



Adaptation au changement climatique en Provence Alpes Côte d'Azur

INDICATEURS AGRO-CLIMATIQUES



Fiche Agro climatique



Présentation du CRIIAM Sud

Le CRIIAM Sud (*Centre de Ressource et d'Innovation pour l'Irrigation et l'AgroMétéorologie en région Sud*) anime et maintient un réseau de plus de 120 stations météo automatiques implantées dans les zones agricoles de la région Sud (et départements limitrophes). L'observation des différentes composantes du climat, notamment des températures, des précipitations ou de l'ETP, est essentielle dans la conduite durable des cultures, la compréhension et l'adaptation des filières agricoles régionales **face au changement climatique**.

Les données utilisées

Le développement des cultures, des maladies, des ravageurs, est directement lié aux conditions climatiques. Face aux changements climatiques, il va être nécessaire de s'adapter. Si nous adoptons de bons comportements, nous pourrions atténuer les effets des chamboulements qui nous attendent.

L'analyse de divers indices climatiques et agro-climatiques, leur évolution au cours des années passées et les projections pour les années à venir nous permettront d'appréhender les risques encourus, et les actions à mener pour y faire face.

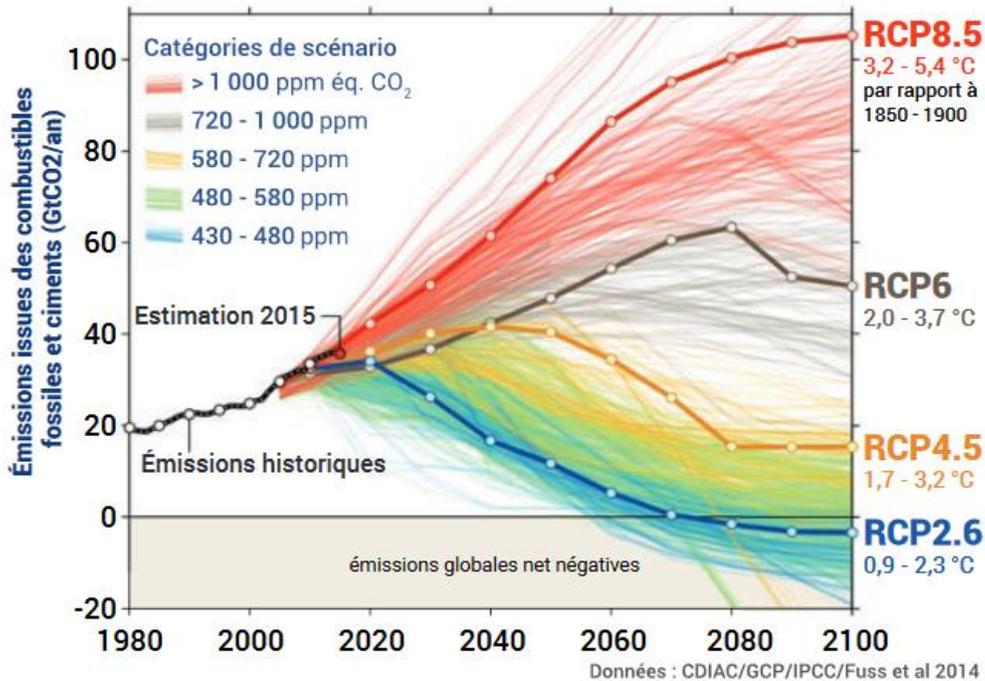
De nombreux indicateurs agro-climatiques peuvent être analysés, certains plus ou moins spécifiques à une culture donnée, à un type de ravageur, à l'élevage. Dans ce document nous allons étudier le changement climatique à l'échelle de notre région Sud – Provence-Alpes-Côte d'Azur, d'après les sites retenus avec les groupes d'agriculteurs du projet. Les évolutions déjà constatées ces dernières années dans notre région pour divers indicateurs, ainsi que les projections jusqu'en fin de siècle y sont présentées. **Tous les indicateurs ne sont pas pertinents pour tous les sites** de simulation (comme par exemple la date de débourrement du grenache dans les Alpes), mais il a été choisi d'afficher les données obtenues, afin de comparer les évolutions dans l'espace et le temps de tous les indicateurs analysés.

Pour les "constats sur le passé", nous utilisons les données climatiques mesurées sur des stations réelles, intégrées à la base de données climatiques du CRIIAM Sud.

Pour le "futur projeté", nous travaillons à partir des données du **DRIAS*** les futurs du climat, issues des projections climatiques réalisées dans les laboratoires français de modélisation du climat. Nous analysons dans ce document les données issues du modèle ALADIN63 (DRIAS 2020). Ce sont des données fiables, spatialisées et précises : les données sont disponibles sur l'ensemble du territoire français avec des points tous les 8 km.

Les projections climatiques

Le GIEC a proposé quatre scénarios climatiques, appelés RCP. Chaque RCP représente des émissions en gaz à effet de serre (GES) différentes. Ils vont du plus optimiste (RCP 2.6) au plus pessimiste (RCP 8.5) en passant par deux scénarios intermédiaires (RCP 4.5 et 6.0).

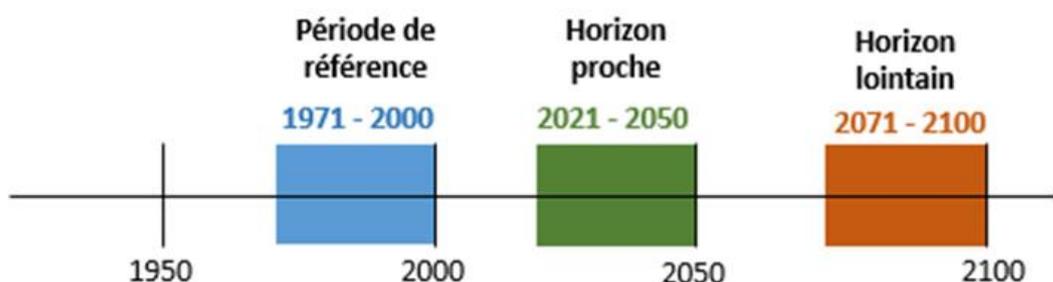


Trajectoires d'émissions de CO₂ liées aux combustibles fossiles et à l'utilisation des sols, et évolutions correspondantes de température en 2100.

- Dans le cadre de ce travail, deux scénarios ont été étudiés (modèle ALADIN63) :
 - un scénario qui correspond à des émissions de GES qui continueraient d'évoluer au même rythme qu'actuellement : **RCP 8.5** (scénario que l'on nommera « pessimiste »).
 - un scénario intermédiaire : **RCP 4.5** (scénario qu'il nous arrivera de nommer « optimiste »).

