



CLIMAT
AGROCLIMAT
IMPACTS
ADAPTATIONS | AGRICOLES
ATTENUATIONS



oracle
Occitanie



Qu'est-ce qu'ORACLE ?

ORACLE est un **O**bservatoire **R**égional sur l'**A**griculture et le **C**hangement **c**limatique sur la région Occitanie. Il permet d'établir un constat objectif, avec des données fiables, du changement climatique et de ses conséquences avérées sur l'activité agricole régionale et de déceler quelles adaptations de l'agriculture se mettent en place pour les accompagner. Cet observatoire, porté par les Chambres Régionales d'Agriculture, est mis en place dans plusieurs régions en France comme le montre la carte ci-dessous.



Cet observatoire s'appuie sur des indicateurs qui sont mis à jour chaque année autour de 5 thèmes :

- **Indicateurs climatiques** : visent à objectiver la perception du phénomène en région.
- **Indicateurs agro-climatiques** : offrent une grille de relecture adaptée aux enjeux agricoles.
- **Indicateurs d'impacts** : cherchent à identifier si l'agriculture régionale subit déjà des effets perceptibles du changement climatique.
- **Indicateurs d'adaptation** : visent à préciser si les agriculteurs ou les filières mettent déjà en place des modes productifs intégrant cette évolution du climat.
- **Indicateurs d'atténuation** : analysent quel potentiel de réduction des GES ou d'augmentation du stockage de carbone l'agriculture régionale opère.



ORACLE en Occitanie

À l'échelle régionale, les acteurs agricoles ont besoin de disposer d'indicateurs clés pour mieux comprendre et analyser les effets du changement climatique sur leurs systèmes de production, et faire les adaptations nécessaires. ORACLE Occitanie est destiné à tous ceux qui se sentent concernés par l'avenir de l'agriculture régionale en lien avec le changement climatique : agriculteurs, conseillers agricoles, agents des services de l'état, élus et agents de collectivités territoriales, gestionnaires de ressources ou de territoires, membres d'associations, enseignants, élèves, etc.

Avec le soutien financier de

- ADEME DR Occitanie
- CRA Occitanie

Comité de pilotage

ADEME DR Occitanie	AEAG
CRA Occitanie	ARVALIS
CDA Occitanie	IFV
Météo France	IDELE
Conseil Régional Occitanie	TERRES INOVIA
AREC Occitanie	CEFEL
DREAL Occitanie	INRAE
DRAAF Occitanie	Sud Expé
AERMC	VIVEA
AGROPOLIS	CTIFL
Arterris	

Direction éditoriale et expertises agronomiques

CRA Occitanie

Données et expertises climatiques

Météo France



Documents téléchargeables sur : <https://occitanie.chambre-agriculture.fr/>

Contact

Julie Bodeau – Chambre Régionale d'Agriculture Occitanie

Julie.bodeau@occitanie.chambagri.fr



Sommaire par thématique

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE

Température moyenne annuelle
Température moyenne saisonnière
Nombre de jours estivaux par an
Nombre de jours de gel par an
Cumul annuel des précipitations
Cumul saisonnier des précipitations
Cumul saisonnier et annuel de l'ETP moyen

2 AGRO CLIMAT

Indice de fraîcheur des nuits du 1er août au 30 septembre
Nombre de jours de gel en mars impactant l'arboriculture
Nombre de jours de gel en avril impactant la vigne
Cumul de chaleur pour la vigne du 1er avril au 30 septembre
Nombre de jours échaudants au printemps
Nombre de jours échaudants estivaux pour la pomme
Nombre de jours échaudants estivaux pour le maïs grain
Nombre de jours échaudants estivaux pour le maïs semence
Nombre de jours chauds impactant le confort thermique des bovins
Nombre de jours échaudants pour la vigne (entre mars et septembre)
Date de mise à l'herbe
Cumul des pluies estivales du 1er juillet au 30 septembre
Rechargement hivernal

3 IMPACTS AGRICOLES

Rendement du blé tendre
Rendement du blé dur
Rendement du maïs grain
Rendement de la vigne
Date de franchissement des 14 degrés alcooliques sur le Grenache Noir



4 ADAPTATIONS

Irrigation du tournesol

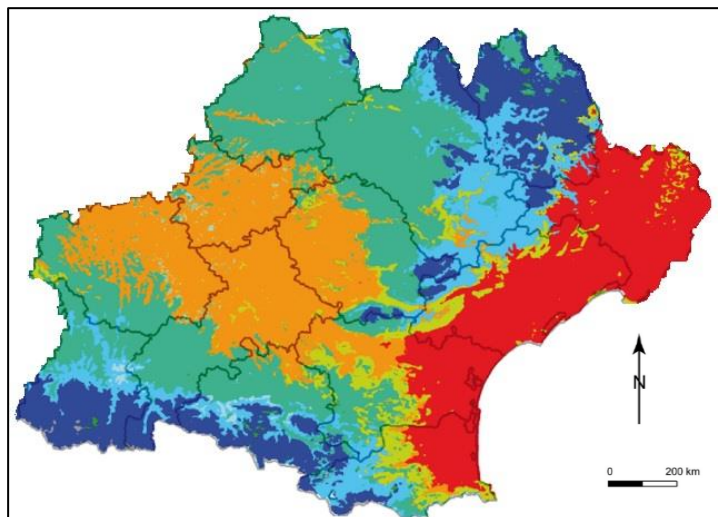
5 ATTENUATIONS

Méthanisation agricole
Surface en légumineuses



Le climat en Occitanie

Typologie climatique du territoire Occitanie



Source : *Les types de climats en France, une construction spatiale*, CNRS, INRA, 2010

- Type 1 : Les climats de montagne
- Type 2 : Le climat semi-continental et le climat des marges montagnardes
- Type 3 : Le climat océanique dégradé des plaines du Centre et du Nord
- Type 4 : Le climat océanique altéré
- Type 5 : Le climat océanique franc
- Type 6 : Le climat méditerranéen altéré
- Type 7 : Le climat du Bassin du Sud-Ouest
- Type 8 : Le climat méditerranéen franc

Avec plus de 2000 heures d'ensoleillement par an, la région Occitanie est une des régions les plus ensoleillées de France. Elle est à cheval sur trois grands domaines climatiques :

- Le littoral languedocien est soumis au **climat méditerranéen franc**. Il est caractérisé par un ensoleillement de plus de 2500 heures par an, une forte sécheresse estivale et d'abondantes précipitations automnales. Les étés sont chauds (25 à 60 jours supérieurs à 30°C) et les gelées peu fréquentes (15 à 25 jours de gelées en plaine par an). A l'automne (en général), le Languedoc-Roussillon et la Lozère sont soumis à des épisodes cévenoles. L'air humide venant de Méditerranée se retrouve bloqué par le relief des Cévennes et provoque une série d'orages diluviens, l'air chaud revenant sans cesse au contact de l'air froid en altitude. Les situations orageuses de type cévenol peuvent donner l'équivalent de plusieurs mois de pluie en quelques jours.



- **Le Climat du Bassin Sud-Ouest** qui concerne le bassin moyen de la Garonne, est caractérisé par un ensoleillement annuel proche de 2000 heures. Située à mi-chemin entre l'Atlantique et la Méditerranée, cette zone est balayée par 2 vents dominants : l'Autan avec ses rafales de sud-est qui dessèchent les cultures et le vent d'ouest porteur de pluie. Les étés plutôt chauds et secs sont inégalement arrosés par des orages. En moyenne, Toulouse bénéficie de 28 jours supérieurs à 30°C et de 31 jours de gel par an.
- **Le Climat de montagne et marge montagnarde**, présent en Occitanie dans les Pyrénées et le sud-ouest du Massif Central (Lozère, Aveyron, est du Lot) se manifeste par une diminution assez régulière des températures avec l'altitude et une augmentation des précipitations (qui tombent sous forme de neige selon la nature des perturbations, l'orientation des pentes, l'exposition ou l'altitude).

Le climat passé en Occitanie

Le changement climatique se traduit principalement par une hausse des températures, marquée surtout depuis les années 1980. Sur la période 1959-2009, on observe une augmentation des températures annuelles de 0.3°C par décennie en moyenne sur la région.

À l'échelle saisonnière, ce sont le printemps et l'été qui se réchauffent le plus, avec des hausses de 0.3°C à 0,5°C par décennie. En automne et en hiver, les tendances sont également en hausse mais avec des valeurs moins fortes, d'environ 0,1°C à 0.3°C par décennie.

En cohérence avec cette augmentation des températures, le nombre de journées chaudes (températures maximales supérieures ou égales à 25°C) augmente de 3 à 6 jours par décennies (en dehors du relief et du littoral méditerranéen) et le nombre de jours de gel diminue légèrement.

L'évolution des précipitations est moins visible car la variabilité d'une année sur l'autre est importante. Sur la période 1959-2009 en Occitanie, la tendance annuelle de la pluviométrie est à la baisse, une baisse peu marquée.

Faute d'un accroissement du cumul de pluie, l'augmentation de la température favorise l'augmentation de phénomènes comme la sécheresse et le déficit en eau dans le sol, essentiellement par effet d'évaporation.

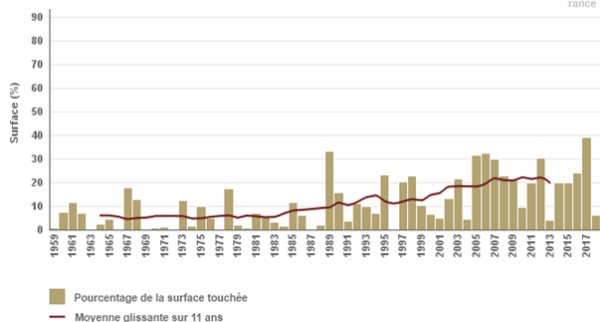
La comparaison du cycle annuel d'humidité du sol entre les périodes de référence climatique 1961-1990 et 1981-2010 en Occitanie montre un assèchement de l'ordre de 6 % à 7% sur l'année, à l'exception de l'automne.

L'analyse du pourcentage annuel de la surface touchée par la sécheresse des sols depuis 1959 permet d'identifier les années ayant connu les événements les plus sévères comme 2017 et

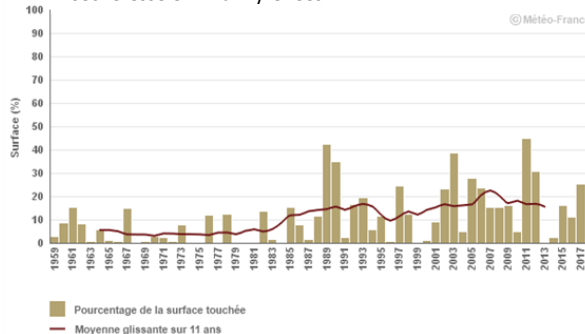


1989 en Languedoc Roussillon et 2011 et 1989 en Midi-Pyrénées. L'évolution de la moyenne décennale montre une forte augmentation de la surface des sécheresses passant de valeurs de l'ordre de 5 % dans les années 1960 à plus de 15 % ou 20 % de nos jours.

Pourcentage annuel de la surface touchée par la sécheresse en Languedoc Roussillon

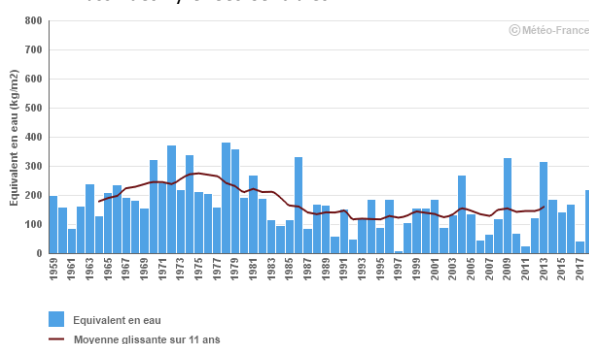


Pourcentage annuel de la surface touchée par la sécheresse en Midi-Pyrénées

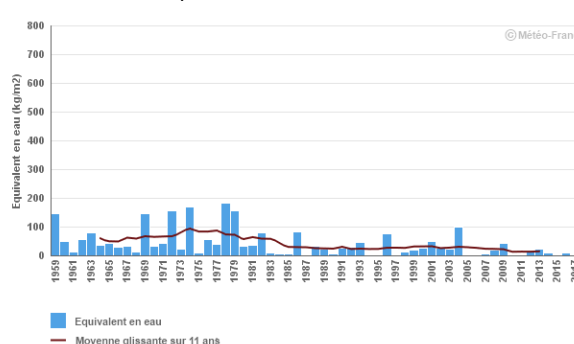


On constate également une durée d'enneigement qui diminue en moyenne montagne et une réduction du stock nival.

Equivalent en eau du manteau neigeux au 1^{er} mai
Massif des Pyrénées Centrales



Equivalent en eau du manteau neigeux au 1^{er} mai
Massif des Pyrénées Orientales



Depuis 1959, l'équivalent en eau du manteau neigeux au 1^{er} mai est très variable d'une année à l'autre. Cette quantité est restée en moyenne assez élevée jusqu'au début des années 1980, période à partir de laquelle elle a très souvent été en dessous de valeur normale. En moyenne elle a subi une réduction modérée de -8 kg/m^2 par décennie (soit -4% par décennie) sur les Pyrénées Centrales et de -11 kg/m^2 par décennie (soit -18% par décennie) sur les Pyrénées Orientales.

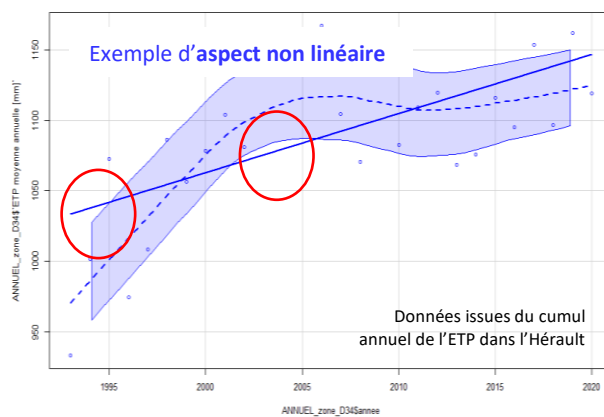
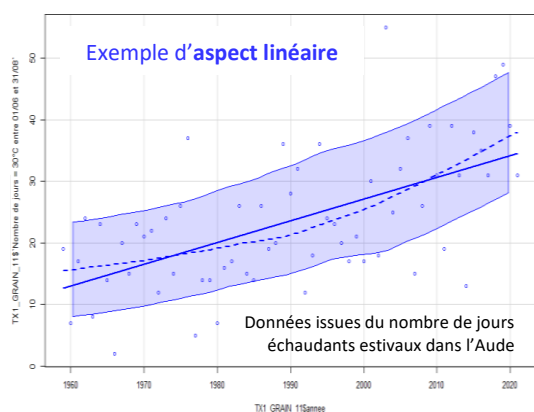


Traitement des données

Afin d'étudier l'effet du changement climatique sur les différents indicateurs, les données ont été traitées par régression via le logiciel R. On cherche à identifier l'existence ou non de tendance que l'on peut résumer par ces deux hypothèses (H) :

- H0 : la tendance est significative : il y a un effet significatif du changement climatique
- H1 : la tendance n'est pas significative : il n'y a pas d'effet significatif du changement climatique

Pour répondre à cette question, deux types de régressions ont été envisagées selon l'aspect des jeux de données.



Dans le cas où les données ont un aspect linéaire on optera pour une régression linéaire d'équation $y = ax + b$. Dans le cas où les données ne semblent pas linéaires, on pourra éventuellement opter pour une régression polynomiale du second degré de type $y = ax^2 + bx + c$. Le but étant de choisir un modèle qui représentera au mieux le jeu de données. A noter qu'il est toujours possible de vérifier a posteriori la qualité du modèle, soit en utilisant le R^2 qui plus il est proche de 1 et plus il atteste de la bonne qualité du modèle, soit en utilisant le test de Fisher, qui atteste d'une bonne qualité du modèle lorsque sa p-value est $< 0,05$.

Après avoir choisi le type de régression le plus adéquat, on peut répondre aux hypothèses initiales en exécutant le test t de Student. Il nous permet d'assurer avec une confiance de 95% que la tendance est significative si la p-value est $< 0,05$ ou au contraire que la tendance n'est pas significative si la p-value est $> 0,05$. Lorsque la tendance est significative, on peut en déterminer sa force selon sa p-value : $*** < 0.001 < ** < 0.01 < * < 0.05$: plus le nombre d'astérisque est important plus la force de la tendance l'est.

Afin d'avoir plus d'information sur le modèle et vérifier que le test de Student peut s'appliquer correctement, trois conditions doivent être vérifiées sur les résidus de la régression.

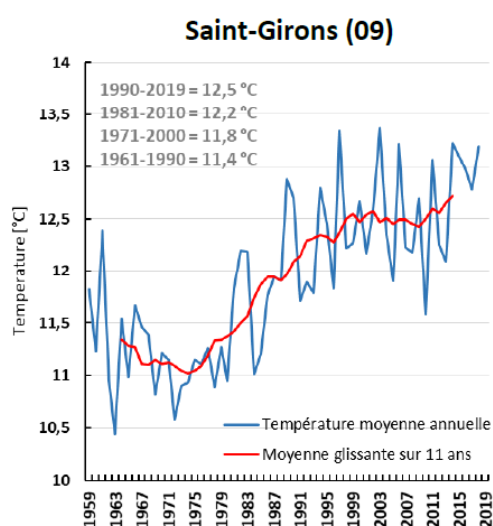
1. Leur normalité via un test de Shapiro-Wilk et un Q-q plot
2. Leur indépendance via un test de Durbin-Watson et un lag plot



3. La constance de la variance (homocédasticité) via le test de Breush-Pagan et un residuals vs fitted plot.

Si toutes les conditions sont respectées (p -value > 0.05), on peut conclure sur l'effet du changement climatique sur l'indicateur. En revanche, si au moins l'une d'entre elles n'est pas respectée, les conclusions devront être faites avec prudence. Dans ce cas de figure, on choisira d'exécuter en complément le test de tendance non-paramétrique de Mann-Kendall pour sécuriser les conclusions. Enfin, si le test de Mann-Kendall est en contradiction avec les résultats des régressions, aucune conclusion n'est alors faite, et on optera pour une simple description du comportement de l'indicateur.

Représentation graphique



Les données sont représentées sous forme de graphiques avec également la présence des **normales climatiques**. Elles correspondent aux valeurs moyennes sur 30 ans (valeur préconisée par l'Organisation Météorologique Mondiale) et permettent de mettre en évidence les éventuelles évolutions du climat en s'affranchissant de la variabilité interannuelle.

Dans ce livret, quatre normales ont été calculées : 1961-1990, 1971-2000, 1981-2010 et 1990-2019. Les comparer permet de suivre l'évolution du climat sur la fin du 20^{ème} siècle.

Est également représentée par une courbe rouge, la **moyenne glissante**. En supprimant les fluctuations, elle permet d'analyser les séries temporelles et d'identifier les tendances sur le long terme.

Afin de simplifier la lecture des graphiques, un code couleur a été appliqué :

- Bleu pour les températures
- Jaune pour les températures chaudes
- Bleu foncé pour les précipitations
- Bleu/vert pour l'ETP
- Vert pour les dates de franchissement
- Orange pour les rendements

Pour les indicateurs climatiques et agro-climatiques, les données les plus récentes sont de couleurs plus claires parce qu'elles correspondent à des valeurs brutes et non SQR comme le reste de la série.

Température moyenne annuelle

🔑 Nature et source des données

Séries quotidiennes fournies par Météo France de 1959 à 2019.

🕒 Indicateur

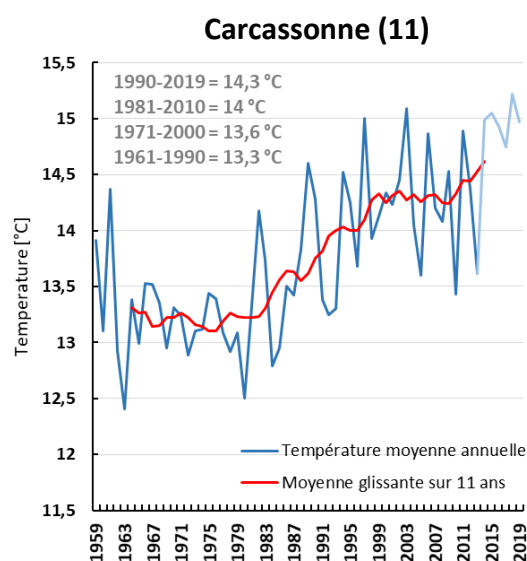
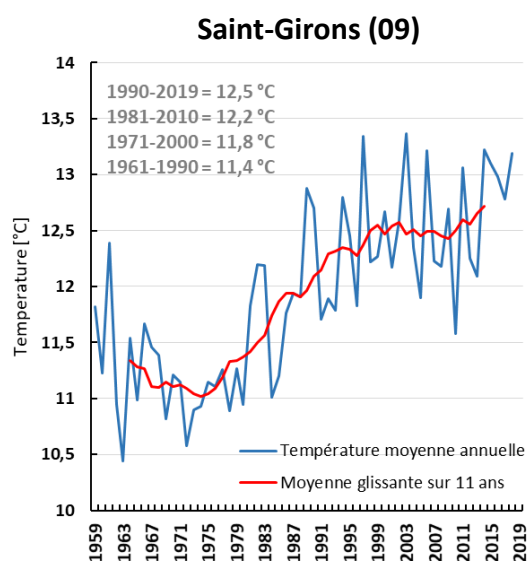
- Saint-Girons (09) : 1959 à 2019
- Carcassonne (11) : 1959 à 2019
- Salles-Curan (12) : 1959 à 2019
- Nîmes-Courbessac (30) : 1959 à 2019
- Toulouse-Blagnac (31) : 1959 à 2019
- Auch (32) : 1959 à 2019
- Montpellier-Maugio (34) : 1959 à 2019
- Gourdon (46) : 1959 à 2019
- Tarbes-Ossun (65) : 1959 à 2019
- Perpignan (66) : 1959 à 2019
- Lacaune (81) : 1961 à 2019
- Montauban (82) : 1959 à 2019

📊 Calcul de l'indicateur

- Moyenne sur l'année des températures moyennes journalières.
- Moyenne trentenaire des températures moyennes annuelles : 1961-1990 ; 1971-2000 ; 1981-2010 ; 1990 – 2019.

📈 Évolution observée

- En abscisse : Années
- En ordonnée : Température moyenne en °C



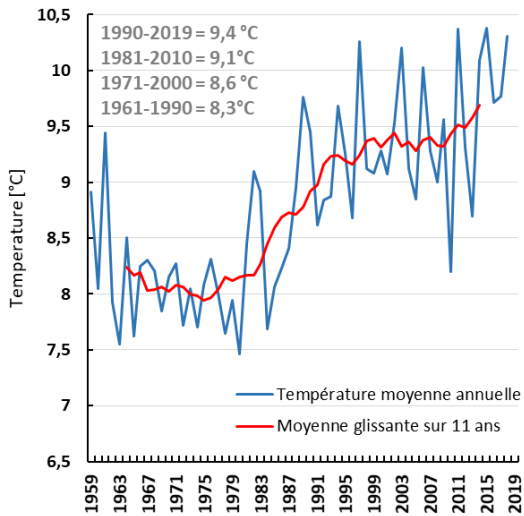
1

CHANGEMENT CLIMATIQUE

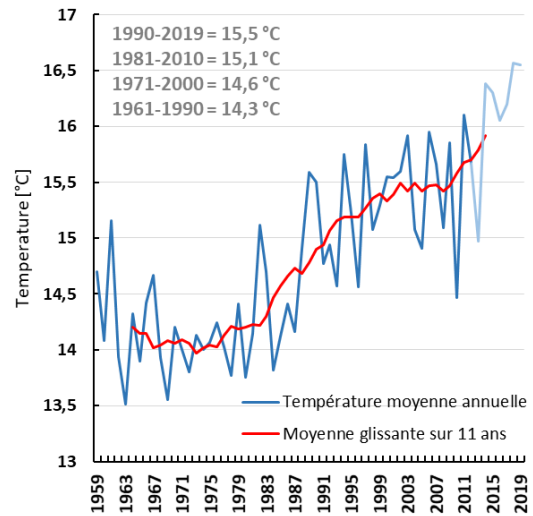


Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

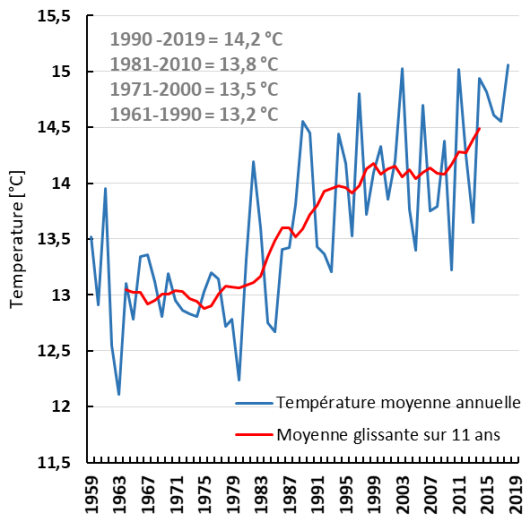
Salles-Curan (12)



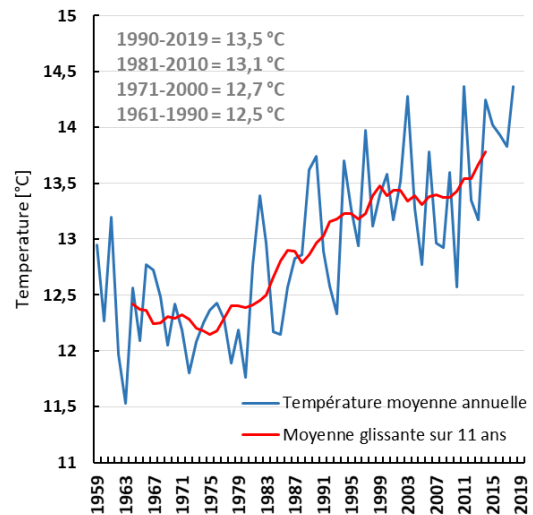
Nîmes-Courbessac (30)



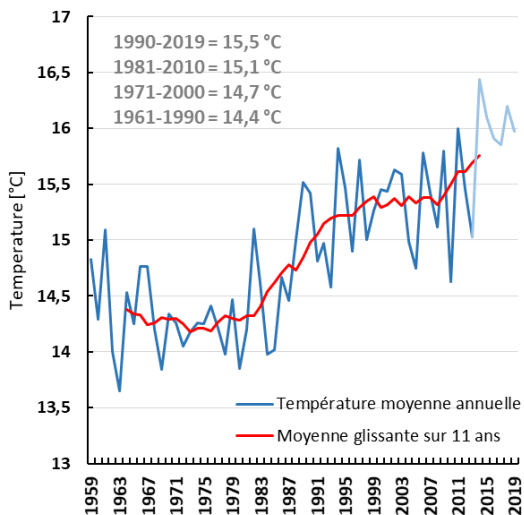
Toulouse-Blagnac (31)



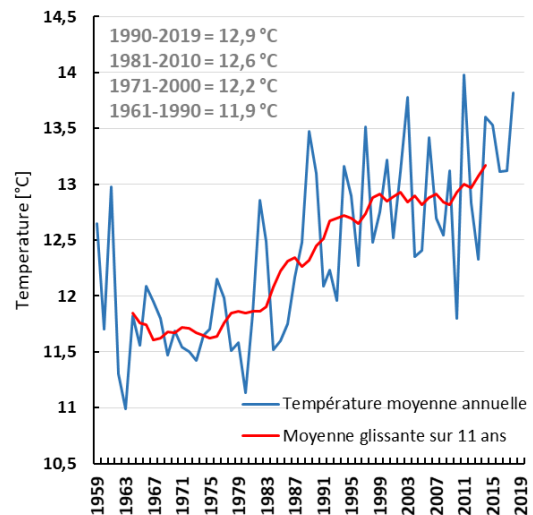
Auch (32)



Montpellier-Maugio (34)



Gourdon (46)



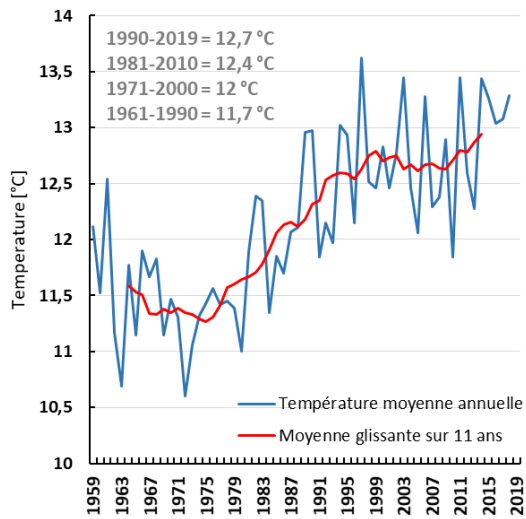
1

CHANGEMENT CLIMATIQUE

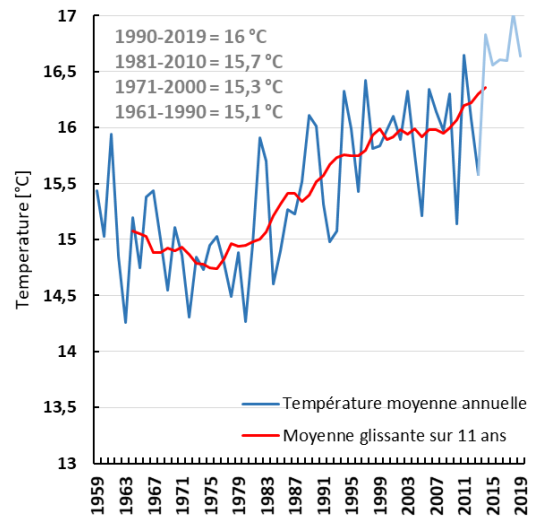


Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

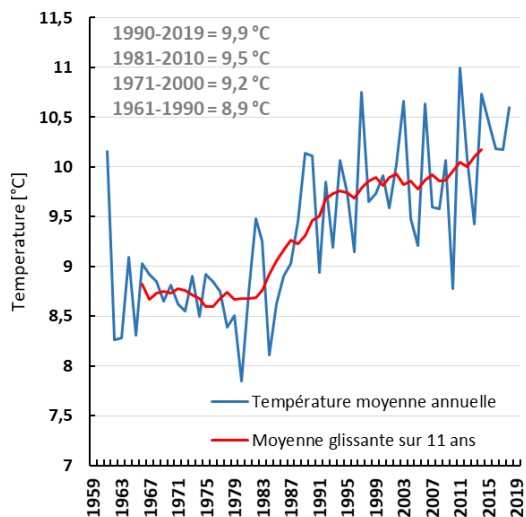
Tarbes-Ossun (65)



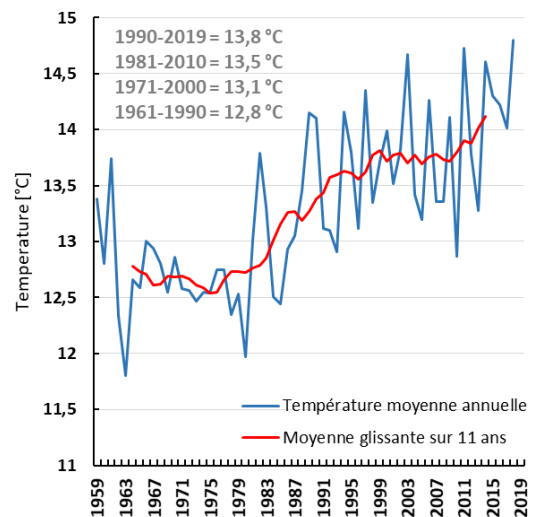
Perpignan (66)



Lacaune (81)



Montauban (82)



1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



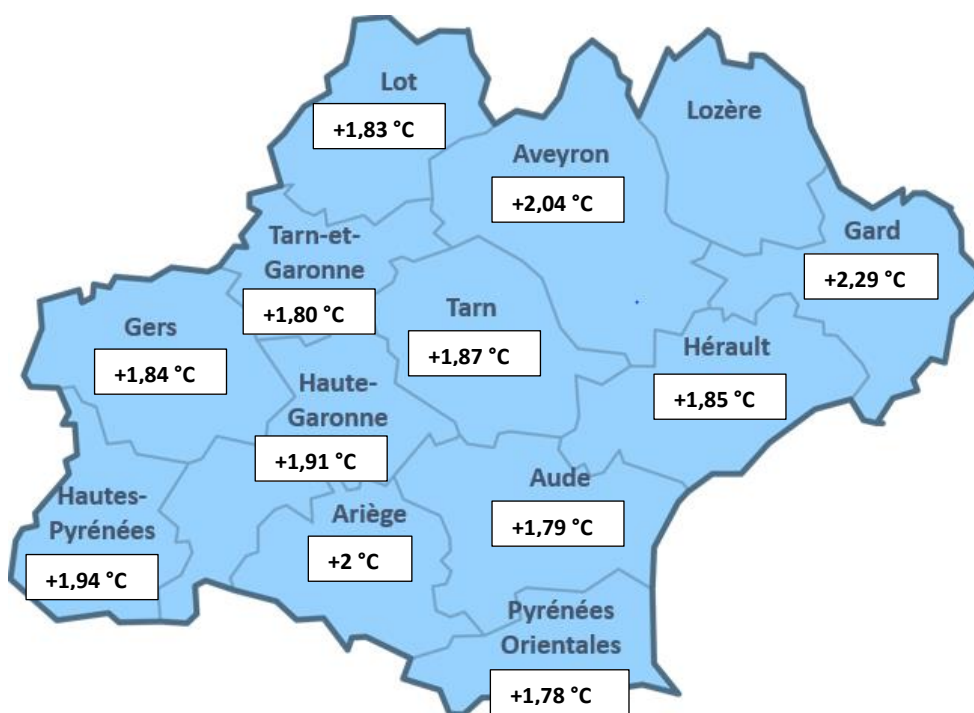
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Analyse

L'évolution de la température moyenne observée en Région Occitanie depuis 1959 (1961 pour la station dans le Tarn) pour chaque station est significative, avec :

- + 0,33°C par décennie à Saint-Girons soit + 2°C en 60 ans
- + 0,30°C par décennie à Carcassonne soit + 1,79°C en 60 ans
- + 0,34°C par décennie à Salles-Curan soit + 2,04°C en 60 ans
- + 0,38°C par décennie à Nîmes-Courbessac soit + 2,29°C en 60 ans
- + 0,32°C par décennie à Toulouse-Blagnac soit + 1,91°C en 60 ans
- + 0,31°C par décennie à Auch soit + 1,84°C en 60 ans
- + 0,31°C par décennie à Montpellier- Maugio soit 1,85 °C en 60 ans
- + 0,31°C par décennie à Gourdon soit + 1,83°C en 60 ans
- + 0,32°C par décennie à Tarbes-Ossun soit + 1,94°C en 60 ans
- + 0,30°C par décennie à Perpignan soit + 1,78°C en 60 ans
- + 0,32°C par décennie à Lacaune soit + 1,87°C en 58 ans
- + 0,30°C par décennie à Montauban soit + 1,80°C en 60 ans

Evolution de la température moyenne annuelle en 60 ans





L'évolution de température moyenne annuelle observée en Occitanie depuis le milieu du XX^{ème} siècle est plus marquée que ce qui est observé au niveau national. Plusieurs éléments méritent d'être soulignés :

- Les fortes variations de température d'une année à l'autre (variabilité dite inter annuelle) sont fréquemment supérieures à la variation tendancielle sur le long terme, perturbant ainsi la perception de la tendance ;
- L'accroissement sur un siècle (1901-2000) des températures moyennes en France est important (de 0,7 °C à plus de 1,1 °C), soit entre + 0,07 et 0,11 °C/10 ans.
Sur la région Occitanie, la moyenne des 12 stations montre une augmentation de 1,92°C sur la période 1959-2019, soit **+ 0,32°C/10 ans**. Ce réchauffement s'accélère à partir du milieu du XX^{ème} siècle, et particulièrement à partir des années 1980 : accroissement 3 fois plus important entre 1959 – 2019 (= tendance régionale) par rapport à 1901 – 2000 (= tendance nationale).
- Ces évolutions se retrouvent dans la moyenne d'autres régions comme par exemple :
 - + 0,32 °C par décennie en Nouvelle Aquitaine (1959-2017) (ORACLE Nouvelle Aquitaine, 2018).
 - + 0,29 °C par décennie en Centre Val de Loire (1959-2017) (ORACLE Centre Val de Loire, 2020).
- L'accélération du réchauffement impacte fortement l'agriculture au travers notamment du raccourcissement des calendriers culturaux et de l'augmentation des stress thermiques des cultures. Le dernier rapport du GIEC confirme la très forte probabilité que ce réchauffement se poursuive.

A retenir

- ✓ L'augmentation tendancielle de la température est de + 0,32°C par décennie sur la période d'observation (1959 à 2019), soit + 1,92 °C en 60 ans.
- ✓ Depuis le milieu des années 1980, le réchauffement s'est accentué.
- ✓ Cet accroissement important des températures, de plus en plus rapide ces dernières décennies, impose au conseiller agricole de réactualiser les références climatiques utilisées (dates de semis, choix de variétés) pour mieux anticiper les conditions thermiques des prochaines années.
- ✓ La variabilité inter-annuelle reste présente ce qui impose une réactivité importante dans les choix qui sont faits et d'intégrer la notion de risque et de résilience des systèmes de cultures proposés.

Note statistique : sur ce jeu de données, des régressions linéaires simples ont été appliquées.

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Pour en savoir plus

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



Température moyenne saisonnière

Nature et source des données

Séries quotidiennes fournies par Météo France de 1959 à 2019.

Indicateur

- Saint-Girons (09) : 1959 à 2019
- Carcassonne (11) : 1959 à 2019
- Salles-Curan (12) : 1959 à 2019
- Nîmes-Courbessac (30) : 1959 à 2019
- Toulouse-Blagnac (31) : 1959 à 2019
- Auch (32) : 1959 à 2019
- Montpellier-Maugio (34) : 1959 à 2019
- Gourdon (46) : 1959 à 2019
- Tarbes-Ossun (65) : 1959 à 2019
- Perpignan (66) : 1959 à 2019
- Lacaune (81) : 1961 à 2019
- Montauban (82) : 1959 à 2019

Calcul de l'indicateur

- Moyenne par saison des températures moyennes journalières (Hiver : décembre à janvier ; Printemps : mars à mai ; Été : juin à août ; Automne : septembre à novembre).
- Moyenne trentenaire des températures moyennes annuelles 1961-1990 ; 1971-2000 ; 1981-2010 ; 1990-2019.

Évolution observée

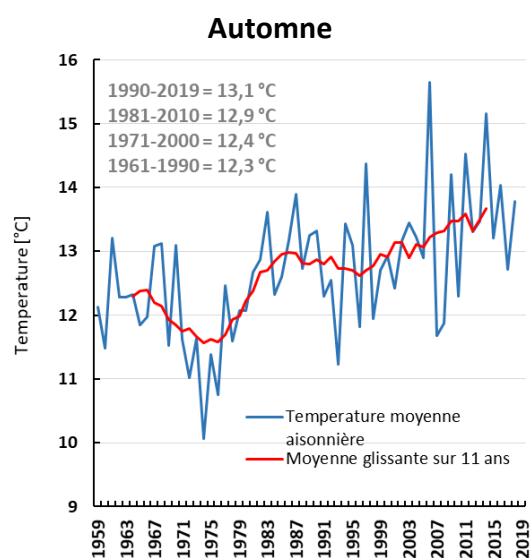
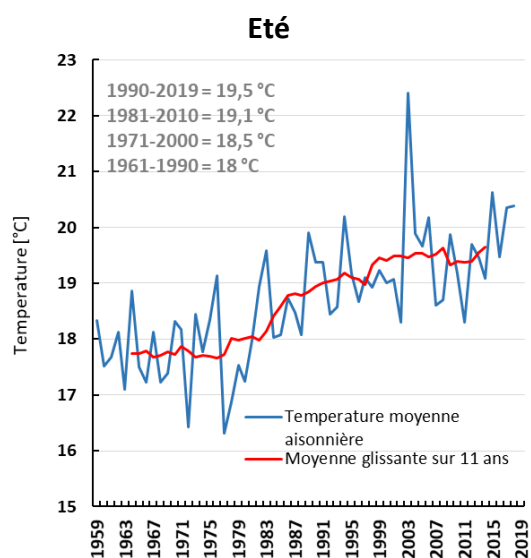
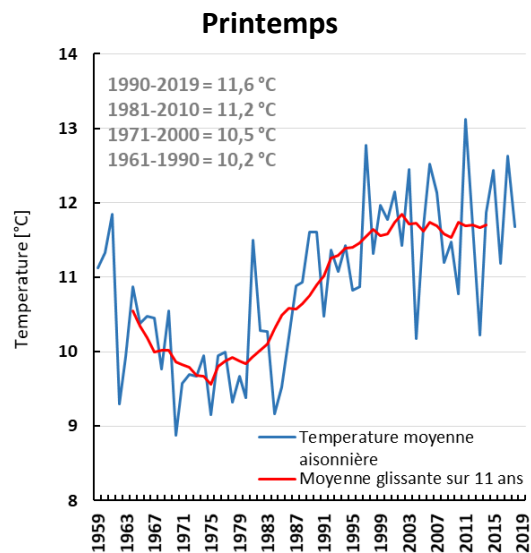
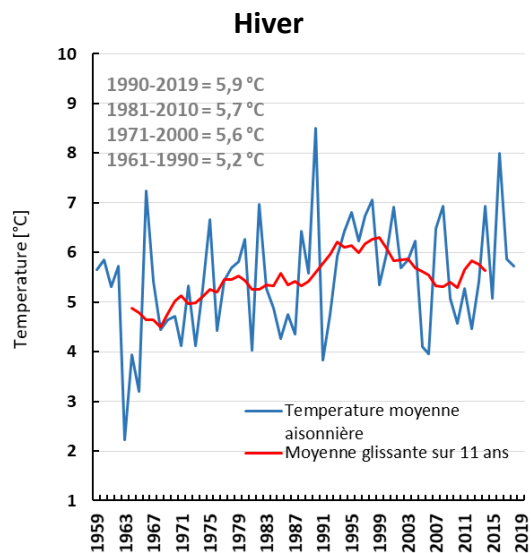
- En abscisse : Années
- En ordonnée : Température moyenne en °C

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Saint Girons (09)



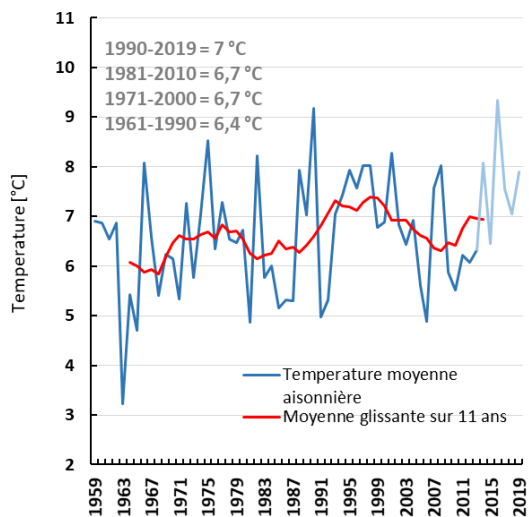
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



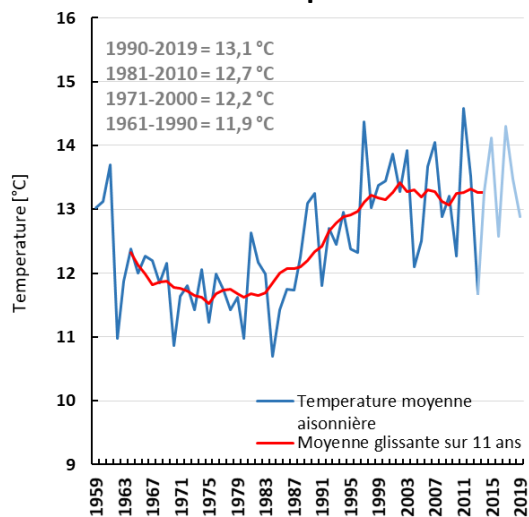
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Carcassonne (11)

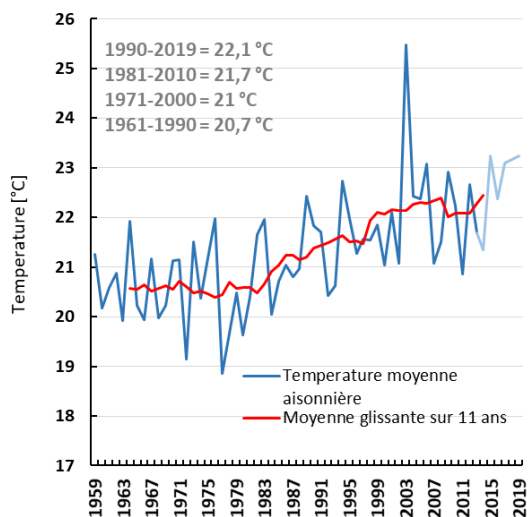
Hiver



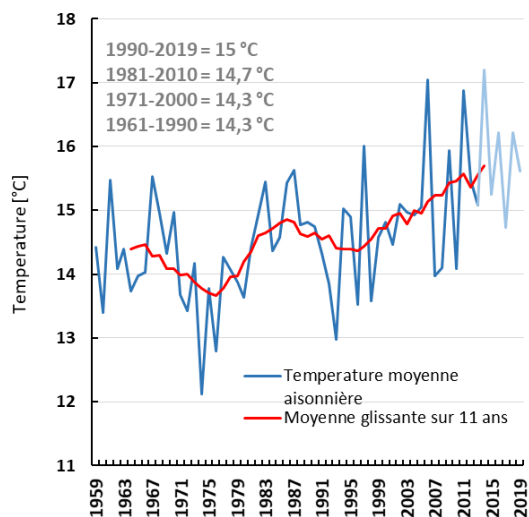
Printemps



Eté



Automne



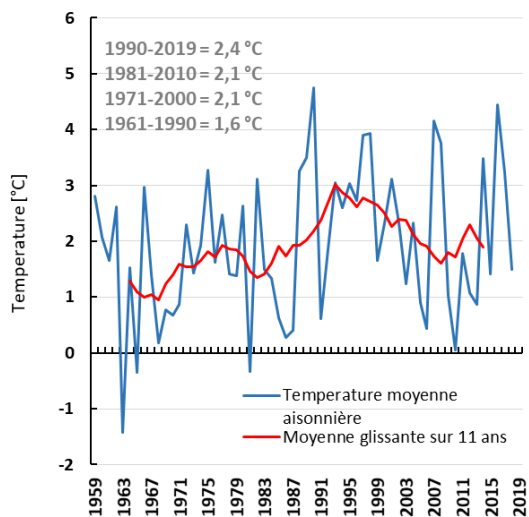
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



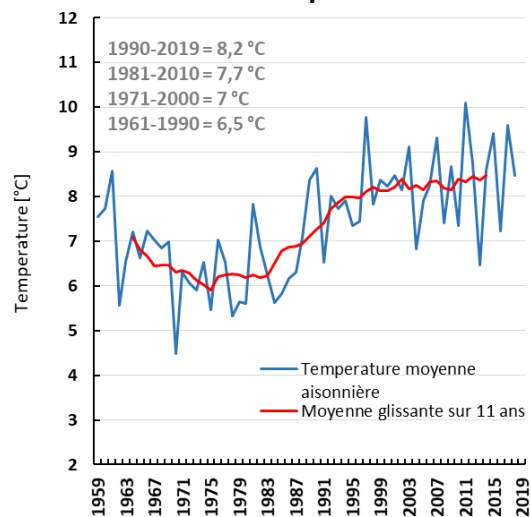
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Salles-Curan (12)

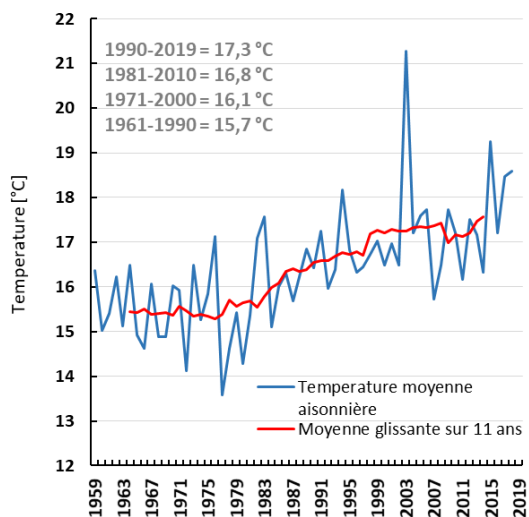
Hiver



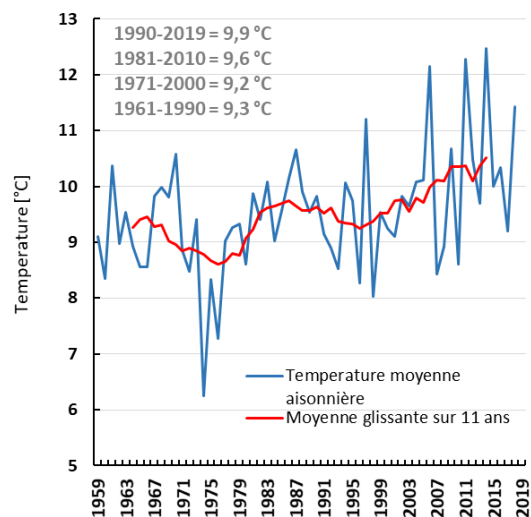
Printemps



Eté



Automne



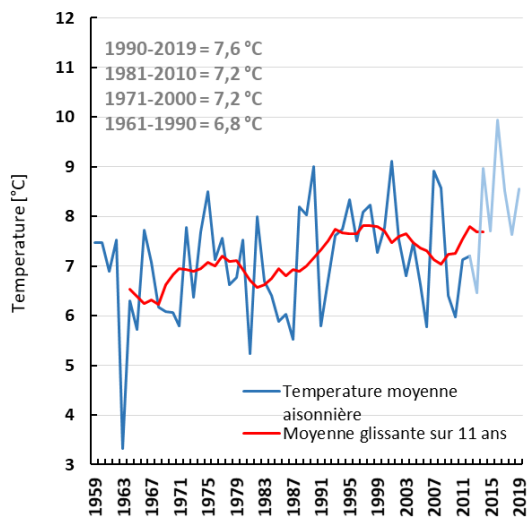
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



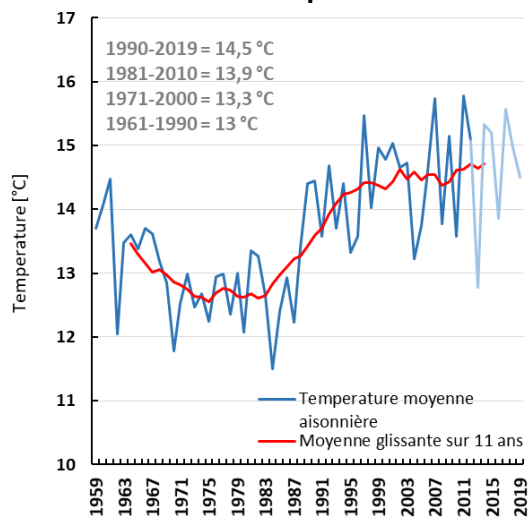
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Nîmes-Courbessac (30)

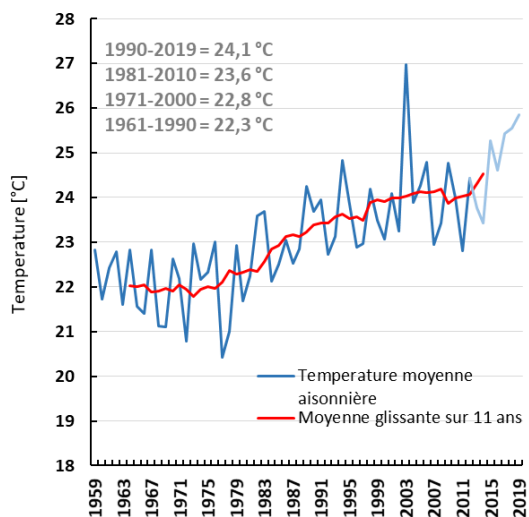
Hiver



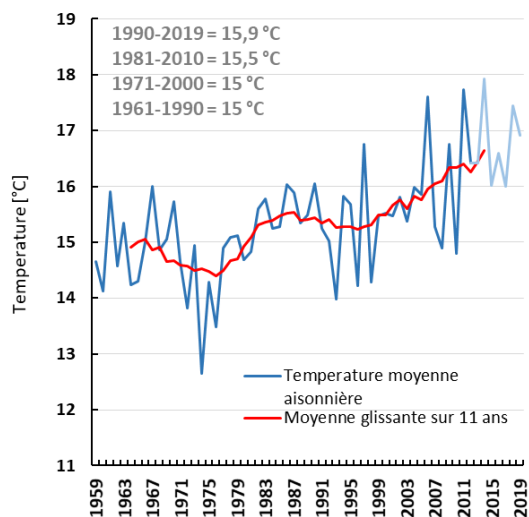
Printemps



Eté



Automne



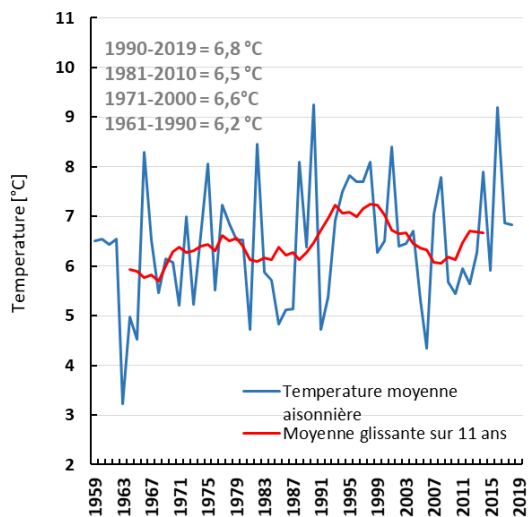
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



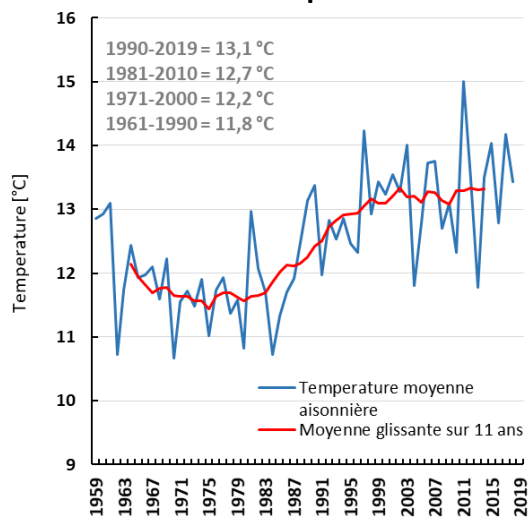
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Toulouse-Blagnac (31)

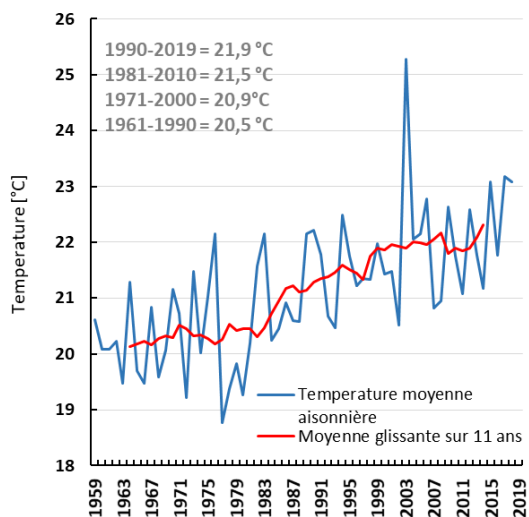
Hiver



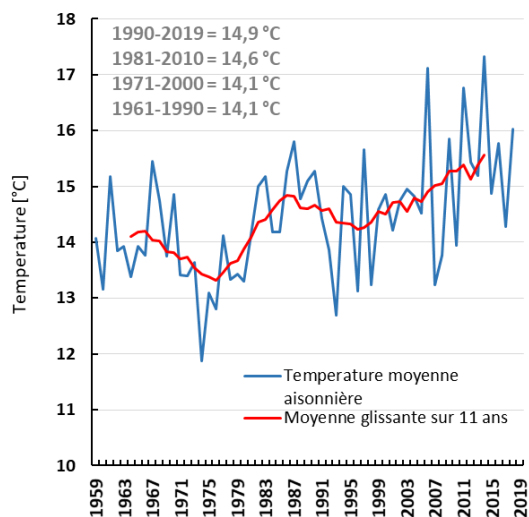
Printemps



Eté



Automne



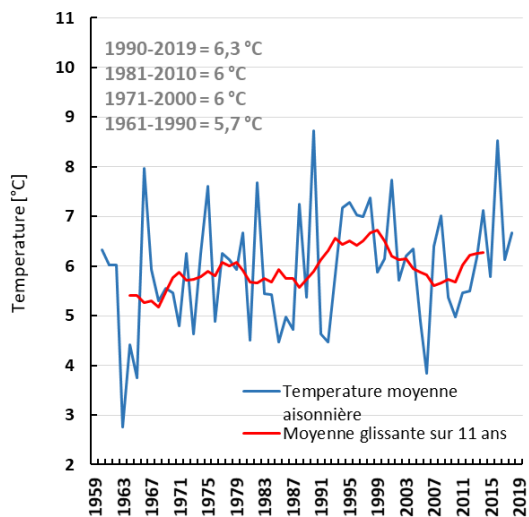
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



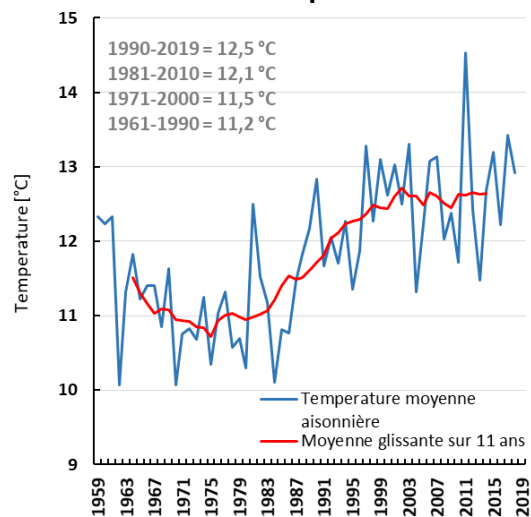
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Auch (32)

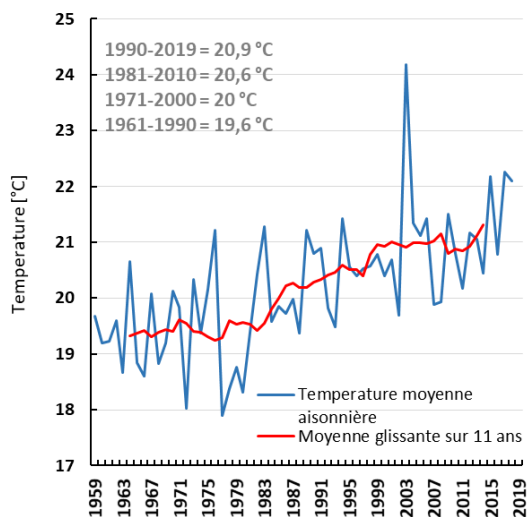
Hiver



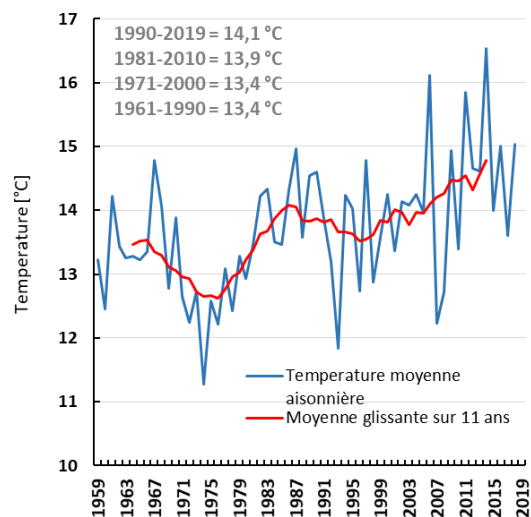
Printemps



Eté



Automne



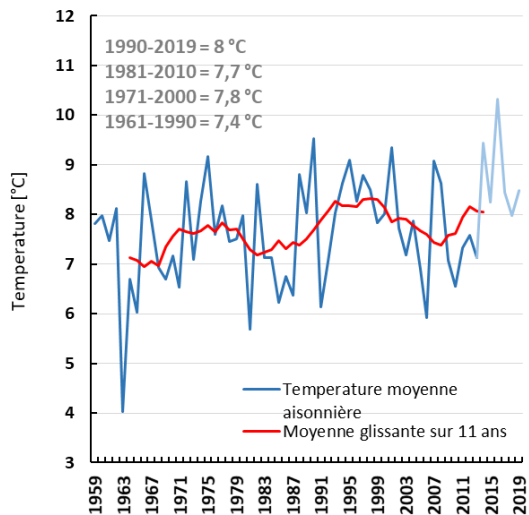
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



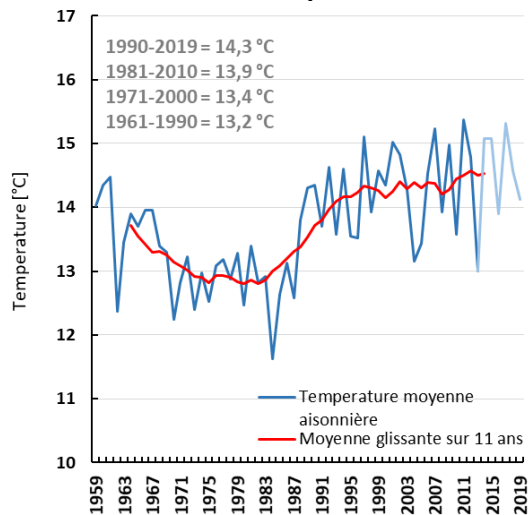
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Montpellier-Maugio (34)

