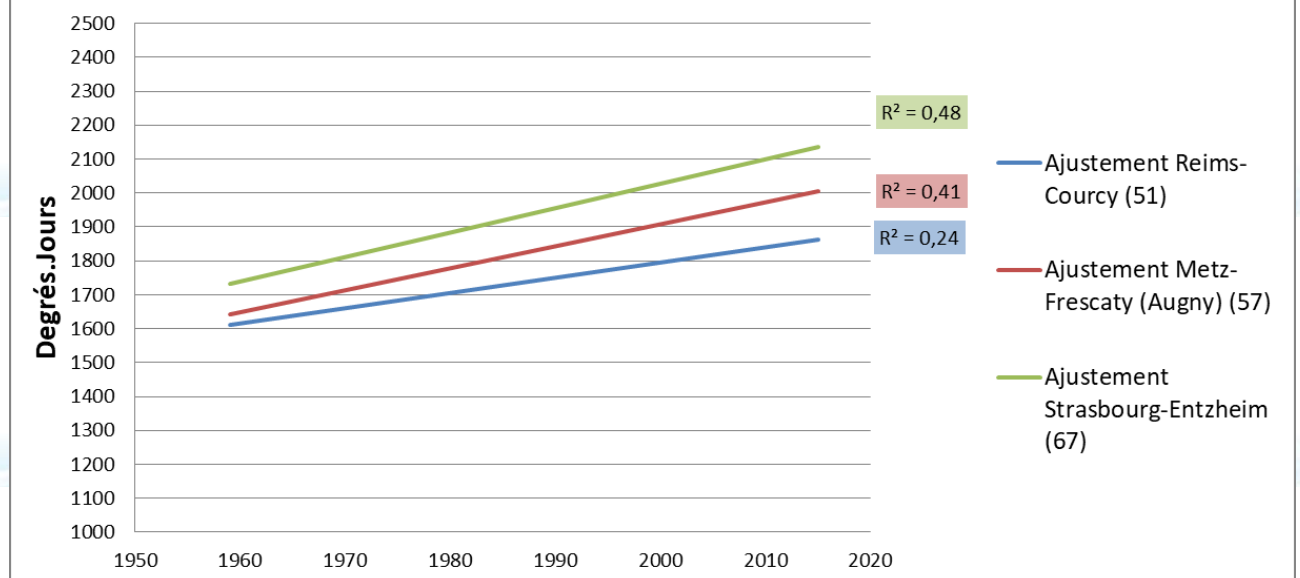


### Choix variétaux pour le maïs : classe de précocité

Somme des températures moyennes base 6°C écartées à 30°C du 15 avril au 15 octobre  
Strasbourg-Entzheim (67)



### Tendance disponibilité thermique pour le maïs





## Choix variétaux pour le maïs : classe de précocité

	Evolution de la disponibilité thermique pour le maïs (somme de température en base 6, écrêtée à 30 °C du 15/04 au 15/10) (Degrés.jours /décennie)	Coefficient de détermination (R <sup>2</sup> )
Reims-Courcy (51)	44,61 ± 11,23 °J/dec***	0,24
Metz-Frescaty (Augny) (57)	64,69 ± 10,39 °J/dec***	0,41
Strasbourg-Entzheim (67)	72,10 ± 10,11 °J/dec***	0,48

Note : ns= non significatif; \*= significatif à P<0,05; \*\*= significatif à P<0,01; \*\*\*= significatif à P<0,001

### Analyse

Les variétés de maïs sont classées suivant des catégories relatives à leurs besoins en chaleur cumulée pour leur développement. La majeure partie de la distinction entre les variétés réside dans les besoins en chaleur entre le semis et la floraison. Ci-dessous est présenté un tableau récapitulatif des différentes classes de précocité et des besoins en degrés-jours correspondants (base 6) fourni par Arvalis.

	Maïs grain				Maïs ensilage
	Plage de besoins en degrés-jours du semis à une teneur en eau du grain de.				Besoins en degrés-jours du semis au stade 32%MS plante entière.
	30 %	32 %	35 %	38 %	
G0: Très Précoce	< 1720	< 1700	< 1620	< 1560	1370 à 1415
G1 : Précoce	1720 à 1780	1680 à 1740	1620 à 1680	1560 à 1620	825 à 870
G2 : ½ Précoce	1780 à 1840	1740 à 1800	1680 à 1740	1620 à 1680	1490 à 1570
G3 : ½ Précoce- ½ Tardif	1840 à 1910	1800 à 1870	1740 à 1810	1680 à 1750	1560 à 1615
G4 : ½ Tardif	1910 à 1980	1870 à 1940	1810 à 1880	1750 à 1820	1655 à 1700
G5 : Tardif	1980 à 2055	1940 à 2015	1880 à 1955	1820 à 1895	
G6 : Très Tardif	2055 à 2130	2015 à 2090	1955 à 2030	1895 à 1970	

Source : Arvalis-Institut du Végétal

On peut observer que l'indicateur de somme de température est très significativement orienté à la hausse sur la période 1959- 2015 avec une augmentation comprise entre 45 et 72 ° J par décennie.

Sur l'ensemble de la période 1959-2015, :

les sites de Reims-Courcy (51) et Metz-Frescaty (Augny) (57) passent respectivement de 1700°J à 1900°J et 1950 °J

le site de Strasbourg-Entzheim (67), , passe de de 1800°J à 2100 °J.





## Choix variétaux pour le maïs : classe de précocité

---

Le tableau ci-dessus permet de traduire ces gains de température cumulées en termes de choix variétaux maïs aussi en gain d'humidité des grains à la récolte. Cela permet d'envisager des optimisations de rendement (variétés plus tardives) ou de séchage des grains.

L'indicateur de somme de températures en base 6 du 15/04 au 15/10 traduit un potentiel de faisabilité (=disponibilité thermique). Pour compléter le raisonnement il convient de considérer parallèlement la satisfaction des besoins en eau du maïs durant les phases les plus critiques de son développement ainsi que les risques présentés par des chaleurs extrêmes.

### A RETENIR

On observe une augmentation significative de la disponibilité thermique pour la culture du maïs sur l'ensemble des sites de la région du Grand Est.

Cette augmentation correspond approximativement à une demi voire une classe de précocité par décennie suivant les sites.



## Rendement du blé tendre

### 🔑 Nature et source des données

Données fournies par AGRESTE – Statistique Agricole Annuelle.  
Éléments de calcul régionaux : ARVALIS/VIVESCIA (étude).

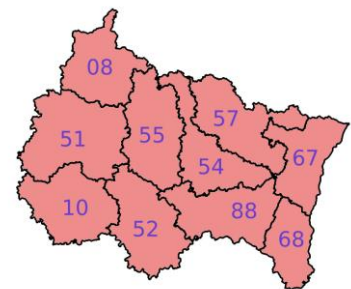
### 🕒 Indicateur

- Rendements moyens sur les 10 départements (Ardennes, Aube, Marne, Haute-Marne, Meurthe-et-Moselle, Meuse, Moselle, Bas-Rhin, Haut-Rhin, Vosges) : 1951 à 2016

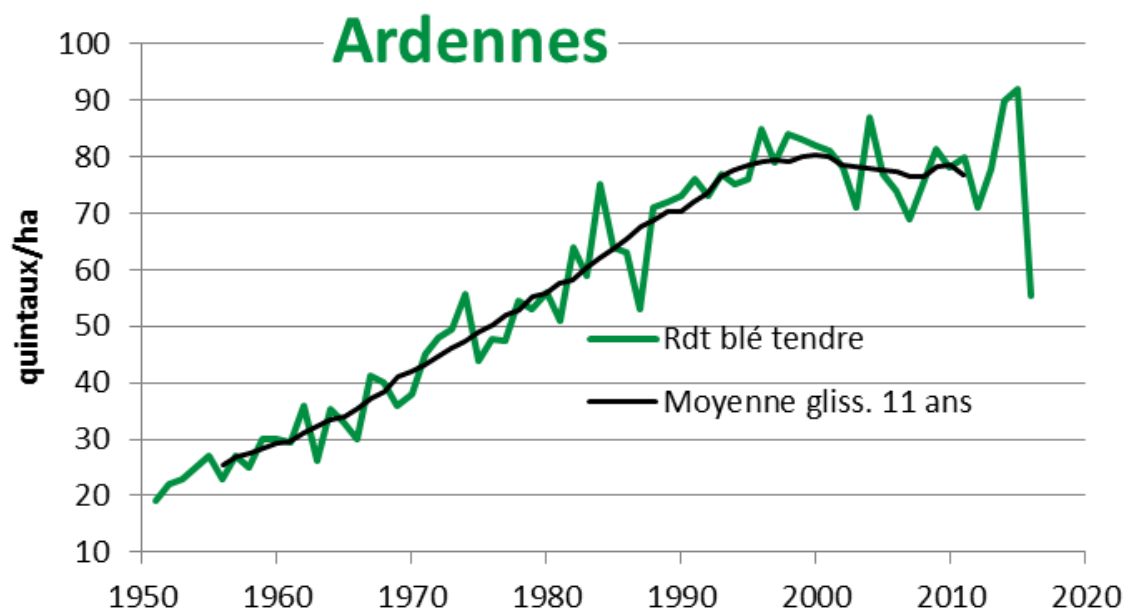
- Rendements moyens sur les 3 anciennes régions (Alsace, Champagne-Ardenne, Lorraine) : 1960 à 2016

L'indicateur est fourni en valeur annuelle et en moyenne glissante.

Moyenne glissante sur 11 ans : pour l'année N, il s'agit de la moyenne des 11 années de N-5 à N+5

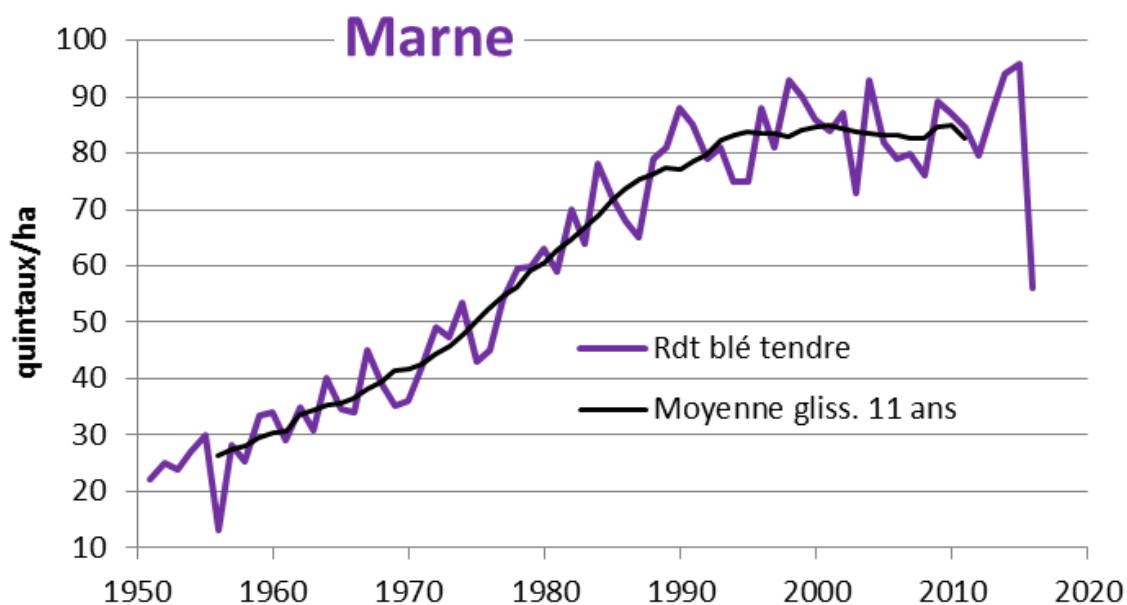
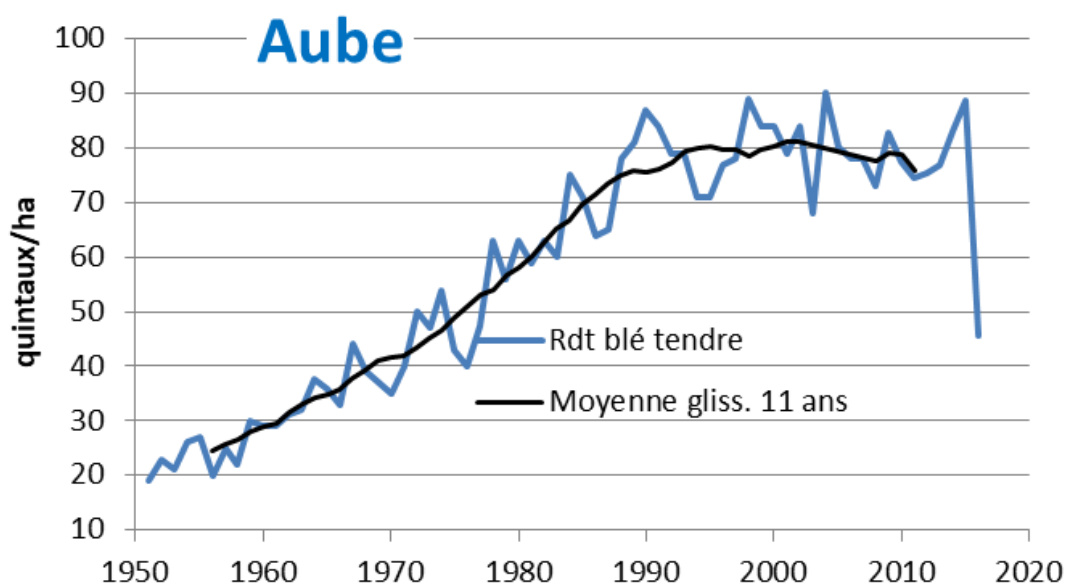