Périodes étudiées

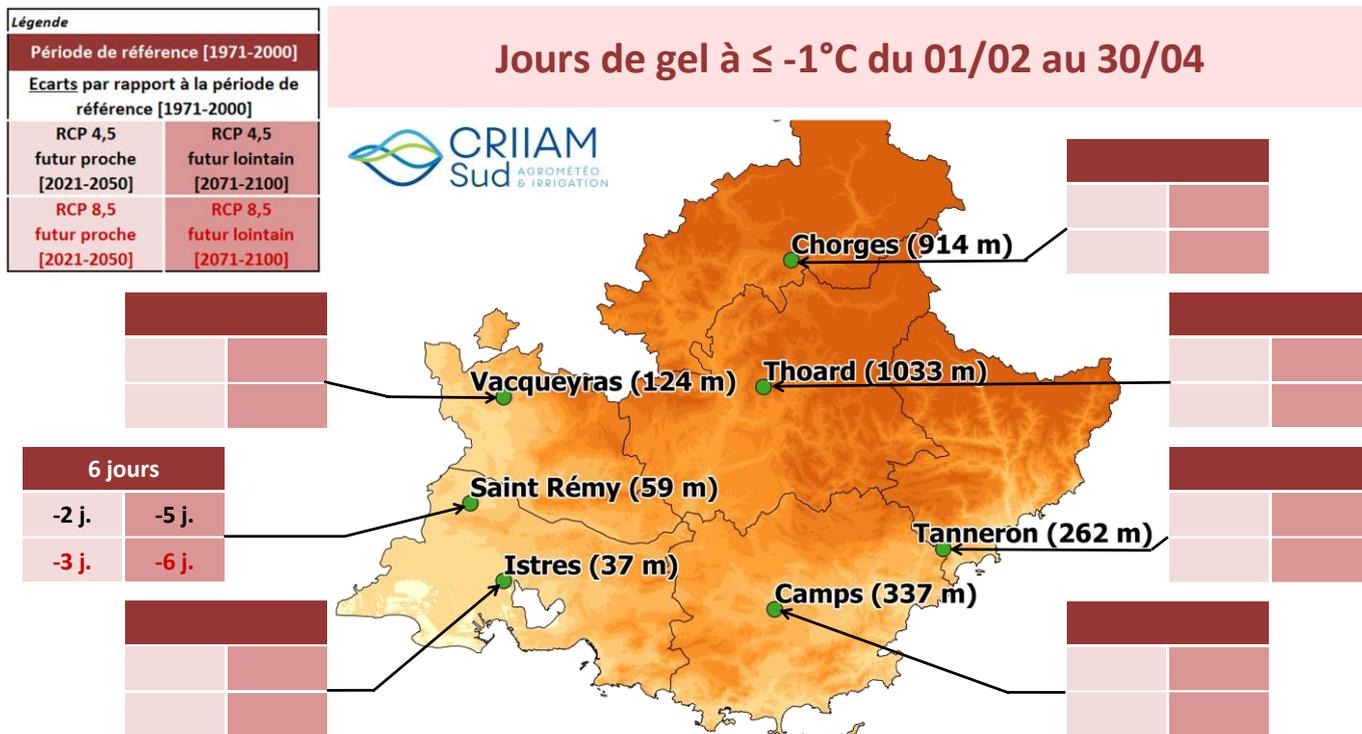
Nous nous intéressons ici à 3 périodes distinctes : la première est la période de référence, représentant une normale allant de 1971 à 2000. Ensuite, les simulations sont lancées à deux pas de temps, à savoir : l'horizon proche de 2021 à 2050, et l'horizon lointain de 2071 à 2100. On compare ainsi 3 normales espacées de 50 ans.



Aide à la lecture

Les données des projections seront illustrées tout au long de ce document à l'aide de la carte ci-dessous.

Les 7 sites analysés correspondent aux territoires d'étude du projet START CLIMA.



La coloration de la carte correspond aux altitudes. Les couleurs n'ont aucun lien avec les données climatiques.

Pour chaque point, cinq valeurs (médianes sur 30 ans) sont indiquées selon la légende ci-dessous.

Sur la carte ci-dessus sont affichées les valeurs pour le secteur de Saint Rémy.

Légende	
Période de référence [1971-2000]	
Ecart par rapport à la période de référence [1971-2000]	
RCP 4,5 futur proche [2021-2050]	RCP 4,5 futur lointain [2071-2100]
RCP 8,5 futur proche [2021-2050]	RCP 8,5 futur lointain [2071-2100]

En blanc sur fond foncé figure la valeur du passé récent :

✓ Période de référence (1971 – 2000) : **6 jours**

En **noir**, les valeurs correspondent au scénario **RCP 4.5**, scénario intermédiaire.

✓ Futur proche (2021-2050) : **-2 jours** par rapport à la valeur de la période de référence.

✓ Futur lointain (2071-2100) : **-5 jours** par rapport à la valeur de la période de référence.

En **rouge** les valeurs correspondent au scénario le plus pessimiste, le **RCP 8.5** :

✓ Futur proche (2021 – 2050) : **-3 jours** par rapport à la valeur de la période de référence.

✓ Futur lointain (2071 – 2100) : **-6 jours** par rapport à la valeur de la période de référence.

6 jours	
-2 j.	-5 j.
-3 j.	-6 j.

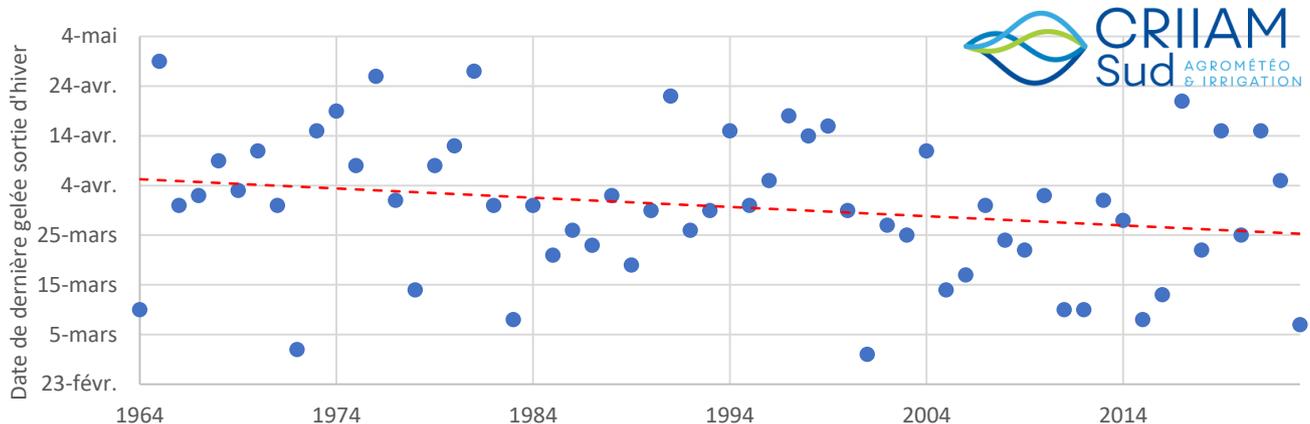
Date de dernière gelée en sortie d'hiver

Constat sur le passé

On constate une grande variabilité entre les années, avec toutefois une tendance à une dernière gelée de plus en plus précoce, ce qui n'exclut pas quelques gelées tardives ces dernières années (2021, 2022), qui ont créé d'importants dégâts sur certaines cultures.

Notons que les données présentées sur cette page ne renseignent pas sur l'intensité de la dernière gelée.