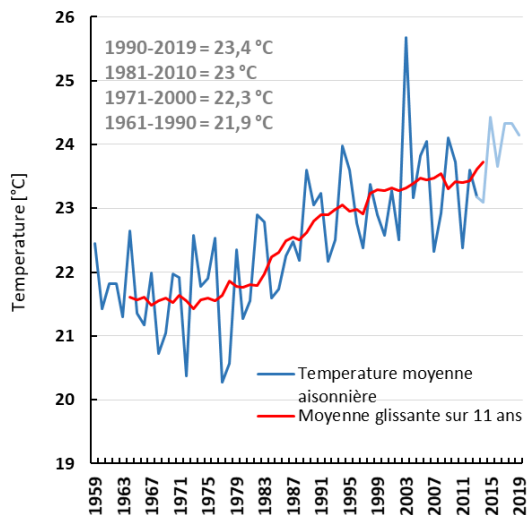
Hiver



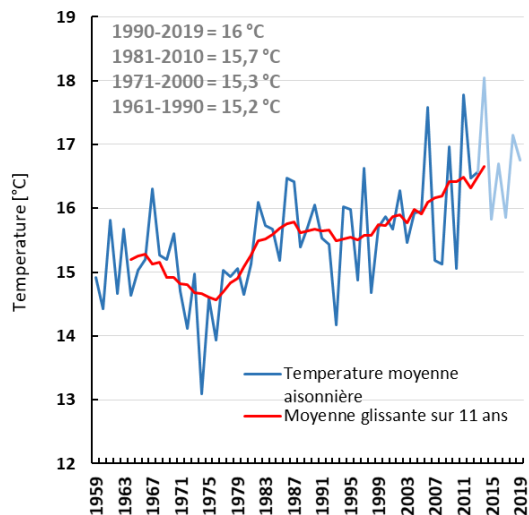
Printemps



Eté



Automne



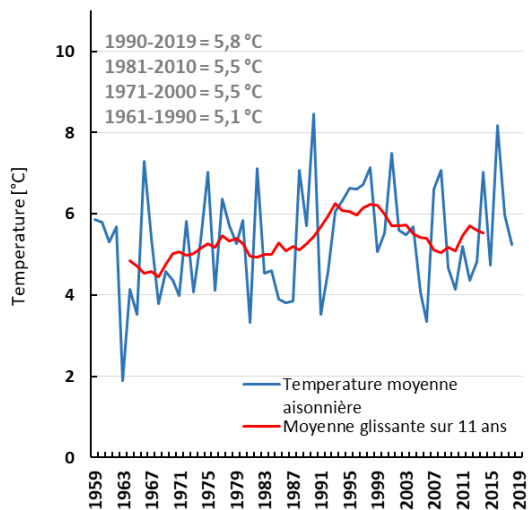
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



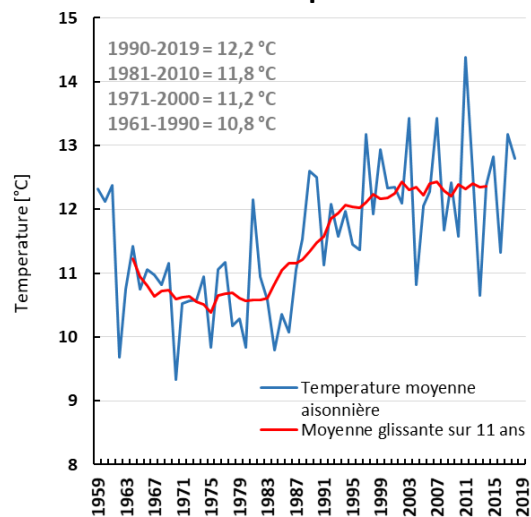
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Gourdon (46)

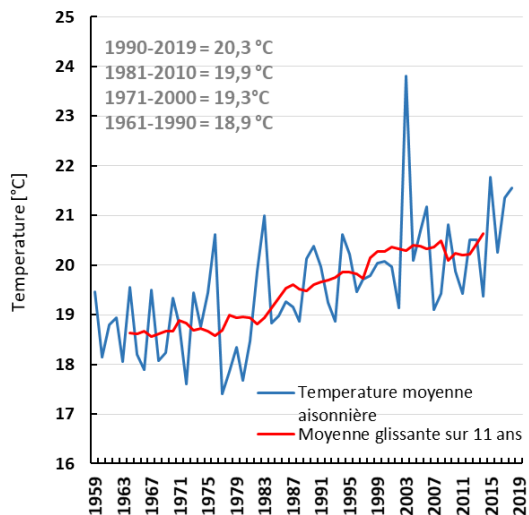
Hiver



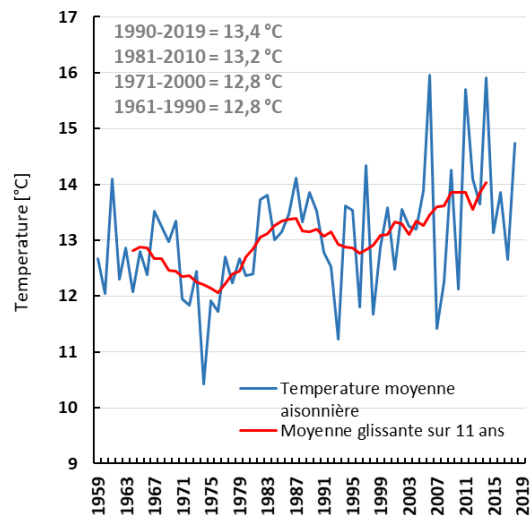
Printemps



Eté



Automne



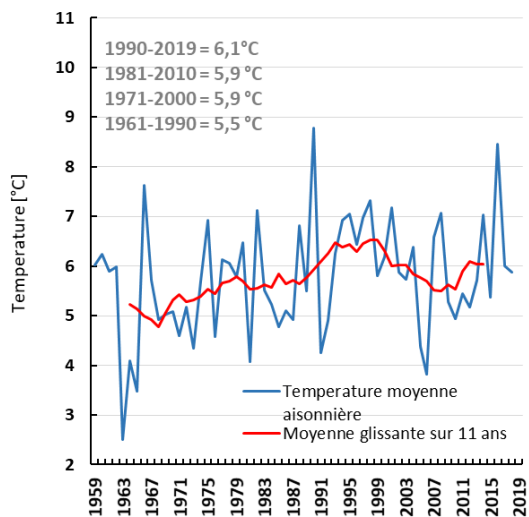
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



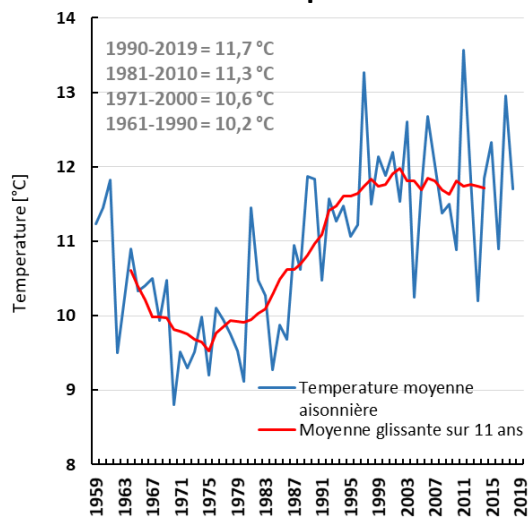
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Tarbes-Ossun (65)

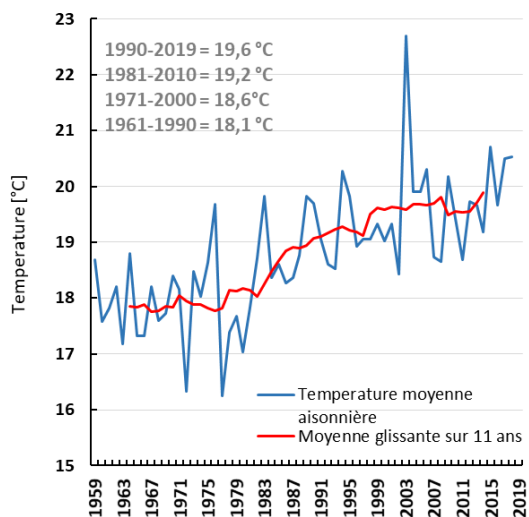
Hiver



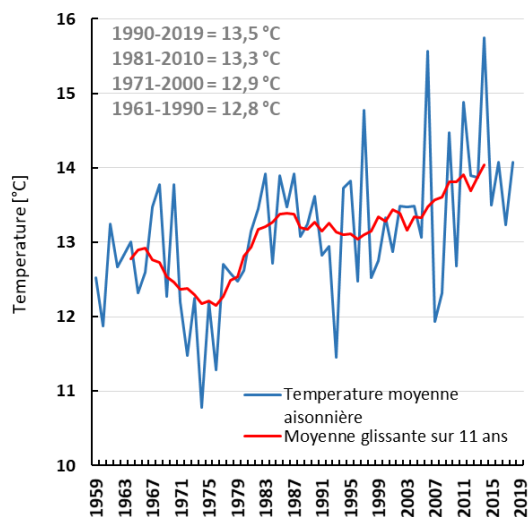
Printemps



Eté



Automne



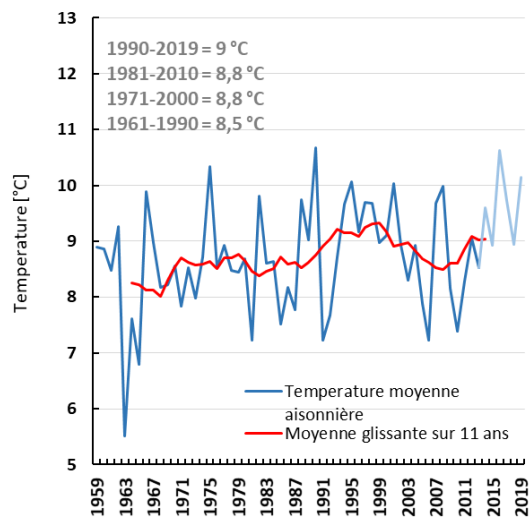
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



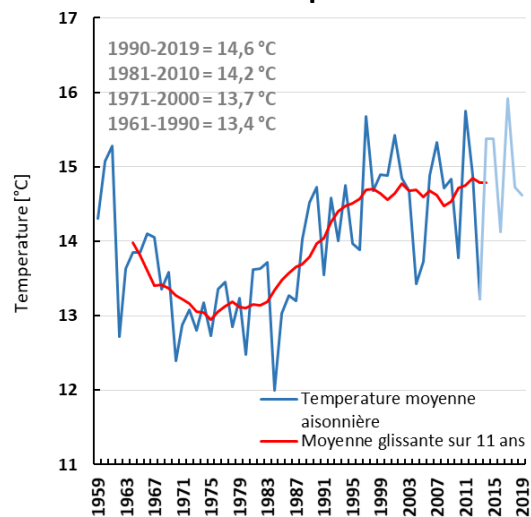
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Perpignan (66)

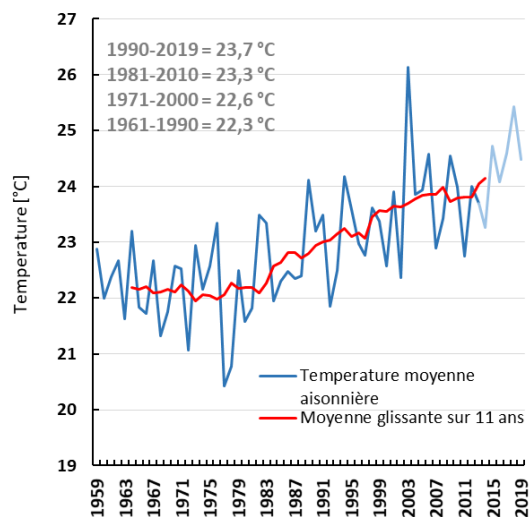
Hiver



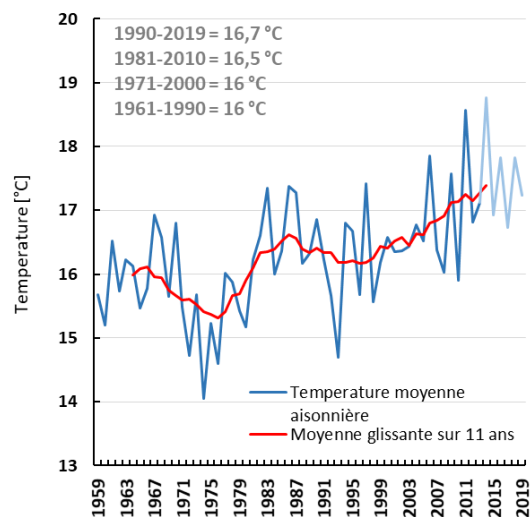
Printemps



Eté



Automne



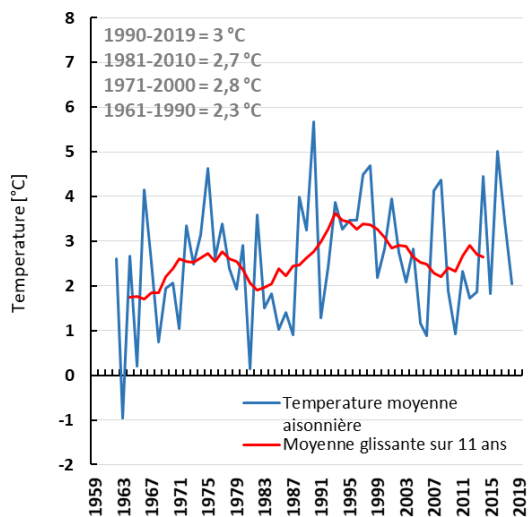
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



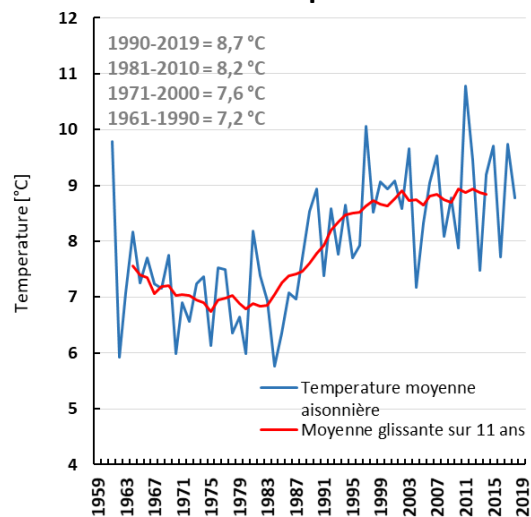
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Lacaune (81)

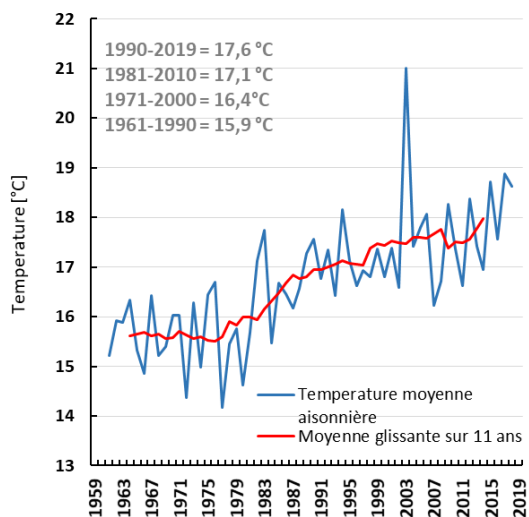
Hiver



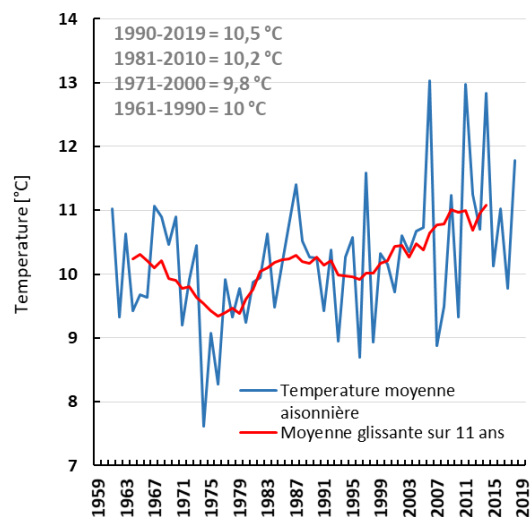
Printemps



Eté



Automne



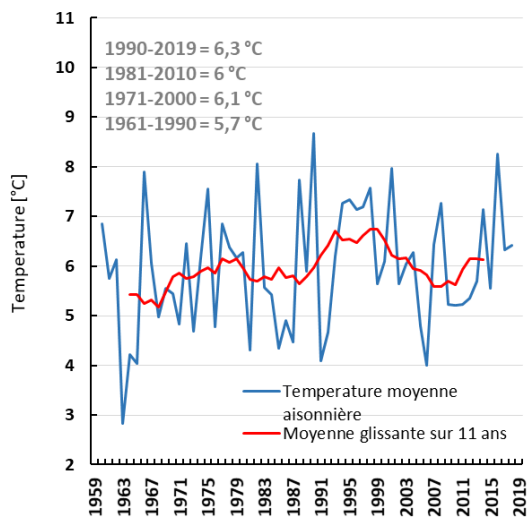
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



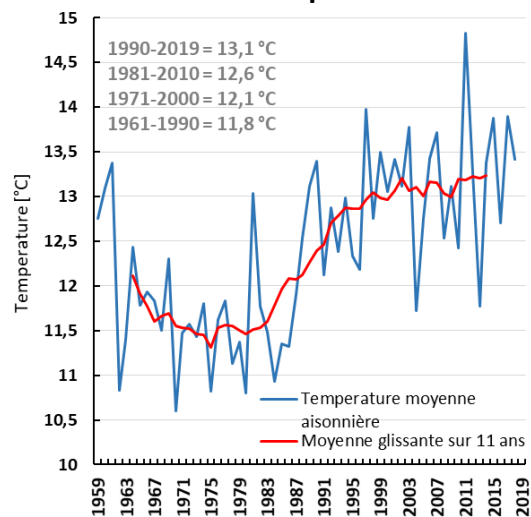
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Montauban (82)

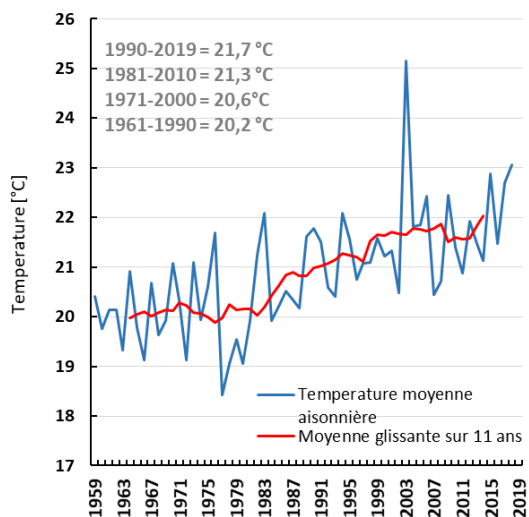
Hiver



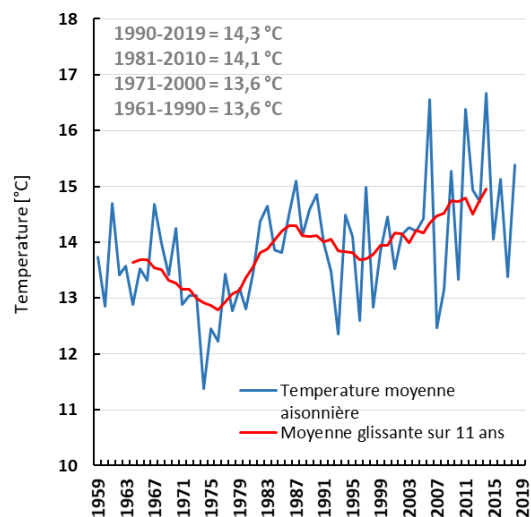
Printemps



Eté



Automne





Analyse

Analyse de la tendance linéaire par décennie sur la période 1959 - 2019 des 12 stations départementales :

	Hiver	Printemps	Eté	Automne
Saint-Girons	+ 0,22 (S)	+ 0,35 (S)	+ 0,44 (S)	+ 0,31 (S)
Carcassonne	+ 0,18 (S)	+ 0,29 (S)	+ 0,42 (S)	+ 0,28 (S)
Salles-Curan	+ 0,19 (S)	+ 0,40 (S)	+ 0,49 (S)	+ 0,26 (S)
Nîmes-Courbessac	+ 0,25 (S)	+ 0,36 (S)	+ 0,54 (S)	+ 0,35 (S)
Toulouse-Blagnac	+ 0,16 (NS)	+ 0,33 (S)	+ 0,46 (S)	+ 0,30 (S)
Auch	+ 0,18 (S)	+ 0,33 (S)	+ 0,42 (S)	+ 0,28 (S)
Montpellier-Maugio	+ 0,18 (S)	+ 0,26 (S)	+ 0,46 (S)	+ 0,31 (S)
Gourdon	+ 0,18 (NS)	+ 0,33 (S)	+ 0,43 (S)	+ 0,26 (S)
Tarbes-Ossun	+ 0,19 (S)	+ 0,37 (S)	+ 0,45 (S)	+ 0,26 (S)
Perpignan	+ 0,17 (S)	+ 0,28 (S)	+ 0,43 (S)	+ 0,29 (S)
Lacaune	+ 0,18 (NS)	+ 0,39 (S)	+ 0,53 (S)	+ 0,21 (S)
Montauban	+ 0,15 (NS)	+ 0,32 (S)	+ 0,44 (S)	+ 0,28 (S)

Evolution saisonnière des températures en °C par décennie (S= Significatif ; NS = Non significatif)

Plusieurs éléments méritent d'être soulignés :

- L'évolution tendancielle des températures est plus importante en été et au printemps.
- En hiver, 4 des 12 stations en Occitanie affichent un résultat non significatif ($P < 0,05$) sur l'évolution tendancielle de la température.
- En moyenne sur les 12 stations de la région Occitanie, l'évolution tendancielle entre 1959 et 2019 est de 0,28 °C par décennie en automne, de 0,33 °C par décennie au printemps, de 0,20 °C par décennie en hiver (hors stations non significatives) et de 0,46°C par décennie en été.

Note statistique : sur ce jeu de données trois tests statistiques ont été réalisés : régression linéaire, polynomiale et test de tendance non paramétrique de Mann Kendall.



Nombre de jours estivaux annuel

🔑 Nature et source des données

Séries quotidiennes fournies par Météo France de 1959 à 2019

🕒 Indicateur

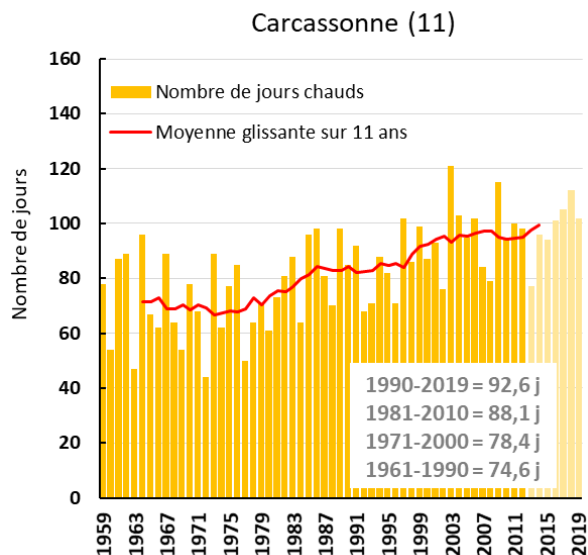
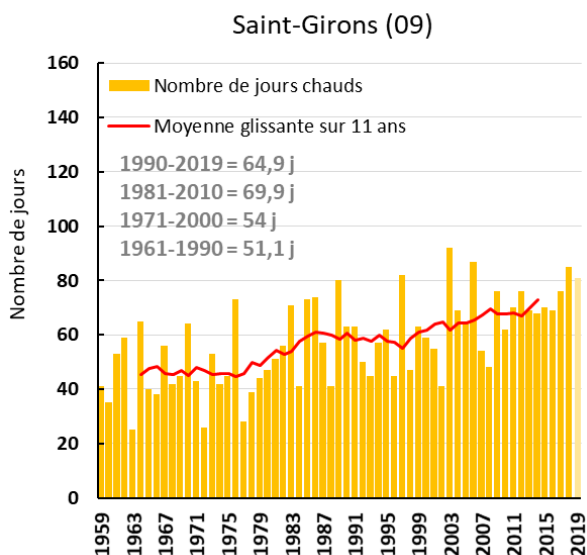
- Saint-Girons (09) : 1959 à 2019
- Carcassonne (11) : 1959 à 2019
- Salles-Curan (12) : 1959 à 2019
- Nîmes-Courbessac (30) : 1959 à 2019
- Toulouse-Blagnac (31) : 1959 à 2019
- Auch (32) : 1985 à 2019
- Montpellier-Maugio (34) : 1959 à 2019
- Tarbes-Ossun (65) : 1959 à 2019
- Perpignan (66) : 1973 à 2019
- Montauban (82) : 1963 à 2019

📊 Calcul de l'indicateur

- Nombre de jours pour chaque année où la température maximale journalière est supérieure ou égale à 25°C.
- Moyenne trentenaire du nombre de jours estivaux annuels : 1961-1990 ; 1971-2000 ; 1981-2010 ; 1990-2019 (sauf stations avec une profondeur de données différente).

📈 Évolution observée

- En abscisse : Années
- En ordonnée : Nombre de jours chauds (supérieur ou égal à 25°C)

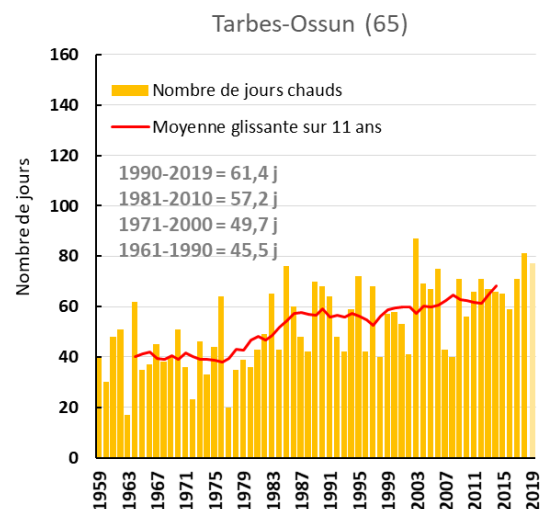
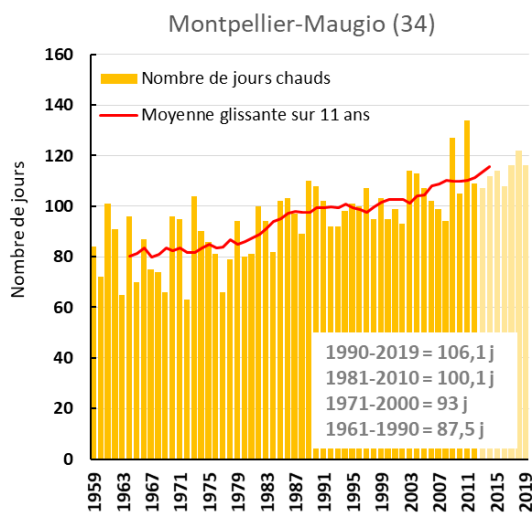
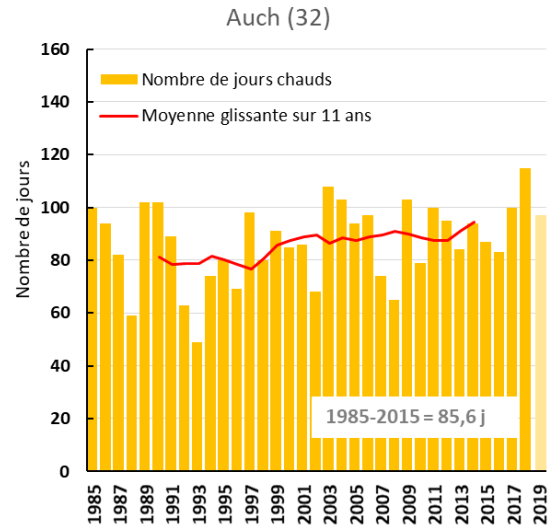
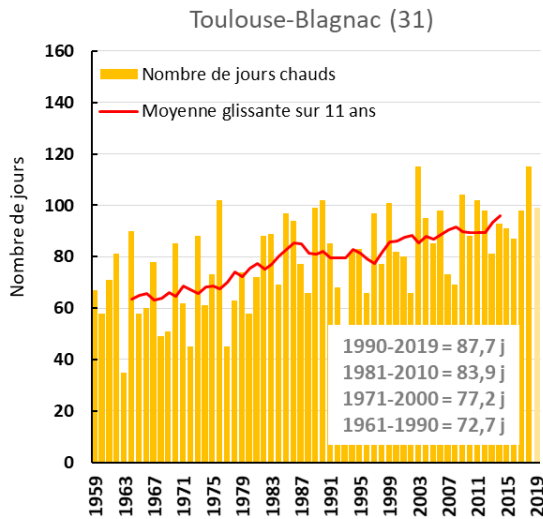
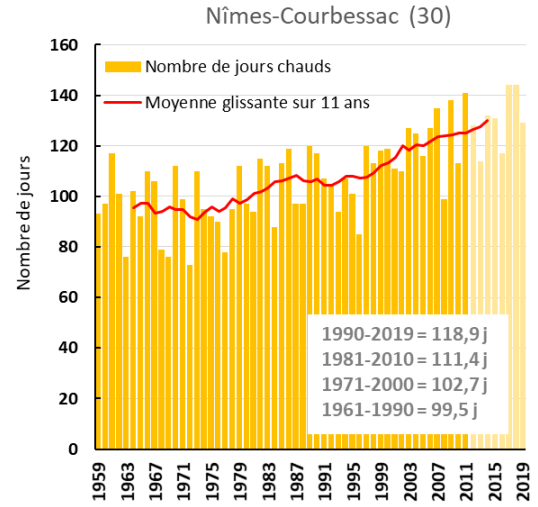
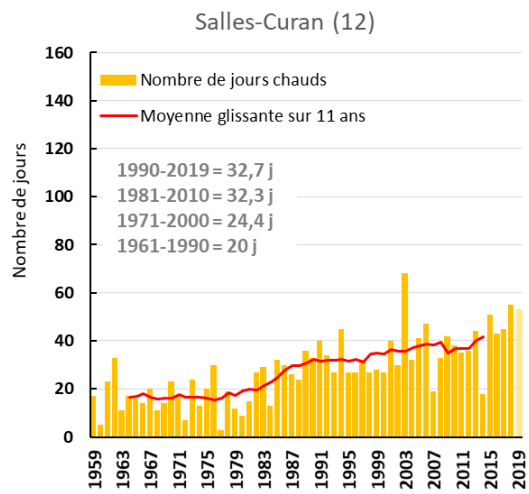


1

CHANGEMENT CLIMATIQUE



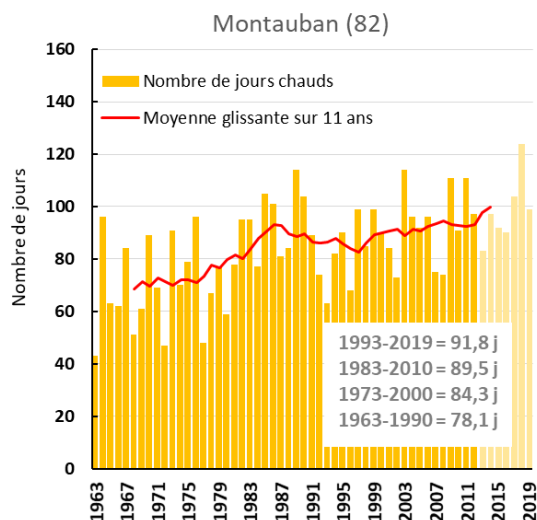
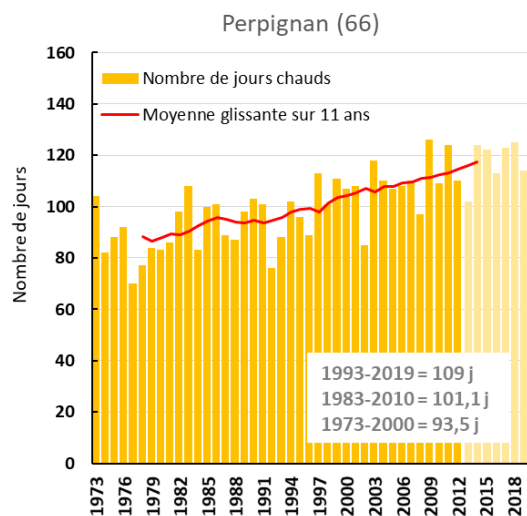
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique



1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique



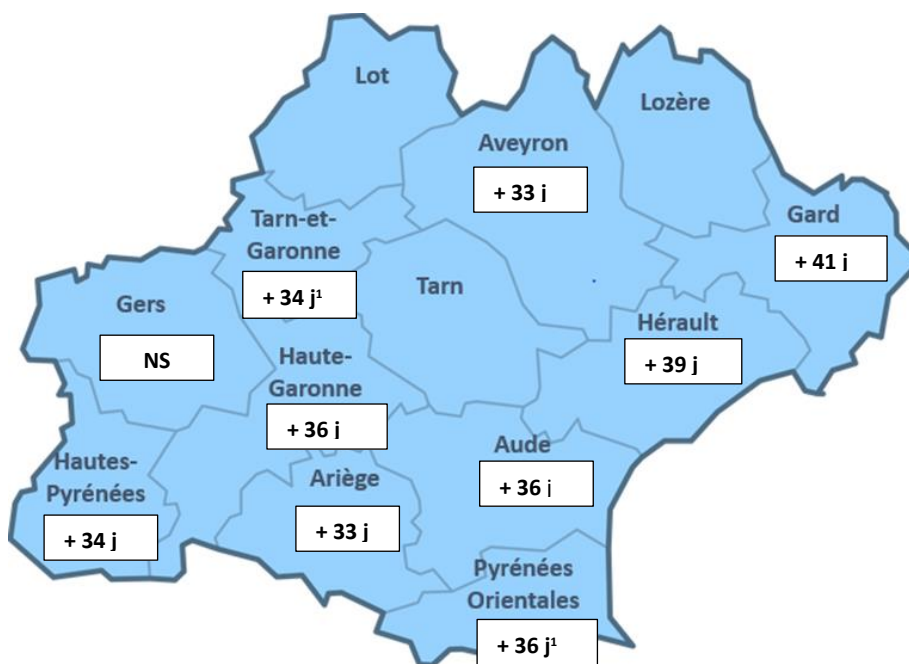
Analyse

L'évolution du nombre de jours estivaux ($\geq 25^\circ\text{C}$) observée en région Occitanie depuis 1959 (1963 pour la station du Tarn-et-Garonne, 1973 pour celle des Pyrénées Orientales et 1985 pour celle dans le Gers), pour chaque station est de :

- + 5,4 j par décennie à Saint-Girons soit + 33 j en 60 ans (S)
- + 6,1 j par décennie à Carcassonne soit + 36 j en 60 ans (S)
- + 5,5 j par décennie à Salles-Curan soit + 33 j en 60 ans (S)
- + 6,8 j par décennie à Nîmes-Courbessac soit + 41 j en 60 ans (S)
- + 5,9 j par décennie à Toulouse-Blagnac soit + 36 j en 60 ans (S)
- + 4,2 j par décennie à Auch soit + 14 j en 34 ans (NS)
- + 6,4 j par décennie à Montpellier- Maugio soit + 39 j en 60 ans (S)
- + 7,9 j par décennie à Perpignan soit + 36 j en 46 ans (S)
- + 5,7 j par décennie à Tarbes-Ossun soit + 34 en 60 ans (S)
- + 6 j par décennie à Montauban soit + 34 j en 56 ans (S)



Evolution du nombre de jours estivaux ($\geq 25^\circ\text{C}$) en 60 ans



¹ Evolution calculée sur une période inférieure à 60 ans

Pour l'ensemble des 10 stations, on observe une nette augmentation du nombre annuel de jours estivaux ($\geq 25^\circ\text{C}$), notamment sur le pourtour Méditerranéen. Cette augmentation est cohérente avec l'augmentation des températures moyennes annuelles.

On observe notamment que :

- Sur les stations ayant une profondeur de données de 60 ans, le nombre de journées estivales a été multiplié par 1,5 (moyenne de 7 stations), entre 1959 et 2019, voire par 2,2 pour Salles-Curan (12).
- En moyenne sur les 9 stations (hormis les valeurs non significatives de la station d'Auch), le nombre de jours estivaux a augmenté de + 6,2 jours par décennie soit une augmentation de 8%. Cette évolution est plus marquée que dans d'autres régions. Par exemple :
 - + 4,6 j par décennie en Nouvelle Aquitaine (ORACLE Nouvelle Aquitaine, 2018).
 - + 4,3 j par décennie en Centre Val de Loire (ORACLE Centre Val de Loire, 2020).
- La variabilité interannuelle ne semble pas évoluer fortement entre le début et la fin de la période d'observation.

Ces résultats donnent des valeurs annuelles et ne permettent pas de connaître la répartition au sein de l'année des augmentations observées. Pour cela il faudrait examiner mois par mois l'évolution du nombre de jours estivaux afin de préciser comment la distribution intra annuelle des épisodes chauds s'est modifiée.



Pour l'agriculture régionale, cette augmentation des jours estivaux renvoie à plusieurs types de conséquences, sous réserve de vérifier comment a évolué la distribution intra annuelle de ces jours estivaux :

- Si les jours d'échaudage thermique deviennent de plus en plus nombreux au printemps et en été, cela impactera les cultures (céréales à paille en particulier) mais cet impact dépendra également de l'avancement des calendriers culturaux (esquive) lié à l'augmentation de la température.
- L'augmentation du nombre de jours chauds à l'automne affecte la viticulture lors des vendanges avec une température élevée des raisins, ce qui peut favoriser une fermentation non désirée une fois le raisin en cuve.
- L'augmentation du nombre de jours chauds accroît l'évapotranspiration en raison de la relation étroite entre température et évapotranspiration potentielle.
- En élevage, l'augmentation du nombre de jours chauds va venir impacter le confort thermique des animaux ainsi que la production de lait (Yano *et al.*, 2014).

A retenir

- ✓ Le nombre de jours estivaux a fortement augmenté en Occitanie au cours des 60 dernières années avec + 6,2 jours par décennie sur la moyenne des stations (soit une augmentation de 8%).
- ✓ Les incidences de ces jours estivaux sur l'agriculture régionale sont multiples, mais nécessitent un examen détaillé de la répartition saisonnière des augmentations observées.

Note statistique : sur ce jeu de données deux tests statistiques ont été réalisés: régression linéaire et test de tendance non paramétrique de Mann Kendall.

Pour en savoir plus

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

Yano, M., Shimadzu, H., & Endo, T. (2014). Modelling temperature effects on milk production: a study on Holstein cows at a Japanese farm. SpringerPlus, 3(1), 129. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-129>

Nombre de jours de gel annuel

🔑 Nature et source des données

Séries quotidiennes fournies par Météo France de 1959 à 2019

🕒 Indicateur

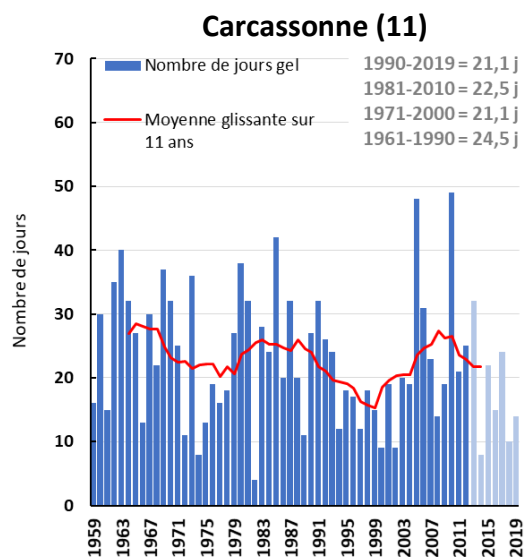
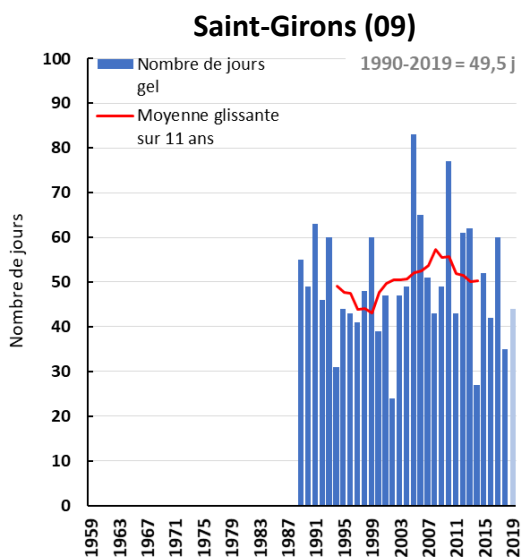
- Saint-Girons (09) : 1989 à 2019
- Carcassonne (11) : 1959 à 2019
- Salles-Curan (12) : 1959 à 2019
- Nîmes-Courbessac (30) : 1959 à 2019
- Toulouse-Blagnac (31) : 1973 à 2019
- Auch (32) : 1985 à 2019
- Montpellier-Maugio (34) : 1977 à 2019
- Gourdon (46) : 1962 à 2019
- Perpignan (66) : 1973 à 2019
- Montauban (82) : 1963 à 2019

📊 Calcul de l'indicateur

- Nombre de jours pour chaque année où la température minimale journalière est inférieure ou égale à 0°C.
- Moyenne trentenaire du nombre de jours de gel annuels : 1961-1990 ; 1971-2000 ; 1981-2010 ; 1990-2019 (sauf stations avec une profondeur de données différente).

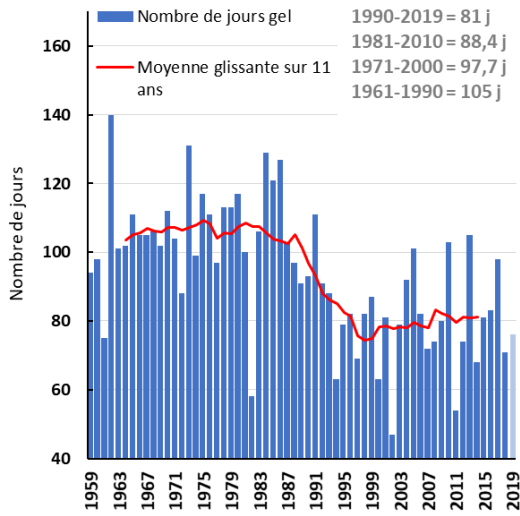
📈 Évolution observée

- En abscisse : Années
- En ordonnée : Nombre de jours de gel par an

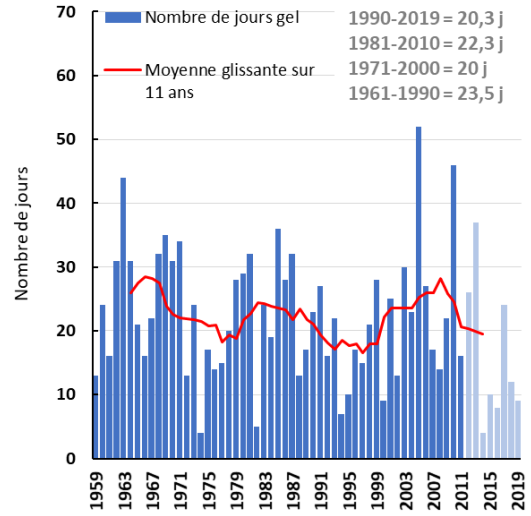




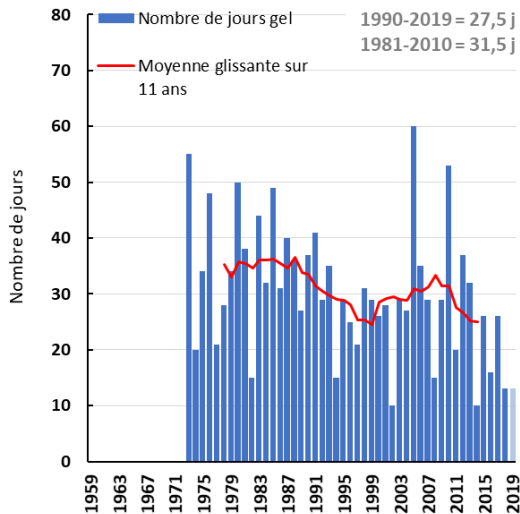
Salles-Curan (12)



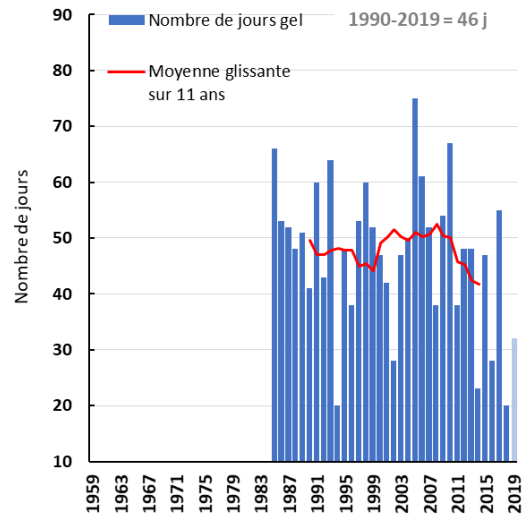
Nîmes-Courbessac (30)



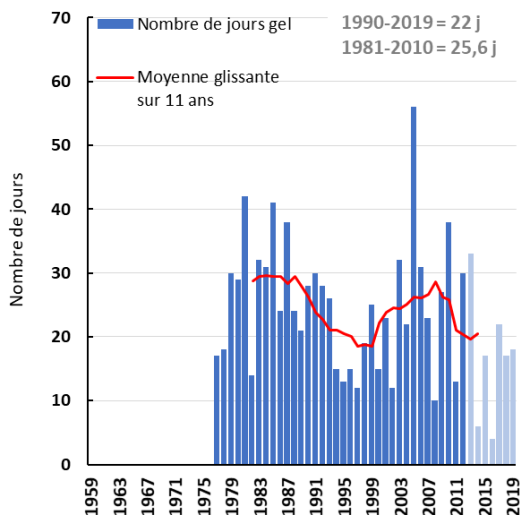
Toulouse-Blagnac (31)



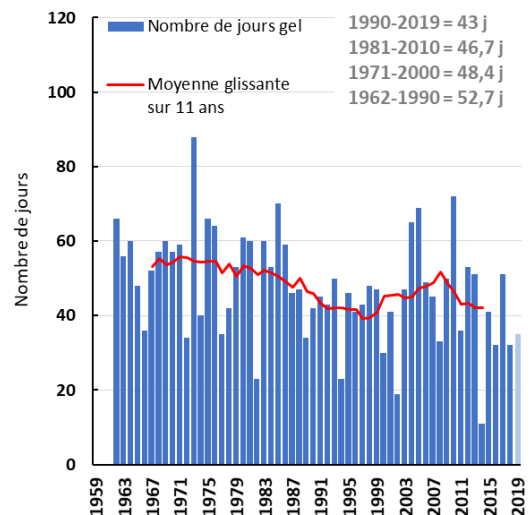
Auch (32)

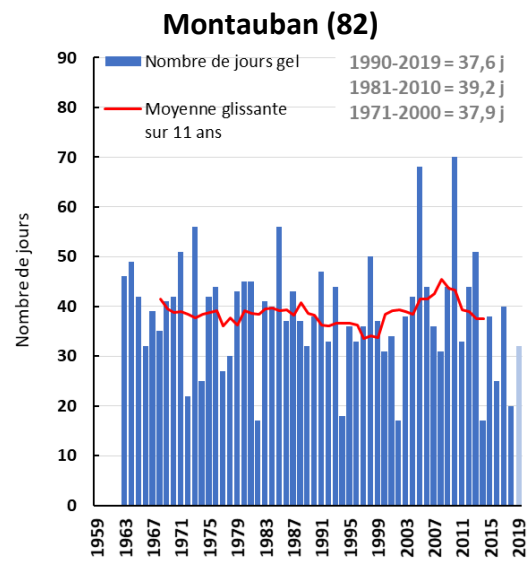
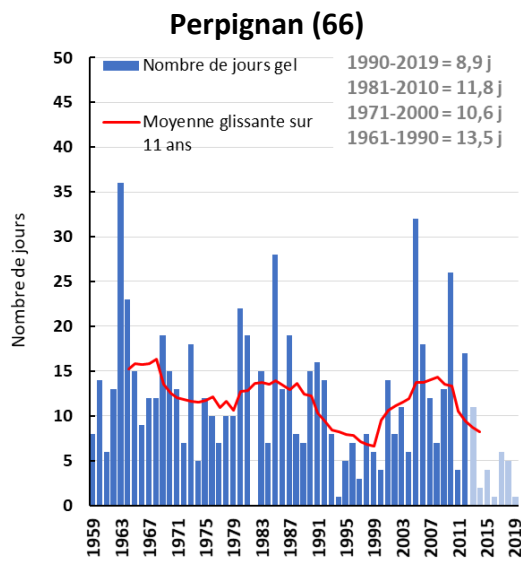


Montpellier-Maugio (34)



Gourdon (46)





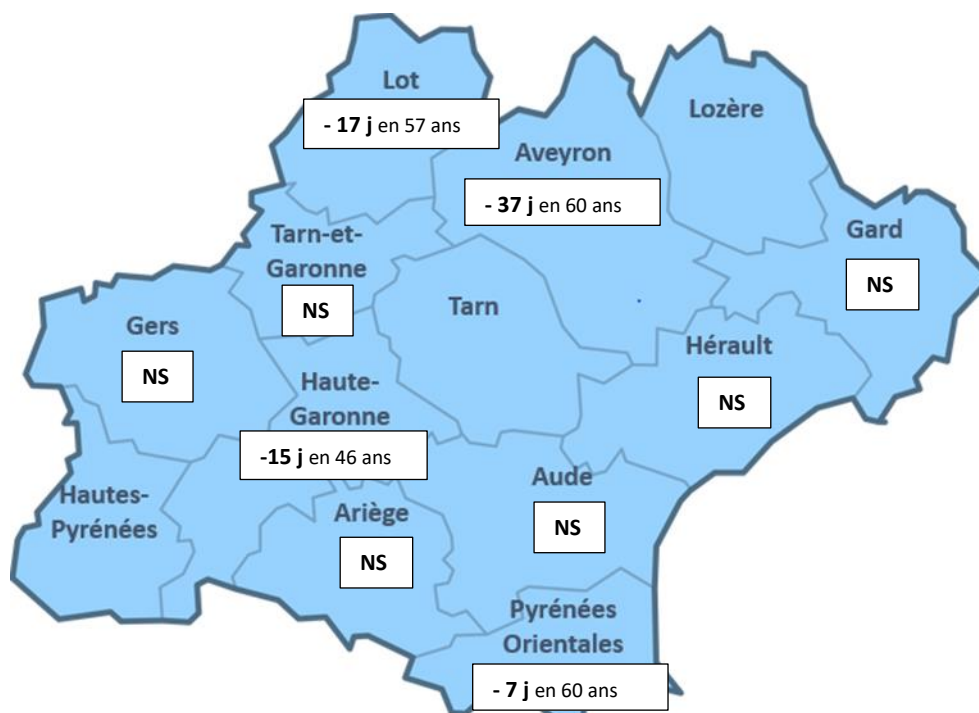
Analyse

L'évolution du nombre de jours de gel observée en région Occitanie pour chaque station est de :

- Pas d'évolution à Saint-Girons sur 30 ans (NS)
- - 1 j par décennie à Carcassonne soit - 6 j en 60 ans (NS)
- - 6,1 j par décennie à Salles-Curan soit - 37 j en 60 ans (S)
- - 0,9 j par décennie à Nîmes-Courbessac soit - 6 j en 60 ans (NS)
- - 3,3 j par décennie à Toulouse-Blagnac soit - 15 j en 46 ans (S)
- - 4 j par décennie à Auch soit - 14 j en 34 ans (NS)
- - 2,1 j par décennie à Montpellier- Maugio soit -9 j en 42 ans (NS)
- - 3 j par décennie à Gourdon soit - 17 j en 57 ans (S)
- - 1,2 j par décennie à Perpignan soit - 7 j en 60 ans (S)
- - 0,7 j par décennie à Montauban soit - 4 j en 56 ans (NS)



Evolution du nombre de jours de gel



Pour neuf stations étudiées sur dix, l'évolution du nombre annuel de jours de gel est à la baisse. Pour la station de Saint Girons, il n'y a pas d'évolution constatée en tendance mais la période d'observation est plus courte que sur les autres stations. On observe notamment que :

- Six stations sur dix ne donnent pas un résultat significatif.
- En moyenne sur les 4 stations significatives, le nombre de jours de gel a diminué de 3,4 jours par décennie. Cette évolution se retrouve dans d'autres régions avec par exemple :
 - 4 j par décennie en Nouvelle Aquitaine (ORACLE Nouvelle Aquitaine, 2018).
 - 2,5 j par décennie en Centre Val de Loire (ORACLE Centre Val de Loire, 2020).
- La variabilité interannuelle évolue peu entre le début et la fin de la période d'observation.
- Ces graphiques ne permettent pas de préciser si la réduction du nombre de jours de gel porte sur une période particulière de la saison froide : fin d'automne, hiver, ou début de printemps. Pour cela, il faudrait dénombrer les jours de gel par mois.

Pour l'agriculture régionale, la diminution du nombre annuel de jours de gel a des répercussions sur de multiples processus de la production végétale, par exemple :

- L'impact de la durée et la levée de dormance sur la qualité de la floraison chez les espèces fruitières (Luedeling et al., 2011) mais également maraîchère.



- L'impact sur la qualité de la pré-floraison chez le tournesol (George, 2018), le développement végétatif automnal chez le colza (Lardon, 1995).

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 documenter que les effets directs du froid sur la croissance et le développement des végétaux.

Les conséquences de cette diminution du nombre de jours froids sur les productions agricoles régionales doivent être examinées au cas par cas car les décalages phénologiques des cultures liés à l'élévation tendancielle de la température pourraient faire persister le risque de gel sur les cultures.

A retenir

- ✓ Le nombre de jours de gel a diminué en moyenne de 3,4 jours par décennie sur les stations présentant une tendance significative en Occitanie au cours des 60 dernières années
- ✓ La réduction du nombre de jours froids n'est pas forcément synonyme de réduction de risque de gel printanier pour les cultures sensibles car l'avancement phénologique des plantes découlant du réchauffement climatique peut faire évoluer les dates des périodes à risque. De plus, la variabilité inter-annuelle reste présente. Les impacts de cette réduction du nombre de jours froids sur les productions agricoles doivent être étudiés au cas par cas.

Note statistique : sur ce jeu de données deux tests statistiques ont été réalisés: régression linéaire et test de tendance non paramétrique de Mann Kendall.

Pour en savoir plus

Brisson N, Levraut F, (2010). Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le livre vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME.

George, M. B. (2018). Molecular aspects of temperature regulation of To cite this version : HAL Id : tel-01884405 Université Pierre et Marie Curie.

Luedeling, E., Girvetz, E. H., Semenov, M. A., & Brown, P. H. (2011). Climate change affects winter chill for temperate fruit and nut trees. PLoS ONE, 6(5).

Yano, M., Shimadzu, H., & Endo, T. (2014). Modelling temperature effects on milk production: a study on Holstein cows at a Japanese farm. SpringerPlus, 3(1), 129.

Cumul annuel des précipitations

🔑 Nature et source des données

Séries quotidiennes fournies par Météo France de 1959 à 2019

🕒 Indicateur

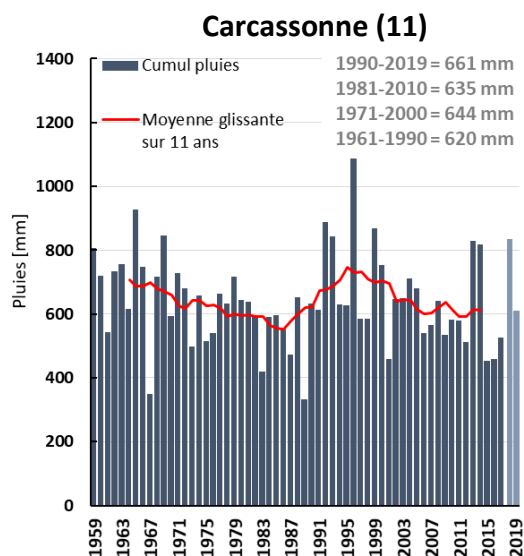
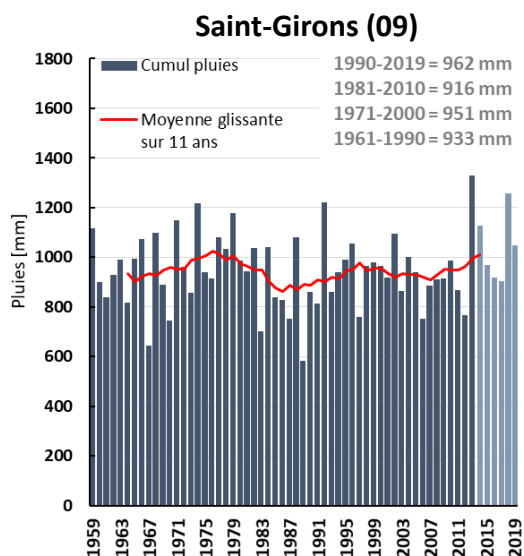
- Saint-Girons (09) : 1959 à 2019
- Carcassonne (11) : 1959 à 2019
- Espalion (12) : 1959 à 2019
- Nîmes-Courbessac (30) : 1959 à 2019
- Toulouse-Blagnac (31) : 1959 à 2019
- Auch (32) : 1959 à 2019
- Montpellier-Maugio (34) : 1959 à 2019
- Anglars-Juillac (46) : 1959 à 2019
- Tarbes-Ossun (65) : 1959 à 2019
- Perpignan (66) : 1959 à 2019
- Lavour (81) : 1959 à 2019
- Montauban (82) : 1959 à 2019

📊 Calcul de l'indicateur

- Cumul annuel des pluies journalières
- Moyenne trentenaire du cumul annuel des pluies journalières: 1961-1990 ; 1971-2000 ; 1981-2010 ; 1990-2019.