### 📈 Évolution observée



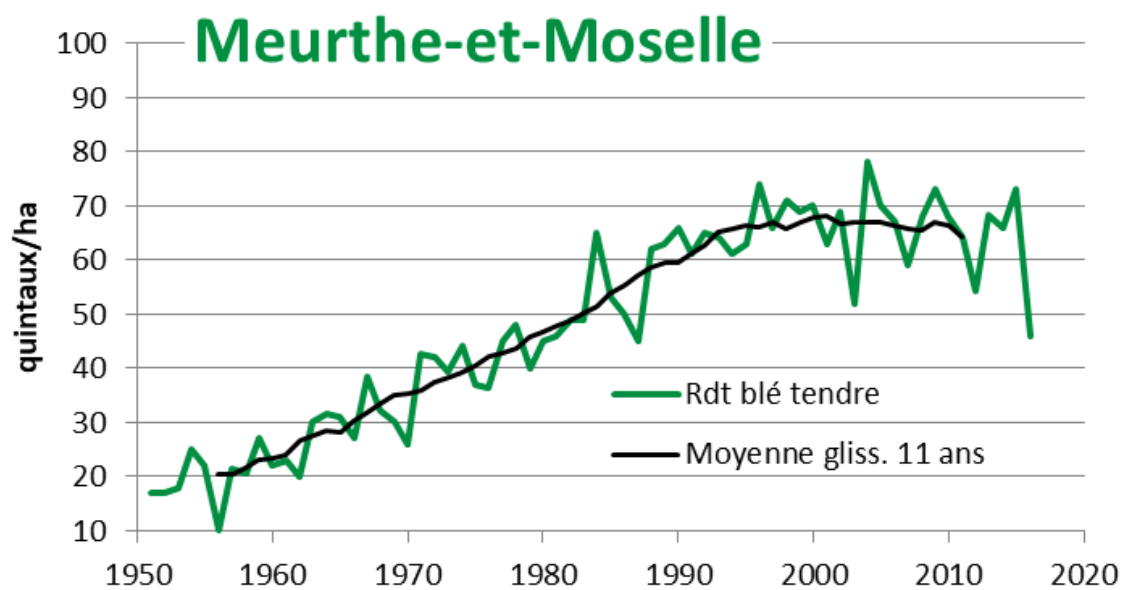
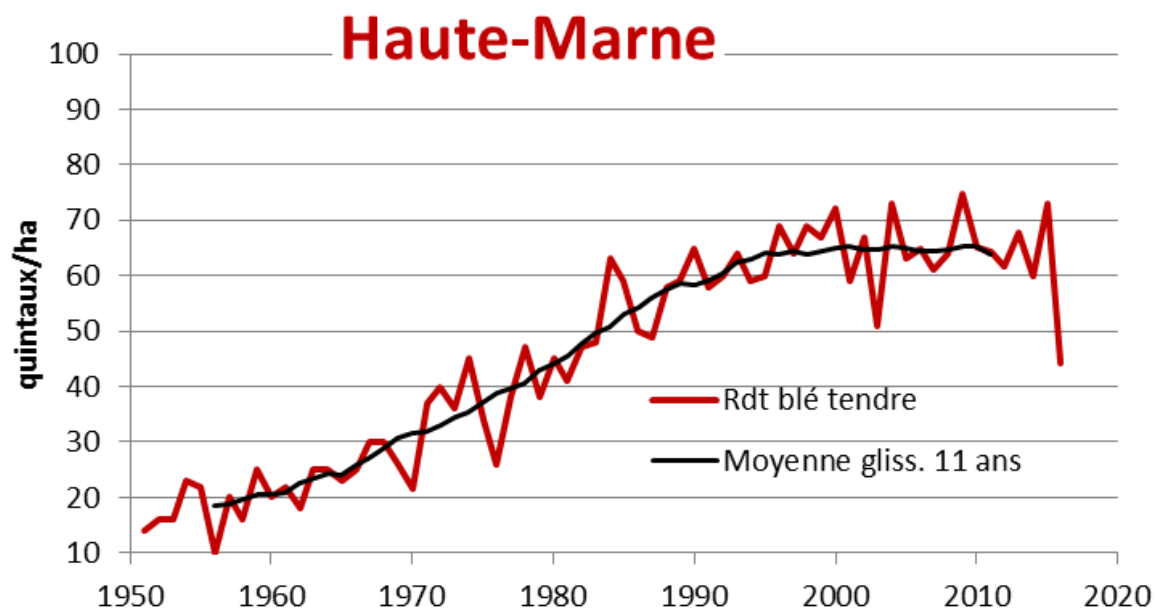


## Rendement du blé tendre



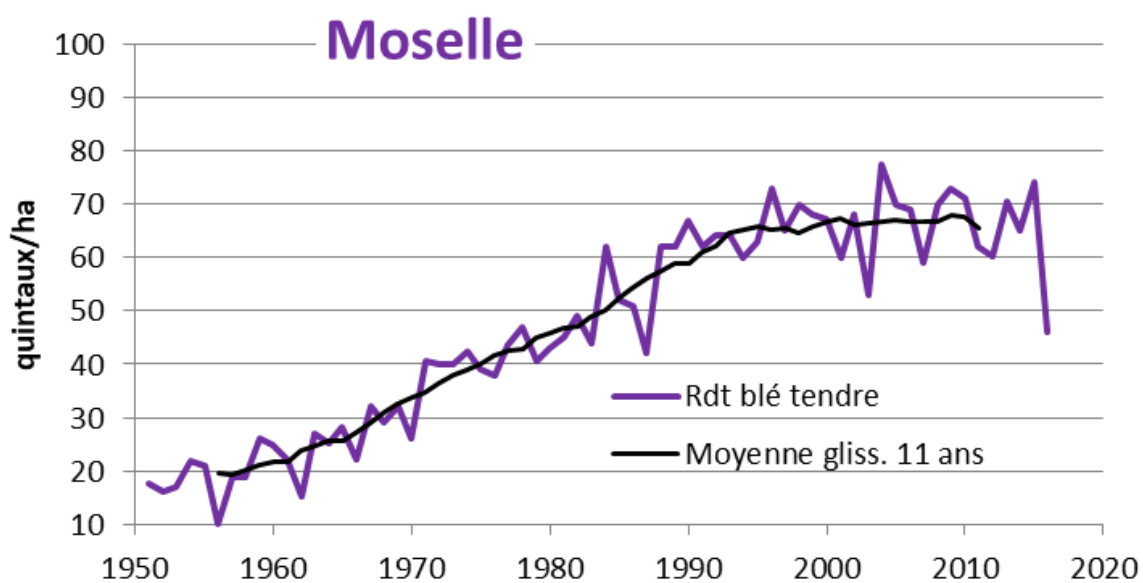
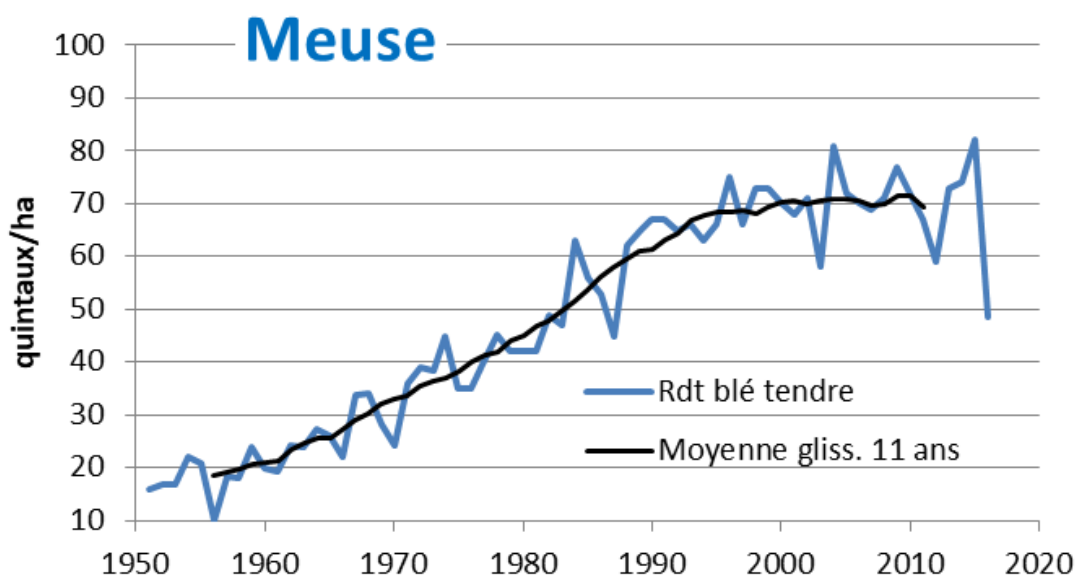


## Rendement du blé tendre



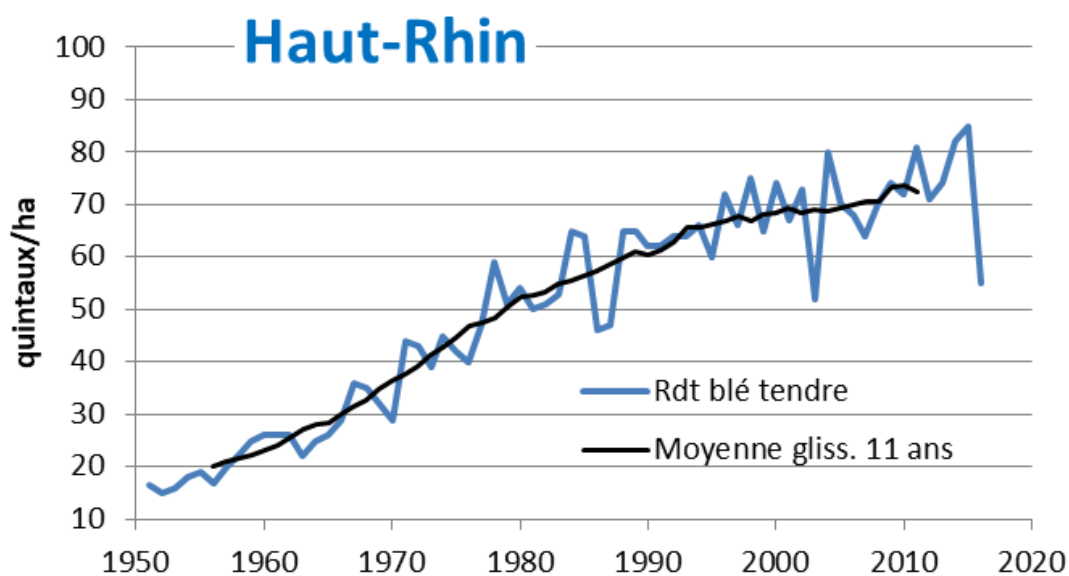
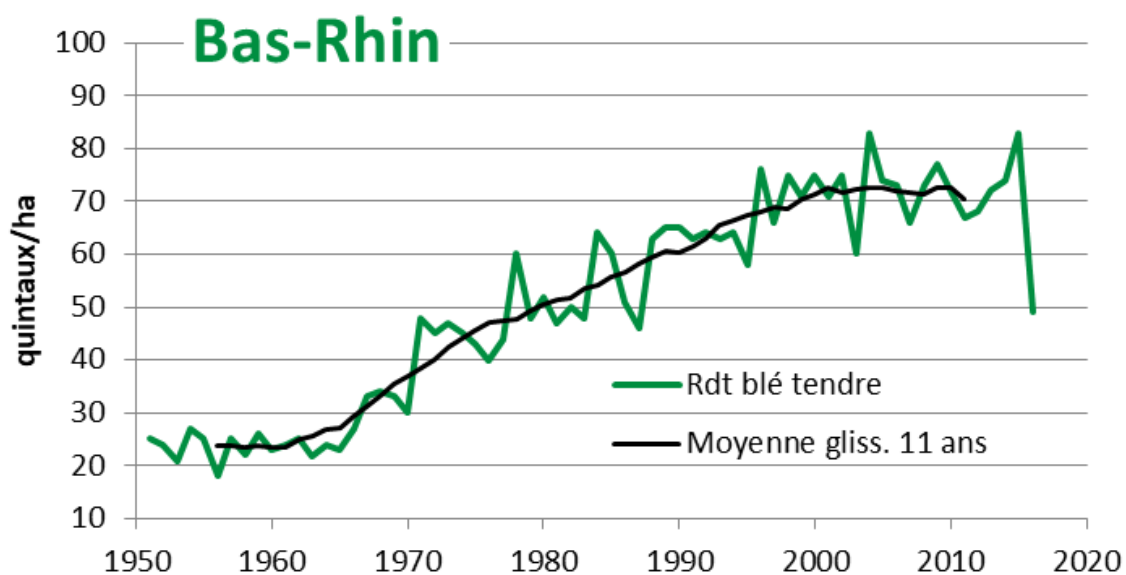