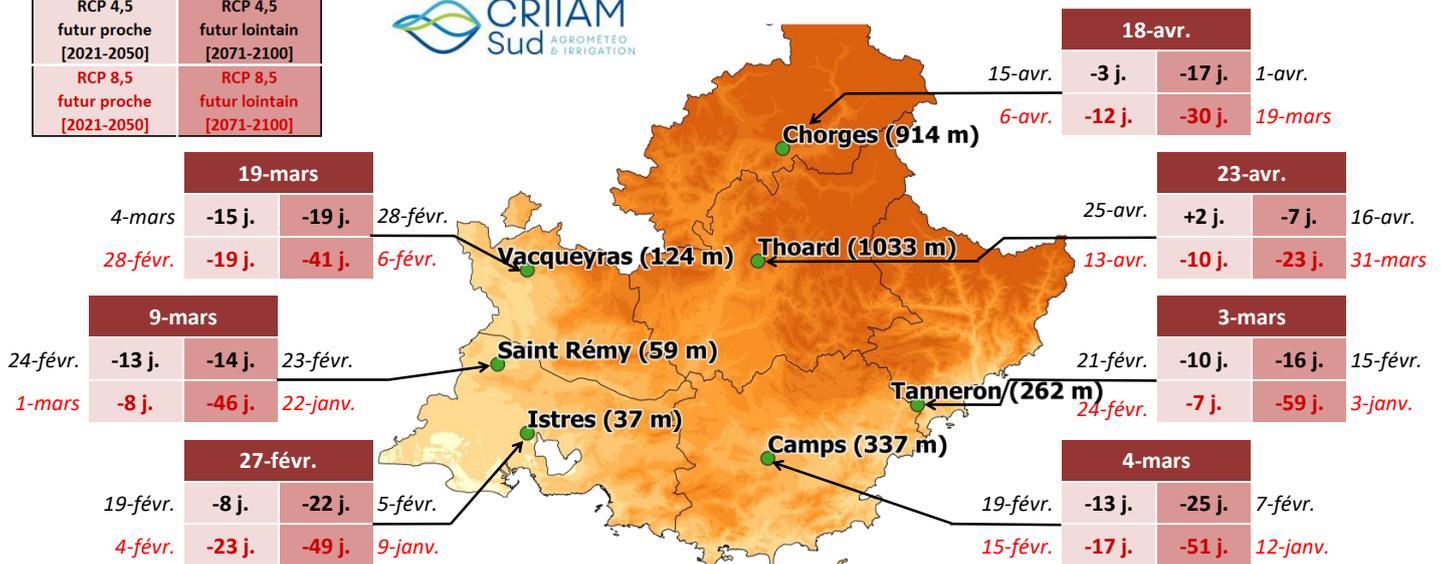
Date de dernière gelée sortie d'hiver - CARPENTRAS



Le futur projeté

Date de dernière gelée sortie d'hiver

Légende	
Période de référence [1971-2000]	
Ecart par rapport à la période de référence [1971-2000]	
RCP 4,5 futur proche [2021-2050]	RCP 4,5 futur lointain [2071-2100]
RCP 8,5 futur proche [2021-2050]	RCP 8,5 futur lointain [2071-2100]



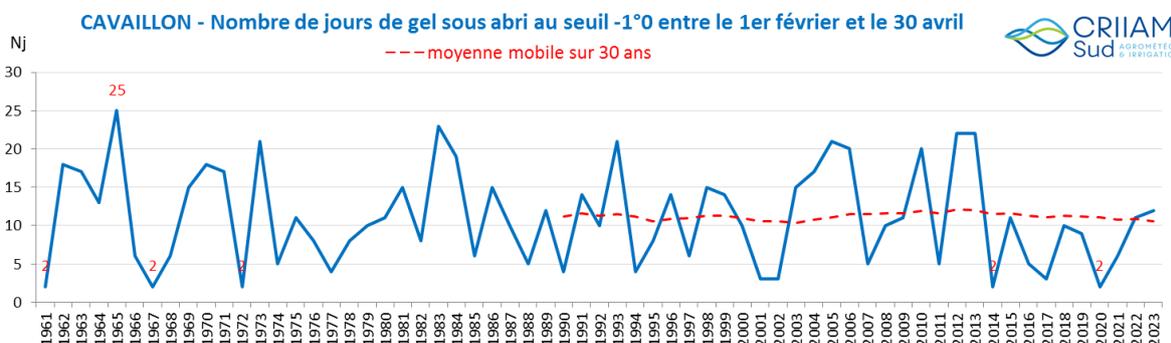
La date de dernière gelée en sortie d'hiver reflète le risque de gel tardif. Pour le scénario le plus optimiste et le futur proche, la date de la dernière gelée serait (par rapport à la période de référence) plus précoce de 3 à 15 jours, excepté sur le secteur de Thoard où elle serait 2 jours plus tardive.

Concernant le futur lointain et le scénario pessimiste, la dernière gelée serait nettement moins avancée en altitude (23 à 30 jours) qu'en secteur de plaine (41 à 59 jours). Ces résultats montrent que d'après les projections futures, le risque de gel de printemps serait largement moins présent qu'actuellement.

Nombre de jours de gel $\leq -1^{\circ}\text{C}$ du 01/02 au 30/04

Constat sur le passé

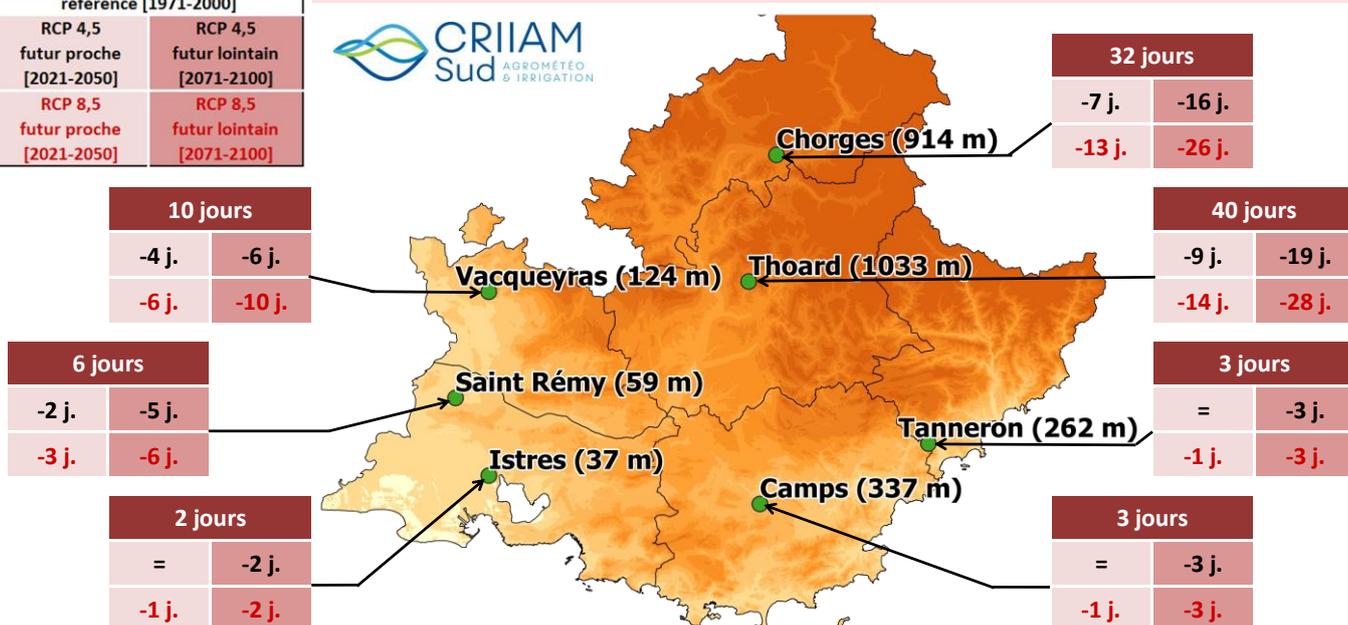
Sur l'exemple de Cavaillon (station météo physique) traité ici, où l'historique remonte jusqu'en 1961, on constate qu'il y a toujours eu au moins 2 jours avec une température minimale sous abri inférieure ou égale à -1°C sur les trois mois de février à avril. C'est en 1965 qu'il y en a eu le plus (25 jours). La moyenne mobile sur 10 ans atteint un maximum de 15 jours sur les années 2004-2013, mais un minimum de 7 jours sur les années 2012-2023. Sur le site de Cavaillon, il n'est pas constaté de tendance significative au cours des 60 dernières années (moyenne mobile sur 30 ans tantôt à la hausse, tantôt à la baisse).