📈 Évolution observée

- En abscisse : Années
- En ordonnée : Pluie (mm)



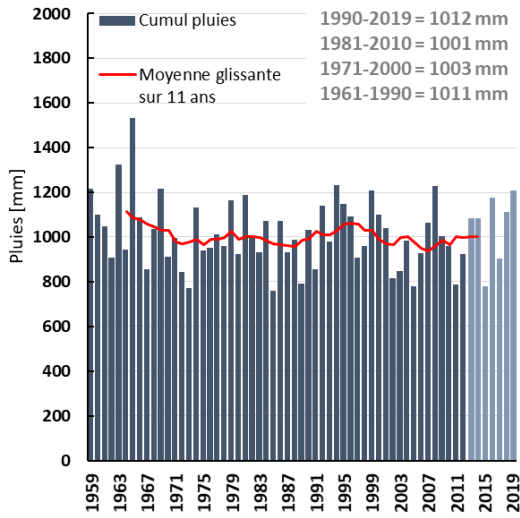
1

CHANGEMENT CLIMATIQUE

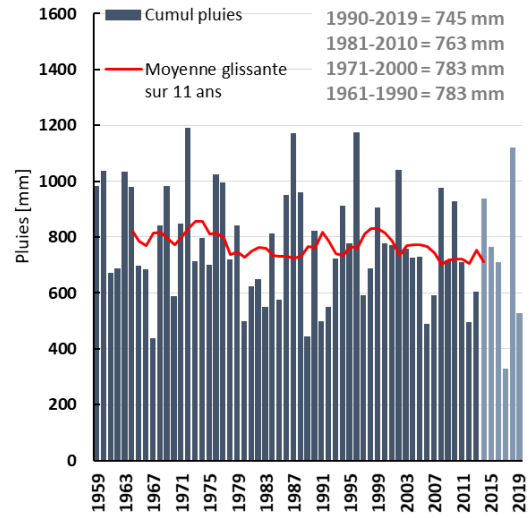


Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

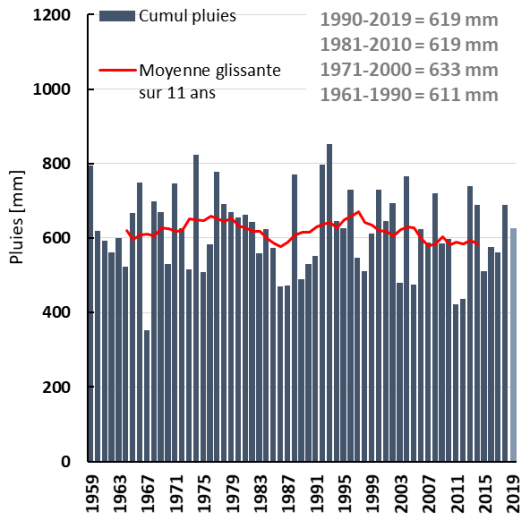
Espalion (12)



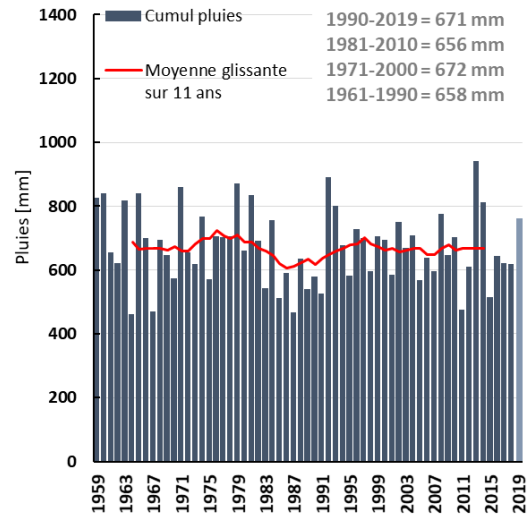
Nîmes-Courbessac (30)



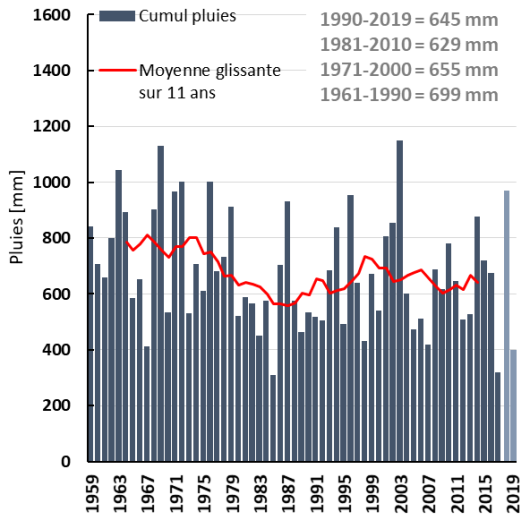
Toulouse-Blagnac (31)



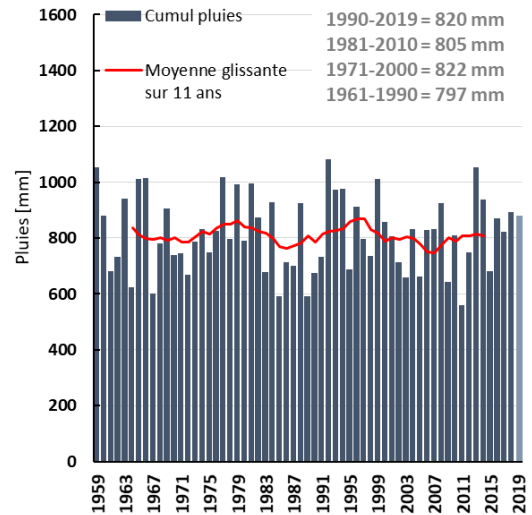
Auch (32)



Montpellier-Maugio (34)



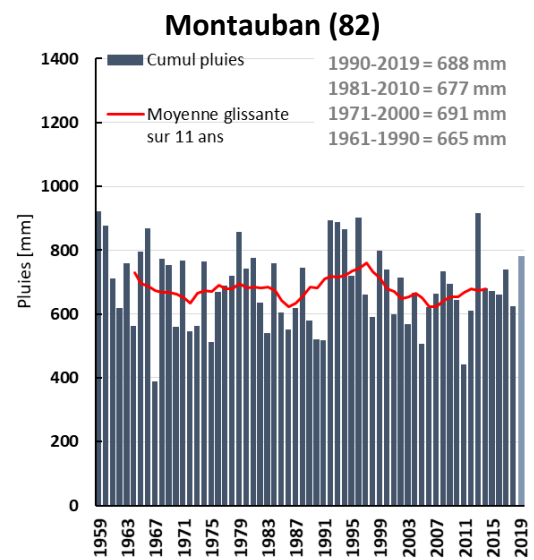
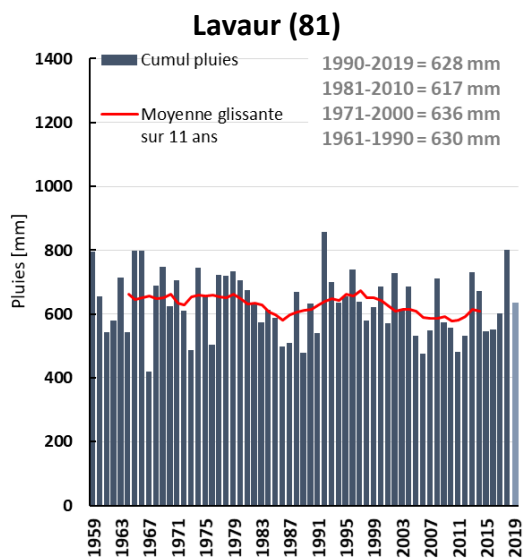
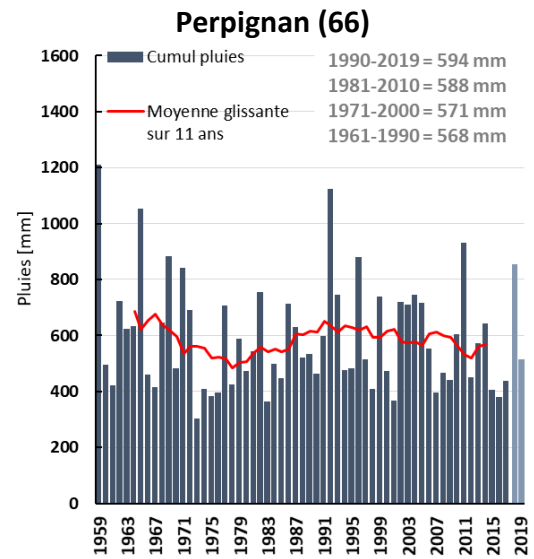
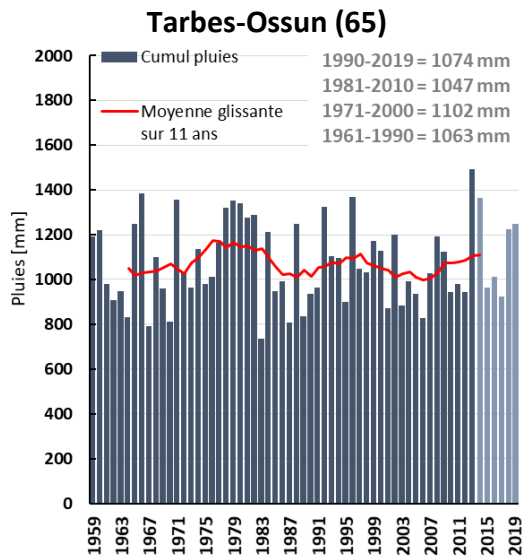
Anglars-Juillac (46)



1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique



Analyse

Les analyses statistiques des données du cumul annuel de précipitations sur les 60 dernières années se sont révélées non significatives sur l'ensemble des 12 stations ($P > 0,05$), ce qui signifie que ces départements ont un cumul annuel relativement constant depuis 60 ans. On constate cependant une légère baisse du cumul annuel des précipitations sur 10 des 12 stations sur la période concernée.

- + 6,2 mm par décennie à Saint-Girons (NS)
- - 8,1 mm par décennie à Carcassonne (NS)

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

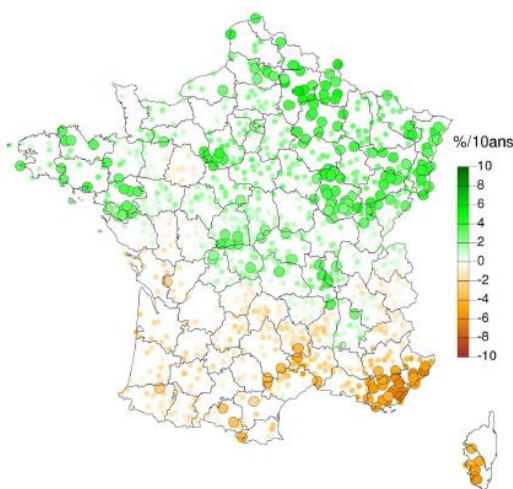
- - 11,4 mm par décennie à Espalion (NS)
- - 20,1 mm par décennie à Nîmes-Courbessac (NS)
- - 5,2 mm par décennie à Toulouse-Blagnac (NS)
- - 5,6 mm par décennie à Auch (NS)
- - 26,9 mm par décennie à Montpellier- Maugio (NS)
- - 2,3 mm par décennie à Anglars-Juillac (NS)
- + 2 mm par décennie à Tarbes-Ossun (NS)
- - 12,6 mm par décennie à Perpignan (NS)
- - 8,7 mm par décennie à Lavaur (NS)
- - 6 mm par décennie à Montauban (NS)

On observe de fortes variations des précipitations inter annuelles et pluri-annuelle pouvant atteindre plus de 500 mm entre deux années consécutives sur certaines stations (exemple à Carcassonne avec 1169 mm l'année 1996 et 584 mm l'année 1997 soit une différence de 585 mm). Cette variation annuelle, nettement supérieure à la variation tendancielle sur la période d'étude, perturbe la perception d'une tendance éventuelle.

L'évolution tendancielle des précipitations depuis 1959 présente une variabilité spatiale importante entre les stations des différents départements.

Une étude montre que les 2/3 nord du pays présentent une hausse des cumuls mais non significative alors que la partie sud de la France présente des baisses, mais non significatives.

Tendances du cumul annuel de précipitations (%/10ans) sur 1959 à 2009



Source Météo France, 2014

« Les résultats sur les longues séries françaises de cumuls de précipitations sont beaucoup plus difficiles à mettre en évidence que ceux concernant les températures : la répartition des



postes n'est pas homogène, les tendances sont en général non significatives et de l'ordre de l'amplitude des ruptures pouvant subsister dans chaque série » (Moisselin et al., 2002).

A retenir

- ✓ On n'observe pas de tendance statistiquement significative du cumul annuel des pluies en région Occitanie, ce qui signifie une situation assez stable sur les 60 dernières années.
- ✓ Le fait de considérer des moyennes annuelles peut masquer des tendances différentes pour chacune des saisons, d'où l'importance d'étudier également l'évolution des précipitations saisonnières.

Note statistique : sur ce jeu de données deux tests statistiques ont été réalisés: régression linéaire et test de tendance non paramétrique de Mann Kendall.

Pour en savoir plus

Moisselin J.M, Schneider M., Canellas M., Mestre O. (2002) : Les changements climatiques en France au XXeme siecle : etude des longues series homogeneisees de temperature et de precipitations, La Meteorologie n° 38, 45-56.

Soubeyroux J.-M., Neppel L., Veysseire J.-M., Tramblay Y., Carreau J., and Gouget V. (2015) : Evolution des précipitations extrêmes en France en contexte de changement climatique, La Houille Blanche, 1 27-33.



Cumul saisonnier des précipitations

Nature et source des données

Séries quotidiennes fournies par Météo France de 1959 à 2019

Indicateur

- Saint-Girons (09) : 1959 à 2019
- Carcassonne (11) : 1959 à 2019
- Espalion (12) : 1959 à 2019
- Nîmes-Courbessac (30) : 1959 à 2019
- Toulouse-Blagnac (31) : 1959 à 2019
- Auch (32) : 1959 à 2019
- Montpellier-Maugio (34) : 1959 à 2019
- Anglars-Juillac (46) : 1959 à 2019
- Tarbes-Ossun (65) : 1959 à 2019
- Perpignan (66) : 1959 à 2019
- Lavaur (81) : 1959 à 2019
- Montauban (82) : 1959 à 2019

Calcul de l'indicateur

- Cumul sur 3 mois des pluies journalières (Hiver : décembre à février ; Printemps : mars à mai ; Été : juin à août ; Automne : septembre à novembre).
- Moyenne trentenaire du cumul saisonnier des pluies journalières: 1961-1990 ; 1971-2000 ; 1981-2010 ; 1990-2019.

Évolution observée

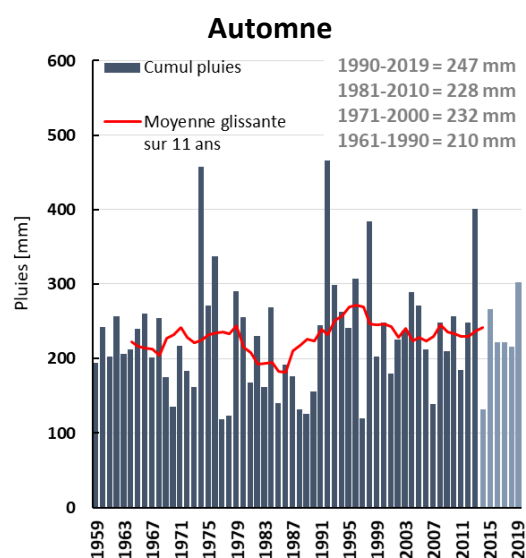
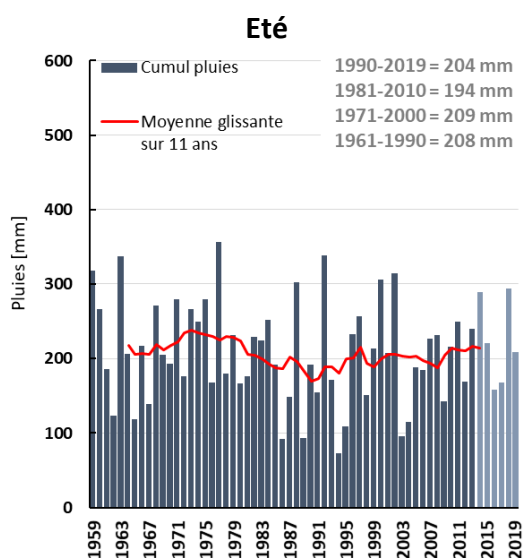
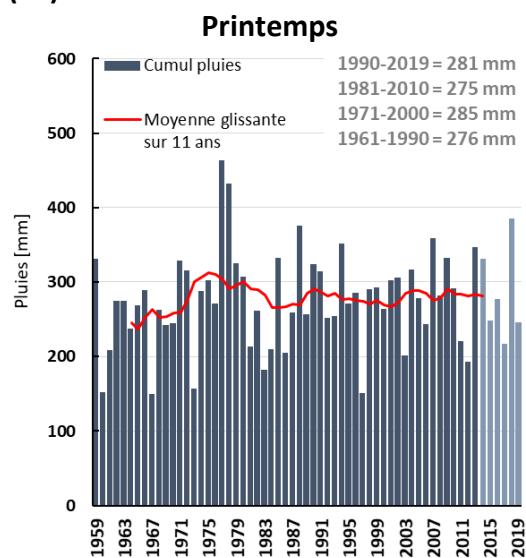
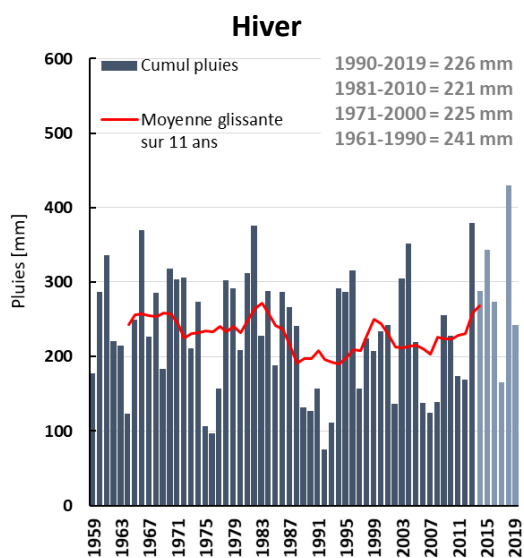
- En abscisse : Années
- En ordonnée : Pluie (mm)

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Saint-Girons (09)



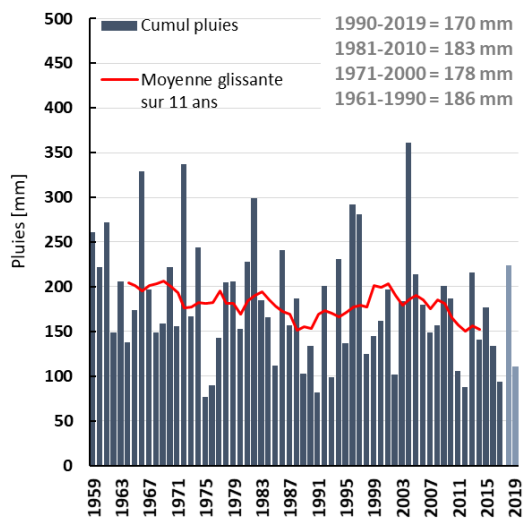
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



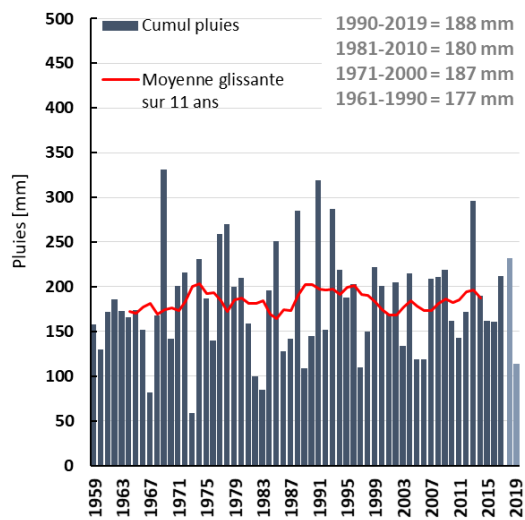
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Carcassonne (11)

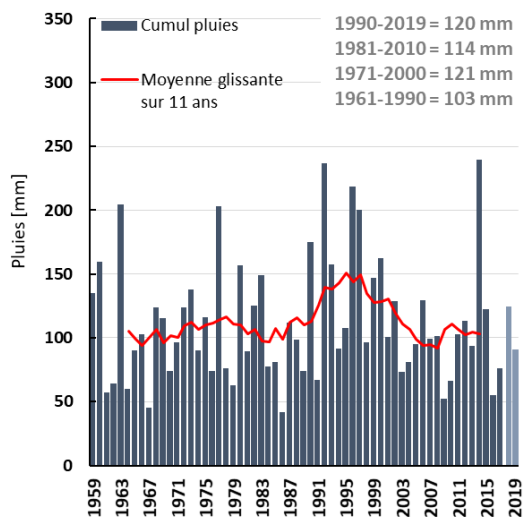
Hiver



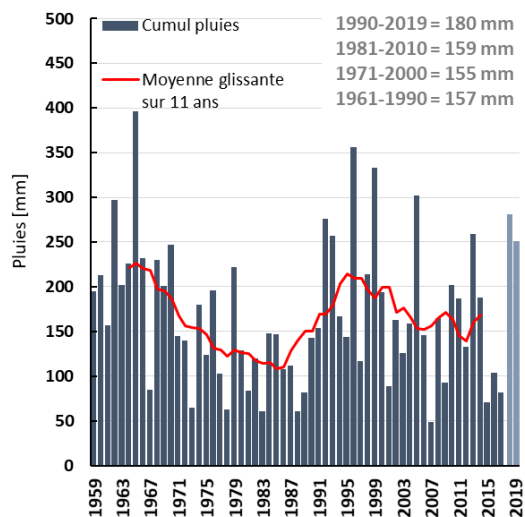
Printemps



Été



Automne



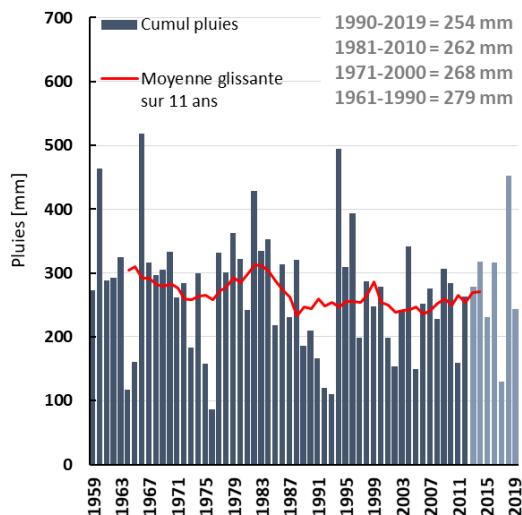
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



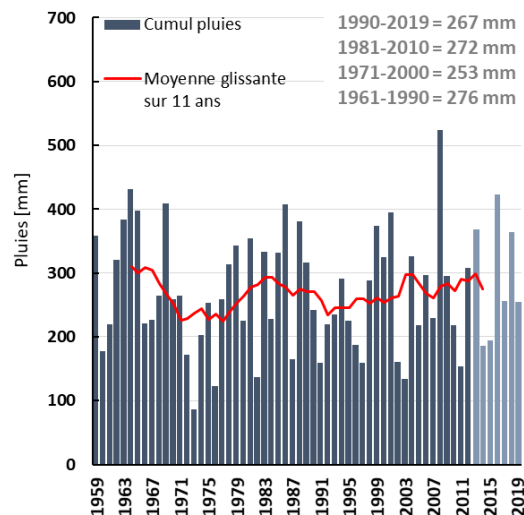
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Espalion (12)

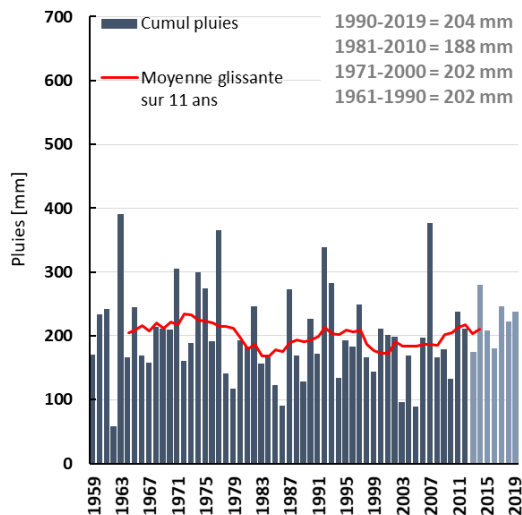
Hiver



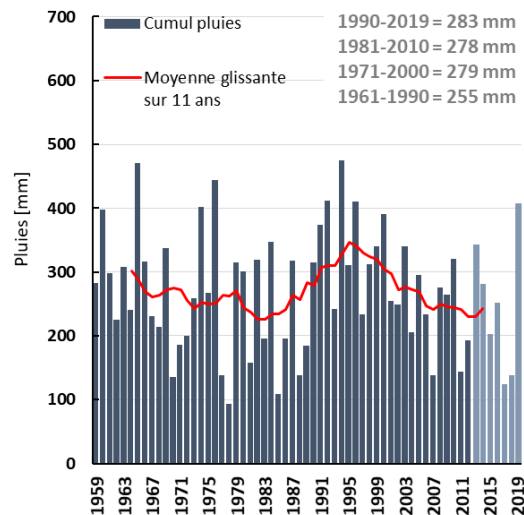
Printemps



Eté



Automne



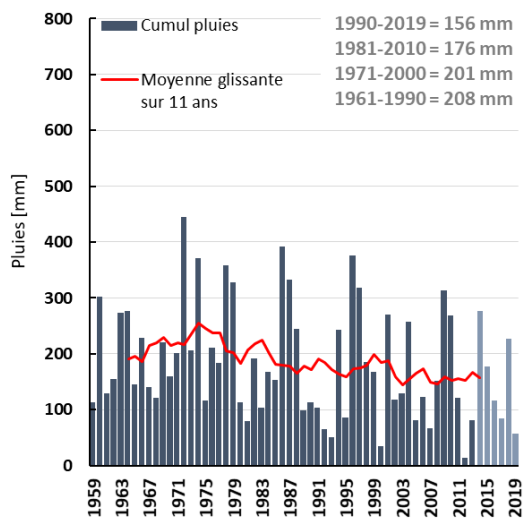
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



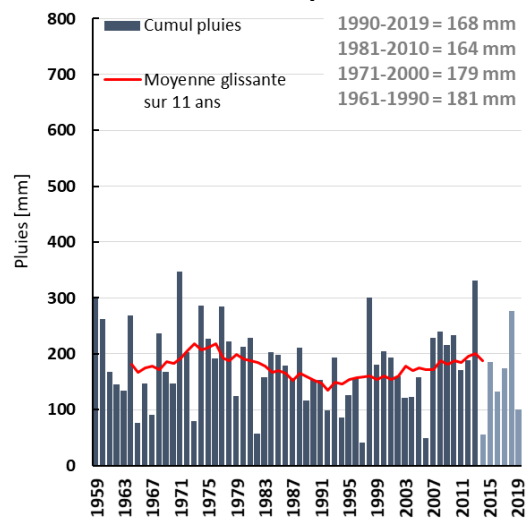
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Nîmes-Courbessac (30)

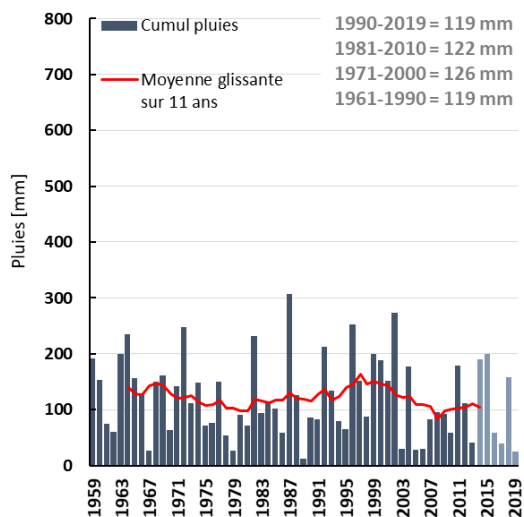
Hiver



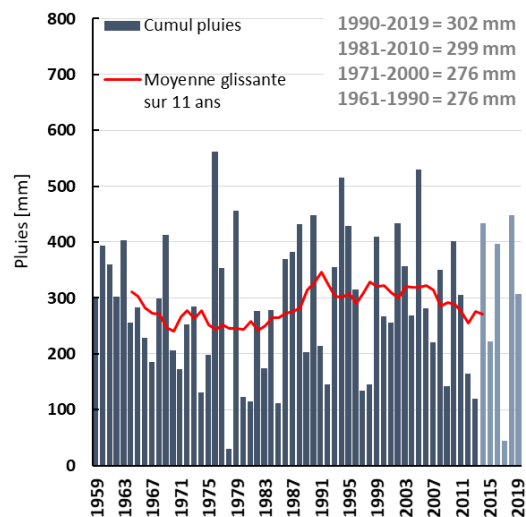
Printemps



Eté



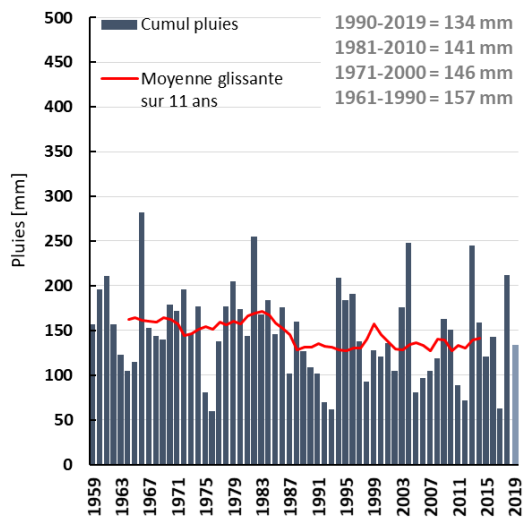
Automne



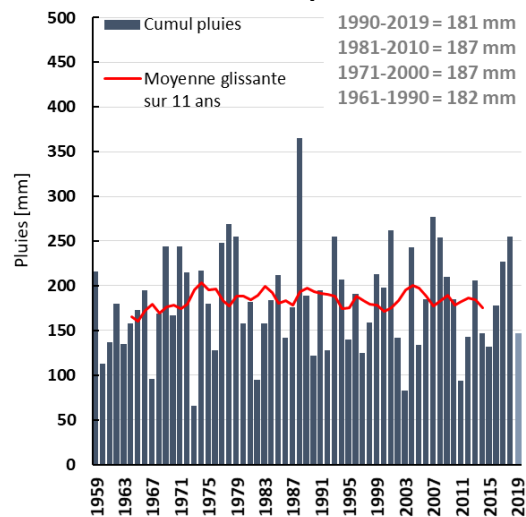


Toulouse-Bagnac (31)

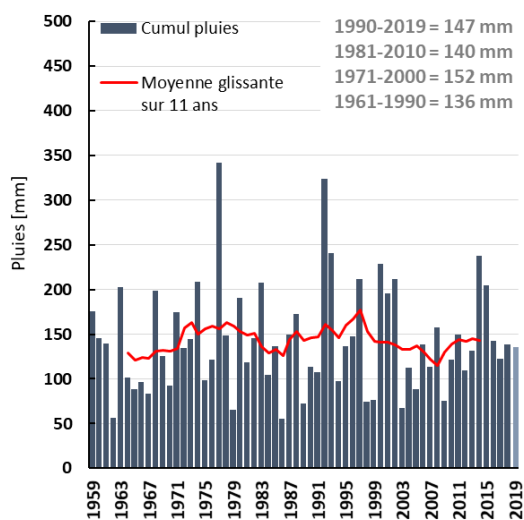
Hiver



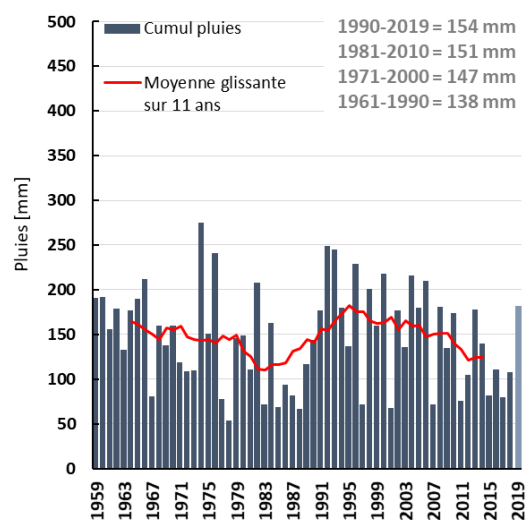
Printemps



Été



Automne



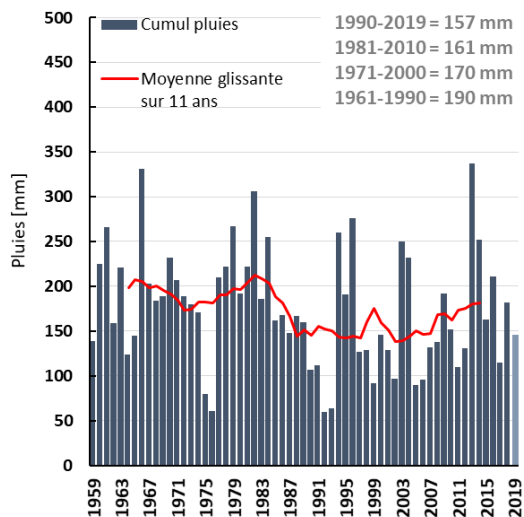
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



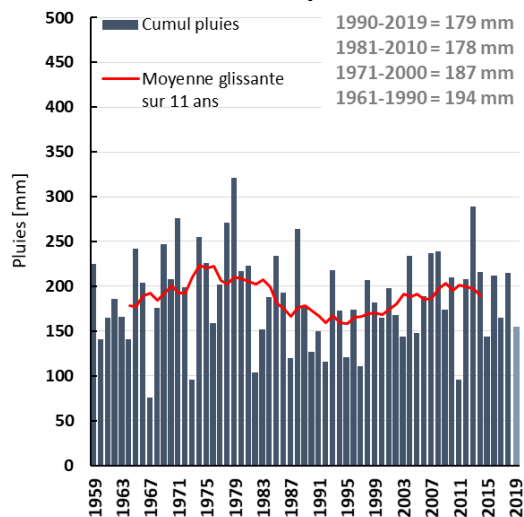
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Auch (32)

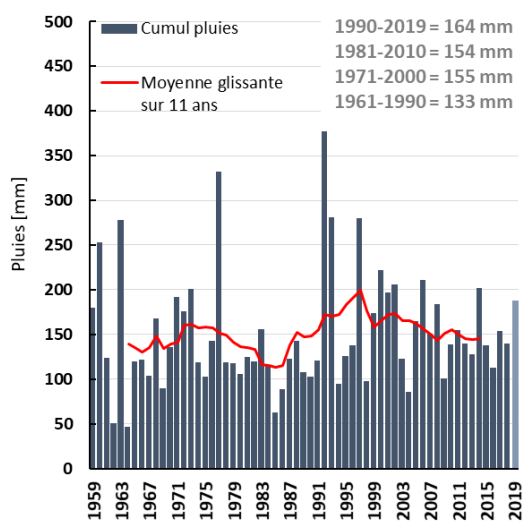
Hiver



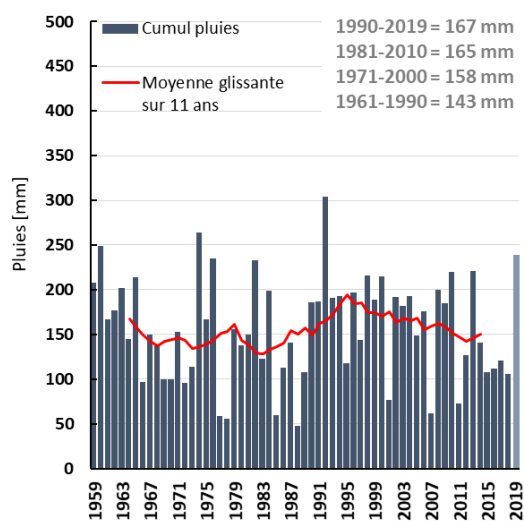
Printemps



Eté



Automne



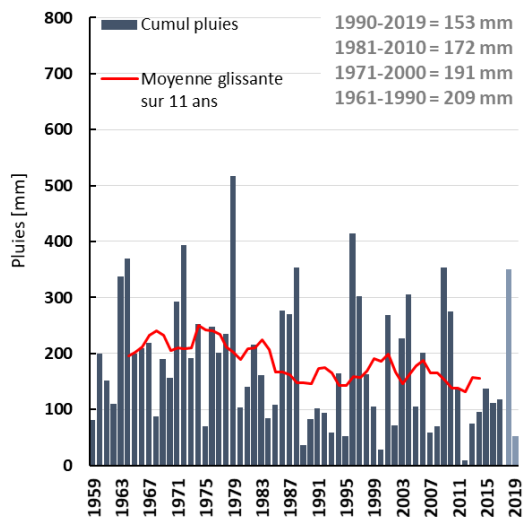
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



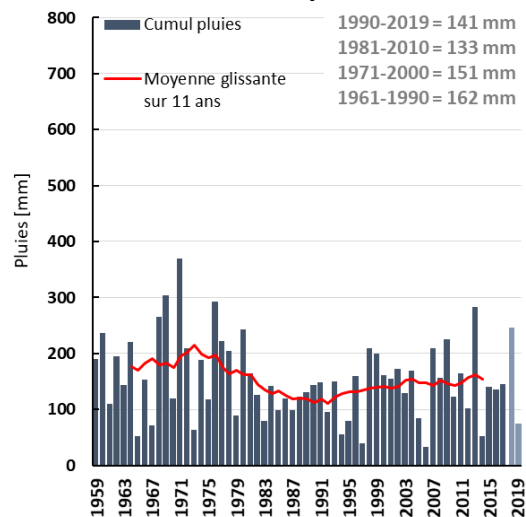
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Montpellier-Maugio (34)

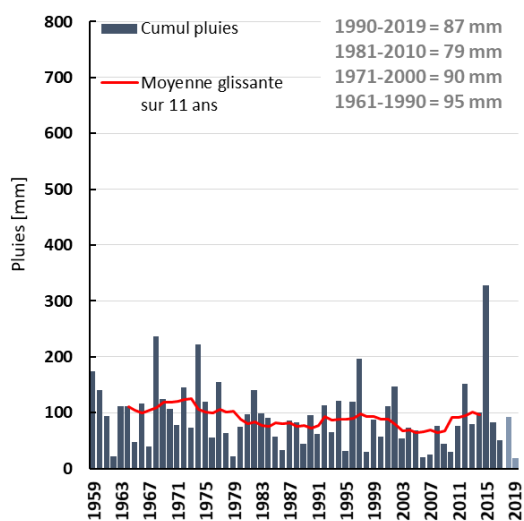
Hiver



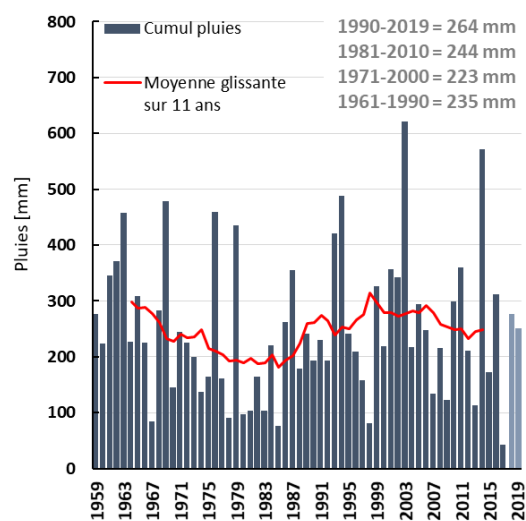
Printemps



Eté



Automne

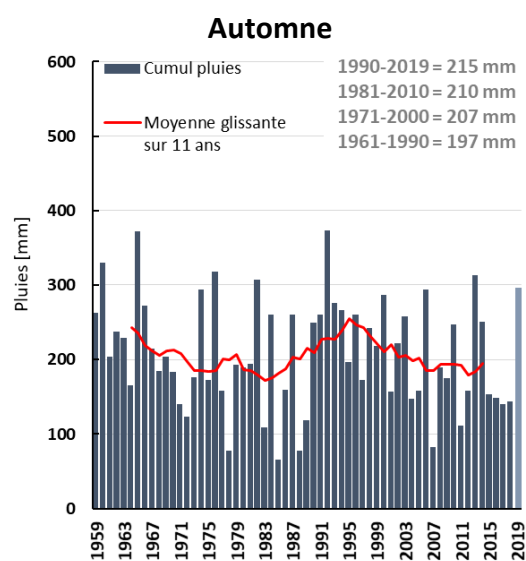
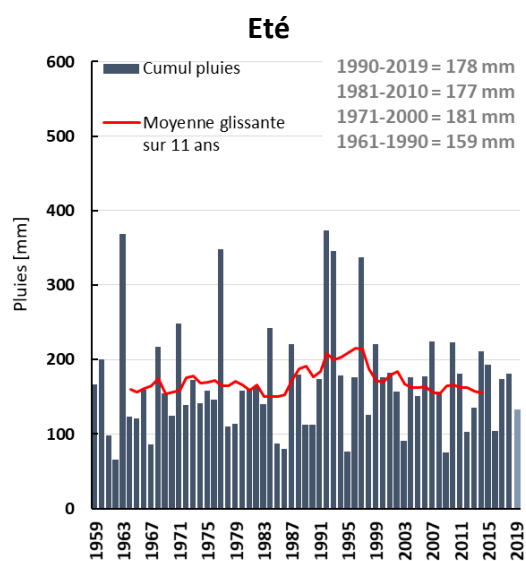
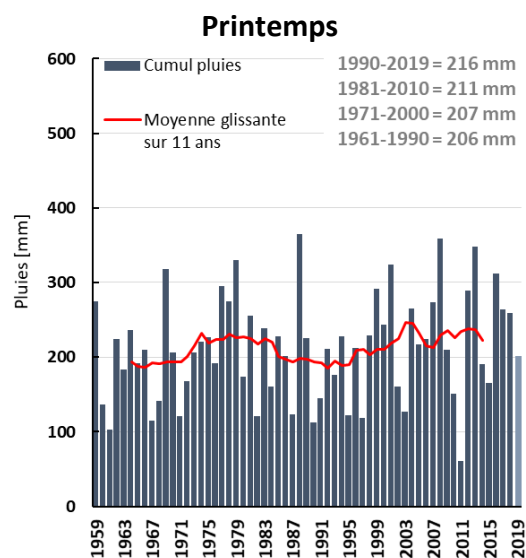
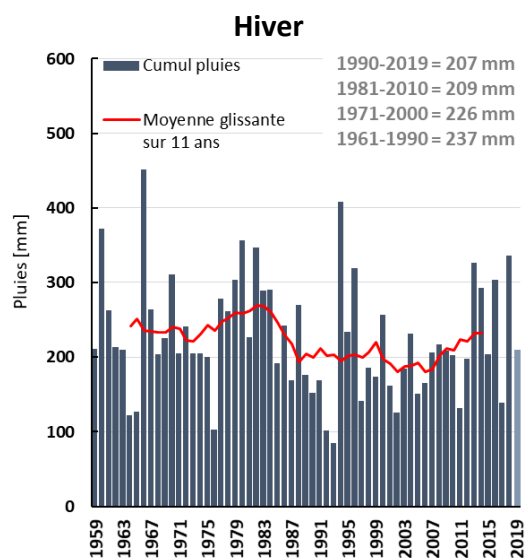


1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Anglars-Juillac (46)



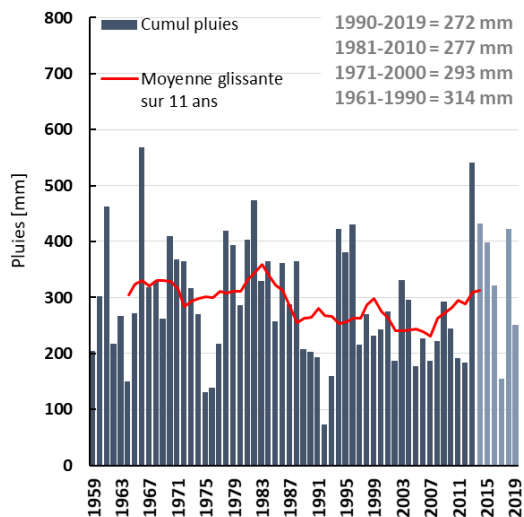
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



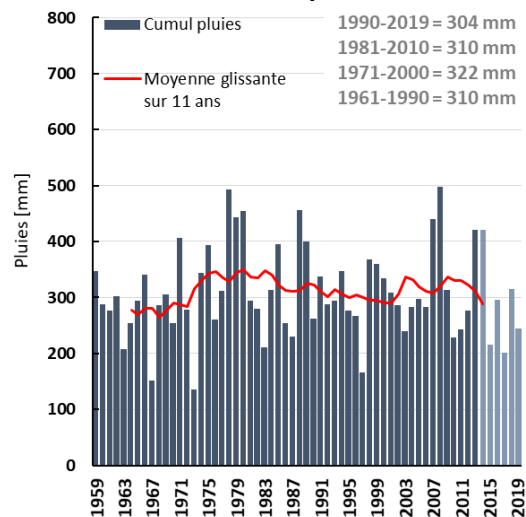
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatiqueE

Tarbes-Ossun (65)

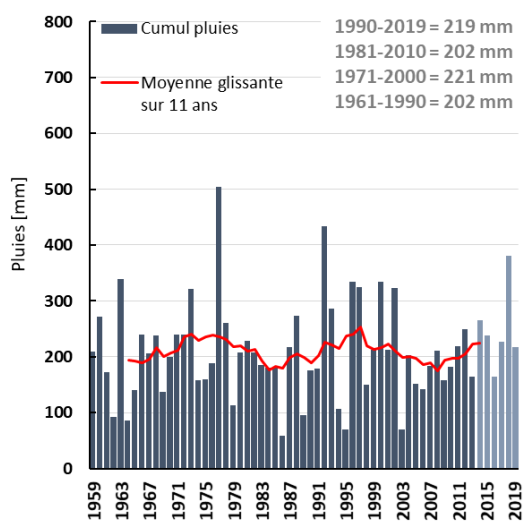
Hiver



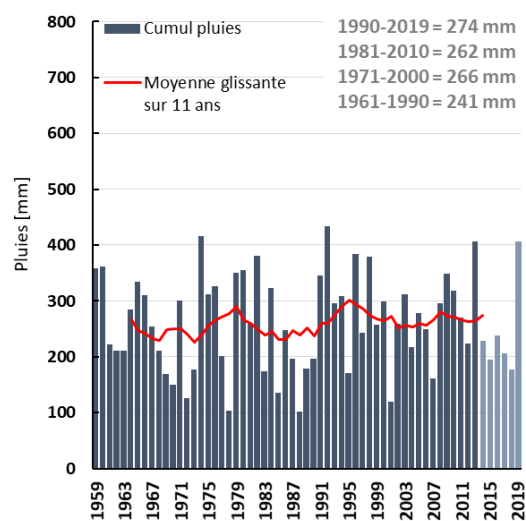
Printemps



Eté



Automne



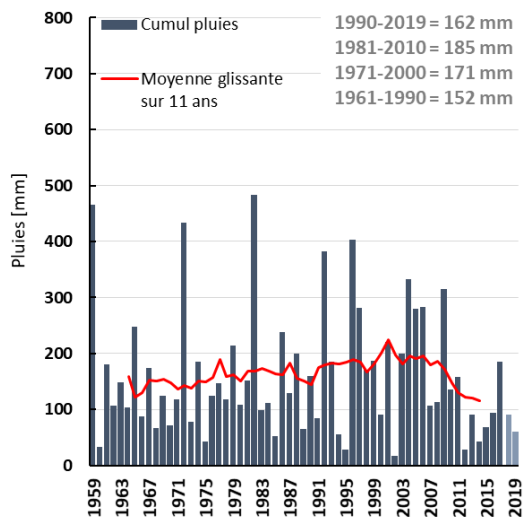
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



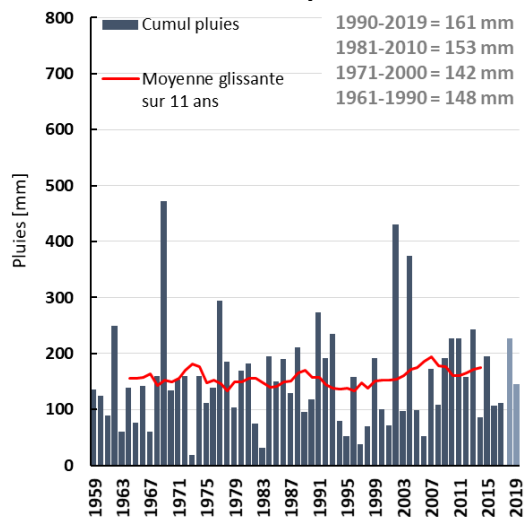
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Perpignan (66)

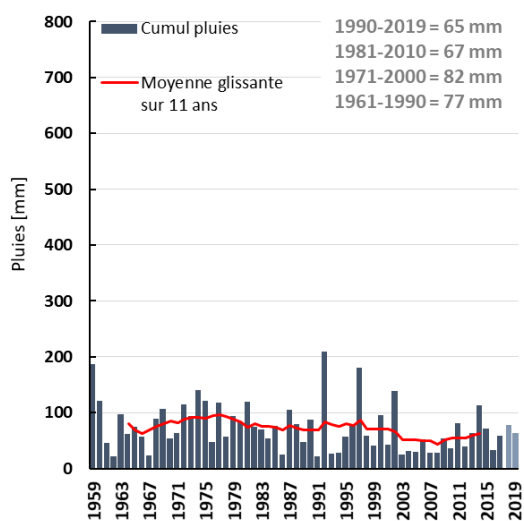
Hiver



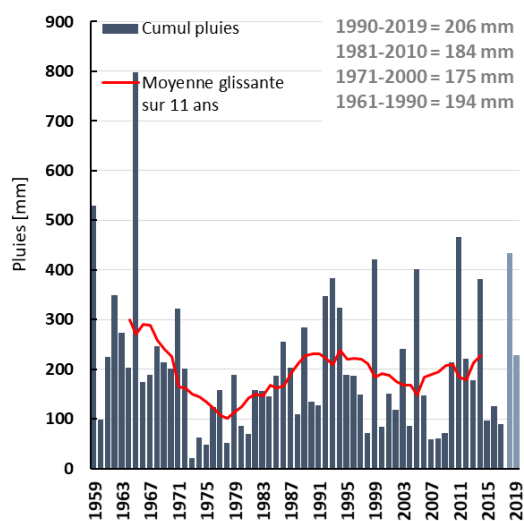
Printemps



Eté



Automne



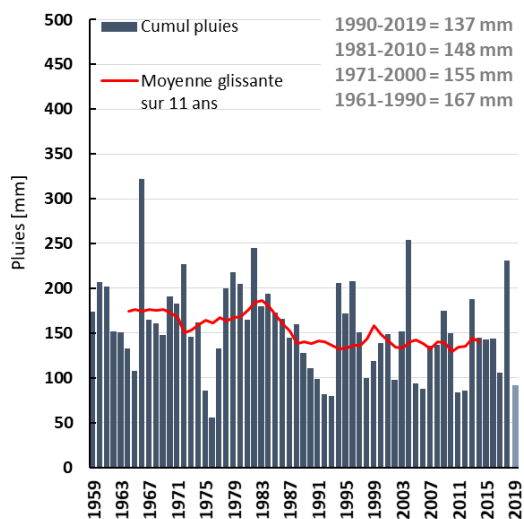
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



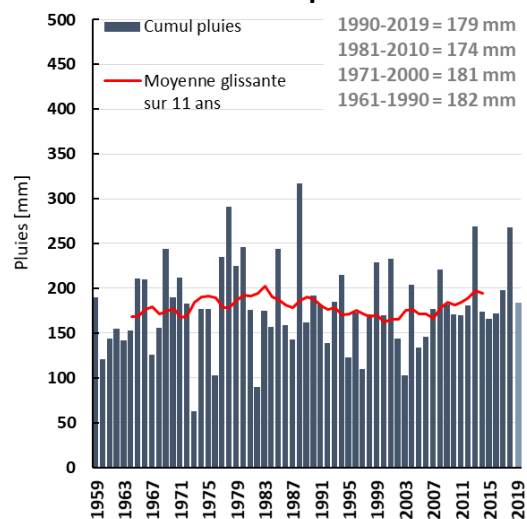
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Lavour (81)

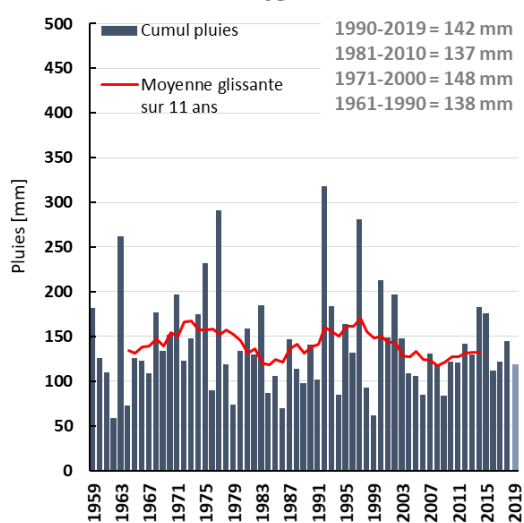
Hiver



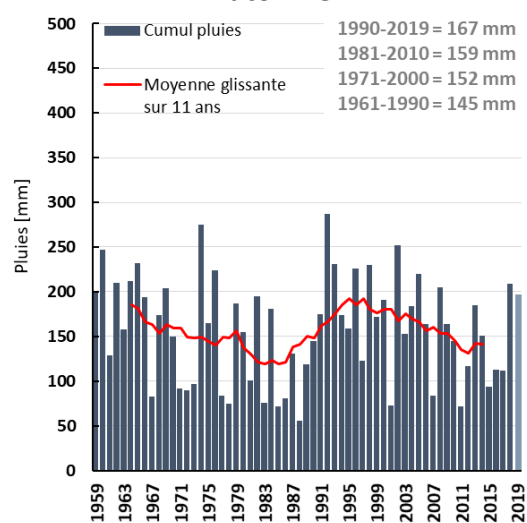
Printemps



Eté



Automne



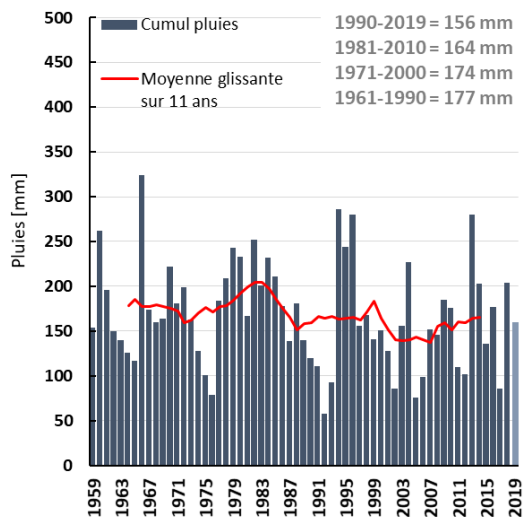
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



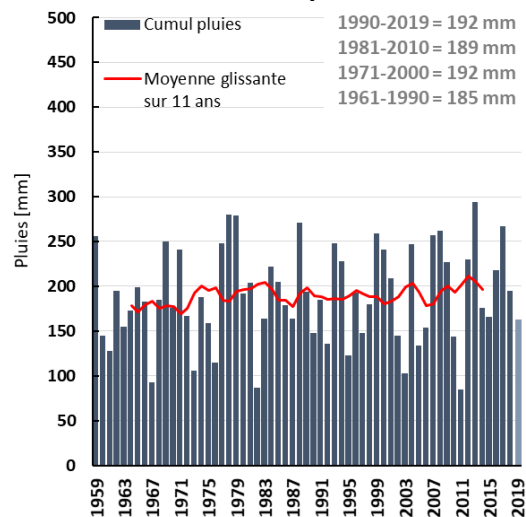
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Montauban (82)

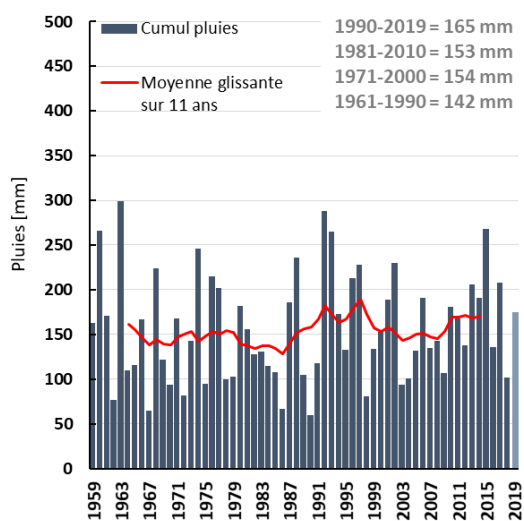
Hiver



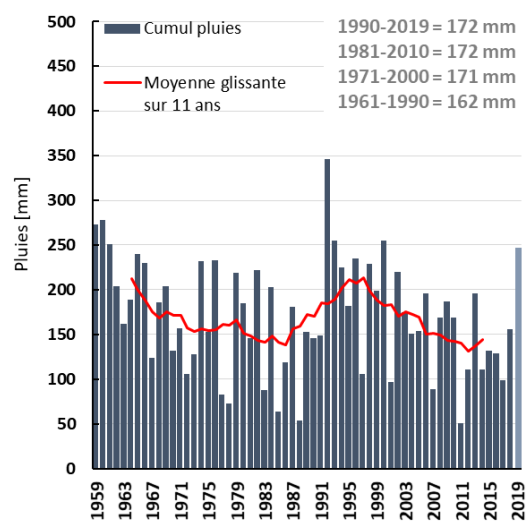
Printemps



Eté



Automne



1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Analyse

L'analyse de la tendance linéaire par décennie sur la période 1959 - 2019 des 12 stations départementales est reprise dans le tableau suivant :

	Hiver	Printemps	Eté	Automne
Saint-Girons	-0,1 (NS)	4,1 (NS)	-3,3 (NS)	4,7 (NS)
Carcassonne	-8,4 (NS)	2,5 (NS)	0,9 (NS)	- 4 (NS)
Espalion	-7,4 (NS)	0,4 (NS)	-1,5 (NS)	-4,8 (NS)
Nîmes-Courbessac	-13,4 (C)	-4,2 (NS)	-5 (NS)	2,2 (NS)
Toulouse-Blagnac	-5,9 (NS)	2,4 (NS)	1,2 (NS)	-3,8 (NS)
Auch	-6,9 (NS)	-0,8 (NS)	2,4 (NS)	-0,8 (NS)
Montpellier-Maugio	-13,5 (NS)	-7,5 (NS)	-4,9 (NS)	-0,1 (NS)
Anglars-Juillac	-6,2 (NS)	7,2 (NS)	0,6 (NS)	-5,2 (NS)
Tarbes-Ossun	-5,4 (NS)	1,7 (NS)	2,5 (NS)	1,3 (NS)
Perpignan	-4,7 (NS)	4,6 (NS)	-5,8 (NS)	-7,6 (NS)
Lavaur	-8,1 (S)	3,2 (NS)	-1,9 (NS)	-2,7 (NS)
Montauban	-5,2 (NS)	3,6 (NS)	2,3 (NS)	-7,8 (NS)

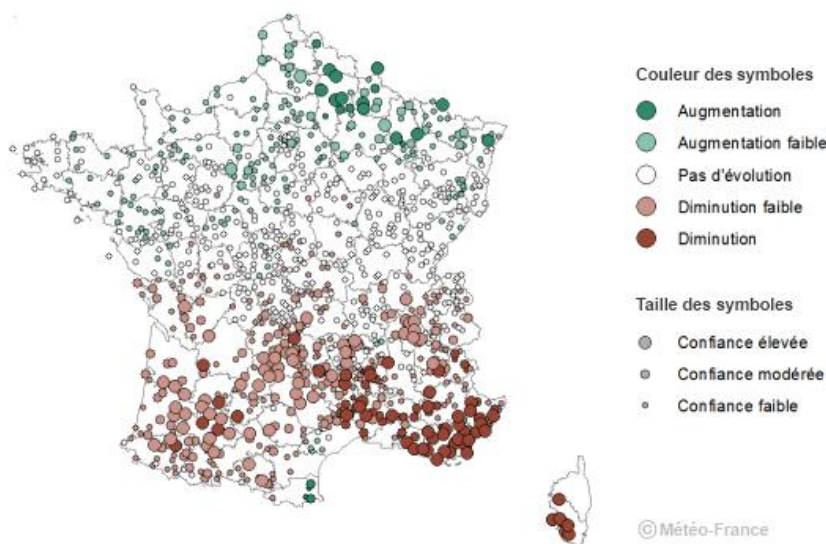
Evolution saisonnière des pluies en mm par décennie (S = Significatif ; NS = Non significatif ; C= contradiction)

Les observations saisonnières complètent l'interprétation de la tendance annuelle non significative des cumuls de précipitations. Seule la station de Lavaur en hiver montre une tendance significative.

Sans être significative, on observe une baisse tendancielle sur l'ensemble des stations en hiver, une hausse sur au printemps (9 stations sur 12), une répartition pour moitié en hausse et moitié en baisse en été et une baisse en automne (9 stations sur 12).

Concernant les précipitations hivernales au niveau national, Météo-France a détecté une légère augmentation des précipitations hivernales au nord de la France et une diminution plus ou moins marquée dans la moitié sud de la France. Cette diminution est accentuée sur le pourtour méditerranéen.

Evolution observée du cumul hivernal de précipitations sur la période 1959-2009



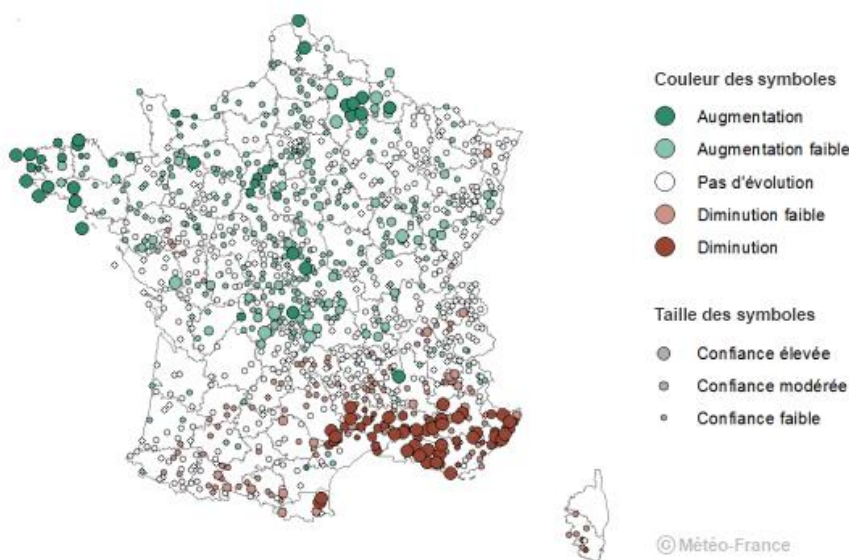
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement Climatique

Sur la période estivale, les précipitations estivales présentent une légère augmentation sur une grande moitié nord du Pays et une baisse dans la moitié sud. La baisse est accentuée sur le pourtour méditerranéen.

Evolution observée du cumul estival de précipitations sur la période 1959-2009



Il s'agit de cumuls trimestriels de précipitations, qui par conséquent ne décrivent en rien les modalités de ces précipitations (nombre d'épisodes pluvieux, pluies intenses, nombre de jours consécutifs sans pluie, etc.).

L'évolution observée des précipitations se distingue de l'évolution observée des températures par l'absence d'une tendance statistiquement significative.

A retenir

- ✓ Les observations saisonnières des cumuls de précipitations n'ont pas de tendances significatives, à l'exception de la station de Lavour en hiver avec une baisse de 8,1 mm par décennie.
- ✓ Sans être significative, on observe une baisse tendancielle des précipitations sur les stations pour les mois de janvier, février et mars et octobre, novembre, décembre.

Note statistique : sur ce jeu de données deux tests statistiques ont été réalisés: régression linéaire et test de tendance non paramétrique de Mann Kendall.

Pour en savoir plus

MOISSELIN J.M, SCHNEIDER M., CANELLAS M., MESTRE O. (2002) : Les changements climatiques en France au XXeme siecle : etude des longues series homogeneisees de temperature et de precipitations, La Meteorologie n° 38, 45-56.

Soubeyroux J.-M., Neppel L., Veysseire J.-M., Trambly Y., Carreau J. and Gouget V. (2015): Evolution des précipitations extrêmes en France en contexte de changement climatique, La Houille Blanche, 1 27-33.



Cumul saisonnier et annuel de l'ETP moyen

Nature et source des données

Séries quotidiennes fournies par Météo France de 1993 à 2020

Indicateur

- Ariège (09) : 1993 à 2020
- Aude (11) : 1993 à 2020
- Aveyron (12) : 1993 à 2020
- Gard (30) : 1993 à 2020
- Haute-Garonne (31) : 1993 à 2020
- Gers (32) : 1993 à 2020
- Hérault (34) : 1993 à 2020
- Lot (46) : 1993 à 2020
- Lozère (48) : 1993 à 2020
- Hautes-Pyrénées (65) : 1993 à 2020
- Pyrénées-Orientales (66) : 1993 à 2020
- Tarn (81) : 1993 à 2020
- Tarn-et-Garonne (82) : 1993 à 2020

Calcul de l'indicateur

- Cumul saisonnier de l'ETP moyen par maille pour les 13 départements de l'Occitanie (Hiver : décembre à février ; Printemps : mars à mai ; Été : juin à août ; Automne : septembre à novembre).
- L'ÉvapoTranspiration Potentielle provient d'une grille d'environ 12 km (0,125° x 0,125°). L'ETP est obtenue à partir de la formule de Penman au pas décadaire après interpolation spatiale des données observées nécessaires au calcul.
- Moyenne trentenaire du cumul saisonnier de l'ETP: 1993 à 2020.

