



Potentialités climatiques dans l'AOC Ventoux

Etude à haute résolution en contexte de changement climatique

Frédéric HUARD

INRAE - US 1116 AgroClim

INRAE


ventoux
AOC

Ce document constitue le rapport final du projet de collaboration de recherche avec partenaire socio-économique non subventionné - Projet FC 11665

Contrat établi le 05/06/2019 entre l'US 1116 INRAE-AgroClim et l'Organisme de Défense et de Gestion du Ventoux

Remerciements :

L'auteur tient à remercier chaleureusement les responsables de l'ODG Ventoux, Marie Flassayer et Anne-Sophie Bénard, ainsi que les viticulteurs de l'AOC Ventoux, en particulier Frédéric Chaudière, Stéphane Saurel et Sébastien Vincenti qui ont supervisé cette étude et avec lesquels les échanges ont été nombreux et très riches. Merci à eux de m'avoir fait confiance et d'avoir su me faire partager leurs connaissances, leur passion et la réalité du terrain.

Merci également à mon collègue Inaki Garcia de Cortazar d'avoir accepté de participer au comité de suivi, de m'avoir fait partager ses compétences en phénologie et pour la relecture du rapport.

Merci à Bernard Seguin, que j'ai momentanément sorti de sa retraite pour lui soumettre le document et bénéficier de son expertise.

Merci enfin à Virginie Carrio de Météo-France pour la fourniture des données AROME.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

HUARD F. (2021) – Potentiel climatique de l'AOC Ventoux, étude à haute résolution en contexte de changement climatique.

Rapport INRAE AgroClim, 96 p.

Contact : frederic.huard@inrae.fr

Mots-clés :

Ventoux, viticulture, climat, impact, adaptation, indicateurs, modélisation spatio-temporelle

Crédit photo :

ODG Ventoux

Table des matières

Table des figures.....	3
Chapitre 1. Introduction	5
1.1. L’AOC Ventoux.....	5
1.2. Problématique	6
Chapitre 2. Climat à haute résolution spatio-temporelle	7
2.1. Méthodologie pour le climat actuel	7
2.2. Méthodologie pour le climat futur	11
Chapitre 3. L’agro-climat actuel	14
3.1. Indicateurs climatiques et agroclimatiques	14
3.2. La pluie.....	14
3.3. Les températures moyennes	16
3.4. Les températures maximales	17
3.5. Les températures minimales	19
3.6. Zonage agro-climatique.....	21
3.7. La phénologie	26
3.8. Millésime et climat	31
Chapitre 4. Le climat dans l’AOC au XXI ^{ème} siècle	35
4.1. La pluie.....	36
4.2. Les températures moyennes	39
4.3. Les températures minimales	42
4.4. Les températures maximales	45
4.5. La phénologie	49
4.6. Millésime et climat futur	57
Chapitre 5. Migration et adaptation climatique.....	60
Chapitre 6. CONCLUSION.....	77
Bibliographie.....	79
Annexes	80

Table des figures

Figure 1. Localisation du territoire de l'AOC Ventoux	5
Figure 2. Localisation des parcelles et relief dans l'AOC (en rouge : la courbe de niveau 500m)	5
Figure 3. Points climatiques utilisés dans la première étude (Marjou et Garcia de Cortazar-Atauri, 2019).....	6
Figure 4. Principe simplifié de la méthode en climat présent.....	8
Figure 5. Comparaison sur 3 sites de validation des distributions des températures moyennes SAFRAN et reconstituées, pour les journalières (haut) et mensuelles (bas)	9
Figure 6. Comparaison sur 3 sites de validation des distributions des pluies SAFRAN et reconstituées, pour les journalières (haut) et mensuelles (bas).....	10
Figure 7. Comparaison des résolutions spatiales obtenues (en haut : température minimale du 11/01/1960, en bas la pluie annuelle en 2004). De gauche à droite : maille SAFRAN, maille issue de la méthode d'analogues + interpolation à 200m. ...	10
Figure 8. Modèles de réduction de biais (bleu) et résultat (rouge) sur les températures minimales, maximales et la pluie sur l'AOC Ventoux (modèle recomposé sur la période annuelle)	12
Figure 9. Trajectoires des scénarios de forçage radiatif utilisés	12
Figure 10. Cartographie de la pluie annuelle et saisonnière et son évolution actuelle. L'évolution se traduit par la différence (1991-2020) – (1961-1990). La courbe rouge représente la courbe d'altitude 500m.....	15
Figure 11. Indicateurs de pluie et leur évolution durant la période actuelle sur l'AOC Ventoux. L'évolution se traduit par la différence (1991-2020) – (1961-1990). La courbe rouge représente la courbe d'altitude 500m.	16
Figure 12. Cartographie de la température moyenne et son évolution durant la période actuelle sur l'AOC Ventoux. L'évolution se traduit par la différence (1991-2020) – (1961-1990). La courbe noire représente la courbe d'altitude 500 m.....	17
Figure 13. Cartographie de la température maximale et son évolution actuelle. L'évolution se traduit par la différence (1991-2020) – (1961-1990). La courbe noire représente la courbe d'altitude 500m.....	18
Figure 14. Indicateurs de la température maximale et leur évolution durant la période actuelle sur l'AOC Ventoux. L'évolution se traduit par la différence (1991-2020) – (1961-1990). La courbe noire représente la courbe d'altitude 500m.	19
Figure 15. Cartographie de la température minimale et son évolution durant la période actuelle sur l'AOC Ventoux. L'évolution se traduit par la différence (1991-2020) – (1961-1990). La courbe noire représente la courbe d'altitude 500m	20
Figure 16. Cartographie du gel et son évolution durant la période actuelle sur l'AOC Ventoux. L'évolution se traduit par la différence (1991-2020) – (1961-1990). La courbe noire représente la courbe d'altitude 500m.....	21
Figure 17. Zonages par paramètre climatique et synthétique en climat actuel sur l'AOC Ventoux.....	22
Figure 18. Zonages par paramètre climatique et synthétique en climat actuel sur les deux premières zones de l'AOC Ventoux définies précédemment (inférieures à 500m d'altitude).....	23
Figure 19. Evolution annuelle des indicateurs climatiques dans chacune des zones	26
Figure 20. Avancée des stades phénologiques de la vigne en climat actuel dans l'AOC Ventoux (Marjou et Garcia de Cortazar-Atauri, 2019).....	27
Figure 21. Dates de débourrement des 3 cépages (jour depuis le 01/01) et leur évolution depuis les 60 dernières années....	28
Figure 22. Dates de floraison des 3 cépages (jour depuis le 01/01) et leur évolution depuis les 60 dernières années.....	29
Figure 23. Dates de véraison des 3 cépages (jour depuis le 01/01) et leur évolution depuis les 60 dernières années.	30
Figure 24. Relation Qualité/Rendement et évolution des notes dans l'AOC Ventoux (vin rouge)	31
Figure 25. Localisation des 15 points sélectionnés (et leur positionnement altitudinale) représentant les principaux sites de production	32
Figure 26. Analyse en Composantes Principales sur les paramètres climatiques et les années pour caractériser la qualité (à gauche) et le rendement (à droite) des millésimes de vin rouge dans l'AOC Ventoux.....	33
Figure 27. Evolution de la température maximale de l'air au cours de l'été (juin à août) en région PACA (haut) et anomalie du cumul de pluie moyen annuel de la médiane des modèles Euro-Cordex (bas).....	36
Figure 28. Evolution de l'anomalie (différence périodes futures-période actuelle) de pluie à différents horizons et scénarios d'émission en gaz à effet de serre dans l'AOC Ventoux.	39

Figure 29. Evolution de l'anomalie (différence périodes futures-période actuelle) de la température moyenne à différents horizons et scénarios d'émission en gaz à effet de serre dans l'AOC Ventoux.	42
Figure 30. Evolution de l'anomalie (différence période future-période actuelle) de la température minimale et du gel à différents horizons et scénarios d'émission en gaz à effet de serre dans l'AOC Ventoux	45
Figure 31. Evolution de l'anomalie (différence période future-période actuelle) de la température maximale et d'indicateurs associés, à différents horizons et scénarios d'émission en gaz à effet de serre dans l'AOC Ventoux.....	49
Figure 32. Evolution de l'anomalie (différence période future-période actuelle) des dates de débournement des 3 cépages au cours du siècle en fonction des deux scenarios RCP utilisés.	51
Figure 33. Evolution de l'anomalie (différence période future-période actuelle) des dates de floraison des 3 cépages au cours du siècle en fonction des deux scenarios RCP utilisés.	53
Figure 34. Evolution de l'anomalie (différence période future-période actuelle) des dates de véraison des 3 cépages au cours du siècle en fonction des deux scenarios RCP utilisés.	55
Figure 35. Evolution de l'anomalie (différence période future-période actuelle) d'indicateurs écoclimatiques (dont la période de calcul dépend de la phénologie, et sont donc différents d'une année à l'autre) au cours du siècle en fonction des deux scenarios RCP utilisés.	57
Figure 36. Résultats des différentes ACP pour caractériser les années actuelles et futures au sein de la zone de production traditionnelle de l'AOC Ventoux (à partir de 15 points).....	58
Figure 37. Première démarche utilisée por étudier les potentialités climatiques en altitude en climat futur	60
Figure 38. Comparaison de la pluie actuelle sous 500m d'altitude et future dans la bande 500-1000m	62
Figure 39. Comparaison des températures moyennes actuelles sous 500m d'altitude et futures dans la bande 500-1000m .	63
Figure 40. Comparaison des températures minimales actuelles sous 500m d'altitude et futures dans la bande 500-1000m .	64
Figure 41. Comparaison des températures maximales actuelles sous 500m d'altitude et futures dans la bande 500-1000m. .	65
Figure 42. Comparaison des stades phénologiques du grenache, actuelles sous 500m d'altitude et futures dans la bande 500-1000m.....	67
Figure 43. ACP du climat des années passées de la zone de production (gris) et futures (jaune :2031-60, orange : 2061-90, rouge : 2091-2100) sous différents scénarios et tranches d'altitude	69
Figure 44. . Comparaison de la date de véraison et la pluie floraison-récolte des années passées de la zone de production (gris) et futures (jaune :2031-60, orange : 2061-90, rouge : 2091-2100) sous différents scénarios et tranches d'altitude	72
Figure 45. . Comparaison du nb de jours de gel et la Tx cumulée floraison-récolte des années passées de la zone de production (gris) et futures (jaune :2031-60, orange : 2061-90, rouge : 2091-2100) sous différents scénarios et tranches d'altitude	74

Chapitre 1. Introduction

1.1. L'AOC Ventoux

L'aire d'appellation de l'AOC Ventoux est située dans le département du Vaucluse, à cheval sur les contreforts du Mont Ventoux et des Monts du Vaucluse (Fig. 1). Le Syndicat Régional des Coteaux du Mont Ventoux et des Monts du Vaucluse a été créé le 26 juillet 1939 pour orienter la production de vins vers une politique d'appellation d'origine, mais ce n'est que le 20 décembre 1951 que le Ministère de l'agriculture attribue le label V.D.Q.S. à l'Appellation d'Origine « Côtes du Ventoux » puis le 27 juillet 1973 pour obtenir le statut d'AOC. Sur une superficie d'environ 2 040 km², couvrant 51 communes, l'AOC Ventoux produit environ 250 000 hl par 130 producteurs situés sur 3 grands bassins de production couvrant environ 6000 ha plantés, situés à des altitudes inférieures à 500 mètres (fig.2). L'AOC, dominée par le Mont Ventoux, a en effet la particularité de s'étendre sur un territoire connaissant un fort gradient altitudinal (environ 1900 mètres) qui peut générer des situations météorologiques variées et contrastées contribuant à façonner des climats variés.



Figure 1. Localisation du territoire de l'AOC Ventoux

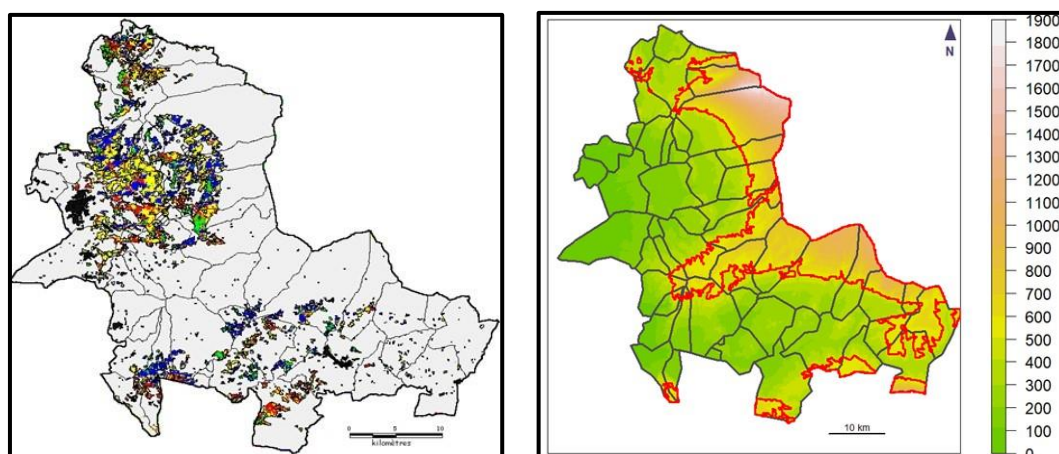


Figure 2. Localisation des parcelles et relief dans l'AOC (en rouge : la courbe de niveau 500m)

1.2. Problématique

Cette étude fait suite à une première analyse du climat actuel et futur dans l'AOC Ventoux menée en 2019 et qui avait permis de dégager quelques grands traits du climat, son évolution et son impact sur la viticulture (Marjou et Garcia de Cortazar-Atauri, 2019) :

- une avancée significative mais hétérogène des stades phénologiques depuis 50 ans qui a eu tendance à homogénéiser le vignoble, avec une phase de maturation des raisins déplacée vers des périodes plus chaudes ;
- la température, qui constitue un facteur climatique majeur pour la viticulture, va le plus évoluer dans l'avenir avec un réchauffement global très marqué en particulier en période estivale ;
- les précipitations, en particulier estivales, peuvent devenir limitantes avec une évolution au cours du siècle qui reste encore imprécise.

Les questions d'adaptation climatique des terroirs actuels en fonction de leur topo-climats ou la recherche de nouvelles implantations (plus en altitude par exemple) n'ont pu être qu'esquissées faute d'une résolution spatio-temporelle assez fine. En effet, l'étude a été conduite en s'appuyant sur un nombre limité de données issues de la réanalyse climatique SAFRAN de Météo-France qui fournit un climat et un relief moyen sur des pixels de 8*8km (Fig. 3). Ainsi, les éléments du relief (quasiment 2000 mètres de gradient avec quelques vallées encaissées), la présence de zones de plaine, de fonds de vallée... contribuent, en fonction des situations météorologiques, à façonner différents topo-climats qu'il est nécessaire de caractériser pour bien considérer le potentiel climatique de l'AOC.

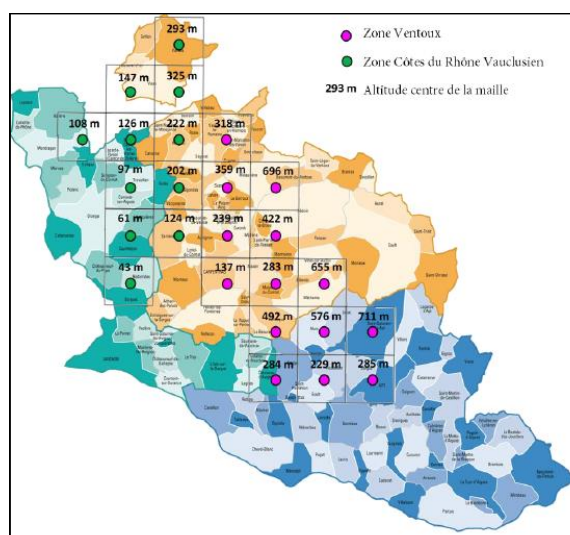


Figure 3. Points climatiques utilisés dans la première étude (Marjou et Garcia de Cortazar-Atauri, 2019)

Il s'est donc avéré important de réaliser une seconde étude, en développant des approches statistiques d'analyse climatique plus élaborées afin de :

- se concentrer sur le seul périmètre précis de l'AOC ;
- mettre en évidence et caractériser les différents topo-climats présents ;
- appréhender des situations climatiques localisées (zones gélives en particulier) ;
- analyser la variabilité spatio-temporelle du climat et dégager un zonage climatique à l'intérieur même de l'AOC ;
- approfondir la connaissance des projections climatiques à haute résolution sur le territoire ;
- considérer à ces échelles fines les différents impacts climatiques sur la viticulture ,
- envisager le potentiel climatique futur de zones actuellement non exploitées ;
- établir un lien entre les millésimes (qualité et rendement) et des conditions climatiques pour tenter de le projeter dans le futur.

Ces objectifs nécessitent d'utiliser et développer une nouvelle approche méthodologique dont les résultats fourniront à la profession une vision précise du potentiel climatique et de son évolution dans l'AOC afin d'envisager dans un second temps des pistes et stratégies d'adaptation climatique.

Chapitre 2. Climat à haute résolution spatio-temporelle

2.1. Méthodologie pour le climat actuel

En l'absence de stations météorologiques en nombre et avec une profondeur temporelle significative dans le périmètre de l'AOC, la démarche classique de spatialisation par des méthodes géostatistiques entre autres, n'est pas possible. Pour cette raison, l'étude de Marjou et Garcia de Cortazar-Atauri (2019) s'est basée sur les données de la réanalyse climatique SAFRAN produite par Météo-France. SAFRAN s'appuie sur l'ébauche d'un modèle météorologique corrigé a posteriori par des observations permettant de produire un forçage atmosphérique et interpolé sur une grille de 8*8km de résolution. Compte tenu du périmètre limité de l'AOC l'utilisation des données SAFRAN restreint le nombre de points d'observation (une vingtaine) et ne permet pas de bien caractériser sa variabilité climatique spatiale ni d'intégrer des phénomènes locaux et ponctuels comme les épisodes gélifs.

Afin de réaliser une analyse à haute résolution spatiale et temporelle, une nouvelle méthode a été développée et implantée spécialement pour le projet. Elle s'appuie sur une démarche de type « analogues », assez répandue en météorologie, qui repose sur l'hypothèse que deux situations atmosphériques similaires à large échelle vont produire des situations météorologiques également similaires à une échelle locale (Chardon, 2014). Ainsi, pour une situation cible caractérisée par un ensemble de prédicteurs (situation large échelle), une ou plusieurs situations analogues de l'archive (échelle locale) peuvent être retenues sur la base d'un critère d'analogie (variable selon les objectifs).

Dans le cas présent, l'approche retenue considère SAFRAN sur la période 1960-2020 comme référence large échelle et les sorties du modèle de prévision de temps AROME de Météo-France, utilisées comme « climatologie » a posteriori, comme référence pour l'échelle locale. En effet, AROME possède une résolution spatiale de 0.025° (soit un peu moins de 2km sur la région étudiée) et un pas de temps horaire mais malheureusement sur une faible profondeur temporelle (de mai 2015 à juin 2018 pour cette étude). En combinant les deux entrées climatiques via ce processus de recherche d'analogues, l'objectif est d'obtenir, pour la profondeur de SAFRAN, une série à la résolution spatiale et temporelle d'AROME.

La démarche peut se résumer de la sorte (figure 4) :

- pour chaque jour de la série SAFRAN, on associe une journée AROME analogue et destinée à se substituer à la journée SAFRAN ;
- la recherche d'analogues est réalisée sur 3 pixels (la démarche a été testée avec un nombre plus important et 3 correspond à l'échantillon optimal, tant en terme de résultats que de temps de calcul) ;
- la journée est caractérisée par sa température moyenne et sa pluie ;
- une recherche des analogues est effectuée dans un premier temps en terme de température sur des intervalles associés à des différences admissibles afin d'obtenir des échantillons de taille significative ;
- une seconde recherche d'analogues est réalisée sur cette première série, mais cette fois sur la base de la pluviométrie, permettant ainsi d'obtenir des analogues « pluvio-thermiques » ;
- un tirage aléatoire est réalisé pour ne retenir qu'un seul analogue « pluvio-thermique » à associer à la situation du jour J ;
- si aucun analogue n'est trouvé, le delta de précipitation admissible est élargi et une correction sur l'ensemble du territoire de l'AOC est appliquée (delta moyen).

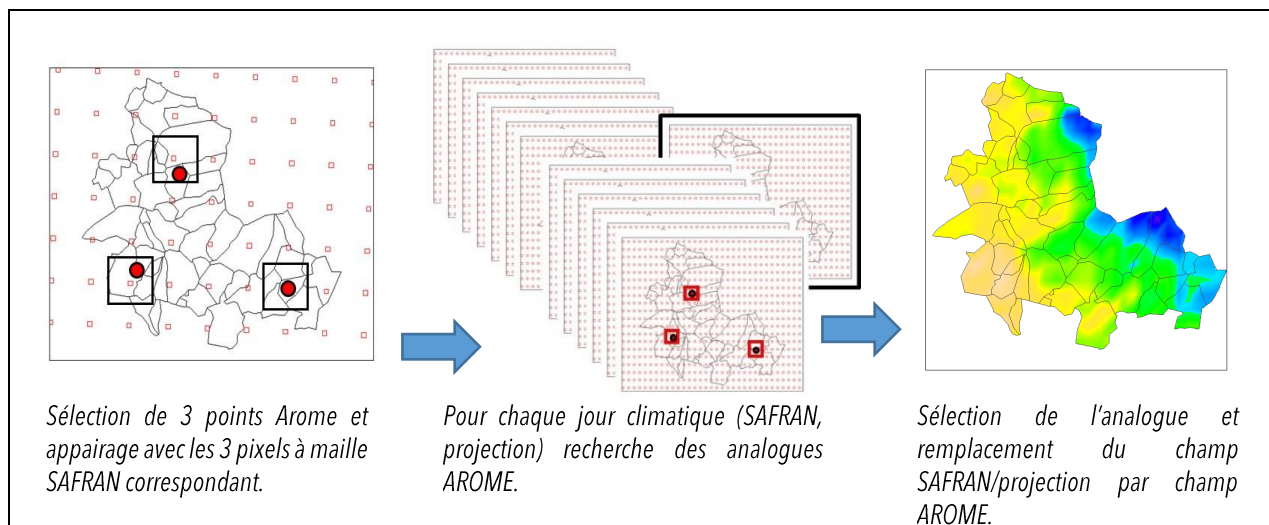


Figure 4. Principe simplifié de la méthode en climat présent

Les différents tests de validation, réalisés sur plusieurs points tirés aléatoirement au sein du territoire, montrent des résultats satisfaisants (Fig. 5 et 6). Il peut exister des biais au pas de temps journalier (surtout sur la pluviométrie), mais qui tendent à s'annuler sur des périodes plus longues (décades et mois), sauf pour les températures sur le point 3 pour lequel on constate une sous-estimation. Ces écarts peuvent s'expliquer par la situation orographique de certains points dont la réponse climatique n'est pas prise en compte par SAFRAN (a contrario de la résolution AROME) pour les températures et en raison des pluies convectives parfois très localisées et intenses.

La cartographie des résultats de la méthode comparée à celle à maille SAFRAN confirme tout son intérêt pour caractériser l'ensemble des situations climatiques, influencées par le relief, les situations météorologiques... (Fig. 7). En outre, la résolution spatiale ainsi obtenue permet de caler l'information climatique en fonction de couches d'informations spatiales issues de Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) : délimitation des parcelles viticoles, altitude, exposition, sols...

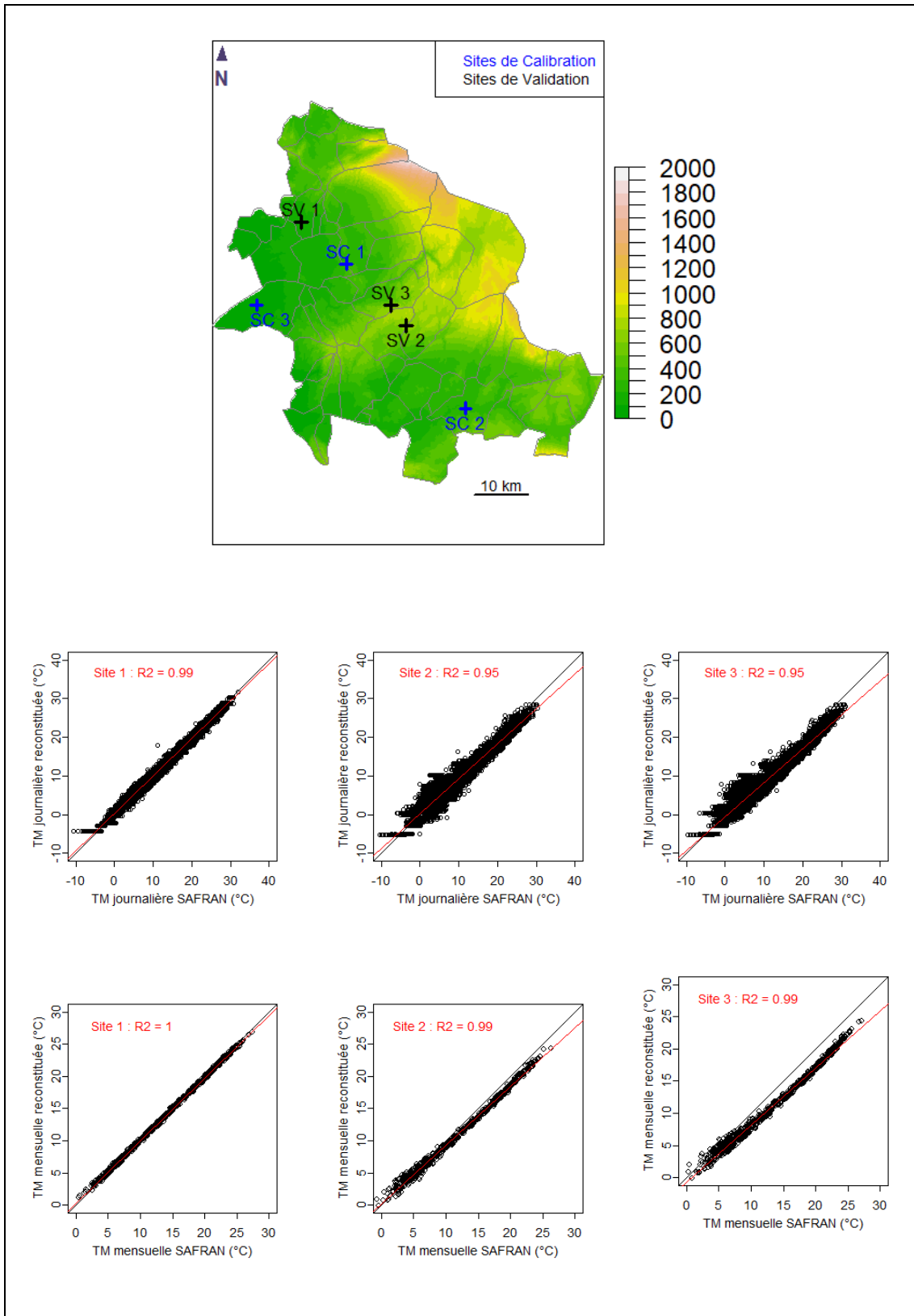


Figure 5. Comparaison sur 3 sites de validation des distributions des températures moyennes SAFRAN et reconstituées, pour les journalières (haut) et mensuelles (bas)

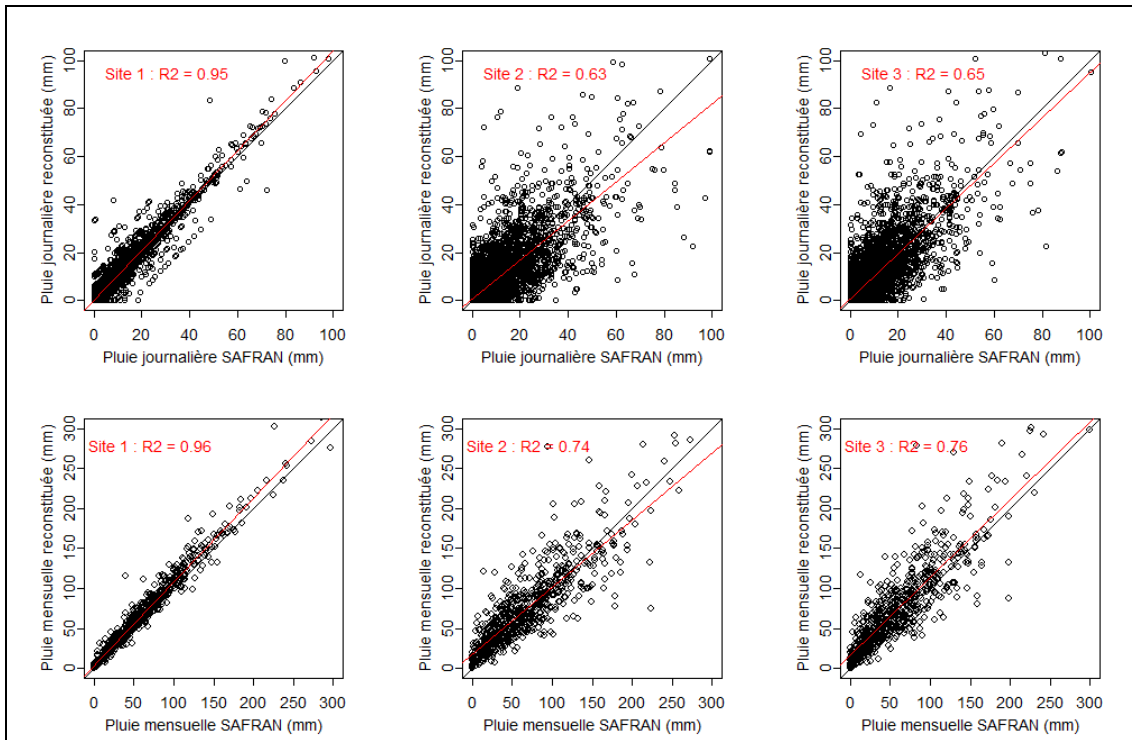


Figure 6. Comparaison sur 3 sites de validation des distributions des pluies SAFRAN et reconstituées, pour les journalières (haut) et mensuelles (bas).

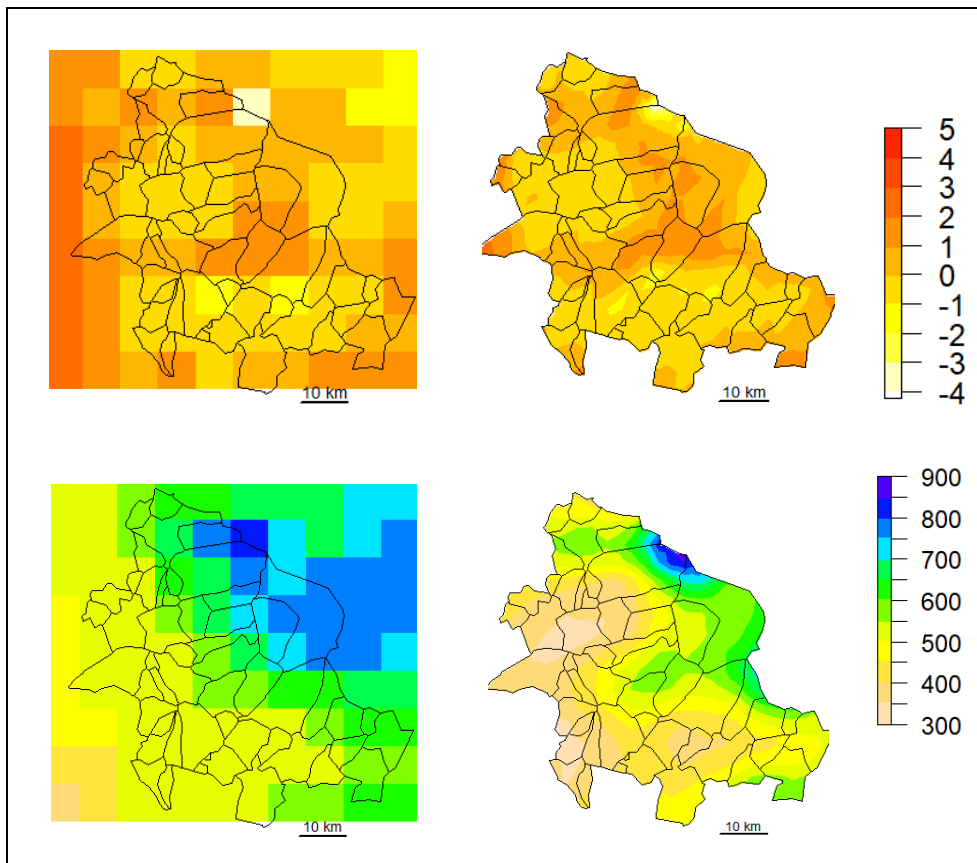


Figure 7. Comparaison des résolutions spatiales obtenues (en haut : température minimale du 11/01/1960, en bas la pluie annuelle en 2004). De gauche à droite : maille SAFRAN, maille issue de la méthode d'analogues + interpolation à 200m.