## Rendement du blé tendre



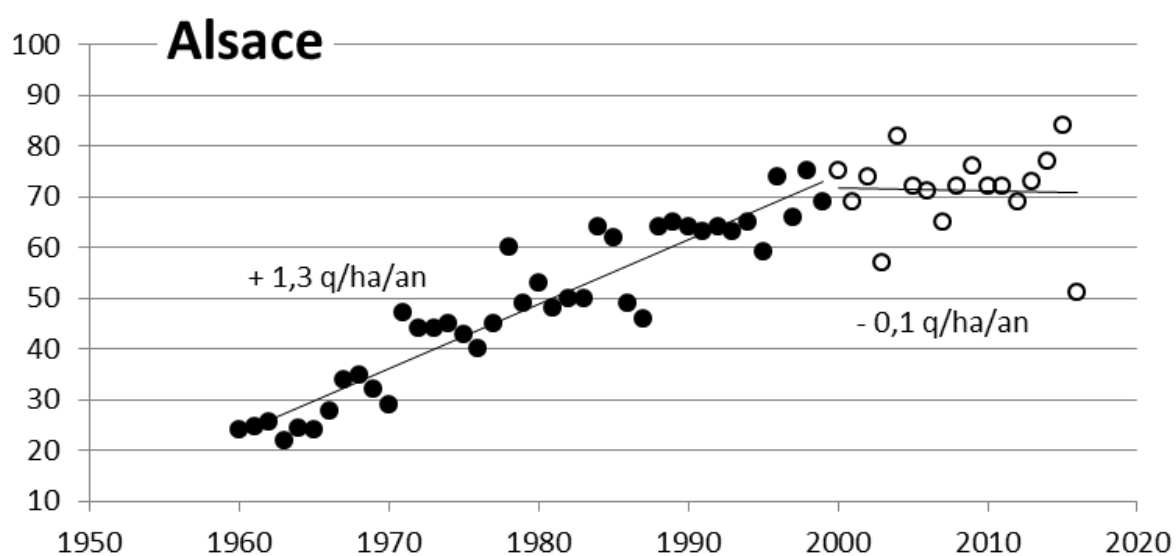
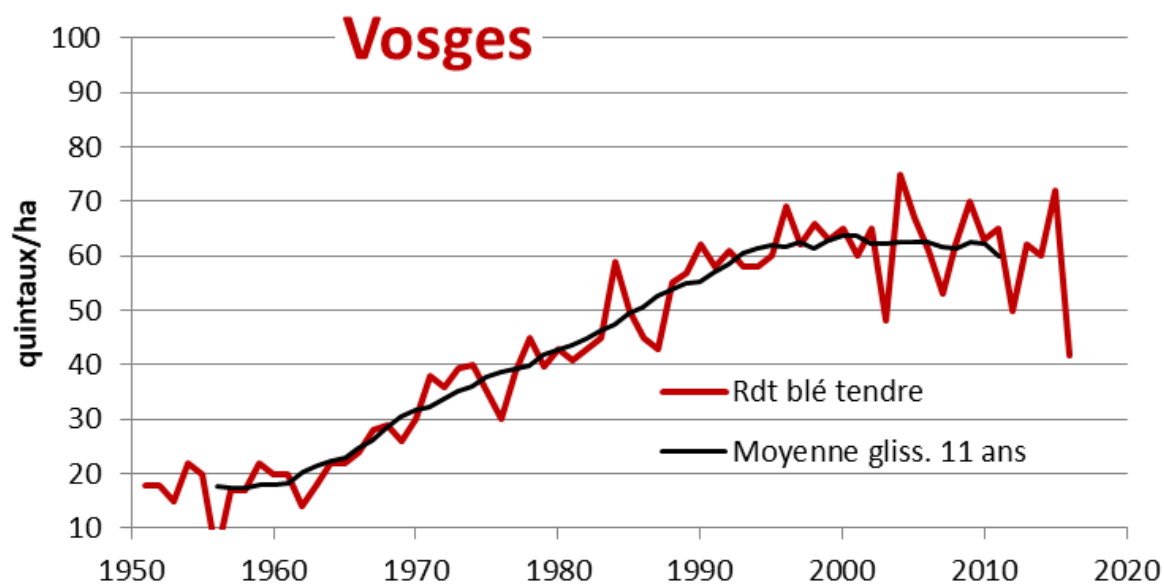


## Rendement du blé tendre



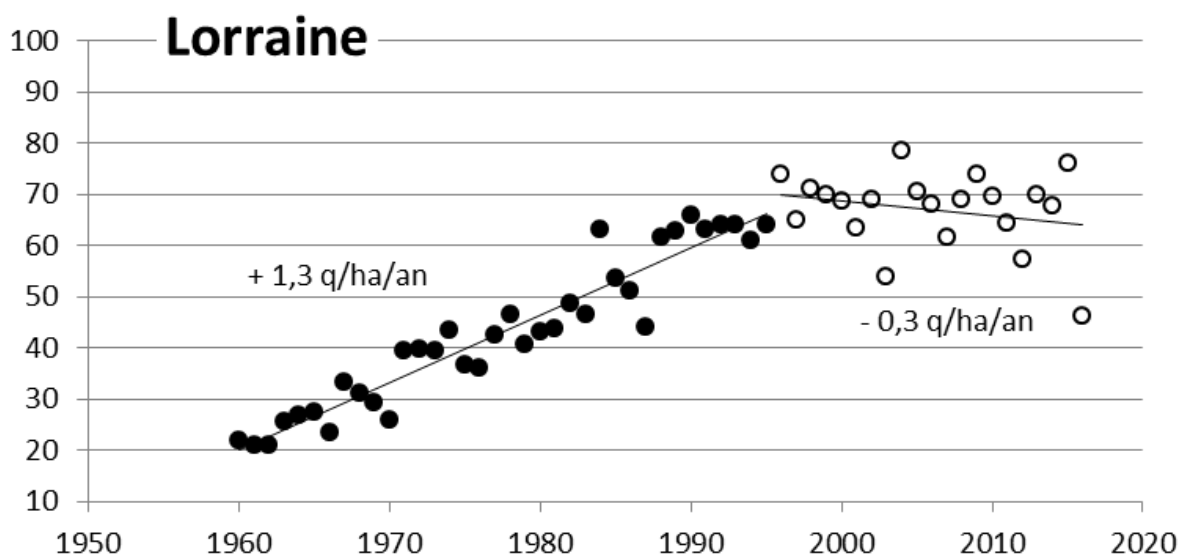
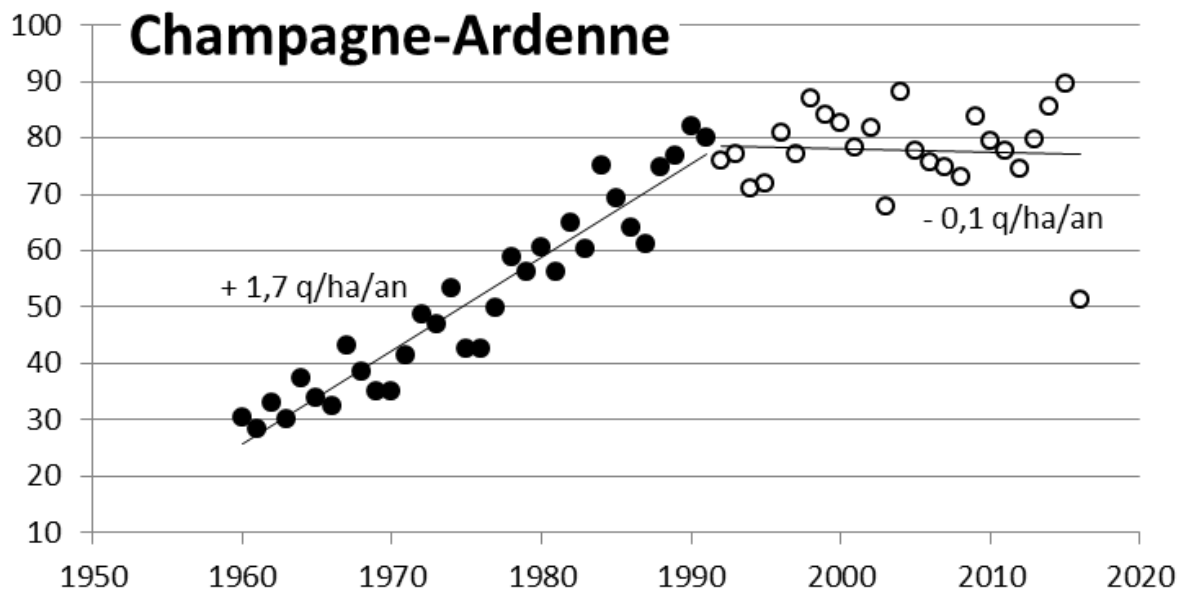


## Rendement du blé tendre





## Rendement du blé tendre







## Rendement du blé tendre

### Analyse

On observe que, depuis le début des années 1950 et jusqu'au milieu des années 1990, les rendements départementaux en blé tendre ont augmenté de façon nette et régulière (entre + 1,1 à + 1,5 q/ha/an selon le département). Cet accroissement a permis de passer d'environ 20 q/ha au début des années 1950 à une moyenne pour la région Grand Est de l'ordre de 75 q/ha dans les années 1995 (entre 60 et 85 q selon les départements). Cet accroissement spectaculaire s'explique par l'amélioration variétale combinée à l'accroissement de la technicité de culture (préparation de sol, semis, fertilisation, protection phytosanitaire, récolte).

Au milieu des années 1990, on constate une interruption assez brutale de la dynamique précédente, avec une stagnation, voire un début de chute de rendement.

Le même phénomène s'observe sur l'ensemble de la France (et même en Europe) avec quelques nuances. L'année de rupture se situant entre 1990 et 2000 selon le département.

	Evolution du rendement avant le plafonnement (q/ha/an)	Année d'apparition du plafonnement	Evolution du rendement après le plafonnement (q/ha/an)
Ardennes	+ 1,32	1991	- 0,05
Aube	+ 1,48	1990	- 0,29
Haute-Marne	+ 1,20	1994	- 0,12
Marne	+ 1,54	1991	+ 0,01
Meurthe-et-Moselle	+ 1,16	1996	- 0,42
Meuse	+ 1,26	1996	- 0,19
Moselle	+ 1,19	1996	- 0,25
Bas-Rhin	+ 1,15	2000	- 0,35
Haut-Rhin	+ 1,23	2000	+ 0,38
Vosges	+ 1,14	1996	- 0,37
<i>Alsace</i>	+ 1,27	2000	- 0,07
<i>Champagne-Ardenne</i>	+ 1,66	1992	- 0,07
<i>Lorraine</i>	+ 1,31	1996	- 0,30
<i>FRANCE</i>	+ 1,23	1996	+ 0,03

Attention au niveau des comparaisons d'évolution : les calculs sont réalisés sur la période 1951 à 2016 pour les départements, et 1960 à 2016 pour les anciennes régions du Grand Est.

Les travaux de N. BRISSON *et al* (2010) ont permis d'identifier les causes de ce plafonnement et d'établir un lien avec le changement climatique.