Évolution observée

- En abscisse : Années
- En ordonnée : ETP moyenne annuelles

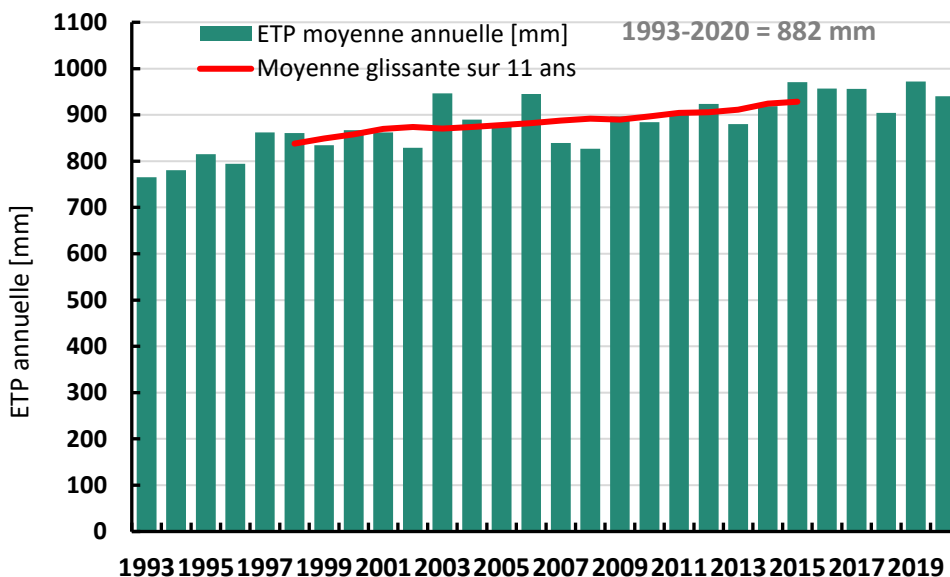
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



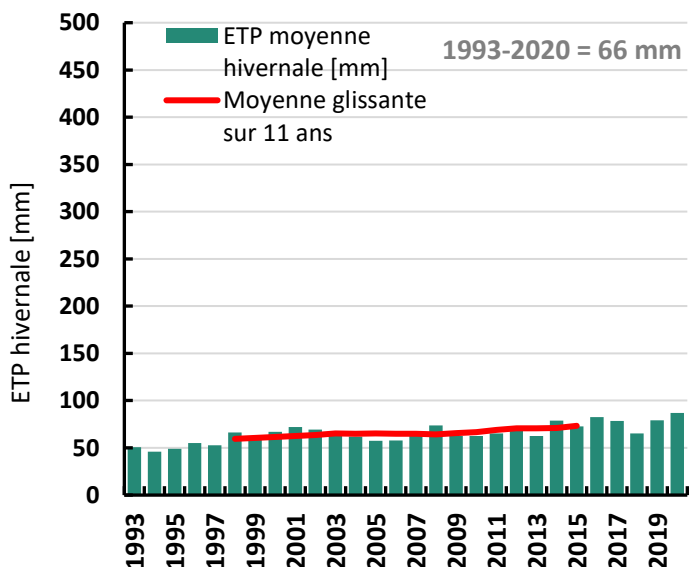
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Ariège (09)

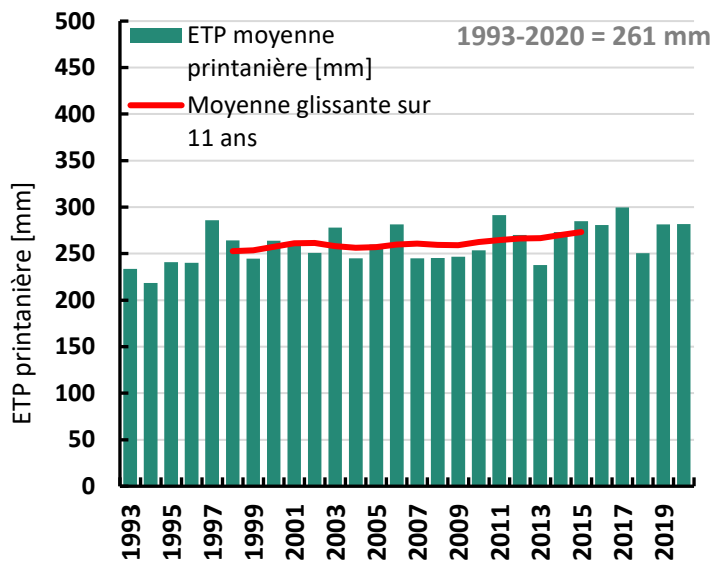
Annuel



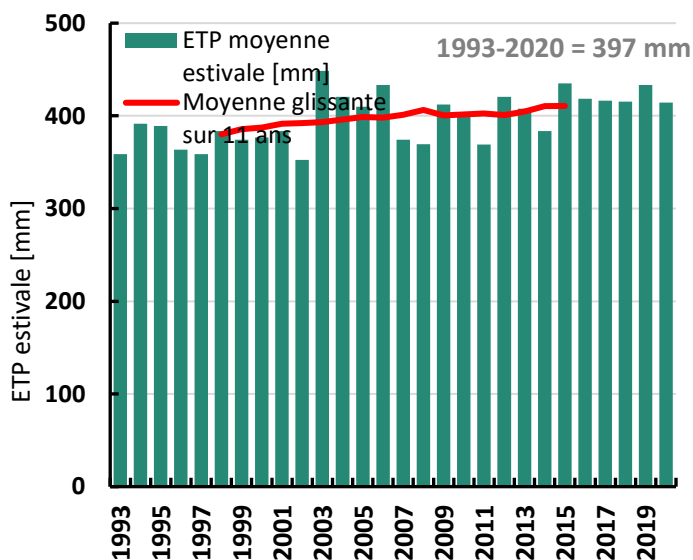
Hiver



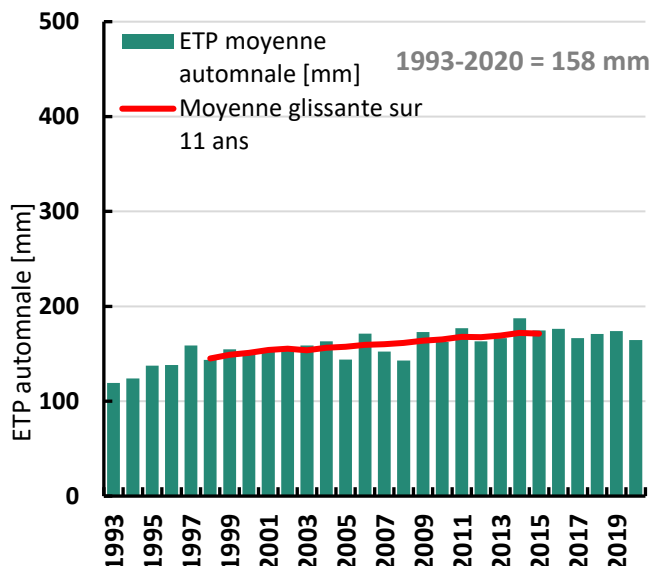
Printemps



Été



Automne



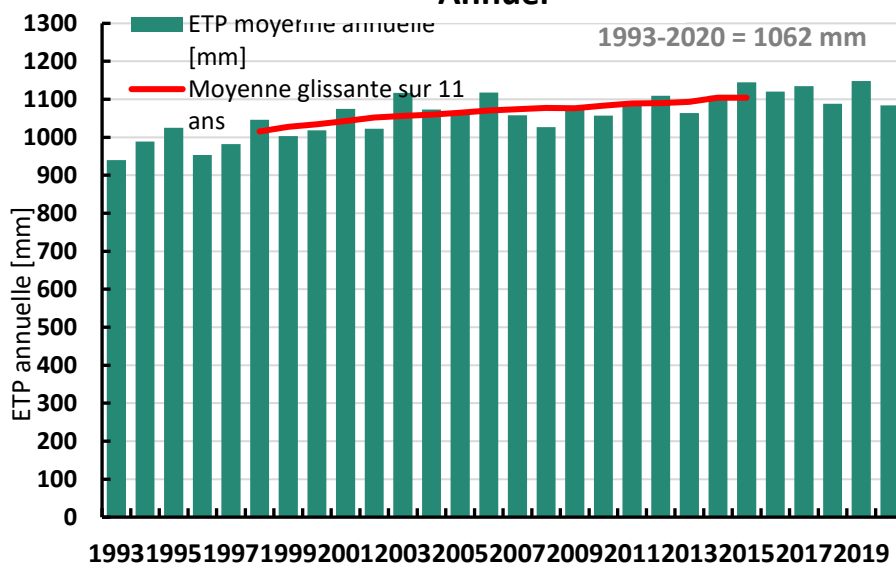
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



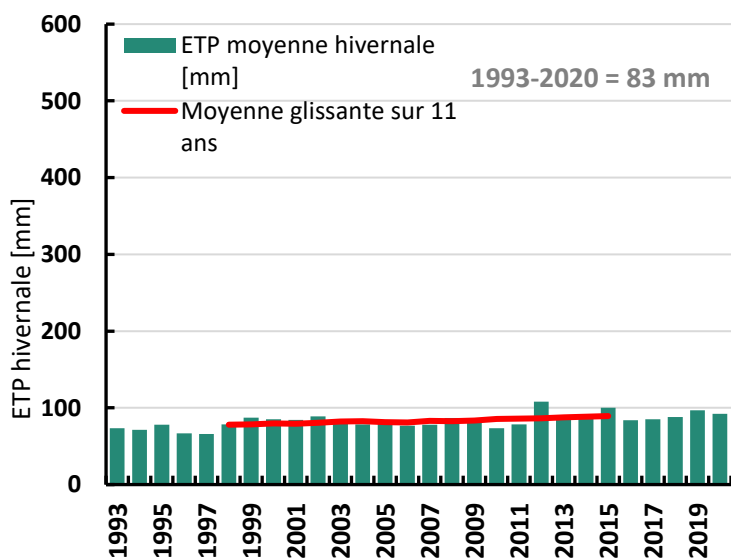
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Aude (11)

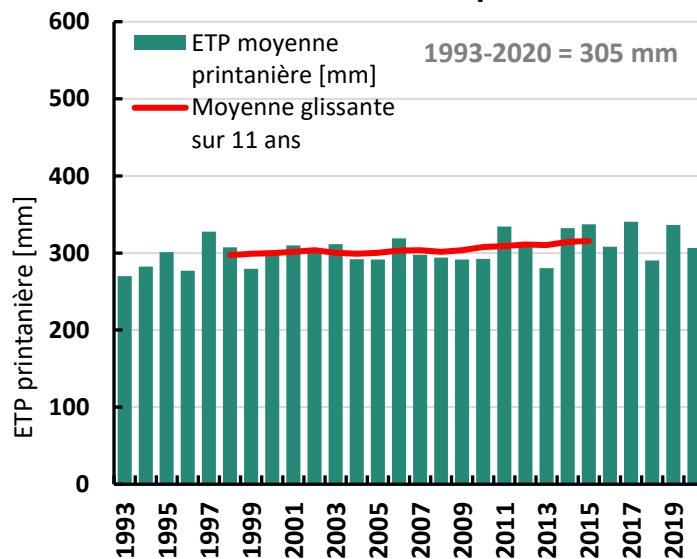
Annuel



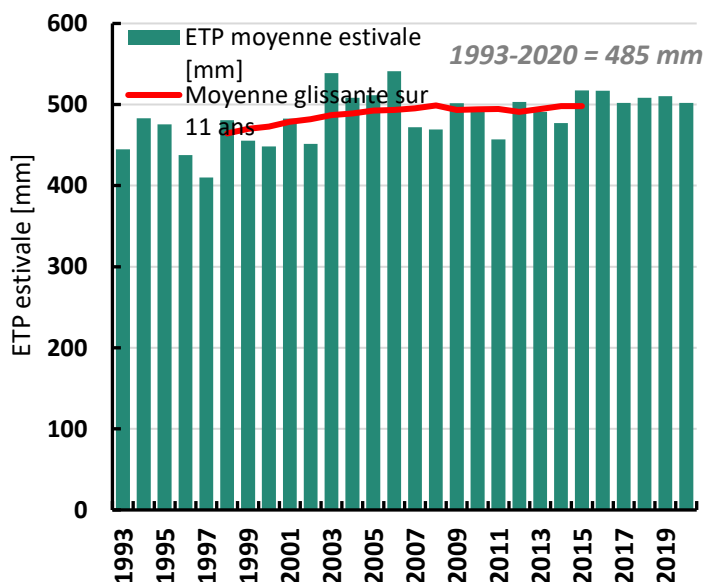
Hiver



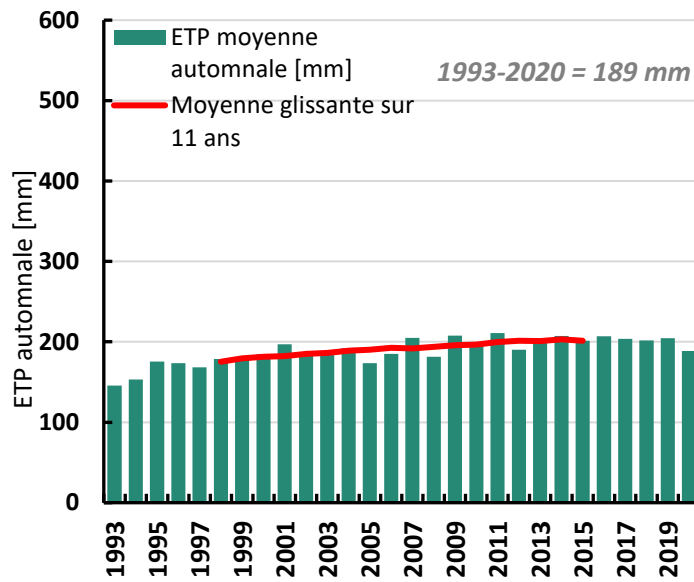
Printemps



Été



Automne



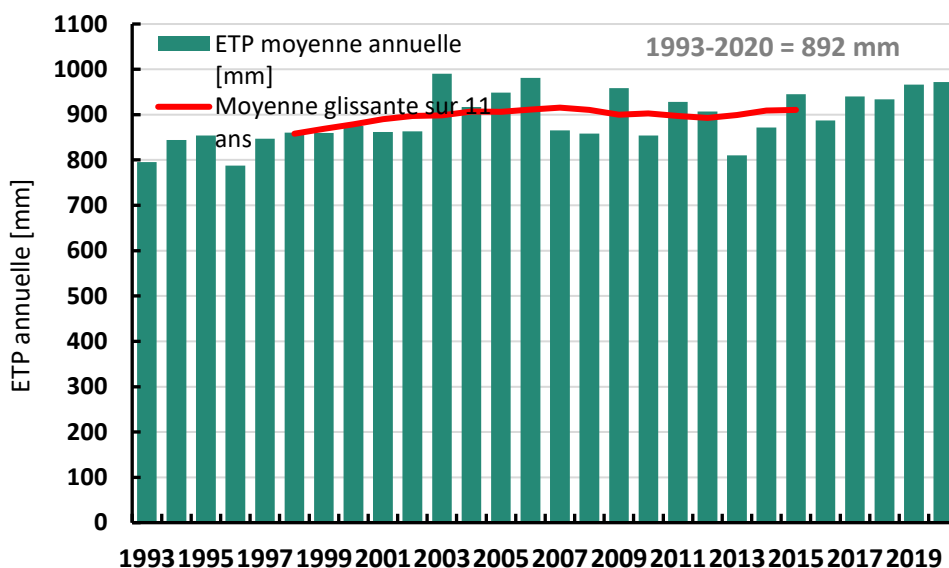
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



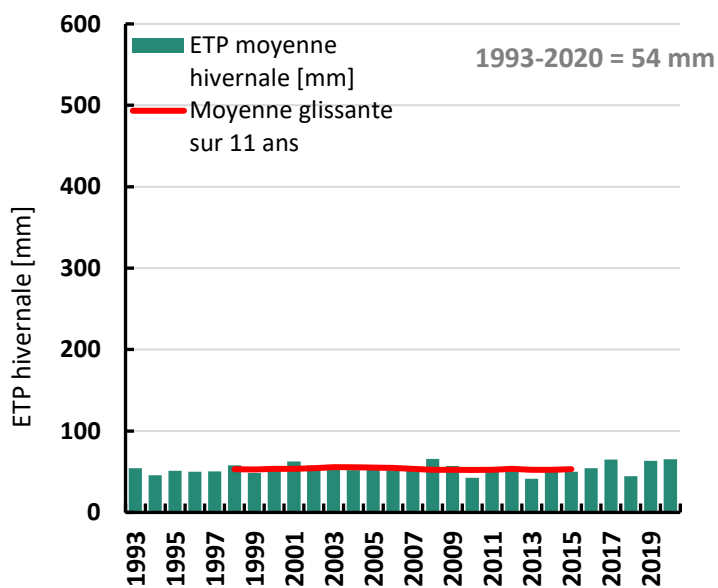
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Aveyron (12)

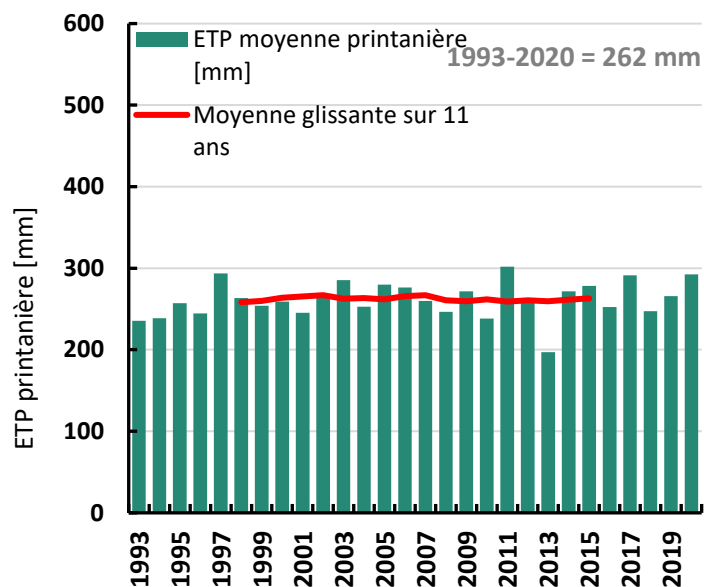
Annuel



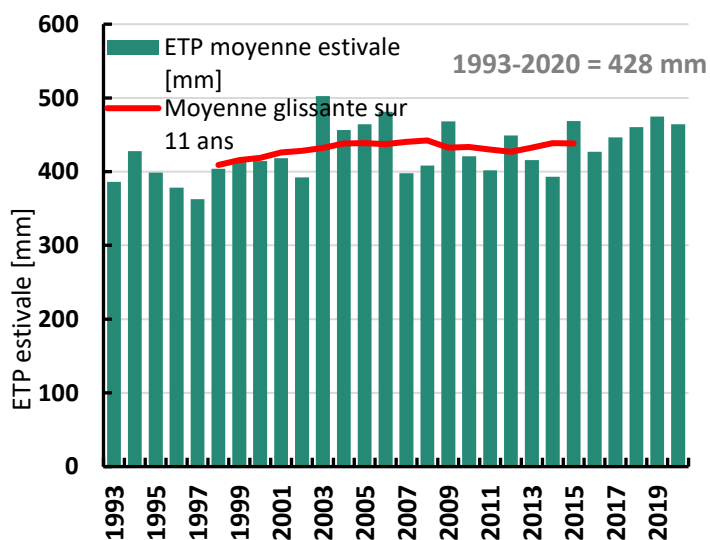
Hiver



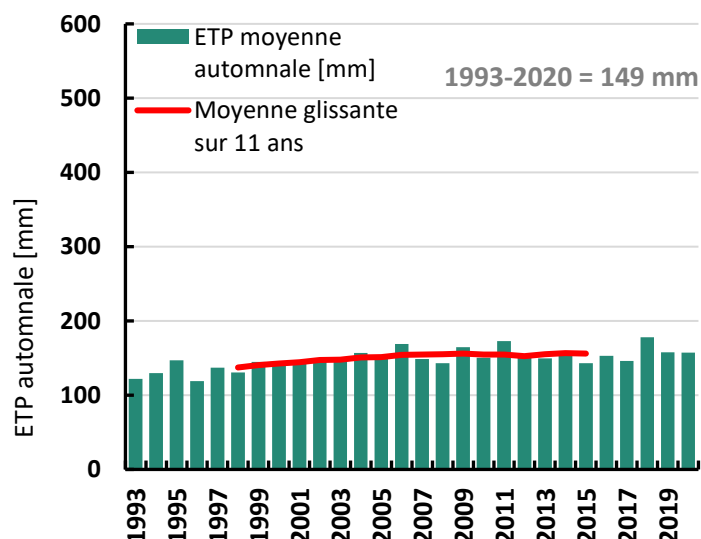
Printemps



Été



Automne



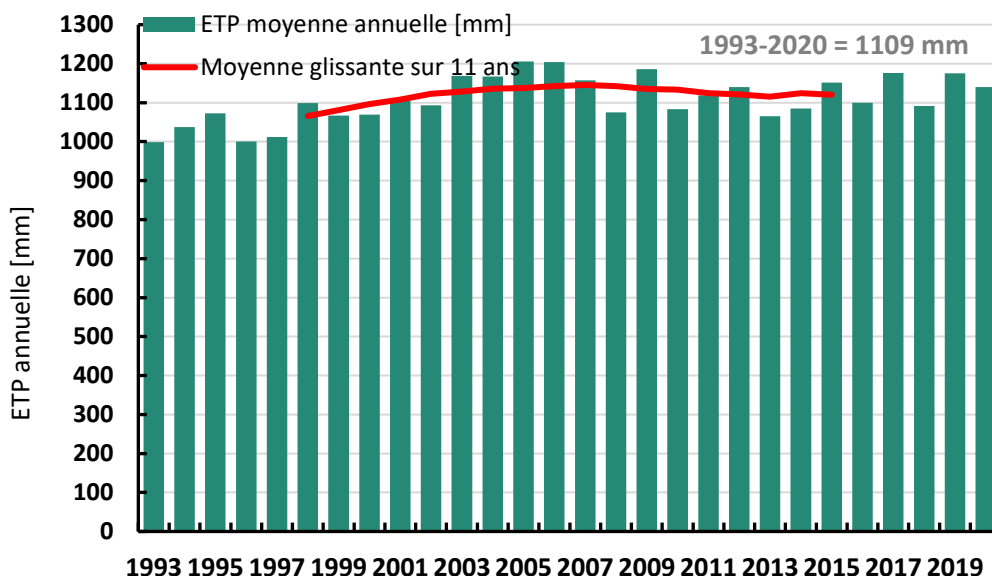
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



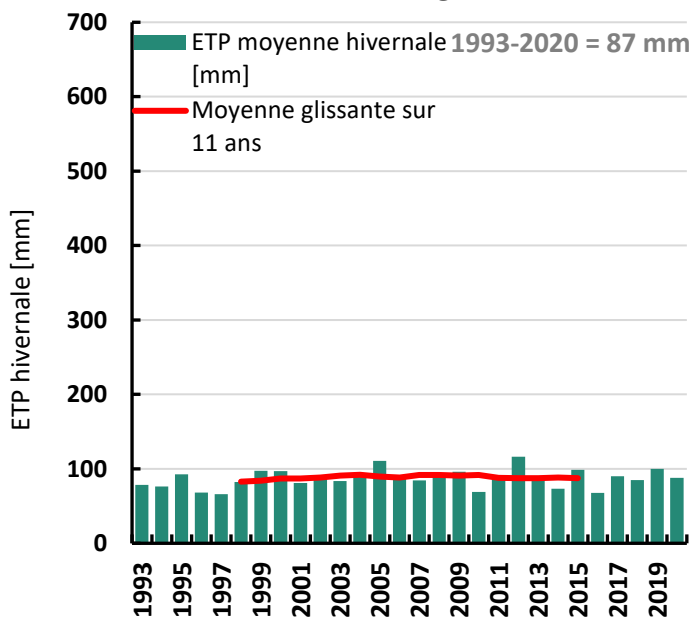
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Gard (30)

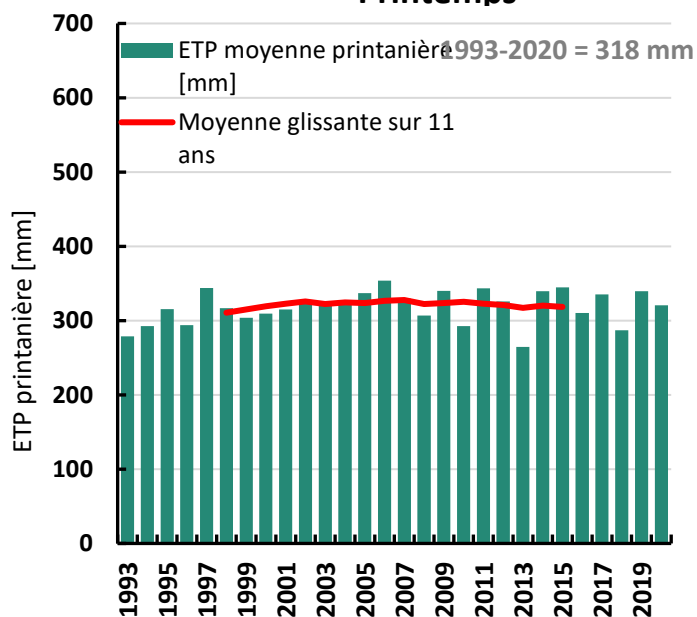
Annuel



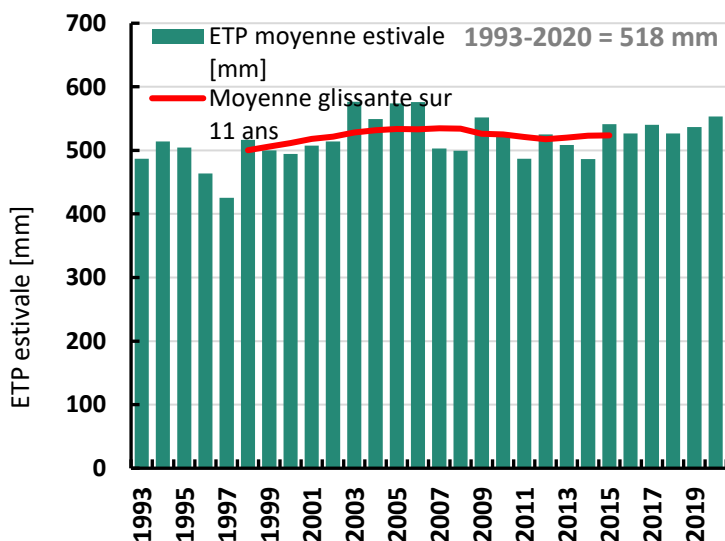
Hiver



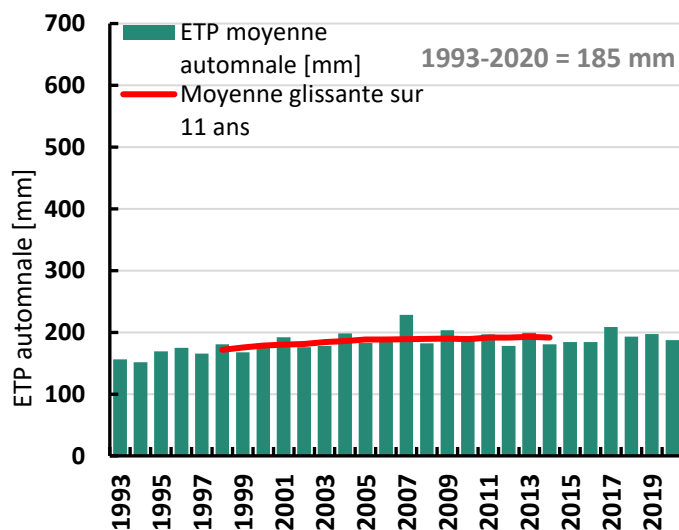
Printemps



Été



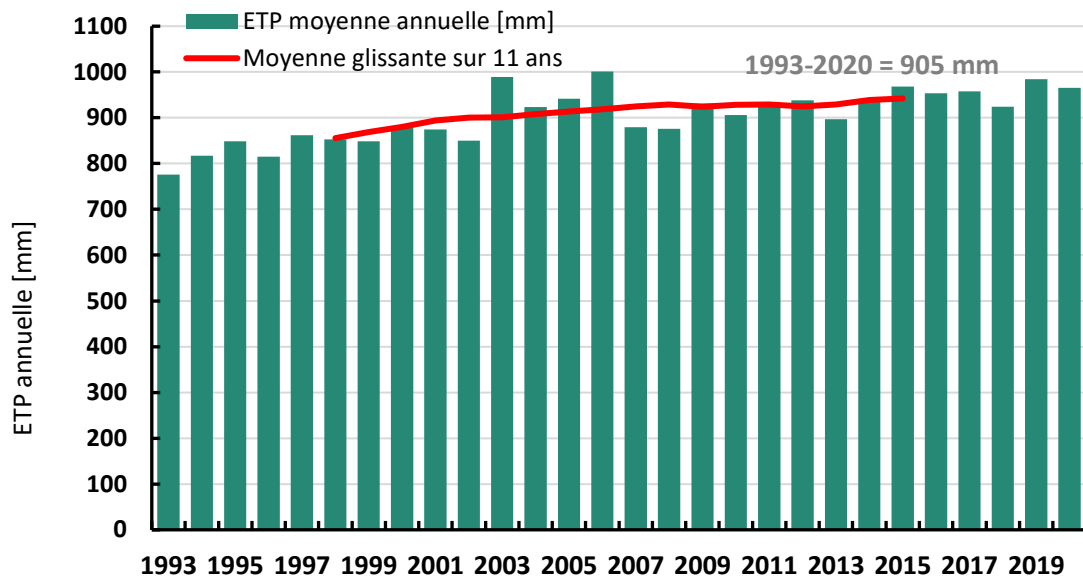
Automne



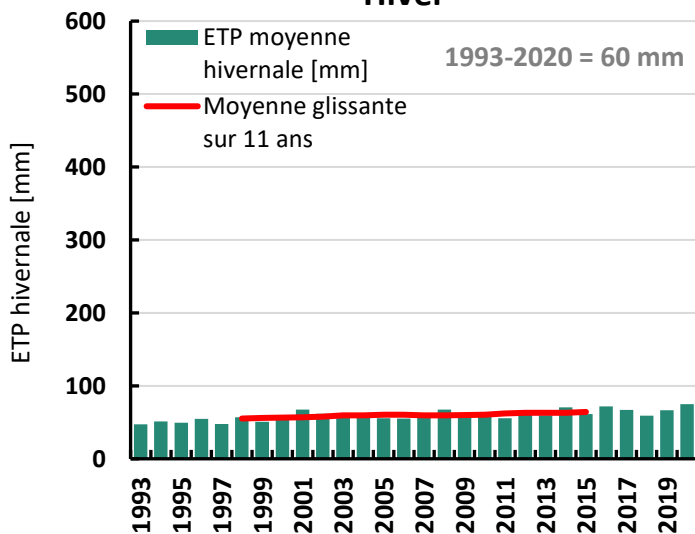


Haute-Garonne (31)

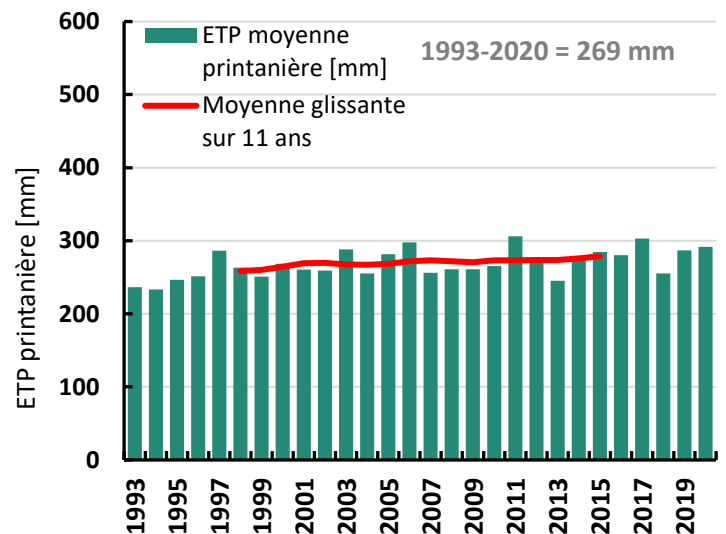
Annuel



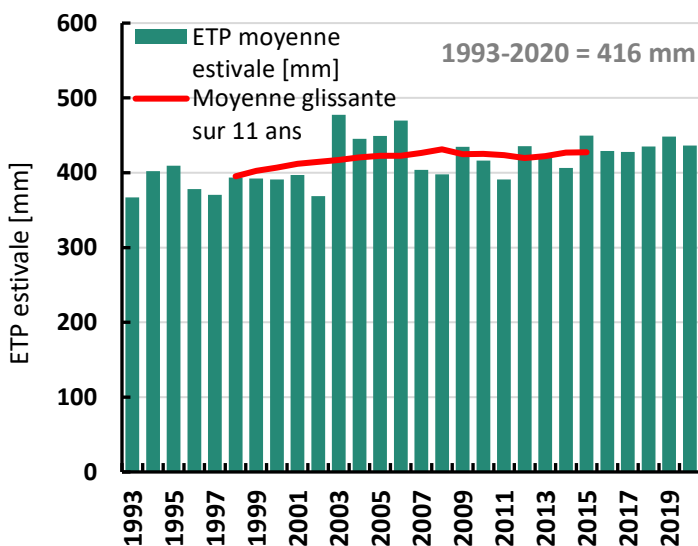
Hiver



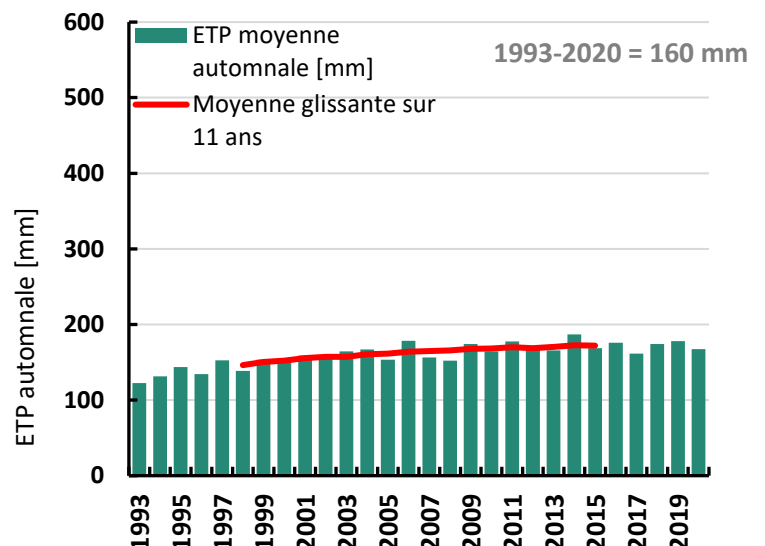
Printemps



Été



Automne



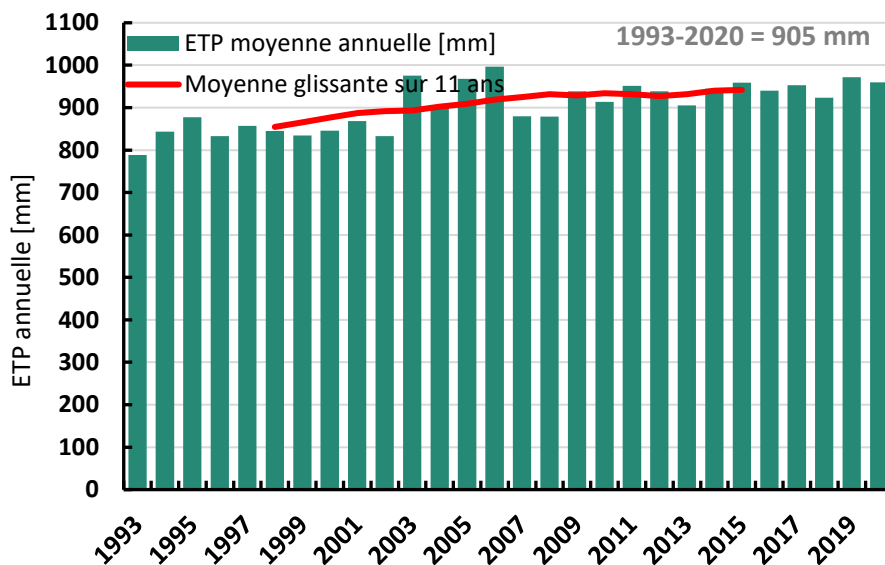
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



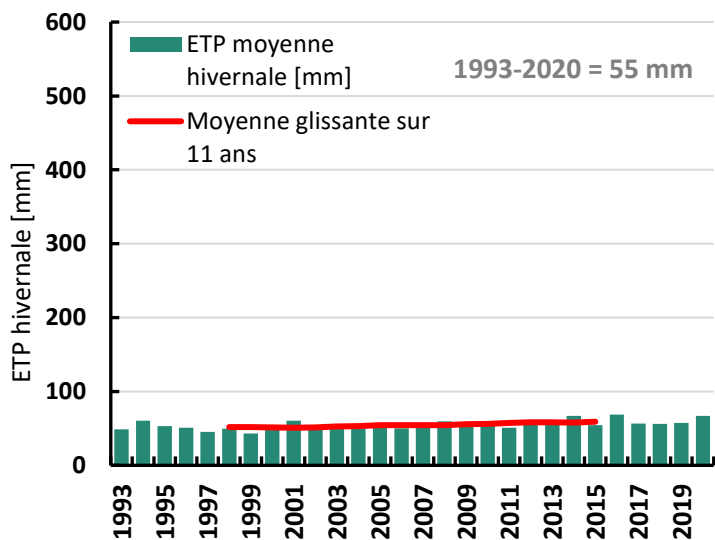
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Gers (32)

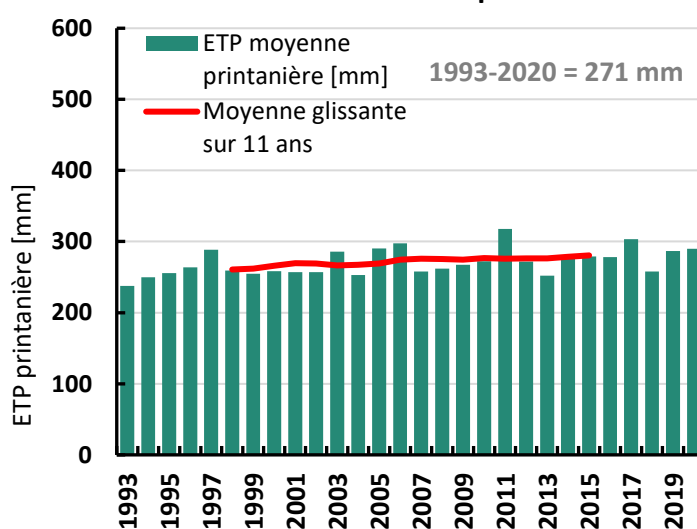
Annuel



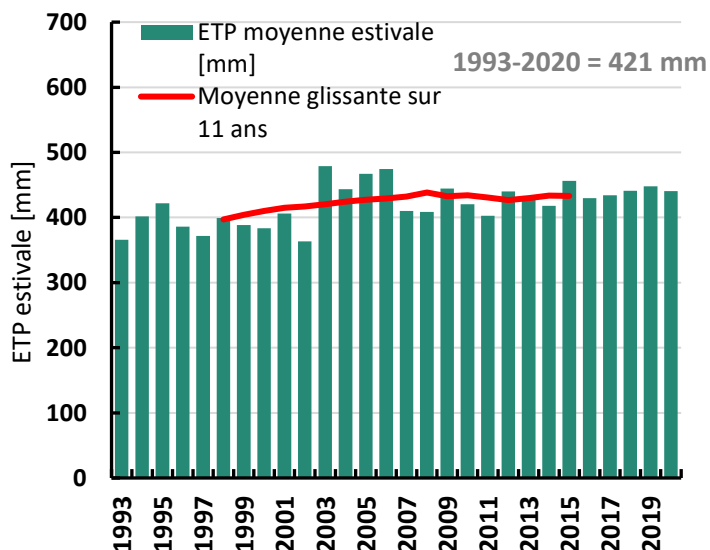
Hiver



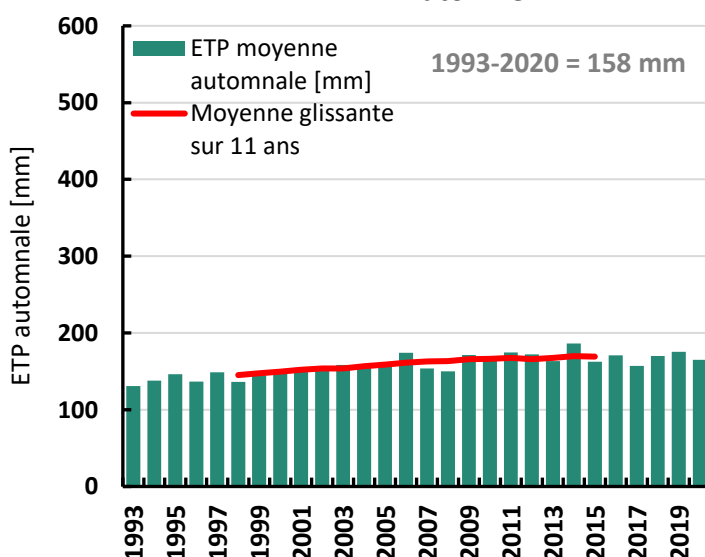
Printemps



Été



Automne



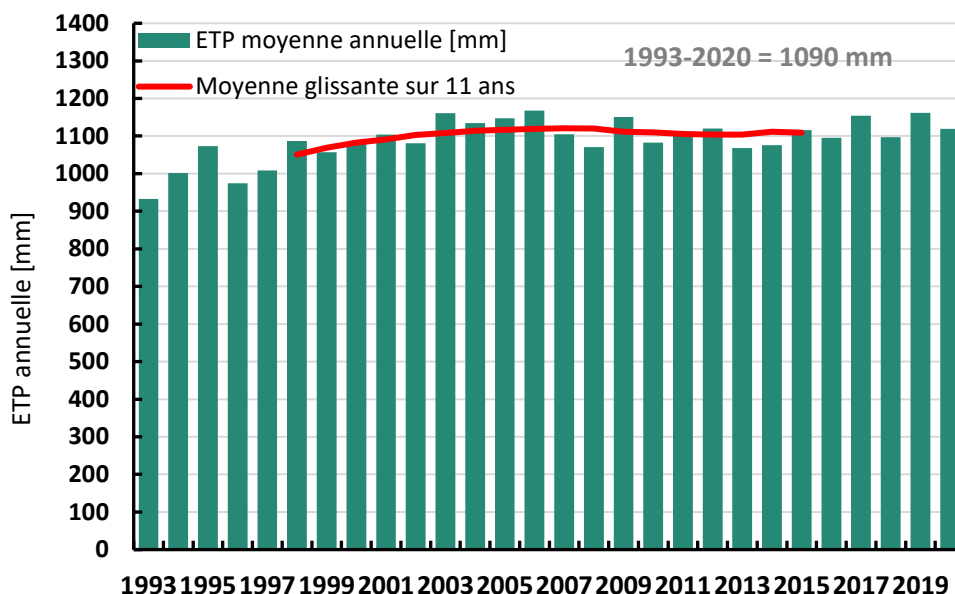
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



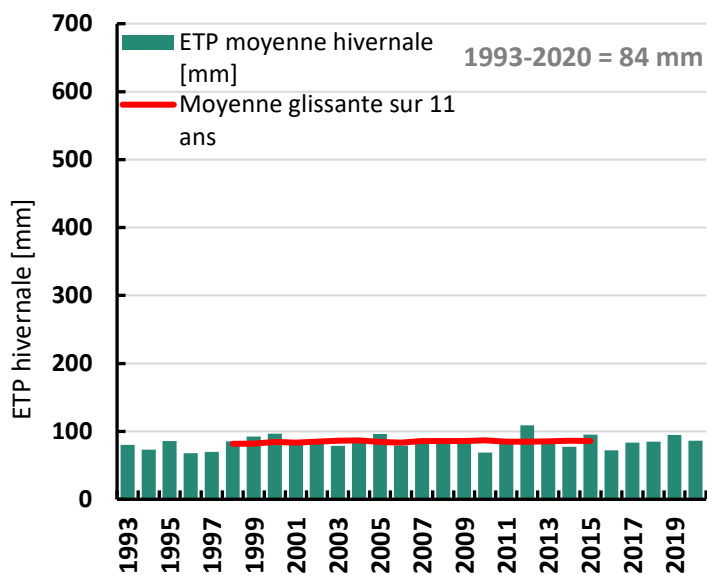
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Hérault (34)

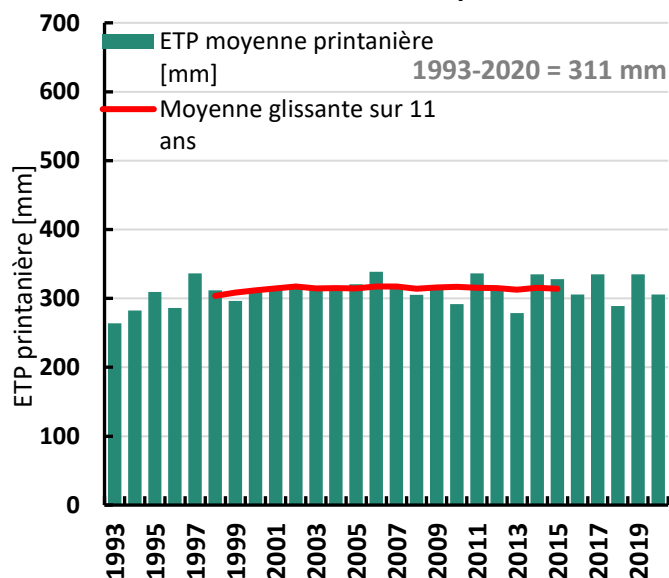
Annuel



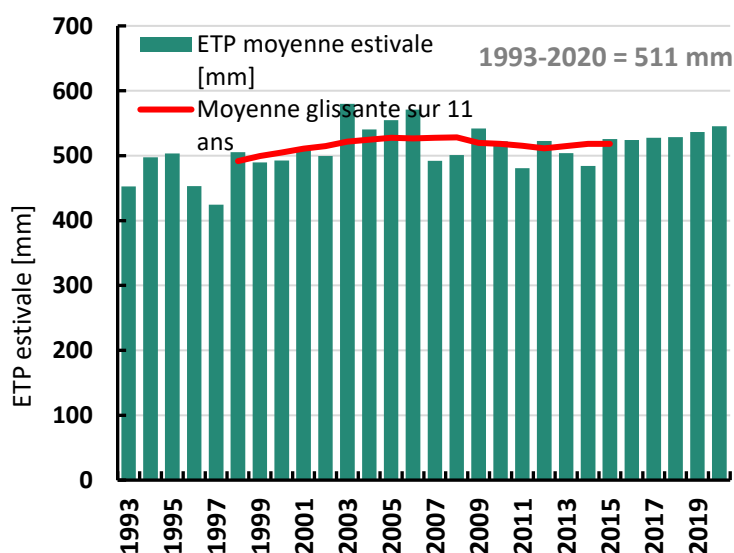
Hiver



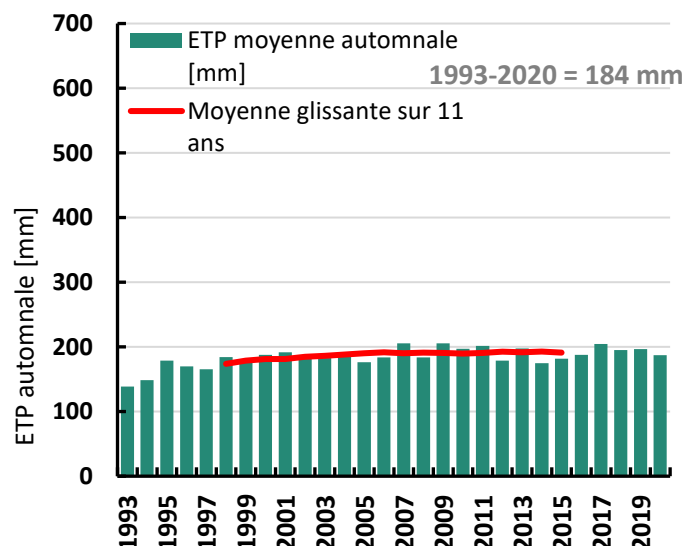
Printemps



Été



Automne



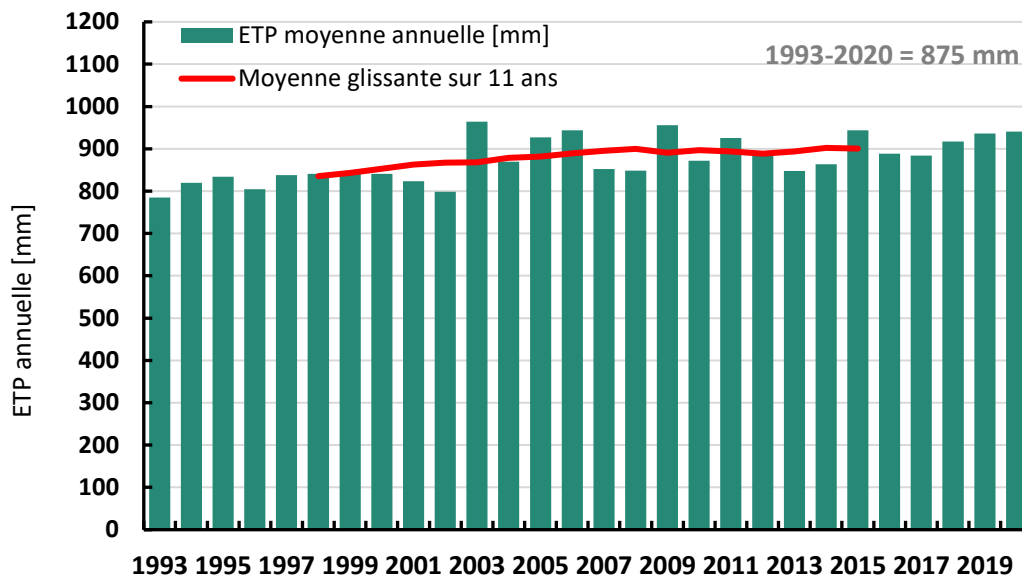
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



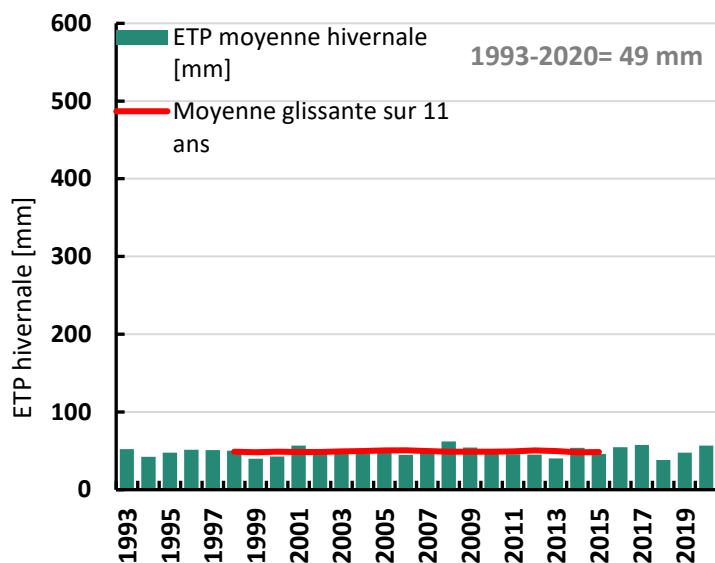
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Lot (46)

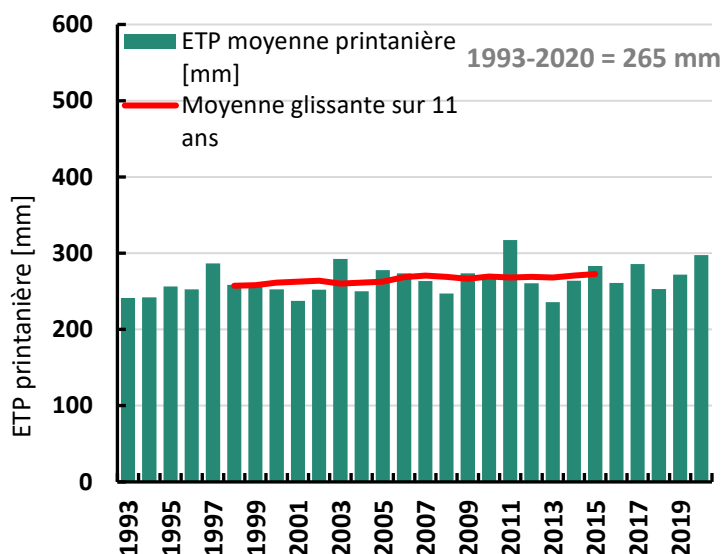
Annuel



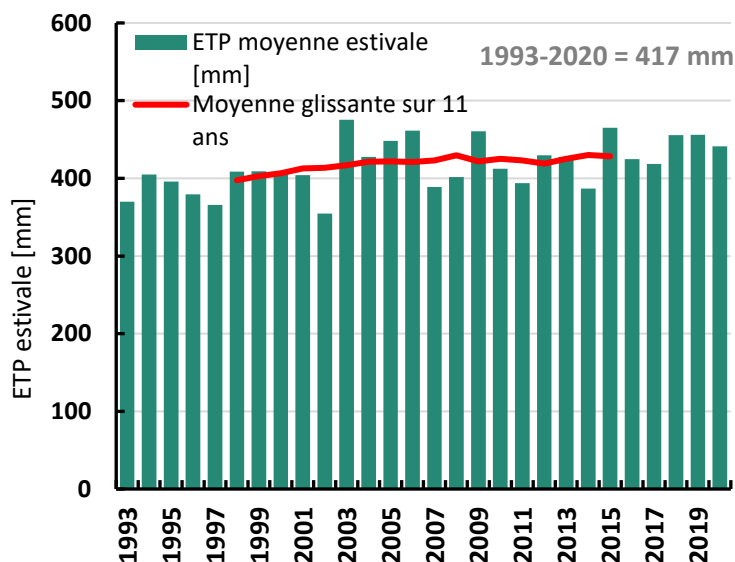
Hiver



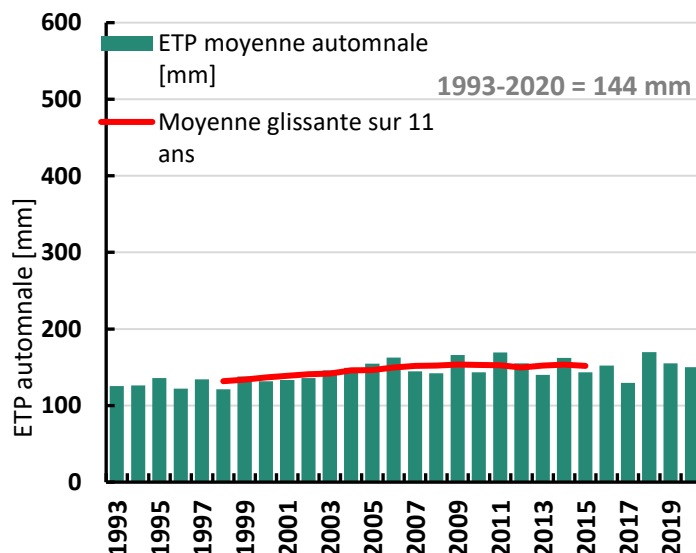
Printemps



Été



Automne



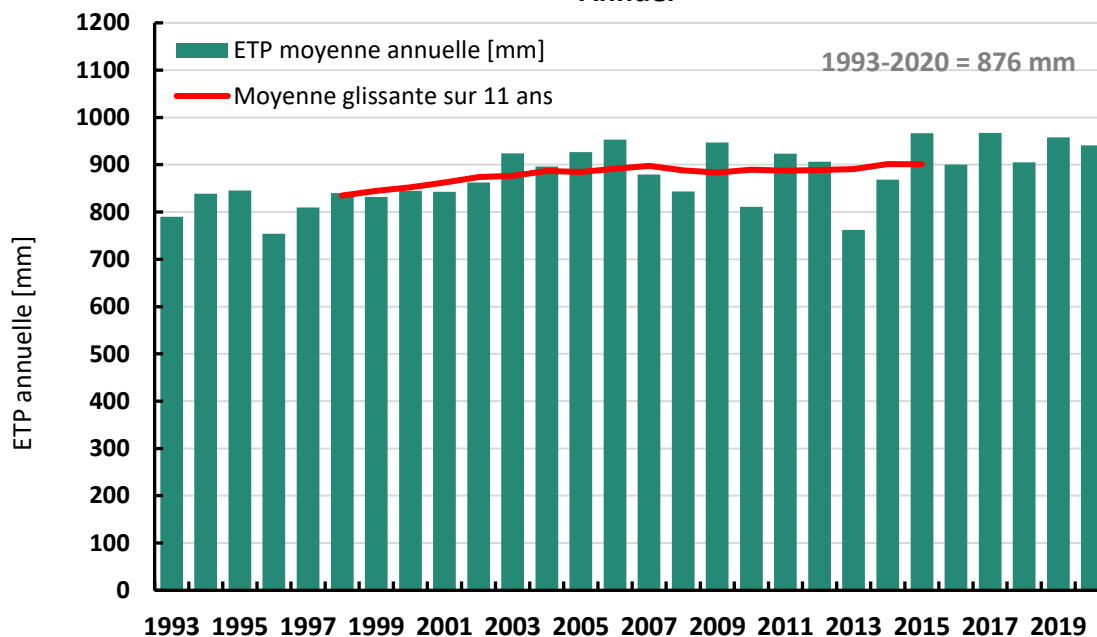
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



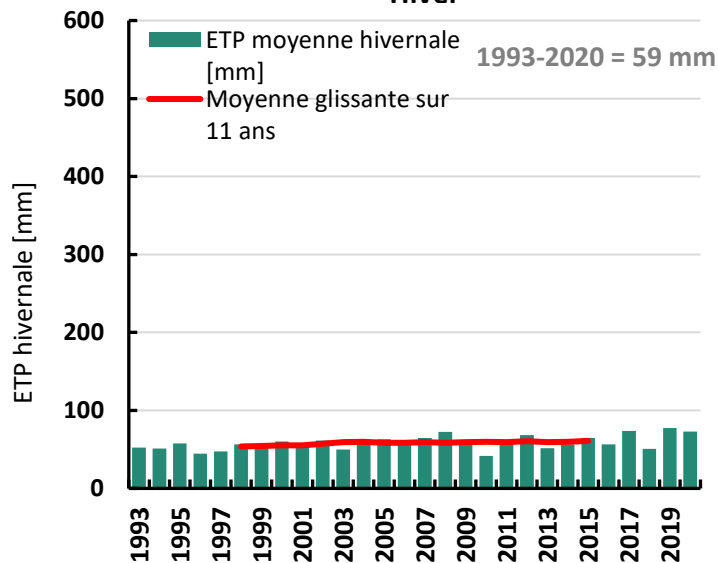
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Lozère (48)

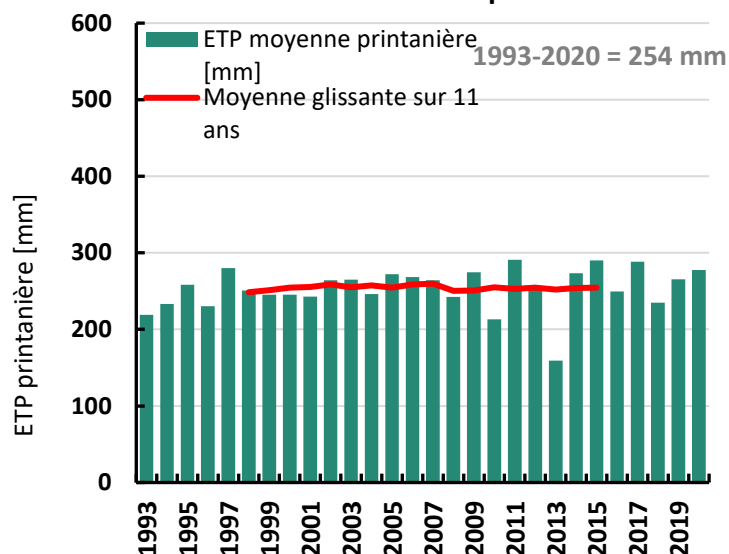
Annuel



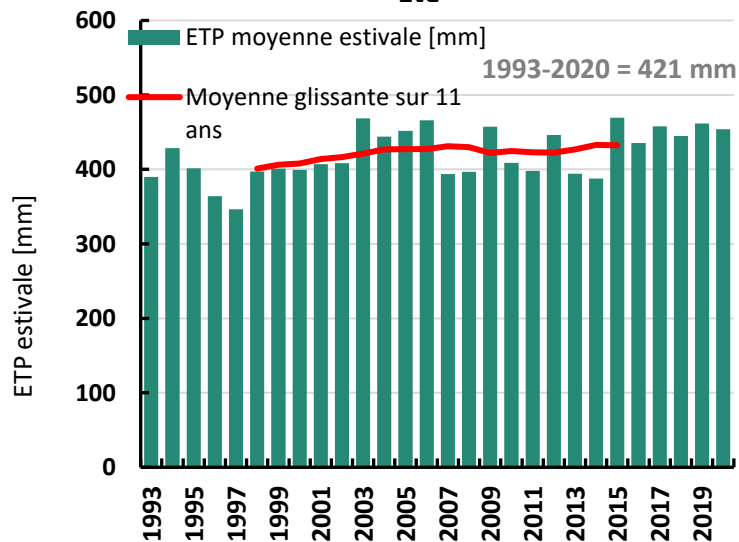
Hiver



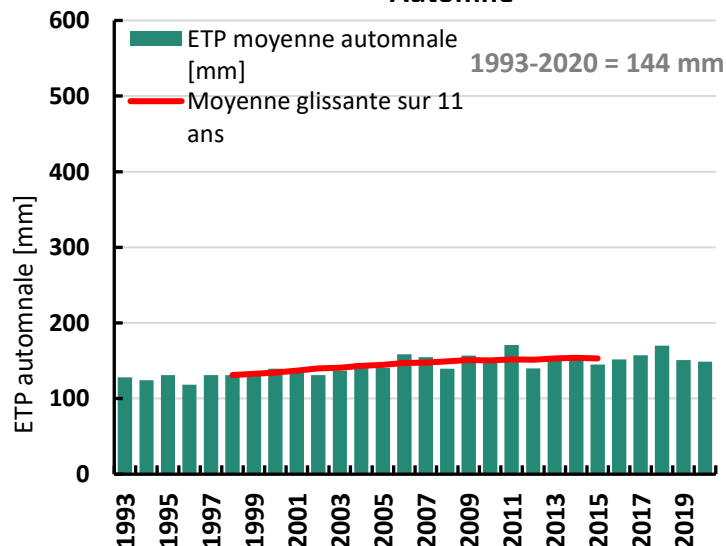
Printemps



Été



Automne



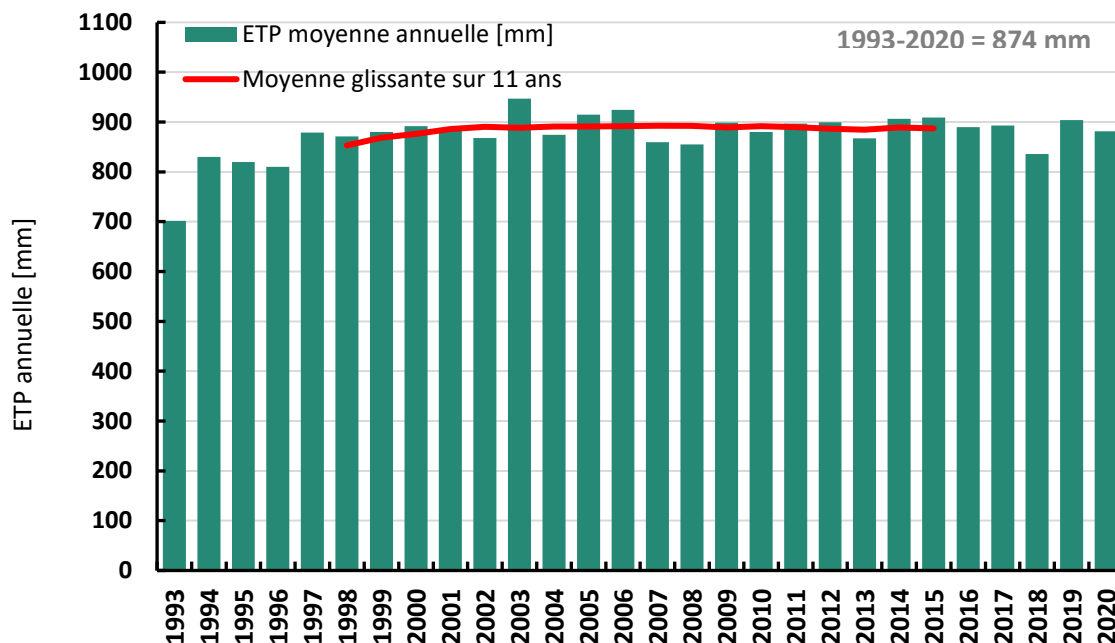
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