2.2. Méthodologie pour le climat futur

Les projections du climat à l'horizon du XXème siècle sont issues du modèle régional CNRM-CM5/CNRM-ALADIN53 du Centre de Recherche Météorologique. Toutefois, ces données ne peuvent être exploitées directement pour des études d'impact à l'échelle d'un territoire tel que l'AOC Ventoux en raison de deux problèmes :

- d'une part, la résolution spatiale, de l'ordre de 12km, qui ne permet pas de caractériser finement le climat et les phénomènes à analyser ;
- d'autre part du fait du biais local pouvant exister entre le modèle et les observations. Le modèle va reproduire assez fidèlement le climat « moyen », mais des écarts systématiques peuvent exister, de façon différenciée selon les saisons et les paramètres et les extrêmes peuvent être moins bien évalués.

De ce fait, il est nécessaire de mettre en œuvre une méthode de correction de biais associée à une descente d'échelle statistique. Les variables du modèle seront ainsi corrigées de leur biais et leur distribution statistique identique aux observations, avec un résultat à la maille AROME. Il existe plusieurs techniques de réduction de biais et de régionalisation statistique ; dans le cadre de cette étude, on a développé une méthode inspirée du modèle ARRM (Asynchronous Regional Regression Model) proposé par Stoner et al. (2013). S'appuyant sur une démarche de type Quantile-Mapping et de régression segmentée, on établit, pour chaque variable et saison (hiver : décembre à février, printemps : mars à mai, été : juin à août, automne : septembre à novembre), un diagramme quantile-quantile qui permet d'analyser les fonctions de densité de probabilité (PDF) mais également d'ajuster la méthode de correction grâce au modèle ainsi associé (Déqué 2007). Dans le cas présent, les données journalières du modèle régional CNRM-CM5/CNRM-ALADIN53 du Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM) sont ainsi corrigées sur la période historique (modèle forcé par des concentrations de CO2 connues) par les données à maille SAFRAN, puis la méthode d'analogues présentée précédemment est appliquée (avec des ajustements ponctuels supplémentaires afin de prendre en compte des situations futures non rencontrées par le passé) sur le territoire de l'AOC Ventoux (Fig. 8). Pour intégrer les possibles évolutions du climat au cours du XXIème siècle, il est nécessaire de s'appuyer sur les différents scénarios d'émission de gaz à effet de serre (GES) définis par le GIEC : les RCP (Representative Concentration Pathway). Il s'agit de scénarios de référence de l'évolution du forçage radiatif qui vont en partie piloter les modèles climatiques et ainsi fournir les différents scénarios associés aux projections climatiques (Fig. 9 et tableau 1). La présente étude s'appuie sur deux scénarios, le RCP 8.5 (émissions de GES les plus importantes et provoquant le réchauffement le plus marqué, en moyenne de l'ordre de 4°C) et le RCP 4.5 (réchauffement à l'horizon 2100 de plus de 2°C en moyenne).

La méthodologie utilisée permet donc d'obtenir des séries horaires quotidiennes de précipitations et de températures durant la période 1960 à 2100 sous les 2 scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5

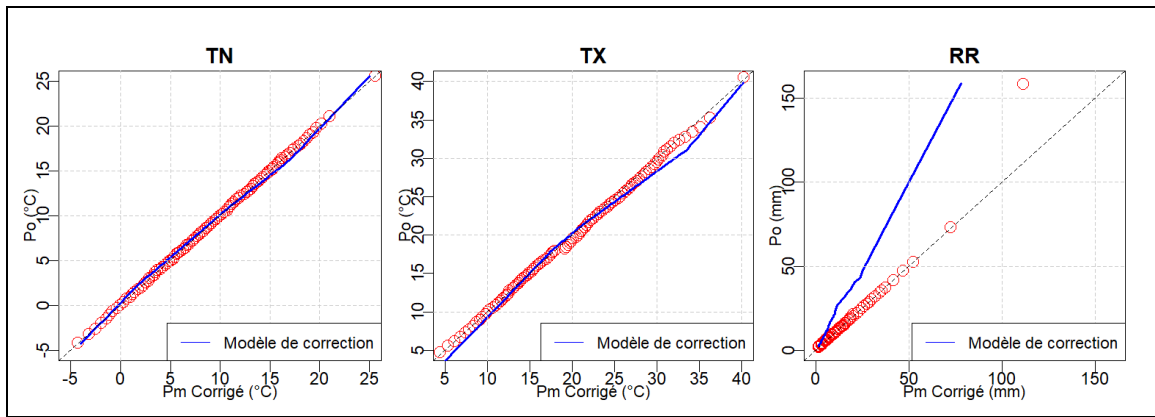


Figure 8. Modèles de réduction de biais (bleu) et résultat (rouge) sur les températures minimales, maximales et la pluie sur l'AOC Ventoux (modèle recomposé sur la période annuelle)

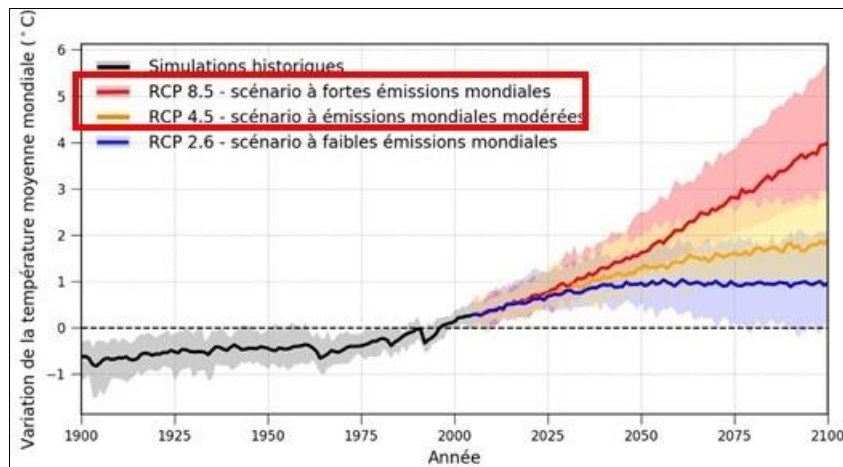


Figure 9. Trajectoires des scénarios de forçage radiatif utilisés

RCP	Forçage radiatif	Concentration (ppm)	Trajectoire
RCP 8.5	>8,5Wm ² en 2100	>1370 eq-CO ₂ en 2100	croissante
RCP 4.5	~4,5Wm ² au niveau de stabilisation après 2100	~660 eq-CO ₂ au niveau de stabilisation après 2100	Stabilisation sans dépassement

Tableau 1. Caractéristiques des scénarios de forçage radiatif utilisés



A retenir de la méthodologie

Un développement méthodologique innovant a été conçu spécialement pour cette étude afin de fournir des champs climatiques actuels et futurs dans l'AOC Ventoux à une résolution spatiale de l'ordre du kilomètre et à pas de temps horaire sur la période 1960-2020. S'appuyant sur un large panel de sources climatiques en entrée (réanalyse SAFRAN et modèle numérique du temps AROME de Météo-France, projections climatiques futures issues des simulations du CNRM), d'un modèle combiné de réduction de biais et de descente d'échelle (approche nouvelle associant méthode Quantile-Mapping et exploration par analogues), les résultats obtenus permettent d'appréhender le climat de l'AOC Ventoux avec une meilleure précision. Les champs spatiaux produits présentent l'avantage d'être des épisodes avec une structure réelle (avec des ajustements linéaires pour les événements rares), qui rendent compte de la variabilité des situations rencontrées et des effets de l'environnement physique (essentiellement le relief) sur les paramètres climatiques.

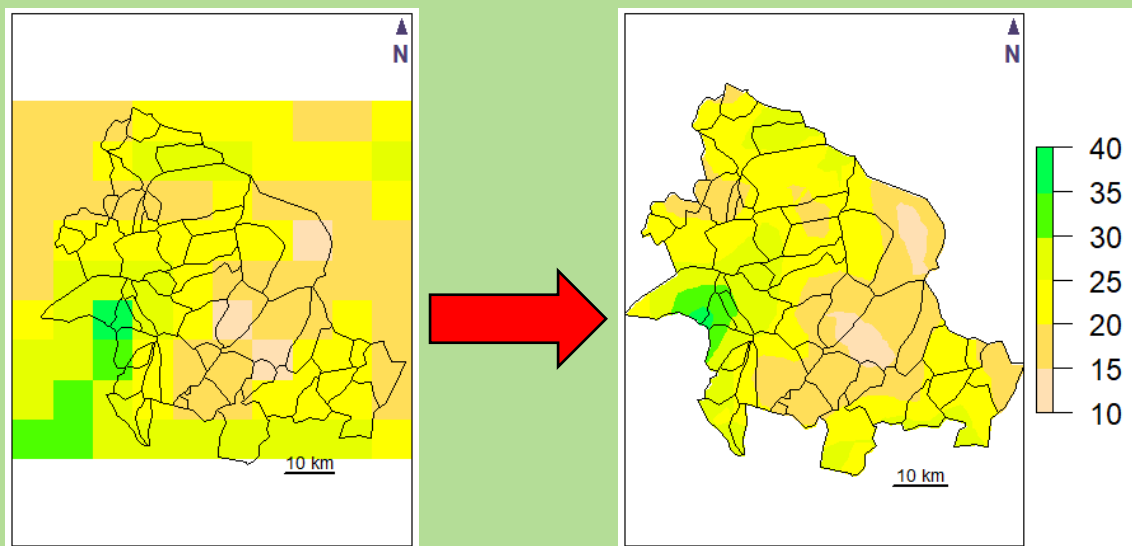


Illustration de la pluie du 12/11/1960 à la résolution SAFRAN et après traitement

Chapitre 3. L'agro-climat actuel

3.1. Indicateurs climatiques et agroclimatiques

Pour analyser les conditions climatiques liées aux spécificités de la viticulture au sein de l'AOC Ventoux, environ 60 indicateurs ont été considérés (Annexe 1). Ils sont climatiques, agro-climatiques ou liés à la phénologie pour représenter les situations climatiques liées aux différentes étapes du développement de la vigne. Ils ne sont pas tous présentés dans ce rapport mais ont été cartographiés et sont mis à disposition dans des fichiers au format tif (Annexe 2).

De nombreuses études montrent que le climat s'est déjà fortement réchauffé au cours des 20 dernières années. Les dernières analyses de Météo-France indiquent qu'en France, la hausse des températures a atteint plus de 1 °C depuis 1900 et s'est accélérée ces dernières décennies.

C'est pourquoi le climat actuel est appréhendé à partir de la normale climatologique 1991-2020 (moyenne sur les 30 ans) et de sa différence avec la normale précédente (1961-1990) afin d'évaluer une évolution potentielle (dans ce cas l'échelle est identique pour toutes les saisons afin de visualiser la variabilité de l'intensité du changement). La courbe de niveau de l'altitude 500m est indiquée dans les cartes afin de mieux visualiser la localisation actuelle de la production. En outre, les communes de Sault et Monieux ont été ajoutées à titre exploratoire.

3.2. La pluie

La cartographie de la pluie et de ses distributions saisonnières permet déjà de dégager quelques éléments (Fig. 10 et 11) :

- la pluie annuelle s'organise selon un gradient Sud-Ouest/Nord-Est qui correspond assez bien à l'évolution altitudinale. Le bassin de production (situé en dessous de 500m d'altitude) reçoit en moyenne moins de 500mm. A l'échelle annuelle, la période 1991-2020 a vu une augmentation globale des précipitations, de l'ordre de 50 à 80mm et plus de 100mm sur les altitudes les plus élevées ;
- ce tableau général doit être fortement nuancé d'une part en raison d'un signal qui n'est pas toujours statistiquement représentatif et d'autre part du fait de caractéristiques saisonnières parfois inverses. On constate une « méditerranéisation » des pluies, avec une réduction des précipitations durant l'été par rapport à la période précédente, avec un déficit de l'ordre de 30mm cumulés sur les mois de juin à août sur l'ensemble de l'AOC (seule la pointe Ouest a un caractère excédentaire). Ce déficit commence même dès le printemps à certains endroits. Durant l'été, il tombe désormais en moyenne moins de 80mm de pluie. L'évolution positive de la pluie annuelle est issue d'une augmentation durant les mois d'automne et d'hiver, à une période où l'alimentation de la plante n'est pas un problème ;
- le régime des précipitations a également évolué au cours des 60 dernières années. Au regard de la durée maximale avec moins de 10mm (indicateur SEQ_RR10), même si elle a eu tendance à diminuer, la zone de production peut connaître en moyenne des événements de plus de 60 jours au nord et de 50 jours autour de la plaine du Calavon, ce qui est relativement important ;
- le nombre de jours de pluie (pluie supérieure à 1mm) présente également des caractéristiques saisonnières différenciées. Si la tendance montre une légère augmentation au printemps, la situation estivale est marquée par une diminution significative sur l'ensemble du territoire qui renforce le caractère méditerranéen du régime des pluies. Cette diminution de la disponibilité en eau à cette période pourra à terme poser problème.

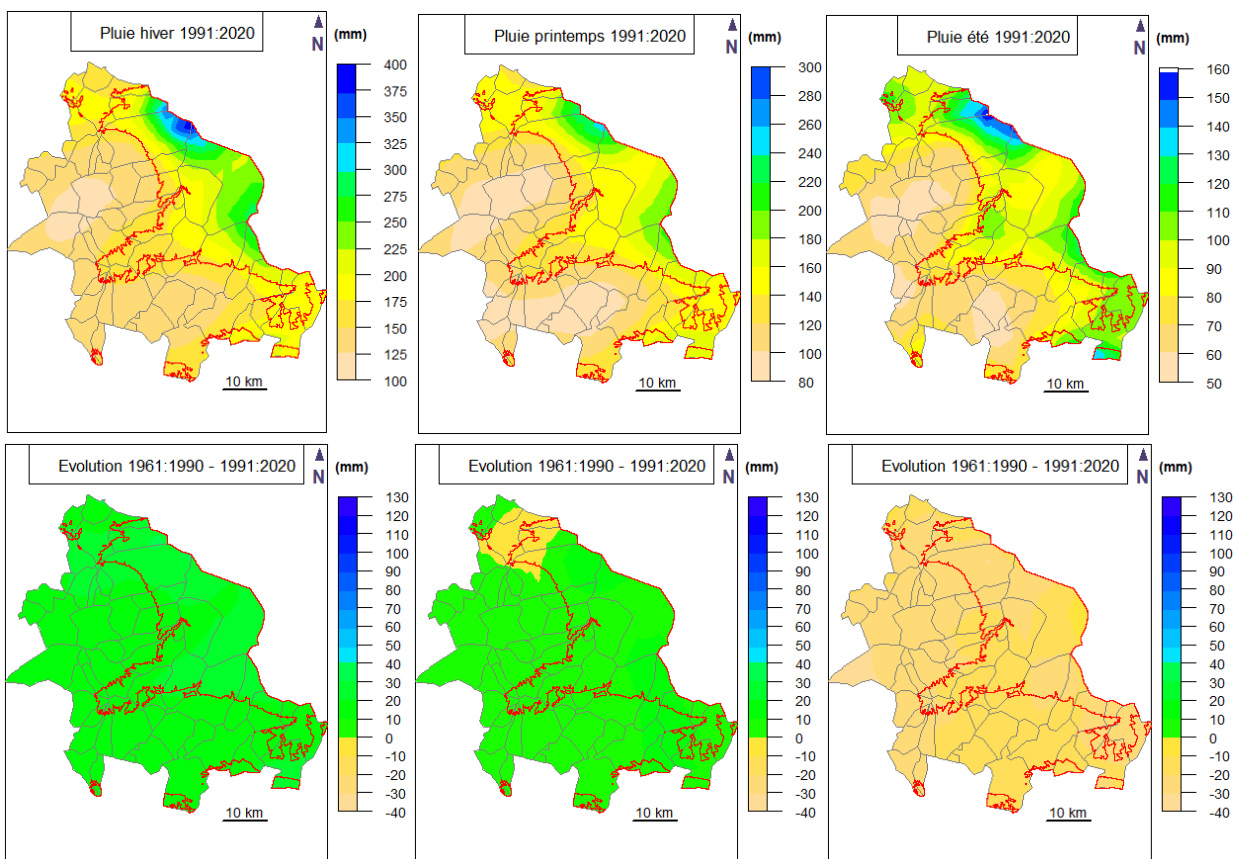
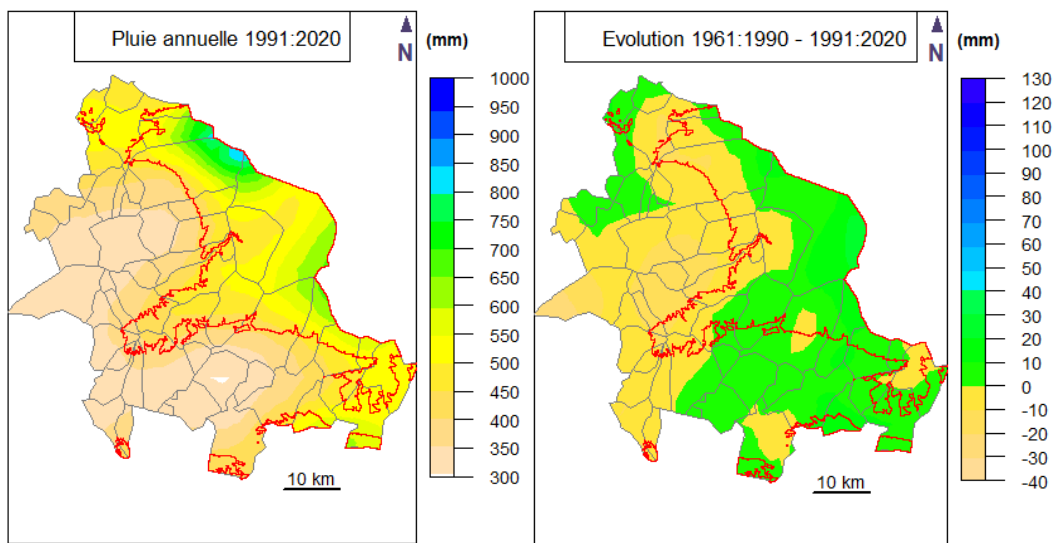


Figure 10. Cartographie de la pluie annuelle et saisonnière et son évolution actuelle. L'évolution se traduit par la différence (1991-2020) - (1961-1990). La courbe rouge représente la courbe d'altitude 500m

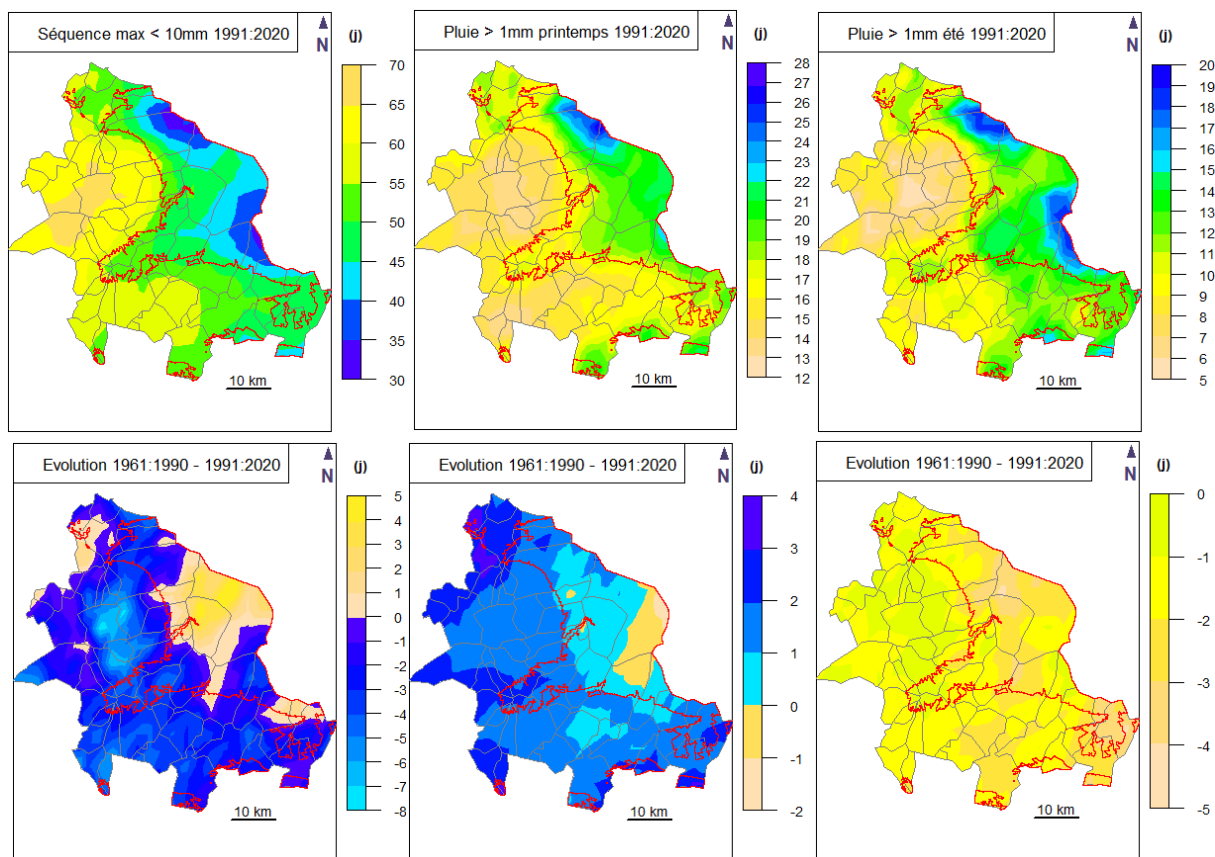


Figure 11. Indicateurs de pluie et leur évolution durant la période actuelle sur l'AOC Ventoux. L'évolution se traduit par la différence (1991:2020) – (1961:1990). La courbe rouge représente la courbe d'altitude 500m.

3.3. Les températures moyennes

Elles présentent une variabilité spatiale qui reproduit les courbes de niveau (Fig. 12) :

- l'amplitude spatiale (différence entre la valeur minimale et maximale dans l'espace considéré) des températures est d'environ 10°C, plus importante en été qu'en hiver. En dessous de 500m, zone privilégiée de la viticulture, elle est de l'ordre de 4°C, ce qui préfigure de situations agroclimatiques variées. Les cartes annuelles et saisonnières ont une distribution assez semblable avec un delta quasi homogène spatialement ;
- le réchauffement entre les deux périodes est de l'ordre de 1°C en moyenne annuelle mais est beaucoup plus marqué durant la saison estivale. Ces résultats sont en cohérence avec ceux établis par le GREC PACA qui évalue à 0.2°C par décennie le réchauffement des températures moyennes dans le Sud-Est et jusqu'à 0.5°C par décennie lors de la période estivale (CREG PACA, 2016) ;
- le réchauffement est spatialement beaucoup plus intense durant l'hiver sur l'ensemble du territoire durant l'hiver et semble plus marqué vers 450m d'altitude au printemps et entre 500-600m en été.

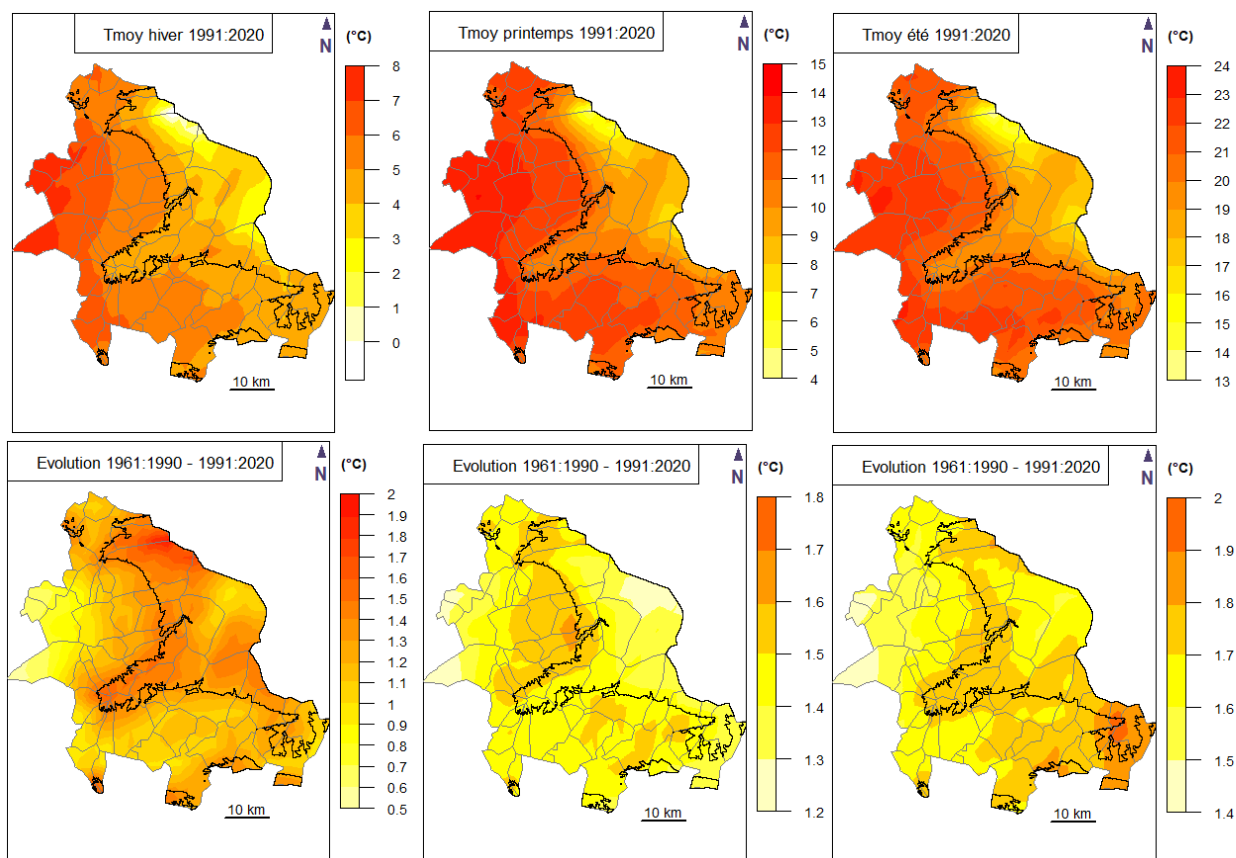
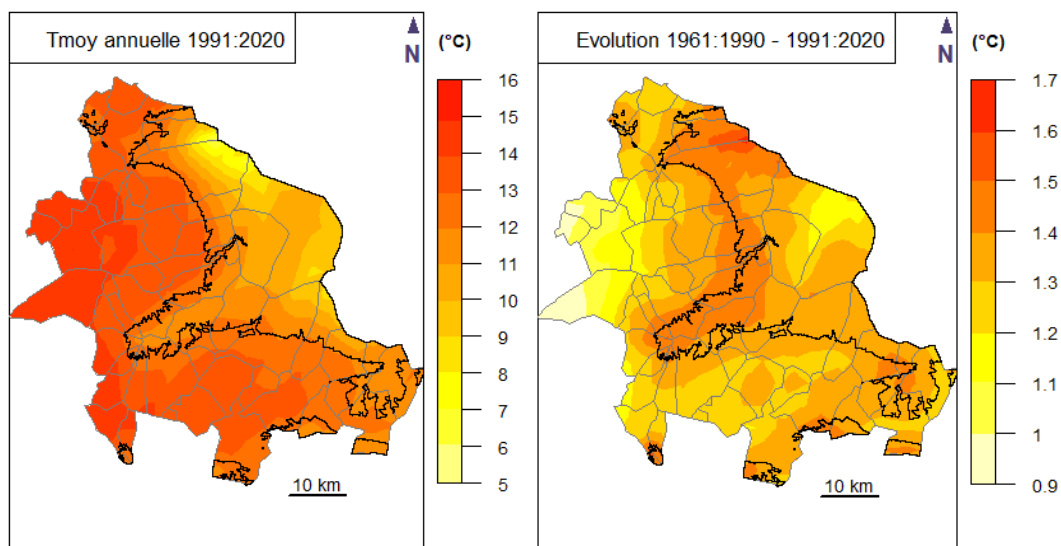


Figure 12. Cartographie de la température moyenne et son évolution durant la période actuelle sur l'AOC Ventoux. L'évolution se traduit par la différence (1991-2020)–(1961-1990). La courbe noire représente la courbe d'altitude 500 m

3.4. Les températures maximales

Les températures maximales présentent au sein de l'AOC un fort gradient spatial qui suit, comme pour les températures moyennes, les courbes de niveau (Fig. 13 et 14) :

- au pas de temps annuel, il s'étend sur plus de 13°C, mais se resserre à 10°C en hiver pour se dilater à presque 15°C en été ;

- les températures maximales ont déjà connu une augmentation depuis 1960, en moyenne de l'ordre de 1.3 °C (plus importante que les températures moyennes) avec un réchauffement encore plus prononcé durant l'été (+ 2°C quasiment) sous l'effet notamment des canicules de 2003, 2019 et 2020.
- La plaine est la région la plus impactée durant l'été, mais le phénomène est inverse en hiver, ce qui pourrait être problématique à terme pour la viticulture dans cette zone ;
- le nombre de jours avec des températures extrêmes, pouvant affecter les cultures, est également en augmentation forte depuis ces 60 dernières années, avec une croissance très significative dans l'AOC pour les températures maximales supérieures à 30°C (leur nombre a été multiplié par deux). La séquence maximale de jours consécutifs avec Tmax supérieure à 30°C est d'environ trois semaines sur l'appellation et n'a pas subi d'évolution significative.