Tout d'abord, il est démontré que la progression annuelle des rendements en blé tendre, résultant de l'amélioration variétale, s'est maintenue de façon continue depuis 1980 (avant la rupture) en France et à un niveau compris entre + 1,0 à + 1,2 q/ha/an. Le progrès génétique n'est donc pas en cause dans le plafonnement des rendements observé depuis le milieu des années 1990 dans le Grand Est.



## Rendement du blé tendre

Ensuite, il est établi qu'une légère baisse de la fertilisation azotée du blé tendre (environ 20 kg N/ha) a eu lieu en France entre 2000 et 2007, consécutivement à la mise en application de la Directive Nitrates, et que cette modération de la fertilisation azotée a induit une limitation du rendement de - 0,15 q/ha/an sur cette période.

D'autre part, il apparaît que le changement de rotations culturales (raccourcissement des rotations, remplacement des légumineuses par le colza) s'est traduit par une baisse des rendements du blé tendre de - 0,35 q/ha/an.

Enfin, il est démontré que le réchauffement du climat a entraîné une fréquence accrue de températures élevées durant la phase de remplissage des grains induisant le phénomène « d'échaudage » (cf. fiche « Nombre de jours estivaux par an »), et que l'occurrence de ces accidents physiologiques d'origine climatique a induit une limitation du rendement comprise entre - 0,2 et - 0,5 q/ha/an.

Une étude ARVALIS / VIVESCIA confirme ces éléments pour la région Champagne-Ardenne. Sur les 15 q/ha de pertes de rendement sur les 15 dernières années, le climat serait responsable pour 40 à 60 % (soit 6 à 9 q), toutes petites régions confondues.

En sols de craie, l'échaudage serait à l'origine de 2 q de pertes/ha. Les autres pertes dues au climat correspondraient à des phénomènes rares (sécheresse au printemps, excès d'eau, rayonnement limitant,...). En Barrois, déficit hydrique et échaudage reviennent régulièrement.

En matière d'adaptation au changement climatique, deux voies sont à travailler :

- L'esquive des accidents d'échaudage de fin de cycle par avancement de la phase sensible. Cette esquive peut être obtenue par un avancement des dates de semis et le recours à des variétés plus précoces. Toutefois, l'avancement des dates de semis et le choix de variétés plus précoces peuvent générer des risques supplémentaires pour la culture (mauvaise levée, gel épi 1 cm, gel méiose), et l'avancement des dates de semis peut induire un accroissement des risques parasitaires.
- La tolérance aux stress thermique et hydrique, qui relève du domaine de la génétique.

### A RETENIR

On observe dans les dix départements du Grand Est une rupture dans la progression des rendements en blé tendre qui se manifeste au milieu des années 1990. Ce phénomène, qui s'observe sur l'ensemble de la France métropolitaine, résulte pour moitié du changement climatique qui a accru les stress hydrique et thermique en fin de cycle cultural.

L'avancement des dates de semis, le choix de variétés précoces (dans les limites permises par l'agronomie) et la recherche de variétés tolérantes aux températures élevées sont les voies majeures d'adaptation qui devront être testées.



## Rendement du blé tendre

---



### Pour en savoir plus

BRISSEON N. et LEVRAULT F. 2010 – Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Livre vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME 336 pages.

BRISSEON N. *et al* 2010 – Why are wheat yields stagnating in Europe ? A comprehensive data analysis for France. Field Crops Research 119/1 : 201-212.

GATE Ph., BRISSEON N. et GOUACHE D. – « Les causes du plafonnement du rendement du blé en France : d'abord une origine climatique », Académie d'Agriculture de France – 2010. Séance du 5 mai.

GATE Ph. (2007) – Dossier "Le blé face au changement climatique", Perspectives agricoles, n°336, 20-56.

GATE Ph. (2009) – « Les raisons du plafonnement des rendements du blé en France », Perspectives agricoles, n°355, 20-27.



## Date de début des vendanges en Champagne

### 🔑 Nature et source des données

Comité Champagne (CIVC)

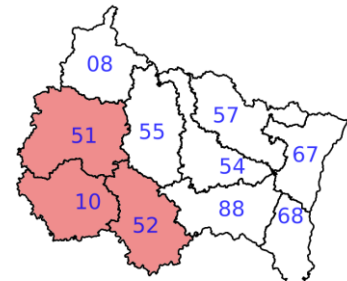
### 🕒 Indicateur

Date de début des vendanges dans le vignoble de Champagne : 1951 à 2014

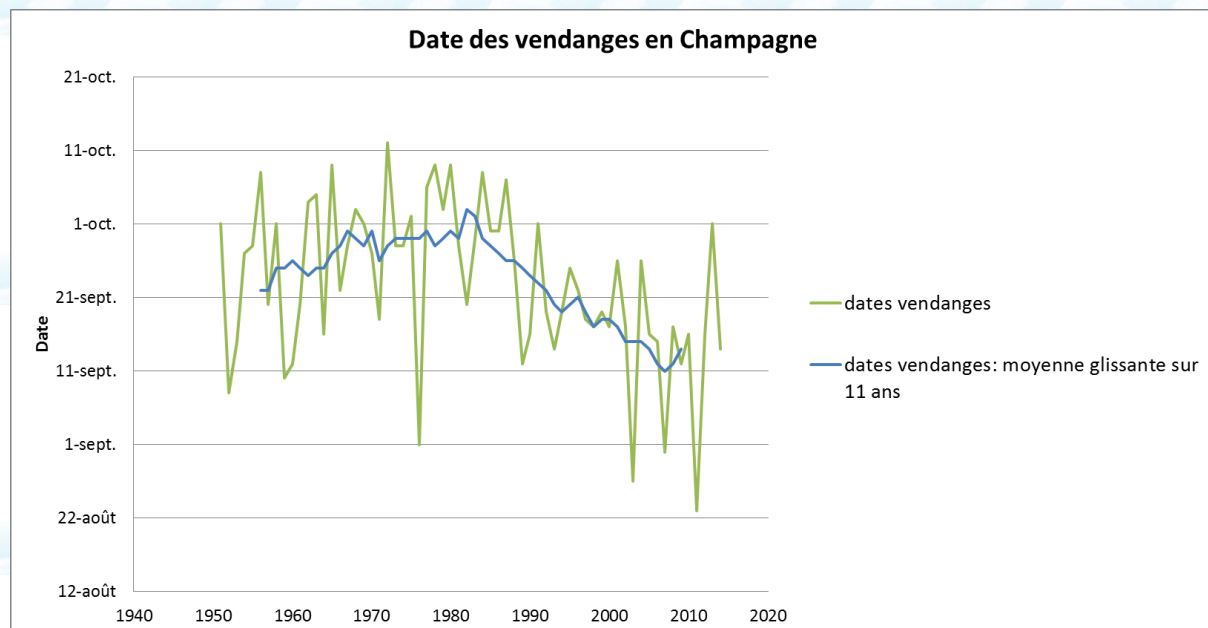
Chaque année sont déterminées des dates de vendanges pour chaque cépage et pour chaque commune du vignoble. La date retenue dans cet indicateur est obtenue en opérant une moyenne pondérée par la surface concernée.

L'indicateur est fourni en valeur annuelle et en moyenne glissante.

La moyenne glissante sur 11 ans : pour l'année N, il s'agit de la moyenne des valeurs des années N-5 à N+5.

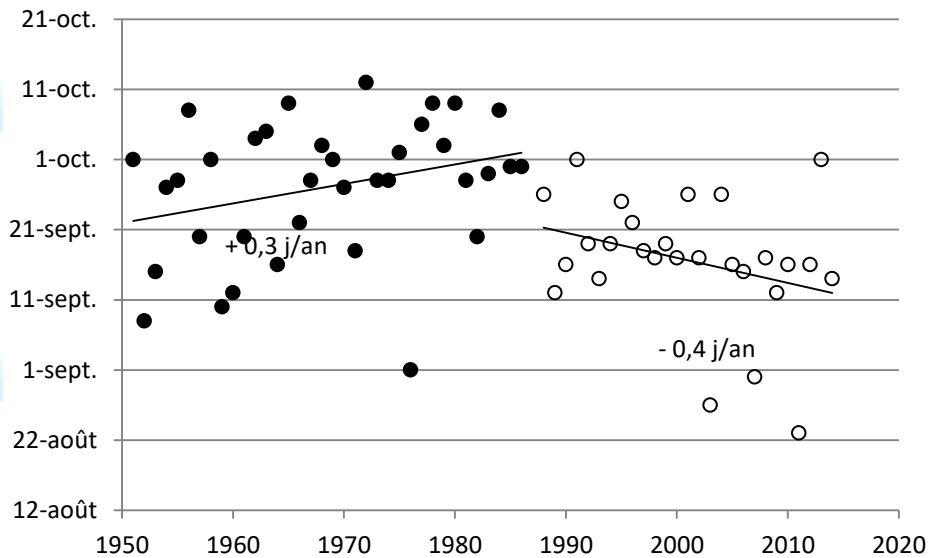


### 📈 Évolution observée





## Date de début des vendanges en Champagne



### Analyse

Jusqu'au milieu des années 1980, la date de début des vendanges semble assez stable avec même une légère tendance à reculer dans le temps.

Les fluctuations sont parfois assez importantes d'une année à l'autre :

- Années plus précoces : 1952, 1959, 1960, 1976 (du 1<sup>er</sup> au 12 septembre)
- Années plus tardives : 1956, 1965, 1972 (du 8 au 12 octobre)

Depuis 1985, la tendance est à une avancée de la date de vendanges qui devient de plus en plus précoce : nous sommes passés d'une date moyenne du 27 septembre à une date moyenne du 12 septembre, soit une avancée de 15 jours en une trentaine d'années (5 jour par pas de 10 ans).

Quelques années se distinguent avec une date de vendange devenue plus précoce et se positionnant même sur fin août les années particulièrement chaudes : 27 août en 2003, 31 août en 2007 et 23 août en 2011.

Sur cette 2<sup>e</sup> partie de la courbe, aucune date de début de récolte ne se situe courant octobre.

Cet avancement des dates de vendanges résulte de l'augmentation tendancielle des températures et plus spécifiquement des températures pendant la saison de végétation de la vigne (avril à octobre). Ce résultat est cohérent avec l'augmentation des températures moyennes annuelles (cf. fiche « Température moyenne annuelle »).

De manière générale, c'est le cumul des températures supérieures à 10°C pendant la phase de végétation qui détermine la durée du cycle de la vigne et donc la date des vendanges.

Le changement climatique expose donc la vigne à une modification des conditions de maturation des baies.



## Date de début des vendanges en Champagne

### Effet sur la qualité :

Ce fort réchauffement a pour effet sur la maturation des baies :

- Une accélération de l'accumulation des sucres qui se traduit par une augmentation du degré alcoolique ;
- Une accentuation de la dégradation de l'acide malique qui se traduit par une baisse de l'acidité totale ; on considère qu'une augmentation de 1°C de la température moyenne entraîne une baisse de l'acidité du moût à la récolte de 1 g/l.

Au cours de ces 30 dernières années, la maturité moyenne à la vendange en Champagne a gagné 0,8% vol. d'alcool probable.

L'avancement des dates de vendange et l'augmentation des teneurs en sucres des raisins sont des phénomènes observés sur la très grande majorité des vignobles français.

Outre son effet sur la maturation des baies, le changement climatique affecte aussi la vinification.

### Effet sur la quantité :

Sur le plan quantitatif, les rendements de la vigne de Champagne ne sont pas menacés à court terme par le changement climatique. Au contraire, la tendance est plutôt à une augmentation du rendement agronomique.

La vigne bénéficie des bonnes conditions hydriques et thermiques actuelles, de son métabolisme en C3 qui lui offre une réponse positive à l'augmentation en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère et à une bonne résistance de la vigne au stress hydrique, à l'exception des sols argileux ou de faible épaisseur.

### Adaptations :

Les adaptations possibles de la viticulture au changement climatique pourront concerner :

- la conduite culturale avec l'orientation des rangs, la taille ou l'utilisation d'ombrages,
- le développement des récoltes nocturnes et la réfrigération des bancs de récolte,
- et l'emploi de cépages adaptés à des températures plus élevées.

Dans tous les cas, les conséquences pour la typicité des produits devront être étudiées avec attention.

On considère que, pour un accroissement des températures ne dépassant pas 1,5 à 2,0°C, des adaptations de conduites culturale et post-récolte devraient suffire pour compenser l'impact du changement climatique sur la vigne de Champagne. Au-delà, les adaptations devront porter sur la sélection génétique.



## Date de début des vendanges en Champagne

### A RETENIR

La date de début des vendanges en Champagne a avancé d'une quinzaine de jours au cours des 30 dernières années. En 2011 (maximum de température moyenne annuelle depuis le début des mesures), la récolte a commencé vers le 20 août, ce qui ne s'était jamais vu auparavant.