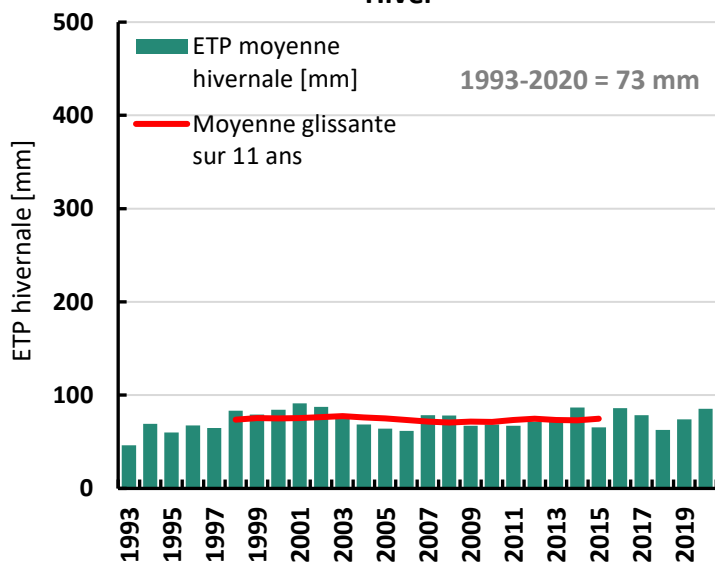
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Hauts-Pyrénées (65)

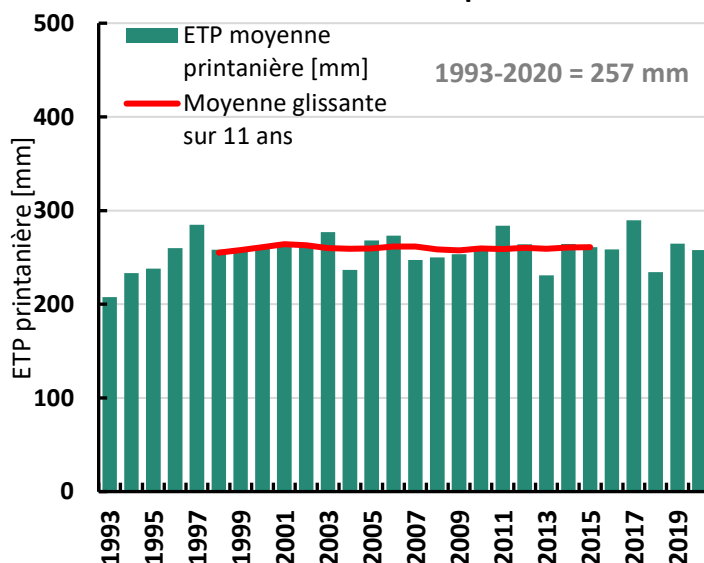
Annuel



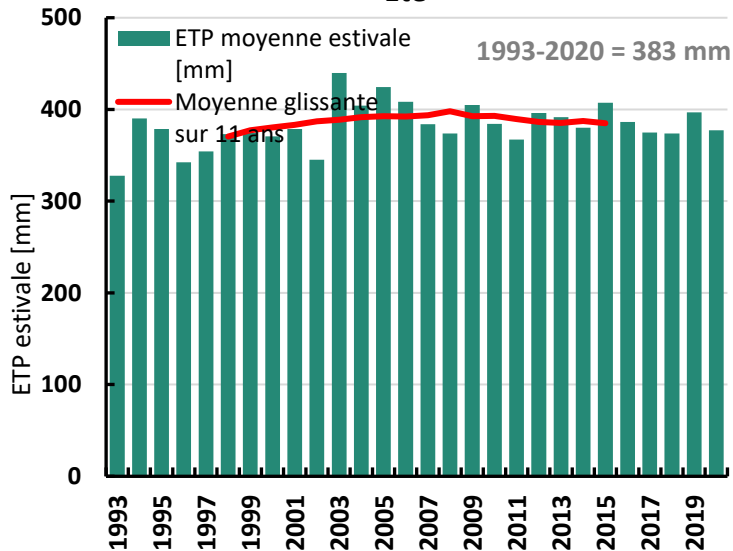
Hiver



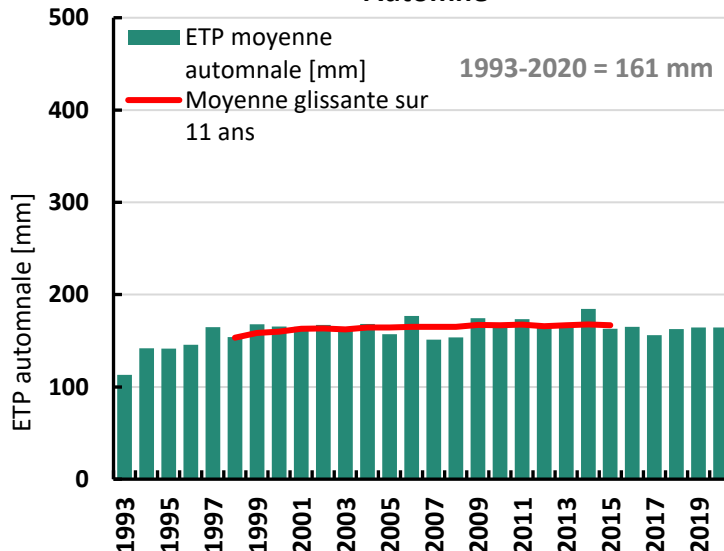
Printemps



Été



Automne



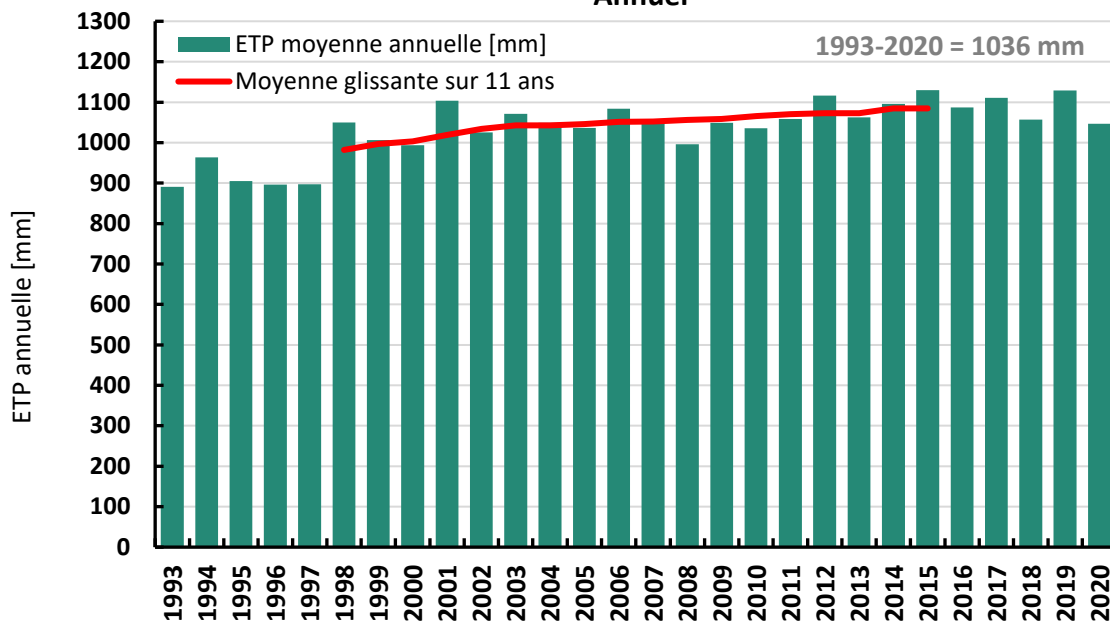
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



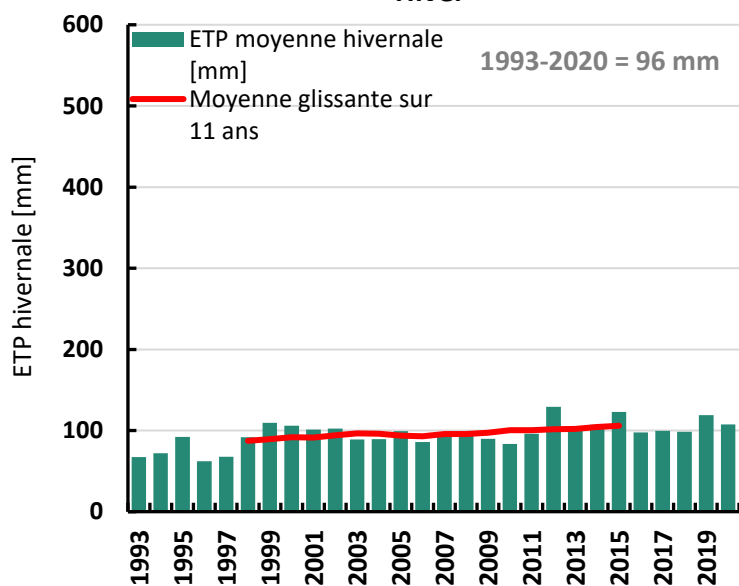
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Pyrénées-Orientales (66)

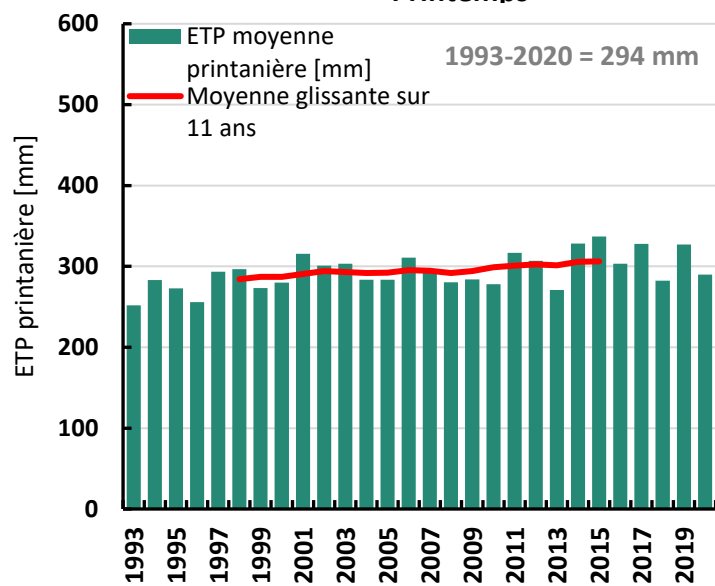
Annuel



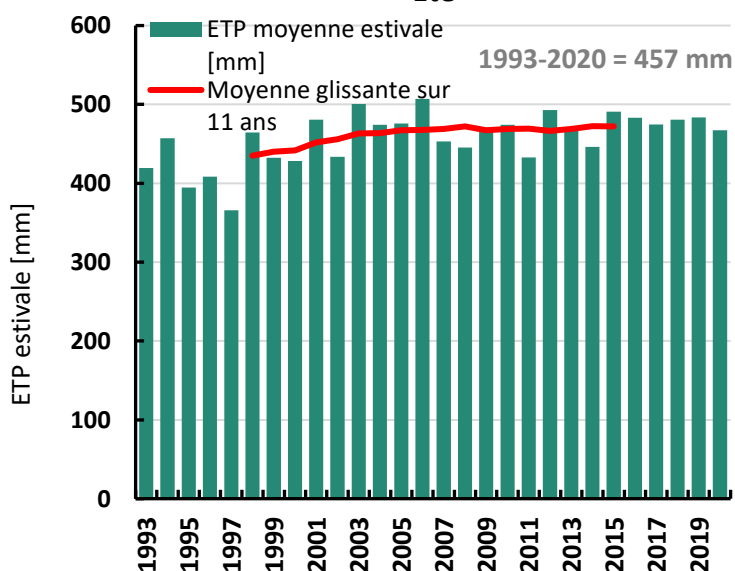
Hiver



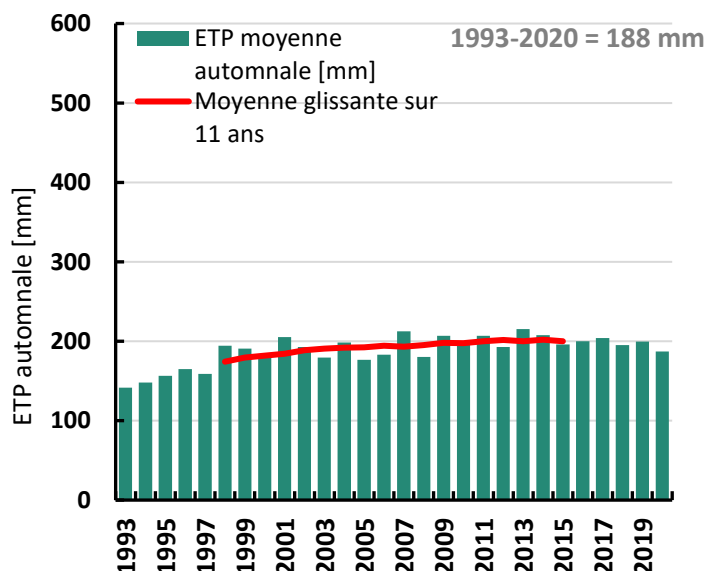
Printemps



Été



Automne



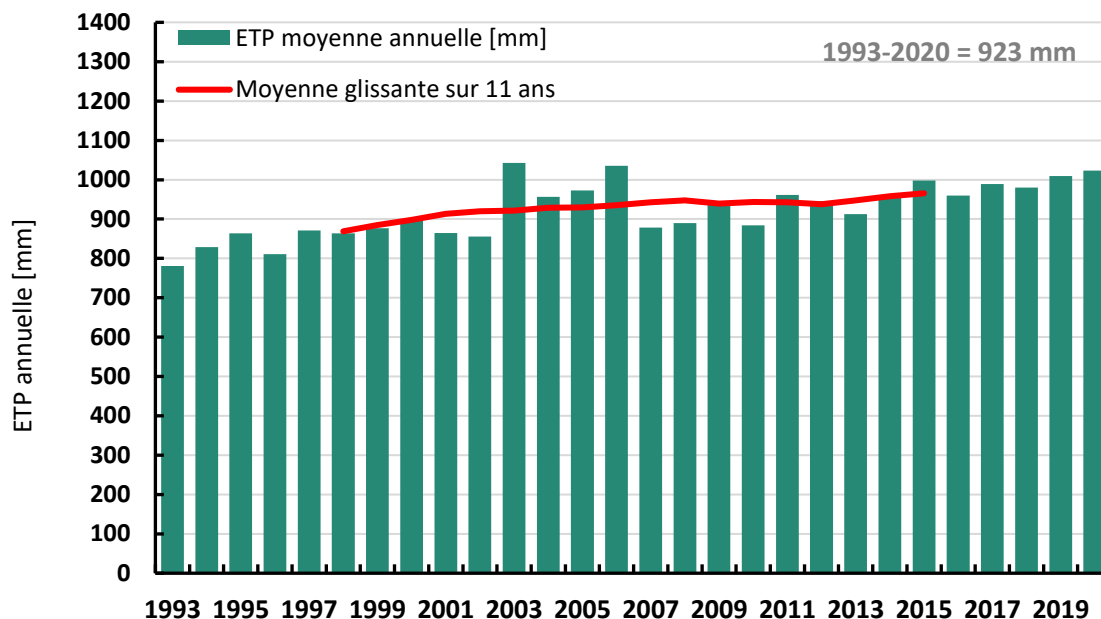
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



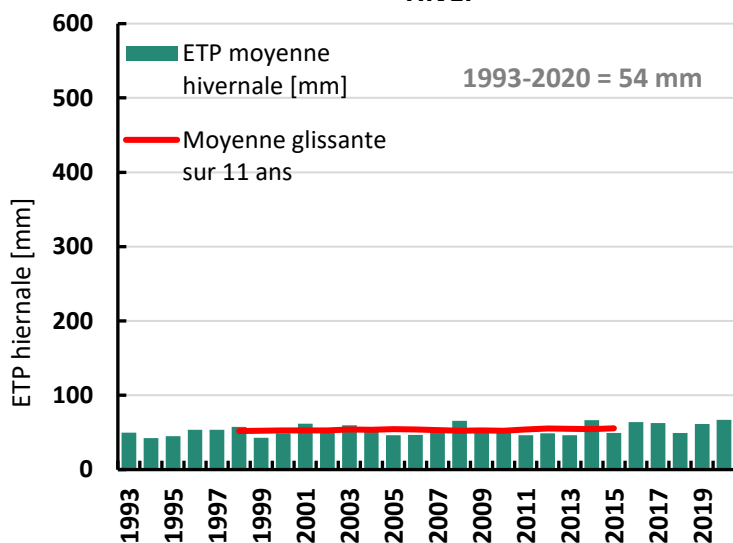
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Tarn (81)

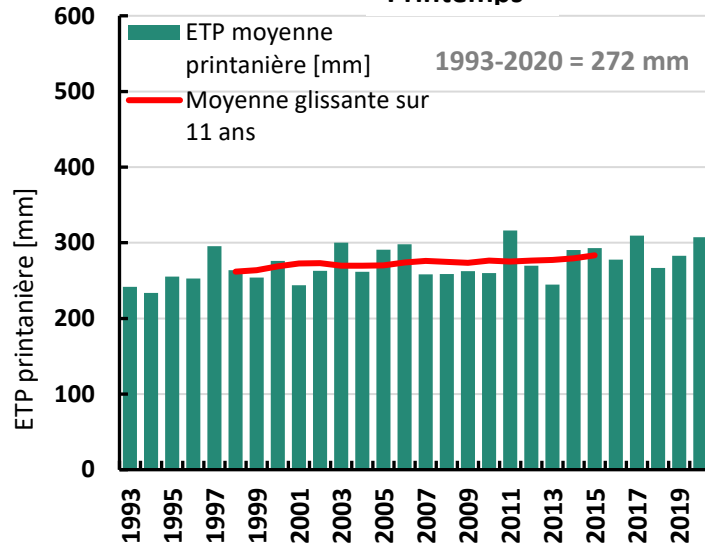
Annuel



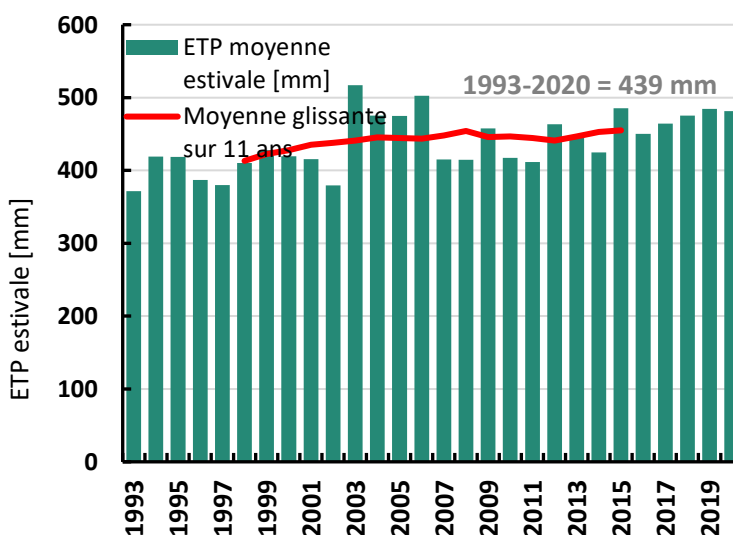
Hiver



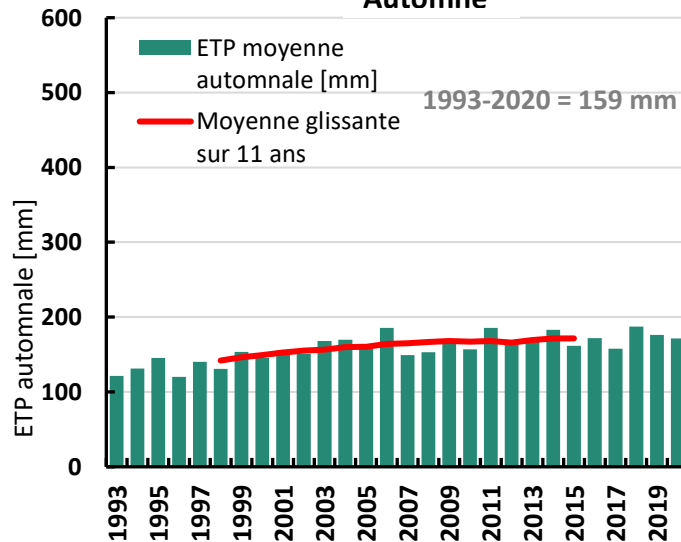
Printemps



Été



Automne



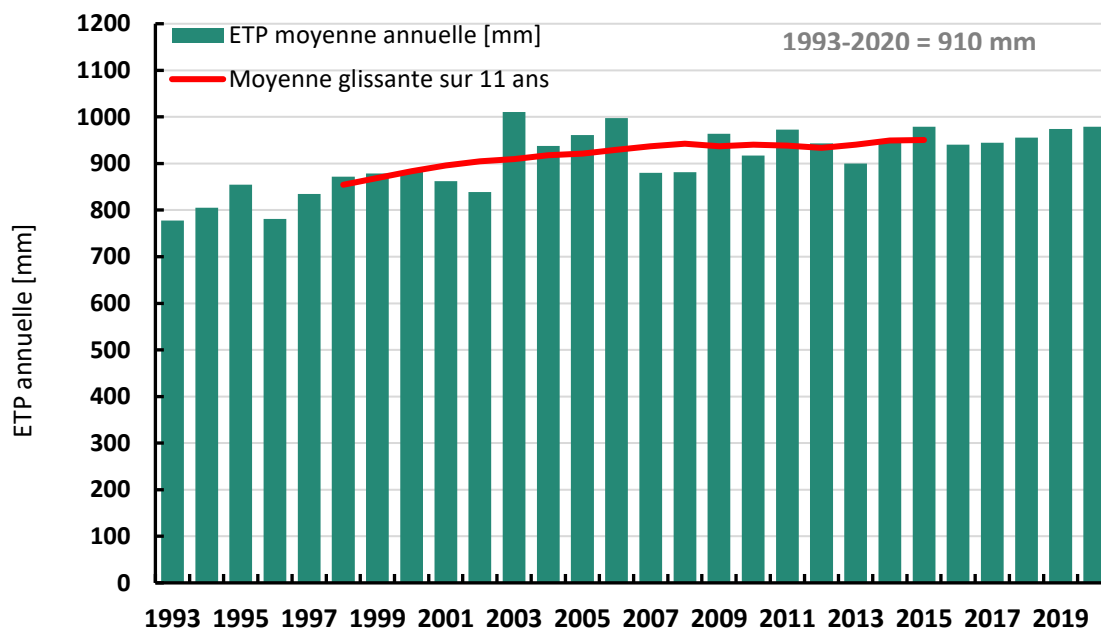
1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



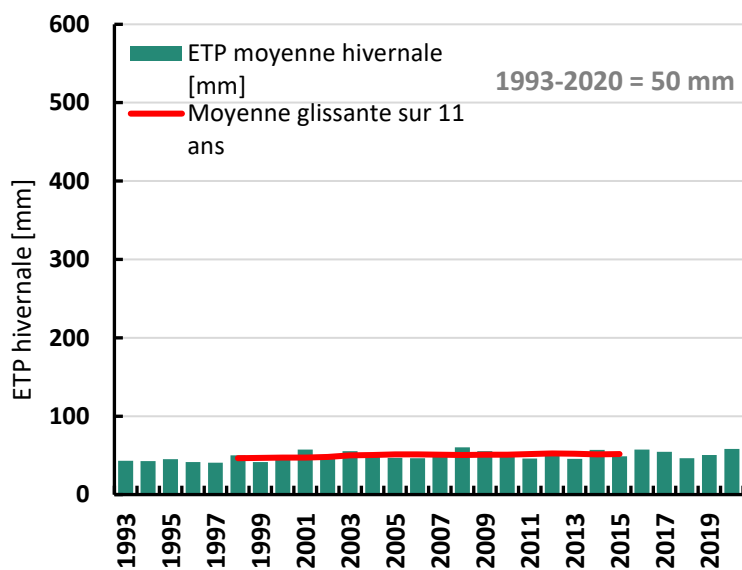
Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Tarn-et-Garonne (82)

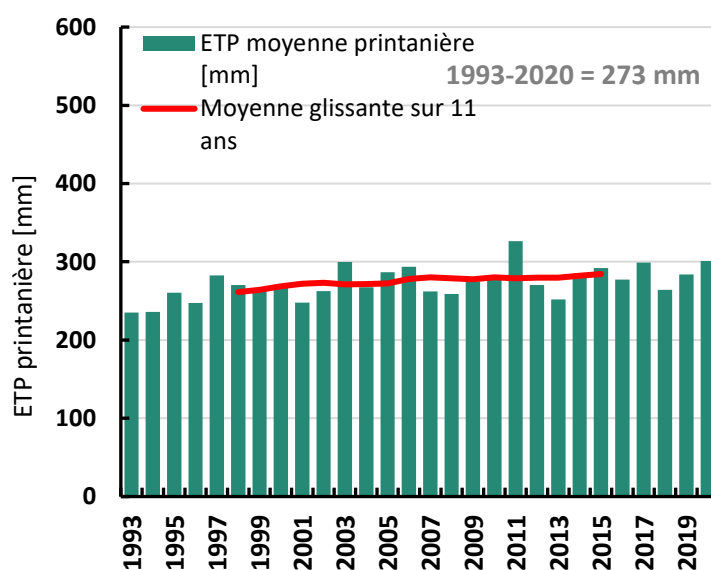
Annuel



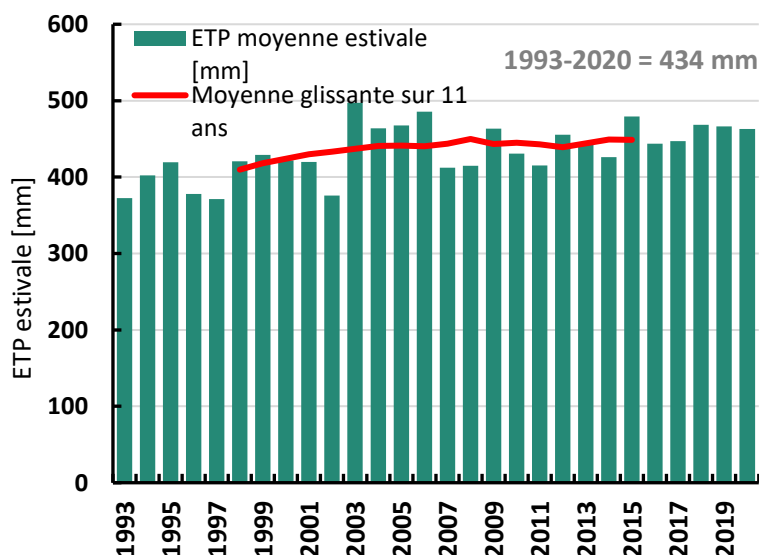
Hiver



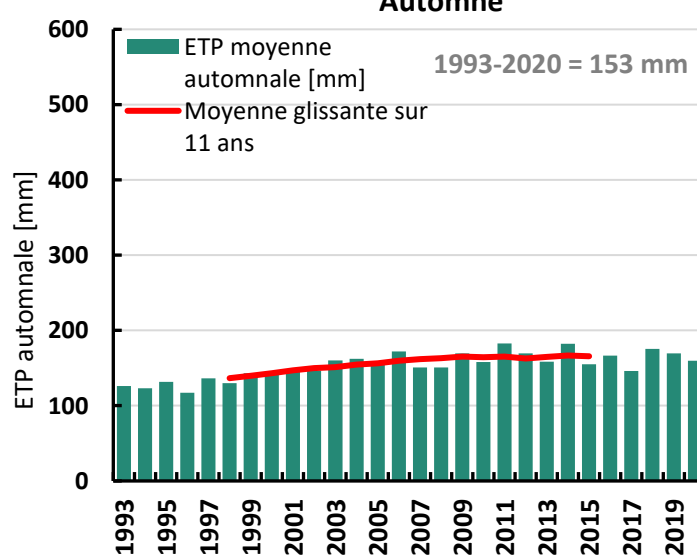
Printemps



Été



Automne



1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Préambule :

L'évapotranspiration peut être définie comme « l'ensemble de la combinaison de tous les processus par lesquels l'eau du sol est transférée dans l'atmosphère, l'évaporation provenant de l'eau à la surface du sol et de l'eau interceptée par les plantes plus celle transpirée par leurs organes aériens » (Tsé, 1999).

L'évaporation potentielle (ETP) ou l'évaporation de référence décrite par la FAO : « l'évapotranspiration d'un couvert végétal bas, contenu et homogène dont l'alimentation en eau n'est pas limitante et qui n'est soumis à aucune limitation d'ordre nutritionnel, physiologique ou pathologique ».

L'ETP est ainsi un indicateur qui permet d'estimer les pertes effectives en eau des prairies et des terres arables et qui peut être calculé à partir du rayonnement solaire, de la température de l'air, de la vitesse du vent et de l'humidité relative.

Analyse

L'évolution de l'ETP dans les 13 départements d'Occitanie tend à une hausse à l'échelle annuelle, en été et à l'automne mais cette tendance est plus nuancée en hiver et au printemps. Après la réalisation de tests statistiques, ces tendances peuvent être qualifiées de significatives (S) lorsque la p-value < 0,05 qui traduit l'effet du changement climatique sur l'augmentation ou de non significative (NS) lorsque la p-value > 0,05. Le tableau ci-dessous récapitule les résultats obtenus :

ETP	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Annuel
Ariège	S ***	S **	S **	S ***	S ***
Aude	S ***	S **	S **	S **	S ***
Aveyron	NS	NS	S **	S ***	S **
Gard	NS	NS	S *	S **	S *
Haute-Garonne	S ***	S **	S **	S ***	S *
Gers	S **	S **	S **	S *	S ***
Hérault	NS	S *	S *	S **	S **
Lot	NS	S *	S **	S ***	S ***
Lozère	S **	NS	S **	S ***	S ***
Hautes-Pyrénées	NS	NS	S *	S ***	S ***
Pyrénées-Orientales	S ***	S **	S **	S ***	S ***
Tarn	S *	S **	S ***	S ***	S ***
Tarn-et-Garonne	S **	S **	S ***	S **	S ***

Les départements qui n'enregistrent pas de tendance significative en hiver et au printemps sont l'Aveyron, le Gard, l'Hérault, le Lot, la Lozère et les Hautes-Pyrénées avec des moyennes sur 27 ans de :

- Pour l'Aveyron, 54 mm en hiver et 262 mm au printemps
- Pour le Gard, 87 mm en hiver et 318 mm au printemps, moyenne printanière la plus élevée des 13 départements
- Pour l'Hérault, 84 mm en hiver

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

- Pour le Lot, 49 mm en hiver
- Pour les Hautes-Pyrénées, 73 mm en hiver et 257 mm au printemps.

Dans le cas de la Lozère, il n'y a pas non plus de tendance au printemps. En revanche, elle enregistre la plus grande variabilité sur les 13 départements avec 131 mm de différence entre le minimum et le maximum d'ETP enregistré en 27 ans. Cette amplitude s'explique par l'année 2013 qui en étant exceptionnellement froide et pluvieuse a recensé 159 mm d'ETP par rapport aux 254 mm moyen.

De manière générale, c'est en été où la variabilité interannuelle est la plus élevée, étant donné que cette période est plus sujette aux canicules et aux sécheresses. A titre d'exemple, l'amplitude entre l'ETP minimum et maximum est de 262 mm dans le Tarn, qui s'explique par la canicule de 2003. **A noter que cette ETP maximum recensée en 2003 est aujourd'hui proche des moyennes de ces 5 dernières années.**

Ainsi, il est tout à fait possible qu'un département comme l'Aveyron n'affiche pas d'évolution de son ETP en hiver et au printemps mais qui en revanche recense davantage de variabilités interannuelles qui se traduisent par des événements extrêmes (canicules, sécheresses, vent violent, forte pluie etc.). Ce constat déjà établi par le GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat), nous informe que l'imprévisibilité, la fréquence et l'intensité de ces événements sont voués à augmenter.

A retenir

- ✓ L'ETP annuel augmente dans toute la région avec une hausse plus marquée en été.
- ✓ Même en hiver ou au printemps où certains départements ne révèlent pas de tendance, l'effet du changement climatique reste visible par une grande variabilité interannuelle due aux épisodes climatiques exceptionnels.

Note statistique : sur ce jeu de données, trois tests statistiques ont été réalisés: régression polynomiale, régression linéaire et le test de tendance non paramétrique de Mann Kendall.

*Pour rappel : au plus le nombre d'astérisque est important au plus la force de la tendance l'est aussi (p-value : ***<0.001<**<0.01<*<0.05)*

Pour aller plus loin :

Pour affiner l'interprétation des résultats, les données ETP pourront être représentées à une plus petite échelle. En complément il est également possible de mettre en relation l'ETP avec l'indice de sécheresse des sols (SWI).

Pour en savoir plus :

CLIMFOUREL (2011) *Evolution du climat du Sud de la France 1950-2009*. Disponible sur : https://www1.montpellier.inra.fr/PSDR/doc/climfourel/FOCUS-PSDR3-CLIMFOUREL_Clim%20Chgt.pdf

INRA (2006) *Sécheresse et agriculture - Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau*. Rapport d'expertise réalisé par l'INRA à la demande du Ministère de

1 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

l'Agriculture et de la Pêche. Disponible sur :
<https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/s%3%A9cheresse%20rapport%20complet.pdf>

Mjejra, M. (2015) 'Étude de l'évapotranspiration dans le bassin versant de Mejerda (en Tunisie): apport de la télédétection satellitaire et des Systèmes d'Information Géographique', p. 311.



Indice de fraicheur des nuits du 1^{er} août au 30 septembre

Nature et source des données

Séries quotidiennes fournies par Météo France de 1959 à 2019

Indicateur

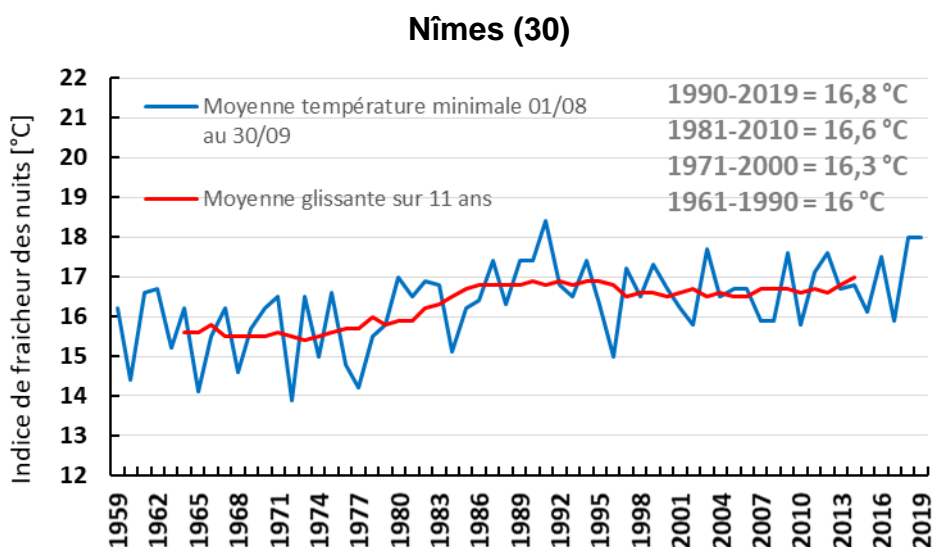
- Nîmes (30) : 1959 à 2019
- Auch (32) : 1985 à 2019
- Perpignan (66) : 1959 à 2019
- Montauban (82) : 1963 à 2019

Calcul de l'indicateur

- Moyenne des températures minimales journalières du 01/08 au 30/09.
- Moyennes trentenaires des températures minimales journalières du 01/08 au 30/09 : 1961-1990 ; 1971-2000 ; 1981-2010 ; 1990-2019 (sauf stations avec une profondeur de données inférieure).

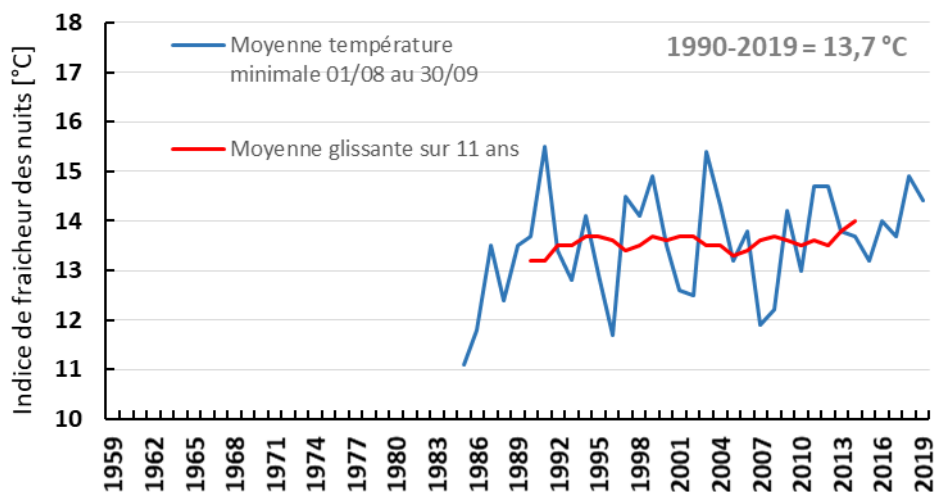
Évolution observée

- En abscisse : Années
- En ordonnée : Indice de fraicheur des nuits [°C]

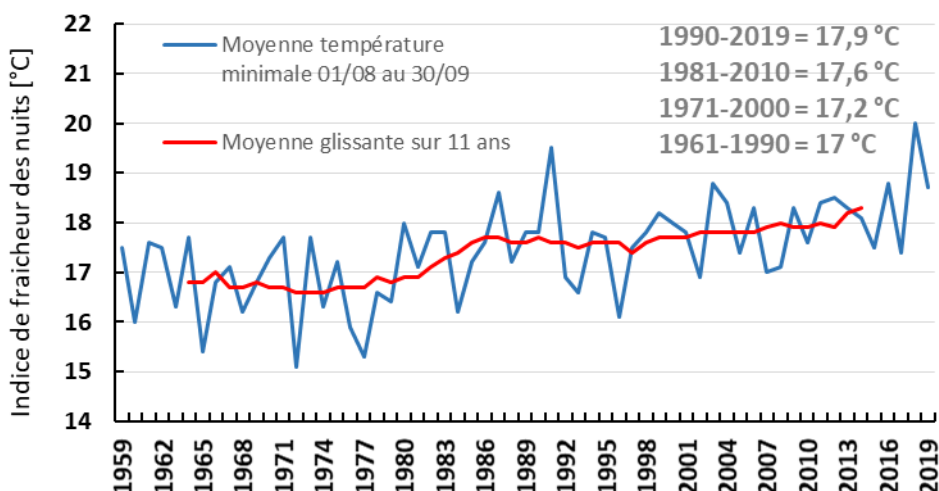




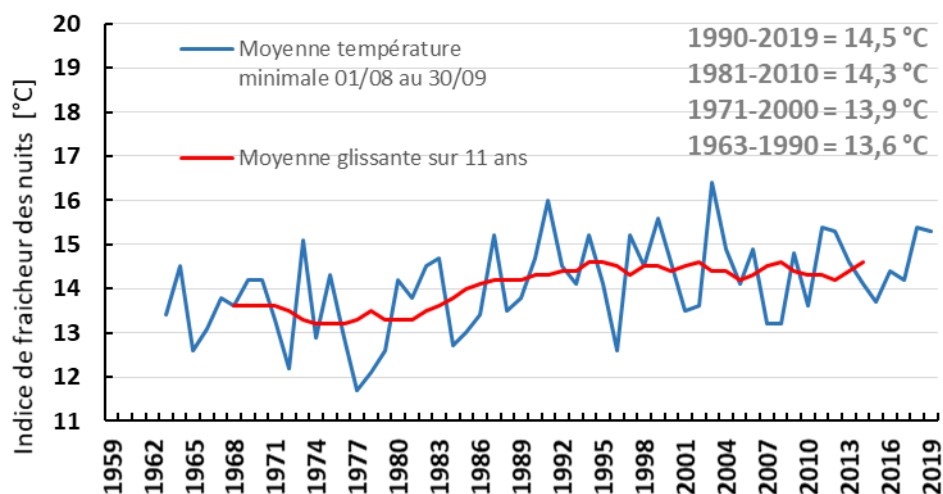
Auch (32)



Perpignan (66)



Montauban (82)





Préambule

La maturation des raisins post véraison est une étape essentielle pour la synthèse des composés organiques influençant la typicité du vin. Cette synthèse se déroule au mieux lorsque la vigne subit de forts écarts de températures durant cette période. Ainsi TONIETTO et CARBONNEAU ont défini l'indice de fraîcheur des nuits pour évaluer la qualité de cette synthèse. Ici cet indice a été allongé en y incluant le mois d'août, les vendanges ayant tendance à être de plus en plus tôt dans l'année et de nombreux vignobles régionaux sont précoces.

Analyse

Il a déjà été montré dans la partie précédente que cette période de fin d'été et de début d'automne s'est réchauffée de manière significative (cf. « Températures moyennes saisonnières »). Le réchauffement observé est compris entre 0,42°C et 0,54°C par décennie pour l'été, et entre 0,28°C et 0,35°C par décennie en automne sur ces stations (tous significatifs). Etant donné que la valeur calculée ne dépend que de la température, on s'attend à voir une nette augmentation depuis 1959.

L'évolution observée de l'indice de fraîcheur des nuits en région Occitanie depuis 1959 (1963 pour la station de Montauban et 1985 pour Auch), pour chaque station est de :

- + 0,36°C par décennie à Auch, soit 1,22°C supplémentaires en 34 ans (S)
- + 0,27°C par décennie à Montauban, soit 1,49°C supplémentaires en 56 ans (S)
- + 0,28°C par décennie à Nîmes, soit 1,69°C supplémentaires en 60 ans (S)
- + 0,30°C par décennie à Perpignan, soit 1,83°C supplémentaires en 60 ans (S)

Tous les résultats sont significatifs ($P < 0,05$), avec une dispersion élevée ($0,10 < R^2 < 0,35$). On note que bien que la moitié de la période de mesure soit en été, les valeurs de réchauffements enregistrées sont plus proches du réchauffement automnal. Cela est plutôt encourageant puisqu'on peut alors supposer que le réchauffement journalier se concentre moins sur les basses températures nocturnes dans cette période et plutôt sur les hautes températures diurnes (cf. « Températures moyennes saisonnières »).

La diminution de la fraîcheur des nuits est néanmoins réelle et significative sur toutes les stations d'études. On note par ailleurs que c'est la station avec le moins de recul historique (Auch) qui voit l'augmentation la plus spectaculaire. Cela peut signifier une tendance à l'accélération de cette augmentation sur les dernières années, signe d'une tendance d'avantage exponentielle que linéaire, que l'on retrouve dans certains scénarii des prévisions du GIEC. Cette évolution va entraîner des perturbations dans la maturation des grappes. Cela conduit à baisses de typicité et d'arômes des vins, ainsi qu'à des colorations moins vives.

A retenir

- ✓ La diminution de la fraîcheur des nuits est significative et assez homogène sur toutes les stations étudiées (entre + 0,27°C et + 0,36°C par décennie).
- ✓ Ce changement est susceptible d'affecter les caractéristiques des vins (coloration, arôme..) du fait d'une moins bonne maturation des grappes.



Note statistique : sur ce jeu de données, une régression linéaire simple a été appliquée.

Pour en savoir plus :

Neethling. E.(2016) Adaptation de la viticulture au changement climatique : vers des stratégies a haute resolution. Geographie. Université Rennes 2.

Tonietto J, Carbonneau A (2004) A multicriteria climatic classification system for grapegrowing regions worldwide. Agr Forest Meteorol 124: 81–97



Nombre de jours de gel en mars impactant l'arboriculture

🔑 Nature et source des données

Séries quotidiennes fournies par Météo France de 1959 à 2021

🕒 Indicateur

- Nîmes (30) : 1959 à 2021
- Perpignan (66) : 1959 à 2021
- Montauban (82) : 1963 à 2019

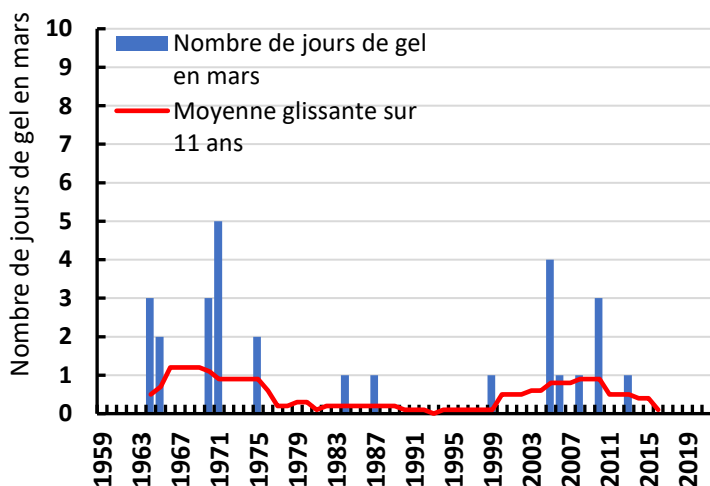
📊 Calcul de l'indicateur

- Nombre de jours où la température minimale journalière est inférieure ou égale à $-1,5^{\circ}\text{C}$ en mars
- Moyennes trentennaires du nombre de gel en mars : 1961-1990 ; 1971-2000 ; 1981-2010 ; 1990-2019 (sauf stations avec une profondeur de données inférieure).

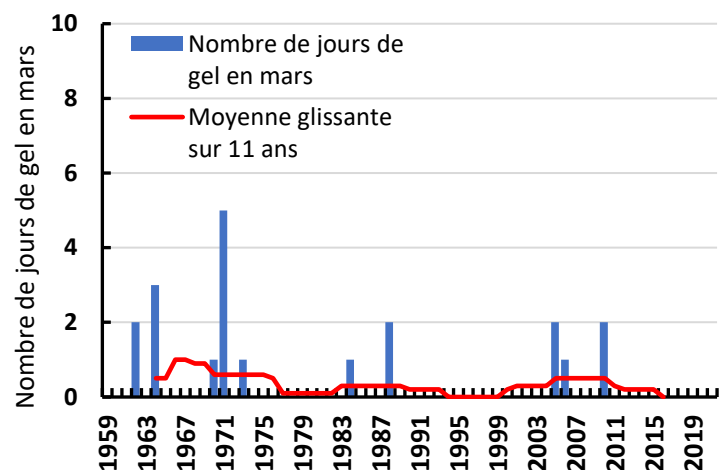
📈 Évolution observée

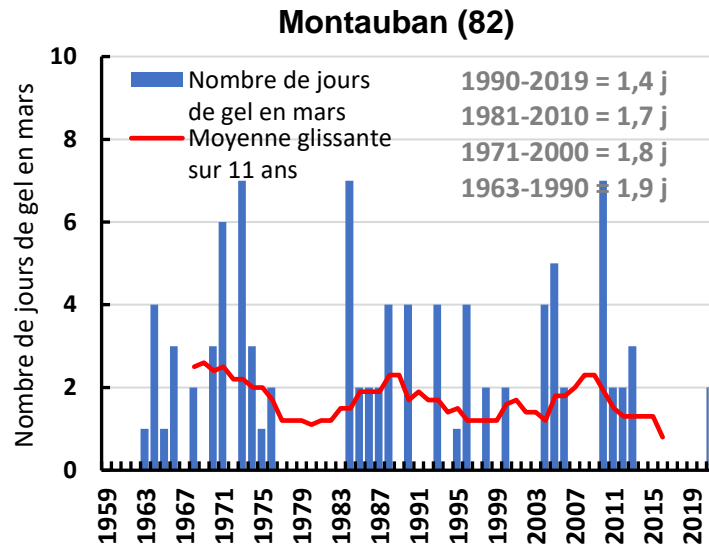
- En abscisse : Années
- En ordonnée : Nombre de jours de gel en mars

Nîmes (30)



Perpignan (66)





Analyse

Avec 20% du verger français, l'Occitanie produit une grande diversité de fruits divisé en quatre principaux bassins de production : le Tarn-et-Garonne avec pomme, prune, kiwi, raisin de table et noisette, le Gard et les Pyrénées-Orientales pour les fruits à noyau et le Lot pour la noix notamment. C'est 33 700 ha d'arbres fruitiers et vignes à raisin de table qui se trouvent ainsi menacés par les épisodes gélifs de printemps dans un contexte où le débourrement des fruitiers est de plus en plus précoce (Agri'scopie, 2021).

A Nîmes et Perpignan, l'évolution du nombre de jours de gel est similaire en n'affichant pas de tendance, mais un record ces 60 dernières années en 1971, avec 5 jours de gel recensés au mois de mars. La même année, à Montauban, 6 jours de gel étaient enregistrés. Cependant, dans le Tarn-et-Garonne, la fréquence des épisodes gélifs est bien plus élevée : 29 années sur 56 ont enregistré au moins un jour où la température était inférieure à $-1,5^{\circ}\text{C}$, soit plus d'une année sur deux.

Après la réalisation de tests statistiques, cette tendance n'est pas significative ($p\text{-value} < 0,05$), en d'autres termes, on ne peut pas conclure sur l'effet du changement climatique sur l'évolution du nombre de jours de gel.

La hausse de température sur les mois de novembre et décembre provoque des levées de dormance plus tardives et expose davantage les arbres aux risques de gel printanier. Les répercussions négatives de ces gelées sont donc d'autant plus importantes qu'elles se produisent lors du débourrement et de la floraison précoce des arbres. Durant cette période, les bourgeons qui contiennent les ébauches des feuilles et des fleurs, sont très hydratés et les rendent particulièrement vulnérable au gel. S'ils sont touchés, des bourgeons végétatifs latents pourront se développer et en partie compenser les pertes en puisant dans les ressources en amidon de la plante. En revanche, si les boutons floraux sont gelés, il n'y aura pas de nouvelle floraison ni de fructification avant l'année suivante (Godement, 2022 ; Legave, 2009)



Afin de lutter contre le gel, il existe des méthodes dites passives et actives. Le choix du site d'implantation, des techniques culturales et du matériel végétal constituent des moyens de luttés passives. Alors que l'aspersion, la protection par chauffage et la lutte par brassage d'air, une lutte active (SudArbo, 2022)

A retenir

- ✓ Le nombre de jours de gel en mars reste imprévisible pour les trois localisations même si Montauban présente une fréquence plus élevée de gelée printanière.
- ✓ Les levées de dormance plus tardives et la précocité du débourrement des arbres accentuent le risques de gelée des bourgeons, voire des boutons floraux, et peut entrainer une non fructification de l'arbre.

Note statistique : sur ce jeu de données trois tests statistiques ont été réalisés : régression linéaire, régression polynomiale et test de tendance non paramétrique de Mann Kendall.

Pour en savoir plus

Godement, V. (2022) *Arboriculture | L'Inrae étudie l'impact de l'évolution climatique sur les arbres fruitiers*, Portail Réussir. Disponible sur : <https://www.reussir.fr/gelees-linrae-etudie-limpact-de-levolution-climatique-sur-les-arbres-fruitiers>.

Legave, J.-M. (2009) 'Comment faire face aux changements climatiques en arboriculture fruitière?', p. 14.

SudArbo (2022) 'Gels de printemps en verger'. Disponible sur : <https://herault.chambre-agriculture.fr/publications/detail-de-la-publication/actualites/gels-de-printemps-en-vergers/>.



Nombre de jours de gel en avril impactant la vigne

🔑 Nature et source des données

Séries quotidiennes fournies par Météo France de 1959 à 2021

🕒 Indicateur

- Nîmes (30) : 1959 à 2021
- Auch (32) : 1985 à 2021
- Montpellier (34) : 1975 à 2021
- Perpignan (66) : 1959 à 2021
- Montauban (82) : 1963 à 2019

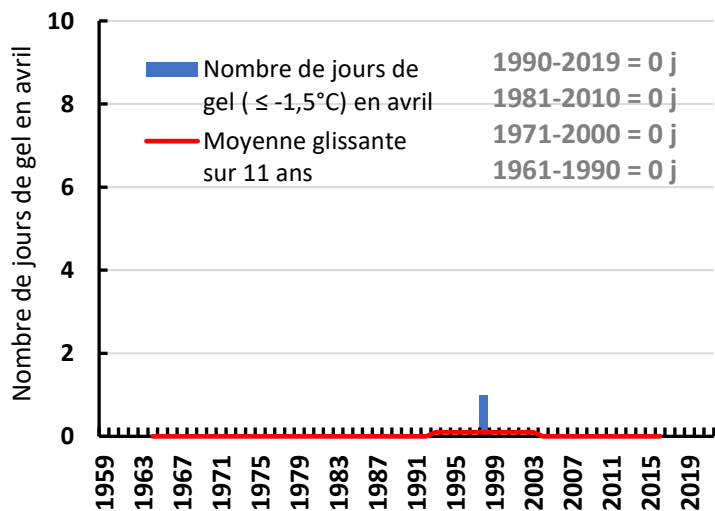
🧮 Calcul de l'indicateur

- Nombre de jours où la température minimale journalière est inférieure ou égale à $-1,5^{\circ}\text{C}$ en avril
- Moyennes trentennaires du nombre de gel en avril : 1961-1990 ; 1971-2000 ; 1981-2010 ; 1990-2019 (sauf stations avec une profondeur de données inférieure).

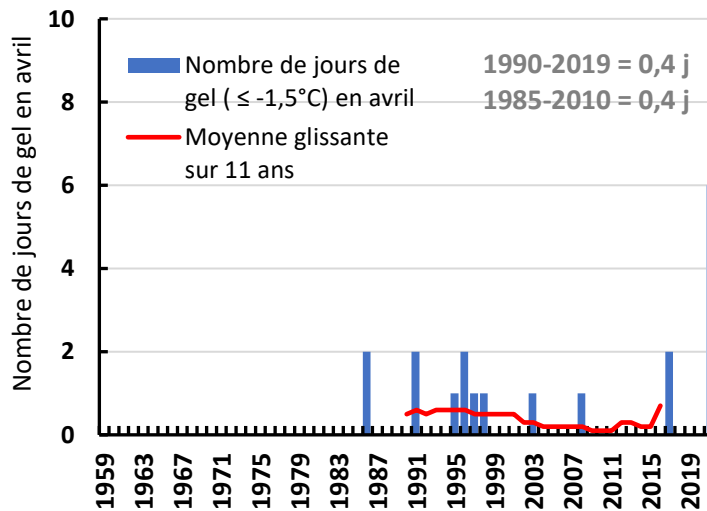
📈 Évolution observée

- En abscisse : Années
- En ordonnée : Nombre de jours de gel en avril

Nîmes (30)



Auch (32)



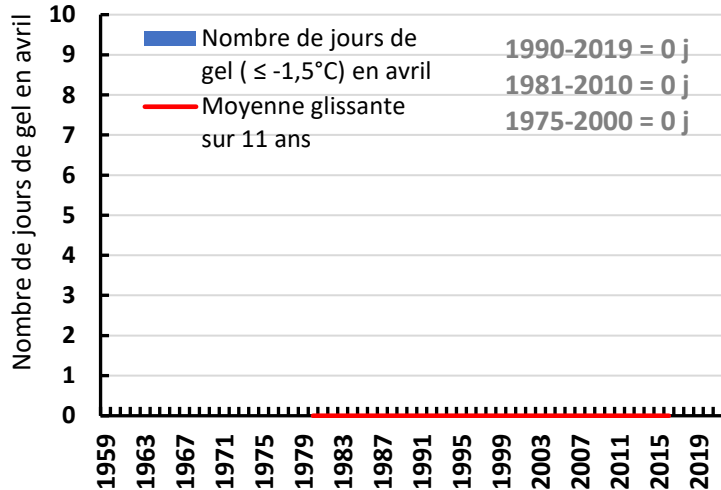
2

CHANGEMENT CLIMATIQUE RELU POUR L'AGRICULTURE

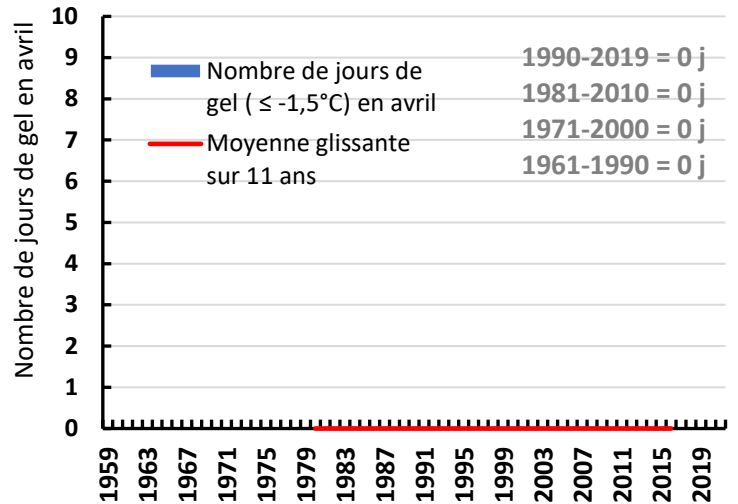


Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatiqueE

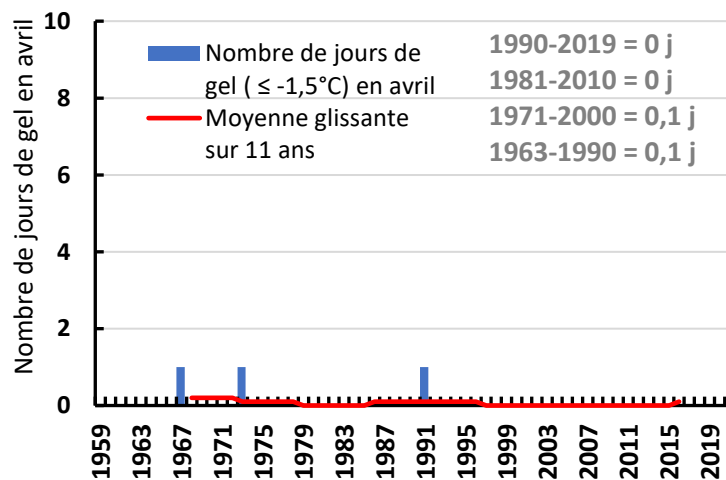
Montpellier (34)



Perpignan (66)



Montauban (82)



Analyse

Les gelées printanières sont rares mais destructrices. 1991, 2017, 2021, chaque nouvel évènement extrême a des conséquences pouvant être dramatiques pour les filières viticoles et arboricoles. En 2021, des centaines de milliers d'hectares de terres agricoles en Occitanie ont été dévastées. (Meriot *et al.*, 2021)

Sur les cinq localisations, hormis Auch, les nombres de jours gel ont été compris entre 0 et 4 sur une période de 60 ans. Dans le Gers, la fréquence est légèrement plus élevée avec, en 2021, six jours enregistrés.



Après la réalisation de tests statistiques (hors Montpellier et Perpignan), cette tendance n'est pas significative (p -value < 0,05), en d'autres termes, on ne peut pas conclure sur l'effet du changement climatique sur l'évolution du nombre de jours de gel.