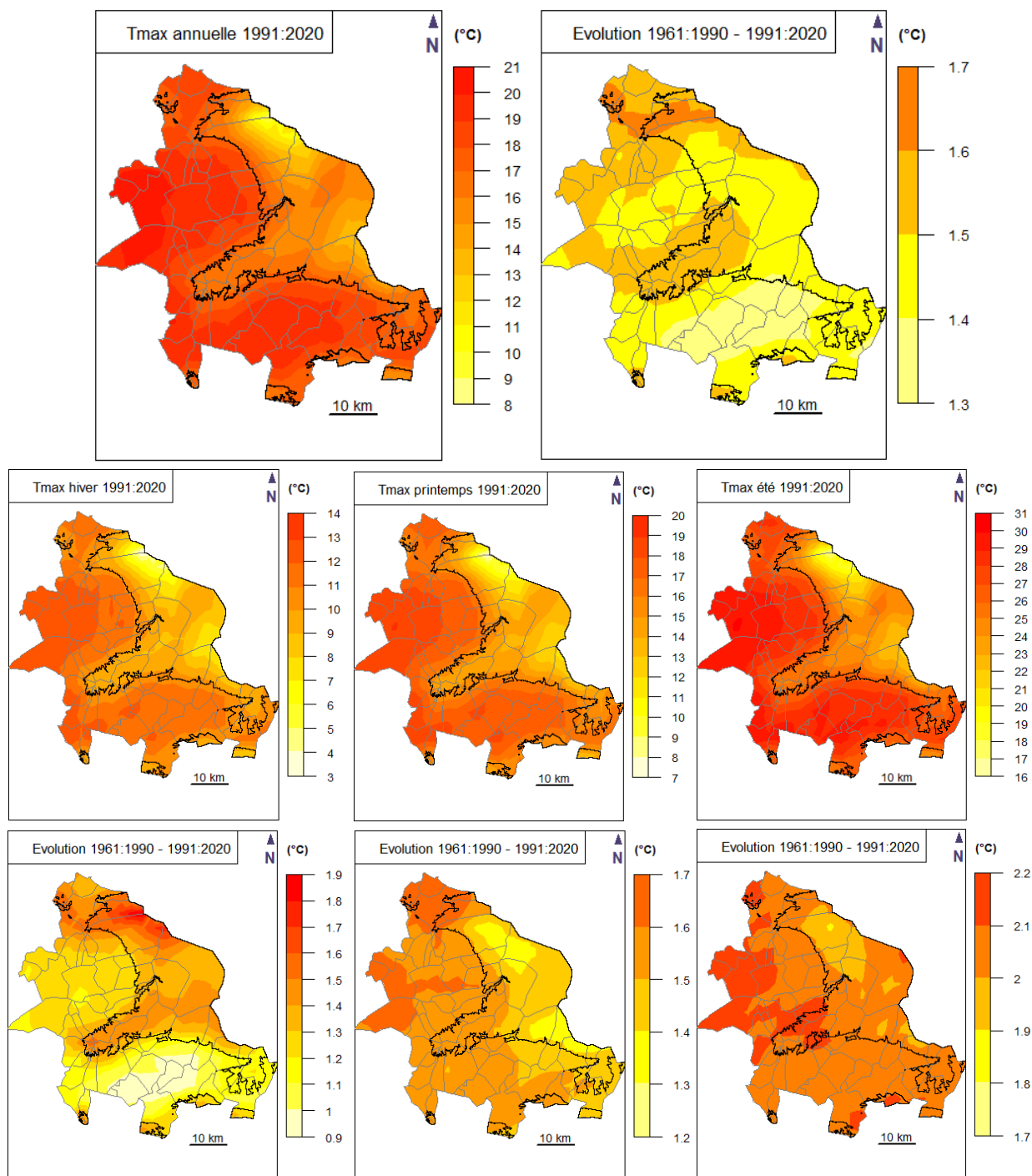


Figure 13. Cartographie de la température maximale et son évolution actuelle. L'évolution se traduit par la différence (1991:2020) – (1961:1990). La courbe noire représente la courbe d'altitude 500m

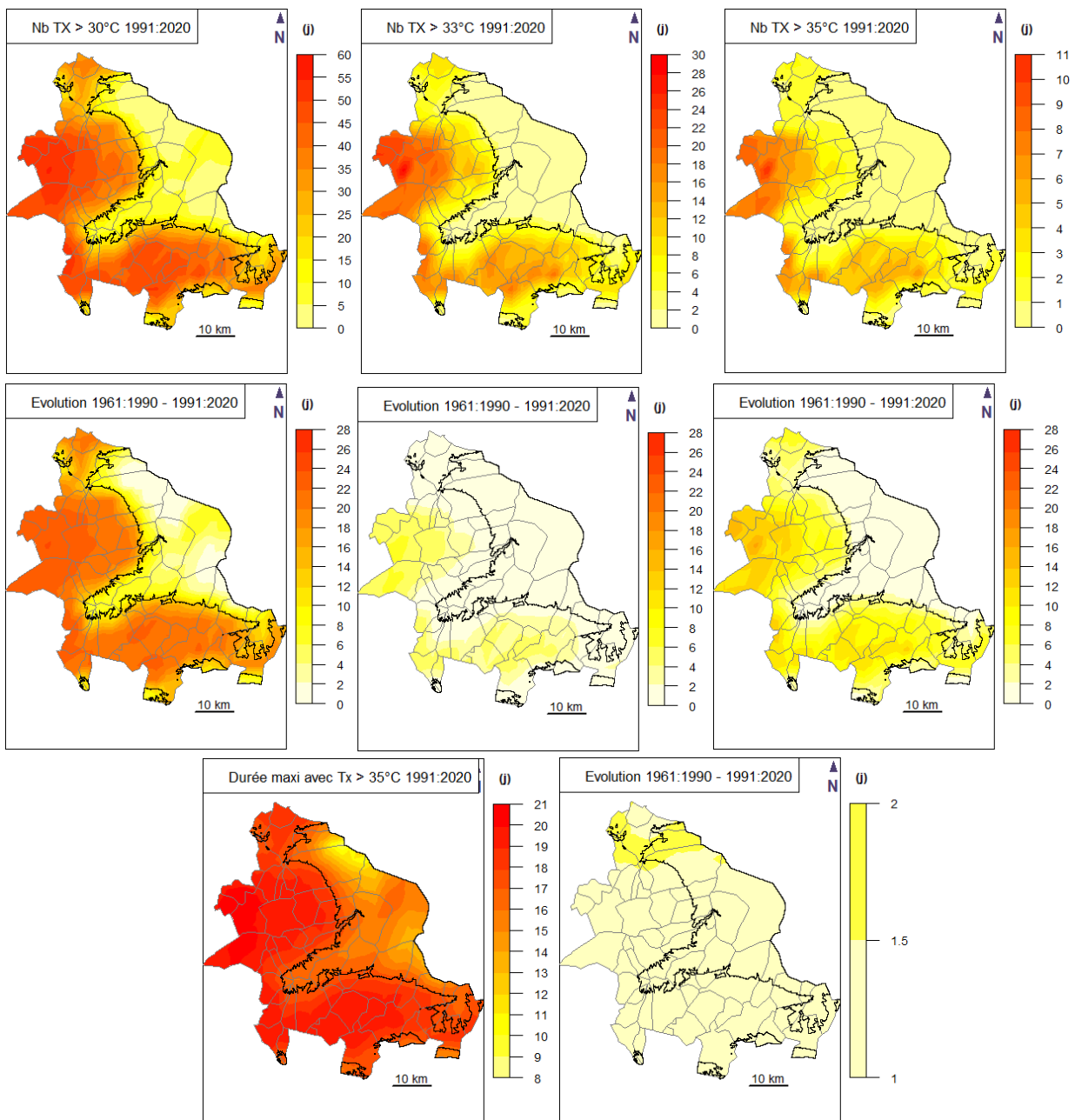


Figure 14. Indicateurs de la température maximale et leur évolution durant la période actuelle sur l'AOC Ventoux. L'évolution se traduit par la différence $(1991-2020) - (1961-1990)$. La courbe noire représente la courbe d'altitude 500m.

3.5. Les températures minimales

Les schémas entrevus pour les températures moyennes et maximales se retrouvent aussi pour les températures minimales (Fig. 15) :

- le gradient est le moins élevé des températures (8°C en moyenne spatiale annuelle) ;
- le gradient est plus faible durant l'hiver. En dessous de 500m la température minimale moyenne reste toujours positive, et décroît faiblement avec l'altitude ce qui pourrait être une opportunité pour une migration/adaptation sur ces territoires ;
- le réchauffement entre les deux périodes reste fortement significatif avec une intensité quelque peu plus marquée durant l'été, en cohérence avec les observations relevées en PACA (CREG PACA, 2016). Le fait que l'augmentation affecte plus les températures minimales que maximales confirme également ce qui est observé au niveau national ;

- en terme de gel, le territoire occupé par la viticulture est globalement assez protégé, avec par exemple un nombre de jour avec au moins 3 heures à -2°C qui reste en moyenne inférieur à 10 jour durant l'hiver et le printemps (Fig. 16). Le risque a tendance à diminuer par rapport à la période 1961-1990, sauf a priori sur la partie occidentale de l'AOC.

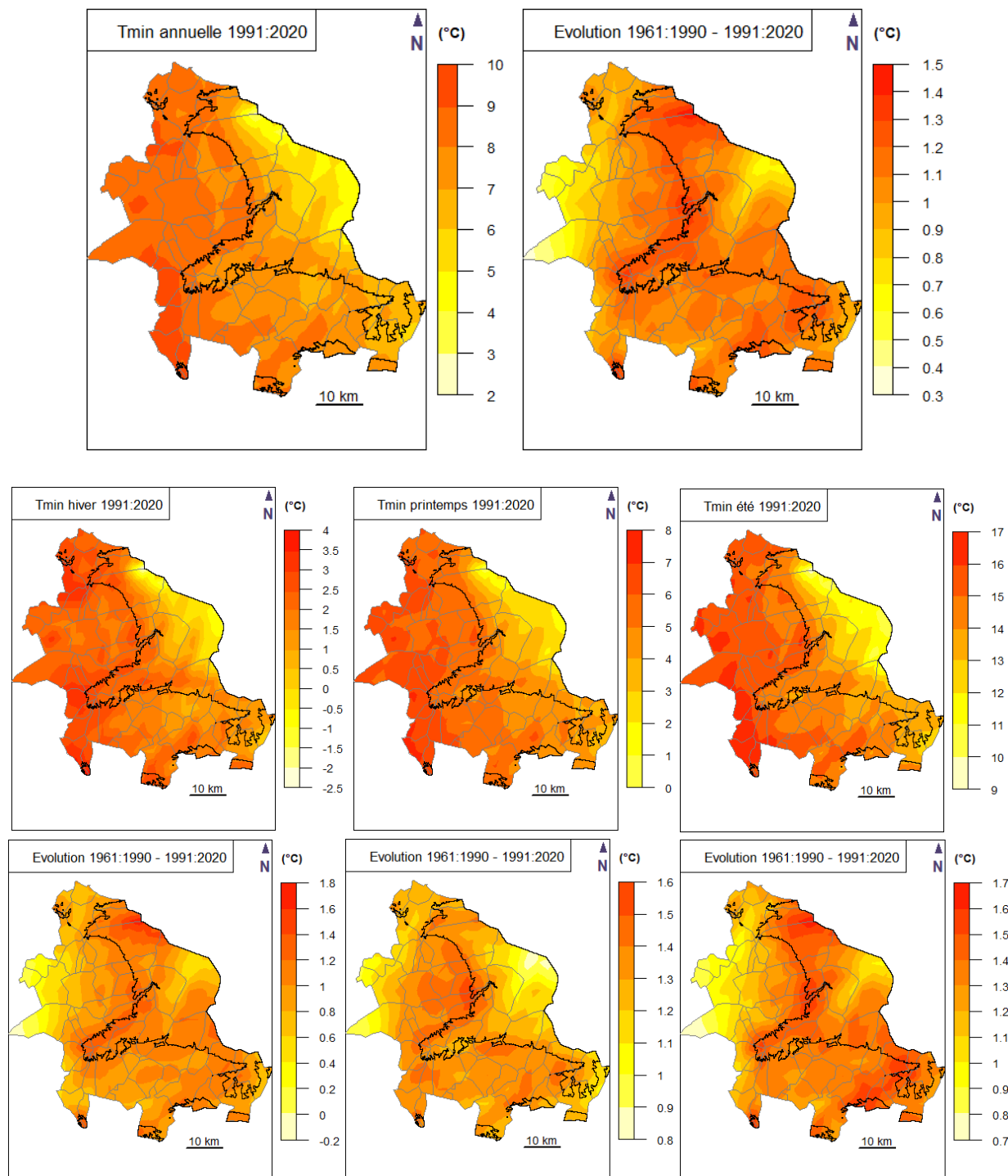


Figure 15. Cartographie de la température minimale et son évolution durant la période actuelle sur l'AOC Ventoux. L'évolution se traduit par la différence $(1991-2020) - (1961-1990)$. La courbe noire représente la courbe d'altitude 500m

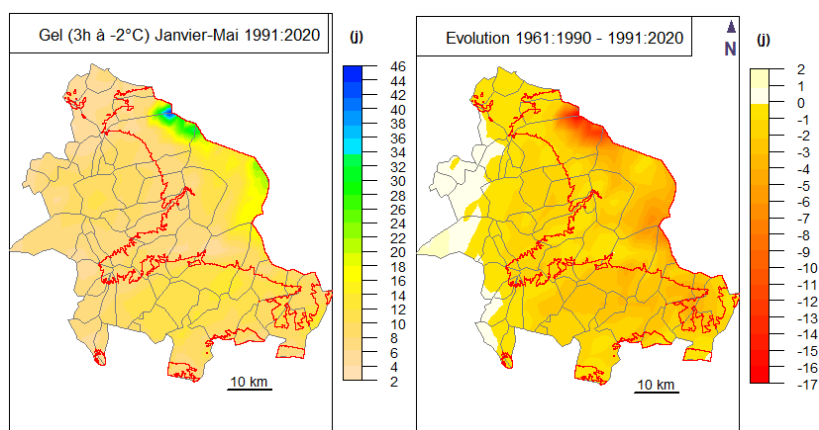


Figure 16. Cartographie du gel et son évolution durant la période actuelle sur l'AOC Ventoux. L'évolution se traduit par la différence (1991-2020) – (1961-1990). La courbe noire représente la courbe d'altitude 500m.

3.6. Zonage agro-climatique

L'analyse précédente a permis d'entrevoir une première caractérisation du climat et dégager des ensembles thermiques et pluviométriques homogènes à l'intérieur du territoire de l'AOC. Il est toutefois intéressant d'aller plus loin en réalisant un zonage climatique combiné afin de mettre en évidence des sous-ensembles climatiques mais également de synthétiser l'information permettant de mieux appréhender l'évolution temporelle du climat. Pour ce faire, une classification des 5 indicateurs climatiques représentatifs de l'évolution de la vigne (précipitations et température moyenne entre janvier et août, température minimale de janvier à avril, température maximale de juin à septembre et amplitude thermique entre juillet et septembre) en 5 classes a été réalisée de façon individualisée puis combinée (Fig. 17). Le zonage final montre encore l'influence de la topographie avec une première zone correspondant aux altitudes inférieures à 250m, une seconde comprise entre 250 et 500m et la troisième jusqu'à 1000m. Les deux premières zones correspondent au territoire aujourd'hui concerné par la vigne et la troisième à celle qui pourrait être envisagée dans le futur avec le réchauffement climatique. Les deux dernières classes du zonage sont à des altitudes élevées et sur des environnements inadaptés à la viticulture.

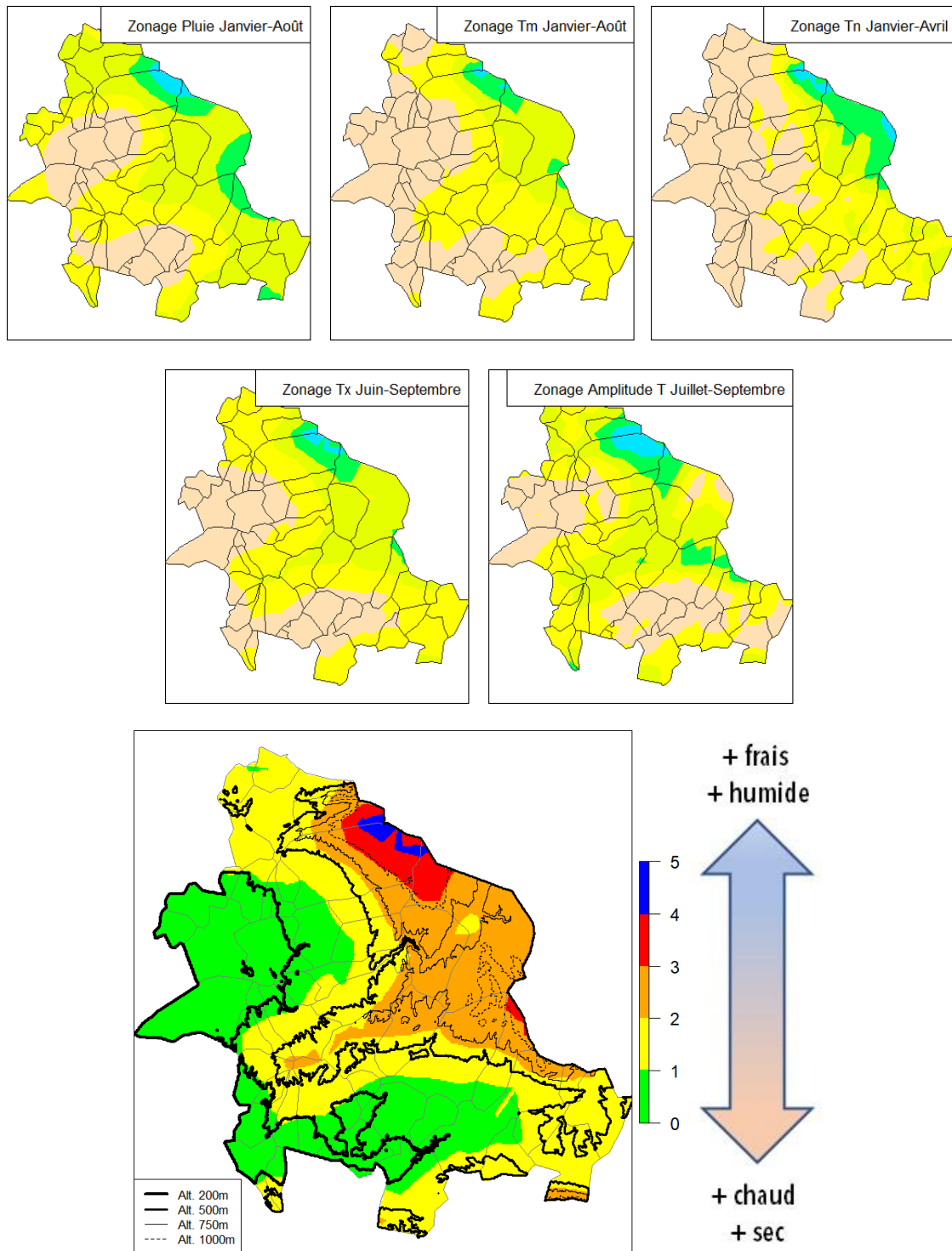


Figure 17. Zonages par paramètre climatique et synthétique en climat actuel sur l'AOC Ventoux

Compte tenu de ces résultats, la même opération a été conduite en se concentrant uniquement sur les 2 premières zones dégagées précédemment et qui couvrent le territoire de production actuel (zones de couleur verte et jaune). En réalisant une segmentation en 4 classes uniquement, on retrouve encore une distribution zonale fortement dessinée par les courbes de niveau du relief (Fig.18)

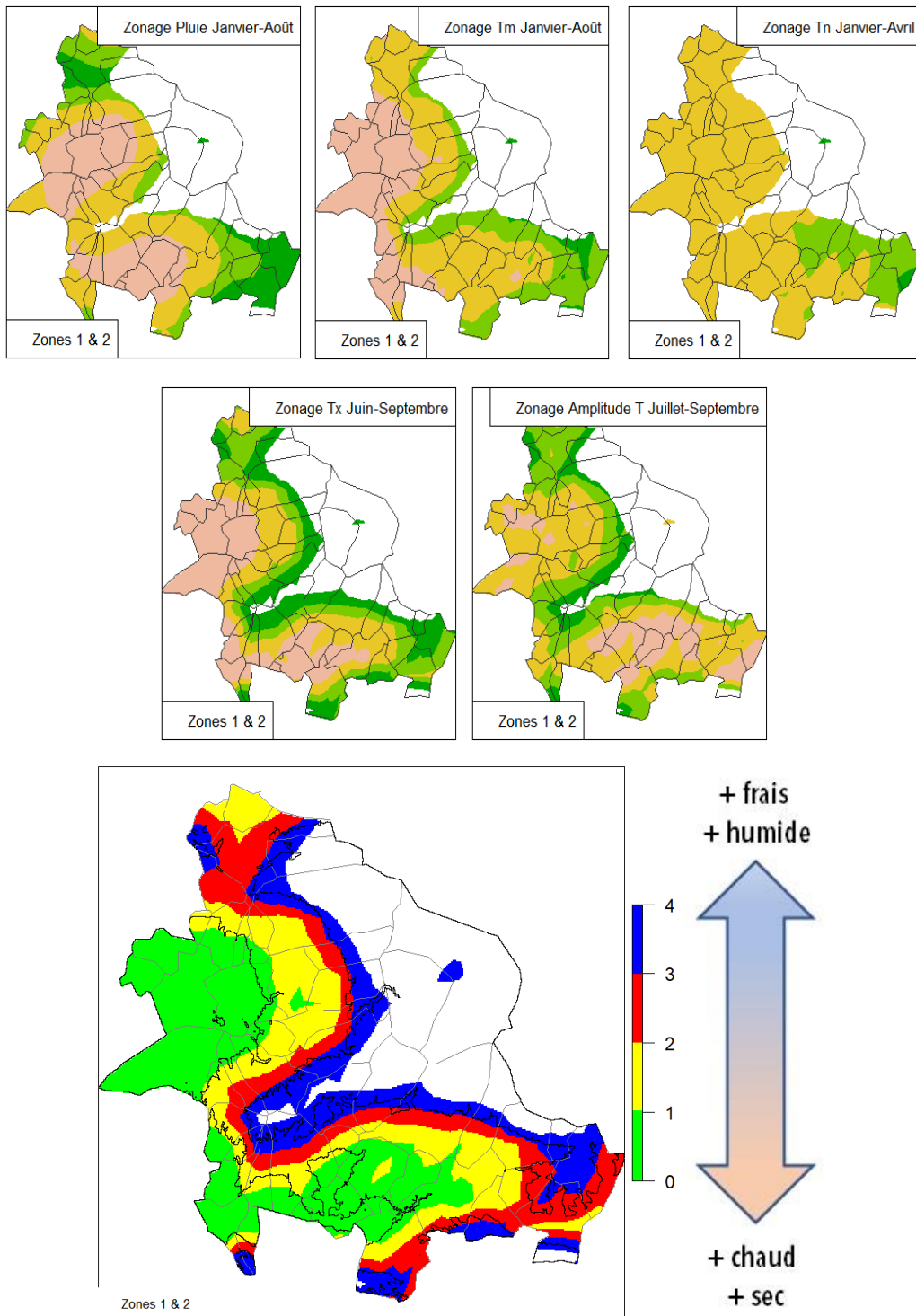


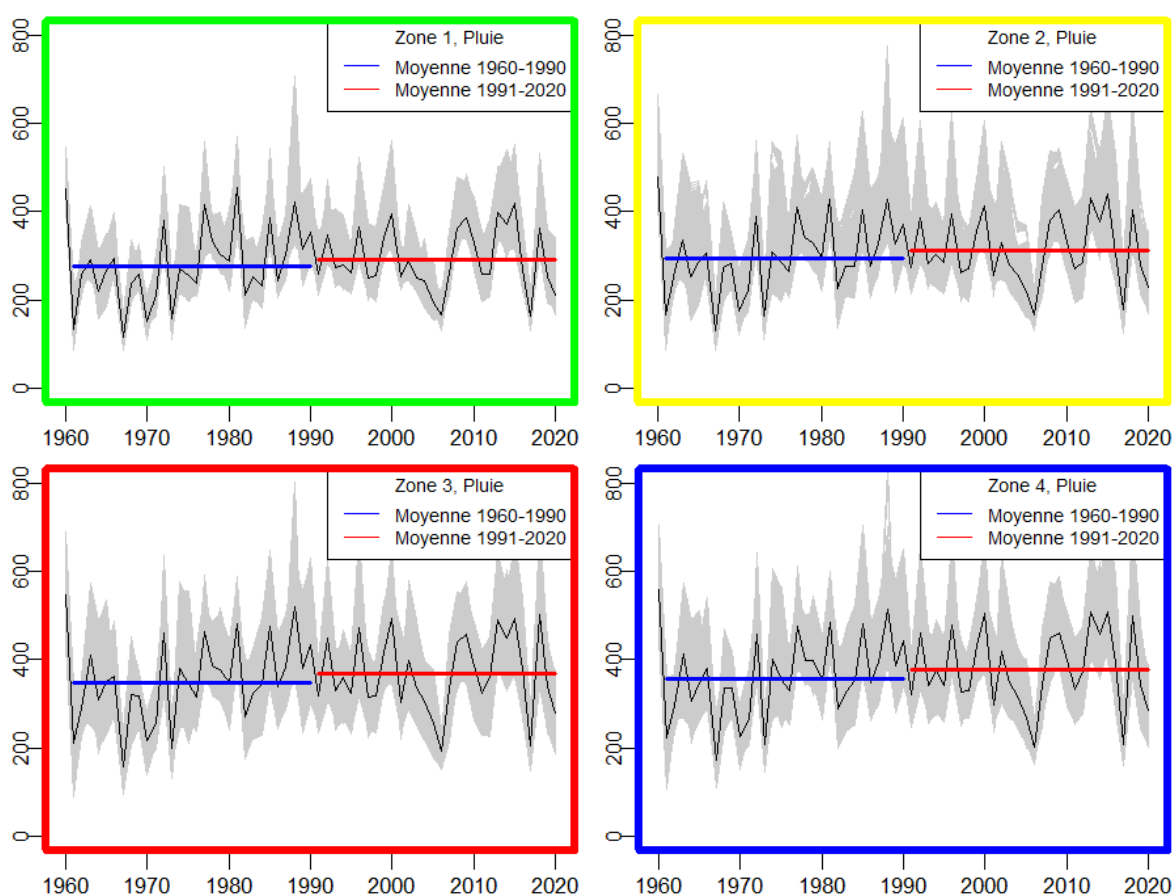
Figure 18. Zonages par paramètre climatique et synthétique en climat actuel sur les deux premières zones de l'AOC Ventoux définies précédemment (inférieures à 500m d'altitude)

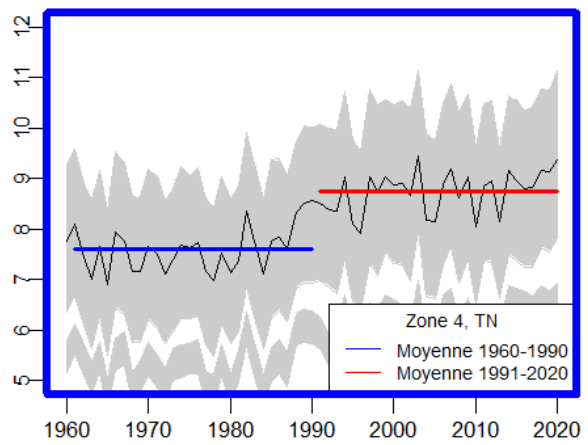
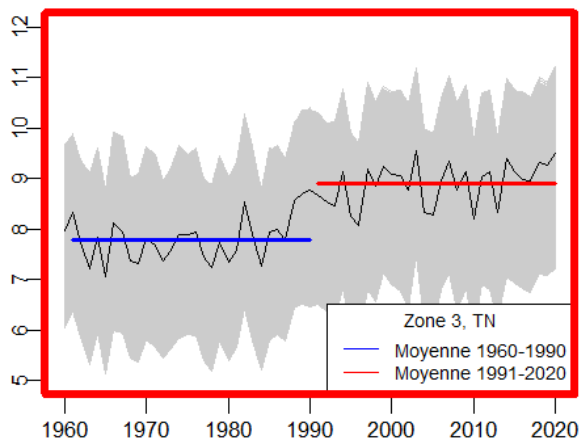
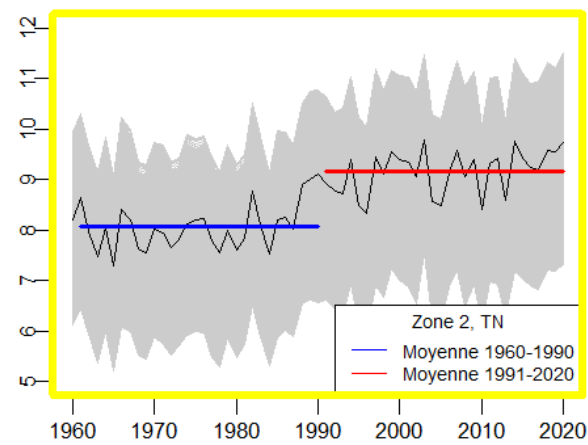
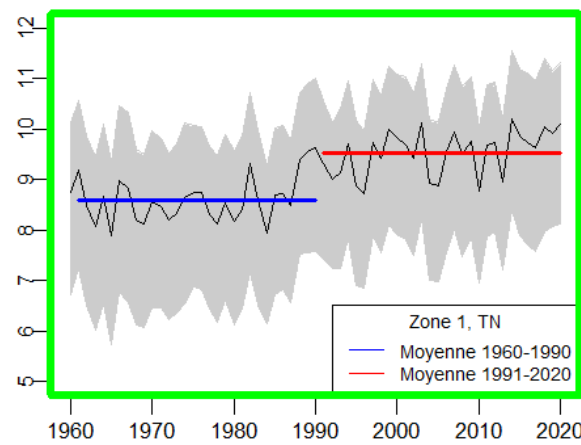
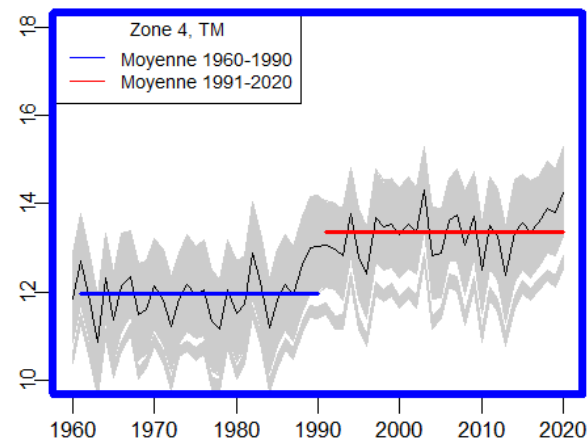
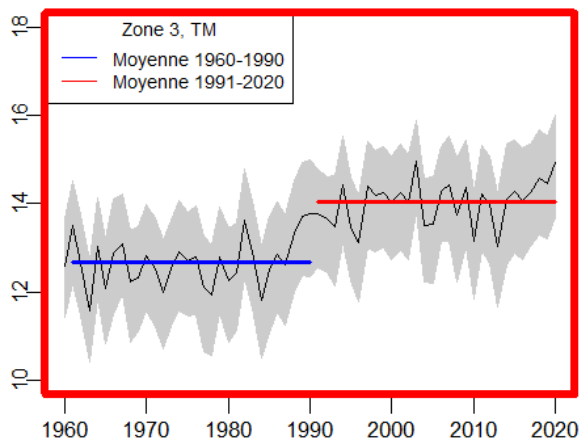
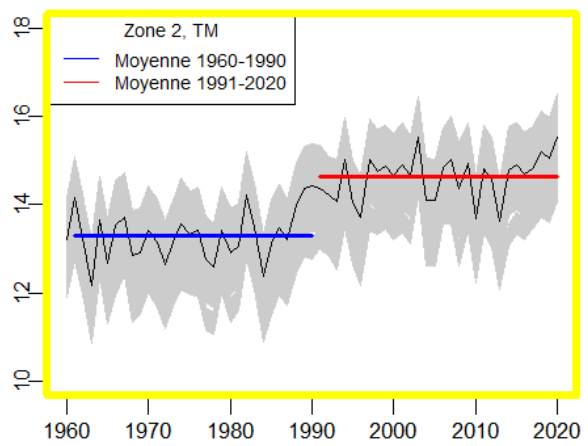
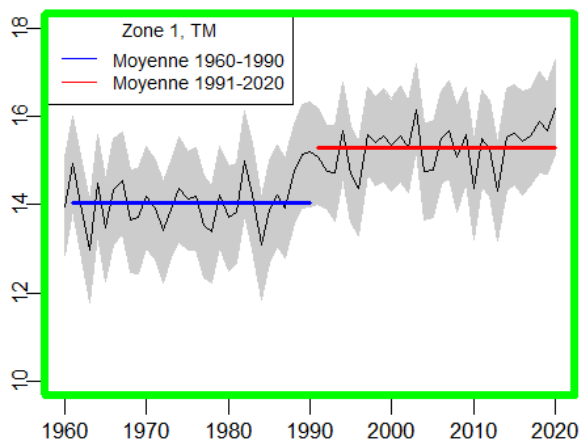
Ce zonage permet également de caractériser l'évolution temporelle du climat. En individualisant les données quotidiennes climatiques sur la période 1960-2020 dans chacune des 4 zones, il est possible de préciser la gamme de climat associée et analyser leur cinétique, tendance et variabilité temporelle (Fig.19).