Le futur projeté

Légende	
Période de référence [1971-2000]	
Ecart par rapport à la période de référence [1971-2000]	
RCP 4,5 futur proche [2021-2050]	RCP 4,5 futur lointain [2071-2100]
RCP 8,5 futur proche [2021-2050]	RCP 8,5 futur lointain [2071-2100]

Jours de gel à $\leq -1^{\circ}\text{C}$ du 01/02 au 30/04



Sur la période de référence, on compte entre 2 jours (Istres) et 40 jours (Thoard) où le mercure passe sous le seuil des -1°C sous abri entre le 1^{er} février et le 30 avril. Dans le futur proche, pour le RCP 8.5, ce nombre va respectivement tomber à 1 jour et 26 jours. En fin de siècle, il ne devrait plus geler de la sorte à Istres, Camps et Tanneron (quel que soit le scénario), mais Thoard enregistrera encore 12 jours de gel $\leq -1^{\circ}\text{C}$ après le 31 janvier, pour le scénario RCP 8.5.

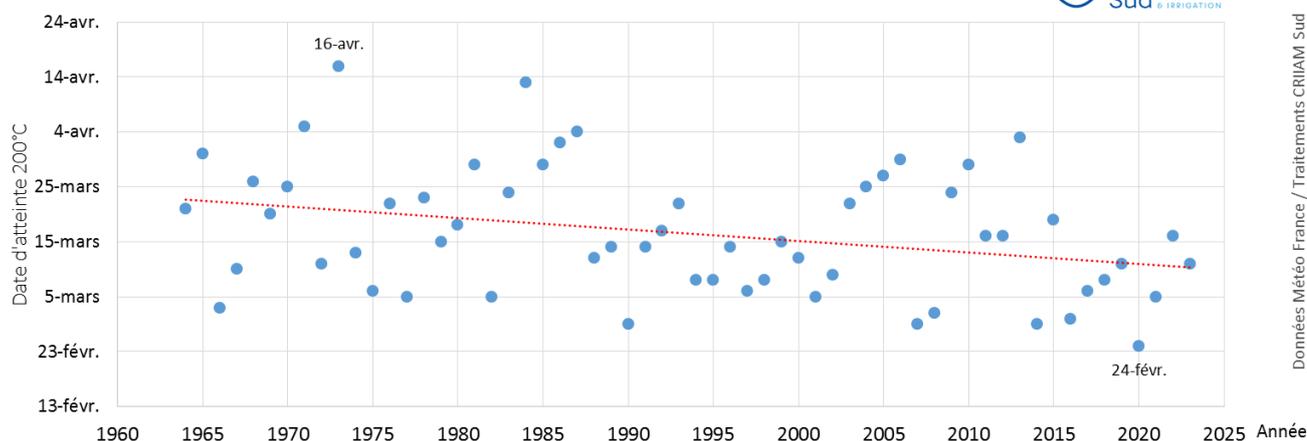
Date de démarrage de la végétation

Constat sur le passé

L'indicateur du seuil des 200°C jours (base 0) cumulés à partir du 1er janvier est utilisé comme repère pour effectuer le premier apport d'azote sur prairie.

Une tendance est visible : la date d'atteinte des 200°C jour est de plus en plus précoce. Avant 1990, la date moyenne était le 20 mars. Depuis 1990 jusqu'à aujourd'hui, la moyenne se situe désormais le 13 mars, soit une précocité de 7 jours.

Date d'atteinte du seuil 200°C - CARPENTRAS

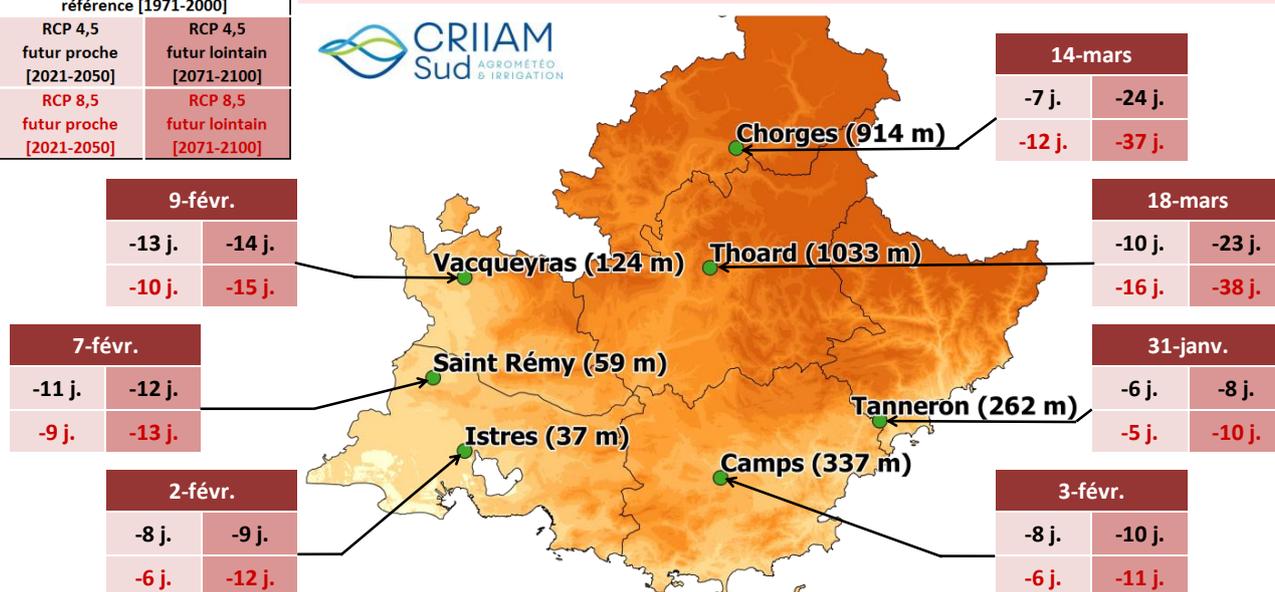


Données Météo France / Traitements CRIIAM Sud

Le futur projeté

Date de seuil des 200°C à partir du 1er janvier

Légende	
Période de référence [1971-2000]	
Ecart par rapport à la période de référence [1971-2000]	
RCP 4,5 futur proche [2021-2050]	RCP 4,5 futur lointain [2071-2100]
RCP 8,5 futur proche [2021-2050]	RCP 8,5 futur lointain [2071-2100]



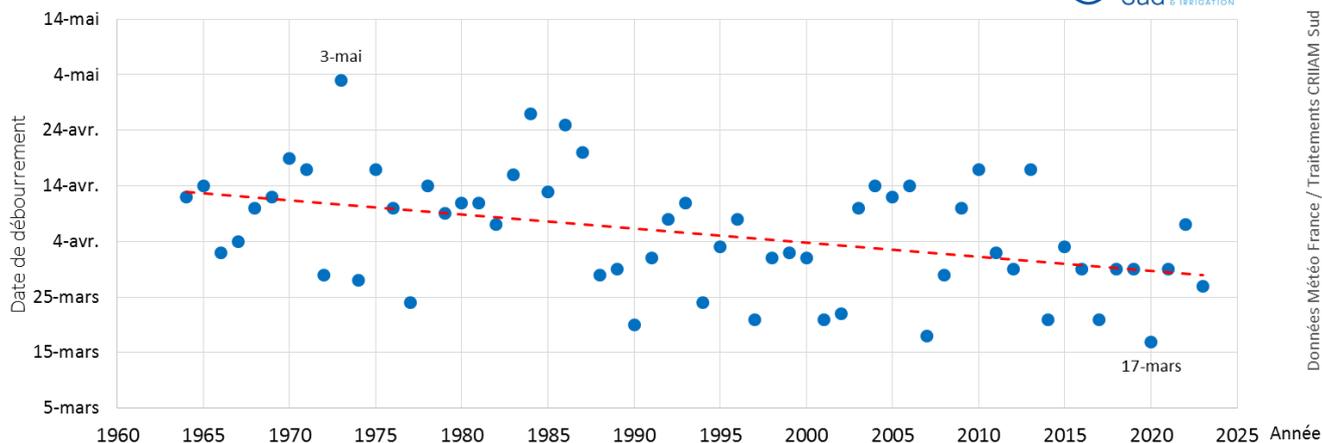
Avec le réchauffement climatique, la date d'atteinte des 200°C va être de plus en plus précoce. D'ici 2050, le scénario optimiste montre un avancement compris entre 6 jours à Tanneron et 13 jours à Vacqueyras. En fin de siècle, avec le scénario pessimiste, l'avancement de la date d'atteinte des 200°C variera de 10 jours à Tanneron (secteur le plus précoce sur la période de référence) à 38 jours à Thoard (secteur qui restera malgré tout le plus tardif).