Les gelées du mois d'avril restent exceptionnelles cependant la vigne ayant repris son cycle végétatif, les bourgeons et rameaux sont particulièrement vulnérables. En phase de débourrement, ils brunissent et se dessèchent. En cas de gelée plus intense, il peut être observé une destruction totale de la végétation, en particulier des jeunes pousses, qui causent d'importante perte à la récolte. Avec des gelées plus légères ce sont les feuilles et l'apex qui sont affectés. A titre d'exemple, les gelées tardives comme celles de 2021 ont donné lieu à une baisse de la production de 25% par rapport à la moyenne de ces cinq dernières années. (BASF, 2019 ; INRAe, 2021)

Si toutes les pousses n'ont pas gelé, des bourgeons secondaires vont se développer et pourront en partie compenser les pertes. De même pour l'inflorescence, qui si elle n'a pas été touchée, donnera lieu à de nouveaux rameaux. Il existe tout de même des méthodes de protection contre le gel comme l'aspersion d'eau, des tours anti-gel, l'utilisation de chauffage ou encore le chaufage des vignes. (INRAe, 2021)

A retenir

- ✓ Le nombre de jours de gel en avril reste imprévisible pour les cinq localisations même si Auch recense davantage de nombre jours de gel.
- ✓ Le gel tardif n'est pas systématique mais arrive lorsque la vigne a repris son cycle végétatif. Elle est donc plus vulnérable avec des dégâts allant du brunissement et le dessèchement des bourgeons et des rameaux, à la destruction totale de la végétation.

Note statistique : sur ce jeu de données trois tests statistiques ont été réalisés: régression linéaire, régression polynomiale et test de tendance non paramétrique de Mann Kendall.

Pour aller plus loin :

Etant donné de l'absence de tendance sur l'évolution du nombre de jours de gel, l'utilisation des écarts de température comme indicateur complémentaire, permettrait de mieux comprendre le caractère aléatoire des épisodes climatiques extrêmes.

Pour lutter contre ces épisodes de gel, l'IFV recense plus précisément les conséquences du gel et les moyens de lutte sur leur site internet disponible à l'adresse suivante : <https://www.vignevin-occitanie.com/fiches-pratiques/gel-et-degats-de-gel-sur-vigne>.

Pour en savoir plus

BASF (2019) *L'effet du gel sur la vigne*, BASF. Disponible sur : https://www.agro.basf.fr/fr/cultures/vigne/effet_du_gel_sur_la_vigne/

INRAe (2021) *Vigne - Gelées, Ephytia*. Disponible sur : <http://ephytia.inra.fr/fr/C/7062/Vigne-Gelees>

2

CHANGEMENT CLIMATIQUE RELU POUR L'AGRICULTURE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Meriot, J. and Sancere, L. (2021) *Occitanie : 2021, 2017, 1991, 1956 ces grandes gelées dévastatrices pour l'agriculture, France 3 Occitanie*. Disponible sur : <https://france3-regions.francetvinfo.fr/occitanie/herault/montpellier/occitanie-2021-2017-1991-1956-ces-grandes-gelees-devastatrices-pour-l-agriculture-2041132.html>



Cumul de chaleur pour la vigne du 1^{er} avril au 30 septembre

Nature et source des données

Séries quotidiennes fournies par Météo France de 1959 à 2019

Indicateur

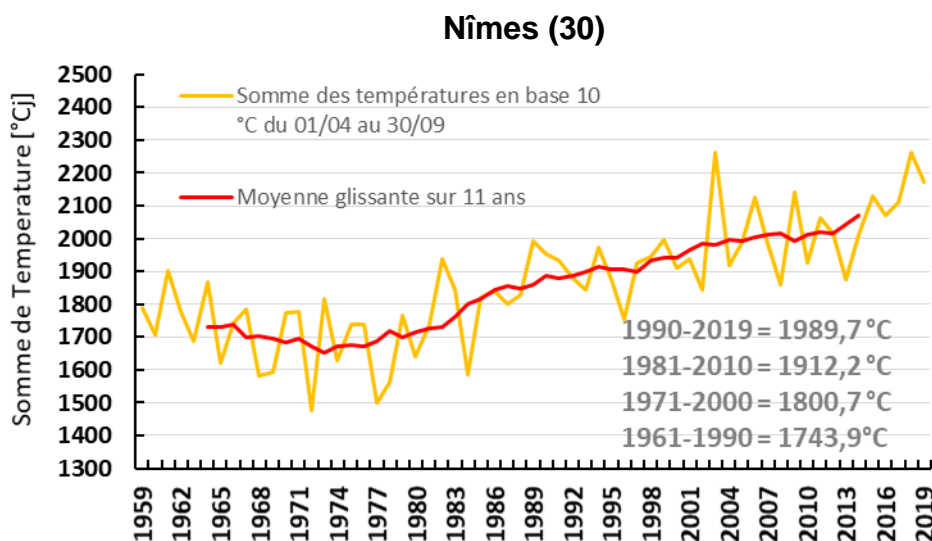
- Nîmes (30) : 1959 à 2019
- Auch (32) : 1985 à 2019
- Perpignan (66) : 1973 à 2019
- Montauban (82) : 1963 à 2019

Calcul de l'indicateur

- Cumul des températures moyennes journalières à partir de 10°C (début de végétation pour la vigne) du 01/04 au 30/09.
- Moyennes trentenaires du cumul de chaleur pour la vigne du 01/04 au 30/09 : 1961-1990 ; 1971-2000 ; 1981-2010 ; 1990-2019 (sauf stations avec une profondeur de données inférieure).

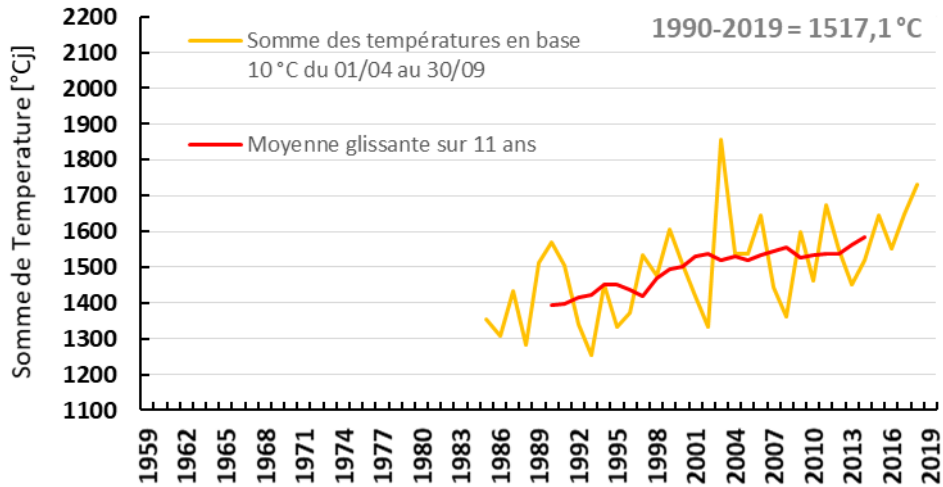
Évolution observée

- En abscisse : Années
- En ordonnée : Somme de température en base 10 °C du 01/04 au 30/09

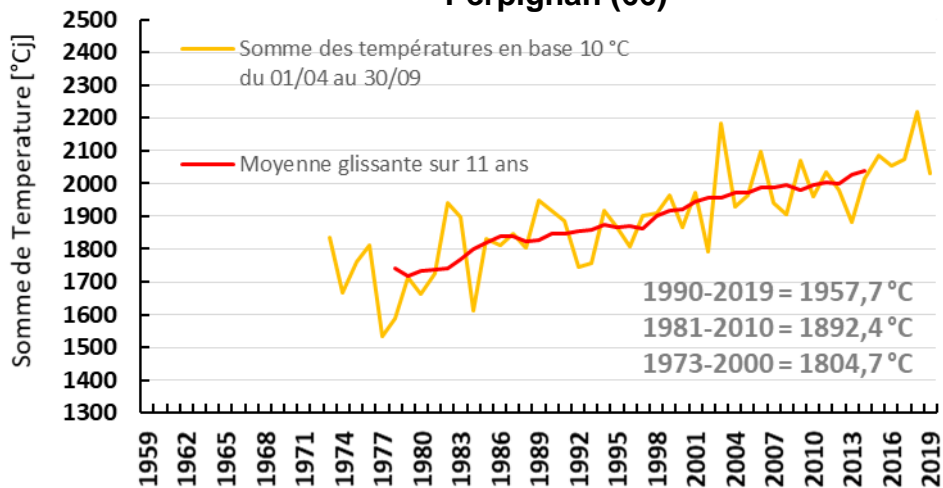




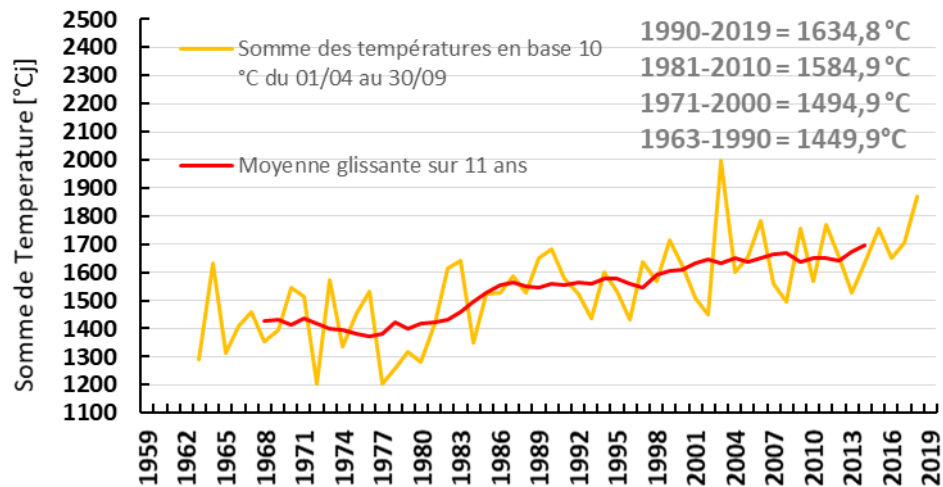
Auch (32)



Perpignan (66)



Montauban (82)





Préambule

La somme des degrés jours est la quantité de chaleur nécessaire au développement d'une plante. Les végétaux ont besoin d'un cumul de chaleur donné afin d'accomplir leurs différentes phases phénologiques (débourrement, floraison...). Une variation de la disponibilité thermique durant cette période impacte alors la phénologie de la vigne. Cet indicateur se calcule habituellement jusqu'au 31 octobre, mais il a été décidé ici de ne mesurer que jusqu'au 30 septembre, date à laquelle la majorité des vendanges ont déjà été effectuées en Occitanie.

Analyse

Il a déjà été montré dans la partie précédente que cette période de fin de printemps et d'été s'est réchauffée de manière significative (cf. « Températures moyennes saisonnières »). Le réchauffement observé est compris entre 0,28 et 0,36°C par décennie pour le printemps, et entre 0,42°C et 0,54°C par décennie en été sur ces stations. Etant donné que la valeur calculée ne dépend que de la température, on s'attend à voir une augmentation sur cet indicateur depuis 1959.

L'évolution observée du cumul de chaleur pour la vigne en région Occitanie depuis 1959 (1963 pour la station de Montauban, 1973 pour la station de Perpignan et 1985 pour Auch), pour chaque station est de :

- + 76°CJ par décennie à Auch, soit 258°CJ supplémentaires en 34 ans (S)
- + 65°CJ par décennie à Montauban, soit 364°CJ supplémentaires en 56 ans (S)
- + 75°CJ par décennie à Nîmes, soit 450°CJ supplémentaires en 60 ans (S)
- + 85°CJ par décennie à Perpignan, soit 391°CJ supplémentaires en 46 ans (S)

Tous les résultats sont hautement significatifs ($P < 0,0003$), et ont une dispersion relativement faible par rapport aux autres indicateurs ($0,3 < R^2 < 0,7$). Pour rappel, le R^2 est une mesure de l'écart des points expérimentaux à la droite de régression, ainsi plus R^2 est proche de 1 et plus les points sont proches de la droite de régression.

Il est par ailleurs intéressant de noter que ce ne sont pas les départements enregistrant les plus grandes hausses de températures estivales et printanières qui voient les plus grandes hausses de ce cumul de chaleur (cf. « Températures moyennes saisonnières »). Cela peut s'expliquer par le fait que toutes les heures où la température est inférieure à 10°C ne sont pas prises en compte dans le calcul de cet indicateur.

L'augmentation de la chaleur reçue par la vigne a pour conséquence de raccourcir la durée des phases phénologiques (Neethling et al. 2011). Ce raccourcissement va entraîner une avancée des dates de débourrement et de vendange. Si cette avancée des stades phénologiques à lieu dès le printemps, cela entraîne alors un risque accru lors d'un gel tardif. La vigne est très sensible aux gels une fois que le débourrement est amorcé, ce qui peut entraîner des retards de développement et des baisses de rendement (Jackson 2008). Cette augmentation de la disponibilité thermique entraîne aussi des modifications des caractéristiques des jus. La hausse de chaleur reçue par la vigne tend à donner des raisins plus sucrés et moins acides. Cela va ensuite modifier les qualités organoleptiques des vins produits.

2 CHANGEMENT CLIMATIQUE RELU POUR L'AGRICULTURE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

A retenir

- ✓ Le cumul de chaleur est en augmentation dans toutes les stations étudiées (entre + 65°CJ et + 85°CJ par décennie).
- ✓ Cette augmentation de la disponibilité thermique entraîne une avancée de tous les stades phénologiques et un risque accru aux gels tardifs si le débourrement est déjà amorcé.
- ✓ Cette augmentation de la chaleur reçue par la vigne va aussi entraîner des modifications des caractéristiques des jus, les rendant plus sucrés et moins acides.

Note statistique : sur ce jeu de données des régressions linéaires ont été appliquées.

Pour en savoir plus

Jackson R S (2008) Wine science: principles and applications. Ed. Academic Press, New York.

Neethling. E. (2016) Adaptation de la viticulture au changement climatique : vers des stratégies à haute résolution. Géographie. Université Rennes 2.



Nombre de jours échaudants au printemps

🔑 Nature et source des données

Séries quotidiennes fournies par Météo France de 1959 à 2019

🕒 Indicateur

- Auch (32) : 1982 à 2019
- Montpellier-Maugio (31) : 1959 à 2019
- Montauban (82) : 1959 à 2019



Calcul de l'indicateur

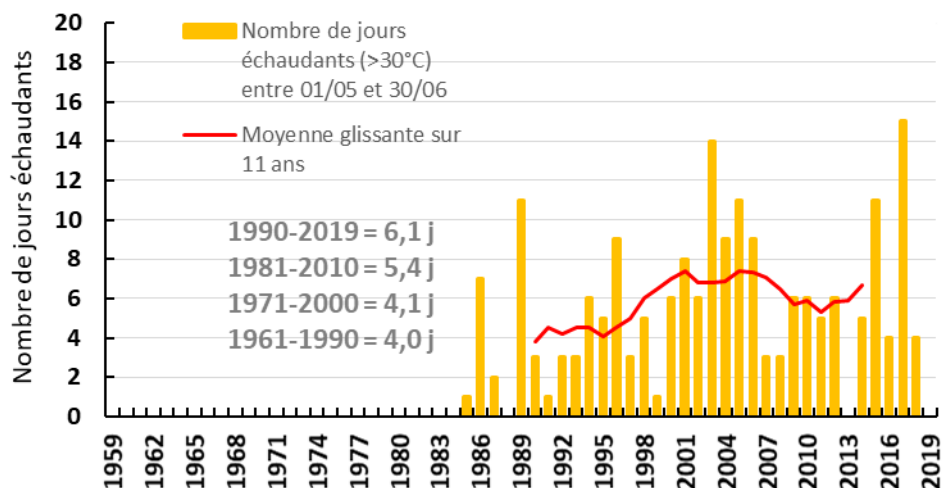
- Nombre de jours où la température maximale journalière est supérieure ou égale à 30°C du 01/05 au 30/06
- Moyennes trentenaires du nombre de jours échaudant du 01/05 au 30/06 : 1961-1990 ; 1971-2000 ; 1981-2010 ; 1990-2019 (sauf stations avec une profondeur de données inférieure).



Évolution observée

- En abscisse : Années
- En ordonnée : Nombre de jours échaudants du 01/05 au 30/06

Auch (32)

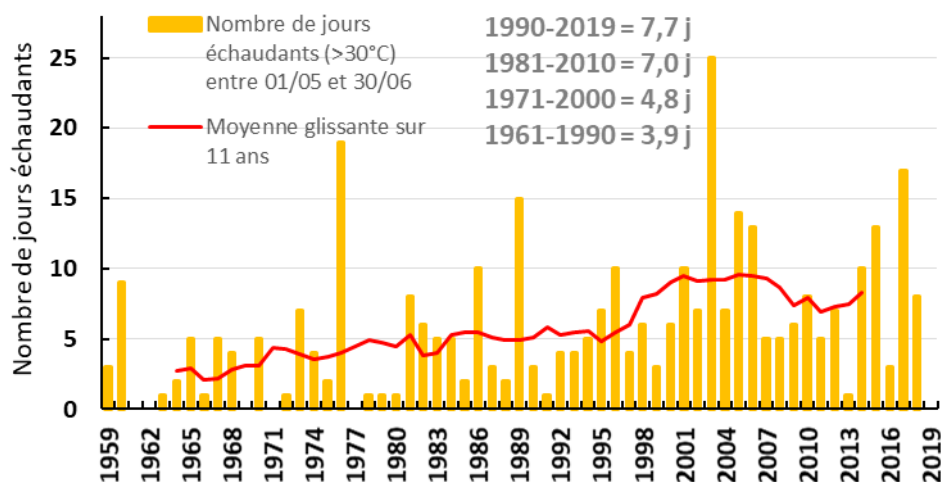


2 CHANGEMENT CLIMATIQUE RELU POUR L'AGRICULTURE

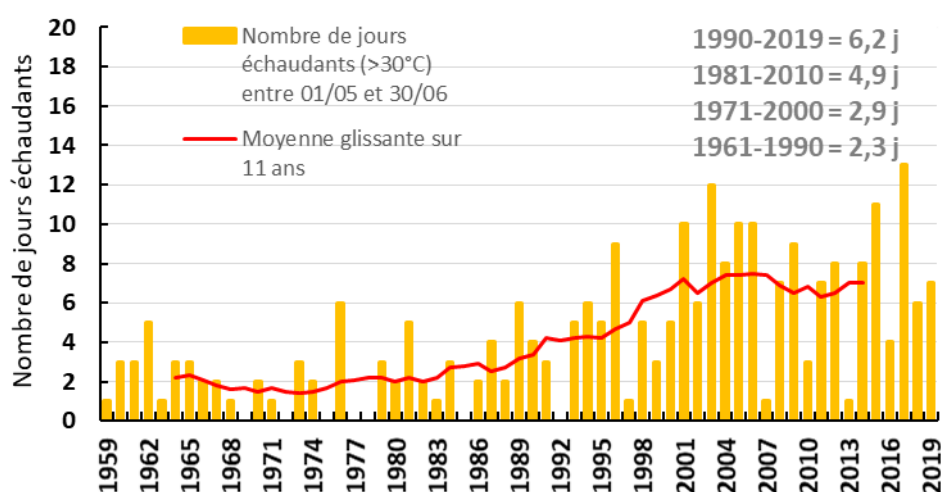


Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatique

Montauban (82)



Montpellier-Maugio (34)



Analyse

Le phénomène d'échaudage thermique chez les plantes désigne des perturbations physiologiques (fermetures stomatiques, baisse de la photosynthèse...) entraînées par les fortes chaleurs. Si ce phénomène intervient durant la phase de remplissage des épis chez les céréales à pailles, cela peut réduire le rendement global de la parcelle par une atrophie des grains. Ce phénomène peut impacter d'autres plantes, comme le tournesol. Il est considéré que ce phénomène se manifeste chez le blé à partir de 25°C et entraîne des pertes d'environ 1,5 quintal/ha par jour échaudant. (Brisson et al., 2010). Ici un seuil de mesure de 30°C a été



préférés puisque les températures en l'Occitanie sont plus élevées que la moyenne française, et des variétés plus résistantes à la chaleur sont utilisées.

L'évolution observée du nombre de jours échaudants ($\geq 30^\circ\text{C}$) sur mai et juin en région Occitanie depuis 1959 (1985 pour la station d'Auch), pour chaque station est de :

- + 1,1 j par décennie à Auch, soit + 3,7 j en 34 ans (S)
- + 1,2 j par décennie à Montauban, soit + 7,2 j en 60 ans (S)
- + 1,2 j par décennie à Montpellier-Maugio, soit + 7,2 j en 60 ans (S)

Sur les stations de Montauban et Montpellier-Maugio, on observe une nette augmentation très significative ($P < 0,001$) et pour la station d'Auch, du fait d'une moindre profondeur des données, une tendance à l'augmentation significative ($P < 0,05$). Sur les trois stations, on observe des variations interannuelles très fortes, illustrées par des R^2 inférieurs à 0,3. Par exemple, les années 2013, 2016 présentent des valeurs très en dessous des moyennes trentenaires et les années 2003, 2017 présentent des valeurs très au-dessus des moyennes trentenaires.

Cette nette augmentation peut impacter les rendements sur de nombreuses cultures (céréales à paille, tournesol...). Une stratégie efficace pour esquiver ces fortes chaleurs est un décalage vers des semis plus précoces afin que le remplissage du grain se termine avant les derniers jours de juin, les plus chauds de cette période. Une étude analogue conduite en Nouvelle Aquitaine montre qu'en décalant cette période de mesure des jours échaudants 10 jours plus tôt (du 22/03 au 20/06), on réduit de presque 40% le nombre moyen de jours échaudants rencontré (ORACLE Nouvelle Aquitaine). Cette diminution compense presque entièrement la hausse due aux changements climatiques. Cette esquivé n'est cependant réalisable que si les conditions pédoclimatiques de début de saison permettent ces semis précoces (la portance du sol notamment).

A retenir

- ✓ On constate une augmentation réelle et significative pour les 3 stations étudiées d'environ 1,2 jour par décennie. Cela conduit à une augmentation de plus de 7 jours échaudants sur la période de mai et juin depuis 1959.
- ✓ Cet échaudage peut entraîner des baisses de rendements agricoles sur certaines cultures (céréales à pailles, tournesol...).
- ✓ Cette augmentation du risque d'échaudage peut être au moins partiellement esquivée en menant les cultures de manière plus précoces, si les autres conditions climatiques et techniques le permettent.

Note statistique : sur ce jeu de données trois tests statistiques ont été réalisés: régression linéaire, régression polynomiale et test de tendance non paramétrique de Mann Kendall.

**Pour en savoir plus**

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

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



Nombre de jours échaudants estivaux pour la pomme



Nature et source des données

Séries quotidiennes fournies par Météo France de 1959 à 2021



Indicateur

- Nîmes-Courbessac (30) : 1959 à 2021
- Montpellier (34) : 1959 à 2021
- Montauban (82) : 1959 à 2021



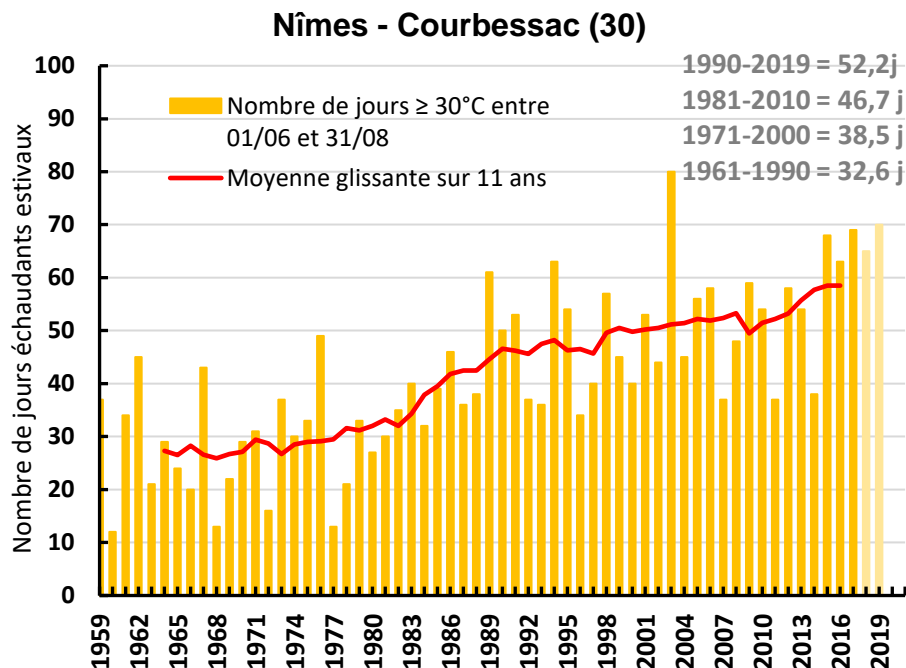
Calcul de l'indicateur

- Nombre de jours où la température maximale journalière est supérieure ou égale à 30°C du 01/06 au 31/08
- Moyennes trentenaires du nombre de jours échaudant du 01/06 au 31/08 : 1961-1990 ; 1971-2000 ; 1981-2010 ; 1990-2019 (sauf stations avec une profondeur de données inférieure).



Évolution observée

- En abscisse : Années
- En ordonnée : Nombre de jours échaudants estivaux



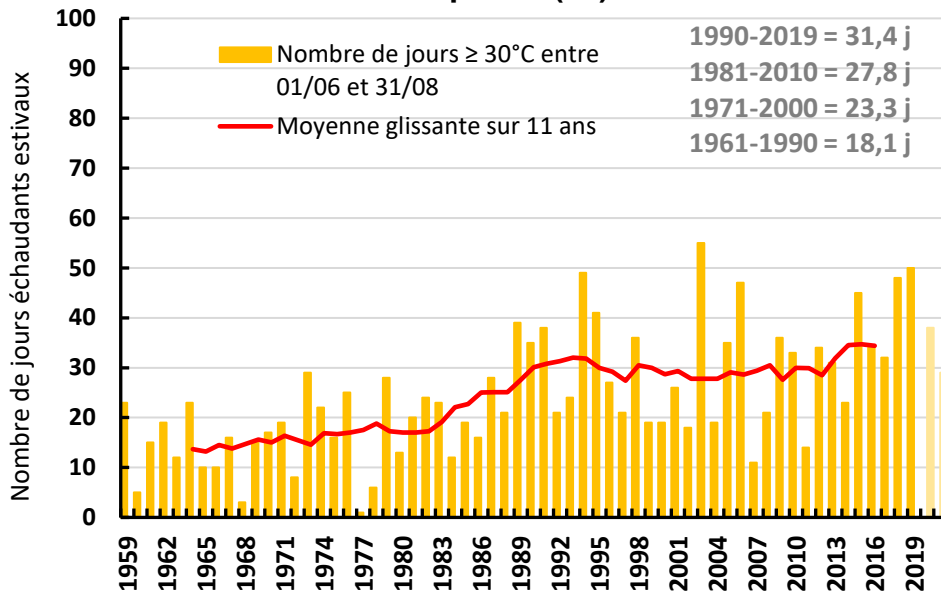
2

CHANGEMENT CLIMATIQUE RELU POUR L'AGRICULTURE

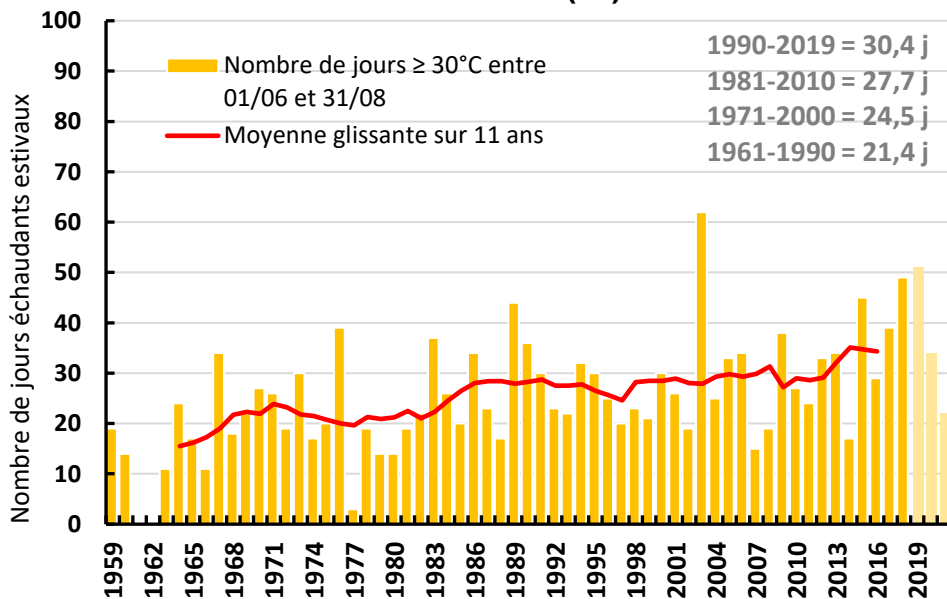


Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatiquE

Montpellier (34)



Montauban (82)



Analyse

L'Occitanie est la deuxième région productrice de fruit, avec 566 000 tonnes produites en 2019 dont 56% de pommes (Agri'scopie, 2021). Le défi de la filière pomme (dont le Tarn-et-Garonne est le premier département producteur de pomme sur table) est donc de rester performant tout en faisant face aux aléas climatiques comme les canicules qui ne cessent d'être plus précoces, plus longues et plus intenses.



Dans le Gard, l'Hérault et le Tarn-et-Garonne, le nombre de jours où la température excède les 30°C augmente de manière inégale. Nîmes affiche une augmentation plus rapide que Montpellier et Montauban qui comptabilisent de manière générale moins de jours chauds. En effet, alors que la moyenne de ces 30 dernières années est de 31,4 jours pour Montpellier et 30,4 jours pour Montauban, Nîmes avait déjà une moyenne entre les années 1961 et 1990 de 32,6 jours. Ainsi, en plus de recenser davantage de jours chauds, c'est également le Gard qui enregistre l'augmentation la plus nette en ayant une moyenne ces 30 dernières années de 52,2 jours.

Après la réalisation de tests statistiques, cette tendance peut être qualifiée de hautement significative (p -value < 0,001), en d'autres termes, il y a un effet du changement climatique avec une augmentation de :

- + 6,45 j par décennie à Nîmes-Courbessac, soit + 38,73 j en 60 ans
- + 4,18j par décennie à Montpellier., soit + 25,10 j en 60 ans
- + 3,31 par décennie à Montauban, soit + 19,86 j en 60 ans

Les jours échaudants sont une source de stress pour l'arbre : l'évapotranspiration augmente alors que la photosynthèse est limitée, tout comme l'accumulation de glucide et de sucre. Associé à des vents secs, l'augmentation des jours chauds a pour conséquence des risques accrus de brûlures, une maturation inégale du fruit, un manque de coloration, une chair trop molle ou une durée de conservation réduite. La qualité des pommes étant sensible à la chaleur et à l'hygrométrie, la production est étroitement liée quantitativement et qualitativement à l'irrigation et nécessite une maîtrise technique importante dans un contexte de raréfaction de la ressource en eau (OMAFRA, 2021 ; Said, 2016 ; Ven *et al.*, 2015).

A retenir

- ✓ Le nombre de jours échaudants est en hausse dans les trois départements avec une augmentation plus marquée pour Nîmes qui enregistre une semaine de plus tous les dix ans et comptabilise une moyenne de 52,2 jours ces 30 dernières années (31,4j à Montpellier, 30,4j à Montauban).
- ✓ Les conséquences sont l'augmentation de l'évapotranspiration de l'arbre, qui, s'il ne profite pas d'une hygrométrie idéale, est exposé à un risque accru de brûlure et d'une baisse de la qualité des fruits.

Note statistique : sur ce jeu de données un test statistique a été réalisé, celui de la régression linéaire.

Pour en savoir plus

Chambre Régionale d'Agriculture Occitanie, Cerfrance. d'Occitanie (2021) *AGRISCOPIE-Arboriculture*.

Deluzarche, C. (2020) *Cette pomme spéciale « réchauffement climatique » résistera aux canicules*, Futura. Disponible sur: <https://www.futura-sciences.com/planete/breves/botanique-cette-pomme-speciale-rechauffement-climatique-resistera-canicules-2924/>

2 CHANGEMENT CLIMATIQUE RELU POUR L'AGRICULTURE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales (OMAFRA) (2021) *Risques liés aux conditions climatiques : Stratégies pour atténuer les risques de dommages dus aux températures excessivement chaudes*. Disponible sur: <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/weather-hot.htm>

Said, P. (2016) 'Exigences climatiques et édaphiques du pommier', *Agronomie*, 20 February. Disponible sur : <https://agronomie.info/fr/exigences-climatiques-et-edaphiques-du-pommier/>

Ven, R. and Ezzahouani, A. (2015) 'DIXIRED, MAYFLOWER ...', pp. 30–32. Disponible sur: <https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Arbres-Fruitiers/graines&plantations/CLIMAT&ARBRES%20FRUITIERS.pdf>.



Nombre de jours échaudants estivaux pour le maïs grain



Nature et source des données

Séries quotidiennes fournies par Météo France de 1959 à 2019



Indicateur

- Castelnaudary (11) : 1959 à 2019
- Cugnaux (31) : 1959 à 2019
- Sérignac (82) : 1978 à 2019



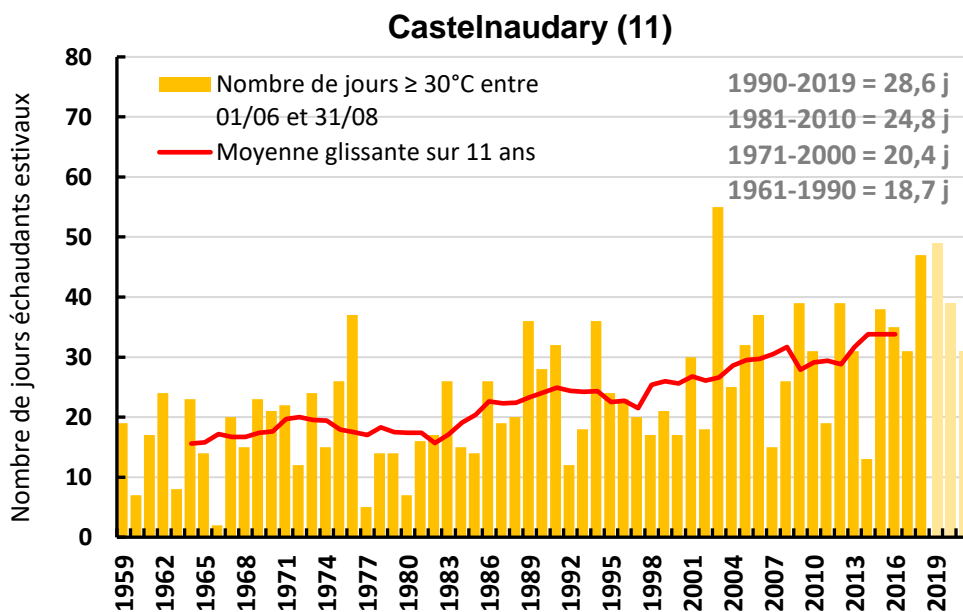
Calcul de l'indicateur

- Nombre de jours où la température maximale journalière est supérieure ou égale à 30°C du 01/06 au 31/08
- Moyennes trentenaires du nombre de jours échaudant du 01/06 au 31/08 : 1961-1990 ; 1971-2000 ; 1981-2010 ; 1990-2019 (sauf stations avec une profondeur de données inférieure).



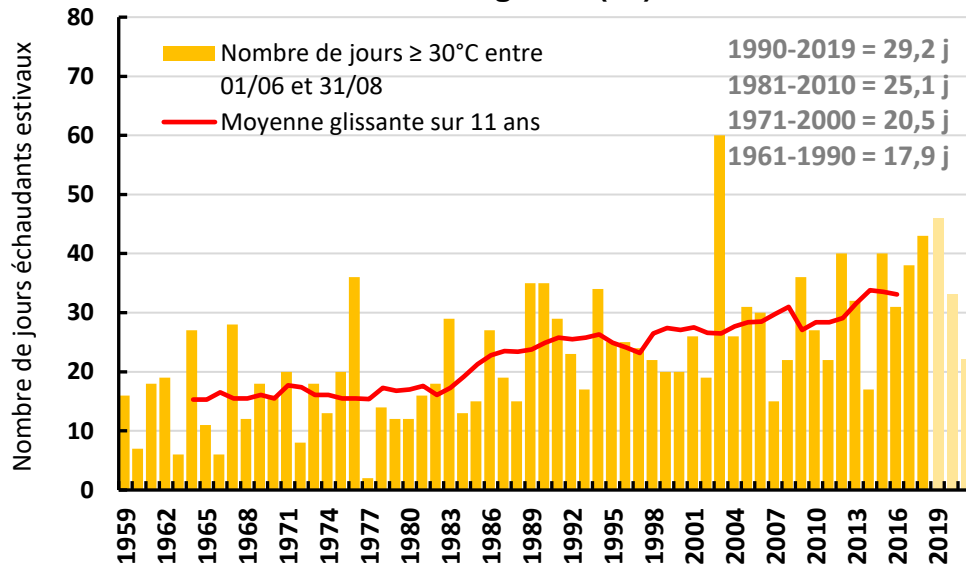
Évolution observée

- En abscisse : Années
- En ordonnée : Nombre de jours échaudants estivaux

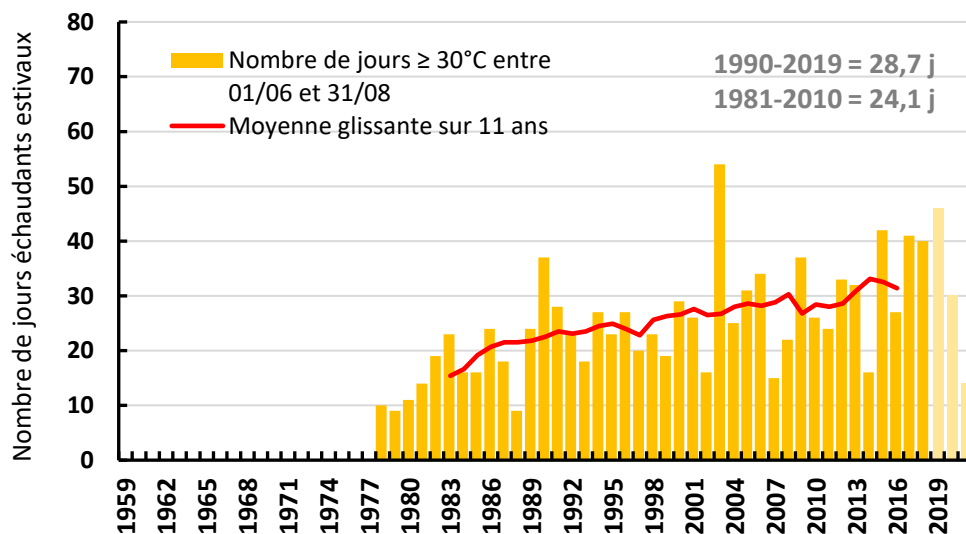




Cugnaux (31)



Sérignac (82)



Analyse

Tout comme l'augmentation des températures, le nombre de jours chauds présente la même évolution dans les 3 localisations. Alors qu'entre les années 1961 et 1990, la moyenne du nombre de jours chauds s'élevait à environ 18j, ces trois dernières décennies la moyenne atteint presque les 29 jours.

Au-delà de cette augmentation, il est également important d'observer comme la canicule exceptionnelle de 2003 n'est aujourd'hui plus si exceptionnelle lorsque ces dix dernières

2 CHANGEMENT CLIMATIQUE RELU POUR L'AGRICULTURE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

années, le seuil des 40 jours chauds est plus fréquemment atteints. En effet, 55 jours supérieurs à 30°C ont été comptabilisés dans l'Aude, 60 en Haute-Garonne et 54 dans le Tarn-et-Garonne, A titre d'exemple, en 2019 il y a eu en moyenne 47 jours chauds, soit 10 jours de plus que la moyenne des ces 30 dernières années et 9 jours de moins qu'en 2003.

Afin de quantifier cette tendance, la réalisation de tests statistiques a identifié une hausse qui peut être qualifiée de hautement significative (p -value < 0,001), en d'autres termes, il y a un effet du changement climatique avec une augmentation de :

- + 3,27 j par décennie à Castelnaudary, soit + 19,62 j en 60 ans
- + 3,60 j par décennie à Cugnaux., soit + 21,61 j en 60 ans
- + 4,95 j par décennie à Sérignac, soit + 20, 29 en 41 ans

Tout comme le maïs semence, la hausse du nombre de jours échaudants vient directement impacter le maïs grain, qui à partir de juin, entame sa floraison. Les températures élevées viennent perturber la dispersion des grains de pollen sur les soies qui doivent ensuite germer avant d'émettre un tube pollinique et atteindre l'ovule. Ainsi, la fécondation s'en retrouve impactée, de même pour le nombre de grains finaux. A titre d'exemple, les pertes de l'année exceptionnelle de 2003 ont été estimées à 11,5 M de tonnes en France soit une chute de 30% par rapport à 2002. De plus, couplé au stress hydrique, les stress thermiques ont aussi des conséquences sur les anthères qui peuvent être partiellement ou totalement bloqués (Arvalis, 2015 ; Caubel *et al.*, 2018 ; Van der Velde, 2010).

A ce jour, l'irrigation pilotée permet de sécuriser la production en limitant les conséquences des jours échaudants, et ce dans un contexte de raréfaction de la ressource en eau.

A retenir

- ✓ Le nombre de jours échaudants ne cesse de croître significativement sur les trois départements avec une augmentation moyenne de + 3,9 jours tous les dix ans.
- ✓ Ces dernières années, des moyennes de presque un mois et demi de jours supérieurs à 30°C entre juin et août ont été enregistrées dans les trois départements.
- ✓ Les épisodes climatiques extrêmes du début de siècle comme la canicule de 2003, sont désormais plus fréquents, ce qui rend les cultures particulièrement vulnérables aux risques de stress thermique.

Note statistique : sur ce jeu de données deux tests statistiques ont été réalisés: régression linéaire et test de tendance non paramétrique de Mann Kendall.

Pour en savoir plus

Arvalis (2015) *Impact de la canicule sur le maïs*, Terre-net. Disponible sur <https://www.terre-net.fr/observatoire-technique-culturelle/strategie-technique-culturelle/article/les-temperatures-elevees-perturbent-la-fecondation-du-mais-217-111028.html>

Caubel, J. *et al.* (2018) 'Assessing future meteorological stresses for grain maize in France', *Agricultural Systems*, 159, pp. 237–247. doi:[10.1016/j.agsy.2017.02.010](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.02.010).



Van der Velde, M., Wriedt, G. and Bouraoui, F. (2010) 'Estimating irrigation use and effects on maize yield during the 2003 heatwave in France', *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 135(1), pp. 90–97. doi:[10.1016/j.agee.2009.08.017](https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.08.017).



Nombre de jours échaudants estivaux pour le maïs semence

🔑 Nature et source des données

Séries quotidiennes fournies par Météo France de 1959 à 2021

🕒 Indicateur

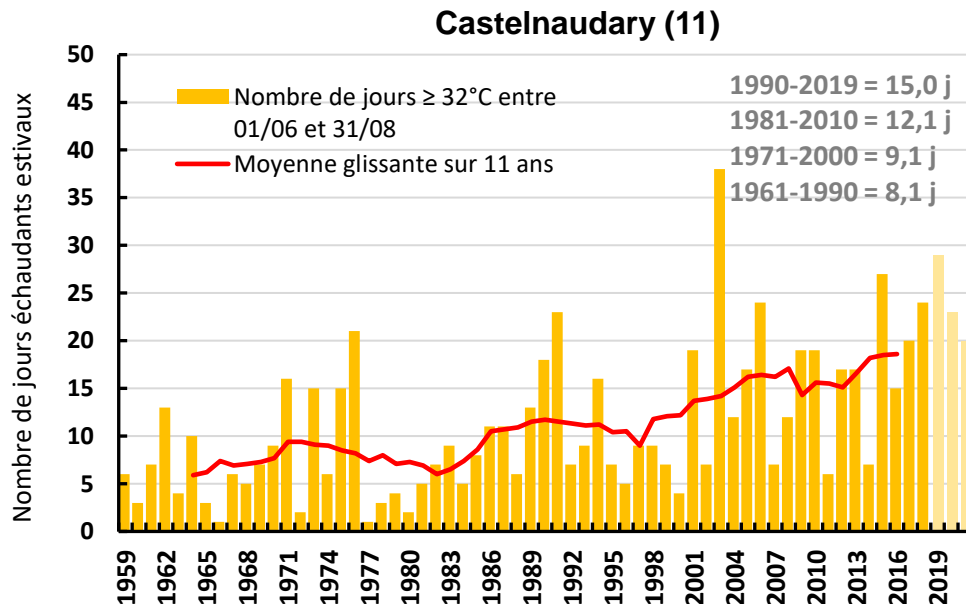
- Castelnaudary (11) : 1959 à 2021
- Montauban (82) : 1959 à 2021

🧮 Calcul de l'indicateur

- Nombre de jours où la température maximale journalière est supérieure ou égale à 32°C du 01/06 au 31/08
- Moyennes trentenaires du nombre de jours échaudant du 01/06 au 31/08 : 1961-1990 ; 1971-2000 ; 1981-2010 ; 1990-2019 (sauf stations avec une profondeur de données inférieure).

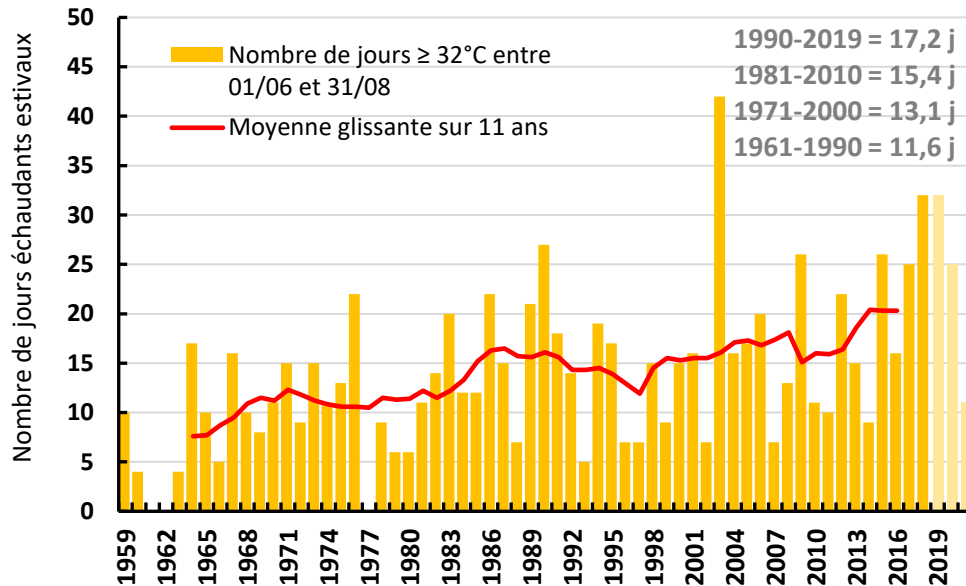
📈 Évolution observée

- En abscisse : Années
- En ordonnée : Nombre de jours échaudants estivaux





Montauban (82)


Analyse

En Occitanie, la production de semences est dominée par le maïs semence qui correspond à 29% des surfaces françaises (Agriscopie, 2021). Cependant, les conditions climatiques viennent perturber le potentiel de récolte à cause des jours échaudants recensés à partir de juin qui ne cessent d'augmenter. Ce constat déjà établie par le GIEC à l'échelle mondiale, est également visible dans la région.

L'augmentation du nombre de jours échaudants dans les départements de l'Aude et du Tarn-et-Garonne est ponctuée d'année exceptionnelle comme la canicule de 2003. Elle se traduit par 42 jours où la température était supérieure à 32°C à Montauban soit une année 3 fois supérieure à la moyenne de ces 60 dernières années ; Le constat est identique à Castelnaudary avec 38 jours échaudants contre une moyenne de 11 jours.

Après la réalisation de tests statistiques, cette tendance peut être qualifiée de hautement significative ($p\text{-value} < 0,001$), en d'autres termes, il y a un effet du changement climatique avec une augmentation de :

- + 2,42 j par décennie à Castelnaudary, soit + 14.53 j en 60 ans
- + 2,23 j par décennie à Montauban., soit +13.41 j en 60 ans

La hausse du nombre de jours échaudants vient directement impacter le maïs semence, qui à partir de juin, entame sa floraison. Les températures élevées viennent perturber la dispersion des grains de pollen sur les soies qui doivent ensuite germer avant d'émettre un tube pollinique et atteindre l'ovule. Ainsi, la fécondation s'en retrouve impactée, de même pour le nombre de grains finaux. A titre d'exemple, les pertes de l'année exceptionnelle de 2003 ont été estimés à 11,5 M de tonnes en France soit une chute de 30% par rapport à 2002. De plus,

2 CHANGEMENT CLIMATIQUE RELU POUR L'AGRICULTURE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

couplé au stress hydrique, les stress thermiques ont aussi des conséquences sur les anthères qui peuvent être partiellement ou totalement bloqués, un risque particulièrement élevé pour les lignés mâle du maïs semence. (Arvalis, 2015 ; Caubel *et al.*, 2018 ; Van der Velde, 2010).

A ce jour, l'irrigation pilotée permet de sécuriser la production en limitant les conséquences des jours échaudants, et ce dans un contexte de raréfaction de la ressource en eau.

A retenir

- ✓ Le nombre de jours échaudants ne cesse de croître significativement sur les deux départements avec une augmentation moyenne de + 14 jours en 60 ans.
- ✓ Les étapes de floraison et de fécondation du maïs sont donc de plus en plus exposées aux stress thermiques, impactant le potentiel de récolte.

Note statistique : sur ce jeu de données deux tests statistiques ont été réalisés: régression linéaire et test de tendance non paramétrique de Mann Kendall.

Pour en savoir plus

Arvalis (2015) *Impact de la canicule sur le maïs*, Terre-net. Disponible sur <https://www.terre-net.fr/observatoire-technique-culturelle/strategie-technique-culturelle/article/les-temperatures-elevees-perturbent-la-fecondation-du-mais-217-111028.html>

Caubel, J. *et al.* (2018) 'Assessing future meteorological stresses for grain maize in France', *Agricultural Systems*, 159, pp. 237–247. doi:[10.1016/j.agry.2017.02.010](https://doi.org/10.1016/j.agry.2017.02.010).

Van der Velde, M., Wriedt, G. and Bouraoui, F. (2010) 'Estimating irrigation use and effects on maize yield during the 2003 heatwave in France', *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 135(1), pp. 90–97. doi:[10.1016/j.agee.2009.08.017](https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.08.017).



Nombre de jours chauds impactant le confort thermique des bovins



Nature et source des données

Séries quotidiennes fournies par Météo France de 1959 à 2019



Indicateur

- Saint-Girons (09) : 1959 à 2019
- Salles-Curan (12) : 1959 à 2019



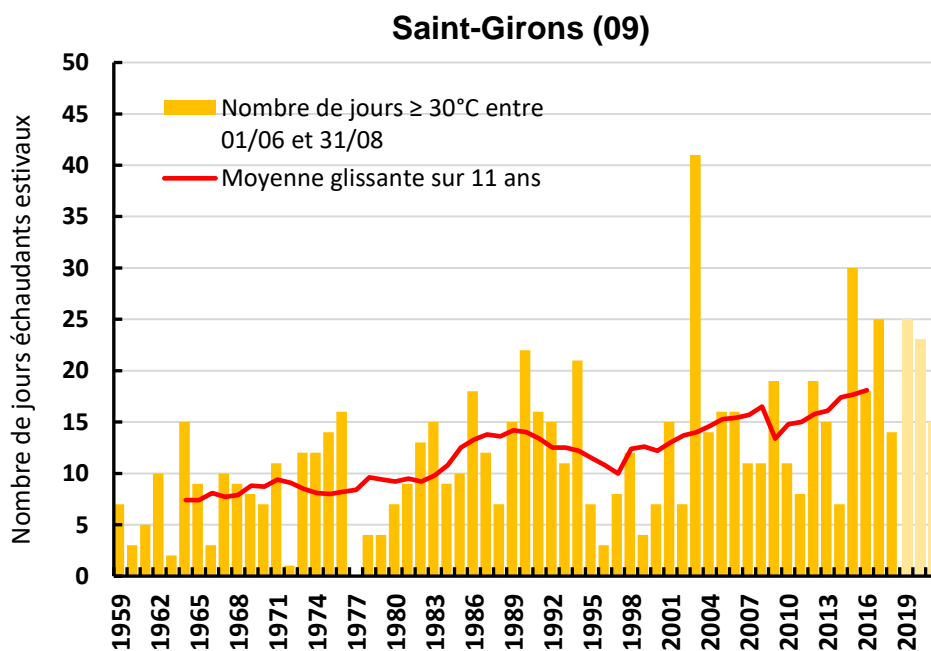
Calcul de l'indicateur

- Nombre de jours où la température maximale journalière est supérieure ou égale à 30°C du 01/06 au 31/08
- Moyennes trentenaires du nombre de jours échaudant du 01/06 au 31/08 : 1961-1990 ; 1971-2000 ; 1981-2010 ; 1990-2019 (sauf stations avec une profondeur de données inférieure).



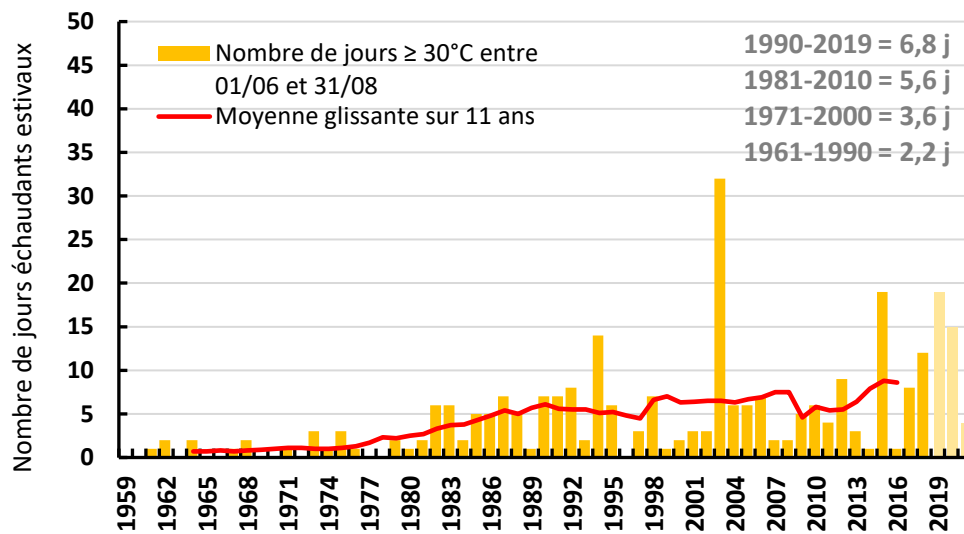
Évolution observée

- En abscisse : Années
- En ordonnée : Nombre de jours échaudants estivaux





Salles-Curan (12)



Analyse

Le stress thermique ressenti dès 20°C chez les bovins, a des conséquences d'autant plus importantes que les températures excèdent ce seuil. En Ariège et en Aveyron, départements avec une dominante d'élevage, les animaux sont ainsi de plus en plus touchés par l'augmentation des jours où la température est supérieure à 30°C et qui altère leur métabolisme et leur comportement.

En comparant les deux départements, l'Ariège comptabilise un nombre bien plus important de jours chauds, 11,67 en moyenne sur 60 ans contre 4,08 pour l'Aveyron. Néanmoins, l'évolution tend à la même conclusion : une augmentation du nombre de jours chauds et une fréquence plus accrue d'épisodes extrêmes à l'image de 2003. A titre indicatif, en 2003, à Saint-Girons (09), le nombre de jours supérieur à 30°C était 3,5 fois plus élevé que la moyenne et à Salles-Curan (12), 8 fois plus élevé.

Après la réalisation de tests statistiques, cette tendance peut être qualifiée de hautement significative ($p\text{-value} < 0,001$), en d'autres termes, il y a un effet du changement climatique avec une augmentation de :

- + 1,88 j par décennie à Saint-Girons, soit + 11,3 j en 60 ans
- + 1.39 j par décennie à Salles-Curan, soit + 8,32 j en 60 ans

Lorsque les températures dépassent 30°C , les bovins subissent un stress de modéré à sévère et certaines de leurs fonctions métaboliques s'en trouvent altérées. Pour maintenir une température corporelle d'environ $38,5^{\circ}\text{C}$, les bovins diminuent leur ingestion de 10 à 35% selon la digestibilité de la ration et de l'accessibilité aux zones d'ombre. Ils boivent davantage et se déplacent moins. Cette baisse générale de leur état nutritionnel et leur santé impacte les systèmes laitiers où la production baisse et perd en qualité ; de même pour les systèmes allaitants qui observe une baisse de la qualité de la viande (Optilait ; IDELE, 2021).

2 CHANGEMENT CLIMATIQUE RELU POUR L'AGRICULTURE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Une attention particulière doit donc être portée sur la présence de zones d'ombre au pâturage, l'accès aux points d'eau, à la ventilation des bâtiments ou encore à l'alimentation des vaches en période caniculaire afin d'anticiper les risques d'acidoses (Optilait ; IDELE, 2021).

A retenir

- ✓ Le nombre de jours de stress thermique pour les bovins est en hausse dans les deux départements avec +1,88 j par décennie à Saint-Girons et +1,39 à Salles-Curan.
- ✓ Les conséquences sont une vulnérabilité accrue des bovins via une baisse de leur état nutritionnel qui vient directement impacté la qualité et la quantité de la production.

Note statistique : sur ce jeu de données deux tests statistiques ont été réalisés : régression linéaire et test de tendance non paramétrique de Mann Kendall.

Pour aller plus loin :

- Afin d'être plus précis sur l'état de stress thermique du bovin, il est possible d'utiliser l'indice THI (Temperature Humidity Index) qui en plus de la température prend en compte l'humidité relative.
- Ils existent des projets portant sur l'adaptation de l'élevage au changement climatique portés par les chambres d'agriculture comme ClimAgil ou Batcool. Mais également des études réalisées par l'IDELE comme CLIMALAIT.
- Une vieille bibliographique réalisée par l'IDELE, recense l'évaluation génétique de la résistance à la chaleur des bovins laitiers que vous pouvez retrouver [à cette adresse](#).

Pour en savoir plus

Optilait, C. d'agriculture P.A.-L. (no date) *Stress thermique en élevage laitier*. Disponible sur: https://pa.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Nouvelle-Aquitaine/106_Inst-Pyrenees-Atlantiques/Documents/Technique_et_innovation/Elevage/Bovins_lait/Stress_thermique_en_elevage_laitier.pdf.

Vallée, R. (2021) 'Impacts du stress thermique sur les vaches laitières', p. 12. Disponible sur: https://idele.fr/umt-ebis/?eID=cmis_download&oid=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2F6e71a361-6b6e-460d-a140-aed81d7c8e89&cHash=50557fae57f74ca602d0212ba1ae25bd.



Nombre de jours échaudants pour la vigne de mars à septembre



Nature et source des données

Séries quotidiennes fournies par Météo France de 1959 à 2019



Indicateur

- Nîmes-Courbessac (30) : 1959 à 2021
- Maumusson-Laguian (32) : 1963 à 2021
- Montpellier (34) : 1959 à 2021
- Perpignan (66) : 1973 à 2021
- Montauban (82) : 1959 à 2021



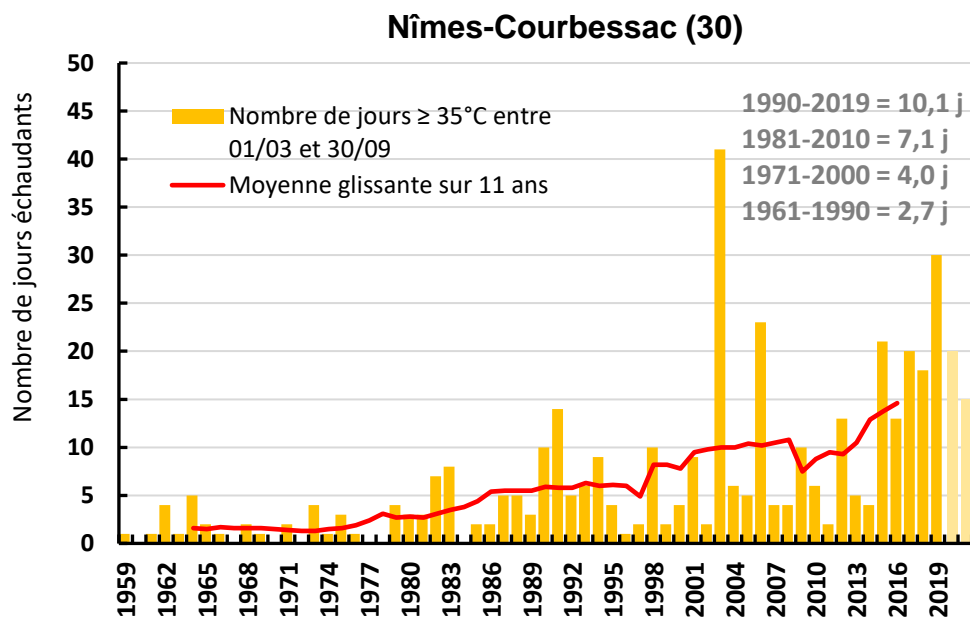
Calcul de l'indicateur

- Nombre de jours où la température maximale journalière est supérieure ou égale à 35°C du 01/03 au 30/09
- Moyennes trentenaires du nombre de jours échaudant du 01/03 au 30/09 : 1961-1990 ; 1971-2000 ; 1981-2010 ; 1990-2019 (sauf stations avec une profondeur de données inférieure).