Concernant la pluie, on constate une très légère tendance à l'augmentation sur la saison de janvier à août entre les deux périodes de 30 années, les surplus hivernaux et printaniers arrivant à compenser les déficits estivaux. Les 4 zones réagissent de manière uniforme et se caractérisent naturellement par un gradient marqué. La variabilité à l'intérieur de chaque zone (surface grisée sur les graphes) est plus faible dans la plaine que sur les autres secteurs.

Le réchauffement significatif mis en évidence avec les cartes se retrouve sur les graphes de températures avec une rupture nette à la fin de la décennie 1990. Les zonages thermiques sont bien individualisés et semblent surtout répondre à la température minimale (variabilité intra-zone beaucoup plus réduite) au contraire de la température maximale. L'année 2003 reste exceptionnelle mais les conditions climatiques actuelles, en particulier avec les canicules récentes de 2019 et 2020 tendent à s'en rapprocher.

On remarque sur la zone 4 une discontinuité spatiale de la gamme annuelle pour les températures (la surface grisée correspond aux courbes de tous les pixels présents dans la zone) qui signifie que quelques points sont plus froids et à la marge de la zone ; d'un point de vue purement thermique, ils auraient pu en être exclus.





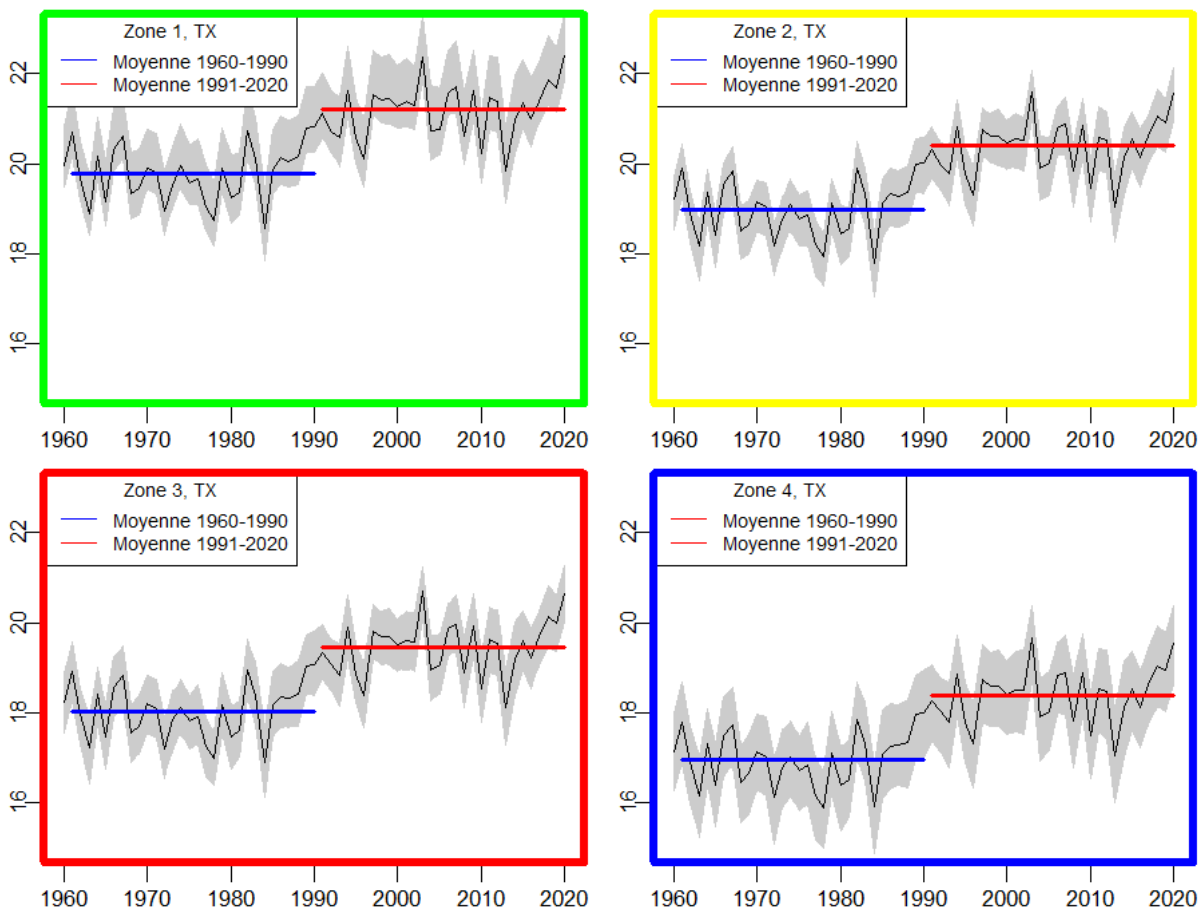


Figure 19. Evolution annuelle des indicateurs climatiques dans chacune des zones

Il ressort de ce premier aperçu climatique que l'AOC Ventoux se caractérise par un ensemble de situations variées, caractérisées par d'importants gradients thermiques et pluviométriques induits par le relief et son organisation. D'autres indicateurs climatiques et agroclimatiques sont présentés en annexe I.

3.7. La phénologie

Les résultats de Marjou et Garcia de Cortazar-Atauri (2019) avaient bien montré une avancée significative des différents stades de développement de la vigne au cours des 50 dernières années au sein de l'AOC Ventoux (Fig. 20). Une nouvelle analyse a été entreprise en ciblant 3 cépages représentatifs de l'AOC et correspondant à différentes précocités : grenache, syrah et mourvèdre. Les dates de développement sont estimées par un modèle empirique simple basé sur des sommes de température (Parker et al., 2011) qui varient selon les cépages (Tab. 2).

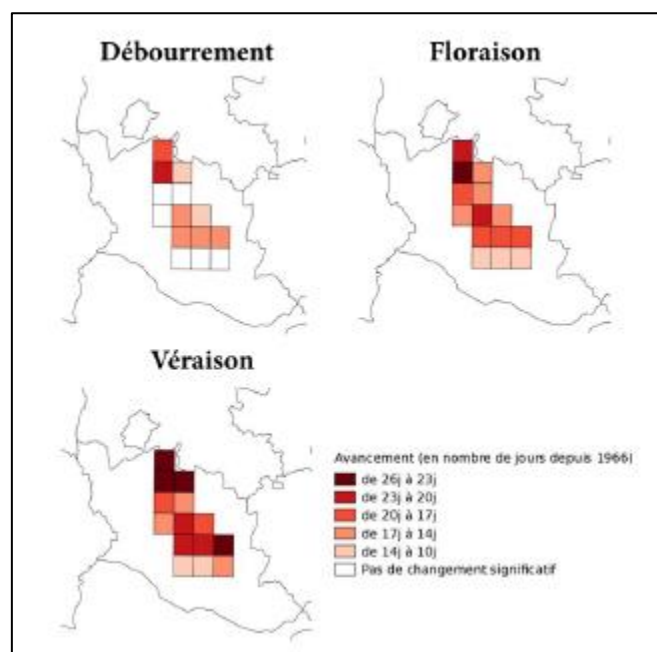


Figure 20. Avancée des stades phénologiques de la vigne en climat actuel dans l'AOC Ventoux (Marjou et Garcia de Cortazar-Atauri, 2019)

Phase	Grenache	Syrah	Mourvèdre
Débourrement (base 5 depuis 01/01)	321.3 °C	256.3 °C	350.0 °C
Floraison (base 0 depuis J60)	1277 °C	1279 °C	1354 °C
Véraison (base 0 depuis J60)	2761 °C	2601 °C	2706 °C

Tableau 2. Sommes de température des stades phénologiques des cépages étudiés (Garcia de Cortazar-Atauri, 2009 pour le débourrement et Parker et al., 2011 pour la floraison et la véraison)

Le modèle reposant sur des sommes de température, la structure spatiale s'apparente à celle des températures moyennes vues précédemment. Toute l'AOC a été cartographiée, mais cela n'a pas de sens actuellement au-delà de 900 mètres d'altitude (les résultats sont représentés mais on atteindra toujours la somme de température, même si la culture n'est pas réalisable par ailleurs). Dans tous les cas, la variabilité est plus réduite pour les zones de production actuelle alors que les gradients de précocité sont importants au-delà de 500m.

On observe ainsi une précocité de l'ordre de 7 à 14 jours pour le débourrement et la floraison et de 12 jours à 20 jours pour la véraison dans la zone cultivée (Fig. 21 à 23). Ces résultats sont en cohérence avec ceux présentés précédemment sauf pour le débourrement pour lequel des zones sans évolution significatives avaient été détectées. Cela est notamment dû au fait que les modèles utilisés dans les deux études ne se basent pas sur les mêmes hypothèses, le modèle de Marjou et Garcia de Cortazar-Atauri (2019) prenant en compte la période de dormance dans son calcul et simulant les différents stades de manière séquentielle, alors que chaque stade est ici calculé de manière indépendante. Néanmoins, les dates de débourrement calculées dans cette étude traduisent bien l'important réchauffement de la période de transition de la fin de l'hiver et le début du printemps.

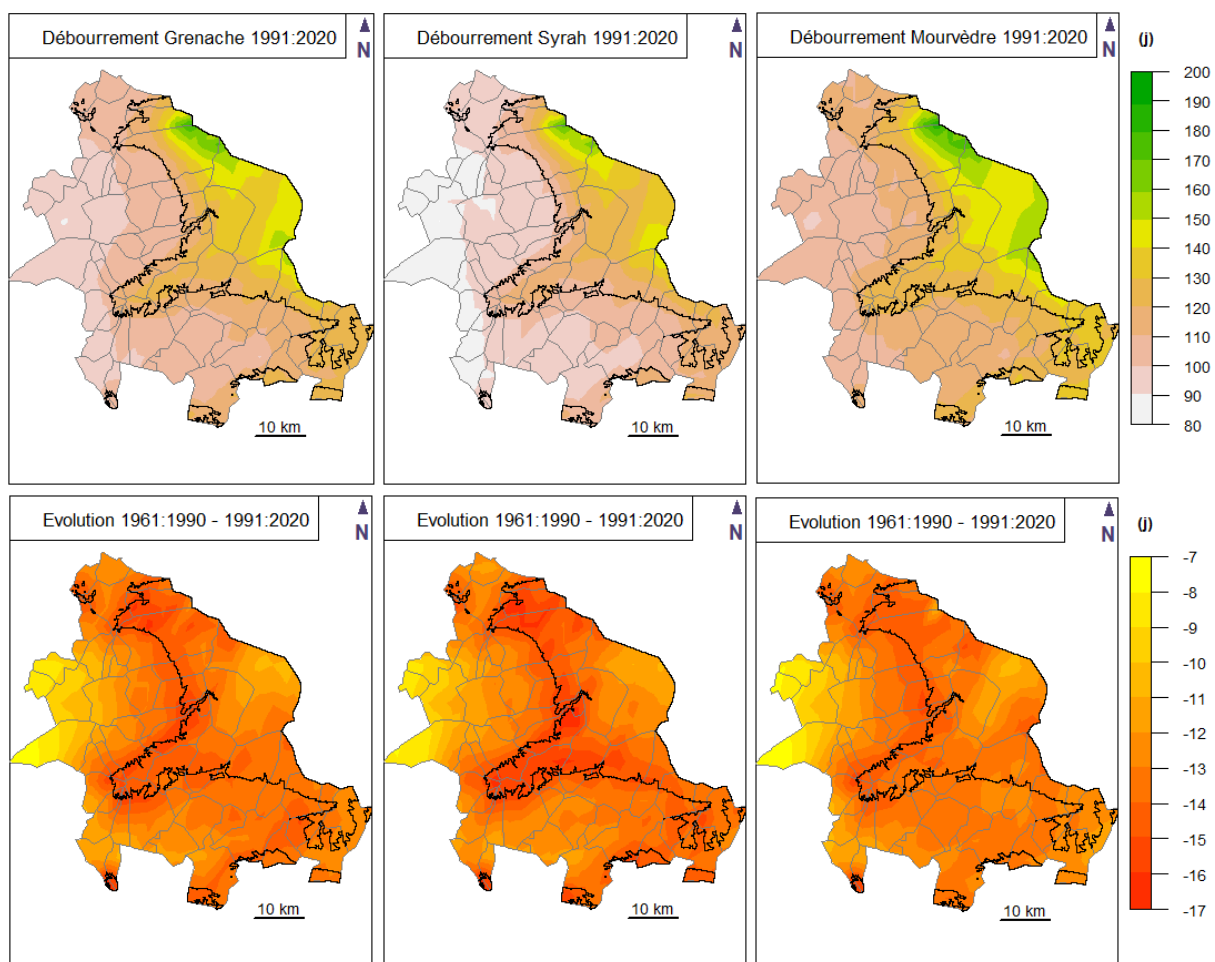


Figure 21. Dates de débourrement des 3 cépages (jour depuis le 01/01) et leur évolution depuis les 60 dernières années.

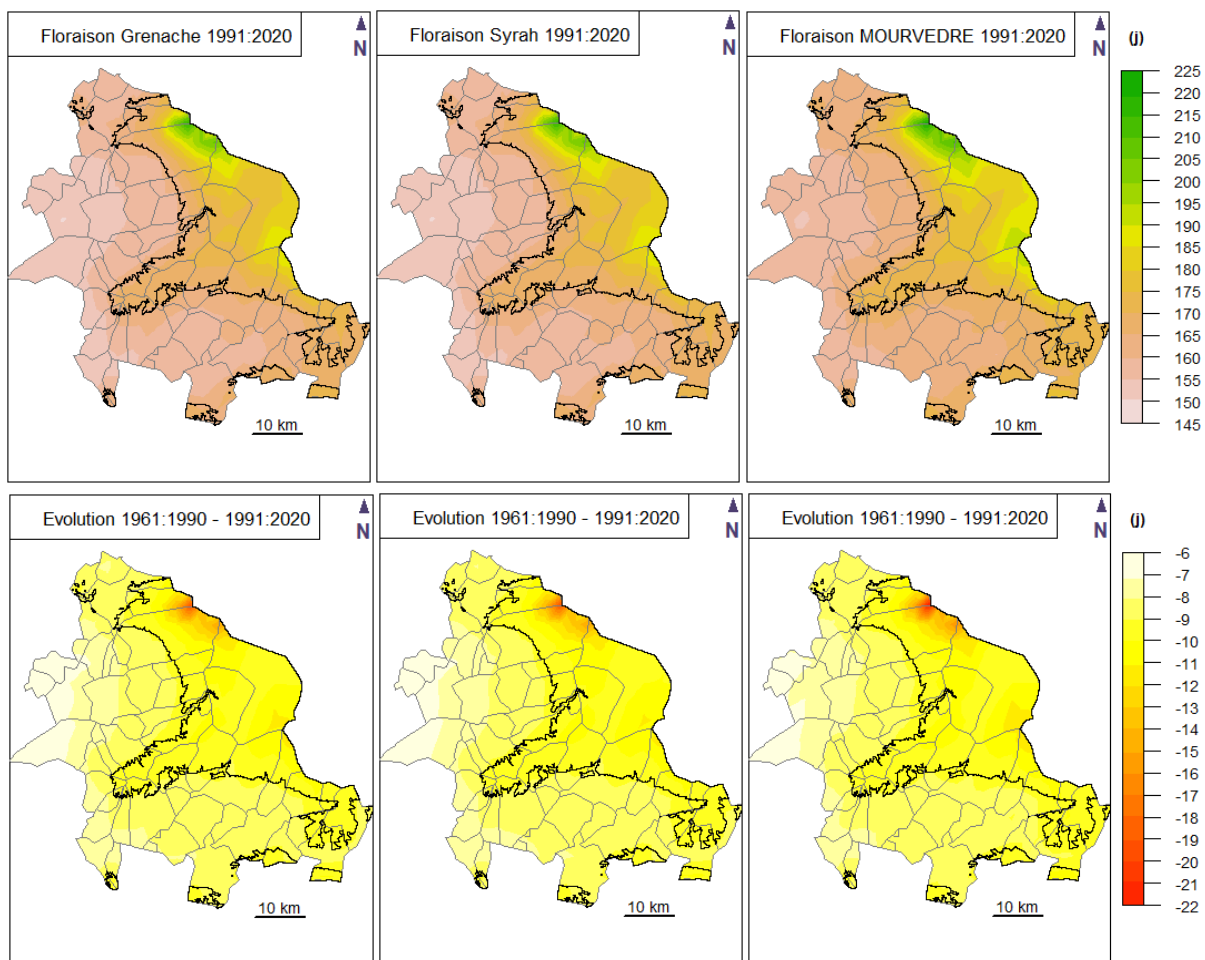


Figure 22. Dates de floraison des 3 cépages (jour depuis le 01/01) et leur évolution depuis les 60 dernières années.

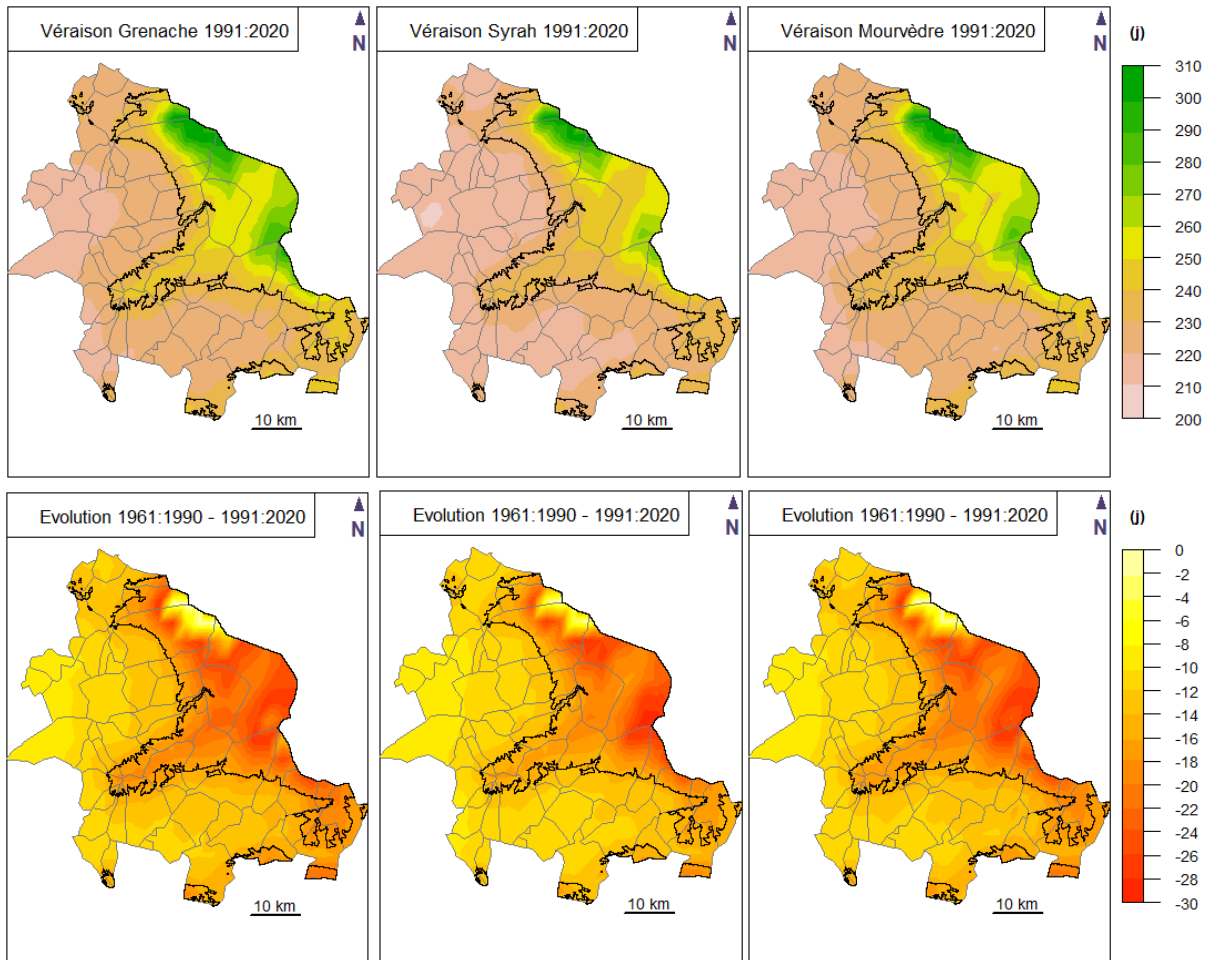


Figure 23. Dates de véraison des 3 cépages (jour depuis le 01/01) et leur évolution depuis les 60 dernières années.

3.8. Millésime et climat

Une notation (de 0 à 10) de la qualité et quantité des 20 dernières années (1990 à 2019) de la production de vin rouge AOC Ventoux a été réalisée par 3 producteurs. Si le critère de quantité repose sur les volumes produits, celui de la qualité peut paraître plus subjectif (à dire d'expert), mais les notes se sont avérées très voisines (la note finale étant la moyenne des évaluations des 3 producteurs). Le climat constituant l'un des paramètres impactant fortement sur ces deux indicateurs, il a semblé opportun de rechercher des relations statistiques entre la série d'indicateurs agroclimatiques décrits auparavant (voir liste dans l'annexe 1) et les descripteurs de la production via les notes de qualité et quantité de production à l'échelle de l'AOC.

L'analyse simultanée qualité/quantité ne semble déjà pas mettre en avant de relation statistique et aucune évolution temporelle ne se dessine significativement en dehors d'une variabilité plus réduite de la qualité depuis une quinzaine d'année avec des notes légèrement plus élevées. Pour faciliter la visualisation, les notes ont été classés en 5 catégories (d'excellent à décevant) avec un code couleur associé, qui sera repris dans la suite des traitements (Fig. 24).

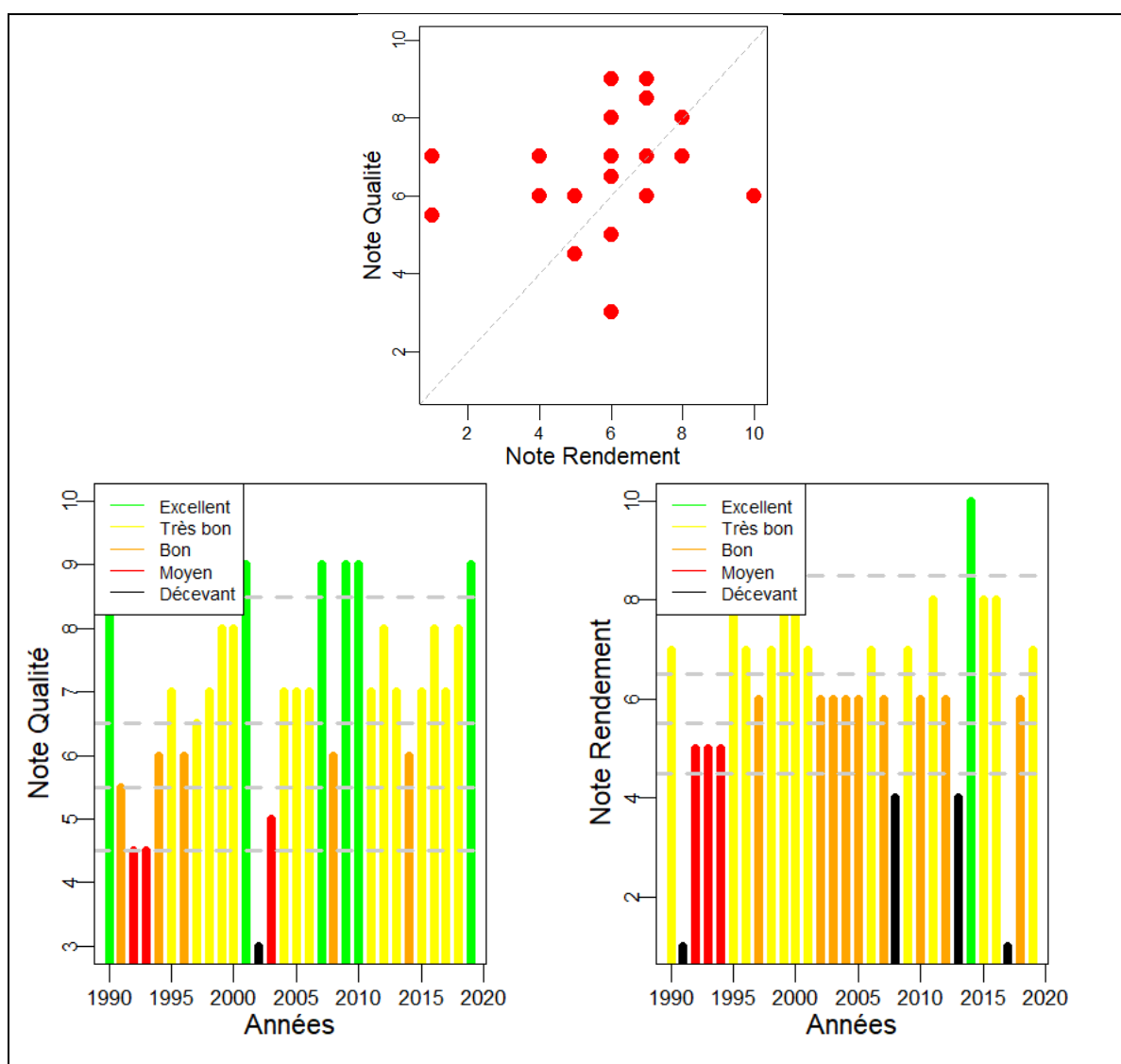


Figure 24. Relation Qualité/Rendement et évolution des notes dans l'AOC Ventoux (vin rouge)

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est la méthode adaptée à cette problématique. En effet, comme les données sont constituées de 61 individus (années) décrits par 18 variables il devient impossible d'effectuer une représentation graphique.

L'ACP va transformer les variables originelles, fortement liées entre elles, en de nouvelles variables décorréées les unes des autres (composantes principales) et ainsi permettre de décrire, résumer et réduire la dimension de notre jeu de données. Afin de tester la méthode, tous les indicateurs agroclimatiques associés uniquement au cépage grenache ont été testés pour tenter de caractériser ces deux composantes. Dans un deuxième temps, nous avons pu les réduire à 4 indicateurs représentatifs, ce qui a permis d'optimiser les traitements et faciliter l'interprétation des résultats :

- la date de véraison ;
- le nombre de jour de gel de l'hiver et printemps ;
- la pluie entre la floraison et la véraison et de l'année N-1 ;
- le cumul de la Tx entre juillet et août et de l'année N-1.

Concernant la pluie entre la floraison et la véraison et le cumul de la température maximale entre juillet et août, ils sont également intégrés avec les données de l'année N-1 car le potentiel quantitatif d'un millésime N est déterminé en grande partie par l'induction florale de l'année N-1 sur la période nouaison/véraison (communication orale S. Vincenti ; Guilpart et al., 2014, Li, 2017).

Compte tenu de la localisation des parcelles, 15 points représentatifs des sites de production ont été sélectionnés dans l'ensemble du territoire (Fig.25). Des traitements préliminaires ont été réalisés en utilisant tous les points de grille situés à une altitude inférieure à 500m, mais dans ce cas, la signification d'un climat moyen se trouve altérée (voir variabilité interne des zones agroclimatiques établies précédemment) et aboutit à donner un poids trop important à des secteurs avec peu (voire même sans) production viticole.

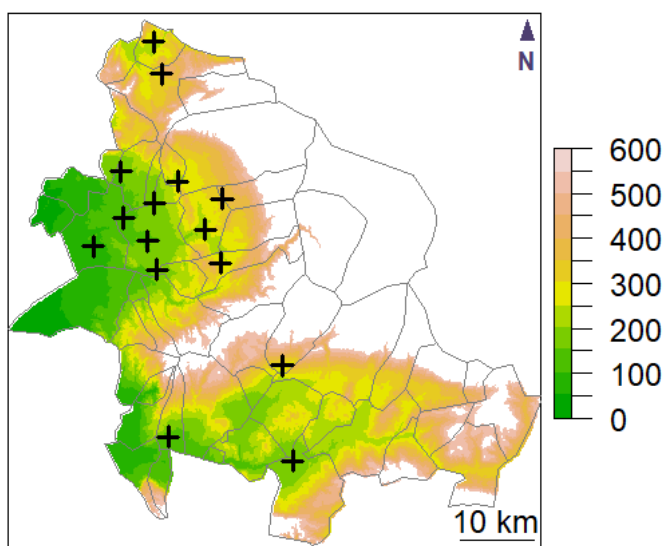


Figure 25. Localisation des 15 points sélectionnés (et leur positionnement altitudinale) représentant les principaux sites de production

Pour l'analyse de la qualité, la projection orthogonale sur le premier axe factoriel issu de l'ACP est la meilleure représentation plane trouvée car concentre plus de 80% de l'inertie du nuage, avec une forte structuration autour du premier axe (Fig. 26). L'examen conjoint des années sur l'ensemble de la période (le code couleur utilisé pour classer les millésimes précédemment a été repris et les années sans note sont représentées en gris) permet de dégager quelques éléments :

- il existe bien une rupture entre les années actuelles (avec notation de qualité) et les années historiques (jusqu'en 1990) avec deux nuages de points distincts qui se distribuent de part au d'autre du premier axe. Situées à droite de l'origine du premier axe les années historiques se caractérisent par des dates de véraison plus tardives et de températures estivales plus fraîches. Leur distribution selon le second axe décrit la présence ou non de gel et la quantité de pluie estivale ;
- l'année 2003 reste encore aujourd'hui une année climatique à part, caractérisée ici par de fortes températures et sécheresse estivales ainsi que la présence significative de gel au cours de l'hiver et du printemps ;

- 2002, associée au moins « bon » millésime, a une position très marquée dans le nuage de points, caractérisée par une température plutôt très froide (par rapport aux 30 dernières années), sans gel et une pluie estivale importante ;
- les « bonnes années » sont majoritaires chaudes (sauf 1995 et 2013) mais pas de façon trop importantes, peu gélives, et sans excès de pluie ou de sécheresse estivale ;
- les millésimes moyens au niveau de la qualité (en rouge sur le graphe) sont soit trop chaudes (2003), soit trop humides l'été (1992) ou sans réel profil (1993, mais pouvant être la conséquence des conditions de l'année précédente).