Date de débourrement du grenache

Constat sur le passé

Nous estimons la date de débourrement à partir d'une somme de température et d'un seuil atteint par cépage. Nous avons calculé la date de débourrement pour le Grenache (*atteinte des 321,3°C jours en base 5°C depuis le 1^{er} janvier*) sur le secteur de Carpentras. Nous observons depuis 1964, une tendance à une précocité. Avant 1990, nous observons 1 seule date inférieure au 25 mars, alors que depuis 1990, nous avons 9 dates inférieures au 25 mars.

Date de débourrement du grenache - CARPENTRAS

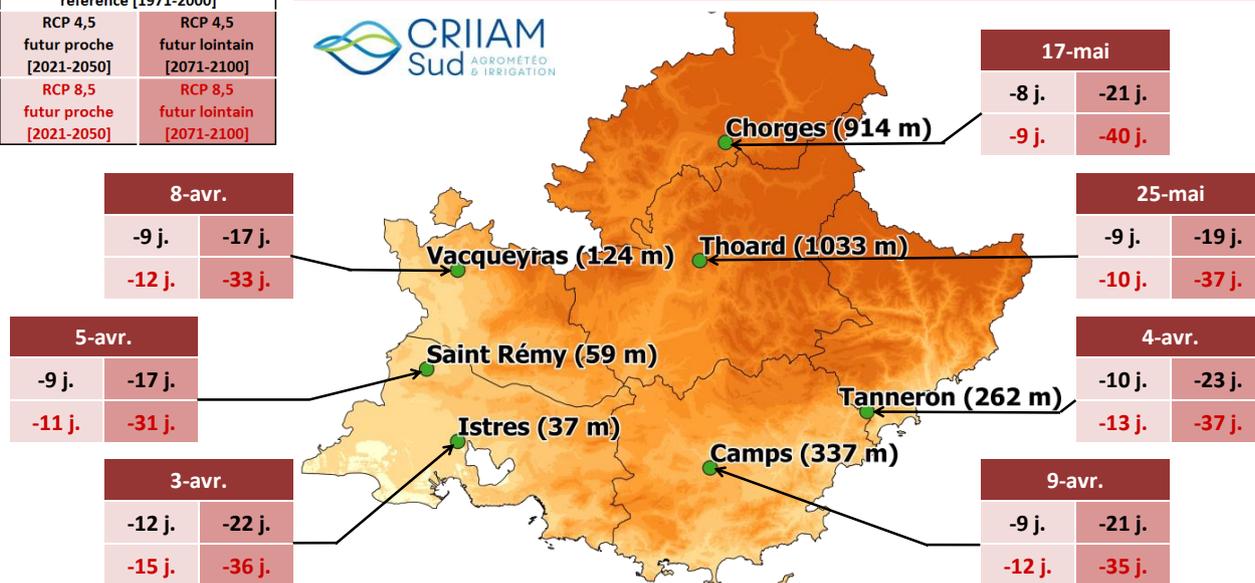


Données Météo France / Traitements CRIIAM Sud

Le futur projeté

Légende	
Période de référence [1971-2000]	
Ecart par rapport à la période de référence [1971-2000]	
RCP 4,5 futur proche [2021-2050]	RCP 4,5 futur lointain [2071-2100]
RCP 8,5 futur proche [2021-2050]	RCP 8,5 futur lointain [2071-2100]

Date de débourrement du grenache



En calculant la somme de température de base de 5°C à partir du 1er janvier, il a été constaté que la date de débourrement du grenache subit des changements significatifs. À l'échéance 2050, une avance de 8 à 12 jours serait observée, ce qui signifie que les vignes commenceraient à débourrer plus tôt par rapport aux années précédentes. D'ici 2100, cette tendance s'accélère davantage dans le scénario pessimiste, avec une avance estimée à 31 jours pour la région de Saint-Rémy et jusqu'à 40 jours pour la région de Chorges (*secteur non viticole actuellement*). Ce débourrement plus précoce peut rendre les conséquences d'épisodes de gel tardifs plus graves.

Déficit hydrique (P-ETP)

Constat sur le passé

Nous disposons sur Avignon de données d'ETP (*formule de Penman-Monteith-FAO*) depuis 1992. Etant donné que ces ETP sont à la hausse alors que les pluies baissent, le déficit climatique tend à augmenter. Un nouveau record a été établi en 2022, avec un déficit de 845 mm (talonné par 2023), le précédent record affichant un déficit de 805 mm en 2017. Plus ce déficit est important, plus les besoins en eau d'irrigation sont élevés.

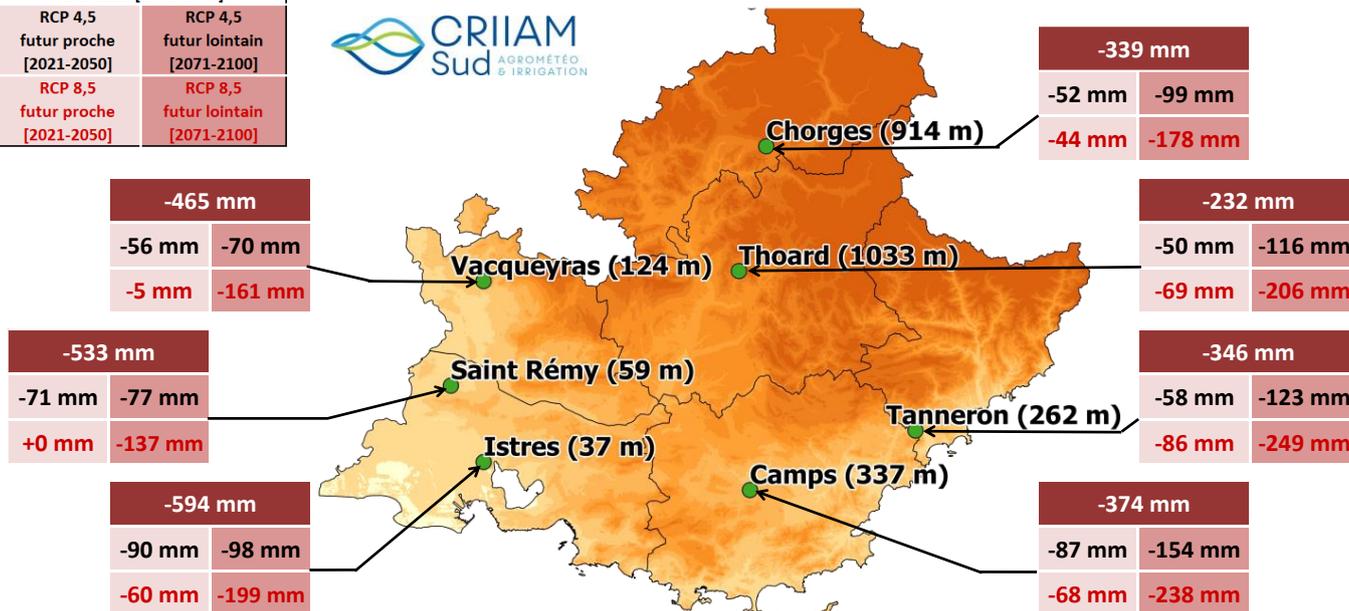
**AVIGNON - Déficit climatique (P-ETP)
avril à septembre**



Le futur projeté

Légende	
Période de référence [1971-2000]	
Ecart par rapport à la période de référence [1971-2000]	
RCP 4,5 futur proche [2021-2050]	RCP 4,5 futur lointain [2071-2100]
RCP 8,5 futur proche [2021-2050]	RCP 8,5 futur lointain [2071-2100]

Déficit climatique (P-ETP) d'avril à septembre



Les projections futures montrent une augmentation du déficit climatique généralisé sur toute la région. Pour la période d'avril à septembre, le scénario optimiste montre que d'ici 2050, nous pourrions avoir un manque supplémentaire d'eau de 50 mm à Thoard et jusqu'à 90 mm à Istres. Le scénario le plus pessimiste montre que d'ici 2100, nous pourrions avoir une augmentation possible du déficit de 140 mm à St Rémy et jusqu'à 249 mm à Tanneron. Les pénuries d'eau pendant cette période risquent d'être de plus en plus fréquentes.