Cet avancement correspond à une augmentation des températures maximales journalières entre avril et août. Il expose la vigne lors de la récolte à un supplément de température de l'ordre de 2°C par effet d'avancement calendaire.

On considère généralement qu'à partir d'un certain seuil (+ 1,5 à + 2,0°C de température moyenne) l'adaptation des itinéraires techniques risque de ne plus suffire. Au-delà, on devra recourir à la sélection génétique.



### Pour en savoir plus

AGENIS-NEVERS M. 2006 – Impact du changement climatique sur les activités viti-vinicoles. Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique. Note technique n°3 – 20 p.

BELTRANDO G., BRICHE E. 2010 – Changement climatique et viticulture, du constat actuel aux prévisions des modèles pour le XXI<sup>e</sup> siècle : l'exemple champenois. Echogéo, <http://echogeo.revues.org/12216>

BRICHE E. 2007 – Changement climatique et viticulture en Champagne – Mémoire de Master 2, Université Paris Diderot, 80 p.

BRICHE E. 2011 - Changement climatique dans le vignoble de Champagne : Modélisation thermique à plusieurs échelles spatio-temporelles (1950-2100) – Thèse de doctorat, Université Paris Diderot – 308 p.

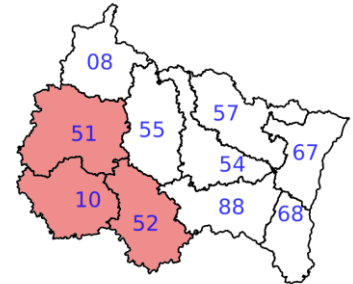
DAUX V., YIOU P., LE ROY LADURIE E., MESTRE O., CHEVET J.-M. 2007 – Température et date de vendanges en France. Colloque Réchauffement climatique, quels impacts probables sur les vignobles ? Chaire UNESCO, Dijon et Beaune, 28-30 mars



## Date de pleine floraison de la vigne en Champagne

### 🔑 Nature et source des données

Comité Champagne (CIVC)



### 🕒 Indicateur

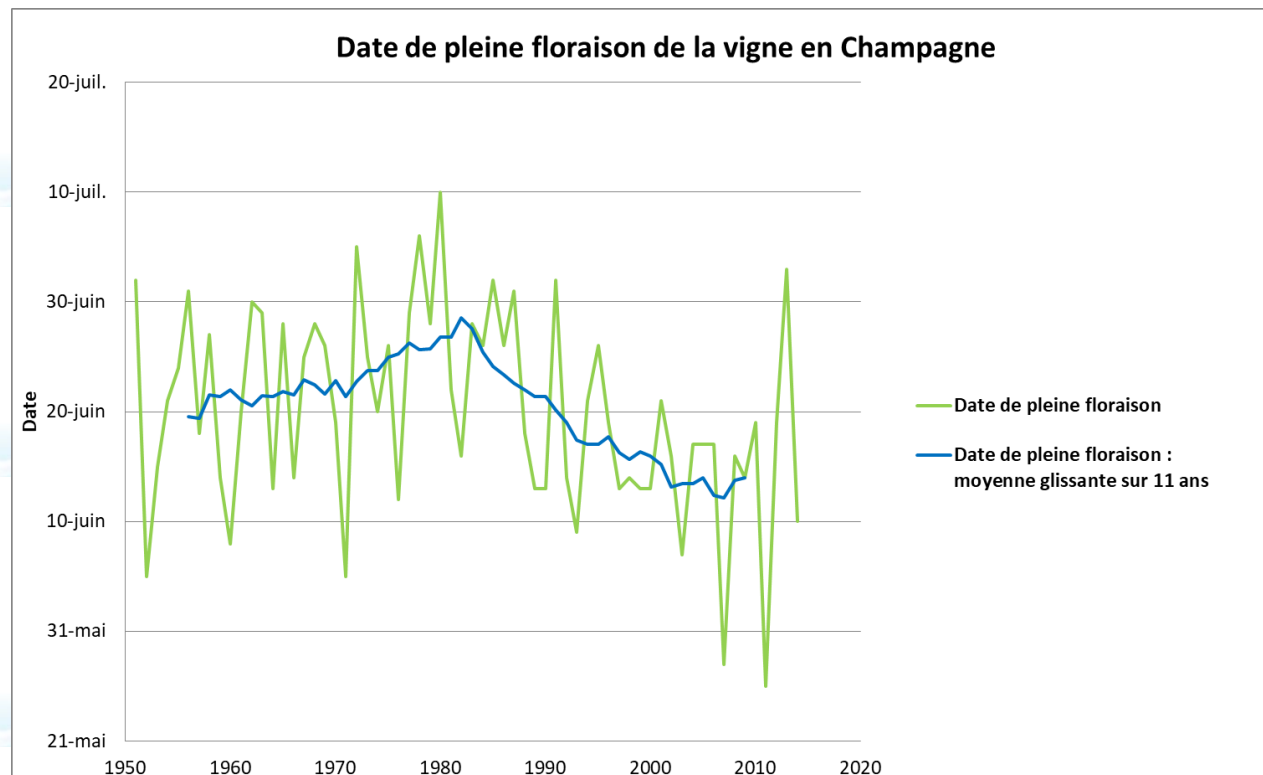
Date de pleine floraison dans le vignoble de Champagne : 1951 à 2014

Celles-ci sont obtenues par croisement de différentes sources : enquêtes auprès de correspondants présents dans chaque commune ou à l'échelle du vignoble, informations issues de réseaux d'observations.

L'indicateur est fourni en valeur annuelle et en moyenne glissante.

La moyenne glissante sur 11 ans : pour l'année N, il s'agit de la moyenne des valeurs des années N-5 à N+5.

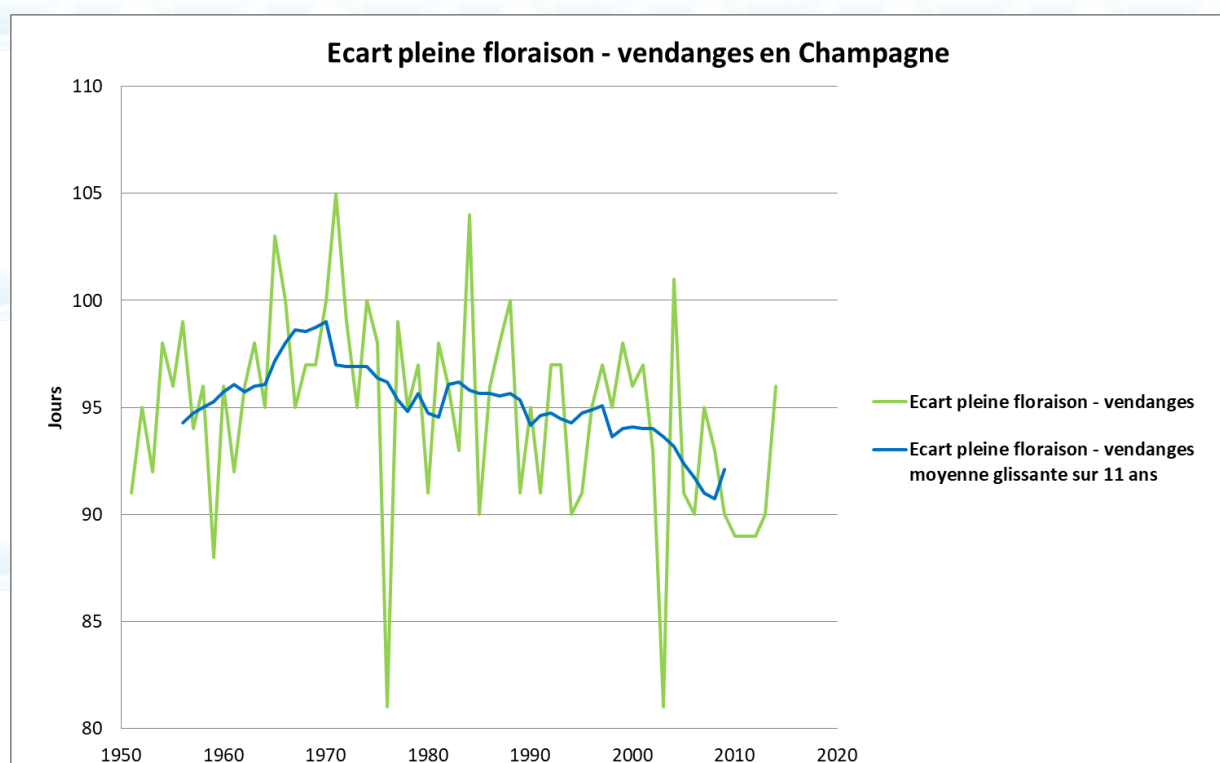
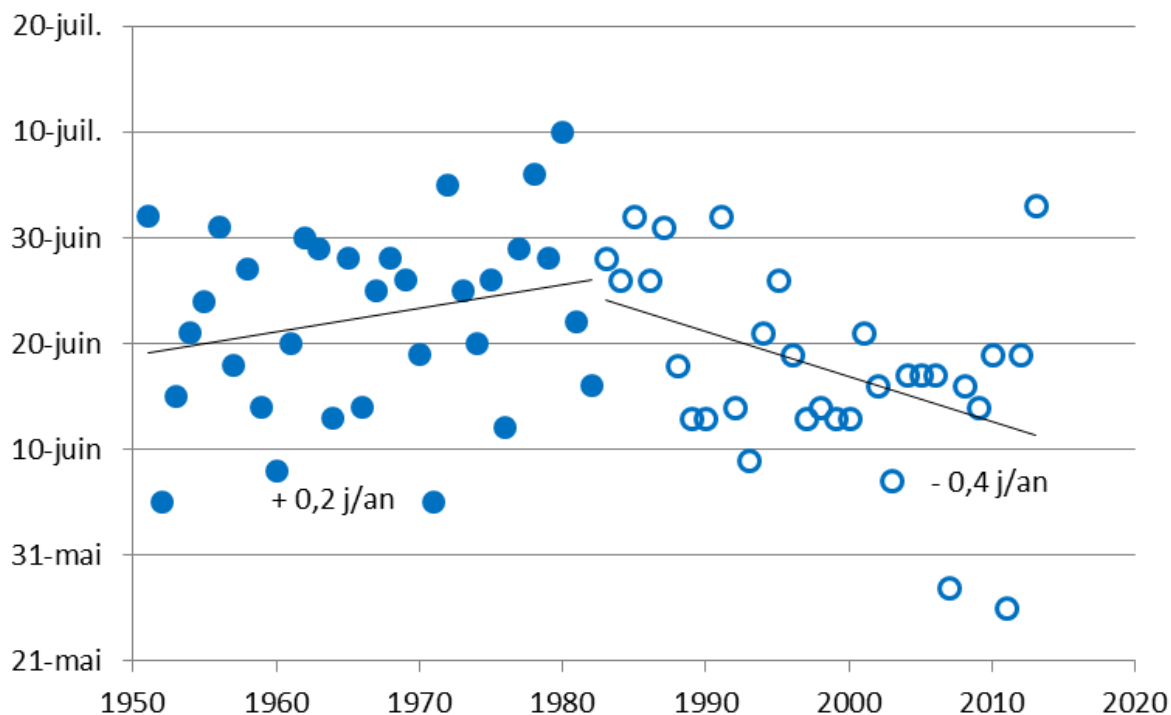
### 📈 Évolution observée







### Date de pleine floraison de la vigne en Champagne





## Date de pleine floraison de la vigne en Champagne

### Analyse

Jusqu'au début des années 1980, la date de pleine floraison de la vigne semble assez stable avec même une légère tendance à reculer dans le temps.

Les fluctuations sont parfois assez importantes d'une année à l'autre :

- Années plus précoces : 1952, 1960 et 1971 (du 5 au 8 juin)
- Années plus tardives : 1972, 1978 et 1980 (du 5 au 10 juillet)

Depuis 1982, la tendance est à l'avancée de la date de pleine floraison de la vigne : nous sommes passés d'une date moyenne du 24 juin à une date moyenne du 12 juin, soit une avancée de 12 jours en une trentaine d'années (4 jours par pas de 10 ans).

Quelques années se distinguent avec une date de pleine floraison devenue plus précoce et se positionnant même sur fin mai les années particulièrement chaudes : le 28 mai en 2007 et le 26 mai en 2011.