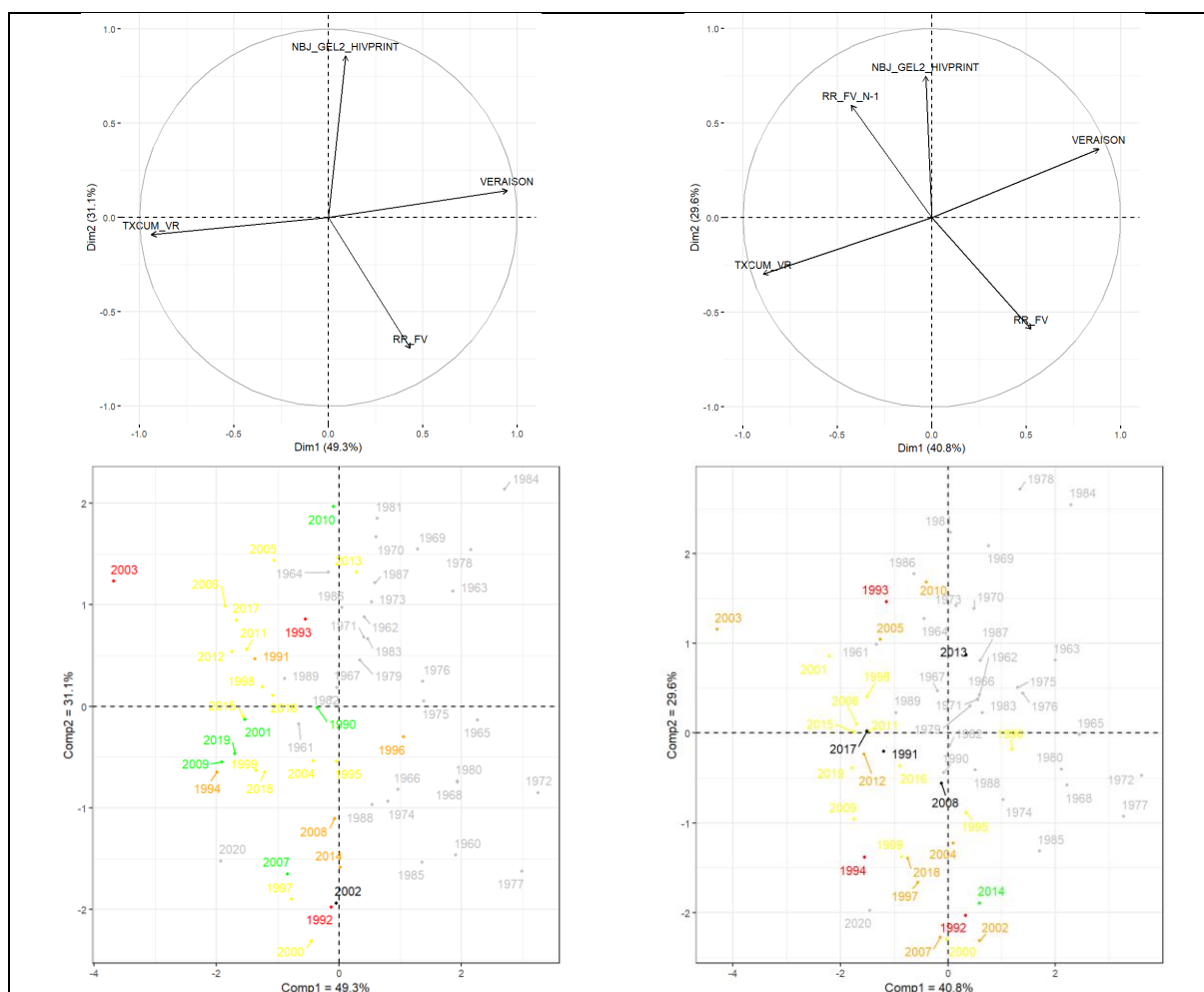


Figure 26. Analyse en Composantes Principales sur les paramètres climatiques et les années pour caractériser la qualité (à gauche) et le rendement (à droite) des millésimes de vin rouge dans l'AOC Ventoux

Le graphe montre que le climat peut expliquer une partie du millésime, mais ne peut suffire et que d'autres paramètres doivent être pris en considération. Concernant le rendement, l'interprétation est plus délicate. Les moins bons millésimes ne semblent pas caractérisés par des conditions climatiques particulières, les points étant proches de l'origine des deux axes. Les meilleures années ne sont pas regroupées et ne peuvent être rattachées à des traits climatiques particuliers.

Cette analyse peut apparaître relativement décevante, même s'il était difficile de considérer le climat comme seul facteur explicatif. En outre, la sélection subjective des 15 sites sélectionnés au regard de la localisation des parcelles viticoles et le classement qualitatif des millésimes entraîne une part d'incertitude qui n'a pas pu être prise en compte et peut conduire dans une certaine mesure à un biais des résultats. Elle permet néanmoins de caractériser les années les unes par rapport aux autres sur la base d'un ensemble combiné d'indicateurs et de visualiser leurs traits communs/différents. Elle peut également s'avérer utile lors de l'analyse du climat futur pour entrevoir le sens des évolutions.

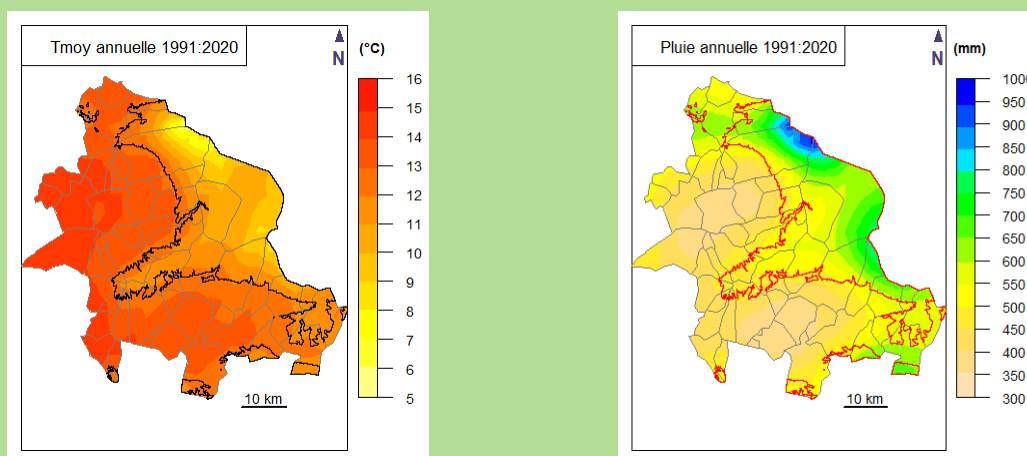


A retenir du climat actuel

Le territoire de l'AOC, du fait de la présence du relief du Mont Ventoux, présente spatialement une forte variabilité climatique aussi bien au niveau des précipitations que de la température, qui lui permet une marge adaptation.

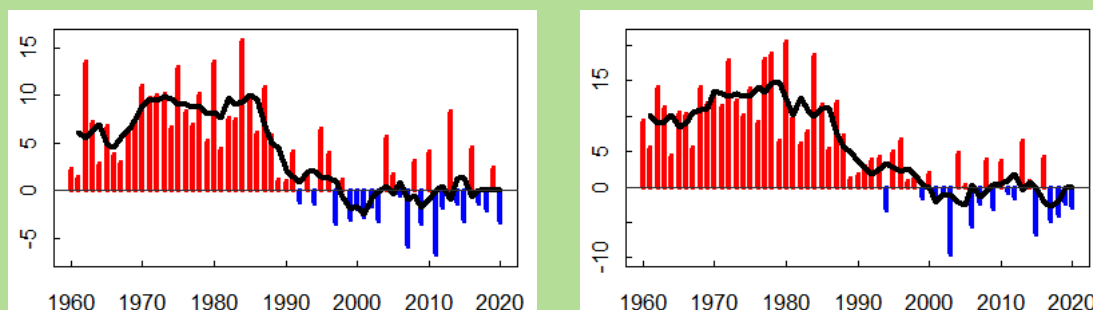
Le gradient pluviométrique annuel est de quasiment 700mm et de plus de 200mm sur la zone de production actuelle située en deçà de 500m d'altitude. Le climat est typiquement méditerranéen avec une sécheresse estivale marquée, un hiver doux et des gelées possibles dans les fonds de vallées et les rares versants Nord.

Les températures moyennes s'échelonnent entre 5 et 16°C sur l'ensemble du territoire et de 12 à 16°C sur la surface actuellement cultivée.



Température moyenne et pluie annuelle 1991-2020

Le climat s'est modifié durant ces 60 dernières années, marqué par un réchauffement moyen de l'ordre de 1°C sur la période et qui impacte déjà le développement de la vigne avec déjà une avancée très significative des stades phénologiques.



Anomalie (écart à la moyenne 1991-2020, en jours) moyenne de la date de floraison du grenache (gauche) et de véraison du mourvèdre (droite) dans la zone agroclimatique n°1

Chapitre 4. Le climat dans l'AOC au XXI^{ème} siècle

Les simulations climatiques réalisées dans le cadre du dernier rapport du GIEC publié en 2014 montrent une augmentation des températures à la fin du siècle, de l'ordre de +1,9°C à +5,5°C selon les régions et les scénarios (RCP). Pour la France, les dernières projections de Météo-France, publiées en 2021 et disponibles sur le site DRIAS, confirment ce réchauffement qui pourrait atteindre 3.9°C avec le scénario le plus pessimiste (RCP 8.5). Il pourrait être limité à 2°C en réduisant dès aujourd'hui les émissions de gaz à effet de serre (RCP 4.5). Si toutes les régions seront impactées, le Sud-Est risque d'être encore plus affecté et connaîtra des vagues de chaleur extrêmes sur des périodes supérieures à un ou deux mois continus en été.

Les analyses du GREC PACA (2016) ont déjà proposé des éléments régionalisés pour le Sud-Est de la France, mais restent encore trop grossières même si elles indiquent qu'en terme de température, le territoire de l'AOC Ventoux ferait partie des zones les plus impactées alors que la tendance pour les précipitations n'est pas précise et associée à beaucoup d'incertitude en fonction du scénario de forçage radiatif et des modèles (Figure 25). L'étude précédente de Marjou et Garcia de Cortazar-Atauri (2019) a fourni des résultats ciblés pour l'AOC mais la résolution spatiale encore large (maille SAFRAN/DRIAS de 64km²) et le pas de temps journalier exclut la prise en compte de spécificités locales, de phénomènes limités dans le temps et l'espace et bride l'évaluation de potentialités climatiques sur des sites non encore exploités, en particulier en altitude.

La méthodologie développée pour ce travail doit permettre de franchir encore un cap en matière de résolution spatiale et temporelle et ainsi mieux connaître les futurs climatiques susceptibles de survenir sur le périmètre de l'AOC Ventoux.

L'étude ayant débuté fin 2019, les projections climatiques disponibles étaient issues de l'exercice CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project, 5e phase) sur lequel s'est appuyé le dernier rapport du GIEC (2014). Les simulations CMIP6, utilisées pour le prochain rapport du GIEC prévu en 2021, n'étaient pas encore publiées pour être exploitées ici. Toutefois, elles ne remettent pas en cause les projections CMIP5 même si quelques modèles semblent prédire pour la fin du XXI^{ème} un réchauffement légèrement plus important que précédemment. Le choix a été fait de n'utiliser dans cette étude qu'un seul modèle (en fait couple GCM/RCM) avec CNRM-ALADIN53, d'une part car il a été largement utilisé par la communauté scientifique pour l'analyse des impacts ces dernières années et d'autre part en raison de son positionnement vis-à-vis des autres modèles (il n'est pas extrême).

Les simulations CMIP5 sont composées d'une période historique (jusqu'en 2005) et de projections forcées par les différents RCP (à partir de 2006). Cela a guidé le choix du découpage des horizons temporels sur des périodes de 30 ans pour cette étude :

- climat actuel (référence) : 1976-2005
- futur horizon proche (F1) : 2026-2055
- futur horizon intermédiaire (F2) : 2046-2075
- futur horizon lointain (F3) : 2066-2095

Les résultats ne sont généralement pas présentés en absolu, mais en relatif au travers de l'écart des 3 horizons futurs à la référence, afin de mieux visualiser les intensités de réchauffement, déficit ou excédent pluviométriques... aux différentes échéances. Les indicateurs climatiques, agroclimatiques et de phénologie utilisés en climat actuel sont repris dans cette partie.

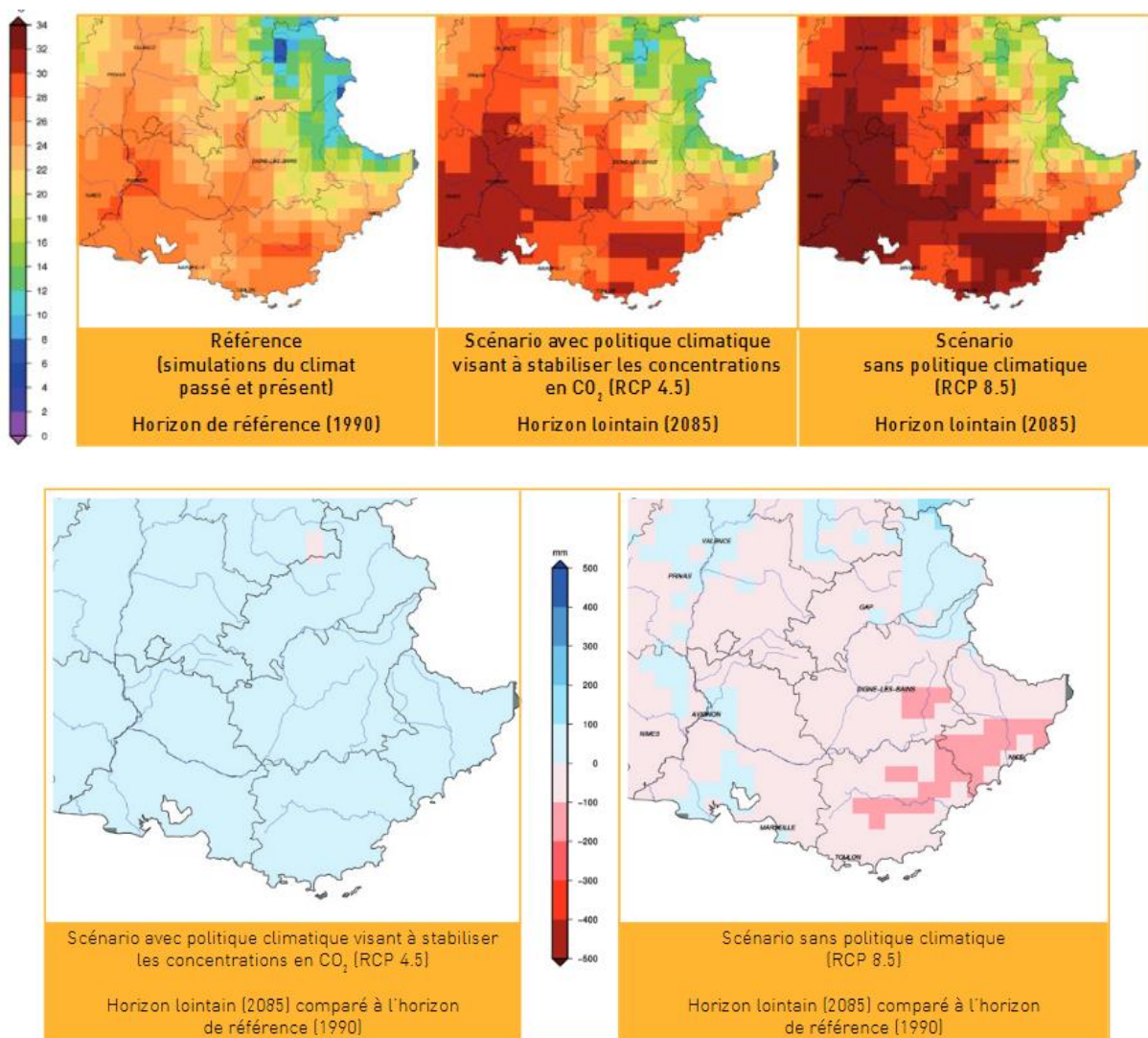


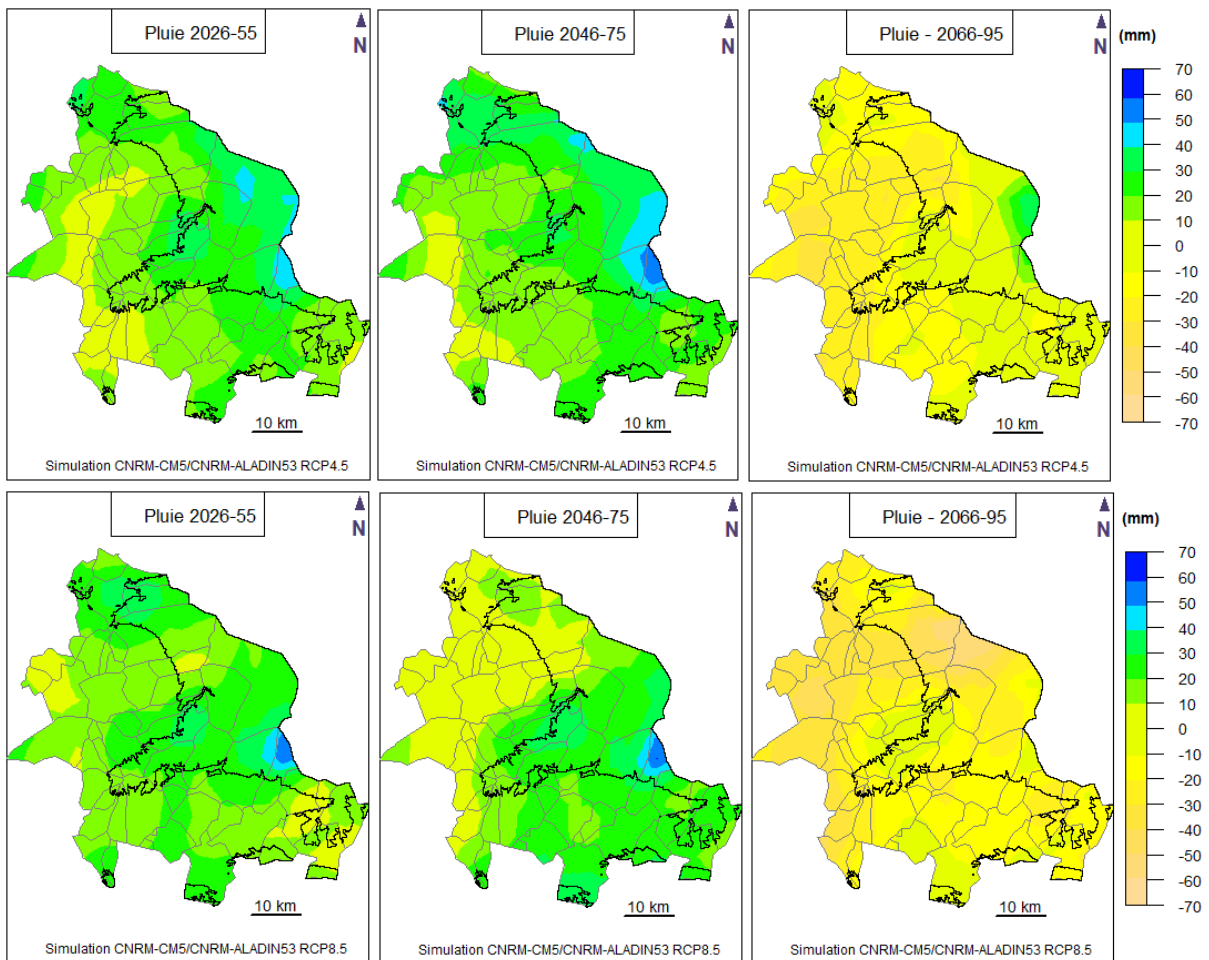
Figure 27. Evolution de la température maximale de l'air au cours de l'été (juin à août) en région PACA (haut) et anomalie du cumul de pluie moyen annuel de la médiane des modèles Euro-Cordex (bas)
(source : Drias, données Météo-France, CERFACS, IPSL / www.drias-climat.fr)

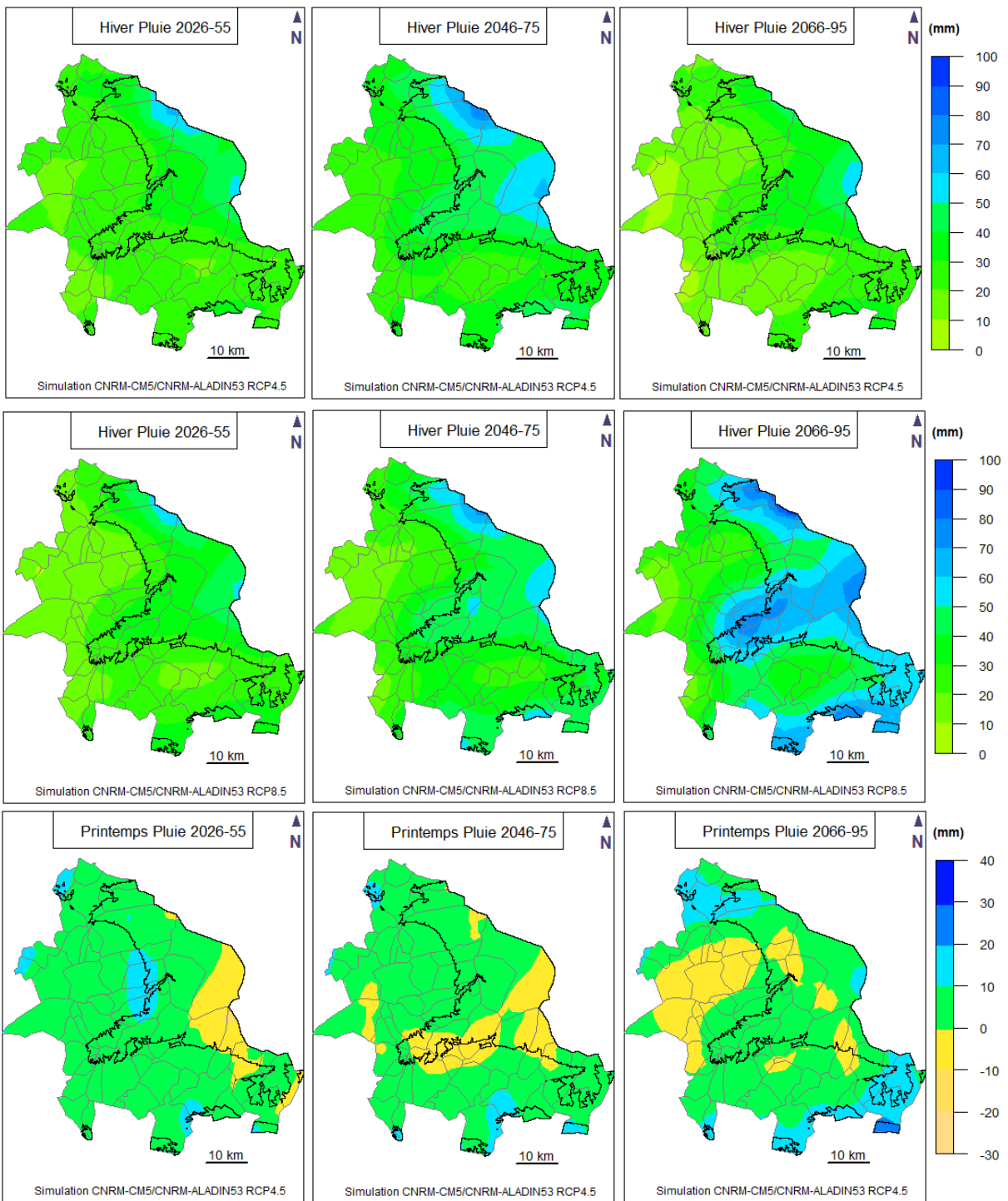
4.1. La pluie

Le caractère saisonnier de l'évolution des précipitations décrit dans les études au niveau national et régional et déjà initié en climat actuel dans l'AOC, est encore ici très fortement marqué (Fig. 28).

En total annuel les deux scénarios sont proches à échéance du milieu de siècle, avec une situation pluviométrique pas trop préoccupante, mais laissent entrevoir un déficit marqué en fin de siècle. L'hiver va évoluer vers des situations excédentaires à tous les horizons temporels sur l'ensemble de l'AOC, mais avec des valeurs importantes en altitude. Au printemps, les prédictions sont contrastées selon les deux scénarios de forçage radiatif du modèle climatique pour les deux premiers horizons temporels. Il y a une certaine convergence en fin de siècle et le territoire pourra être affecté aussi bien par un déficit que par un excès, même modéré. C'est en été que la situation va devenir préoccupante : en effet on pourra connaître un manque de pluie dès la première échéance temporelle, qui va s'amplifier au cours du siècle avec des déficits par rapport à actuellement de l'ordre de 30 à 100mm selon les sites pour les deux scénarios. L'AOC devrait donc connaître des sécheresses

estivales plus intenses et fréquentes qui pourraient remettre en question le développement de la plante dans les zones de plaine, plus affectées par ce phénomène.





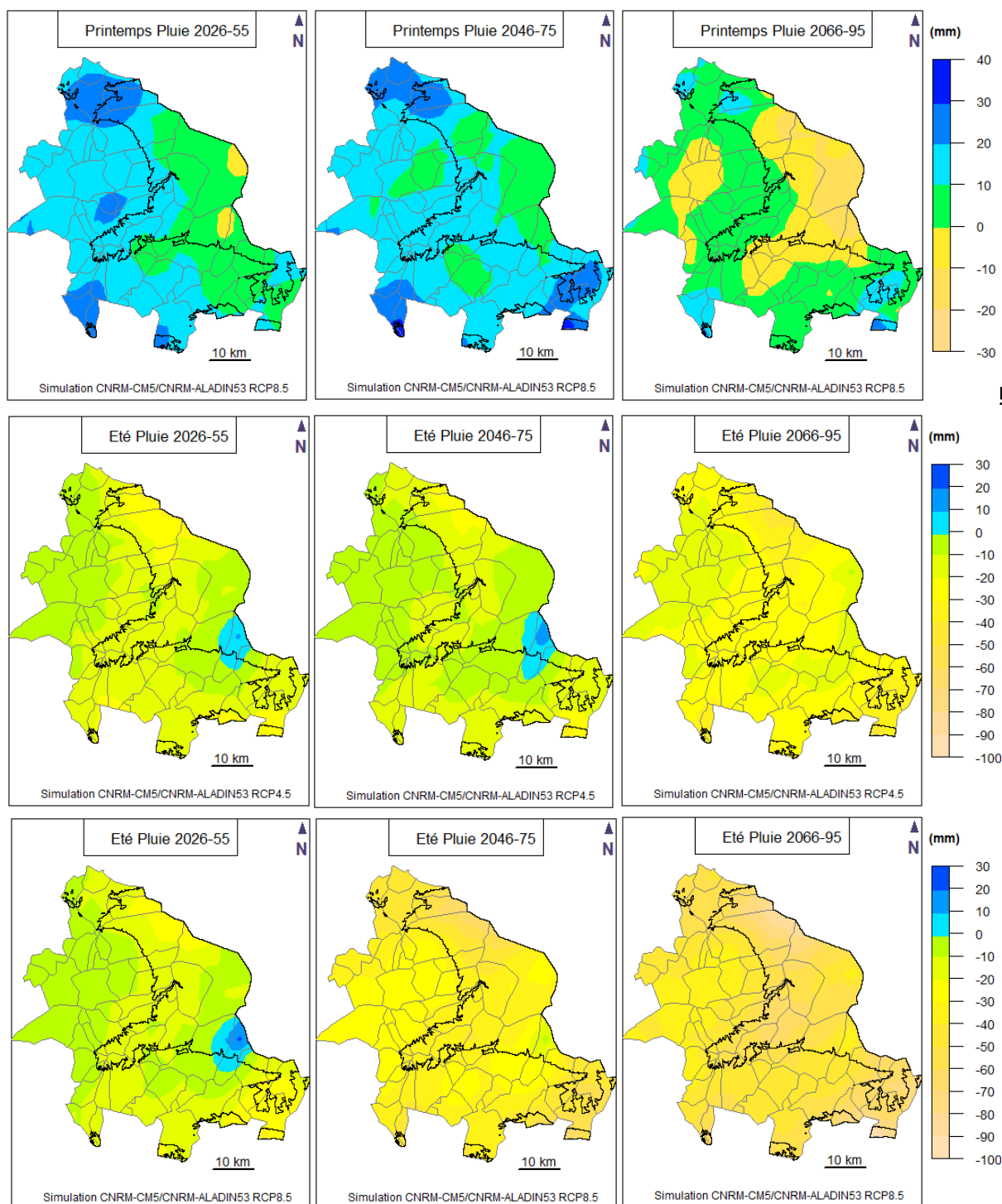
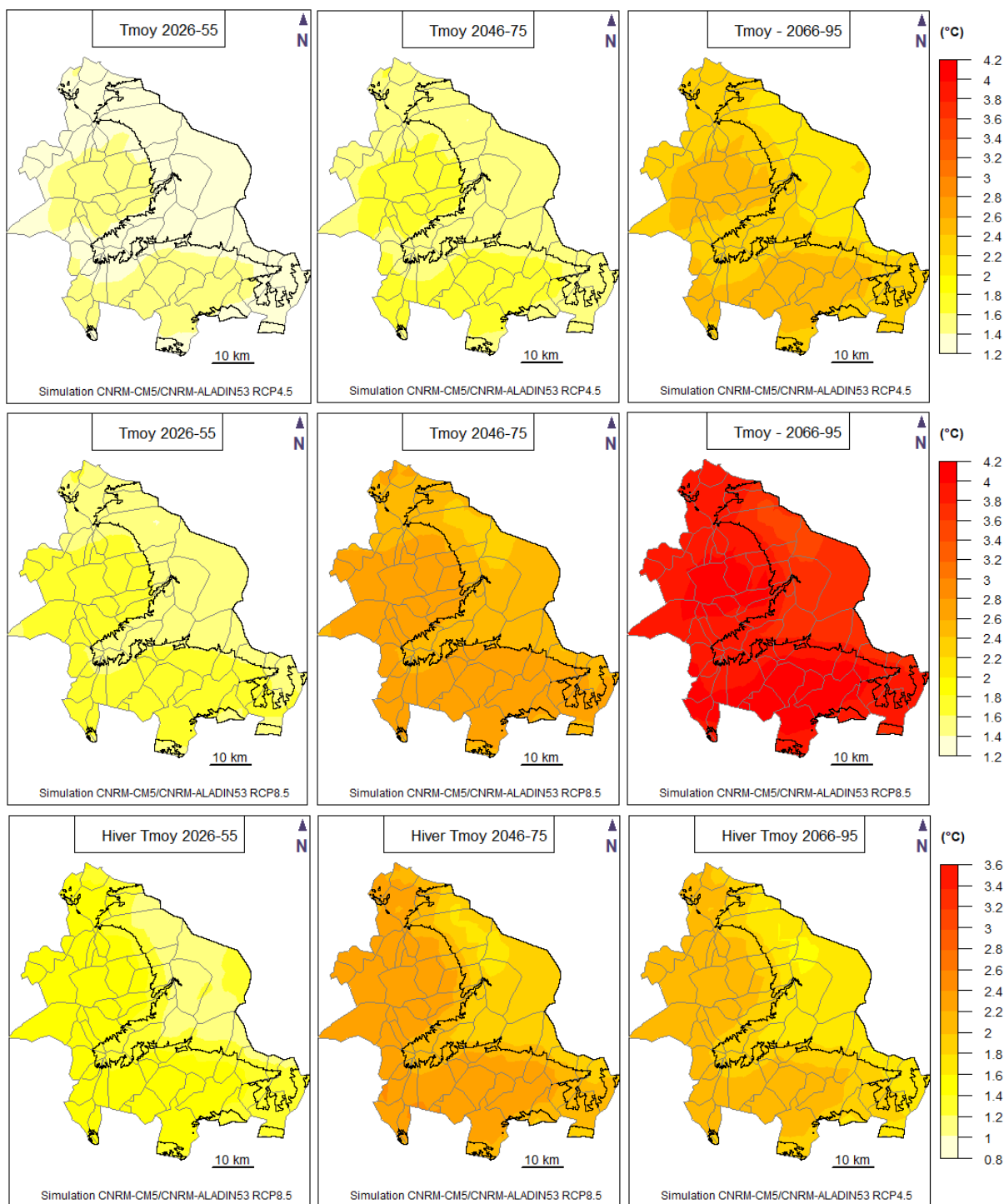


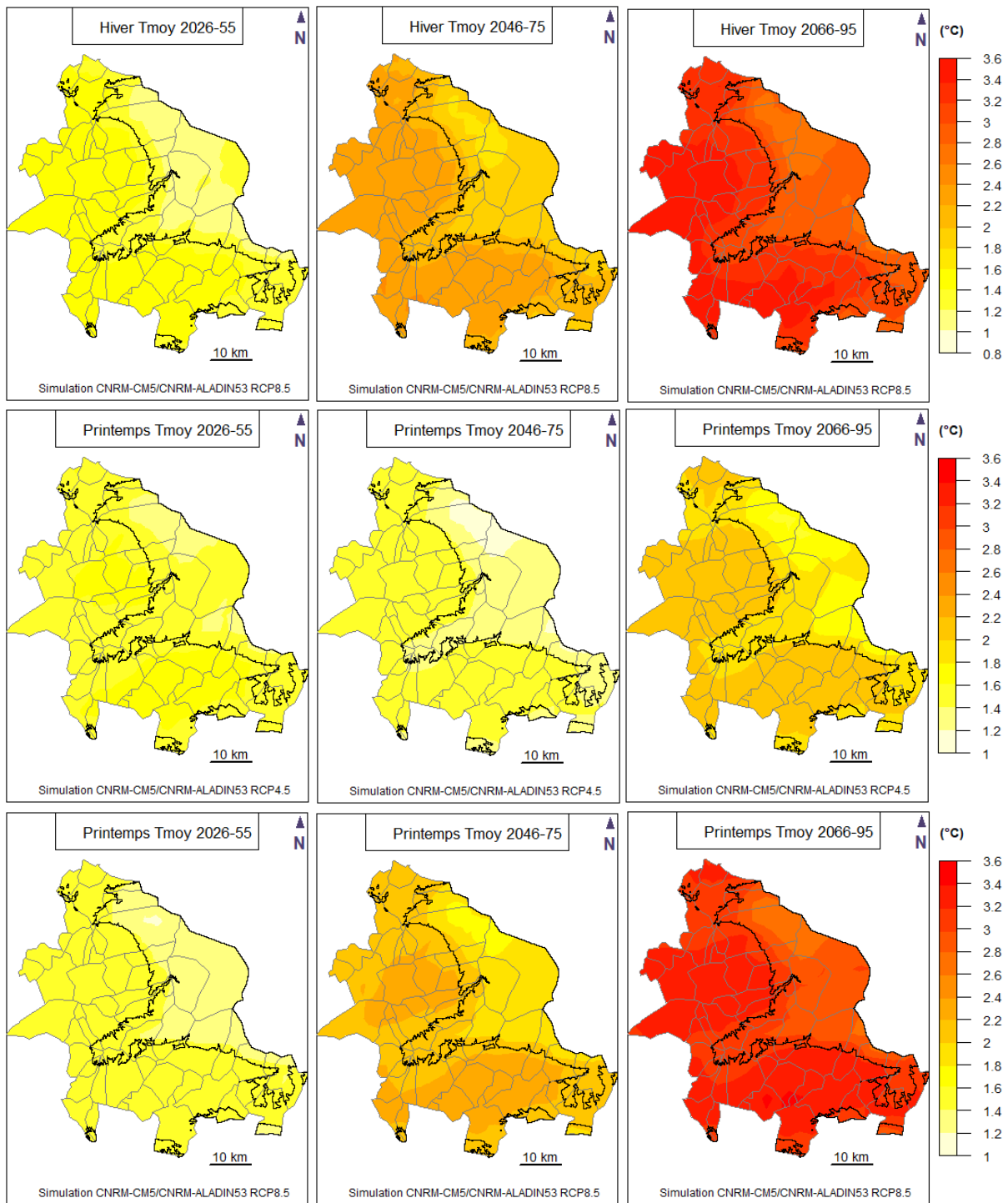
Figure 28. Evolution de l'anomalie (différence périodes futures-période actuelle) de pluie à différents horizons et scénarios d'émission en gaz à effet de serre dans l'AOC Ventoux.