Évolution observée

- En abscisse : Années
- En ordonnée : Nombre de jours échaudants entre mars et septembre



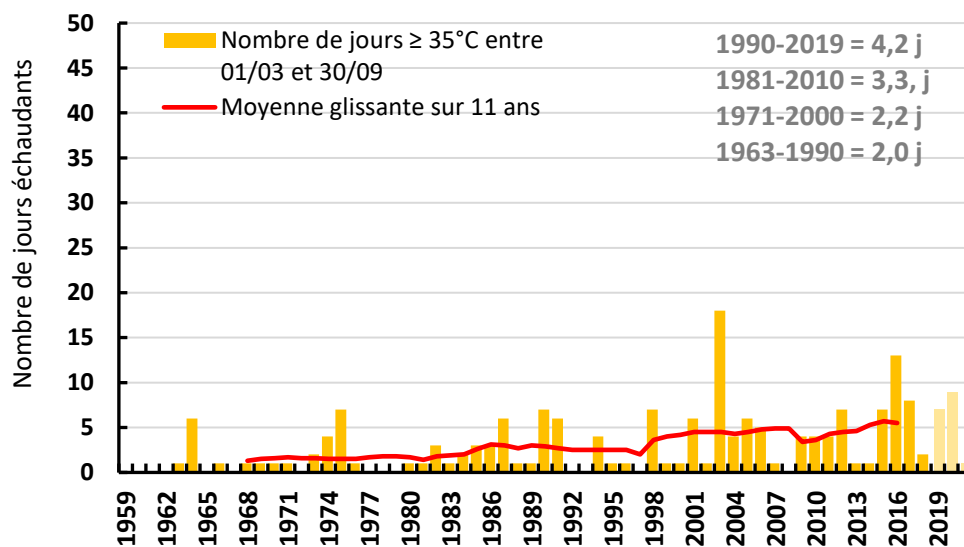
2

CHANGEMENT CLIMATIQUE RELU POUR L'AGRICULTURE

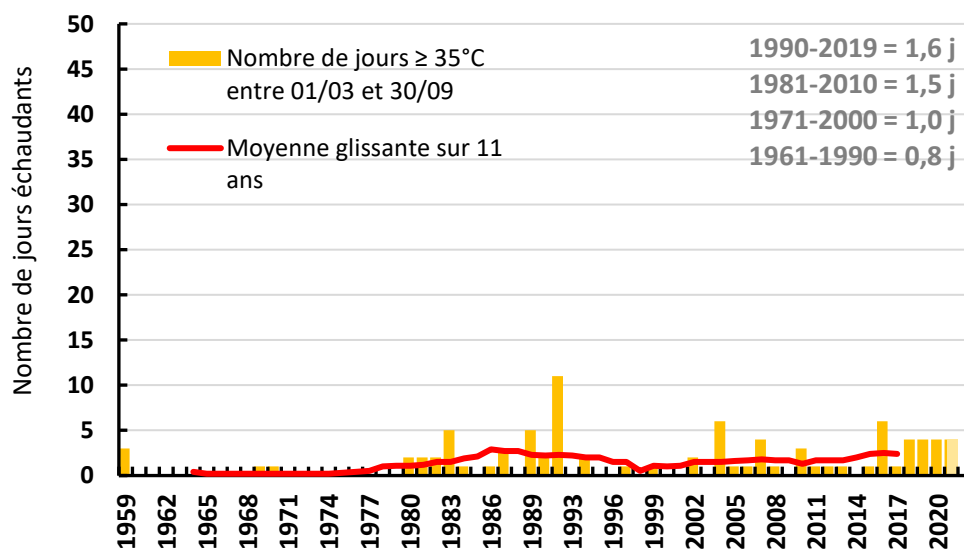


Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatiquE

Maumusson-Laguian (32)



Montpellier (34)

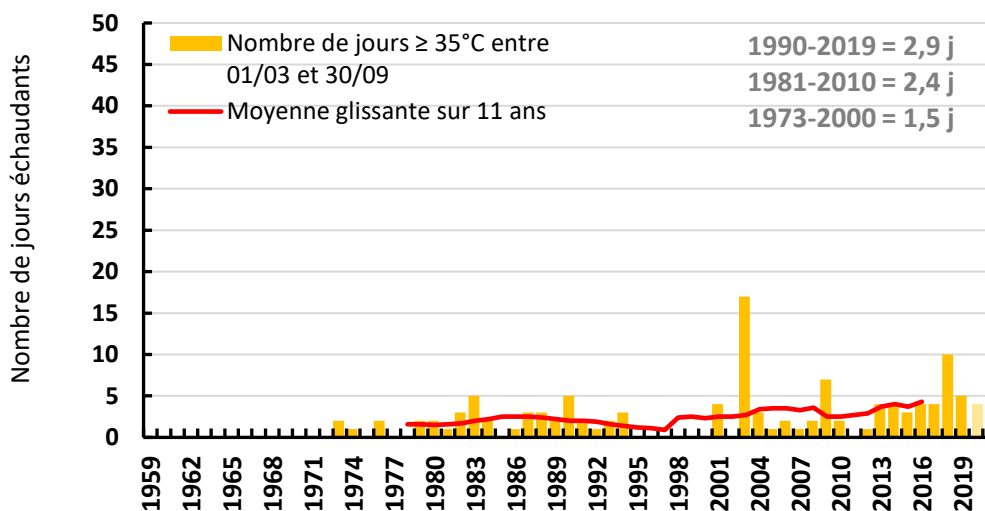


2 CHANGEMENT CLIMATIQUE RELU POUR L'AGRICULTURE

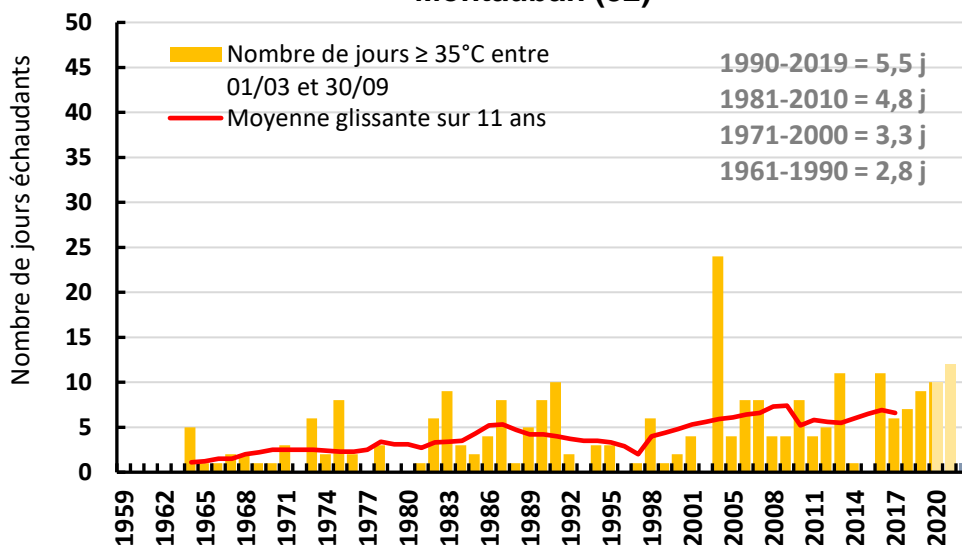


Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatiqueE

Perpignan (66)



Montauban (82)



Analyse

La hausse générale des températures et l'augmentation des fortes chaleurs fragilisent la filière viticole. Alors que l'Occitanie possède le 1^{er} vignoble national, représente 45% de la production nationale de vins rouges et rosés et produit 80% des volumes IGP, l'adaptation au changement climatique est indispensable (Agri'scopie, 2021).

Les quatre villes représentées, Nîmes (30), Maumusson-Laguian (32), Montpellier (34), Perpignan (66) et Montauban (82) ont une augmentation du nombre de jours échaudants hétérogène ces 60 dernières années. Alors que Nîmes et Montauban enregistrent une moyenne entre 1961 et 1990 de 2,75 jours où la température est supérieure à 35°C, l'évolution dans le Gard est beaucoup plus rapide et intense



puisqu'elle passe à 10,1 jours entre 1990 et 2019 soit une moyenne 3,7 fois plus élevée. Les autres villes voient quant à elles leur moyenne doublée sur ces mêmes périodes.

Après la réalisation de tests statistiques, cette tendance peut être qualifiée de significative (p -value < 0,05), en d'autres termes, il y a un effet du changement climatique avec une augmentation de :

- + 0,81 j par décennie à Maumusson-Laguian, soit + 4,55 j en 56 ans (***)
- + 0,39 j par décennie à Montpellier, soit +2,33 j en 60 ans (**)
- + 0,70 j par décennie à Perpignan, soit + 3,30 j en 47 ans (**)
- + 1,04 j par décennie à Montauban, soit + 6,22 j en 60 ans (***)

Pour Nîmes, au vu du nombre de jours de fortes chaleur qui accélère significativement (*), il ne serait pas rigoureux de quantifier l'évolution de la même manière. C'est pourquoi, il est possible de se référer aux moyennes sur 30 ans qui sont davantage représentatives.

Avec l'augmentation des températures, les cycles végétatifs et de reproduction de la vigne sont avancés. La maturation est également plus précoce en s'étalant plus tôt en été où, en plus des températures plus élevées, sont également recensés de plus en plus de canicules. En phase de maturation, les baies atteignent leur volume final et se transforment chimiquement. Ainsi, leur exposition aux températures supérieures à 35°C désorganise leur structure cellulaire et détruit leurs protéines. La vigne est également sujette au risque de brûlure qui touche d'abord la face exposée de la baie avant de s'étendre à l'entièreté de grappe en cas de stress aigu. Il est aussi observé un brunissement du limbe et enroulement des feuilles pouvant aller jusqu'à la nécrose. Selon l'exposition aux rayonnements, la composition du raisin peut ainsi être déséquilibrée que ce soit sur son potentiel aromatique ou son état de santé général (INRAe, 2018).

Pour limiter les impacts des jours chauds, certaines solutions existent comme l'irrigation par aspersion, l'ombrage artificiel, une exposition au Nord de la parcelle ou la sélection de cépages résistants (van Leeuwen *et al.*, 2020).

A retenir

- ✓ Le nombre de jours échaudants augmente progressivement dans les quatre localisations mais avec une hausse bien plus marquée à Nîmes, dont la moyenne ces 30 dernières années s'élèvent à 10,1 j (4,2 j pour Maumusson-Laguian, 1,6 j pour Montpellier, 2,9 j pour Perpignan, 5,5 j pour Montauban).
- ✓ Avec une maturité plus précoce, la vigne est davantage exposée aux risques de brûlures, qui couplés au stress hydrique affaiblissent le potentiel de rendement et déséquilibrent la composition du raisin.

Note statistique : sur ce jeu de données trois tests statistiques ont été réalisés: régression polynomiale pour Nîmes, régression linéaire pour les autres villes et le test de tendance non paramétrique de Mann Kendall sur toutes les localisations.

*Pour rappel : au plus le nombre d'astérisque est important au plus la force de la tendance l'est aussi (p-value : ***<0.001<**<0.01<*<0.05)*

Pour aller plus loin

2 CHANGEMENT CLIMATIQUE RELU POUR L'AGRICULTURE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Les stratégies de la filière viticole face au changement climatique sont répertoriées dans le projet LACCAVE (porté par l'IFV, INRAe, l'INAO et FranceAgriMer) disponible à l'adresse suivante : https://www.vignevin.com/wp-content/uploads/2021/09/Strategie-de-la-filiere-viticole-face-au-changement-climatique_web.pdf

Pour en savoir plus

Chambre Régionale d'Agriculture Occitanie, C. d'Occitanie (2021) *AGRISCOPIE-Viticulture*. Disponible sur : https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/076_Inst-Occitanie/Documents/Agriscopie/Agriscopie_2021/AGRISCOPIE-Viticulture-crao2021.pdf

INRAe (2018) *Vigne - Rayonnement solaire et chaleur, Ephytia*. Disponible sur : <http://ephytia.inra.fr/fr/C/7064/Vigne-Rayonnement-solaire-et-chaleur>

van Leeuwen, C. and Darriet, P. (2020) *Leviers-d'adaptation-au-changement-climatique-Van-Leeuwen.pdf*. Bordeaux. Disponible sur : <https://hal.inrae.fr/hal-02743208>



Date de mise à l'herbe

🔑 Nature et source des données

Séries quotidiennes fournies par Météo France de 1959 à 2019

🕒 Indicateur

- Saint-Girons (09) : 1989 à 2019
- Salles-Curan (12) : 1959 à 2019
- Gourdon (46) : 1961 à 2019

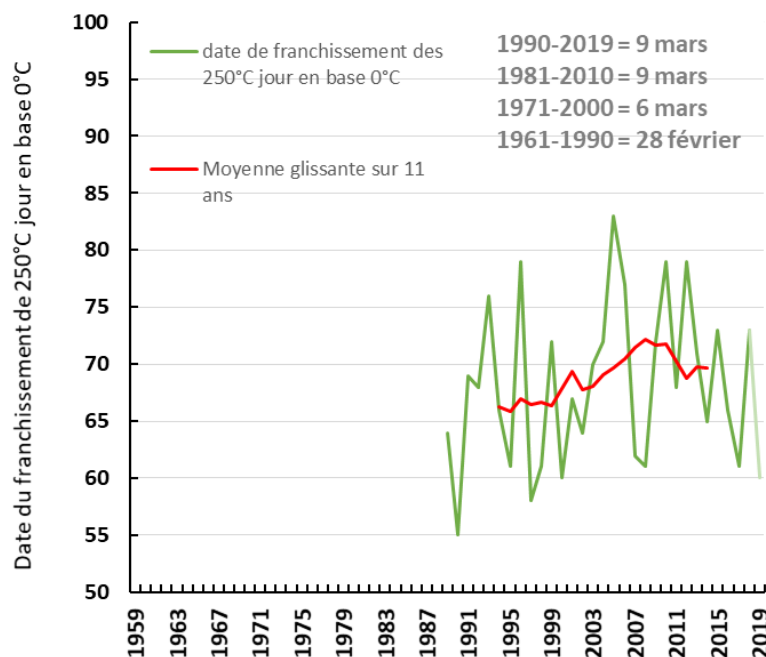
📊 Calcul de l'indicateur

- Date de l'année où l'on franchit la somme de 250°C jours en base 0°C à partir du 01/02
- Moyennes trentenaires de la date de l'année où l'on franchit la somme de 250°C jours en base 0°C à partir du 01/02 : 1961-1990 ; 1971-2000 ; 1981-2010 ; 1990-2019 (sauf stations avec une profondeur de données inférieure).

📈 Évolution observée

- En abscisse : Années
- En ordonnée : nombre de jours initié au 1^{er} janvier

Saint-Girons (09)

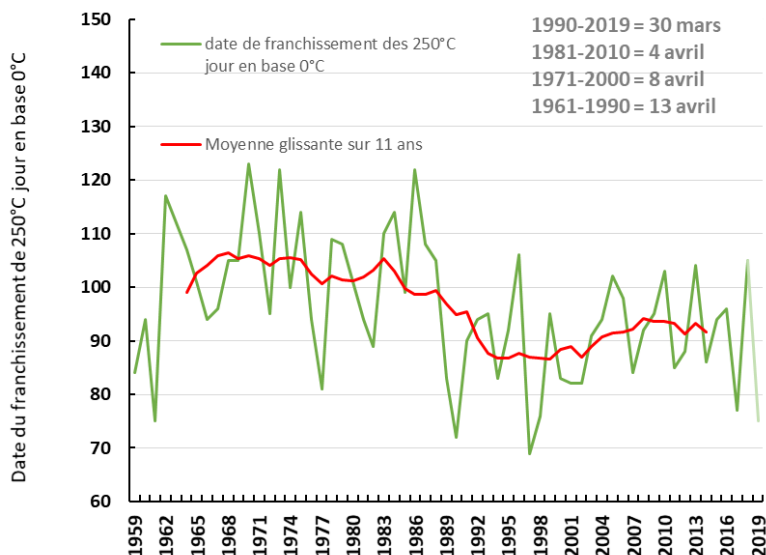


2 CHANGEMENT CLIMATIQUE RELU POUR L'AGRICULTURE

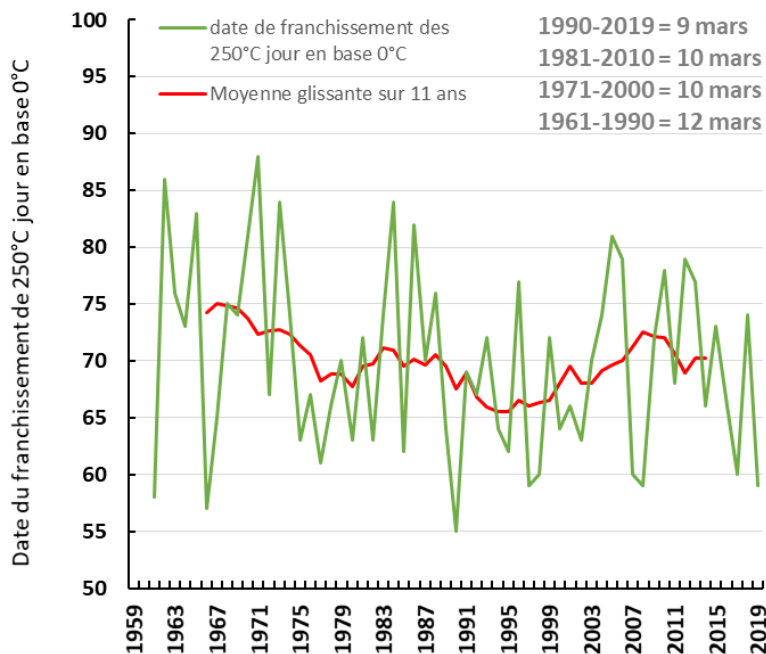


Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatiqueE

Salles-Curan (12)



Gourdon (46)



 **Analyse**

La date de mise à l'herbe est déterminée au moyen de la somme des degrés jours en base 0 à compter du 01/02 de l'année. Dès que cette somme atteint un seuil (ici défini à 250°CJ) on estime que la croissance de l'herbe est suffisante pour supporter le pâturage.

Il a déjà été montré dans la partie précédente que les températures printanières ont augmenté significativement dans toute la région depuis les années 1960 d'en moyenne 0,33°C par décennie (cf. « Températures moyennes saisonnières »). Cela peut laisser supposer une date de mise à l'herbe potentiellement plus précoce puisque la somme de 250°CJ pourra être atteinte plus rapidement.

L'évolution observée de la date de mise à l'herbe en région Occitanie depuis 1959 (1961 pour la station de Gourdon et 1988 pour la station de Saint-Girons), pour chaque station est de :

- + 1,2 jour par décennies à Saint-Girons, soit + 3,6 jours plus tard en 30 ans (NS)
- - 2,5 jours par décennies à Salles-Curan, soit - 15 jours plus tôt en 60 ans (S)
- - 0,8 jours par décennies à Gourdon, soit - 4,6 jours plus tôt en 58 ans (NS)

Seule la station de Salles-Curan affiche un résultat significatif sur cet indicateur ($P < 0,005$). Pour les autres stations, l'une montre une faible augmentation de la précocité (Gourdon) et l'autre montre même un recul de la date de mise à l'herbe (Saint-Girons). Ces deux résultats ne sont pas significatifs. Ces résultats peuvent être dus à une forte hétérogénéité spatiale du réchauffement printanier. A cela s'ajoutent de grandes variations interannuelles, puisque les R^2 sont très bas, tous inférieurs à 0,2.

Des études tendent à montrer une augmentation nette de la précocité des prairies (Soussana et al. 2002). Un résultat étonnant est que ces trois stations avaient été choisies pour suivre l'évolution de la température moyenne saisonnière, et qu'elles montraient toutes une augmentation significative des températures printanières au moins égales à la moyenne de l'Occitanie (+ 0,33°C par décennie). Ainsi il semble que pour les stations de Gourdon et de Saint-Girons, le réchauffement ne soit pas réparti également sur tout le printemps, mais plutôt concentré à la fin de la saison. D'après l'Institut de l'Élevage, ces changements n'entraînent pas nécessairement des évolutions de rendements fourragers. Cependant le réchauffement de la fin du printemps raccourcit la période de fauche, ce qui rend celle-ci plus complexe à mettre en œuvre.

A retenir

- ✓ On ne constate une évolution significative de la date de mise à l'herbe que pour une seule des trois stations étudiées. Toutes les stations montrent un réchauffement printanier significatif, cela peut s'expliquer par un réchauffement concentré à la fin de la saison.
- ✓ Le réchauffement de la fin du printemps conduit à un raccourcissement de la période de fauche.

2 CHANGEMENT CLIMATIQUE RELU POUR L'AGRICULTURE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Note statistique : sur ce jeu de données deux statistiques ont été réalisées: régression polynomiale ou régression linéaire.

Pour aller plus loin :

- Les autres régions montrent des résultats similaires, sans gain de précocité (ORACLE Centre-Val de Loire, Grand-Est, Pays de la Loire, Nouvelle Aquitaine).
- Les projections laissent supposer qu'un gain de pâtre est attendu en automne (Soussana et al. 2002), ce qui pourrait compenser les risques au printemps. Cependant, nous venons de voir que le gain prédit au printemps ne se voit que très peu sur le terrain. Il serait donc pertinent de valider expérimentalement la présence de ce gain automnal.
- L'indicateur observé ici est une simplification de la date de mise à l'herbe. En effet, elle ne dépend pas seulement de la température mais également de la portance du sol. Pour cela, une période de 1 à 4 jours sans pluie, selon le type du sol, est nécessaire (ITB, 2012).

Pour en savoir plus

ITB (2012). Jours disponibles pour le désherbage mécanique. La technique betteravière N°963. 1p

SOUSSANA et al. (2002) : « Impacts des changements climatiques et atmosphériques sur la prairie et sa production » Fourrages 169, 3-24



Cumul des pluies estivales du 1^{er} juillet au 30 septembre

Nature et source des données

Séries quotidiennes fournies par Météo France de 1959 à 2019

Indicateur

- Aigues-Mortes (30) : 1959 à 2019
- Auch (32) : 1982 à 2019
- Montauban (82) : 1959 à 2019

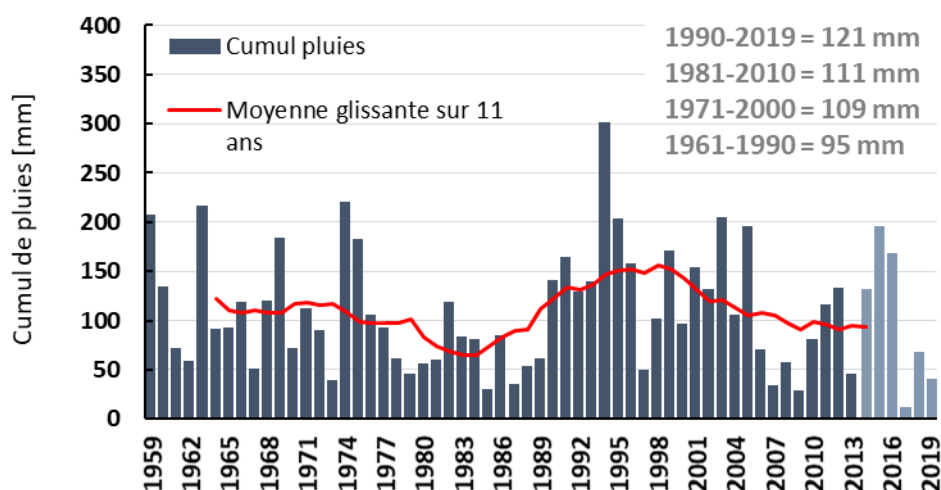
Calcul de l'indicateur

- Cumul des précipitations du 01/07 au 30/09.
- Moyennes trentenaires des précipitations annuelles du 01/07 au 30/09 : 1961-1990 ; 1971-2000 ; 1981-2010 ; 1990-2019 (sauf stations avec une profondeur de données inférieure).

Évolution observée

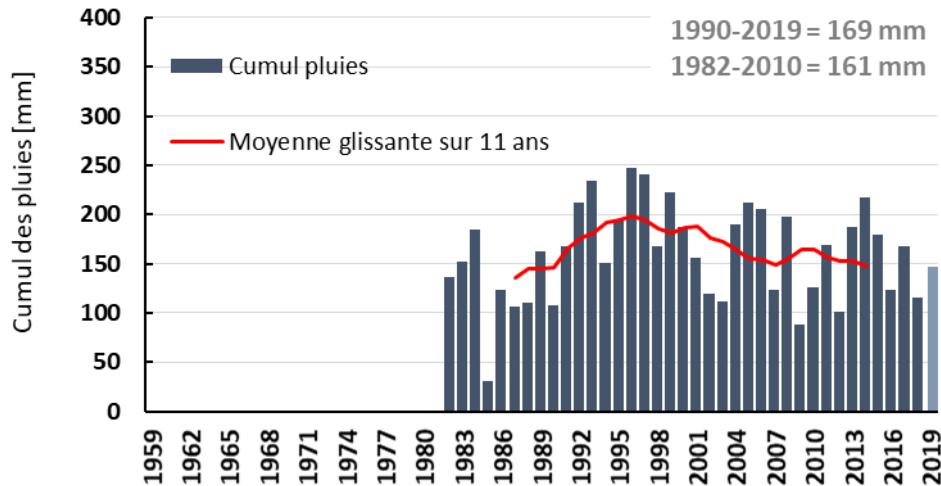
- En abscisse : Années
- En ordonnée : Cumul des précipitations du 01/07 au 30/09 [mm]

Aigues-Mortes (30)

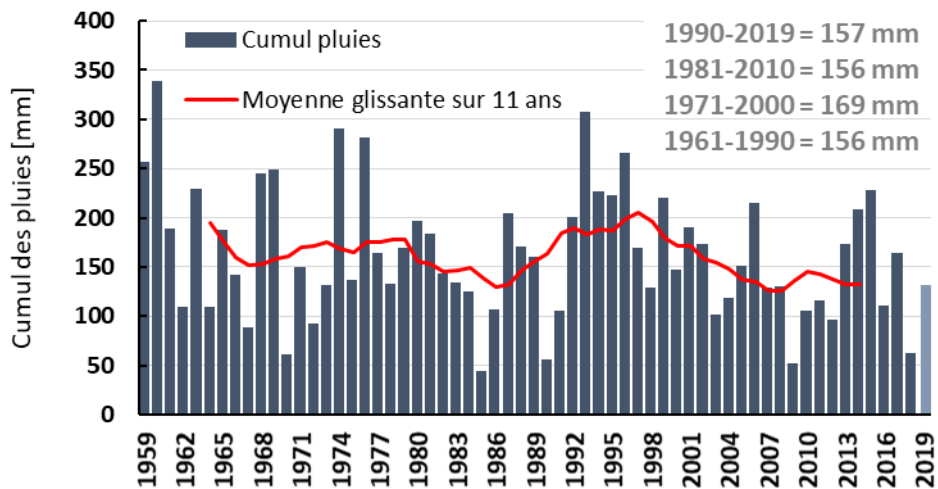




Auch (32)



Montauban (82)



Analyse

Les précipitations de juillet à septembre sont très importantes pour les grandes cultures et notamment pour permettre aux couverts végétaux semés après les moissons de lever. Les tendances observées sont les suivantes :

- - 1 mm par décennie à Aigues-Mortes, soit - 6 mm en moins en 60 ans (NS)
- + 4 mm par décennie à Auch, soit + 15 mm en moins en 37 ans (NS)
- - 8 mm par décennie à Montauban, soit - 48 mm de moins en 60 ans (NS)



Toutes ces tendances sont non significatives. Tout d'abord, les baisses observées sont très faibles et les variations interannuelles sont très élevées, cela s'illustre par des R^2 très faibles (dans les trois cas, $R^2 < 0,05$). Il y a par exemple un différentiel de plus de 150 mm à Auch entre 1984 et 1985. Ensuite, il se dessine des tendances de hausses et de baisses successives d'une dizaine d'années, qui ne sont alors pas visibles sur une tendance globale de 60 ans.

Néanmoins, ces trois départements sont le lieu d'un réchauffement estival très significatif compris entre + 0,42°C par décennie et + 0,54°C par décennie (cf. « Températures moyennes saisonnières »). Cette augmentation de température accrue l'évapotranspiration. Sans hausse des précipitations, le déficit hydrique s'intensifie rendant ainsi la levée des couverts végétaux plus incertaine.

A retenir

- ✓ Les précipitations estivales, bien que très variables d'une année sur l'autre n'ont en moyenne pas évoluées 60 ans.
- ✓ La température ayant de son côté augmenté, le stress hydrique estival est aujourd'hui plus fort ce qui rend la levée des couverts plus incertaine.

Note statistique : sur ce jeu de données trois statistiques ont été réalisés : régression polynomiale ou régression linéaire et le test de tendance non paramétrique de Mann-Kendall.

Pour en savoir plus

Samir Meridja. Approche biophysique des processus de développement et de croissance des couverts végétaux : Interaction avec le stress hydrique et optimisation des pratiques culturales en climat méditerranéen. Sciences agricoles. AgroParisTech, 2011.



Rechargement hivernal

Nature et source des données

Séries quotidiennes fournies par Météo France de 1959 à 2019

Indicateur

- Aigues-Mortes (30) : 1959 à 2019
- Auch (32) : 1983 à 2019
- Cordes (81) : 1959 à 2019

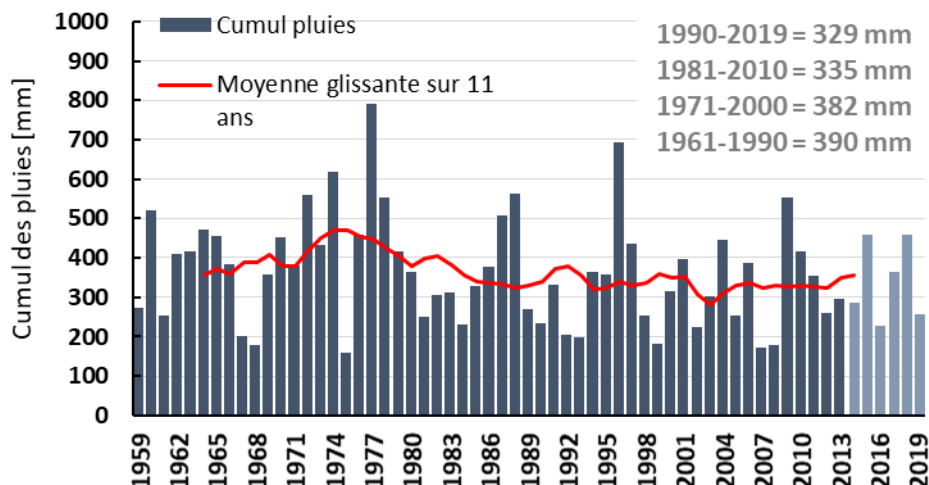
Calcul de l'indicateur

- Cumul des précipitations du 30/09 au 01/04.
- Moyennes trentenaires des précipitations du 30/09 au 01/04 : 1961-1990 ; 1971-2000 ; 1981-2010 ; 1990-2019 (sauf stations avec une profondeur de données inférieure).

Évolution observée

- En abscisse : Années
- En ordonnée : Cumul des précipitations du 30/09 au 01/04 [mm]

Aigues-Mortes (30)

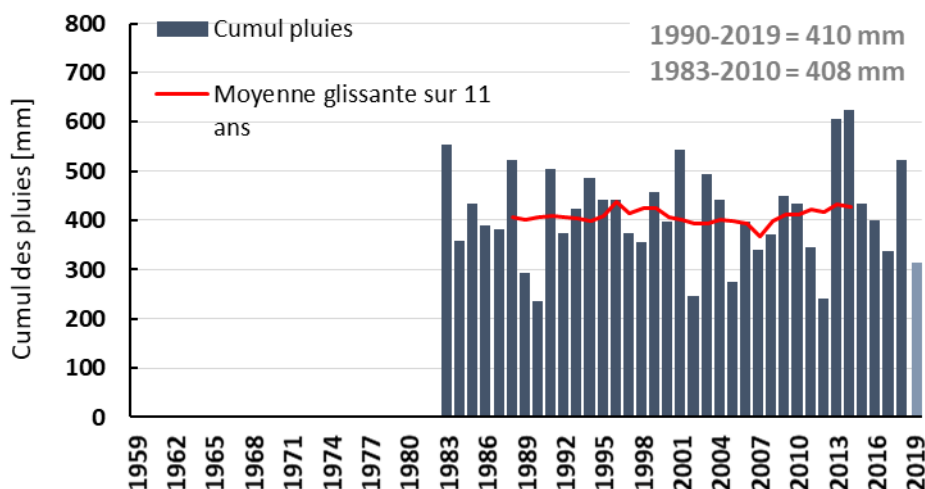


2 CHANGEMENT CLIMATIQUE RELU POUR L'AGRICULTURE

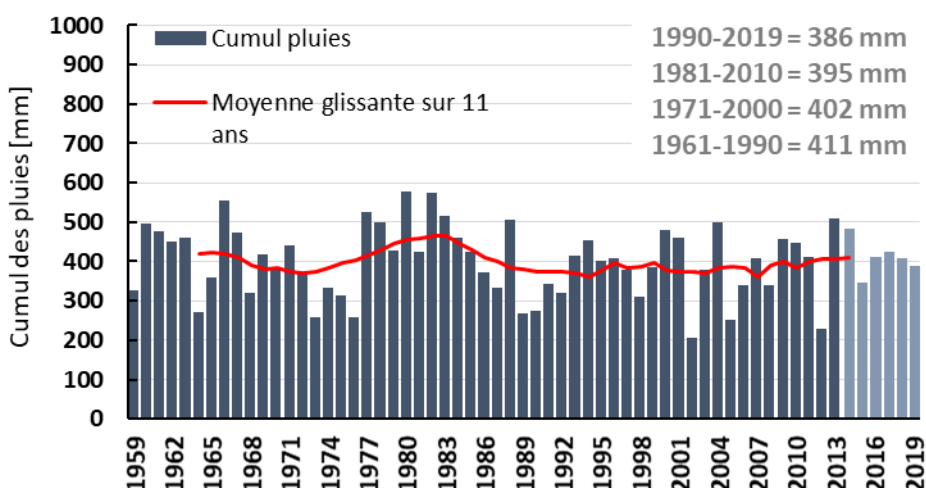


Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatiquE

Auch (32)



Cordes (81)



Analyse

Les précipitations d'octobre à avril sont très importantes car c'est à cette période que se remplissent les aquifères et les retenues, qui serviront de réserves d'eau pendant la période estivale où le bilan hydrique est généralement négatif en Occitanie. Les évolutions observées sont les suivantes :

- - 17 mm par décennie à Aigues-Mortes, soit 102 mm en moins en 60 ans (NS)
- - 5 mm par décennie à Auch, soit 19 mm en moins en 36 ans (NS)
- - 7 mm par décennie à Cordes, soit 42 mm de moins en 60 ans (NS).



Toutes ces tendances sont non significatives. Cela est principalement dû à une très grande variabilité interannuelle. On peut en effet observer un écart de plus de 350 mm à Aigues-Mortes entre 2008 et 2009. Cette variabilité s'illustre par des R^2 très faibles ($R^2 < 0,05$) qui font que même à Aigues-Mortes où l'on observe une forte diminution en moyenne (-17 mm par décennies), on ne peut pas conclure sur l'existence d'une réelle tendance. Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus précédemment dans la fiche « Cumul saisonnier des précipitations » qui ne montrent pas de tendance d'évolution significative des précipitations sur l'automne, l'hiver et le printemps. Néanmoins, la hausse des températures est réelle (fiche « Températures moyennes saisonnières ») et conduit à une hausse de l'ETP ce qui peut réduire la quantité d'eau disponible pour la recharge hivernale des nappes ou des retenues.

A retenir

- ✓ Des baisses des précipitations durant la recharge des aquifères et des retenues sont observées, cependant les fortes variations interannuelles nous empêchent de conclure sur l'existence d'une réelle tendance sur les 60 dernières années.
- ✓ Ces données sont notamment à mettre en parallèle avec l'évolution de l'évapotranspiration potentielle et réelle sur cette période afin d'identifier une réduction de la recharge des nappes et des retenues.

Note statistique : sur ce jeu de données un test statistique a été réalisé : la régression linéaire.

Pour en savoir plus

BRGM, 2016. Recharge des nappes et adaptation au changement climatique. *Dossier de presse.*

Rendement du blé tendre

Nature et source des données

Données annuelles disponibles sur AGRESTE de 1989 à 2020

Indicateur

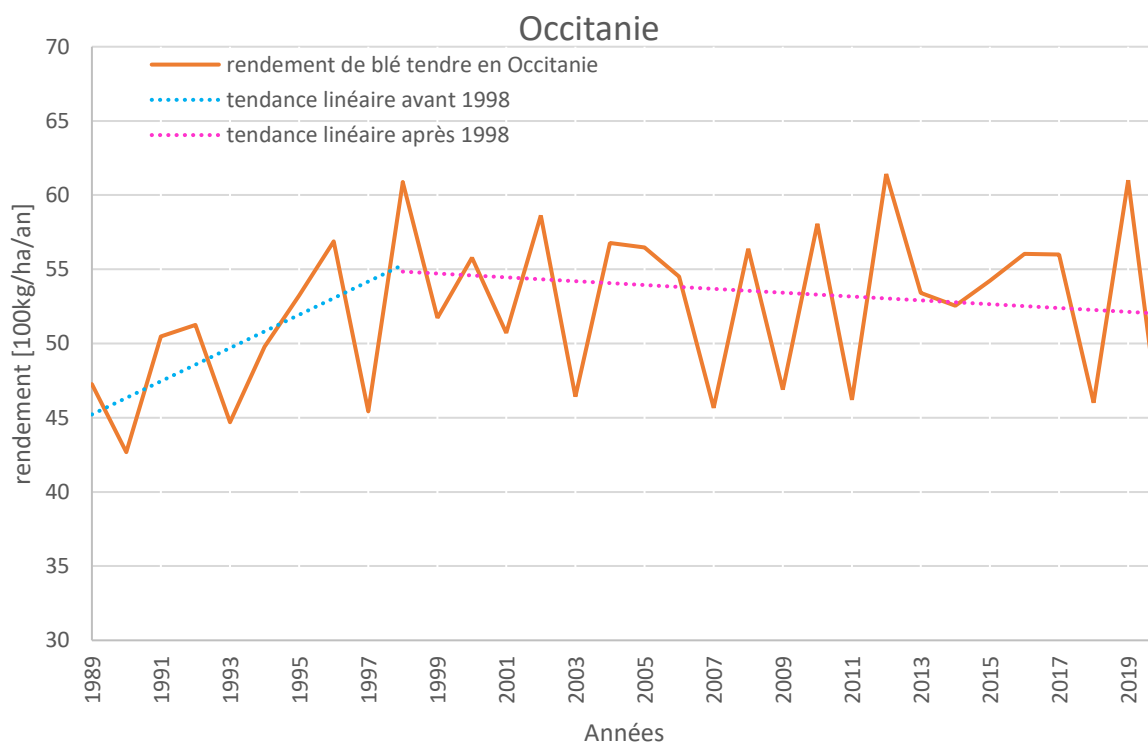
- Occitanie : 1989 à 2020

Calcul de l'indicateur

- Rendement moyen annuel du blé tendre

Evolution observée

- En abscisse : Années
- En ordonnée : Rendement du blé tendre [100 kg/ha]



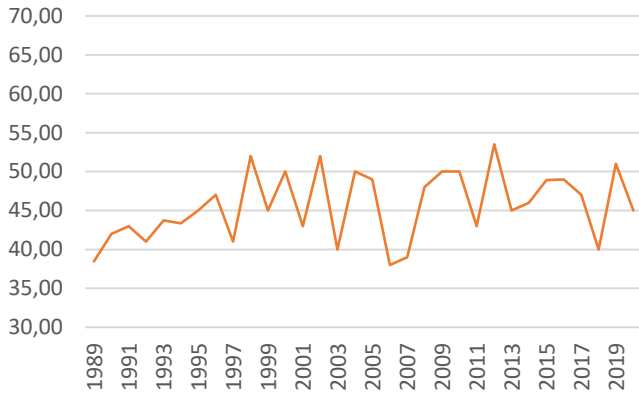
3

IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

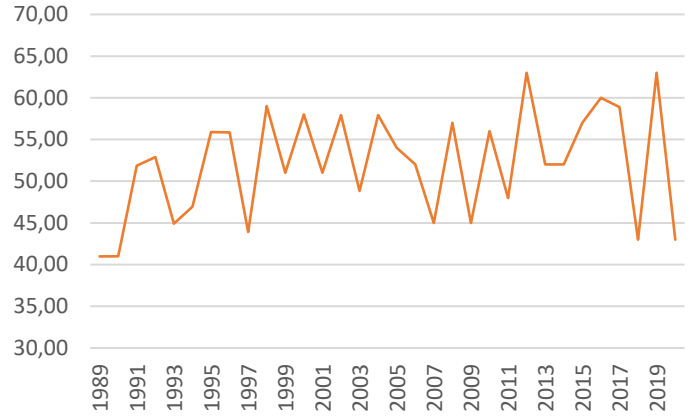


Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatiquE

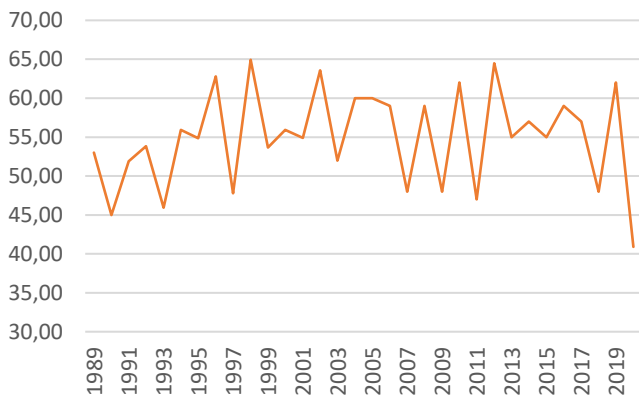
Aveyron



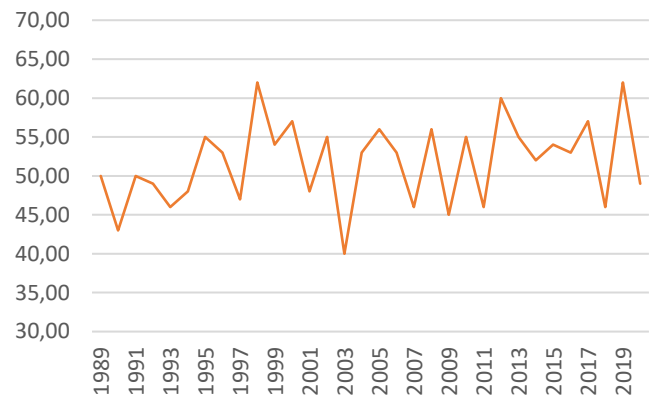
Haute-Garonne



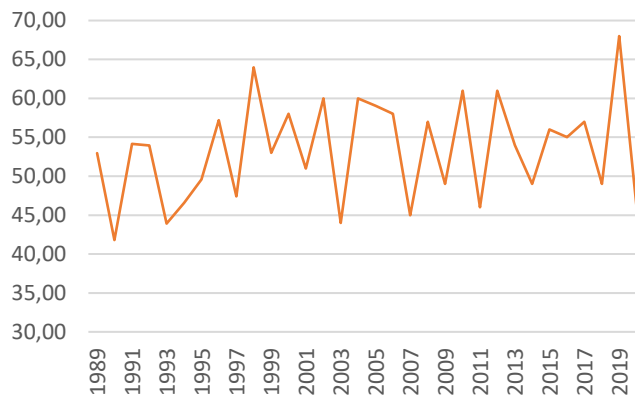
Gers



Tarn



Tarn-et-Garonne





Analyse

Analyse des tendances linéaires sur les périodes 1989 - 1998 et 1998 - 2020 :

	Avant 1998	Après 1998
Occitanie	+ 1,2 (NS)	- 0,01 (NS)
Aveyron (12)	+ 0,89 (S)	- 0,02 (NS)
Haute-Garonne (31)	+ 1,3 (NS)	- 0,06 (NS)
Gers (32)	+ 1,18 (NS)	- 0,26 (NS)
Tarn (81)	+ 1,04 (NS)	- 0,01 (NS)
Tarn-et-Garonne (82)	+ 0,87 (NS)	- 0,1 (NS)

Evolution en q/ha par année (S = significatif ; NS = Non significatif)

L'évolution des rendements de blé tendre a été observée dans tous les départements d'Occitanie depuis 1989. Le rendement moyen de la région est assez faible. Il est de 53,2 q/ha lors des 20 dernières années en Occitanie contre 71,4 q/ha en France. Les dynamiques sont néanmoins très similaires sur tout le territoire français où deux périodes se distinguent :

- D'abord une phase d'augmentation des rendements de 1989 jusqu'en 1998. Cette augmentation est due aux progrès techniques et génétiques, et à la mécanisation des exploitations.
- Puis une seconde phase, de 1998 à aujourd'hui où l'on assiste à une stagnation des rendements.

Numériquement, cela se traduit par des coefficients directeurs très différents pour les deux régressions linéaires. Ainsi pour la moyenne régionale on obtient :

- Une augmentation de + 1,2 q/ha/an de 1989 à 1998, ce qui correspond à la progression moyenne nationale sur cette période.
- Une stagnation de - 0,01 q/ha/an de 1998 à 2020, correspondant à la seconde phase décrite précédemment.

On observe des résultats très similaires dans les 5 départements concentrant 90% de la production de blé tendre de la région. Ces tendances ne sont cependant pas significatives, puisque les p-value sont grandes. Cela est dû à un manque de profondeur des données



(seulement 9 ans avant 1998), et à de très fortes variations interannuelles. Ces fortes variations peuvent alors masquer les effets des adaptations de pratiques.

Cette dynamique en deux temps se retrouve dans toute la France, et même dans d'autres pays d'Europe. Les ORACLE des régions de Bretagne, Centre-Val de Loire, Grand Est, Pays de la Loire et Nouvelle Aquitaine présentent des courbes similaires à celles présentées ci-dessus.

Une équipe de chercheurs menée par Nadine Brisson a apporté des explications nationales à ce phénomène (N. Brisson et al., 2010). Ils ont tout d'abord remarqué que la hausse des rendements due à l'amélioration variétale s'est maintenue depuis 1989, à un niveau compris entre +1,0 et +1,2 q/ha/an. Les progrès génétiques ne sont donc pas en cause dans cette stagnation. Cela signifie que d'autres mécanismes entraînant ces baisses sont à l'œuvre :

- Il a été observé des changements de pratiques culturales. Le colza a eu tendance à remplacer les légumineuses dans les rotations culturales (cf. fiche : « Surface en légumineuses en grandes cultures et prairies artificielles »). Cela a provoqué une diminution des rendements de blé tendre de l'ordre de - 0,35 q/ha/an. C'est une première cause de stagnation, mais elle n'est pas suffisante pour compenser l'amélioration variétale constatée.
- Les chercheurs ont noté une baisse dans la fertilisation azotée du blé entre les années 2000 à 2007 du fait de l'application de la Directive Nitrates. La perte de rendement associée à cette diminution des engrais est néanmoins faible car en bonne partie compensée par le fractionnement des apports de nitrates qui permet une meilleure efficacité des fertilisants. La baisse due à ce phénomène est estimée autour de - 0,1 q/ha/an.
- Les deux explications précédentes n'expliquent même pas la moitié de la baisse de rendement. Le dernier facteur est donc celui ayant le plus d'impact sur les rendements du blé. Il s'agit du changement climatique.

Le changement climatique impacte les rendements de blé tendre via deux mécanismes, l'augmentation des jours échaudants durant le remplissage des grains (cf. fiche : « Jours échaudants au printemps ») et l'augmentation du stress hydrique durant la période d'élongation de la tige.

Le dernier phénomène marquant sur l'ensemble des graphes est l'immense variabilité interannuelle du rendement. Ainsi, il n'est pas rare d'observer une différence de rendement de l'ordre de 20 q/ha sur deux années consécutives. Cette variabilité est essentiellement due aux grandes variations climatiques.

A retenir

- ✓ Les rendements de culture du blé tendre sont en stagnation en Occitanie depuis la fin des années 1990 malgré une amélioration génétique continue. Trois facteurs de baisses ont été identifiés. Le plus important est le changement climatique via l'échaudage thermique pendant le remplissage des grains et le stress hydrique durant l'élongation de la tige. Les deux autres facteurs sont un changement des rotations culturales et une baisse de la fertilisation azotée.
- ✓ Le changement climatique entraîne aussi une grande variabilité interannuelle des rendements, rendant tout prévisionnel très incertain.



Note statistique : ce jeu de données a été traité par régression linéaire.

Pour en savoir plus :

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

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



Rendement du blé dur

Nature et source des données

Données annuelles disponibles sur AGRESTE 1989 à 2020

Indicateur

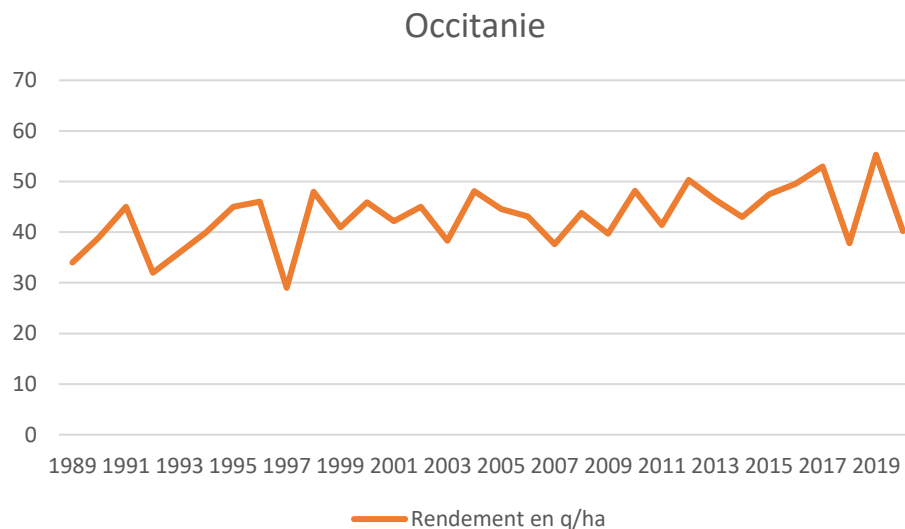
- Occitanie : 1989 à 2020
- Aude, Gard, Haute-Garonne, Gers, Hérault : 1989 à 2020

Calcul de l'indicateur

- Rendement moyen annuel du blé dur

Evolution observée

- En abscisse : Années
- En ordonnée : Rendement du blé dur [q/ha]



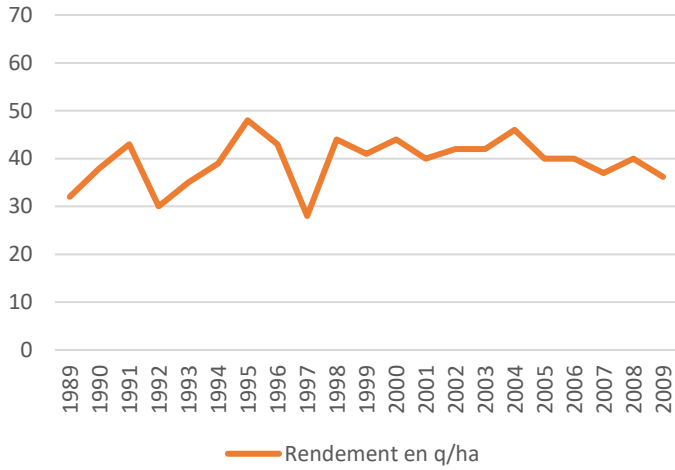
3

IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

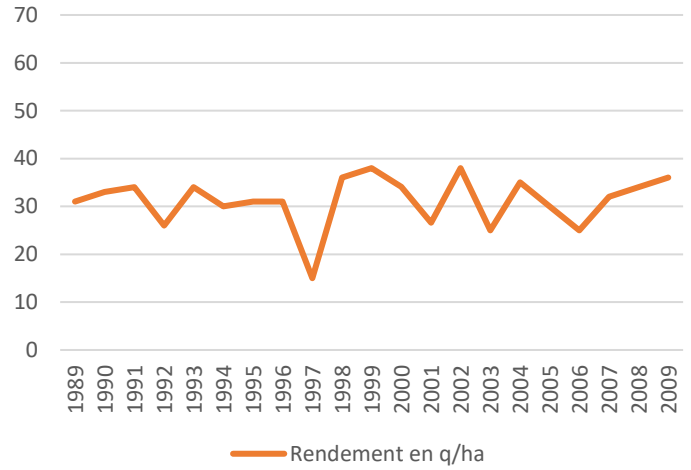


Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatiqueE

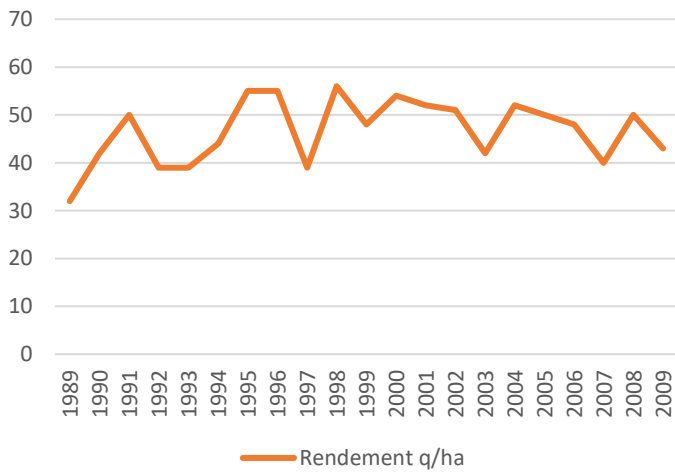
Aude (11)



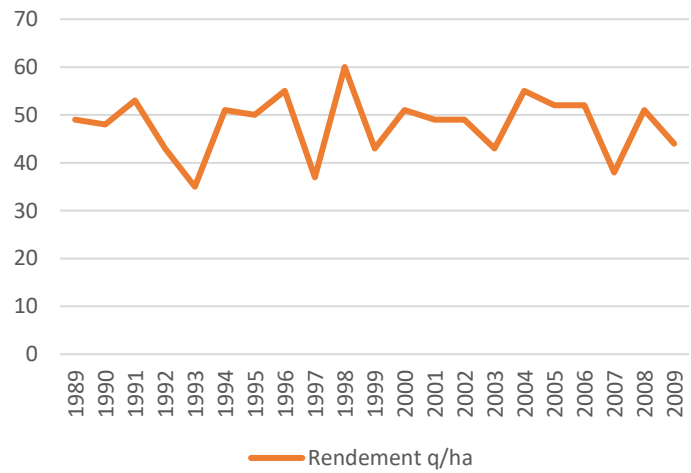
Gard (30)



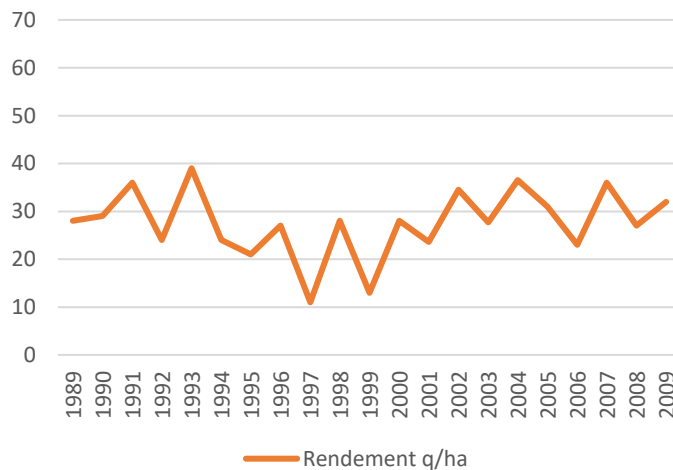
Haute-Garonne (31)



Gers (32)



Hérault (34)





Analyse

En Occitanie, la hausse du rendement est visible avec une hausse significative (**):

- + 3 q/ha par décennie soit + 9,8 q/ha en 32 ans.

Au sein des départements, l'évolution des rendements est également visible. L'Aude, le Gard et la Haute-Garonne affichent une tendance significative avec une augmentation de :

- +2,6 q/ha par décennie dans l'Aude et une moyenne ces 32 dernières années de 41,2 q/ha
- +2,9 q/ha par décennie dans le Gard et une moyenne ces 32 dernières années de 33,2 q/ha
- +3,3 q/ha par décennie en Haute-Garonne et une moyenne ces 32 dernières années de 48,7 q/ha

Les départements qui se démarquent sont le Gers et l'Hérault puisqu'aucune tendance n'a pu être mise en évidence. Ces départements enregistrent des moyennes sur 32 ans de :

- 49,2 q/ha dans le Gers
- 28,4 q/ha dans l'Hérault

Les rendements du blé dur ont, comme pour le blé tendre, n'ont cessé d'augmenter jusque dans les années 90 où la hausse s'est amoindrie voire a atteint un plafonnement ce qu'il est possible d'observer ici. Le progrès génétique continue mais ne s'exprime plus pour plusieurs raisons, qui lient agronomie (rotation, fertilisation), politique et économie mais surtout le changement climatique. Considéré comme à 70% responsable, le changement climatique se traduit par la hausse de température, l'augmentation des épisodes caniculaires et des sécheresses que le blé subit de plus en plus fréquemment. Cela impacte ainsi les rendements du blé via : le remplissage des grains affecté par les jours chauds, (cf. fiche : « Jours échaudants au printemps ») et l'élongation de la tige affectée par le stress hydrique (Brisson *et al.*, 2010).

A retenir

- ✓ A l'échelle de la région, deux comportements sont visibles : une faible hausse des rendements (Aude, Gard, Haute-Garonne) ou un plafonnement (Gers, Hérault). Dans les deux cas, les rendements présentent une grande variabilité interannuelle.
- ✓ Le ralentissement de la hausse des rendements qui a pu mener à un plafonnement s'explique majoritairement par les conséquences du changement climatique que l'on peut caractériser par des événements climatiques extrêmes plus fréquents et plus intenses.

Note statistique : sur ce jeu de données deux tests statistiques ont été réalisés, celui de la régression linéaire et le test de tendance non paramétrique de Mann-Kendall.

**Pour en savoir plus :**

Brisson, N. *et al.* (2010) 'Why are wheat yields stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for France', *Field Crops Research*, 119(1), pp. 201–212. doi:[10.1016/j.fcr.2010.07.012](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.07.012).