On constate que :

1. Cet indicateur fournit les mêmes informations que l'indicateur dates de vendanges au niveau des tendances ;
2. L'écart « pleine floraison » - « vendanges » est relativement stable dans le temps, avec une moyenne autour de 96 jours de 1951 à 2014, mais avec une tendance décroissante (de l'ordre d'une semaine sur ces 40 dernières années). A remarquer l'écart de l'ordre de 80 jours en 1976 et 2003 en raison d'une canicule prolongée.

Cette avancée de la date de pleine floraison de la vigne résulte de l'augmentation tendancielle des températures et plus spécifiquement pendant la saison de végétation de la vigne (soit à partir d'avril). Ce résultat est cohérent avec l'augmentation des températures moyennes annuelles (cf. fiche « Température moyenne annuelle »).

#### Adaptations :

Les adaptations possibles de la viticulture au changement climatique pourront concerner :

- la conduite culturale avec l'orientation des rangs, la taille ou l'utilisation d'ombrages,
- le développement des récoltes nocturnes et la réfrigération de la récolte,
- et l'emploi de cépages adaptés à des températures plus élevées.

Dans tous les cas, les conséquences pour la typicité des produits devront être étudiées avec attention.

On considère que pour un accroissement des températures ne dépassant pas + 1,5 à 2,0°C, des adaptations de conduites culturale et post-récolte devraient suffire pour compenser l'impact du changement climatique sur la vigne de Champagne. Au-delà, les adaptations devront porter sur la sélection génétique.



## Date de pleine floraison de la vigne en Champagne

### A RETENIR

L'indicateur « date de pleine floraison de la vigne en Champagne » suit les mêmes tendances que l'indicateur « date de vendanges ».

L'écart « pleine floraison » - « vendanges » est de l'ordre de 96 jours de 1951 à 2014, avec une tendance décroissante.

La date de pleine floraison de la vigne en Champagne a avancé d'une douzaine de jours au cours des 30 dernières années. En 2011 (maximum de température moyenne annuelle depuis le début des mesures), la pleine floraison de la vigne s'est située vers le 26 mai pour un début de récolte autour du 20 août. Ce qui ne s'était jamais vu auparavant.

Cet avancement correspond à une augmentation des températures maximales journalières à partir d'avril d'environ 2°C environ.

On considère qu'un accroissement de température moyenne annuelle de + 1,5 à + 2,0°C est gérable par adaptation des itinéraires techniques. Au-delà, on devra recourir à la sélection génétique.



### Pour en savoir plus

AGENIS-NEVERS M. 2006 – Impact du changement climatique sur les activités viti-vinicoles. Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique. Note technique n°3 – 20 p.

BELTRANDO G., BRICHE E. 2010 – Changement climatique et viticulture, du constat actuel aux prévisions des modèles pour le XXI<sup>e</sup> siècle : l'exemple champenois. Echogéo, <http://echogeo.revues.org/12216>

BRICHE E. 2007 – Changement climatique et viticulture en Champagne – Mémoire de Master 2, Université Paris Diderot, 80 p.

BRICHE E. 2011 - Changement climatique dans le vignoble de Champagne : Modélisation thermique à plusieurs échelles spatio-temporelles (1950-2100) – Thèse de doctorat, Université Paris Diderot – 308 p.

DAUX V., YIOU P., LE ROY LADURIE E., MESTRE O., CHEVET J.-M. 2007 – Température et date de vendanges en France. Colloque Réchauffement climatique, quels impacts probables sur les vignobles ? Chaire UNESCO, Dijon et Beaune, 28-30 mars



## Stades de développement de la vigne en Alsace

### 🔑 Nature et source des données

Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) - UMR1131 SVQV - Colmar

### 🕒 Indicateur

Date de débourrement : 1958 - 2017

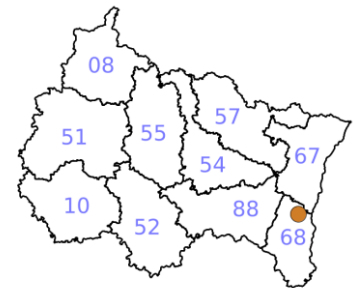
Date de floraison : 1964 - 2017

Date de véraison : 1965 - 2017

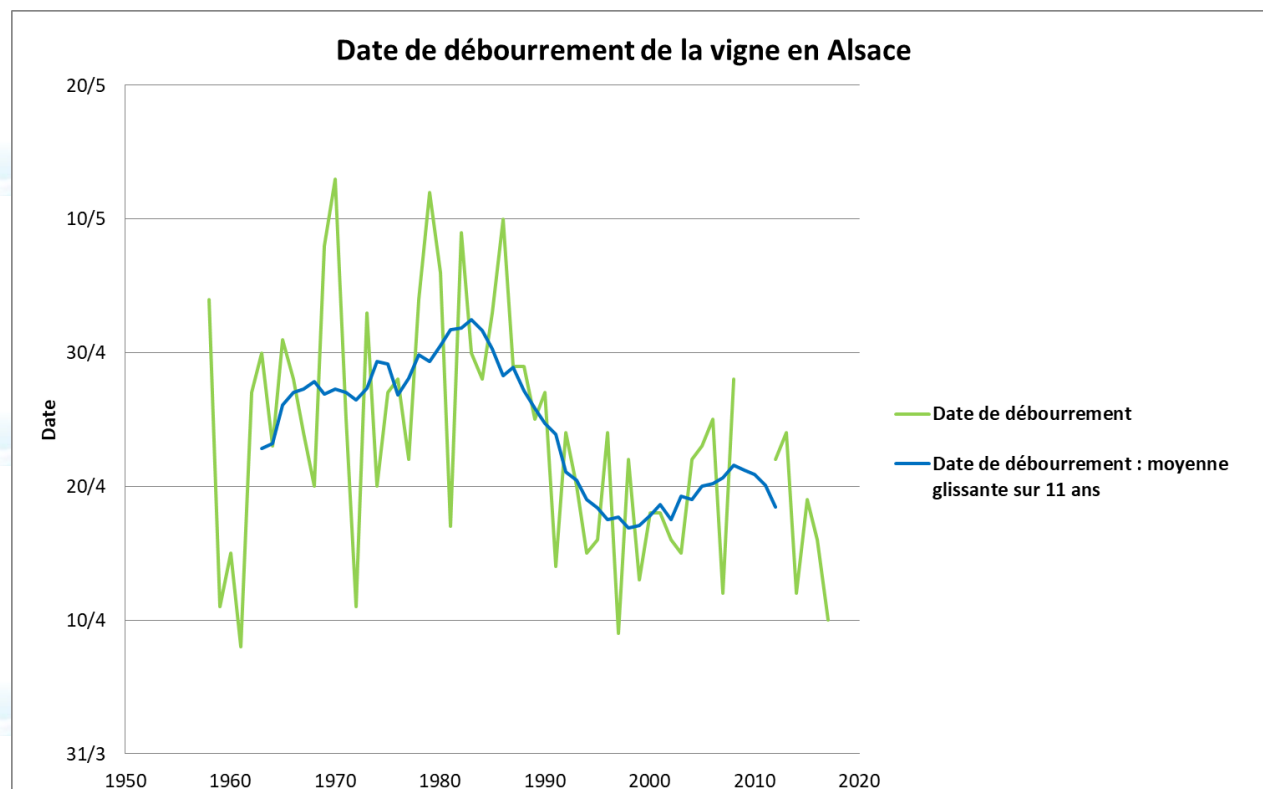
L'INRA de Colmar enregistre les stades phénologiques du Riesling depuis 1958 sur une parcelle située à Bergheim (68).

Les indicateurs sont fournis en valeur annuelle et en moyenne glissante.

La moyenne glissante sur 11 ans : pour l'année N, il s'agit de la moyenne des valeurs des années N-5 à N+5.

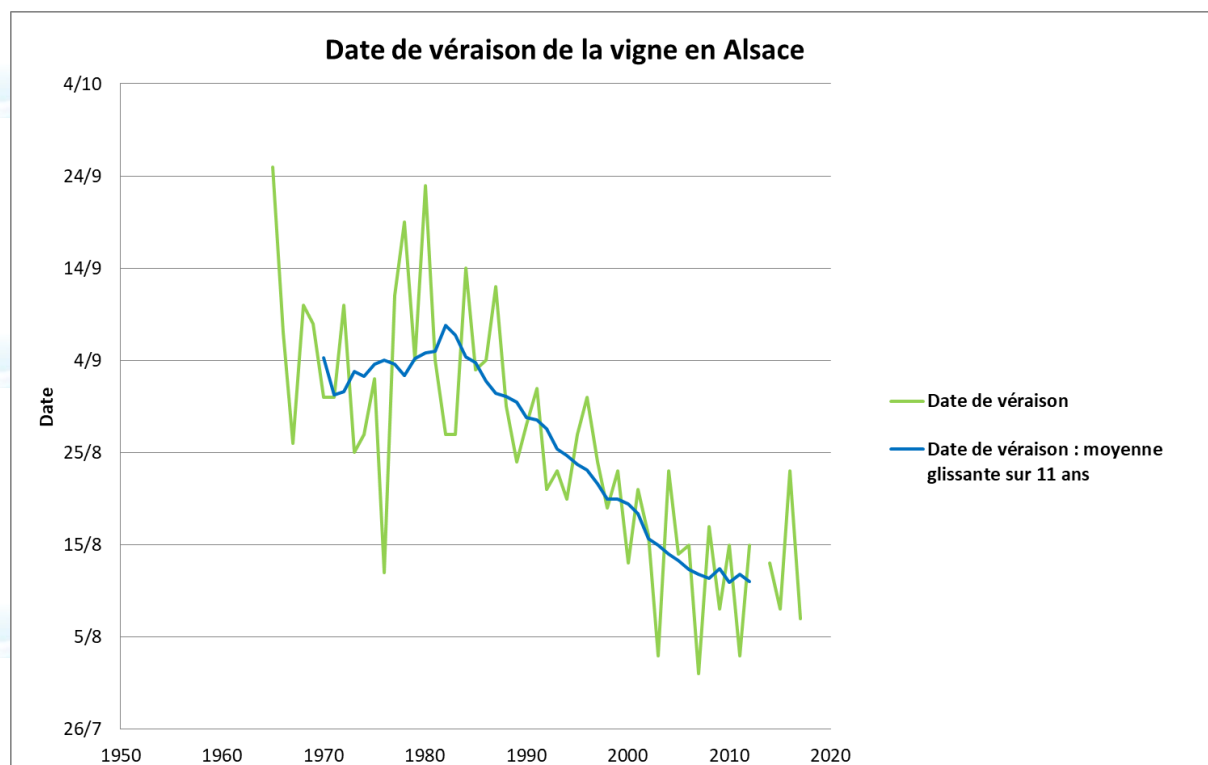
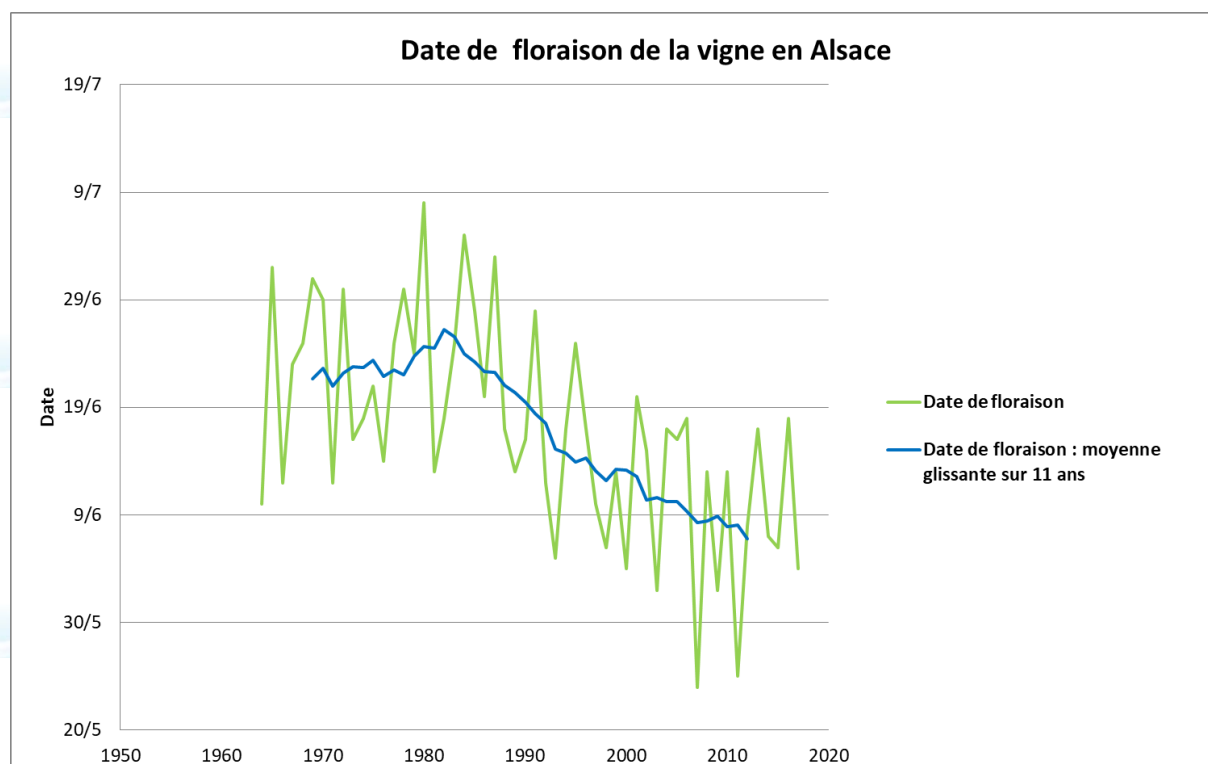