4.2. Les températures moyennes

Il est acquis que le climat va se réchauffer d'autant plus intensément que les politiques de réduction d'émission de gaz à effet de serre seront mises en place tardivement. Sur l'AOC, le réchauffement pourra atteindre plus de 4°C en fin de siècle et sur tout son territoire (Fig. 29). Ces résultats sont totalement en accord avec les valeurs obtenues par d'autres études au niveau régional. Le réchauffement semble plus intense en plaine qu'en altitude, ce qui pourrait rapidement affecter la viticulture. La différence entre les deux scénarios est significative dès le second horizon temporel, et on note que le RCP8.5 anticipe avec plus de 20 ans d'avance le scénario RCP4.5 (2026-55 correspondant environ à 2046-75...).

Des comportements saisonniers se font également jour, avec un réchauffement plus marqué en période estivale qu'en hiver et printemps, avec quasiment 2°C de plus en cette saison ce qui conduit à une élévation de la température de plus de 5°C !. Combinés aux prédictions pour les précipitations, les étés vont avoir une tendance à devenir de type aride. Ce phénomène se localisant de nouveau sur la zone de production actuelle, la viticulture sera affectée rapidement. Le printemps est encore une fois la saison la moins affectée.





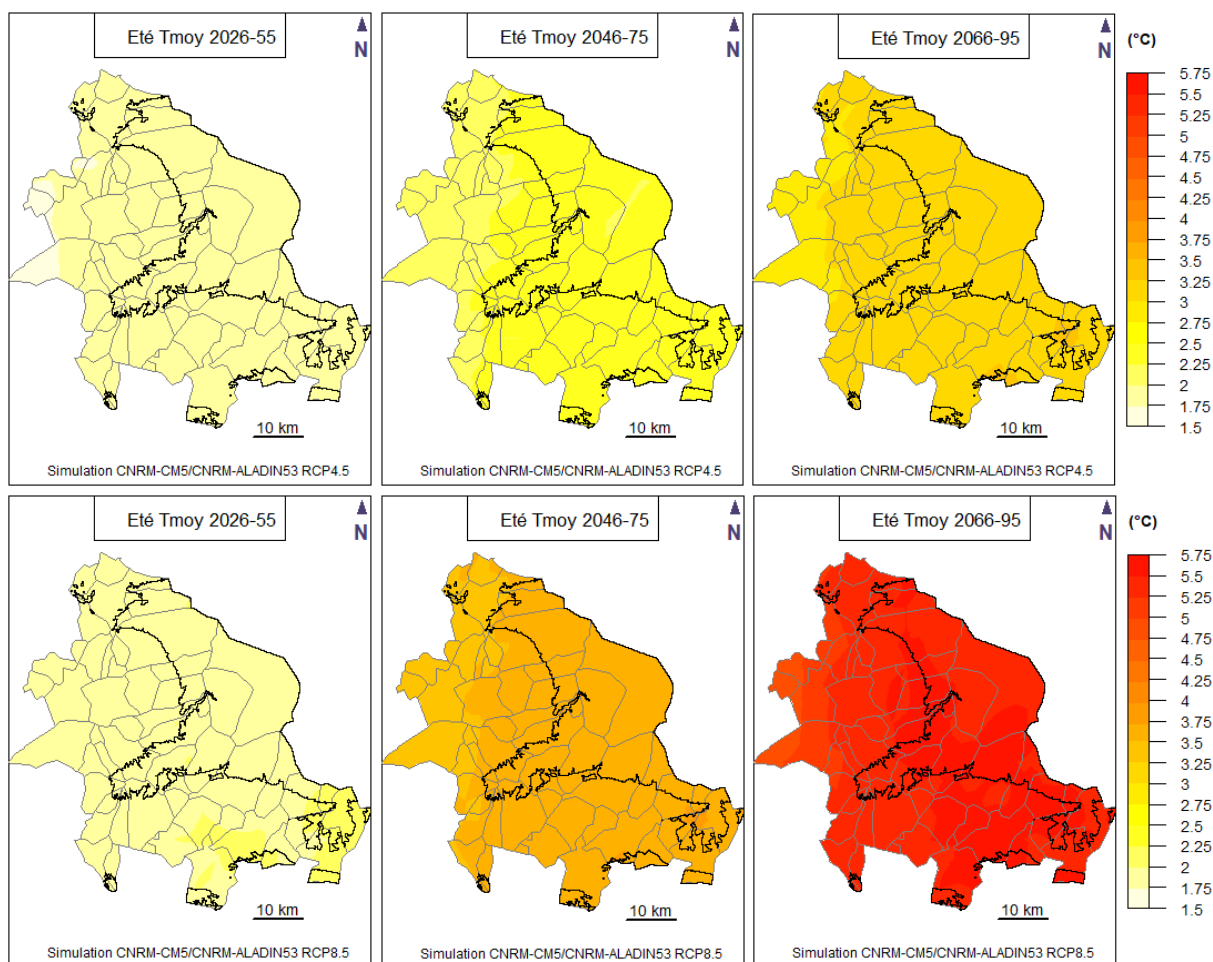
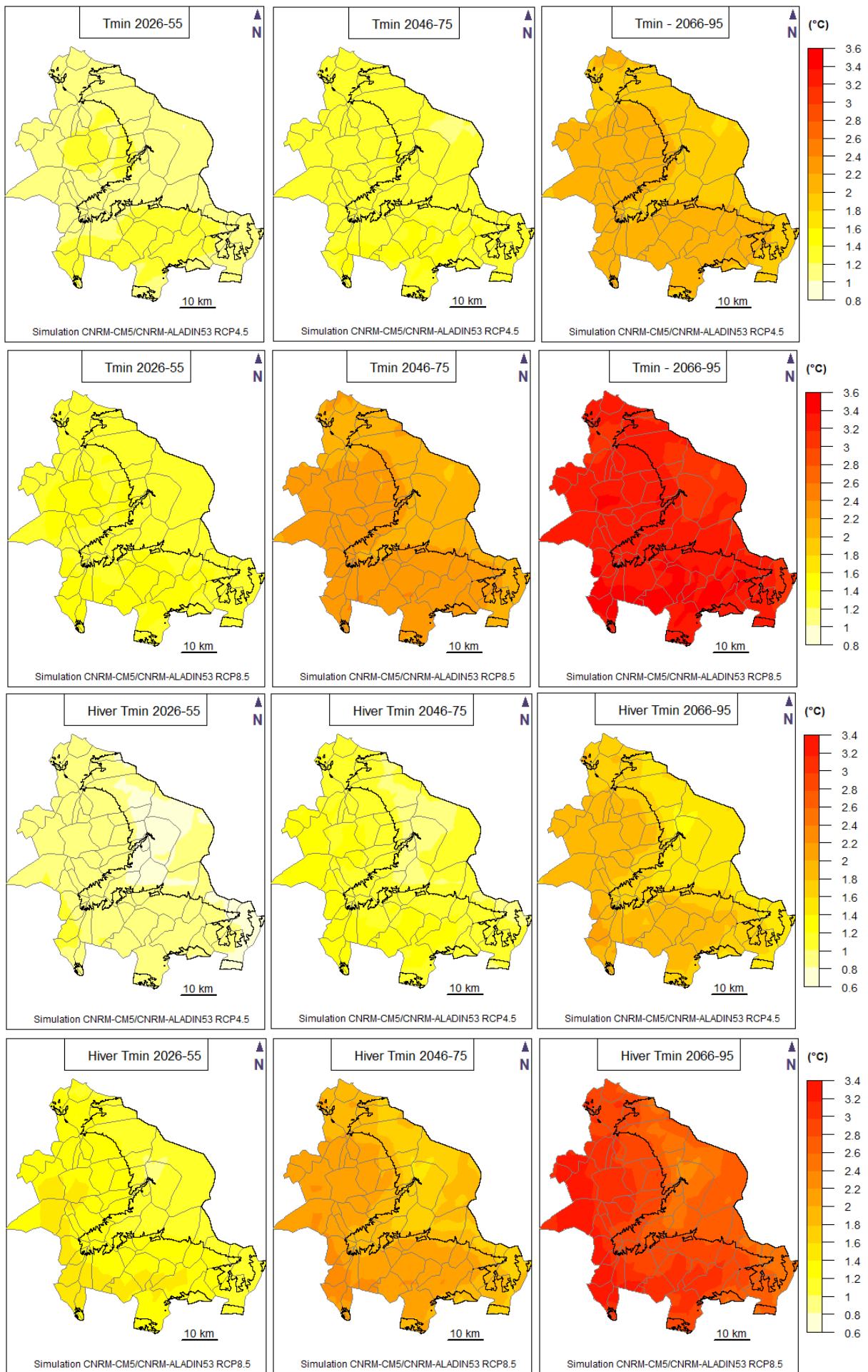
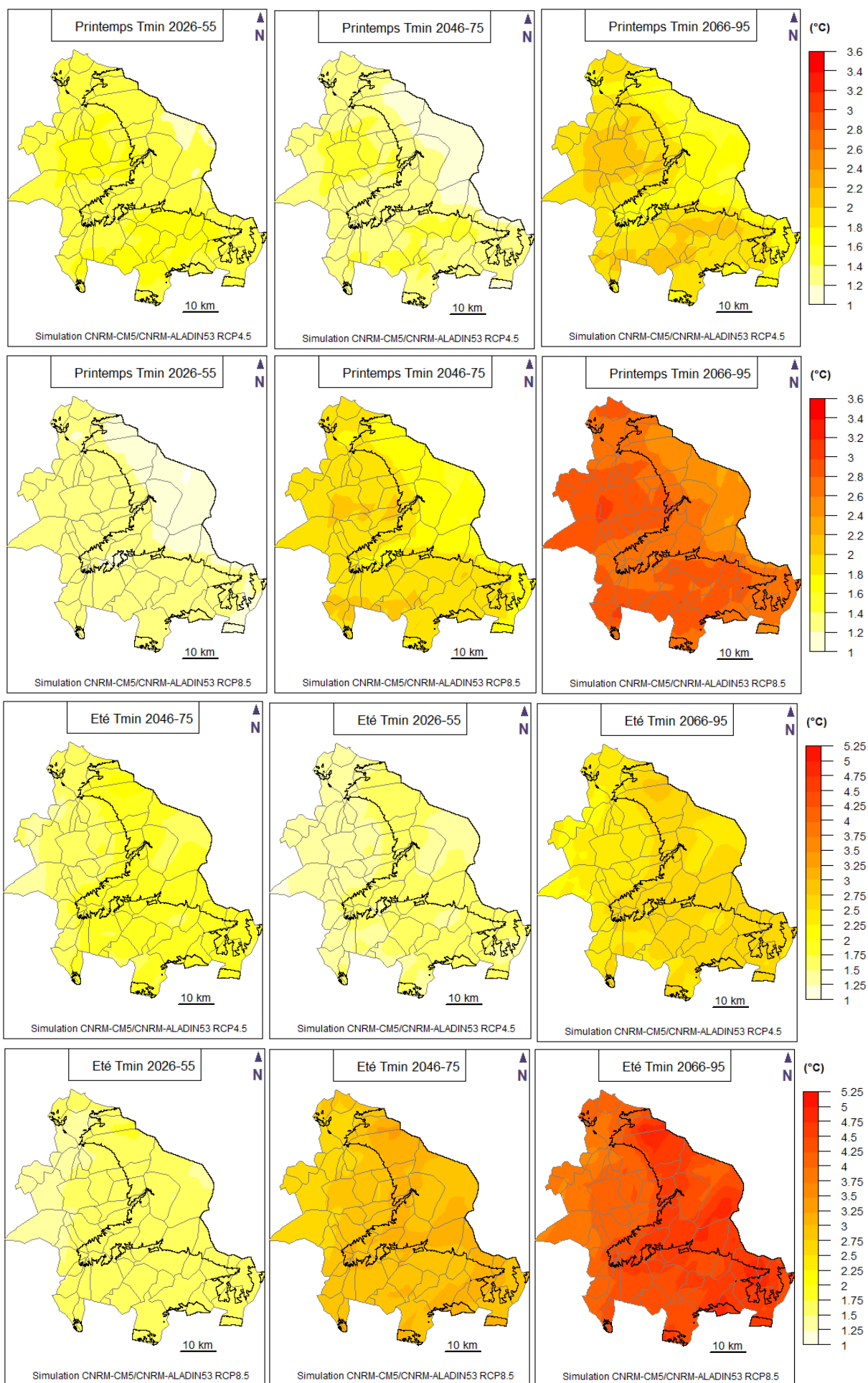


Figure 29. Evolution de l'anomalie (différence périodes futures-période actuelle) de la température moyenne à différents horizons et scénarios d'émission en gaz à effet de serre dans l'AOC Ventoux.

4.3. Les températures minimales

Les températures minimales présentent une évolution légèrement moins intense que les températures moyennes et on retrouve les mêmes effets saisonniers avec un réchauffement maximal d'environ 5°C pour le scénario le plus pessimiste durant l'été en fin de siècle (Fig. 28). Dans le même ordre, les températures minimales de l'hiver sont significativement plus chaudes dans les deux scénarios et permettent de diminuer de façon importante le nombre de jours de gel (environ une dizaine sur la zone de production actuelle et un peu au-delà plus en altitude). Cette évolution est déjà intéressante pour envisager une migration de la zone de production plus en altitude, là où actuellement le risque gélif est encore trop présent. Compte tenu des précipitations encore abondantes dans le futur plus au-delà de 500m, on regardera s'il est possible de retrouver les conditions climatiques en altitude telles qu'observées actuellement, et si oui à partir de quand.





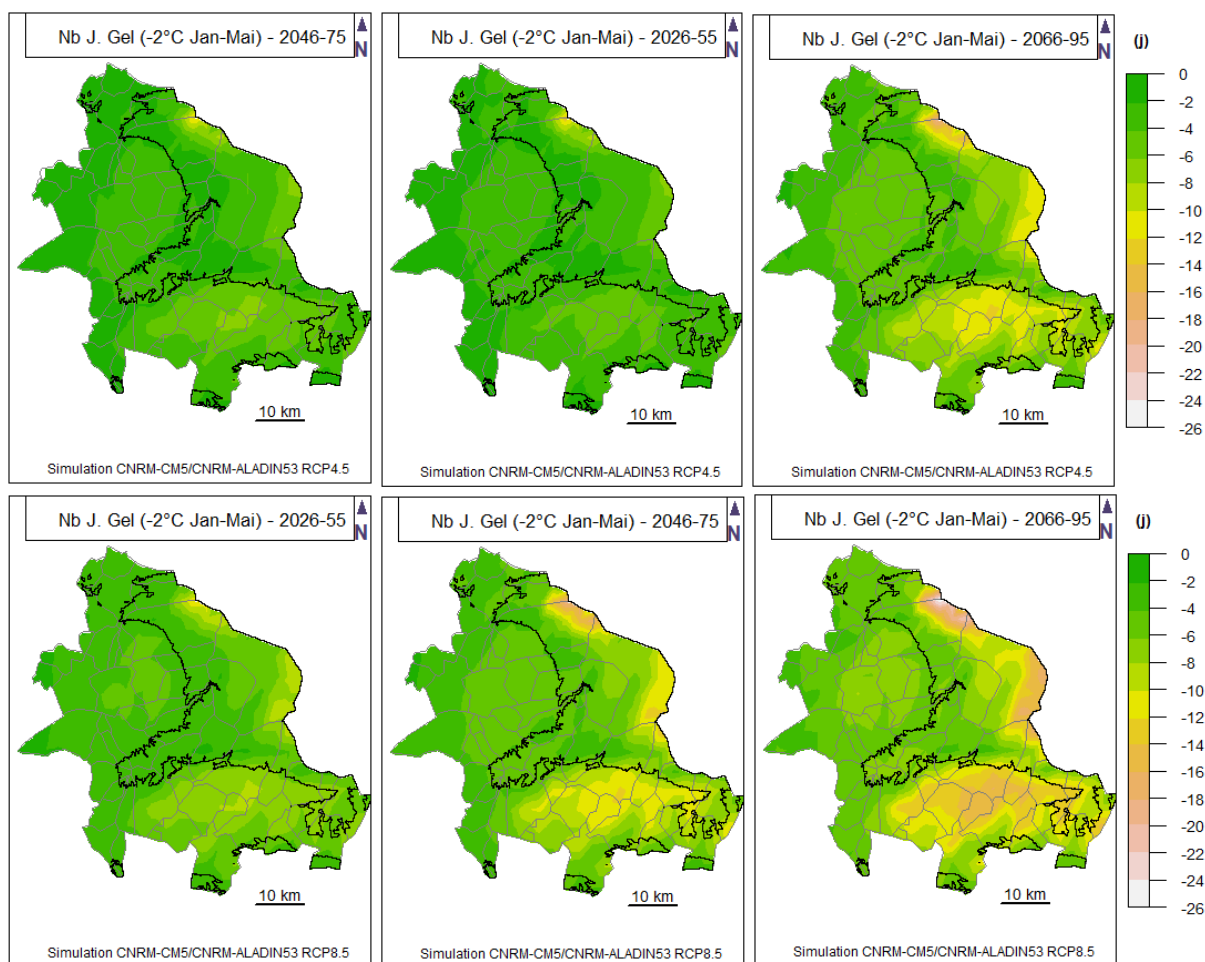
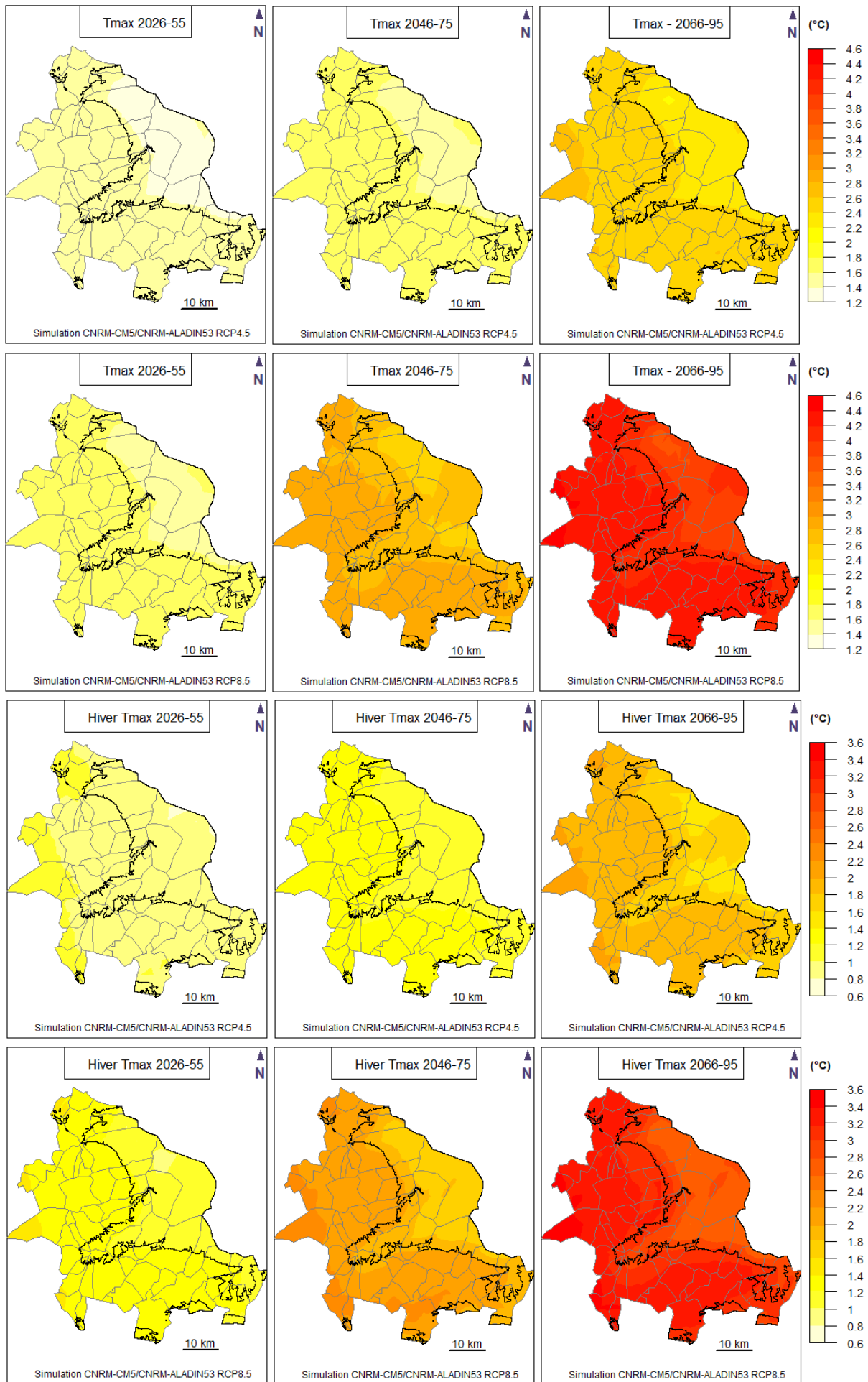


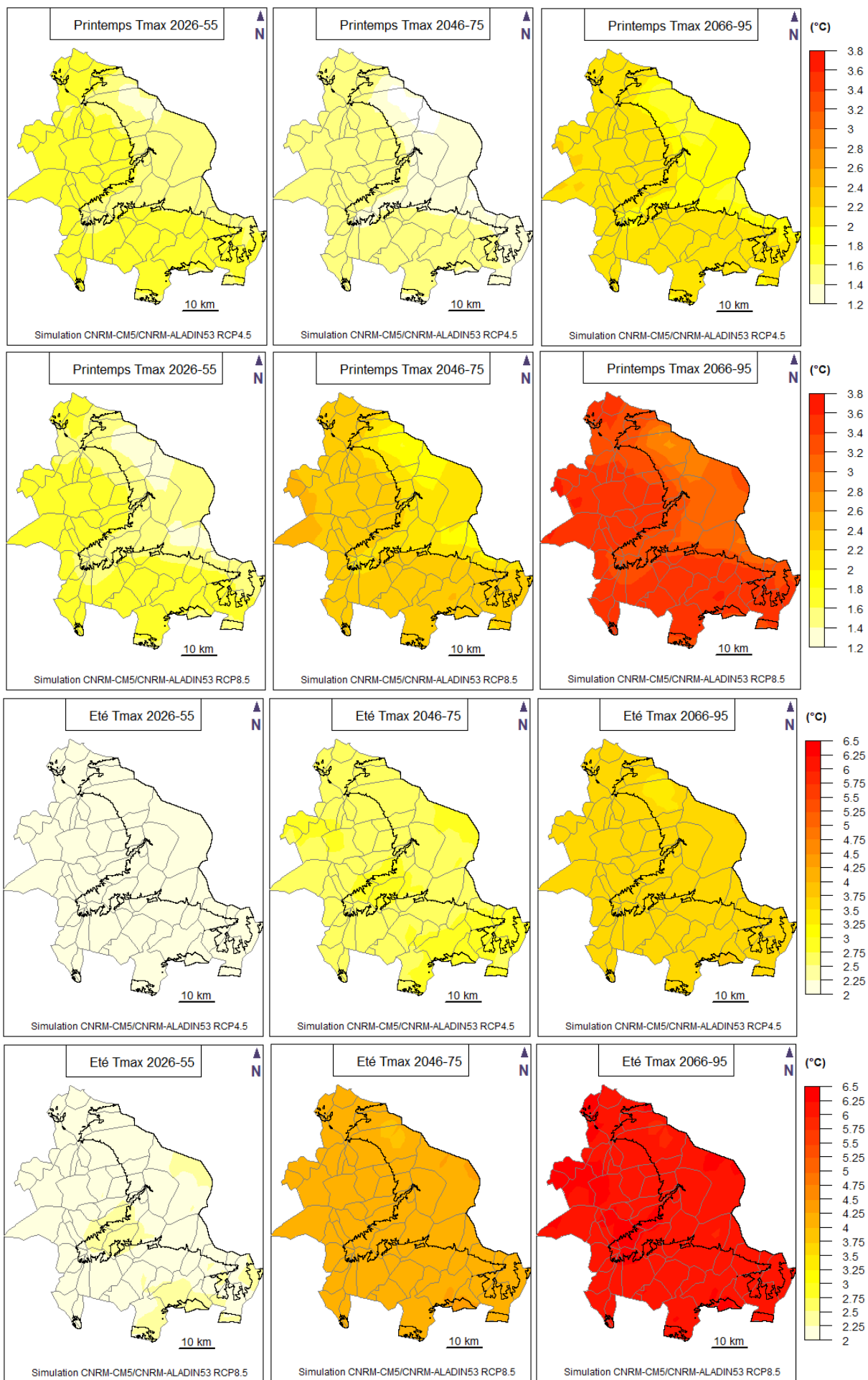
Figure 30. Evolution de l'anomalie (différence période future-période actuelle) de la température minimale et du gel à différents horizons et scénarios d'émission en gaz à effet de serre dans l'AOC Ventoux

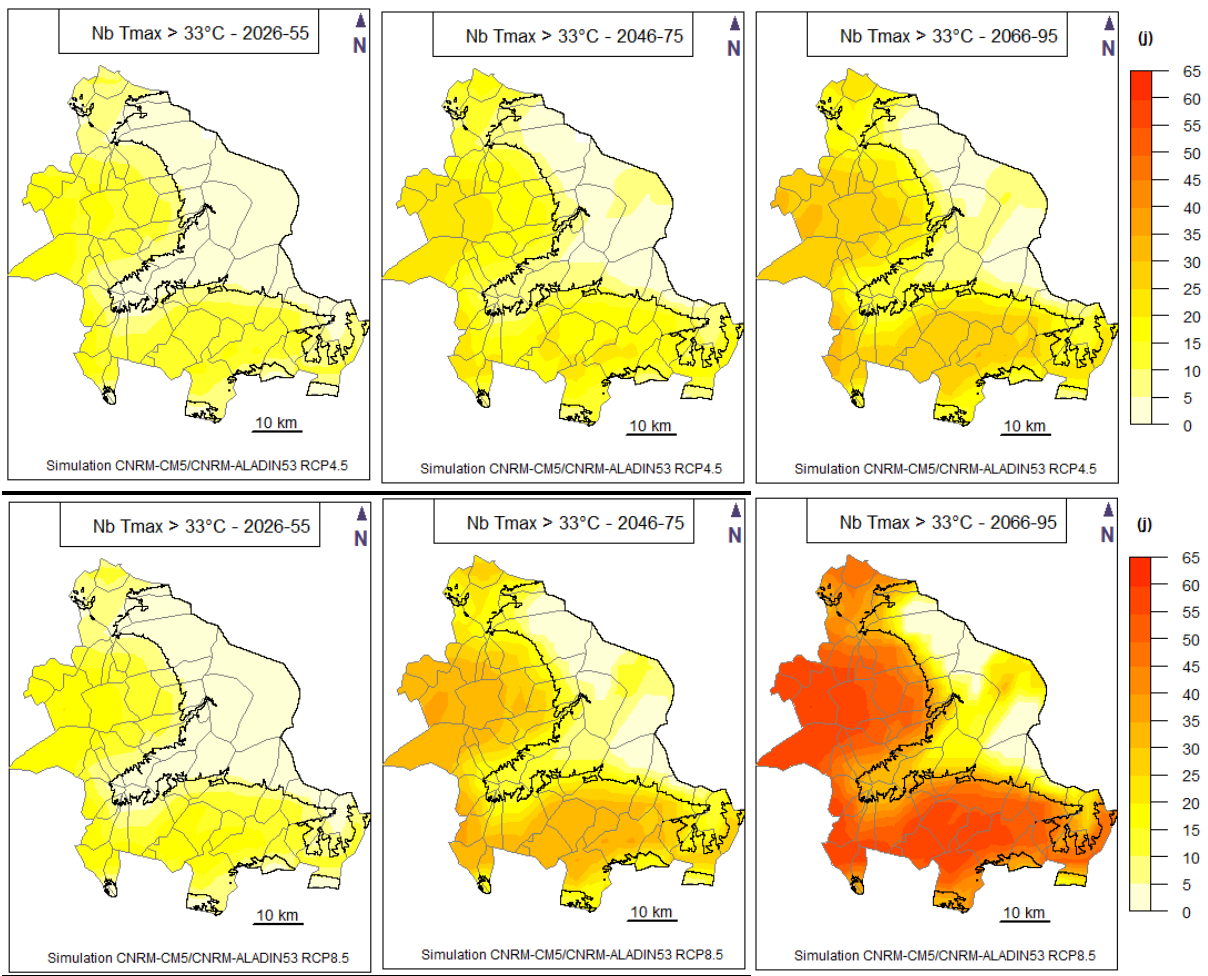
4.4. Les températures maximales

Le constat pour les températures maximales est identique avec toutefois une intensité encore plus marquée et les caractéristiques suivantes (Fig. 29) :

- une différence entre les scénarios à partir du milieu de siècle ;
- un réchauffement qui peut dépasser les 4°C par rapport à l'époque actuelle ;
- un réchauffement estival encore plus marqué, pouvant atteindre 6°C dans la pire des situations ;
- les zones de production actuelles seront les plus affectées ;
- une occurrence de journées avec des températures de plus de 35°C qui augmente de façon très importante sous les 500 m d'altitude en fin de siècle, de 25 à 60 jours selon les deux scénarios (sachant que leur occurrence moyenne sur la période 1991-2020 est inférieure à 10).