Nombre de jours de fortes pluies (>= 20 mm)

Constat sur le passé

Sur le tableau ci-dessous sont comparées 2 périodes de 20 ans qui se sont succédées, afin de voir si des tendances se dégagent sur la région.

Le nombre de jours où il pleut au moins 20 mm est très variable entre les années, le nombre de jours annuel variant de 2 à 17 jours. Les valeurs médianes entre les 2 périodes évoluent peu (0 à 1 jour de plus), mais les extrêmes ont tendance à s'amplifier, avec des minima à la baisse et des maxima plutôt à la hausse.



Nombre annuel de jours de précipitations ≥ 20 mm

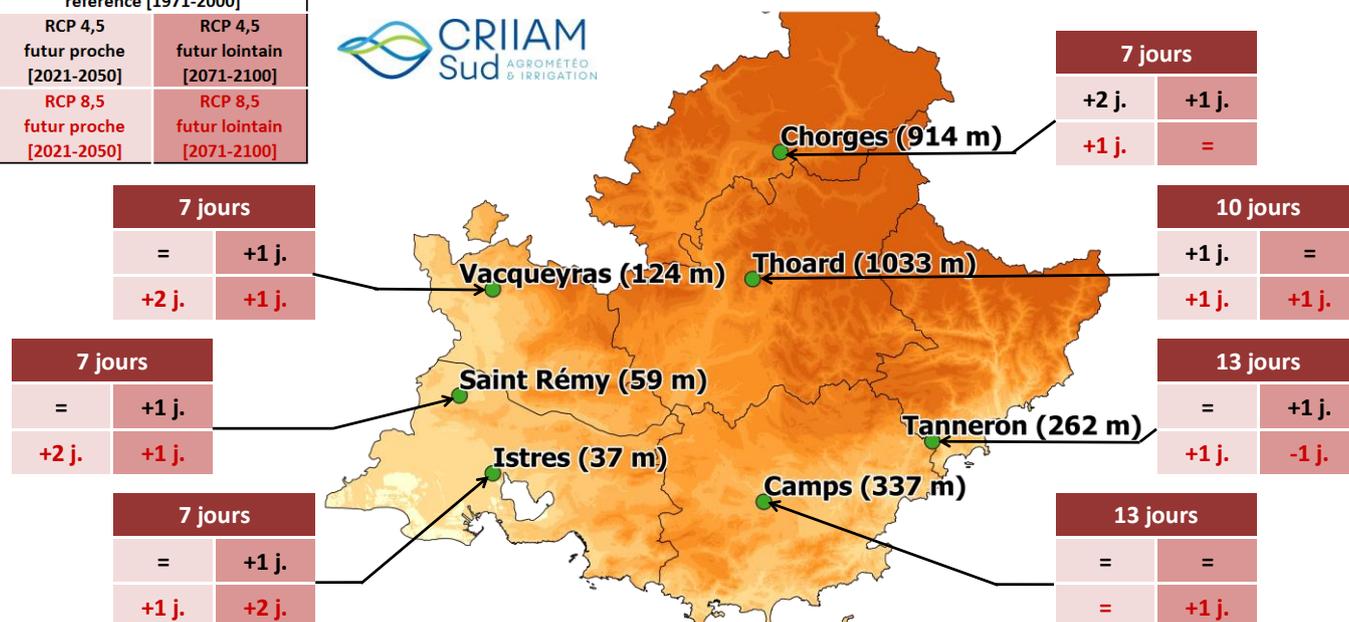
Station/Période	Minima sur 20 ans		Médianes sur 20 ans		Maxima sur 20 ans	
	1981-2000	2001-2020	1981-2000	2001-2020	1981-2000	2001-2020
St Auban (04)	4	= 4	9	= 9	15	↗ 17
Marignane (13)	3	↘ 2	7	= 7	13	↗ 15
Le Luc (83)	5	↘ 4	11	= 11	21	↘ 20
Toulon (83)	4	↘ 3	8	↗ 9	14	↗ 17
Orange(84)	6	↘ 2	8	↗ 9	15	↗ 17
Carpentras (84)	3	↘ 2	7	↗ 8	15	↗ 17

Sources MétéoFrance / Traitement CRIIAM Sud

Le futur projeté

Légende	
Période de référence [1971-2000]	
Ecart par rapport à la période de référence [1971-2000]	
RCP 4,5 futur proche [2021-2050]	RCP 4,5 futur lointain [2071-2100]
RCP 8,5 futur proche [2021-2050]	RCP 8,5 futur lointain [2071-2100]

Nombre de jours de précipitations >= 20 mm



La valeur médiane sur la période de référence [1971-2000] varie de 7 à 13 jours.

D'après les données du DRIAS, le nombre de jours (médianes sur 30 ans) devrait peut varier dans le futur (entre - 1 j. et + 2 j.). Nous n'observons pas de tendances claires avec les données projetées. Les projections futures pour le paramètre "précipitations" doivent être prises avec précaution. La complexité de modélisation de ce paramètre ne permet peut être pas d'obtenir des tendances fiables pour le futur.

Indice de fraîcheur des nuits

L'indice de fraîcheur des nuits est la moyenne des températures minimales durant le mois qui précède les vendanges. Cet indice est important en viticulture car il influence la qualité du raisin (et donc du vin) en modifiant l'accumulation des sucres, l'acidité, les composés aromatiques...

Cet indice est divisé en quatre classes :

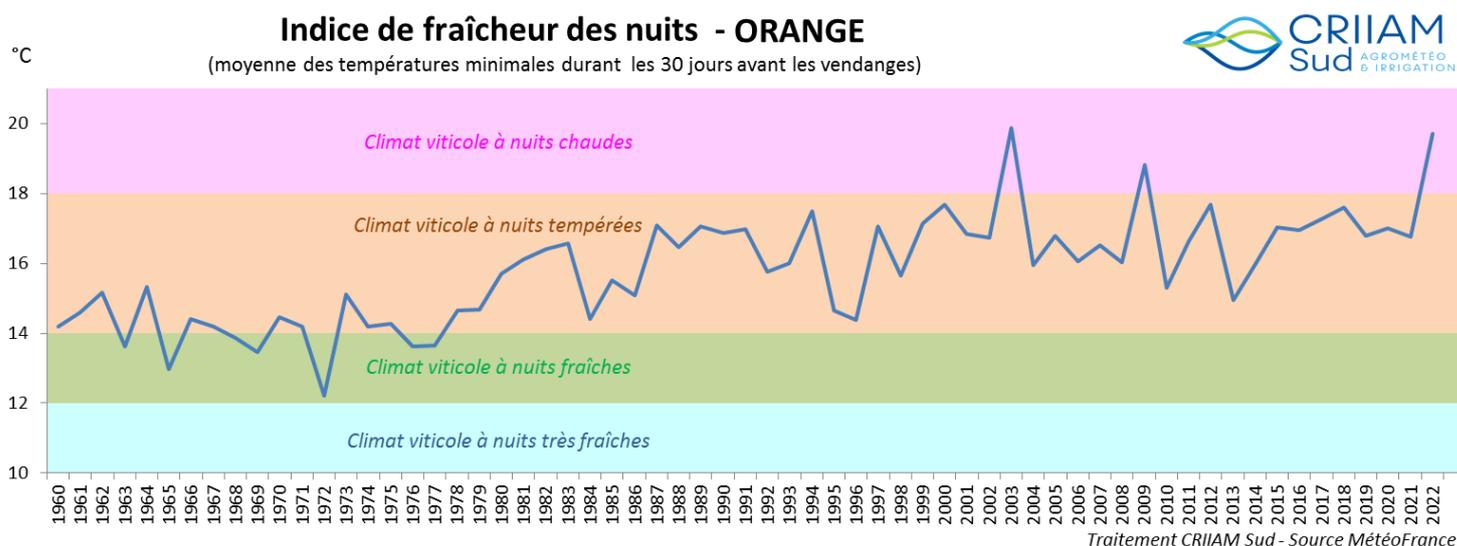
- nuits chaudes (>18°C),
- nuits tempérées (14-18°C),
- nuits fraîches (12-14°C) et
- nuits très fraîches (≤12°C).