Frontout, Y. (2018) *S'adapter au changement climatique en grandes cultures*, *Terre-net*. Disponible sur : <https://www.terre-net.fr/meteo-agricole/article/anticipation-et-souplesse-les-maitres-mots-face-au-changement-climatique-2179-138897.html>

Rendement du maïs grain

🔑 Nature et source des données

Données annuelles disponibles sur AGRESTE de 1989 à 2020

🕒 Indicateur

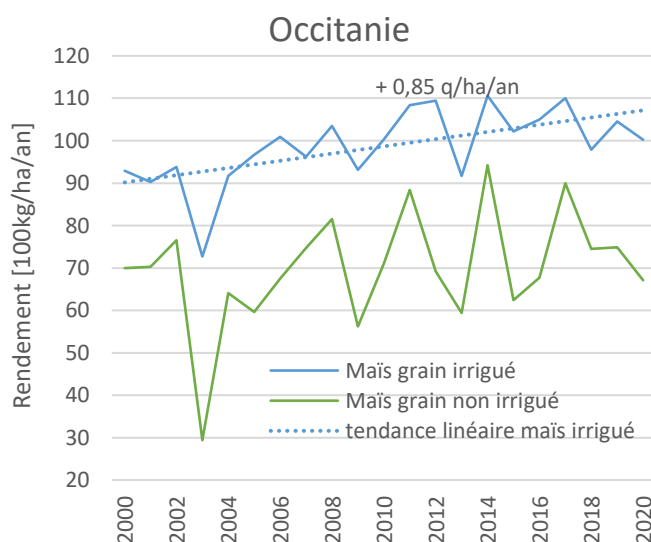
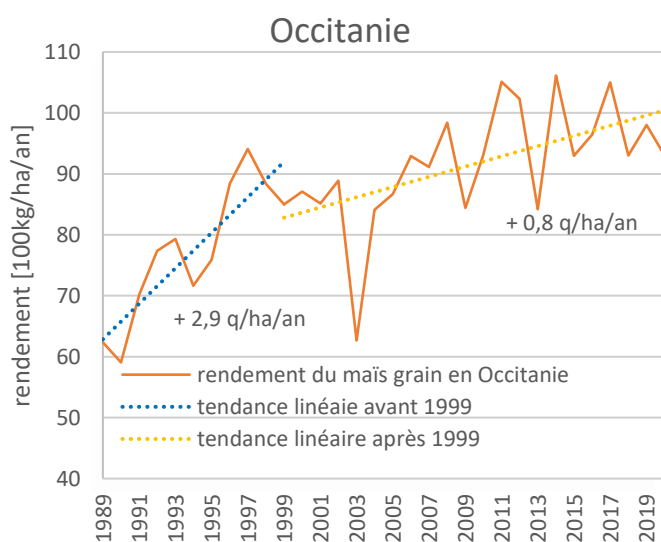
- Occitanie : 1989 à 2020 rendements cumulés en irrigué et non irrigué, 2000 à 2020 rendements en irrigué et non irrigué séparés
- Dans les départements : rendements cumulés en irrigué et non irrigué
 - Haute-Garonne : 1989 à 2020
 - Gers : 1989 à 2020
 - Hautes-Pyrénées : 1989 à 2020
 - Tarn : 1989 à 2020
 - Tarn-et-Garonne : 1989 à 2020

📊 Calcul de l'indicateur

- Rendement moyen annuel du maïs grain

📈 Evolution observée

- En abscisse : Années
- En ordonnée : Rendement du maïs grain [100kg/ha]



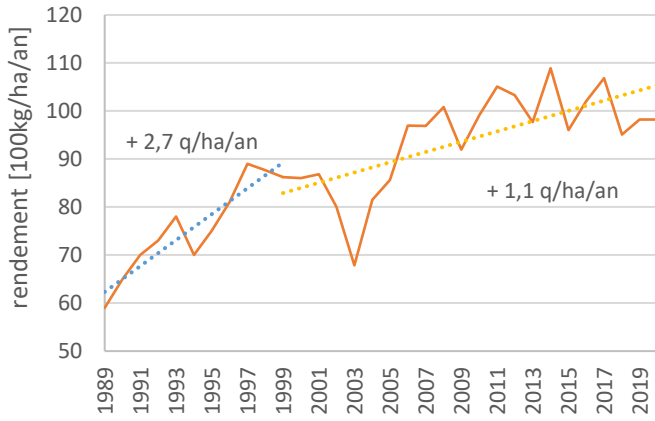
3

IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

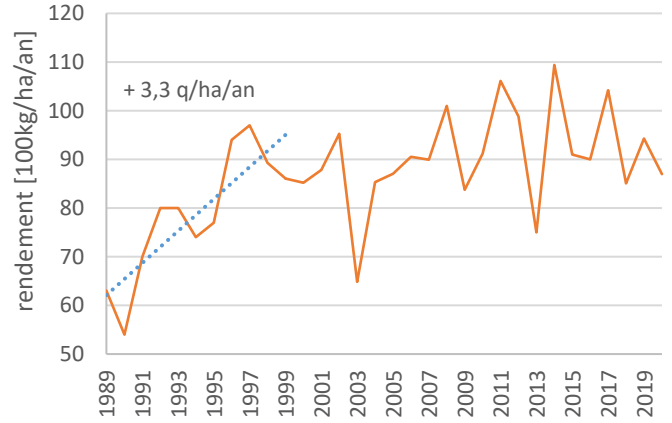


Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement cLimatiquE

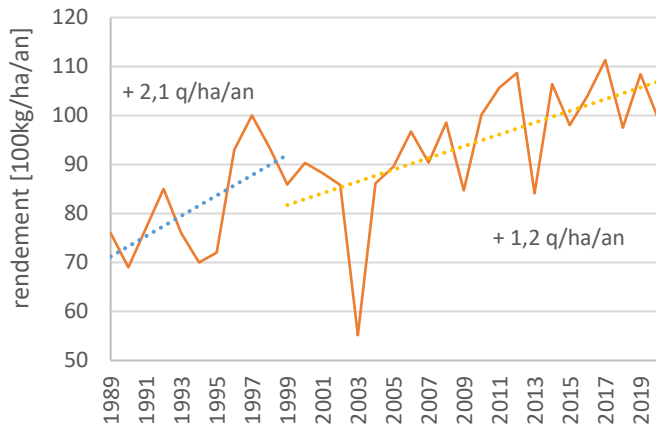
Haute-Garonne



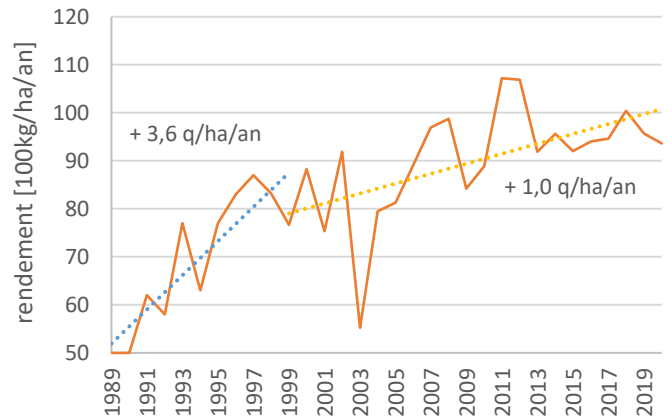
Gers



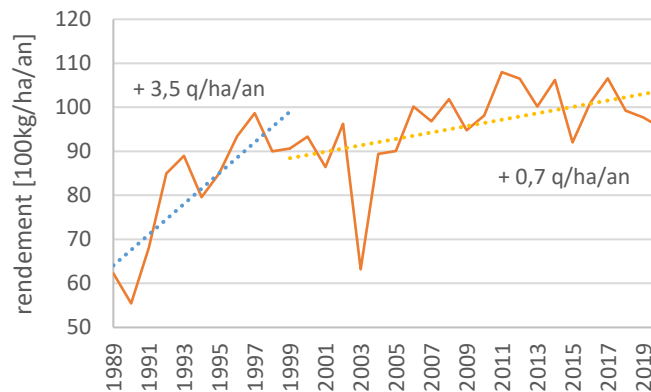
Hautes-Pyrénées



Tarn



Tarn-et-Garonne





Analyse

Analyse des tendances linéaires des rendements sur les périodes 1989 - 1999 et 1999 - 2020 :

	Avant 1999	Après 1999
Occitanie	+ 2,9 (S)	+ 0,8 (S)
Haute-Garonne (31)	+ 2,7 (S)	+ 1,1 (S)
Gers (32)	+ 3,3 (S)	+ 0,5 (NS)
Hautes-Pyrénées (65)	+ 2,1 (S)	+ 1,2 (S)
Tarn (81)	+ 3,6 (S)	+ 1,0 (S)
Tarn-et-Garonne (82)	+ 3,5 (S)	+ 0,7 (S)

Analyse des tendances linéaires des rendements en Occitanie, irrigués ou non sur la période 2000 – 2020 :

	Tendance 2000-2020	Valeur moyenne sur la période
Irrigué	+ 0,85 (S)	98,7 q/ha
Non-irrigué	+ 0,68 (NS)	69,9 q/ha

Evolution en q/ha par année (S = significatif ; NS = Non significatif)

L'évolution des rendements de maïs grain a été observée dans la région Occitanie depuis 1989. Deux périodes se distinguent :

- D'abord une phase d'augmentation importante des rendements de 1989 jusqu'en 1999. Cette augmentation est due aux progrès techniques et génétiques, et à la mécanisation des exploitations.
- Puis une seconde phase, de 1999 à aujourd'hui, où l'on assiste aussi à une augmentation des rendements, mais de façon beaucoup plus modeste.



Numériquement, cela se traduit sur la région par des coefficients directeurs différents pour les deux régressions linéaires. Ainsi on obtient :

- Une augmentation très importante de + 2,9 q/ha/an de 1989 à 1999, ce qui correspond au double de la progression moyenne nationale sur cette période (+ 1,45 q/ha/an).
- Une augmentation plus faible de + 0,8 q/ha/an de 1999 à 2020, à nouveau bien supérieure à la croissance nationale sur cette période (+ 0,35 q/ha/an pour la France).

Ces deux tendances régionales sont très significatives (p -value < 0,01) malgré une profondeur de données limitée. On retrouve des tendances très similaires dans les 5 départements concentrant plus de 90% de la production régionale (voir tableau ci-dessus).

Le deuxième graphique illustre les effets de l'irrigation sur les rendements de maïs grain. Durant les 20 ans de suivi, les surfaces de maïs grain cultivées ont diminué mais la proportion de ces surfaces irriguées est restée stable autour de 75%. On note deux effets principaux :

- Un rendement moyen supérieur de presque 30 q/ha pour les surfaces irriguées.
- Des variations interannuelles nettement moins marquées pour les surfaces irriguées.

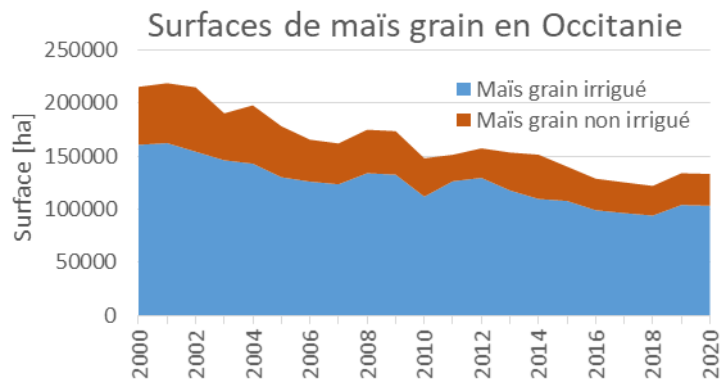
Ainsi, l'irrigation est un moyen d'assurer un rendement correct même dans les années les plus rudes.

Globalement, bien que la hausse de rendement soit encore significative depuis 1999, elle est désormais en dessous de l'accroissement génétique qui est de l'ordre de 1,2 q/ha/an en France depuis 1986 (Lorgeou et al, 2019). En effet, avant 1999, l'augmentation du rendement était bien supérieure à l'accroissement génétique du fait des progrès techniques et du développement de l'irrigation. La baisse de l'augmentation de rendement dans les années 2000 est due d'une part à un progrès technique de moins en moins important et au changement climatique. Le réchauffement climatique a pu d'abord être un avantage pour les cultures de maïs en permettant d'utiliser des variétés plus tardives (Brisson & Levrault, 2010), mais il pose aujourd'hui des problèmes. Les hausses de chaleurs sans augmentation des précipitations (cf fiches « Température moyenne saisonnière », « Cumul saisonnier des précipitations ») mènent à une augmentation de l'ETP qui conduit à un stress hydrique important. Les pics de chaleurs provoquent aussi des phénomènes d'échaudage thermique durant les moments critiques de la croissance du maïs, créant ainsi des pertes comme lors de la canicule de 2003 où le rendement a chuté de 20 q/ha/an. Ce phénomène se retrouve dans une moindre mesure l'année 2013, sans que tous les départements soient autant affectés.

Durant les 20 dernières années, les surfaces de maïs cultivées en Occitanie sont passées de 215 000 ha à 133 000 ha. Cette diminution du nombre de maïsiculteur a sélectionné ceux qui obtenaient les meilleurs rendements. Cela explique une part de la hausse de rendement de ces 20 dernières années.



L'évolution des surfaces cultivées en maïs grain en Occitanie :



Enfin, Il existe des pistes d'adaptations à travailler pour contrebalancer ces effets négatifs, comme l'utilisation de variétés plus résistantes à la sécheresse, et des conduites de cultures plus précoces pour éviter les périodes les plus chaudes durant la croissance de l'épi.

A retenir :

Les rendements de culture du maïs grain sont en hausse modérée en Occitanie depuis le début des années 2000 malgré une amélioration génétique plus importante et continue. Le changement climatique est l'un des facteurs important de cette réduction, via l'échaudage thermique et le stress hydrique durant la croissance de la tige et de l'épi. Cette baisse est très visible durant les années de canicule comme 2003 et 2013. Les pistes d'adaptations sont principalement l'amélioration génétique et la précocité de la conduite culturale. L'irrigation est aussi un moyen efficace de garantir de bons rendements malgré le contexte climatique, mais le contexte de l'accès et la disponibilité de la ressource en eau reste une question prégnante.

Note statistique : ce jeu de données a été traité par régression linéaire.

Pour en savoir plus :

BRISSON N. & LEVRAULT F. ; 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le livre vert du projet CLIMATOR (2007-2010). Ademe, 334p.

LORGEOU J. ; AUDIGEOS D. ; MARTIN B., 2019. Progrès génétique de 1986 à 2017 : les apports du renouvellement des variétés.

SOUVERAIN Franck, 2009. Impact du changement climatique sur maïs grain et maïs fourrage. Questions posées et pistes d'adaptation. 63p.



Rendement de la vigne

Nature et source des données

Données annuelles disponibles sur AGRESTE de 2000 à 2020

Indicateur

- Midi-Pyrénées : 2000 à 2020
 - Gers
 - Lot
 - Tarn
 - Tarn-et-Garonne
- Languedoc-Roussillon : 2000 à 2020
 - Aude
 - Gard
 - Hérault
 - Pyrénées-Orientales

Calcul de l'indicateur

- Rendement moyen annuel des vignes AOP (2000-2020)
- Rendement moyen annuel des vignes IGP (2009-2020)
- Rendement moyen annuel des vignes sans label (SIG) (2000-2020)

Evolution observée

- En abscisse : Années
- En ordonnée : Rendement de la vigne [hl/ha]

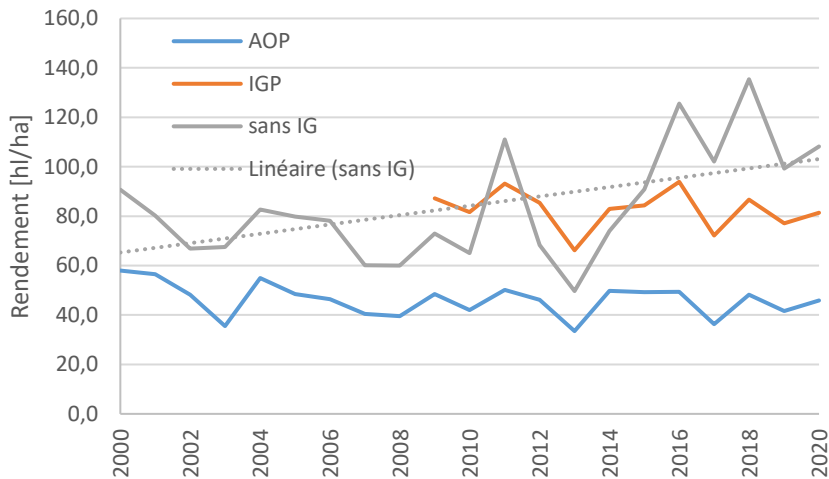
3

IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

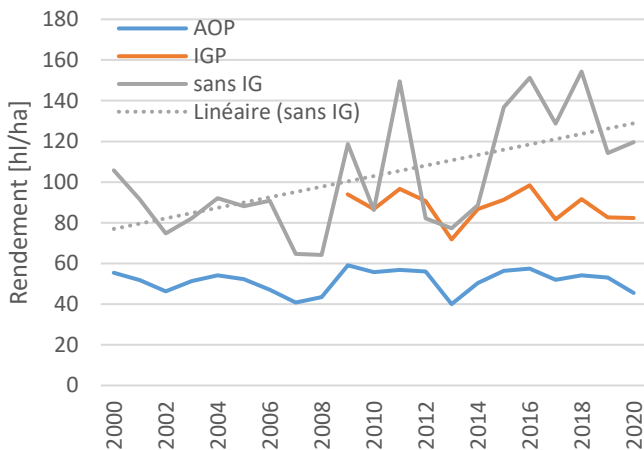


Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

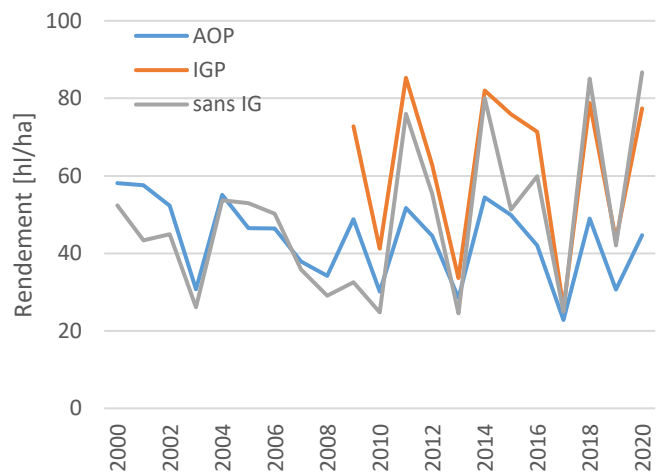
Midi-Pyrénées



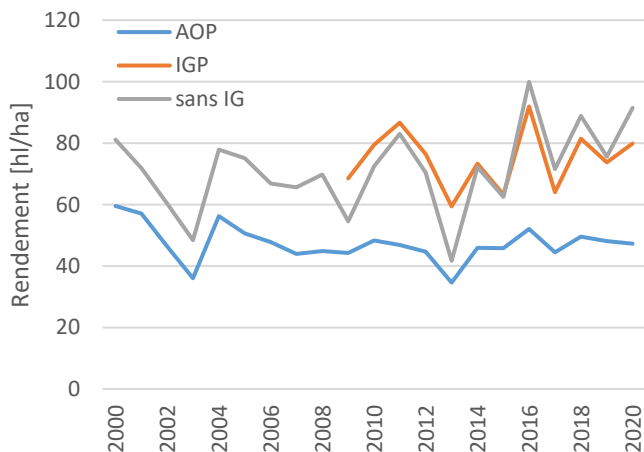
Gers



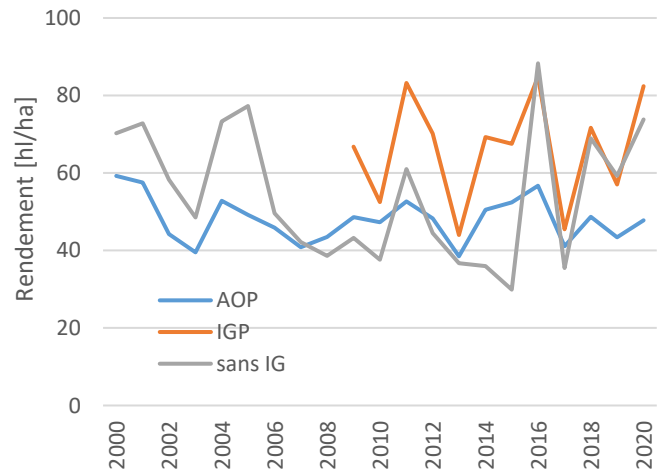
Lot



Tarn



Tarn-et-Garonne



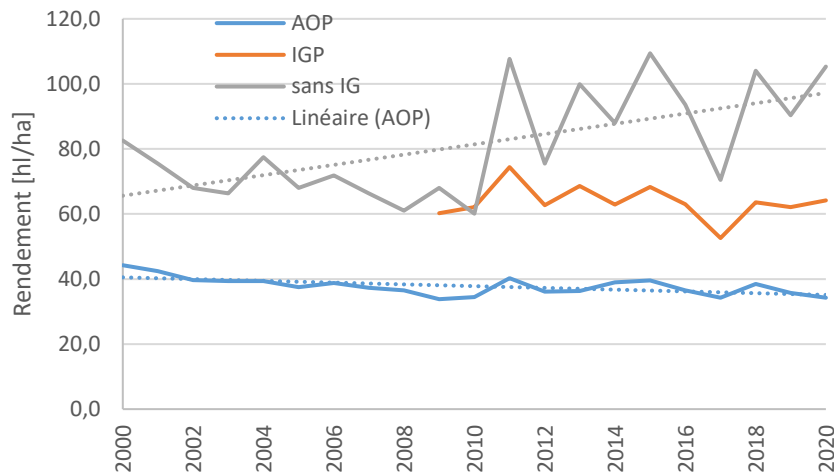
3

IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

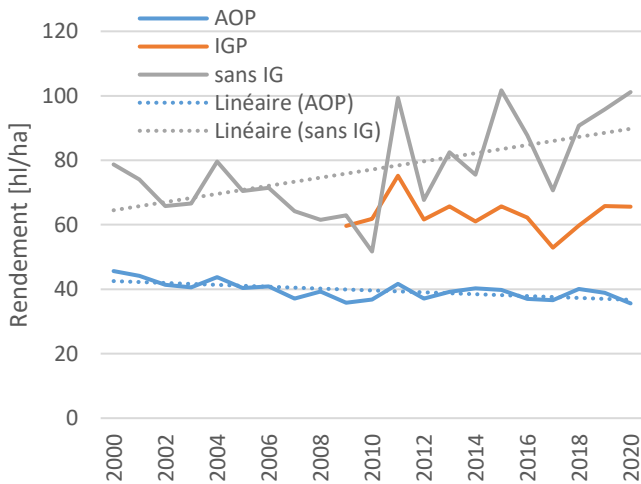


Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

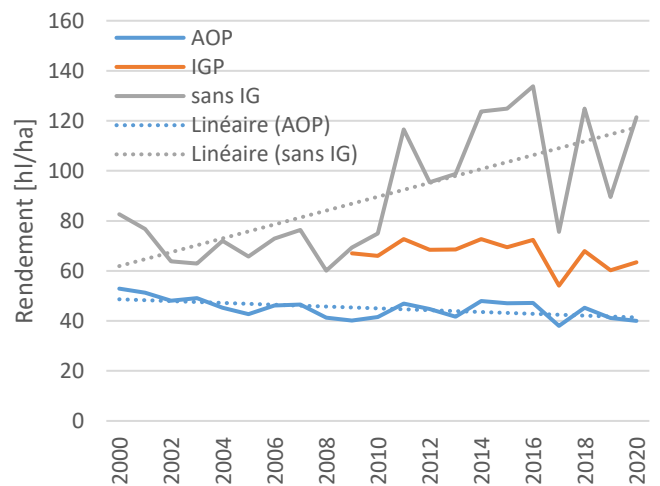
Languedoc-Roussillon



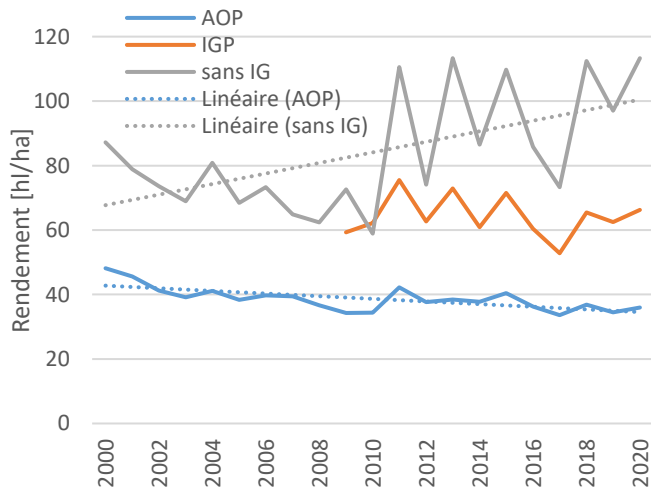
Aude



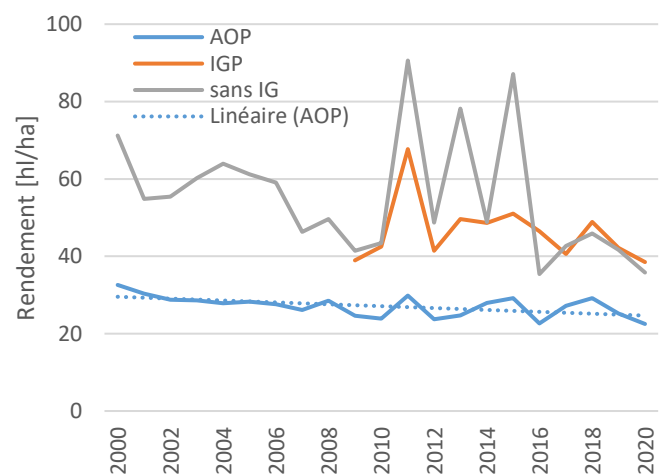
Gard



Hérault



Pyrénées-Orientales



3 IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Analyse des tendances linéaires sur la période 2000-2020 :

Zone	Catégorie	Evolution annuelle du rendement en hl/ha par an	Evolution du rendement sur la période en hl/ha
Midi-Pyrénées	Vins AOP	- 0,35 (NS)	- 7,35 en 21 ans
	Vins IGP	- 0,46 (NS)	- 5,52 en 12 ans
	Vins sans IG	+ 1,89 (S)	+ 39,7 en 21 ans
Gers	Vins AOP	+ 0,06 (NS)	+ 1,26 en 21 ans
	Vins IGP	- 0,56 (NS)	- 6,72 en 12 ans
	Vins sans IG	+ 2,59 (S)	+ 30,5 en 21 ans
Lot	Vins AOP	- 0,63 (NS)	- 13,2 en 21 ans
	Vins IGP	- 0,18 (NS)	- 3,78 en 12 ans
	Vins sans IG	+ 1,11 (NS)	+ 23,31 en 21 ans
Tarn	Vins AOP	- 0,26 (NS)	- 5,46 en 21 ans
	Vins IGP	+ 0,22 (NS)	+ 2,64 en 12 ans
	Vins sans IG	+ 0,74 (NS)	+ 15,54 en 21 ans
Tarn-et-Garonne	Vins AOP	- 0,16 (NS)	- 3,36 en 21 ans
	Vins IGP	+ 0,45 (NS)	+ 5,4 en 12 ans
	Vins sans IG	- 0,36 (NS)	- 7,56 en 21 ans

(S = significatif ; NS = Non significatif)

3 IMPACTS AGRICOLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique

Zone	Catégorie	Evolution annuelle du rendement en hl/ha par an	Evolution du rendement sur la période en hl/ha
Languedoc-Roussillon	Vins AOP	- 0,27 (S)	- 5,7 en 21 ans
	Vins IGP	- 0,32 (NS)	- 3,84 en 12 ans
	Vins sans IG	+ 1,57 (S)	+ 33,0 en 21 ans
Aude	Vins AOC	- 0,29 (S)	- 6,09 en 21 ans
	Vins IGP	- 0,19 (NS)	- 2,28 en 12 ans
	Vins sans IG	+ 1,26 (S)	+ 26,5 en 21 ans
Gard	Vins AOP	- 0,36 (S)	- 7,56 en 21 ans
	Vins IGP	- 0,66 (NS)	- 7,92 en 12 ans
	Vins sans IG	+ 2,77 (S)	+ 58,2 en 21 ans
Hérault	Vins AOP	- 0,41 (S)	- 8,61 en 21 ans
	Vins IGP	- 0,23 (NS)	- 2,76 en 12 ans
	Vins sans IG	+ 1,64 (S)	+ 34,4 en 21 ans
Pyrénées-Orientales	Vins AOP	- 0,24 (S)	- 5,04 en 21 ans
	Vins IGP	- 0,52 (NS)	- 6,24 en 12 ans
	Vins sans IG	- 0,79 (NS)	- 16,6 en 21 ans

(S = significatif ; NS = Non significatif)

Préambule

L'Occitanie est l'une des premières régions viticoles de France. La vigne est connue pour être une plante résistante au changement climatique. Cela est principalement dû à ses besoins en eau modérés et à ses racines profondes et persistantes lui permettant de chercher de l'eau en profondeur durant les périodes de sécheresse. Néanmoins, il est très important de bien connaître les réactions de la vigne au changement climatique étant donnée sa place centrale dans l'économie agricole de la région.



Il est analysé ici le rendement de la production de vin pour réaliser une analyse quantitative qui viendra compléter l'analyse qualitative de la fiche « Degré potentiel de vin à la récolte ».

L'analyse est réalisée selon les anciennes régions Languedoc-Roussillon et Midi-Pyrénées car elles correspondent mieux aux deux grands terroirs viticoles présents en Occitanie.

Le recul des données sur les vignes en Indication Géographique Protégée (IGP) est inférieur aux AOP et sans label car le label IGP n'existe que depuis 2009. Par ailleurs, ces trois catégories de vigne n'occupent pas la même part du territoire régional. Il est important d'avoir en tête les ordres de grandeurs de superficie et de production par catégorie. Voici ces chiffres en Occitanie pour l'année 2020 :

Catégorie	Production totale en 2020	Surface occupée en 2020
Vins AOP	2 616 679 hl	73 155 ha
Vins IGP	10 746 559 hl	162 065 ha
Vins sans IG	1 742 352 hl	16 418 ha

Midi-Pyrénées

Sur l'ancienne région Midi-Pyrénées, les variations interannuelles sont très fortes dans la plupart des départements. Ainsi, une seule tendance linéaire est significative sur les douze calculées. Il est donc difficile de conclure sur l'existence d'une dynamique précise. Cela alors que les vingt dernières années ont vu de grands progrès techniques et une restructuration du vignoble (notamment dans les vignes sans labels). Les conseillers notent aussi une hausse de l'irrigation afin d'assurer des rendements corrects dans les périodes de sécheresse. Ces progrès auraient logiquement dû s'accompagner de hausses de rendement. Il reste tout de même le département du Gers qui voit une grande hausse significative de plus de 30 hl/ha en 21 ans. Le Gers est le plus grand département viticole en Midi-Pyrénées.

Les tendances des rendements en AOP sont très faibles et jamais significatives. Cela est essentiellement dû au fait que les objectifs de ces vignobles sont de privilégier un savoir-faire local et de la qualité. On utilise alors des techniques qui ne visent pas à atteindre le potentiel maximal de rendement.

Languedoc-Roussillon

La production des départements du Languedoc-Roussillon est bien supérieure à celle des départements de Midi-Pyrénées. On observe le plus souvent deux tendances opposées et significatives entre les vins sans label et les vins AOP. Le faible recul des productions IGP ne pas permet de conclure sur l'existence d'une tendance.

Le rendement des vins sans label augmente beaucoup grâce aux progrès techniques et génétiques, à l'irrigation et à la restructuration du vignoble. L'augmentation globale de la



région est de plus de 30 hl/ha en 21 ans avec le record de + 58,2 hl/ha dans le Gard. On observe ici aussi de grandes variations interannuelles.

La tendance des vignobles AOP est une légère diminution significative. On observe très peu de variation d'une année sur l'autre à cause des objectifs des cultures AOP énoncés plus haut.

La tendance des Pyrénées-Orientales est à l'opposé du reste du Languedoc-Roussillon avec une diminution même pour les vins sans label.

Analyse conjointe

Le rendement de la vigne dépend de multiples facteurs climatiques. Un des principaux est la régularité de l'apport en eau estival (Agenis-Nevers M., et al) qui permet la bonne croissance des baies.

A cela s'ajoute le fait que le rendement de la vigne peut être fortement impacté par des événements extrêmes. Ainsi, une sécheresse estivale longue va diminuer le rendement de façon significative. Les vignes autres qu'AOP peuvent plus facilement traverser ces périodes de sécheresse en ayant recours à l'irrigation. Cette pratique est encadrée plus strictement dans les cahiers des charges des vignes AOP. Un assouplissement de ces règles a néanmoins été décidé en septembre 2017 pour faire face aux sécheresses de plus en plus précoces. A cela s'ajoute les nouvelles pratiques d'ombrages qui sont en cours d'essais afin de limiter l'impact des canicules dans les vignes.

Il existe d'autres événements climatiques susceptibles de diminuer les rendements, il s'agit des gelées tardives et des grêles. Le réchauffement printanier rend ces épisodes potentiellement plus dévastateurs. A l'inverse de la sécheresse, il n'existe pas à ce jour de méthode fiable permettant d'éviter ces risques. Ils affectent donc tous les vignobles, labellisés ou non.

Enfin, il est important d'étudier ces très fortes variations interannuelles. Il n'est pas rare de voir une différence de plus de 20 hl/ha entre deux années dans les vignobles sans indications géographiques. Les phénomènes pouvant expliquer ces fluctuations sont la présence de maladies et les perturbations climatiques, sachant que les secondes peuvent amener les premières.

**A retenir**

- ✓ Les rendements de viticultures suivent des dynamiques différentes entre les vignes AOP et sans label en Occitanie. Les vignes AOP ont un rendement qui décroît faiblement, alors que celui des vignes sans label a beaucoup augmenté ces 20 dernières années. Des événements climatiques extrêmes (gelées tardives, grêles, sécheresses) ont eu des impacts négatifs sur les rendements. La sécheresse est un événement plus facile à contrer dans le cadre d'une viticulture sans label car les cahiers des charges des AOP sont assez restrictifs sur l'irrigation. L'écart de rendement entre les deux courbes est dû au fait que la viticulture AOP privilégie la qualité à la quantité.
- ✓ Les deux anciennes régions ont des tendances d'évolutions assez proches, même si les rendements peuvent être assez différents. On observe des hausses plus nettes dans le vignoble sans IG de Languedoc-Roussillon et moins de variations dans le vignoble AOP.

Pour en savoir plus :

Site internet du Plan National Déperissement du Vignoble : <https://www.plan-deperissement-vigne.fr/recherches/resultats-de-recherche/diagnostic-des-bas-rendement-methodologie>

AGENIS-NEVERS M., et al. ; 2005. Impact du changement climatique sur les activités vitivinicoles ; note technique n°3,

AUGUSTIN DURA. Impact du changement climatique sur les rendements viticoles en vallée du Rhône. Sciences agricoles. 2018. hal-03138652



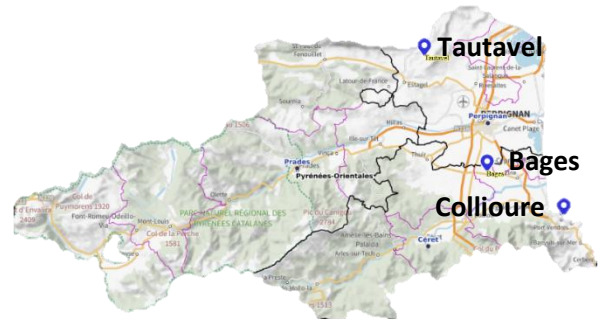
Date de franchissement des 14 degrés alcooliques du vin

🔑 Nature et source des données

Données issues du suivi de maturité des vignes effectué par la Chambre d'Agriculture des Pyrénées-Orientales.

🕒 Indicateur

- Bages (LD Candeil) : 2004 à 2021
- Collioure (LD Val de Pintes) : 2000 à 2021
- Tautavel (LD Devèze) : 2001 à 2021

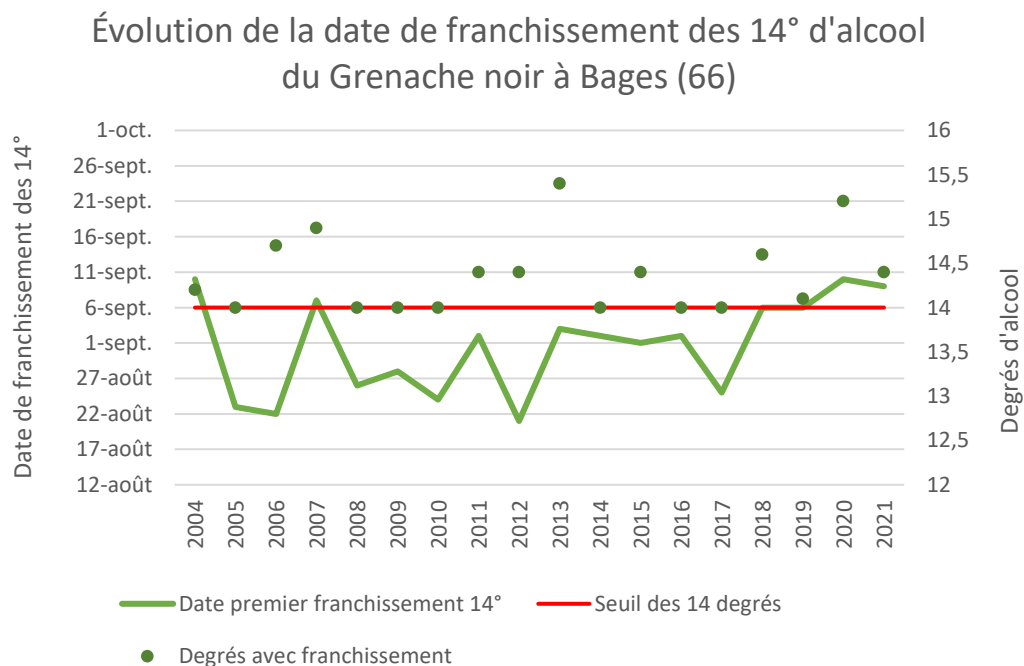


📊 Calcul de l'indicateur

- Repérage de la date de franchissement des 14 degrés alcooliques sur 3 localisations des Pyrénées-Orientales avec une concentration sur le Grenache Noir.

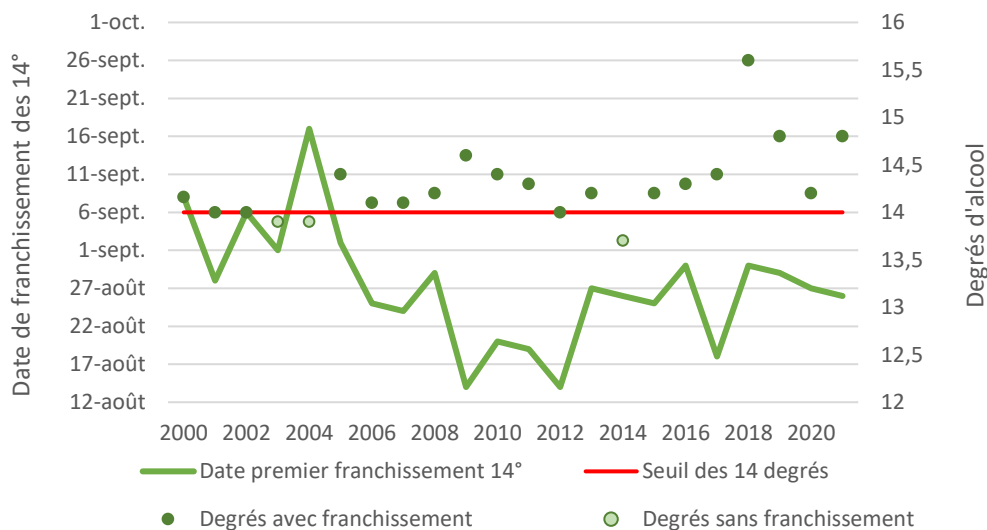
📈 Evolution observée

- En abscisse : Années
- En ordonnée : Date de franchissement et degrés alcooliques associés

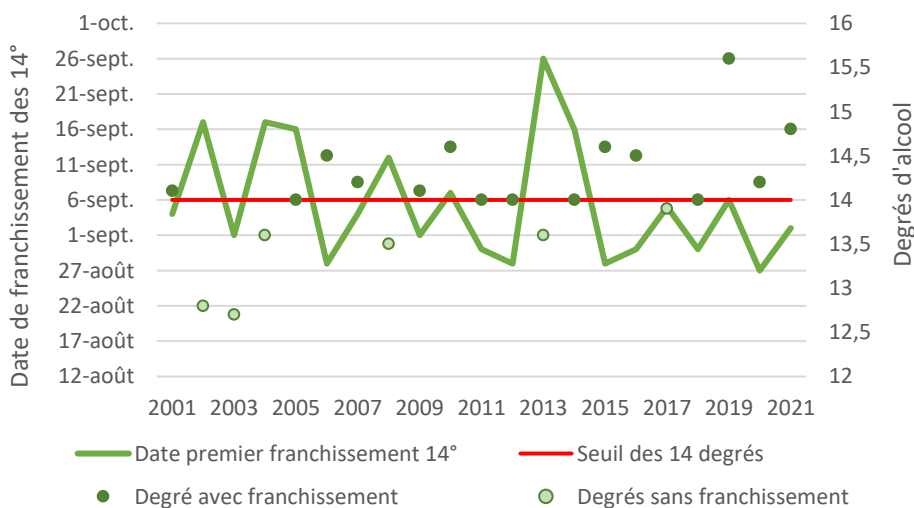




Évolution de la date de franchissement des 14° d'alcool du Grenache noir à Collioure (66)



Évolution de la date de franchissement des 14° d'alcool du Grenache noir à Tautavel (66)



Précisions

Les suivis de maturité ont été réalisés majoritairement tous les 3 à 4 jours ainsi la comparaison des années ne doit pas être prise au jour près, on considèrera plutôt la tendance générale.

Les 14 degrés n'étant pas systématiquement atteints, est également représenté sur les graphiques le maximum de degrés atteint avant les vendanges. Le reste du jeu de données correspond bien à la première date de franchissement des 14 degrés et non pas le degré final à la vendange.



Analyse

Sur les trois suivis de maturité effectués sur le Grenache Noir, seul Collioure semble présenter une évolution de sa date de franchissement des 14 degrés alcooliques. En effet, avant 2005, le franchissement s'effectuait sur la première semaine de septembre alors qu'elle est désormais davantage concentrée sur la dernière semaine d'août. A Bages, en 17 ans, les 14° ont systématiquement été atteints sans tendance d'évolution visible, avec un franchissement généralement étalé sur la première semaine de septembre. Quant à Tautavel, même si les 14° sont aussi majoritairement obtenus sur la première semaine de septembre, le suivi de maturité affiche un plus grand nombre d'année où les 14 degrés d'alcool ne sont pas franchis (2002, 2003, 2004, 2008, 2013, 2017).

Le tableau ci-dessous résume les chiffres clés du suivi de maturité :

	Bages	Collioure	Tautavel
Historique du suivi	17 ans	21 ans	20 ans
Nombre d'années où les 14 degrés ne sont pas franchis	0	3	6
Évolution de la date de franchissement	/	-1 semaine	/
Date plus précoce de franchissement	21 août	14 août	27 août
Date plus tardive de franchissement	10 septembre	8 septembre	16 septembre
Amplitude	20 jours	25 jours	20 jours

Les différents projets de recherches de l'impact du changement climatique sur la vigne ont montré que les stades phénologiques sont de plus en plus précoces et que la teneur en alcool est de plus en plus élevée (depuis 1980, une augmentation de 11 à 14 degrés). C'est pourquoi, via le suivi de maturation du Grenache Noir dans les Pyrénées-Orientales, l'hypothèse était que le franchissement des 14° soit de plus en plus précoce. Ainsi, seul Collioure semble y répondre affirmativement. Néanmoins, des données supplémentaires seraient nécessaires afin d'avoir davantage de recul sur l'évolution et pouvoir conclure sur l'hypothèse émise.

Note statistique : sur ce jeu de données, aucun test statistique n'a été effectué étant donné de la

A retenir :

- ✓ Seul Collioure semble présenter un avancement de la date de franchissement des 14 degrés d'alcool
- ✓ Étant donné des stades de développement de la vigne de plus en plus précoce et l'augmentation de la teneur en alcool des vins, les 14 degrés d'alcool devraient être atteints de plus en plus tôt.

présence de rupture (année où les 14 degrés ne sont pas franchis). Le choix a ainsi été fait de rester purement descriptif.

**Pour aller plus loin :**

Le projet « LACCAGE : La vigne, le vin, et le changement climatique en France » qui présente l'évolution du vin via le climat passé et futur avec des propositions d'adaptation et d'atténuation. Synthèse du projet disponible à l'adresse suivante : https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/laccage-infographies-du-projet-1_0.pdf

Pour en savoir plus :

Chambre d'agriculture des Pyrénées-Orientales (2022) *Viticulture, Chambre Agriculture Pyrénées-Orientales*. Disponible sur : <https://po.chambre-agriculture.fr/productions-techniques/viticulture/>

Meillon, S., Urbano, C. and Schlich, P. (2009) 'GOUT ET ACCEPTABILITE DES VINS A TENEUR REDUITE EN ALCOOL', *IFV France* [Preprint]. Disponible sur : <https://www.infowine.com/intranet/libretti/libretto8046-01-1.pdf>

Touzard, J.-M. and Ollat, N. (2021) 'Adaptation au changement climatique pour la vigne et le vin : une approche interdisciplinaire et participative', *RECO*. Disponible sur : <https://hal.inrae.fr/hal-03404146/document>



Evolution de l'irrigation du tournesol

🔑 Nature et source des données

- Données bisannuelles fournies par Terres Inovia

🕒 Indicateur

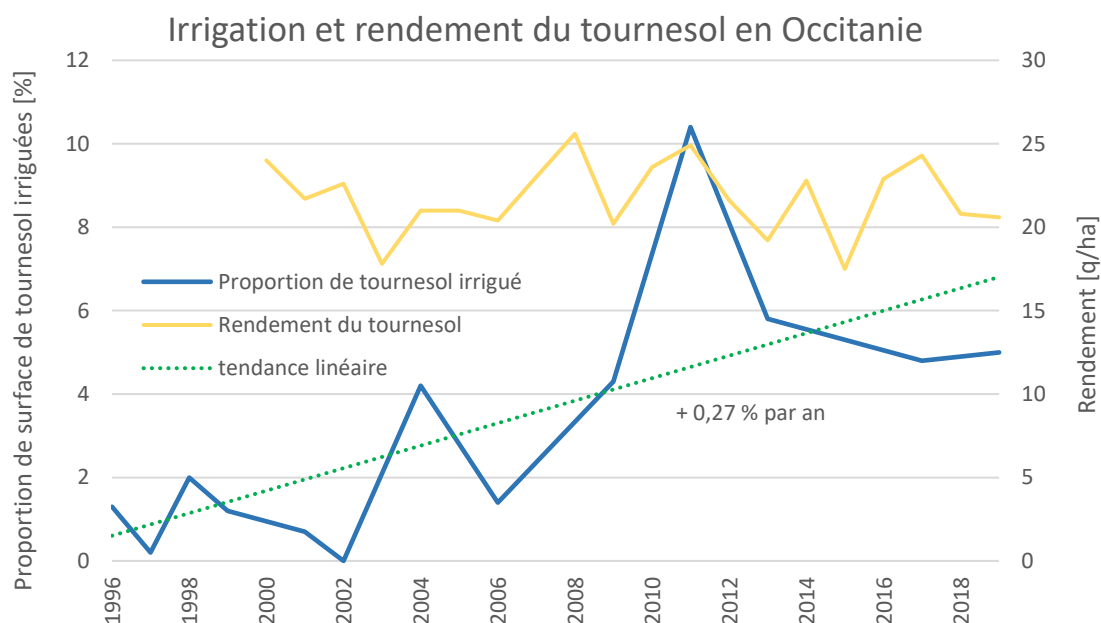
- Sud-Ouest : 2000 à 2020

🧮 Calcul de l'indicateur

- Evolution de la part de surface de tournesol irriguée

📈 Évolution observée

- En abscisse : Années
- En ordonnée : Proportion de surface de tournesol irriguée [%]
- En ordonnée : Rendement global (irrigué et non irrigué) du tournesol [q/ha]



 Analyse

Depuis le début des années 2000, la culture du tournesol représente environ 200 000 ha en Occitanie, avec des variations interannuelles moyennement marquées (de l'ordre de 5 à 10% de la surface). Le rendement moyen du tournesol en Occitanie est inférieur d'environ 10% au rendement moyen national. Jusqu'en 2002, la part de surfaces de tournesol irriguée dans le sud-ouest n'avait jamais dépassé 2% (soit moins de 4000 ha). La canicule de 2003 a marqué un tournant et de nombreux agriculteurs ont pris la décision d'irriguer le tournesol. On observe ensuite deux pics, le premier avec la part des surfaces en tournesol irriguée à 4% en 2004 (8000 ha), puis un second pic avec une part à 10% en 2011 (26 000 ha). Parallèlement à ce second pic, on constate une augmentation de la surface cultivée de tournesol, qui atteint son maximum en 2011 avec 260 000 ha. On observe ensuite un retour vers une relative stabilité autour de 5% de surface irriguée de 2013 à 2019 (10 000 ha). Aujourd'hui, le tournesol est majoritairement cultivé en sec dans la région.

L'évolution de l'irrigation du tournesol a des origines multiples, on en retiendra ici deux principales. La première est la fluctuation des cours du tournesol. Le prix par tonne du tournesol suit une dynamique assez similaire à la courbe de l'irrigation. Il est autour de 300 €/t jusqu'en 2009. Il y a ensuite une hausse culminant à 395€/t en 2011 puis une stabilisation entre 300 €/t et 350 €/t. La deuxième est la diminution des surfaces de maïs irriguées, conduisant à une plus grande diversité de cultures irriguées dans la région.

Le tournesol est une plante bien adaptée aux contraintes hydriques actuelles et futures pour les raisons suivantes :

- Les besoins en eau du tournesol sont assez faibles. Ainsi on estime les besoins en eau du tournesol pour maximiser le rendement à 420 mm (Champolivier et al.).
- Le tournesol est irrigué tôt dans l'année, au mois de juillet au plus tard. Il n'est donc pas affecté par les interdictions d'irriguer du mois d'août.
- Le tournesol réagit bien à de petits volumes d'eau amenés aux moments critiques. En chiffre, il est estimé qu'un tour d'irrigation de 40 mm en début de floraison permet d'accroître la production de 4 q/ha en moyenne (Champolivier et al.) et d'assurer une meilleure teneur en huile (Champolivier).

L'irrigation est un levier permettant d'augmenter et d'assurer les rendements des cultures. On ne voit pas encore son impact sur les rendements globaux du tournesol (courbe jaune) étant donné la faible surface de tournesol irriguée. Il y a actuellement un développement de l'irrigation sur certaines cultures en Occitanie, comme le tournesol ou la vigne. L'irrigation doit être un outil utilisé avec précision permettant d'assurer des récoltes correctes malgré des conditions climatiques difficiles.

Le tournesol semble donc être une culture bien adaptée aux conditions climatiques futures, et il est de plus en plus rentable puisque son prix est globalement en hausse ces dernières années. Il peine néanmoins à se développer du fait de la très grande pression subie de la part des oiseaux au moment des semis. Cela explique en bonne partie la stagnation des surfaces cultivées.

**A retenir**

L'irrigation du tournesol a augmenté en Occitanie entre 2003 et 2012. Cela est dû à une articulation de nombreux facteurs dont la hausse des cours du tournesol, la diversification des grandes cultures et le contexte climatique. La surface de tournesol irrigué s'est stabilisée depuis peu en Occitanie autour de 10 000 ha, sur 200 000 ha alloués à cette culture dans la région.

Le tournesol est une culture qui semble bien adaptée aux conditions climatiques futures mais dont les surfaces stagnent. Cela est dû à certaines difficultés dans la conduite de cette culture dont la pression des oiseaux notamment.

Pour en savoir plus :

Champolivier L., Debaeke P., Merrien A.(2011). Pourquoi irriguer le tournesol, une culture réputée tolérante à la sécheresse ?. *Innovations Agronomiques*, INRAE, 14, pp.151-164. hal-026472

Champolivier L.(2019) Irriguer son tournesol à bon escient, un exemple en région Rhône-Alpes. *Terre Inovia*: <https://www.terresinovia.fr/-/irriguer-son-tournesol-a-bon-escient-un-exemple-en-region-rhone-alpes>

Loubier, S., Campardon, M. & Morardet, S. (2013). L'irrigation diminue-t-elle en France ? Premiers enseignements du recensement agricole de 2010. *Sciences Eaux & Territoires*, 2(2), 12-19. <https://doi.org/10.3917/set.011.0012>



Méthanisation agricole : évolution de la production d'énergie renouvelable

Nature et source des données

Données fournies par l'OREO en partenariat avec le CRGV Occitanie.

Indicateur

Evolution du nombre d'unité de méthanisation agricoles et de leur production d'énergie renouvelable par injection ou cogénération en Occitanie.

Rappel

La méthanisation est un processus naturel biologique qui permet de produire de l'énergie renouvelable à partir de déchets organiques (déchets agricoles tels que fumiers, lisiers et résidus de cultures, déchets industriels et ménagers, etc.). Le biogaz produit est constitué principalement du méthane (CH₄) et de dioxyde de carbone (CO₂). Il existe plusieurs façons de le valoriser pour produire de l'énergie :

- cogénération : le biogaz est utilisé pour alimenter un moteur qui va entraîner un alternateur pour produire de l'électricité, et de la chaleur récupéré
- injection : le biogaz est injecté, après épuration, directement dans le réseau de gaz naturel.
- chaudière : le biogaz est brûlé pour récupérer de la chaleur
- mobilité : le biogaz est utilisé comme carburant pour des véhicules

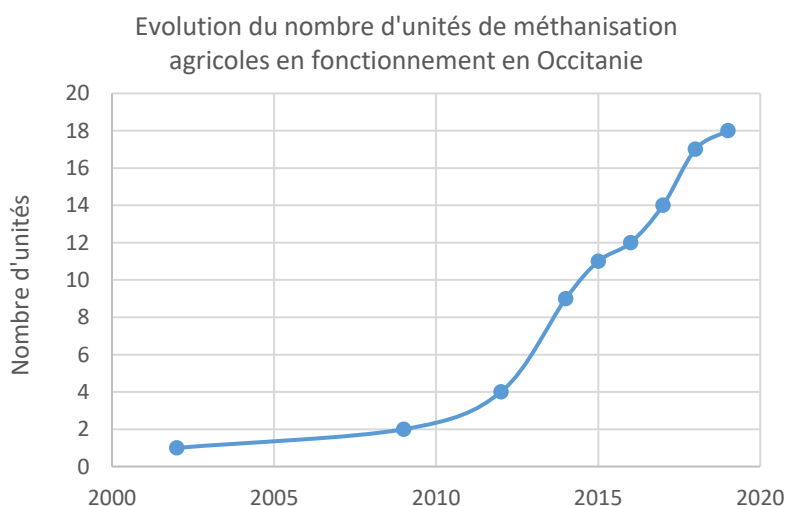
La méthanisation présente de nombreux bénéfices comme :

- La production d'énergie renouvelable via la valorisation des effluents agricoles pour répondre aux enjeux climat et à la réduction des émissions de Gaz à effet de serre.
- L'évolution des pratiques et assolements permettant d'augmenter l'autonomie en azote (digestat) et la couverture des sols (cultures intermédiaires - CIVE)
- Les projets territorialisés combinant traitement des déchets, boucle énergétique locale, création de valeur d'ajoutée et d'emplois



La Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE), outil de pilotage de la politique énergétique, fixe les objectifs de développement des énergies renouvelables pour les différentes filières. L'objectif d'augmentation de la consommation de biométhane au niveau national est de 14 TWh PCS dont 6 TWh injectés. En Occitanie, la Région porte une stratégie « RÉGION À ÉNERGIE POSITIVE (REPOS) » visant à développer fortement les énergies renouvelables et réduire les consommations d'énergie d'ici 2040. Le scénario REPOS prévoit une montée progressive de la production de biogaz par méthanisation de 4 000 GWh en 2050 assurée à 20 % par des installations de « biogaz à la ferme » avec utilisation locale en cogénération, et à 80 % par des unités de méthanisation produisant un biométhane pouvant être injecté puis stocké directement sur le réseau existant.

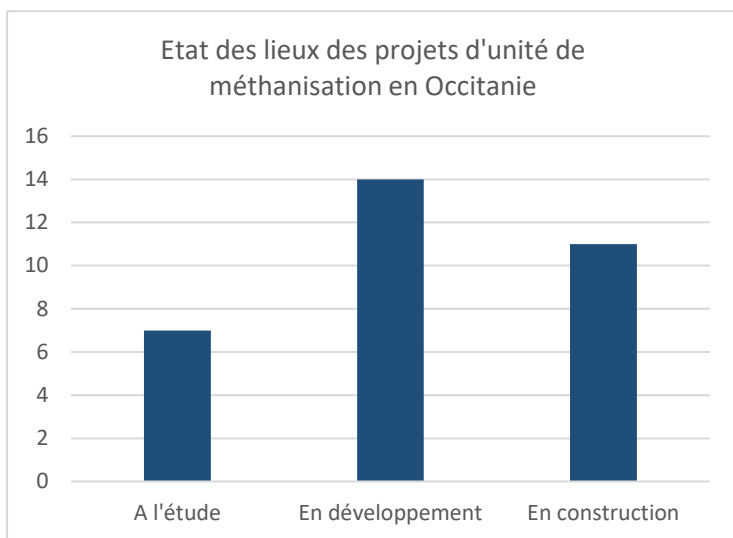
Evolution observée



Analyse

- 17 unités de méthanisation agricole en cogénération sont en fonctionnement en 2021 pour une puissance installée de 4117 Kwe.
- 1 unité de méthanisation agricole en injection en fonctionnement avec un débit installé de 170 nm³.

Ces unités sont localisées dans 6 départements : Aveyron, Lot, Tarn, Tarn-et-Garonne, Lozère et Hautes-Pyrénées essentiellement dans des zones d'élevage. Sur ces 18 unités en fonctionnement, 2 sont des collectifs agricoles et 16 sont des unités agricoles individuelles.



La dynamique tend à s'accélérer en région avec de nombreux projets à différents stades d'avancement (7 projets à l'étude, 14 projets en cours de développement et 11 projets en construction). La majorité des projets actuels (60%) sont en injection.

Un projet de méthanisation s'analyse simultanément sur les angles techniques, économiques, juridiques et contractuels. Les difficultés rencontrées lors du montage d'un projet, qui peuvent être de nature différentes (réglementaire,

économique, sociétale...), ont ainsi entraîné l'abandon de 34 projets en Occitanie.

A retenir

- ✓ La méthanisation agricole est en développement en Occitanie, majoritairement sur des projets en injection.
- ✓ Les unités sont jusqu'à présent concentrées sur la partie Ouest de la région du fait de la typologie des exploitations agricoles.
- ✓ La méthanisation permet d'une part de contribuer à la production d'énergie renouvelable, et d'autre part de réduire les GES par la valorisation des effluents agricoles et la réduction du recours aux engrais minéraux via l'épandage du digestat.

Surface de légumineuses en grandes cultures et en prairies artificielles

🔑 Nature et source des données

Données annuelles disponibles sur AGRESTE de 1989 à 2020

🕒 Indicateur

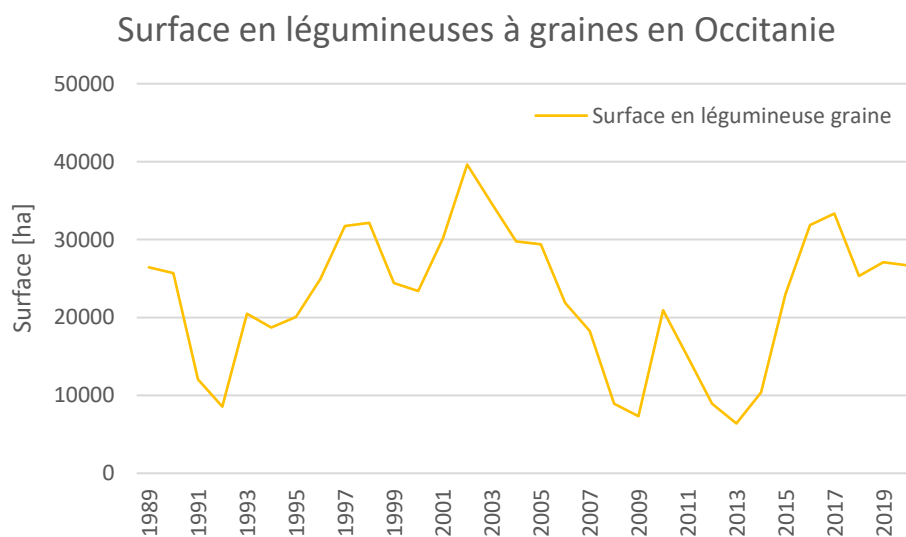
- Occitanie

Calcul de l'indicateur

- Surface annuelle cultivée en légumineuses à graines (soja, pois, féveroles, fèves, lupin et autres légumineuses) : 1989 à 2020
- Surface annuelle cultivée en prairies artificielles avec au moins 80% de légumineuses (luzerne, trèfles...) : 2000 à 2020

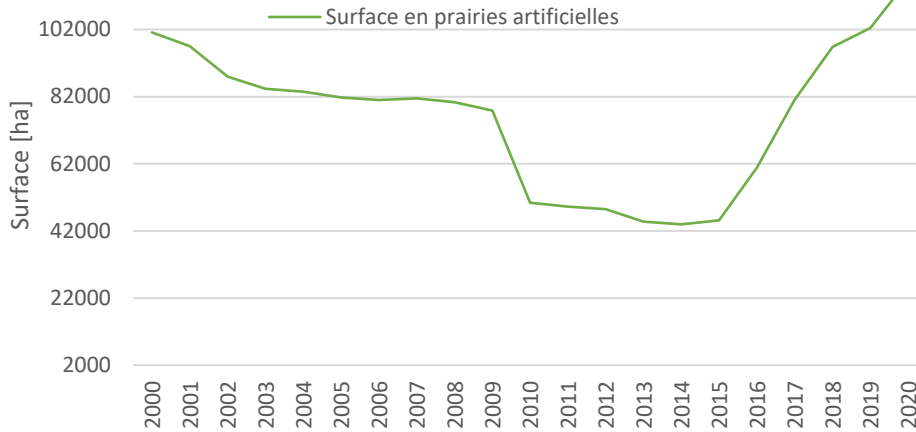
📈 Évolution observée

- En abscisse : Années
- En ordonnée : Surface cultivée [ha]





Surface en prairies artificielles en Occitanie



Préambule

Surface en légumineuses à graines :

Lors des épandages, une partie des engrais azotés s'évapore sous forme de N_2O , un gaz dont le pouvoir de réchauffement global de l'atmosphère est 265 fois plus important que le CO_2 . Les légumineuses ont la capacité de fixer l'azote de l'air et de l'utiliser pour leur développement grâce à une symbiose, elles n'ont donc pas besoin de fertilisation azotée. Selon une étude menée par l'INRAE en France en 2013, la culture d'une légumineuse graine permet la réduction d'émission de gaz à effet de serre d'entre 1,5 et 2 teq CO_2 par hectare et par an. Cette réduction a deux origines :

- La baisse des émissions directes, c'est-à-dire la réduction de la volatilisation des nitrates pour la culture de légumineuses et pour la culture suivante. Cette diminution comprend aussi la moindre circulation des tracteurs sur les parcelles. Cela correspond à une baisse des émissions de 0,6 à 1 teq CO_2 par hectare et par an.
- La baisse des émissions indirectes, c'est-à-dire la baisse de production et de transport des engrais azotés. Cela correspond à une baisse des émissions d'environ 1 teq CO_2 par hectare et par an.

A cela s'ajoute une moindre dépendance aux protéines végétales d'importations, comme le soja du Brésil ou des Etats-Unis. Ces cultures sont faites avec des normes écologiques moins strictes qu'en Europe (déforestation, engrais, pesticides et OGM) entraînent des émissions de gaz à effet de serre lors de leur importation. La baisse des émissions totales est donc probablement supérieure à celle indiquée précédemment grâce à la réduction de ces importations.



Surfaces en prairies artificielles :

Les prairies artificielles sont des prairies semées avec légumineuses pour assurer la ration protéique du cheptel ruminant. Les gains d'atténuations sont les mêmes que pour les légumineuses à graines.

Analyse

Surface en légumineuses à graines :

La surface en légumineuses était élevée dans les années 1980 du fait d'un embargo des Etats-Unis d'Amérique sur le soja, amenant ainsi la France et l'Europe à organiser l'autonomie en protéine. A la fin de cet embargo, la spécialisation des exploitations et la concurrence internationale ont fait chuter la part de légumineuses à la fin des années 1980. Suite à cette dynamique, une politique de soutien a été mise en place en France, et elle a particulièrement bien fonctionné en Occitanie comme l'illustre la courbe sur la période des années 1990. Cependant, dans les années 2000, une Politique Agricole Commune (PAC), alors défavorable aux protéagineux, va faire fortement diminuer les surfaces de légumineuses au profit d'oléagineux comme le colza ou le tournesol. Finalement, une nouvelle aide nationale a débuté en 2010 et a permis aux légumineuses de revenir autour de 30 000 ha cultivés chaque année en Occitanie, soit un peu moins de 1% de la SAU.

Surfaces en prairies artificielles :

Les surfaces de prairies artificielles ont été en légère diminution de 2000 à 2015. En 2015 a débuté une forte hausse qui a mené à un quasi-triplement de ces surfaces (de 40 000 ha à 120 000 ha). Cette inversion dans la tendance est ici aussi la conséquence de choix politiques avec notamment la réforme de la PAC de 2015 qui a revalorisé les aides à la production de protéines fourragères.

A retenir

La culture de légumineuses permet de réduire les émissions du secteur agricole d'au moins 1,5 teq CO₂ par hectare et par an. La surface allouée à ces cultures a connu de grandes variations ces trente dernières années en Occitanie. Les fortes fluctuations, hausses ou baisses, traversées ont toutes des origines politiques, nationales, européennes ou internationales. Cela démontre qu'il est possible de favoriser l'atténuation via des leviers politiques d'aides et ainsi limiter le réchauffement climatique.

Pour en savoir plus :

INRA, 2013 - Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ?

Ministère de l'agriculture et de l'alimentation : <https://agriculture.gouv.fr/plan-proteines-vegetale>