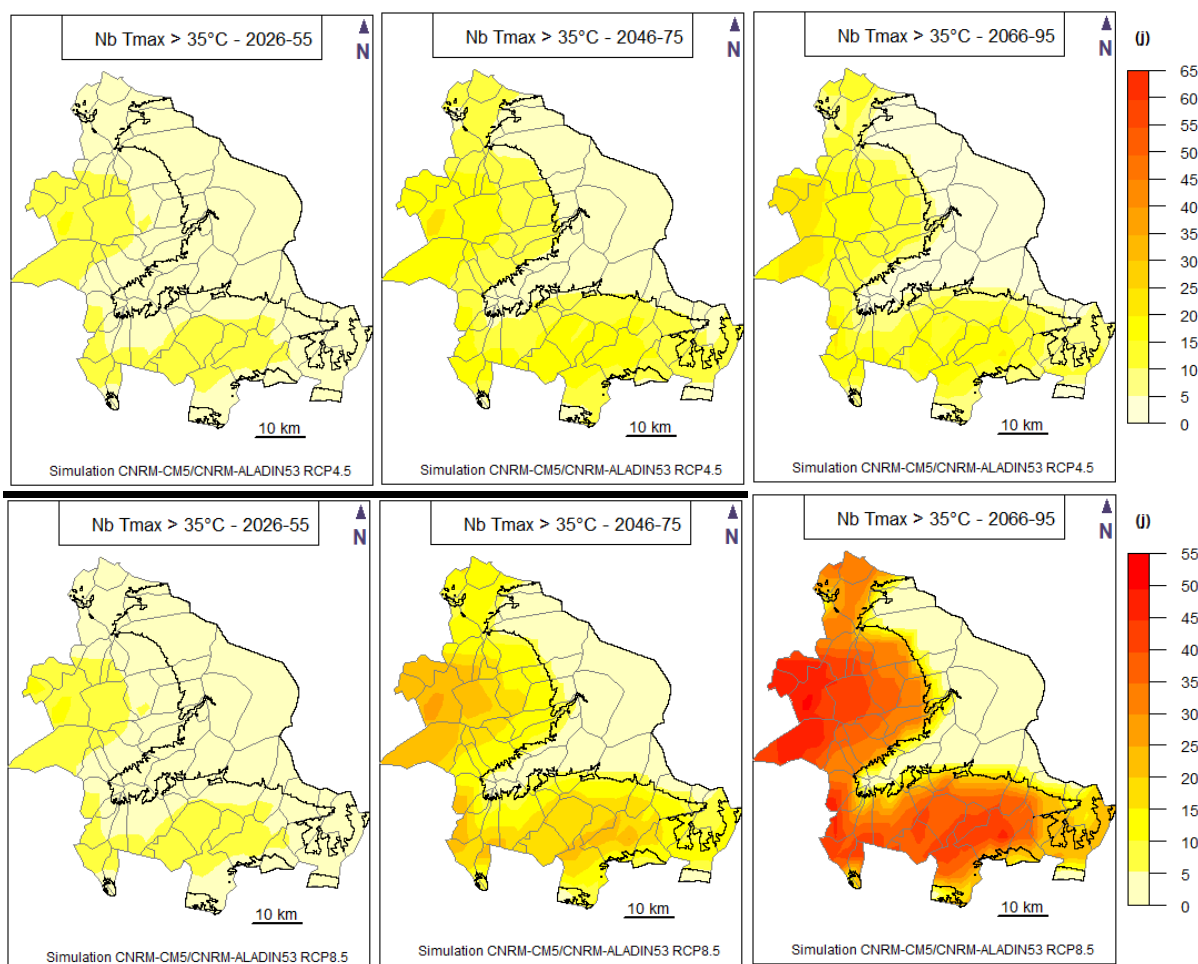
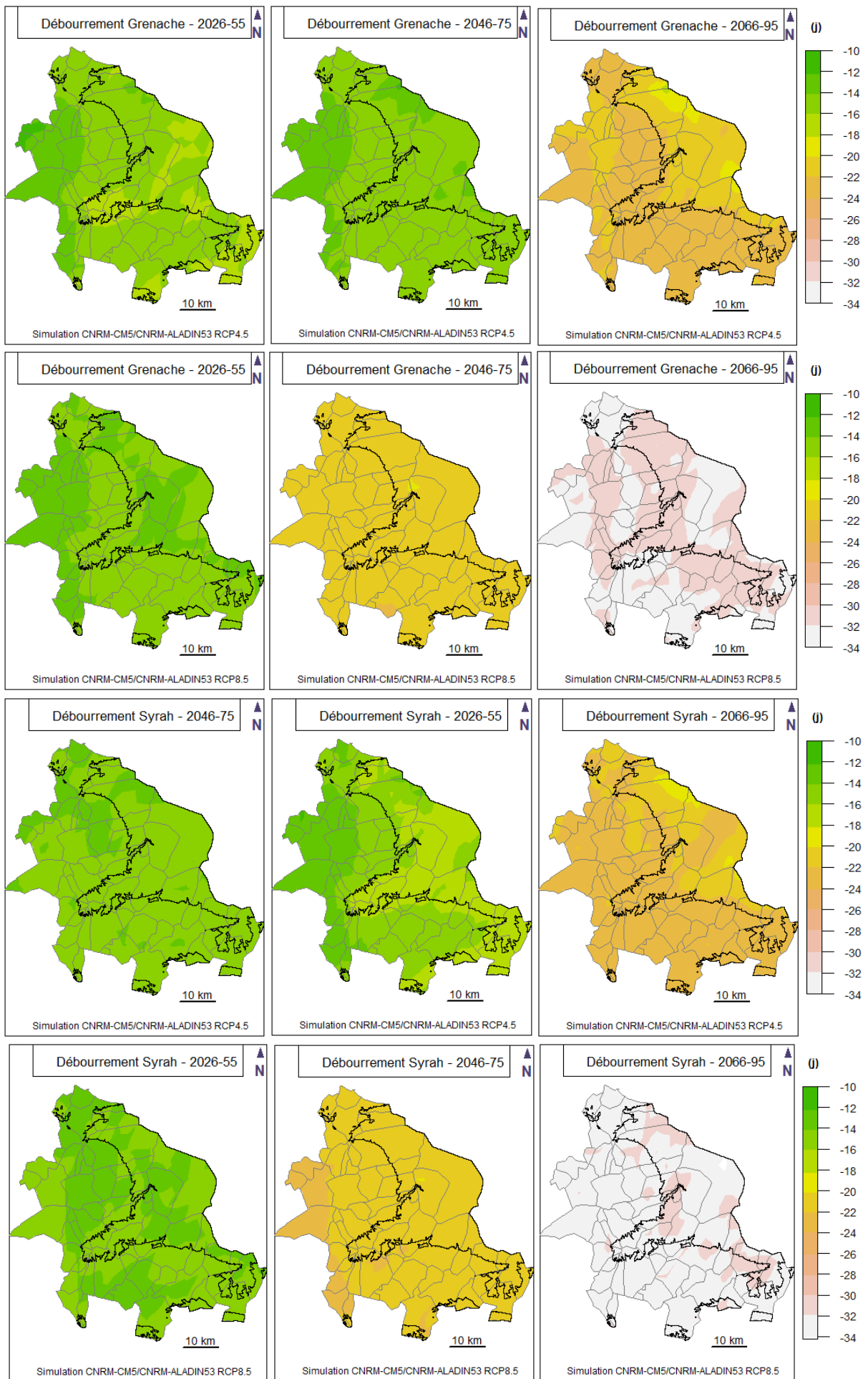


Figure 31. Evolution de l'anomalie (différence période future-période actuelle) de la température maximale et d'indicateurs associés, à différents horizons et scénarios d'émission en gaz à effet de serre dans l'AOC Ventoux

4.5. La phénologie

Au vu de la tendance déjà constatée lors des 50 dernières années et de celle entrevue du climat pour le siècle à venir, la phénologie de la vigne va poursuivre son évolution avec une avancée de plus en plus marquée. Toutefois, des situations différenciées se font jour.

Concernant le débourrement, les dates sont plus précoces d'environ 10 jours sur l'ensemble du territoire pour les deux scénarios à l'horizon 2026-2055, c'est-à-dire qu'elles suivent le rythme actuel (Fig. 32). La différence est très peu sensible 20 ans plus tard avec le scénario RCP4.5 mais devient significative avec le RCP8.5 puisque l'on gagne de nouveau 10 jours de précocité, puis encore 10 en fin de siècle. A cette échéance, les dates de débourrement correspondent sous scénario RCP4.5 à celles observées 20 ans plus tard avec le scénario pessimiste. Vers la fin du siècle, le débourrement, sans adaptation de la plante, pourrait donc être avancé de plus de 20 jours et jusqu'à 30 jours sur les zones de production potentielles (en deçà de 1000m). Le constat est le même pour les 3 cépages, même si le mourvèdre semble légèrement moins affecté, mais uniquement pour 2 à 6 jours maximum. Sans surprise non plus, ce sont les zones les plus basses de l'AOC qui connaîtront l'évolution la plus importante. Néanmoins, ces résultats pourraient être nuancés si la dormance (qui n'est pas prise en compte ici) était affectée par l'augmentation des températures hivernales (Garcia de Cortazar-Atauri et al., 2009).



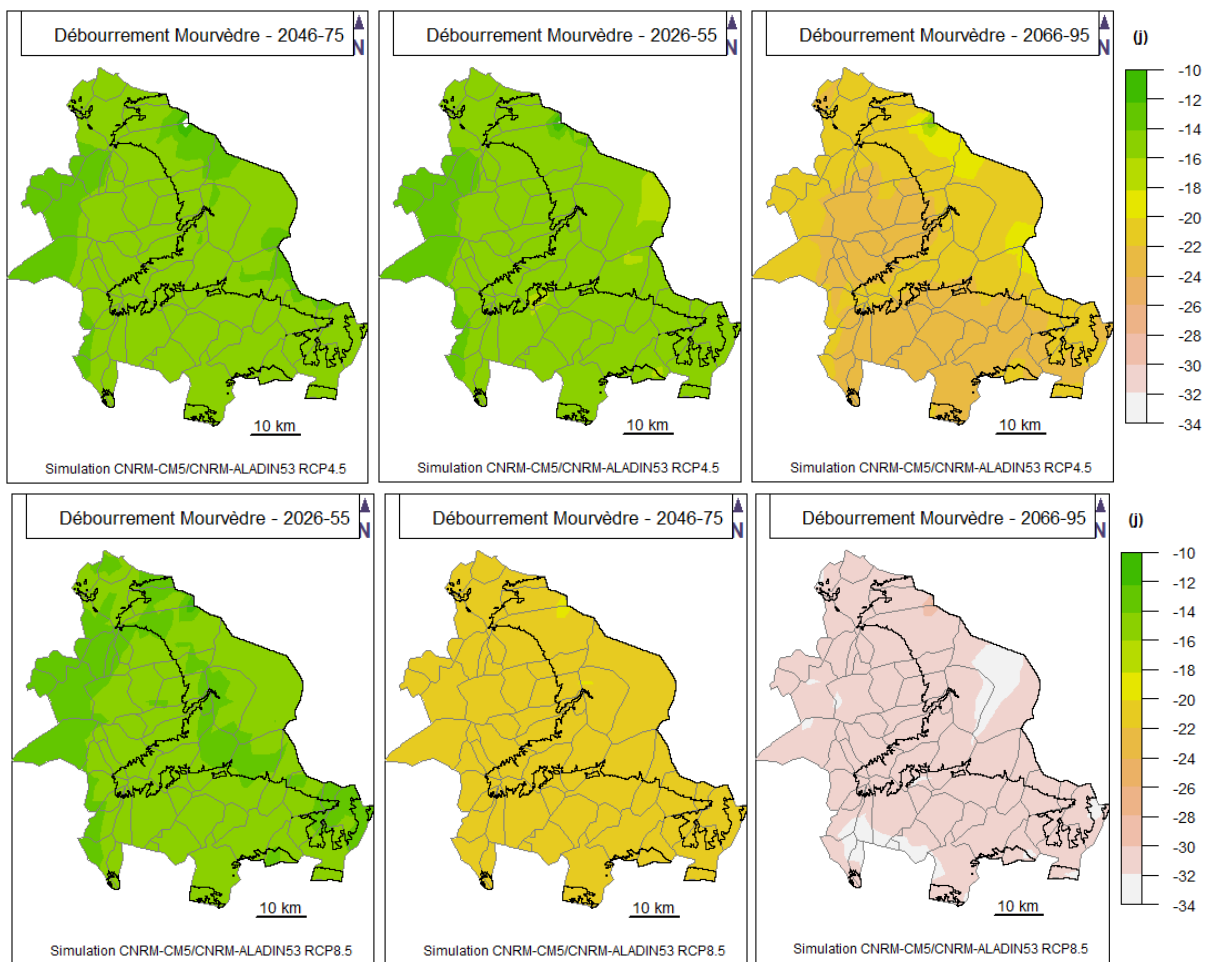
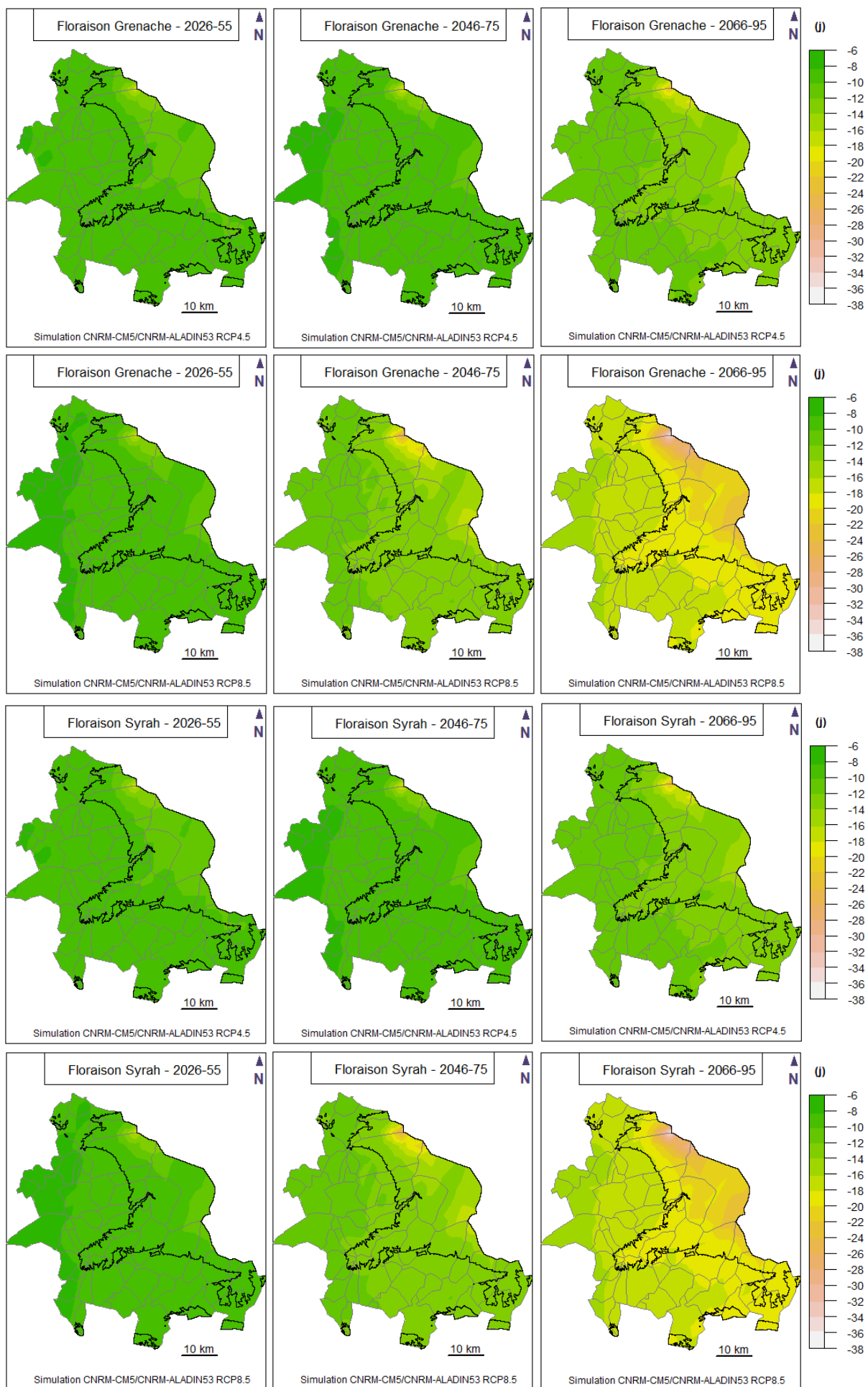


Figure 32. Evolution de l'anomalie (différence période future-période actuelle) des dates de débourrement des 3 cépages au cours du siècle en fonction des deux scénarios RCP utilisés.

La floraison est moins impactée, avec en moyenne en fin de siècle, une avancée de l'ordre de 12 à 22 jours selon les scénarios et cépages, sachant que la situation n'évolue que très lentement entre les deux premiers horizons temporels (Fig. 33). Par contre, et a contrario du débourrement, une distribution spatiale se dessine, avec gradient bien marqué en fonction de l'altitude, les plus basses étant moins sensibles.



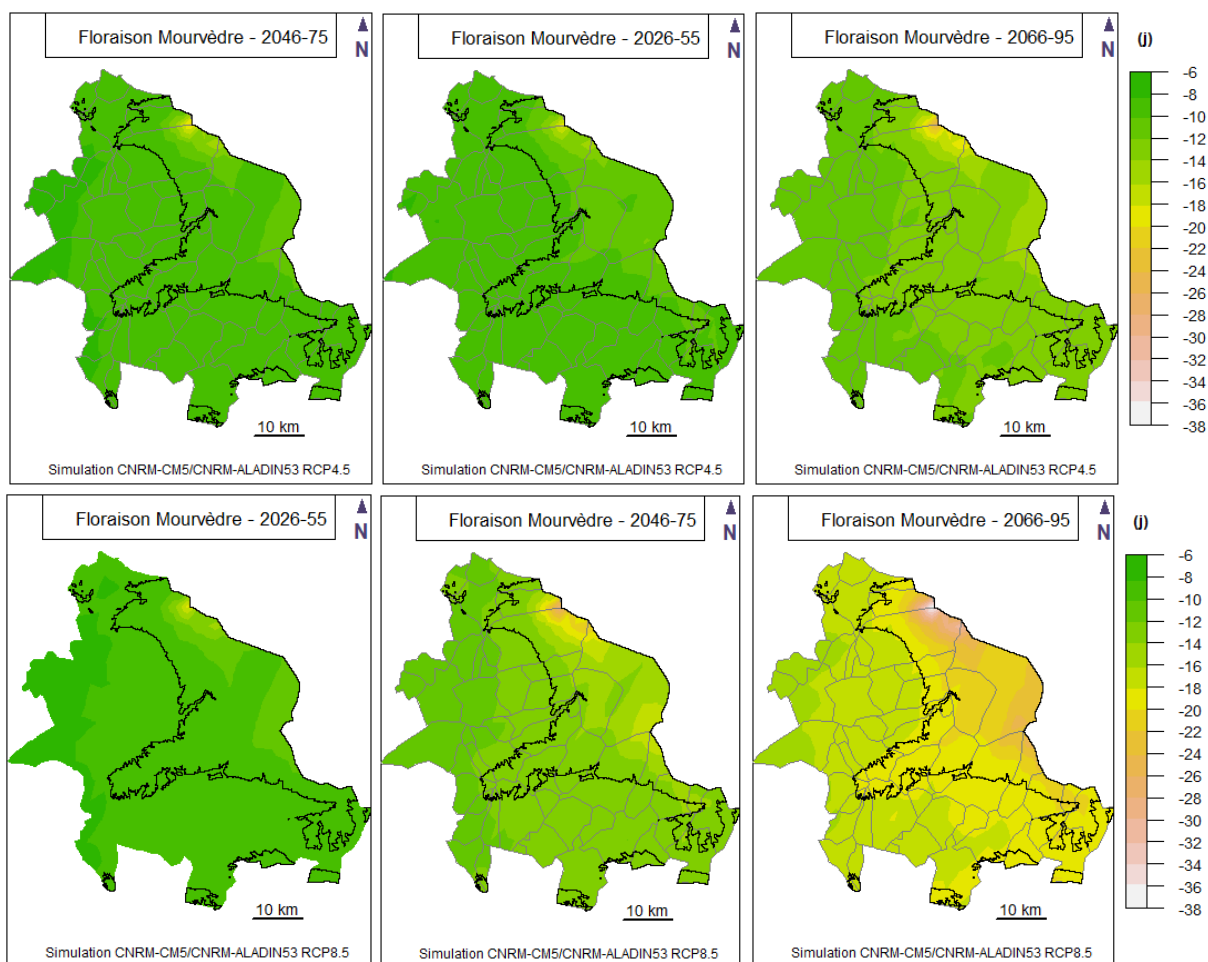
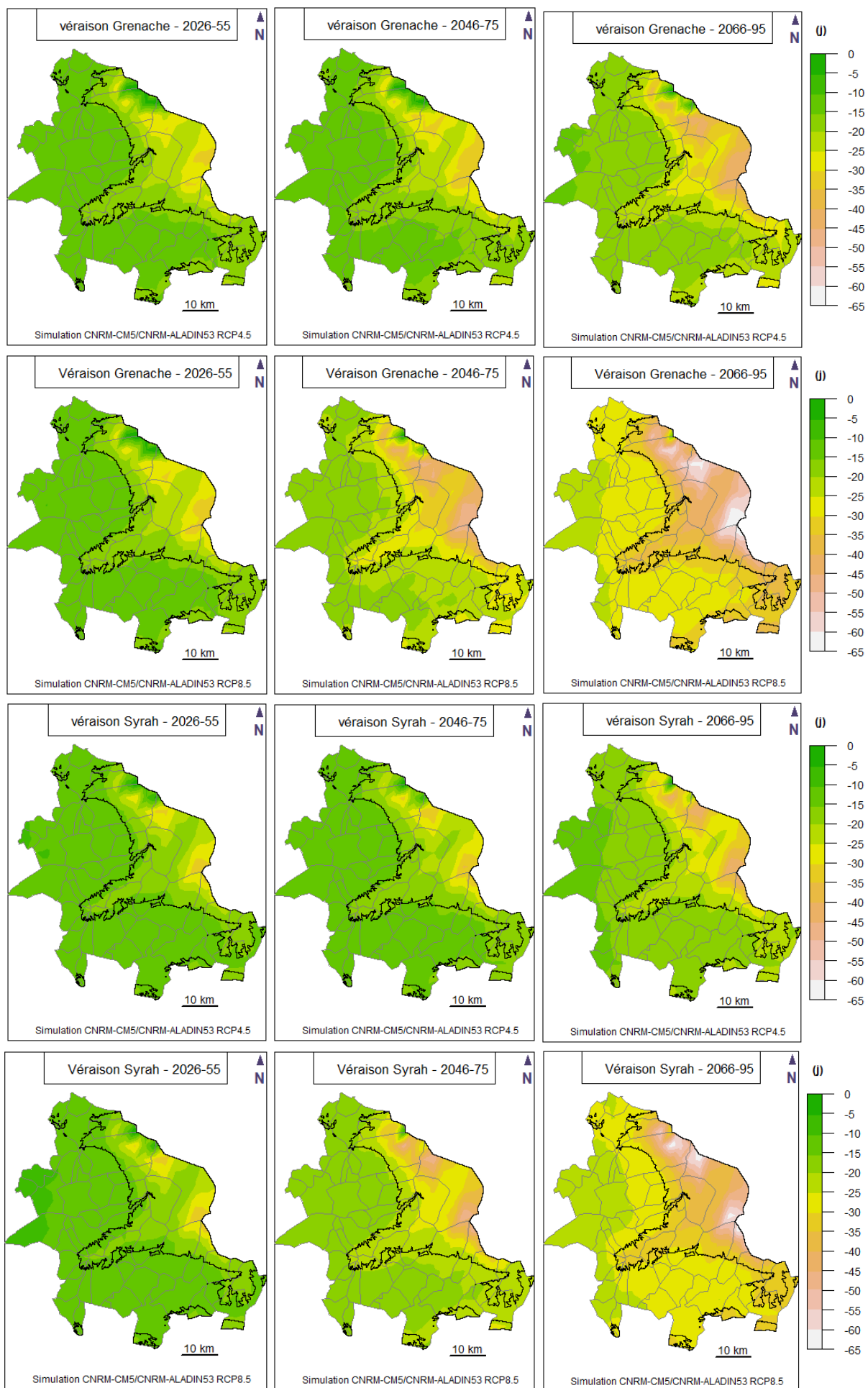


Figure 33. Evolution de l'anomalie (différence période future-période actuelle) des dates de floraison des 3 cépages au cours du siècle en fonction des deux scénarios RCP utilisés.

La véraison, enfin, est associée à un signal d'intensité maximale. En effet, en fin de siècle, les résultats convergent vers une avancée du stade de l'ordre de 20 à 50 jours dans les zones actuelles et potentielles de viticulture (Fig. 34). Si les cartes laissent apparaître des précocités de plus de 60 jours, celles-ci sont alors localisées aux altitudes les plus élevées, là où le sol et le climat ne se prêteront pas de toute façon à la viticulture. Pour les 3 cépages, en fin de siècle pour le scénario le plus chaud, la courbe de niveau 500m marque une limite nette, alors qu'il semble qu'elle se situe vers 700-800m avec le scénario RCP4.5.



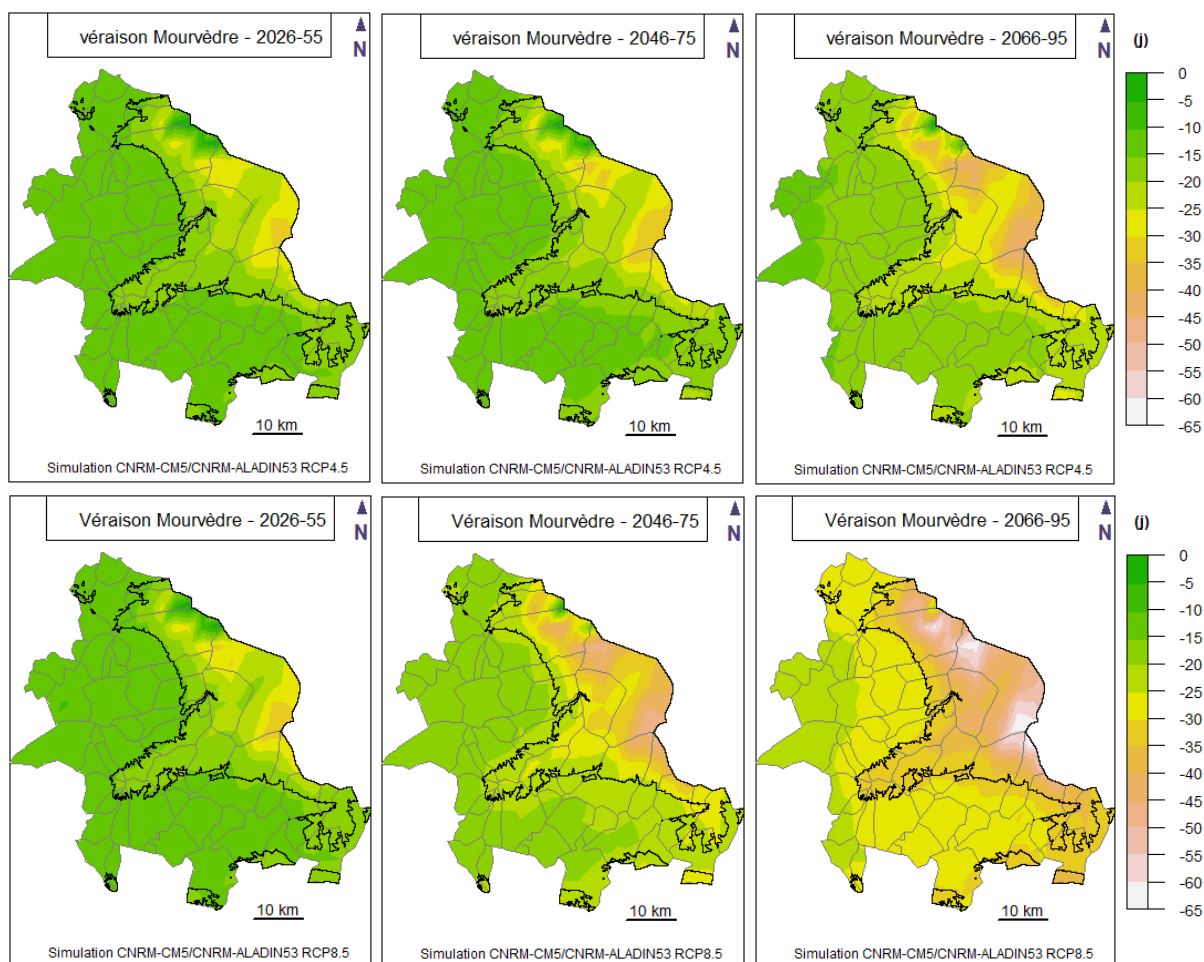
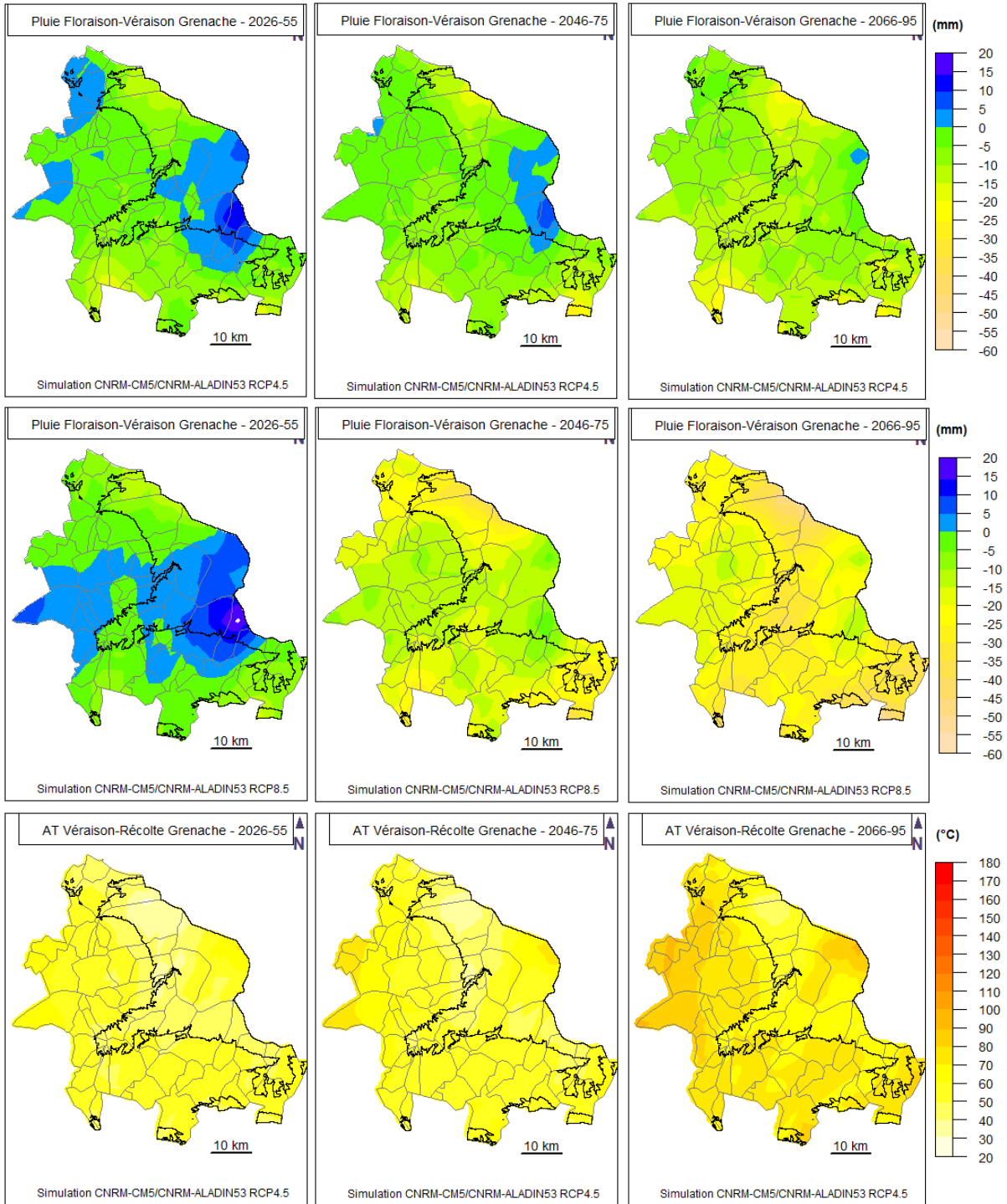


Figure 34. Evolution de l'anomalie (différence période future-période actuelle) des dates de véraison des 3 cépages au cours du siècle en fonction des deux scénarios RCP utilisés.