Nous avons ici d'abord calculé la date de vendange pour chaque année d'après les températures mesurées « physiquement » sur Orange pour le « constat sur le passé », et d'après les données du DRIAS pour les valeurs figurant dans la partie « Le futur projeté ».

La date de vendange est estimée d'après un cumul de température base 10°C sur la période du 1^{er} mars au 30 juin (une formule définit ensuite le jour julien de date de prévision de la date de vendange).

Constat sur le passé

Les données passées montrent une tendance générale à la hausse de l'indice de fraîcheur des nuits. Ainsi, à Orange (84), jusqu'à la fin des années 1970, la courbe est régulièrement en « climat viticole à nuits fraîches », mais ensuite, Orange se situe en « climat viticole à nuits tempérées », avec, certaines années, le passage en « nuits chaudes » (2003, 2009, 2022).

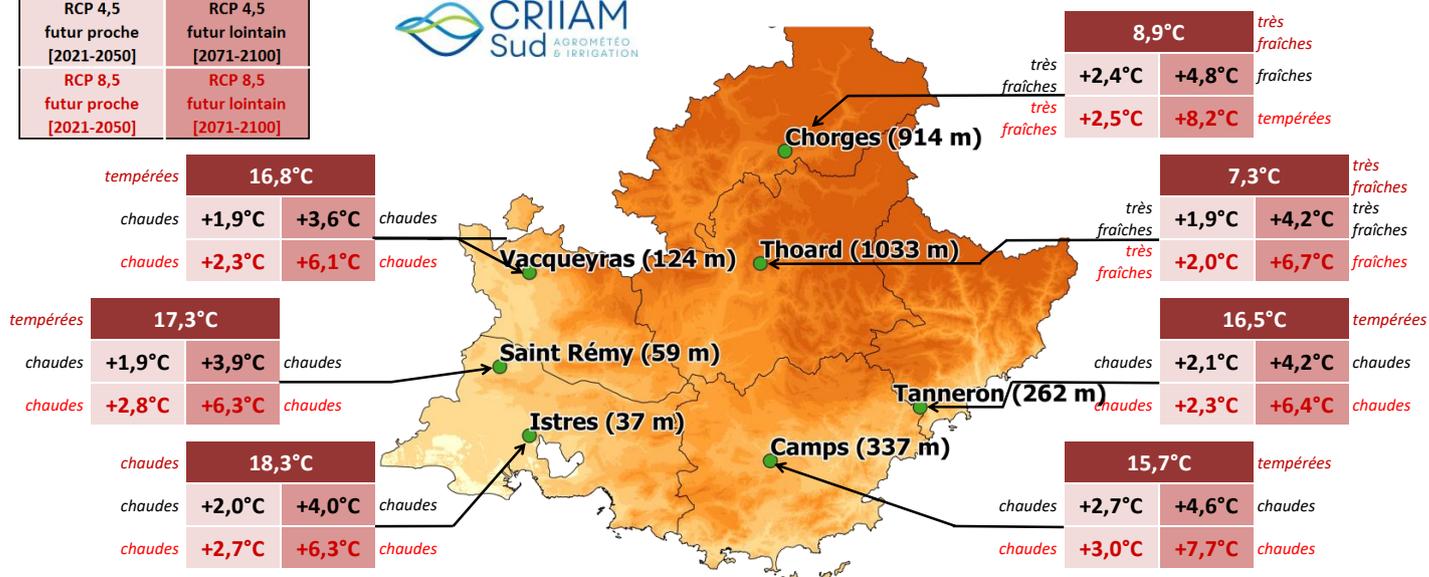


Indice de fraîcheur des nuits

Le futur projeté

Indice de fraîcheur des nuits

Légende	
Période de référence [1971-2000]	
Écarts par rapport à la période de référence [1971-2000]	
RCP 4,5 futur proche [2021-2050]	RCP 4,5 futur lointain [2071-2100]
RCP 8,5 futur proche [2021-2050]	RCP 8,5 futur lointain [2071-2100]



Les dates de vendanges vont continuer à être de plus en plus précoces : l'indice de fraîcheur des nuits étant calculé sur les 30 jours qui précèdent la vendange, les températures minimales prises en compte seront celles du plein cœur de l'été, d'où une évolution fortement à la hausse de cet indice.

Dans un futur proche, les 2 scénarios donnent souvent des résultats assez similaires avec une augmentation sur l'ensemble des points étudiés de +1,9 à 3,0°C.

D'après les projections futures, le scénario pessimiste montre, d'ici 2100, des augmentations de 6,1°C (Vacqueyras) à 8,2°C (Chorges) par rapport à la période de référence.

En altitude, l'indice de fraîcheur des nuits restera dans la zone de « nuits très fraîches » pour le futur proche dans le scénario le plus optimiste, mais passerait en fin de siècle en « nuits fraîches » à Thoard et en « nuits tempérées » pour le scénario pessimiste à Chorges.