### 📈 Évolution observée



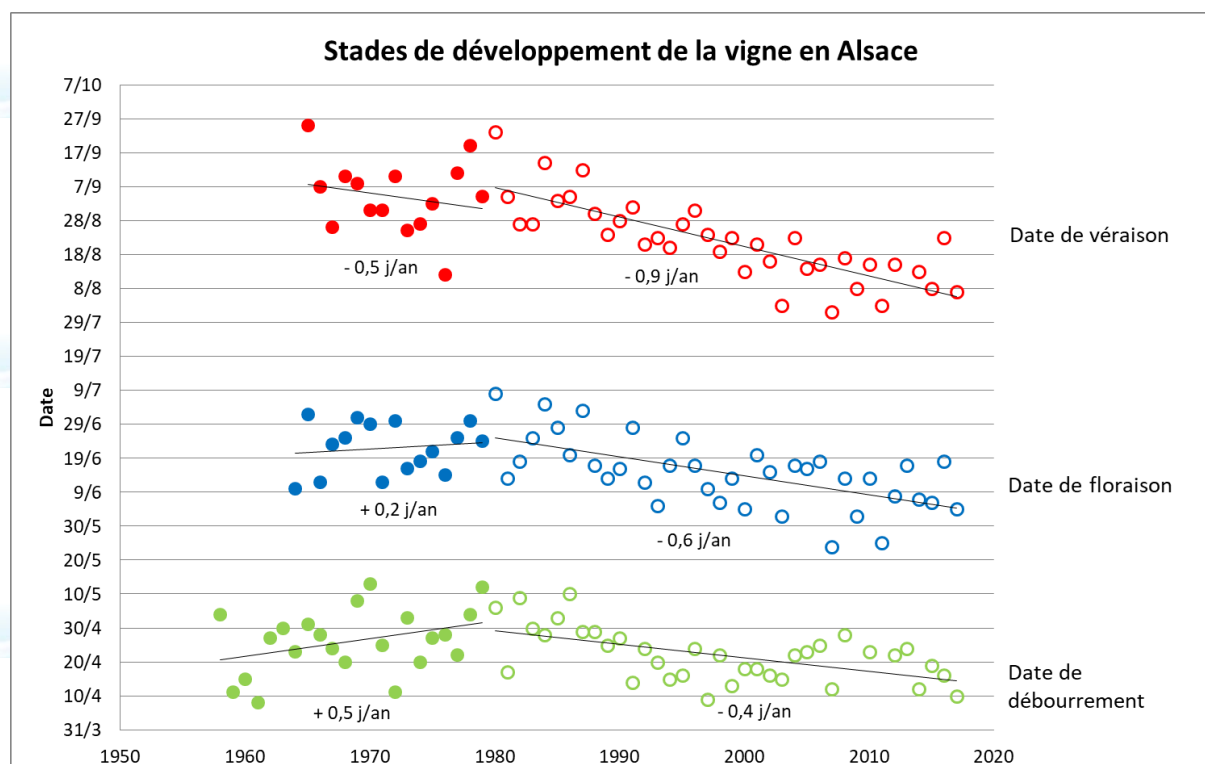


## Stades de développement de la vigne en Alsace





## Stades de développement de la vigne en Alsace



### Analyse

Le riesling est l'un des cépages les plus plantés en Alsace, il représente environ 22 % de l'encépagement. Ce cépage originaire de la vallée du Rhin est cité depuis le Moyen-Âge. Plus timidement planté jusqu'à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, il est à ce jour l'un des fleurons de l'Alsace viticole, pour ses vins secs, aromatiques, vifs et élégants.

Le riesling résiste bien aux froids hivernaux mais peut souffrir en été lorsque la contrainte hydrique est forte. Dans ces conditions, la maturation des raisins peut se bloquer et conduire à une expression imparfaite des qualités de ce cépage. Ce blocage est plus souvent observé sur les sols légers où la réserve utile est faible.

L'INRA de Colmar enregistre les stades phénologiques du riesling depuis 1958 sur une parcelle située à Bergheim, village viticole à 17 km au nord de Colmar et à 10 km au sud de Sélestat.

Le graphique présente les dates de débourrement, de floraison et de véraison depuis 1965. Bien que chaque millésime soit différent en termes de températures ou de précipitations, les courbes montrent un avancement de stades phénologiques de l'ordre d'une vingtaine de jours entre 1965 et 2017. La différence est moins flagrante pour le débourrement qui, au gré des hivers et des conditions météorologiques de printemps, sont plus ou moins précoces. Le phénomène est plus net pour la floraison. Au début de la période étudiée, elle a plutôt lieu après le 15 juin pouvant parfois aller jusqu'à début juillet. Sur les 20 dernières années la floraison se déroule en juin et dès le mois de mai, au cours des années les plus récentes.



## Stades de développement de la vigne en Alsace

Pour la véraison, qui marque le début de la maturation des raisins, la courbe prend la même allure, en s'accroissant encore. Quand il fallait attendre début septembre dans les années soixante pour atteindre ce stade, après 2000 il est atteint au cours de la première quinzaine d'août.

La bascule s'observe à partir du début des années 80, cela correspond également à un cahier des charges de production plus restrictif, réduisant les potentiels de récolte et augmentant au passage les degrés d'alcool potentiel. Cette modification des conditions de productions ne peut pas expliquer à elle seule, l'avancement observé. Depuis le début des années 2000, les records en termes de précocité tombent régulièrement. Un parallèle peut être fait avec les conditions climatiques sur la même période : dérèglement des précipitations, forte chaleur et accidents climatiques plus réguliers.

### Adaptations :

En termes d'adaptations, les solutions sont nombreuses à ce jour. Il s'agit également de savoir si ces solutions sont capables à terme de réguler l'impact du changement climatique. Plusieurs orientations sont possibles. La première serait d'orienter les nouvelles plantations de Riesling vers des sols plus profonds, bien pourvus en réserve hydrique. Le recours à des porte-greffes résistant mieux au stress hydrique est également possible. Afin d'éviter au maximum les pertes en eau dans des conditions de stress, une modification des itinéraires techniques, touchant la conduite de la vigne et l'entretien du sol, est aussi envisageable. Enfin, l'irrigation par goutte à goutte mériterait d'être évaluée, notamment dans les sols légers. A plus long terme, l'adaptation pourrait prendre la forme d'un nouvel encépagement où l'on pourrait retrouver des cépages plus tardifs et mieux adaptés à des températures plus élevées.

### **A RETENIR**

On observe un avancement des stades phénologiques du Riesling en Alsace de l'ordre de 20 jours au cours de ces 50 dernières années, soit 4 jours par pas de 10 ans, Cette évolution, moins flagrante sur le débournement, est plus visible sur la floraison et surtout la véraison. Le basculement se produit à partir du début des années 80.



### **Pour en savoir plus**

AGENIS-NEVERS M. 2006 – Impact du changement climatique sur les activités viti-vinicoles. Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique. Note technique n°3 – 20 p.

DUCHENE E., SCHNEIDER Ch. 2005 – Grapevine and climatic changes : a glance at the situation in Alsace. Agronomy for Sustainable Development, 25, pp. 93-99

DUCHENE E., SCHNEIDER Ch. 2007 – Conséquences écophysiological des évolutions climatiques au cours du cycle de développement de la vigne en Alsace. Colloque Réchauffement climatique, quels impacts probables sur les vignobles ? Chaire UNESCO, Dijon et Beaune, 28-30 mars

SEGUIN B 2004 – Le réchauffement climatique récent en France : impact et conséquence sur la culture des arbres fruitiers et de la vigne. Lettre n°16 PIGB-PMRC



oracle  
Grand Est

# 4 IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

## Date de semis du blé

### 🔑 Nature et source des données

Institut National de Recherche Agronomique (INRA) de Mirecourt (88)

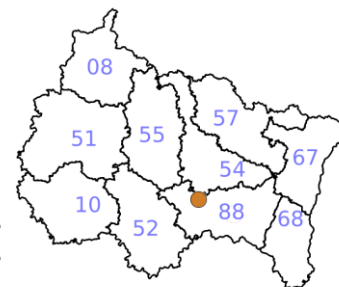
### 🕒 Indicateur

Date de semis du blé : 1971 à 2002

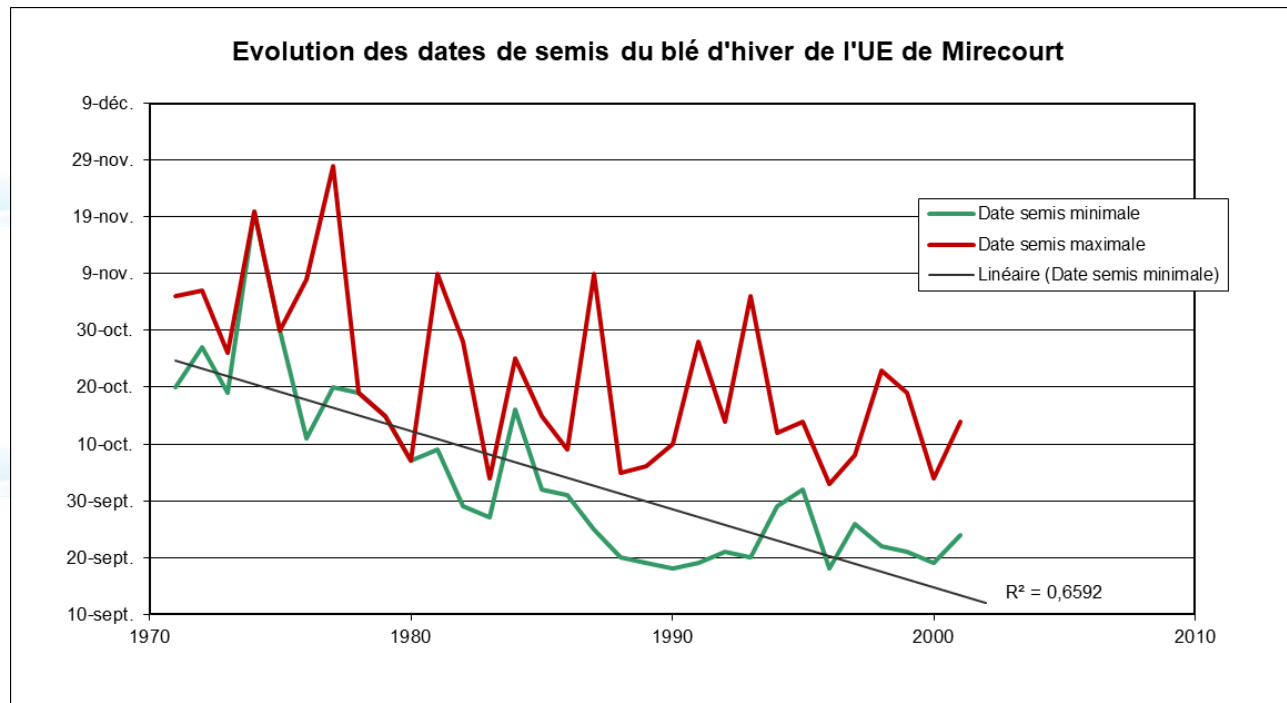
Pour chaque année sont recueillis les enregistrements des pratiques culturales dans les Unités Expérimentales (UE) de l'INRA de Mirecourt (de 1 à 15 parcelles selon les années).

Les indicateurs fournis sont :

- La date minimale de semis
- La date maximale de semis



### 📈 Évolution observée







## Date de semis du blé

### Analyse

Les données concernent une période de 30 ans : des années 1970 aux années 2000.