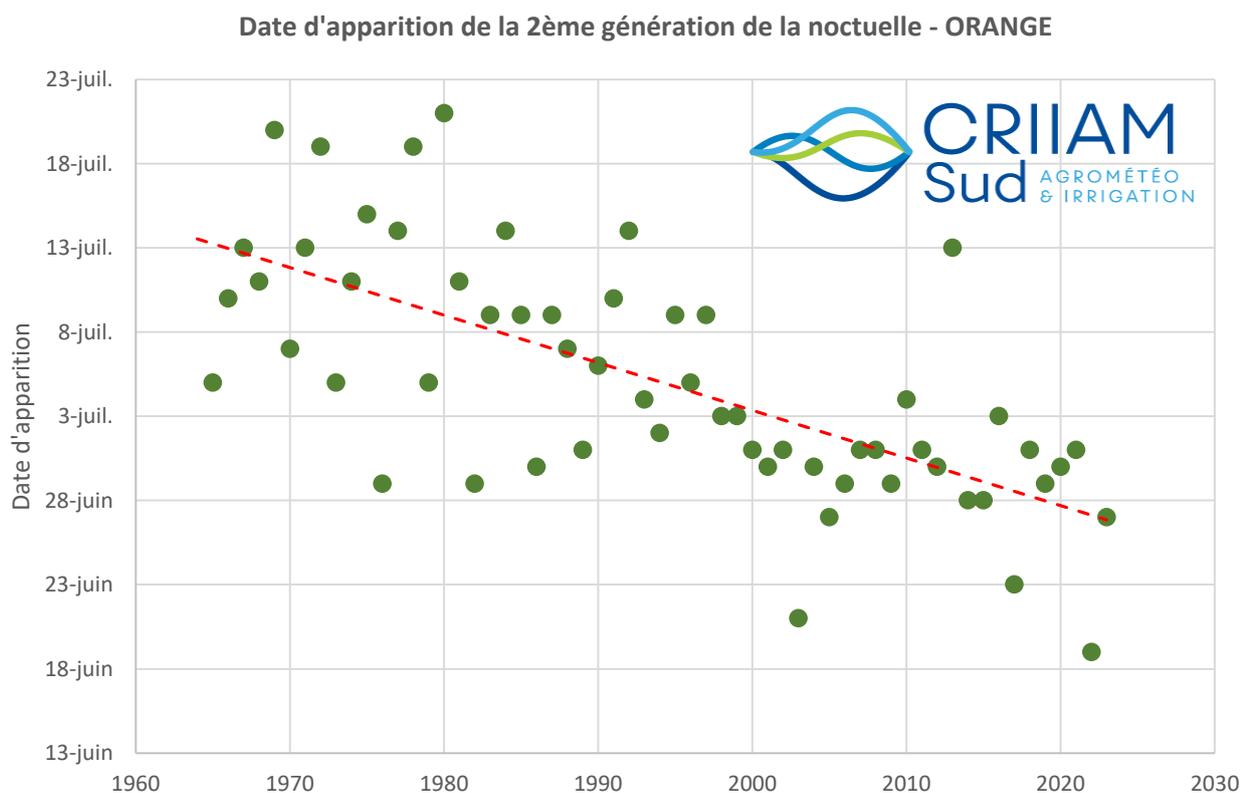
Les secteurs de plaine et coteaux, en « nuits tempérées » sur la période de référence (excepté Istres, déjà en « nuits chaudes »), passeraient tous dans le futur en « nuits chaudes », avec des écarts très importants de valeur de l'indice. Peut-être faudrait-il créer un indice de « nuits très chaudes ».

Modélisation noctuelle

La noctuelle est un ravageur qui touche de nombreuses cultures. Au CRIIAM Sud, nous modélisons le développement de cet insecte dans le cadre du BSV de la filière tomate. La date d'apparition moyenne sur les secteurs étudiés généralement pour cette filière (Vaucluse et Bouches du Rhône) est le 10 mai. C'est donc la date de début de modélisation. Pour observer les potentielles évolutions de la noctuelle, nous allons étudier la date d'apparition de la deuxième génération.

Constat sur le passé

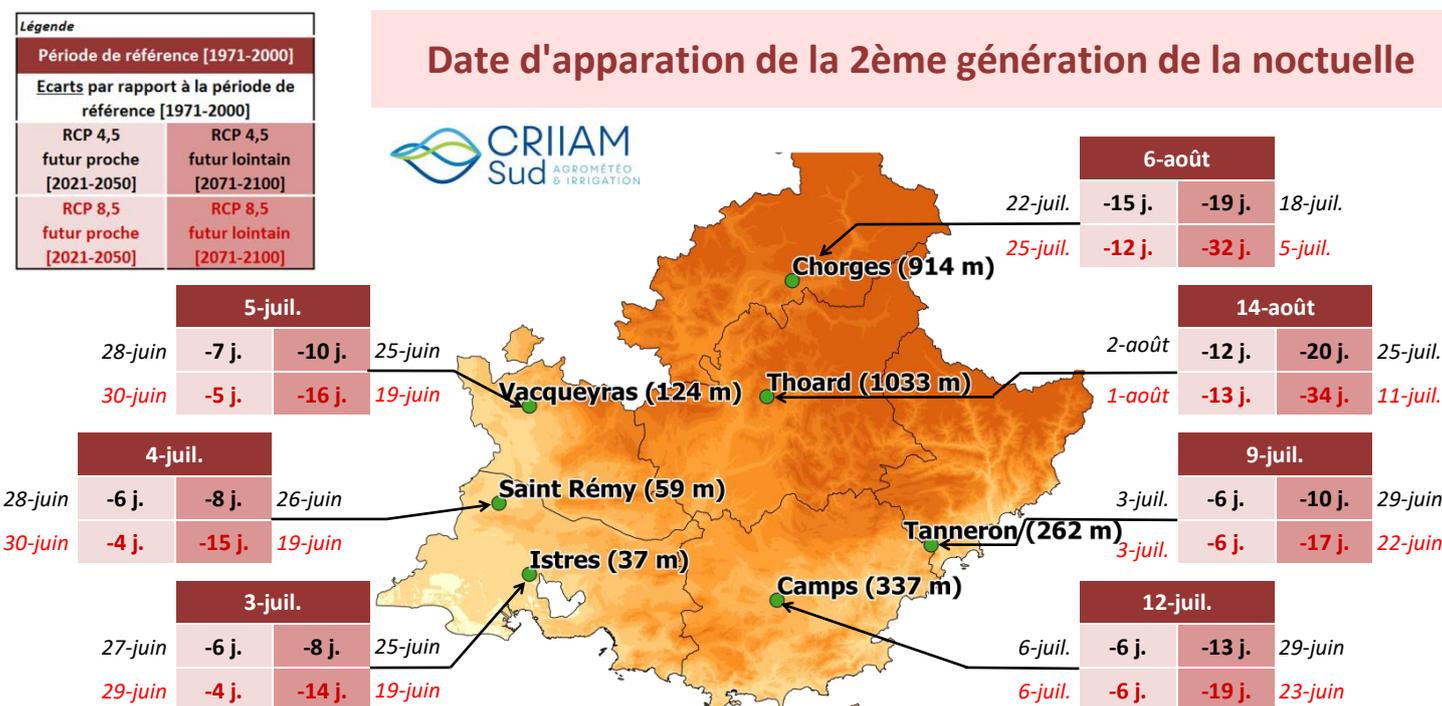
Le graphique ci-dessous représente les dates d'apparition de la deuxième génération de la noctuelle de 1965 à 2023. Nous observons une tendance à des apparitions de plus en plus précoces. Avant 1994, la date moyenne d'apparition se situait autour du 9 juillet. À partir de 1994, cette moyenne avance au 30 juin, soit un décalage d'environ 9 jours.



Modélisation noctuelle

Le futur projeté

La carte suivante indique la date d'apparition de la deuxième génération pour les années futures.



Sans surprise, nous observons une avance de la date d'apparition de la deuxième génération. Les stations de Vacqueyras, Saint Rémy et Istres présentent des résultats similaires. Les stations en altitude présentent les plus gros écarts, jusqu'à 34 jours pour la station de Thoard d'ici 2071-2100, d'après le scénario le plus pessimiste.

Avec de telles dates d'avancement, il est possible qu'apparaissent de nouvelles générations de noctuelles au cours d'une même saison, à moins que les conditions climatiques extrêmes ne limitent leur développement...

Le modèle noctuelle utilisé ne tient compte que du paramètre température. En réalité, la présence de l'insecte peut dépendre d'autres paramètres (population déplacée par le vent sur de longues distances). Durant la saison 2023, des attaques importantes ont été observées sur diverses cultures : lavandin, tomate.



Le projet **START CLIMA** a pour objectif d'accompagner les agriculteurs vers des modifications de leurs pratiques agricoles pour s'adapter aux effets du changement climatique. Il est déployé à l'échelle de la Région Sud sur plusieurs territoires et filières agricoles représentatifs.

Les objectifs sont de :



Construire des scénarios d'évolution du climat spécifiques à la Région Sud.



Sensibiliser, aider et impliquer les agriculteurs dans des initiatives d'adaptation au changement climatique.



Accompagner les agriculteurs dans la mise en œuvre de leur plan d'action.

Projet porté par :



Avec la participation technique de :



Avec le soutien financier de :



Pour en savoir plus : www.paca.chambres-agriculture.fr