L'analyse de l'évolution annuelle de la date de semis du blé montre :

- Une variabilité interannuelle,
- Globalement une évolution vers des semis plus précoces,
- Une modification de l'allure de la courbe : d'abord une avancée des dates jusqu'à la fin des années 80 (presque une vingtaine de jours sur une période de 10 ans), ensuite apparaît un palier, puis un recul des dates de semis depuis le début des années 90.

A noter que :

- Il y a superposition des dates de semis minimale et maximale dans le cas de suivi d'une seule parcelle.
- La même approche a été réalisée sur orge d'hiver aboutissant au même constat : une avancée des dates de semis sur la période des années 80, puis un recul à partir des années 90.
- Le recul des dates de semis que l'on observe depuis les années 90 n'entraîne pas le recul des dates de récolte : celles-ci continuent d'avancer, ceci en raison d'un démarrage plus précoce en sortie hiver et de l'augmentation des sommes de température pendant la période de végétation.

Les raisons de l'évolution de la date de semis du blé au cours des dernières décennies sont susceptibles de trouver plusieurs explications :

1. L'avancée de la récolte du précédent dans les successions culturales. Ce qui permettrait aux agriculteurs de mieux saisir les opportunités climatiques favorables.
2. L'évolution variétale avec des variétés appropriées au terroir et à son climat, et plus résistantes.
3. L'impact du conseil agricole : le recul des dates de semis sur les années récentes pourrait être la conséquence d'une volonté de faire retarder les dates de semis afin de limiter le développement des adventices en fin d'été – début d'automne et de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires.
4. La modification du système de culture, des pratiques culturales, la réduction du travail du sol.
5. L'augmentation des surfaces (débuter au plus tôt le chantier de semis à l'échelle de l'exploitation pour qu'il puisse finir avant la date butoir).
6. La taille et la performance plus élevées du matériel agricole (rapidité du chantier de préparation du sol avant semis et donc semis dans la foulée plus précoce).
7. Le climat : le changement climatique semble bien être un des facteurs à l'origine des modifications de dates, semis et surtout récolte, ainsi que du raccourcissement des durées des cycles de cultures.

Selon les modèles, on peut s'attendre à une réduction de la durée des phases végétative et de reproduction lors de la croissance du blé de l'ordre de 5 à 20 jours de moins en 2020. La maturité serait atteinte 1 à 2 semaines plus tôt en 2050. Cependant, une baisse de rendement est également prédite de 0 à 7% selon les modèles en 2020.

Diverses solutions sont proposées pour pallier les effets du changement climatiques :

- Une sélection génétique des variétés adaptées aux températures plus élevées, valorisant au mieux l'augmentation de la photosynthèse et de l'efficacité de l'eau tout en minimisant l'effet d'un éventuel raccourcissement du cycle ;
- Un déplacement géographique des zones de culture vers le nord et des changements des occupations du sol ;
- La révision des itinéraires techniques incluant les apports d'intrants.



## Date de semis du blé

### A RETENIR

On remarque une avancée des dates de semis des céréales d'hiver (blé et orge d'hiver) jusqu'à la fin des années 80 (presque 20 jours sur une période de 10 ans), puis un recul à partir des années 90 pour des raisons agronomiques essentiellement liées à la maîtrise des adventices et à la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires.

Ces évolutions n'ont pas d'impact sur les dates de récolte qui ne font qu'avancer depuis 30 ans.

Les pistes pour s'adapter au changement climatique sont l'adaptation variétale, le choix des cultures et la révision des itinéraires culturaux.



### Pour en savoir plus

BENOIT M., FOURNIER T., DE LA TORRE C., 2015 – Impacts du changement climatique sur les calendriers agricoles : Exemples de cultures céréalières du Plateau Lorrain, *Agronomie Environnement & Sociétés* volume 5 numéro 1 – juin 2015, pp. 55-65.

DE LA TORRE C., BENOIT M., 2003 – Changement climatique et observations à long terme en Unités Expérimentales : évolution des pratiques agricoles et des réponses physiologiques des couverts végétaux. Document de travail de la station INRA de Mirecourt. 47 pages.

JOLY N., 1997 – Ecritures du travail et savoirs paysans. Aperçu historique et lecture de pratiques. Les agendas des agriculteurs. Thèse de doctorat, Université Paris X, Nanterre.

KAUKORANTA T., HAKALA K., 2008 – Impact of spring warming on sowing times of cereal, potato and sugar beet in Finland. *Agricultural and food science*, 17, 165-176.

MAZE A., CERF M., LE BAIL M., PAPY F., 2004 – Entre mémoire et preuve : le rôle des écrits dans les exploitations agricole. *Natures Sciences Sociétés*, 12, 1, 18-29.

SEGUIN B., 2003 – Adaptation des systèmes de production agricole au changement climatique. *C.R. Geoscience*, 335, 569-375.



## Date de semis du maïs

### 🔑 Nature et source des données

Institut National de Recherche Agronomique (INRA) de Mirecourt (88)

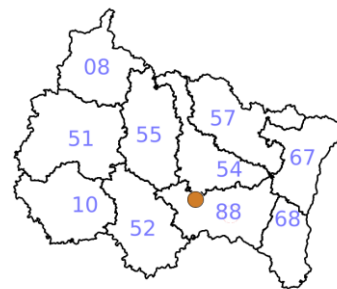
### 🕒 Indicateur 1

Date de semis du maïs : 1969 à 2003

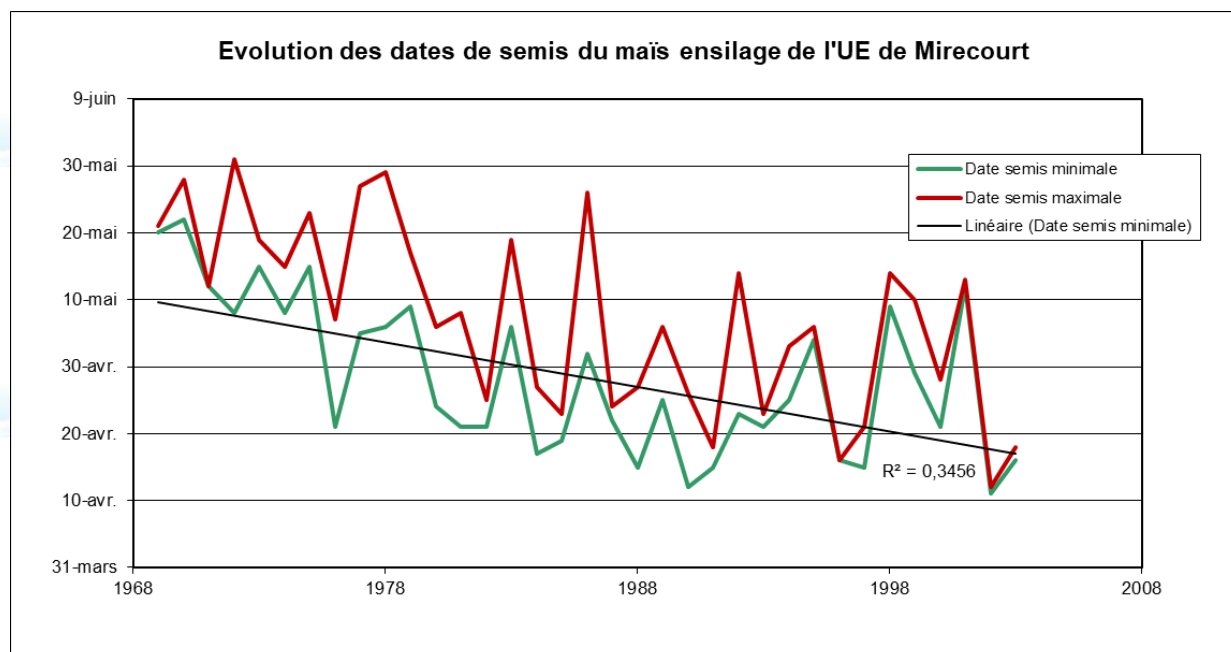
Pour chaque année sont recueillis les enregistrements des pratiques culturales dans les Unités Expérimentales (UE) de l'INRA de Mirecourt (de 2 à 9 parcelles selon les années).

Les indicateurs fournis sont :

- La date minimale de semis
- La date maximale de semis



### 📈 Évolution observée





## Date de semis du maïs

### Analyse

Les données concernent une période de 30 ans : des années 1970 aux années 2000.

L'analyse de l'évolution annuelle de la date de semis du maïs montre :

- Une variabilité interannuelle,
- Globalement une évolution vers des semis plus précoces,
- Une modification de l'allure de la courbe : d'abord une avancée des dates jusque 1980, puis un pallier à partir de cette date.

A noter que les résultats obtenus sur les 3 autres stations de l'INRA où a été faite cette approche (à savoir Colmar en Alsace, Le-Pin en Normandie et Auzéville en Midi-Pyrénées) sont très proches : dates de semis similaires et même tendance d'évolution de la courbe.

Les raisons de l'avancée générale de la date de semis du maïs au cours des dernières décennies sont susceptibles de trouver plusieurs explications :

1. Une moindre perception du risque de gel de printemps par les pilotes des Unités Expérimentales.
2. Un raccourcissement des cycles physiologiques par une maturité plus précoce en saison (4 semaines et demi en moyenne sur 30 ans).
3. Le choix de variétés appropriées au terroir et plus résistantes (sélection génétique : exemple de variétés plus appropriées à des disponibilités en degrés jours plus élevées).
4. La recherche d'un rendement optimal.
5. La modification du système de culture (révision des stratégies de travail du sol, de la fertilisation,...).
6. L'augmentation des surfaces dans le temps (débuter au plus tôt le chantier de semis à l'échelle de l'exploitation pour qu'il puisse finir avant la date butoir).
7. La taille et la performance plus élevées du matériel agricole (rapidité du chantier de préparation du sol avant semis et donc semis dans la foulée plus précoce).

Selon les modèles, on peut s'attendre à une réduction de la durée des phases végétative et de reproduction lors de la croissance du maïs de l'ordre de 5 à 20 jours de moins en 2020. La maturité serait atteinte 11 à 30 jours plus tôt en 2050. Cependant, une baisse de rendement est également prédite de 3 à 14% selon les modèles en 2020.

Diverses solutions sont proposées pour pallier les effets du changement climatiques :

- Une sélection génétique des variétés adaptées aux températures plus élevées, valorisant au mieux l'augmentation de la photosynthèse et de l'efficacité de l'eau tout en minimisant l'effet d'un éventuel raccourcissement du cycle ;
- Un déplacement géographique des zones de culture vers le nord et des changements des occupations du sol ;
- La révision des itinéraires techniques incluant les apports d'intrants.

#### A RETENIR

On remarque une avancée de la date de semis du maïs de 30 jours en 30 ans, avec une cassure à partir de 1980.

Les pistes pour s'adapter au changement climatique sont l'adaptation variétale, le choix des cultures et la révision des itinéraires culturaux.



## Date de semis du maïs

---



### Pour en savoir plus

BENOIT M., FOURNIER T., DE LA TORRE C., 2015 – Impacts du changement climatique sur les calendriers agricoles : Exemples de cultures céréalières du Plateau Lorrain, *Agronomie Environnement & Sociétés* volume 5 numéro 1 – juin 2015, pp. 55-65.

DE LA TORRE C., BENOIT M., 2003 – Changement climatique et observations à long terme en Unités Expérimentales : évolution des pratiques agricoles et des réponses physiologiques des couverts végétaux. Document de travail de la station INRA de Mirecourt. 47 pages.

JOLY N., 1997 – Ecritures du travail et savoirs paysans. Aperçu historique et lecture de pratiques. Les agendas des agriculteurs. Thèse de doctorat, Université Paris X, Nanterre.

KAUKORANTA T., HAKALA K., 2008 – Impact of spring warming on sowing times of cereal, potato and sugar beet in Finland. *Agricultural and food science*, 17, 165-176.

MAZE A., CERF M., LE BAIL M., PAPY F., 2004 – Entre mémoire et preuve : le rôle des écrits dans les exploitations agricole. *Natures Sciences Sociétés*, 12, 1, 18-29.

SEGUIN B., 2003 – Adaptation des systèmes de production agricole au changement climatique. *C.R. Geoscience*, 335, 569-375.

## 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 (GES) 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 8 km 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.

**Evapo Transpiration Potentielle (ETP)** : quantité d'eau évaporée par le sol et transpirée par une culture de référence dans des conditions climatiques données et lorsque la disponibilité en eau n'est pas limitante. Elle s'exprime en hauteur d'eau (mm).

**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 références (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 : GES) Hypothèse d'évolution future des émissions mondiales de GES. Les concentrations en GES issues des scénarios d'émission, permettent d'alimenter les modèles climatiques de description des climats futurs possibles.