Les indicateurs climatiques calculés entre différentes phases mettent bien en évidence des problèmes de déficit hydrique possible uniquement en fin de siècle sous scénario RCP8.5, la situation restant quasiment normale en RCP4.5 (Fig. 35). Jusqu'en milieu de siècle, la situation pluviométrique ne devrait pas poser de réel problème, avec parfois des sous-zones qui pourraient être excédentaires grâce aux pluies printanières. En terme d'évolution de l'amplitude thermique cumulée entre la véraison et la récolte, le modèle projette jusqu'à quasiment 180°C supplémentaires en plaine avec le scénario RCP8.5 à l'horizon 2066-95 (100°C avec le RCP4.5), ce qui correspond presque, en terme de degrés-jours cumulés entre 10 et 20 jours ayant une température moyenne (journalière) de 20°C ! Le nombre de journées avec un risque sévère d'échaudage ($T_x > 35^\circ\text{C}$) entre la floraison et la récolte augmente aussi considérablement dans les basses altitudes au cours du siècle.



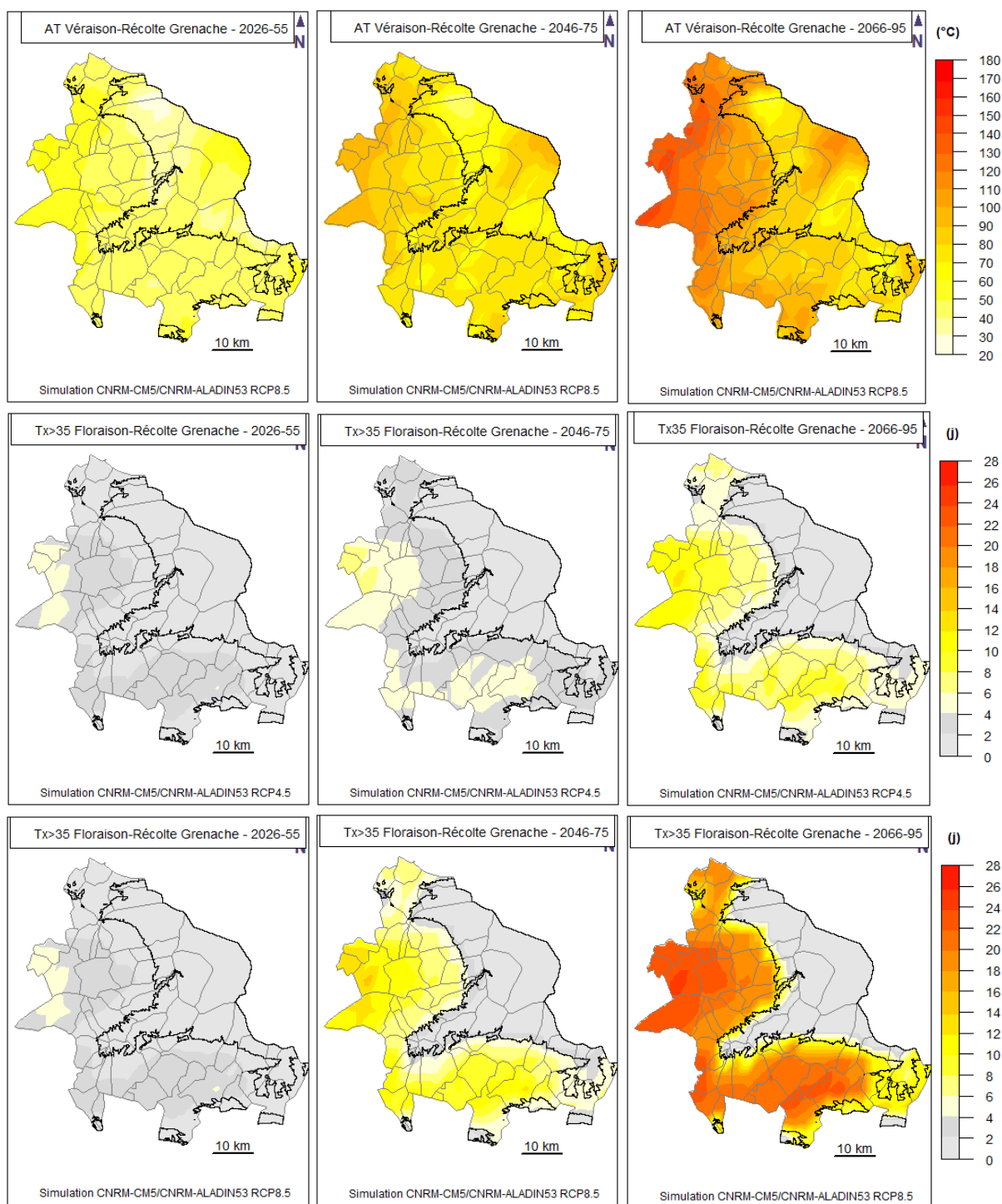


Figure 35. Evolution de l'anomalie (différence période future-période actuelle) d'indicateurs éoclimatiques (dont la période de calcul dépend de la phénologie, et sont donc différents d'une année à l'autre) au cours du siècle en fonction des deux scénarios RCP utilisés.

4.6. Millésime et climat futur

La même analyse qu'en climat présent a été menée en climat futur. Ainsi que les résultats l'ont montré, elle n'est pas utile pour relier le climat aux indicateurs de qualité et de rendement, mais reste pertinente pour caractériser l'évolution des années climatiques dans le temps et pouvoir les comparer. Nous avons donc repris la méthode (mêmes indicateurs pour la qualité et le rendement), en intégrant à la fois les climats moyens annuels des 15 sites en climat présent (référence SAFRAN 1960-2020)

et les projections futures des deux RCP sur la période 2021-2100. Les résultats mettent en évidence certains traits climatiques et confirment un certain nombre de conclusions tirées des analyses cartographiques précédentes (Fig. 36). Le caractère évolutif du climat - et pas uniquement variable - est de nouveau confirmé avec des nuages d'années futures bien distincts des années passées (surtout en RCP8.5). Si les années 2003 et 2019 restent encore une référence en terme d'année climatique exceptionnelle du fait des records de température, elles se situent au milieu des nuages de points des années futures (surtout sous le scénario RCP8.5) ce qui informe de l'intensité du réchauffement estival attendu et des conséquences possibles sur la viticulture. Même s'il ne faut pas voir les années en absolu (elles ne correspondent pas à des prévisions), on remarque que peu d'années dans le futur auront des comportements proches, au sens des indicateurs utilisés pour les caractériser, des années passées (une vingtaine au maximum sur les 80 représentées).

Des températures de plus en plus élevées et des épisodes de sécheresse estivale fréquents vont donc constituer le paysage climatique dans l'AOC Ventoux, tout au moins dans la zone de production actuelle.

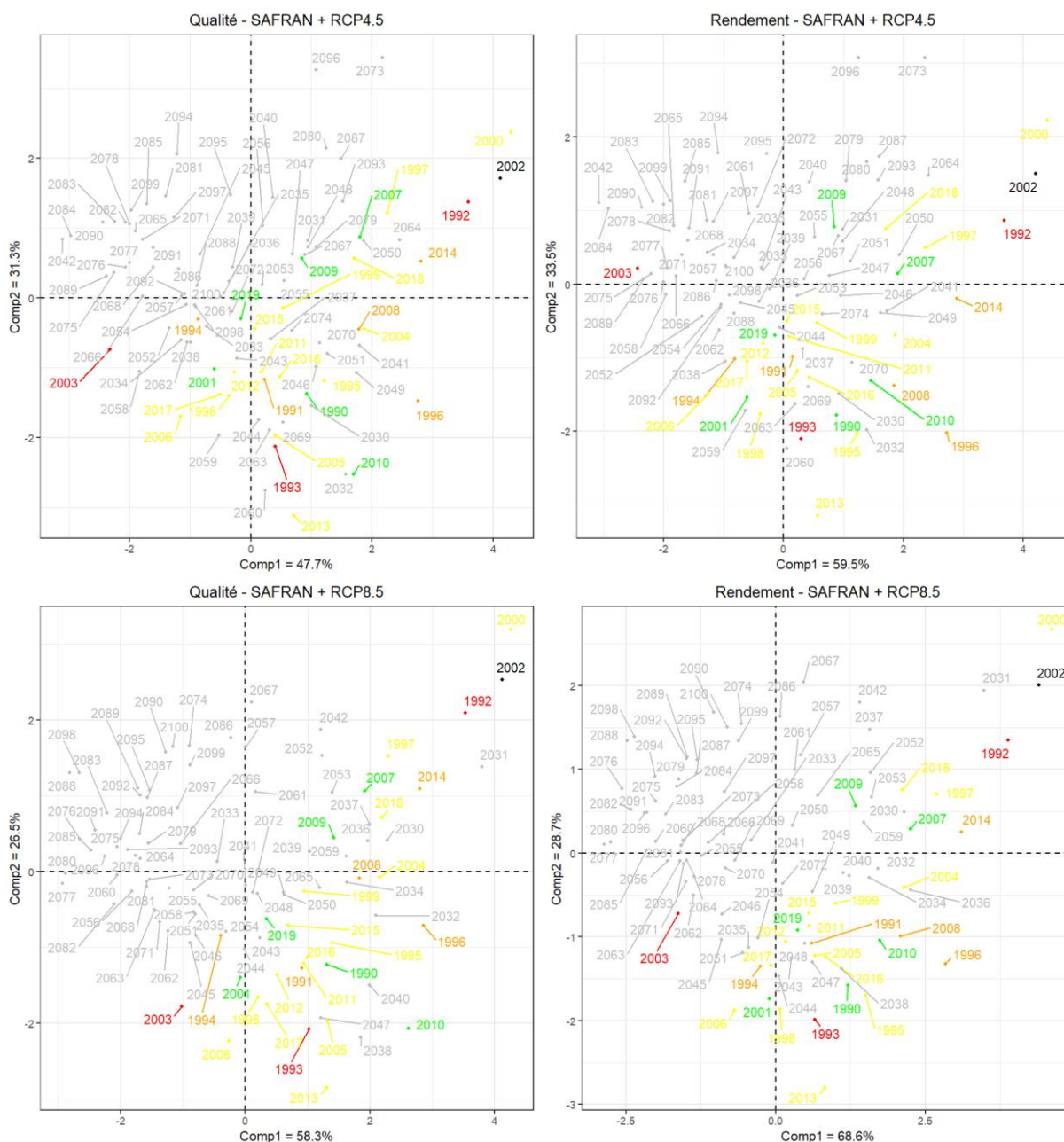
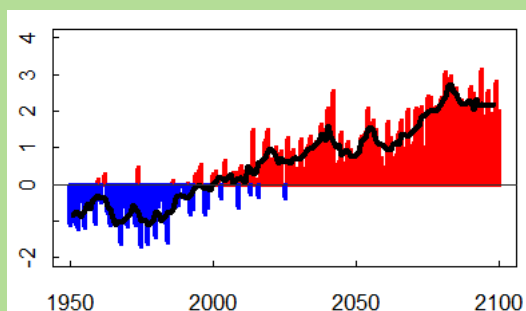


Figure 36. Résultats des différentes ACP pour caractériser les années actuelles et futures au sein de la zone de production traditionnelle de l'AOC Ventoux (à partir de 15 points)

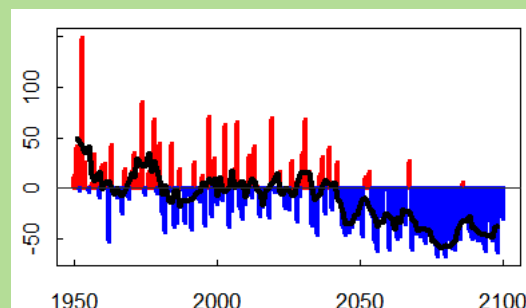
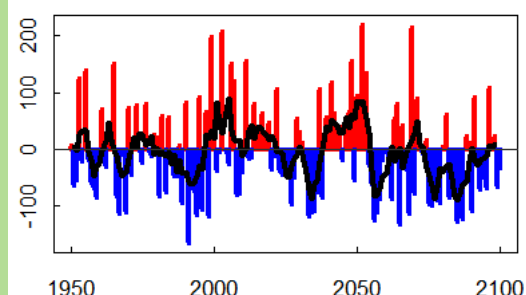


A retenir du climat futur

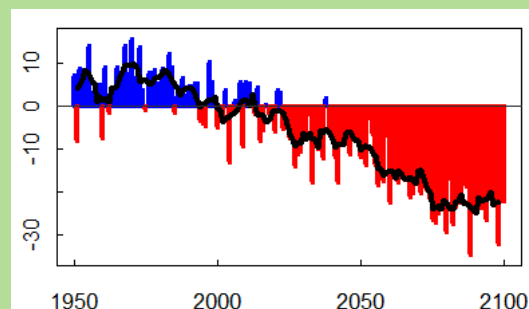
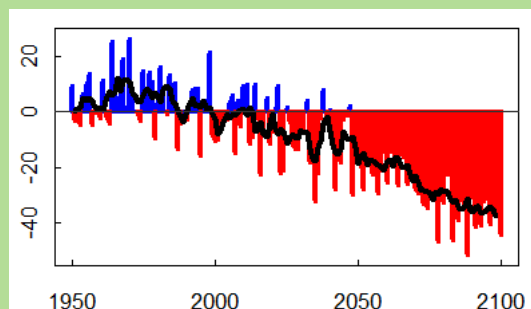
Le territoire de l'AOC n'échappe pas à l'évolution climatique prédite au niveau national et régional, voire sera plus affectée par un réchauffement (jusqu'à plus de 4°C dans le scénario RCP8.5 à l'horizon 2100) et la présence de sécheresses estivales plus intenses et fréquentes. En ce sens, il est important d'analyser la situation à échelle saisonnière car elle fait apparaître des situations différenciées. Ainsi, au niveau des précipitations, le signal annuel ne semble pas réellement marqué, mais est toutefois très significatif sur la saison estivale.



Anomalie (écart à la moyenne 1991-2020) de la température moyenne dans la zone de production sous scénario RCP4.5 (ci-contre), de la pluie annuelle (en bas à gauche) et estivale (en bas à droite) sous RCP8.5



En terme d'impact sur la viticulture, et en particulier sur sa phénologie, l'évolution déjà entrevue en climat passé et présent se poursuit, avec une précocité « climatique » plus importante du débourrement par rapport à la véraison.



Anomalie (écart à la moyenne 1991-2020, en jours) moyenne de la date de débournement du grenache (gauche) et de véraison du syrah (droite) dans la zone de production actuelle selon le scénario RCP8.5 (à partir d'un modèle empirique calé sur des données actuelles)

Chapitre 5. Migration et adaptation climatique

Les conclusions du chapitre précédents ont montré que la zone de production actuelle à l'intérieur de l'AOC Ventoux allait être affectée par le réchauffement climatique et l'augmentation de sécheresses estivales. A partir du milieu de siècle, elles peuvent affecter la viticulture en terme de qualité et de quantité sans stratégie d'adaptation. Mais cette zone est réduite au sein de l'AOC Ventoux, et le territoire peut offrir, du fait notamment de son gradient altimétrique, des possibilités d'adaptation climatique.

L'idée est donc d'explorer ces nouveaux territoires, d'analyser leurs potentialités climatiques et le cas échéant tenter d'estimer à quelles échéances ils peuvent reproduire les conditions climatiques de la zone de production actuelle. Pour ce faire, plusieurs approches méthodologiques sont utilisées. Dans un premier temps, le territoire de l'AOC Ventoux a été découpé 3 zones : 1) en deçà de 500m (zone de production actuelle), 2) entre 500 et 1000m pour analyser la faisabilité future, et 3) au-dessus de 1000m que l'on exclut. La démarche va donc consister ici à comparer le climat futur des deux scénarios RCP de la zone 500-1000m au climat présent de la zone de production actuelle afin de visualiser si, où, et à partir de quand des traits communs voient le jour (Fig.37).

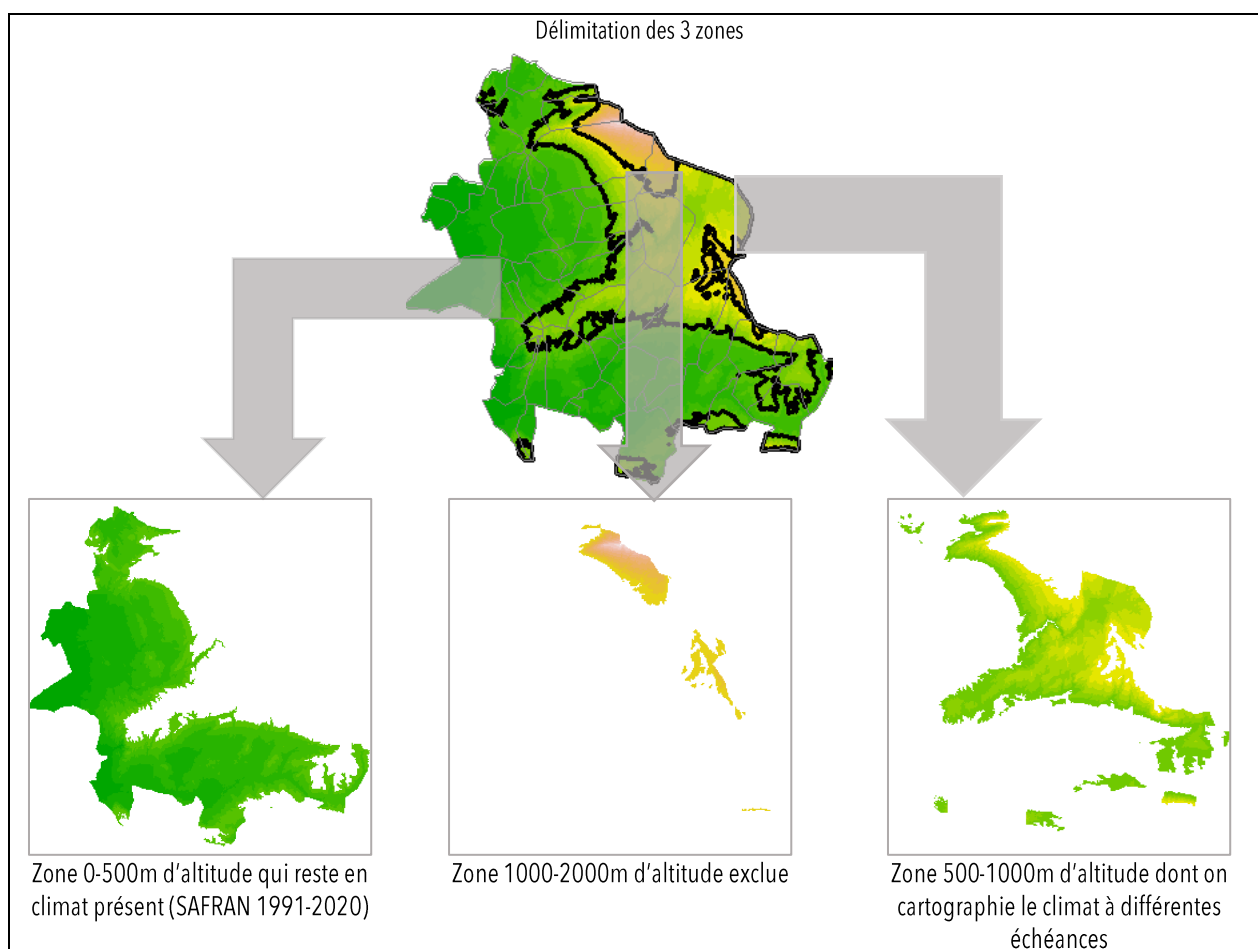


Figure 37. Première démarche utilisée pour étudier les potentialités climatiques en altitude en climat futur

Les résultats présentés sur un certain nombre d'indicateurs permettent de bien caractériser les potentialités climatiques futures dans la tranche d'altitude 500-1000m.

La pluviométrie ne semble pas être un facteur limitant à l'avenir dans la bande 500-1000m sauf en période estivale à partir de la seconde moitié de siècle avec le scénario RCP8.5 pour lequel on note un déficit de l'ordre de 30 à 50 mm par rapport à la zone de production actuelle et en début de siècle (Fig. 38).

Concernant les températures (moyennes, minimales et maximales), seule la frange basse (500-600m d'altitude) peut apparaître limitante (trop chaude en fin de siècle) avec le scénario 8.5 (Fig. 39 à 41). Plus en altitude, le refroidissement global associé à l'élévation de l'altimétrie compense largement le réchauffement projeté. C'est moins le cas avec le RCP 4.5, pour lequel cela semble difficile au-dessus de 800m. Toutefois, les résultats sont en comparaison avec la période actuelle, et le climat serait donc plus proche de la période précédant les années 1990, au cours de laquelle la viticulture était « bioclimatiquement » bien adaptée.

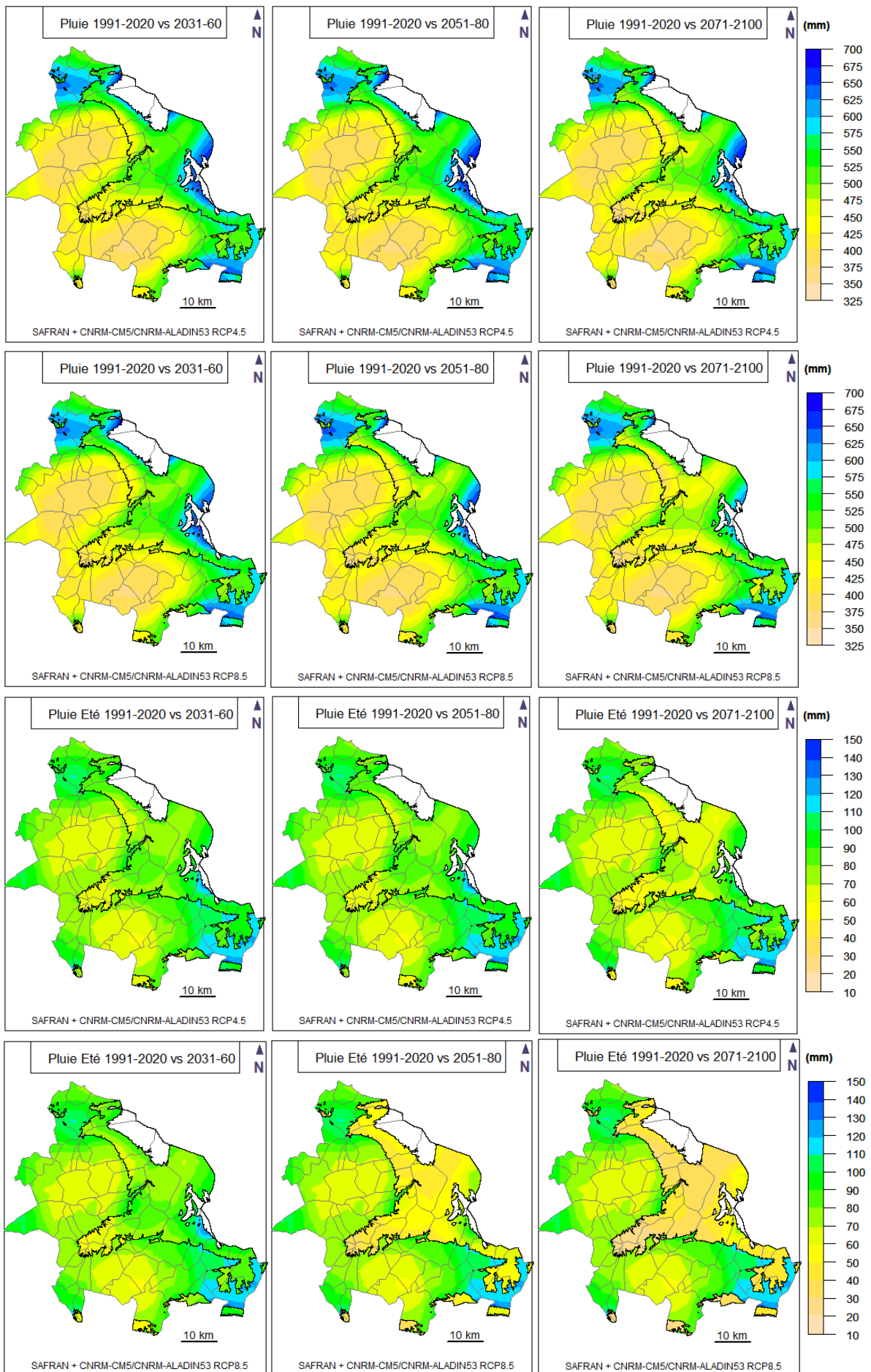


Figure 38. Comparaison de la pluie actuelle sous 500m d'altitude et future dans la bande 500-1000m

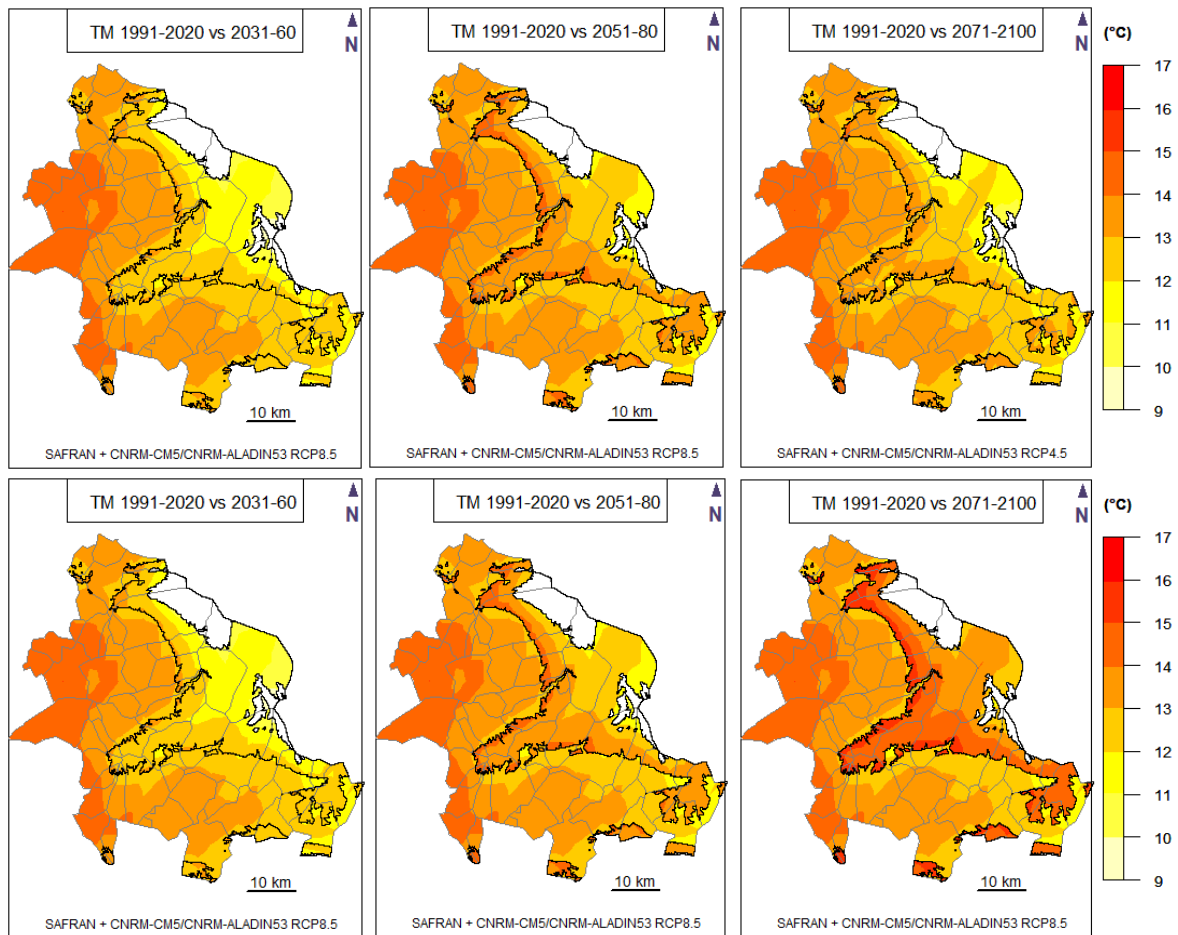


Figure 39. Comparaison des températures moyennes actuelles sous 500m d'altitude et futures dans la bande 500-1000m

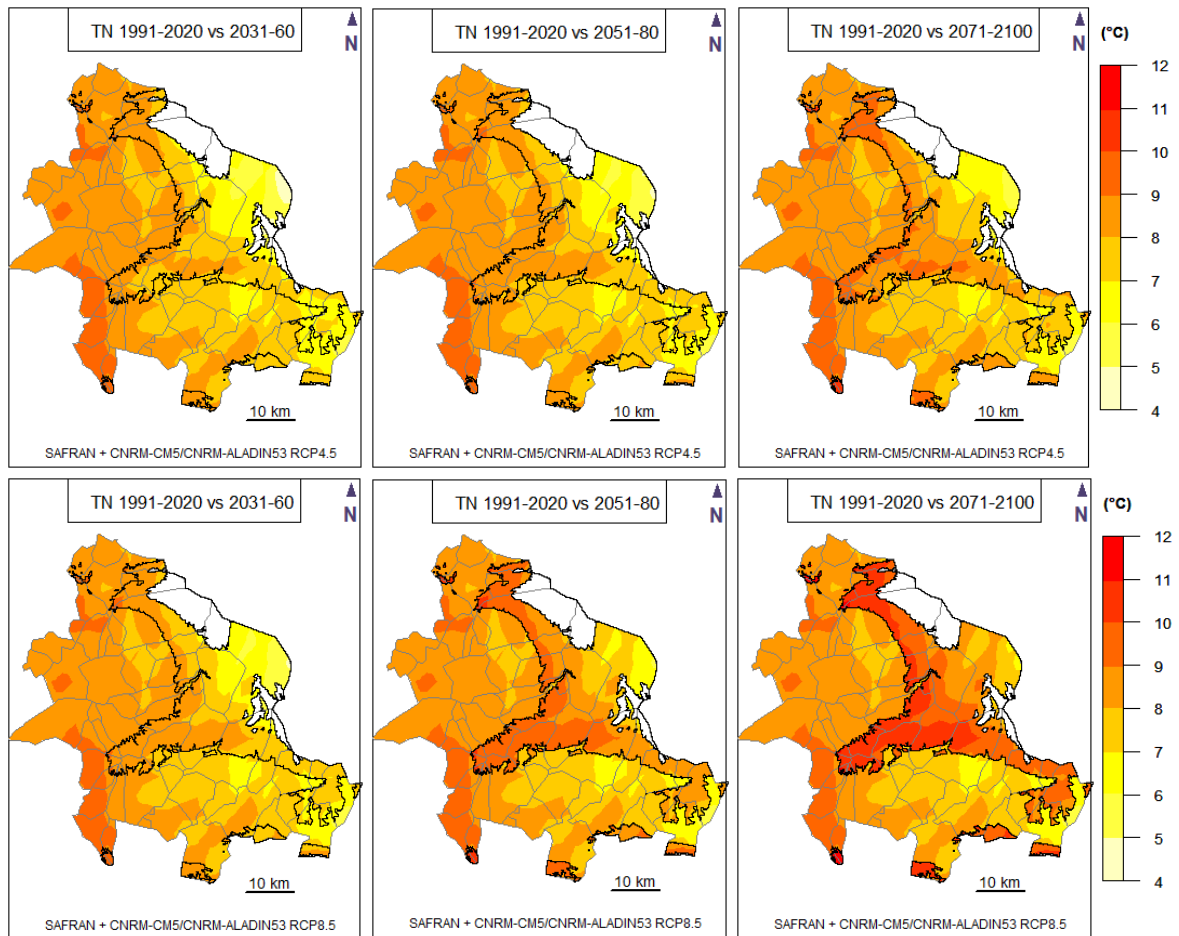


Figure 40. Comparaison des températures minimales actuelles sous 500m d'altitude et futures dans la bande 500-1000m

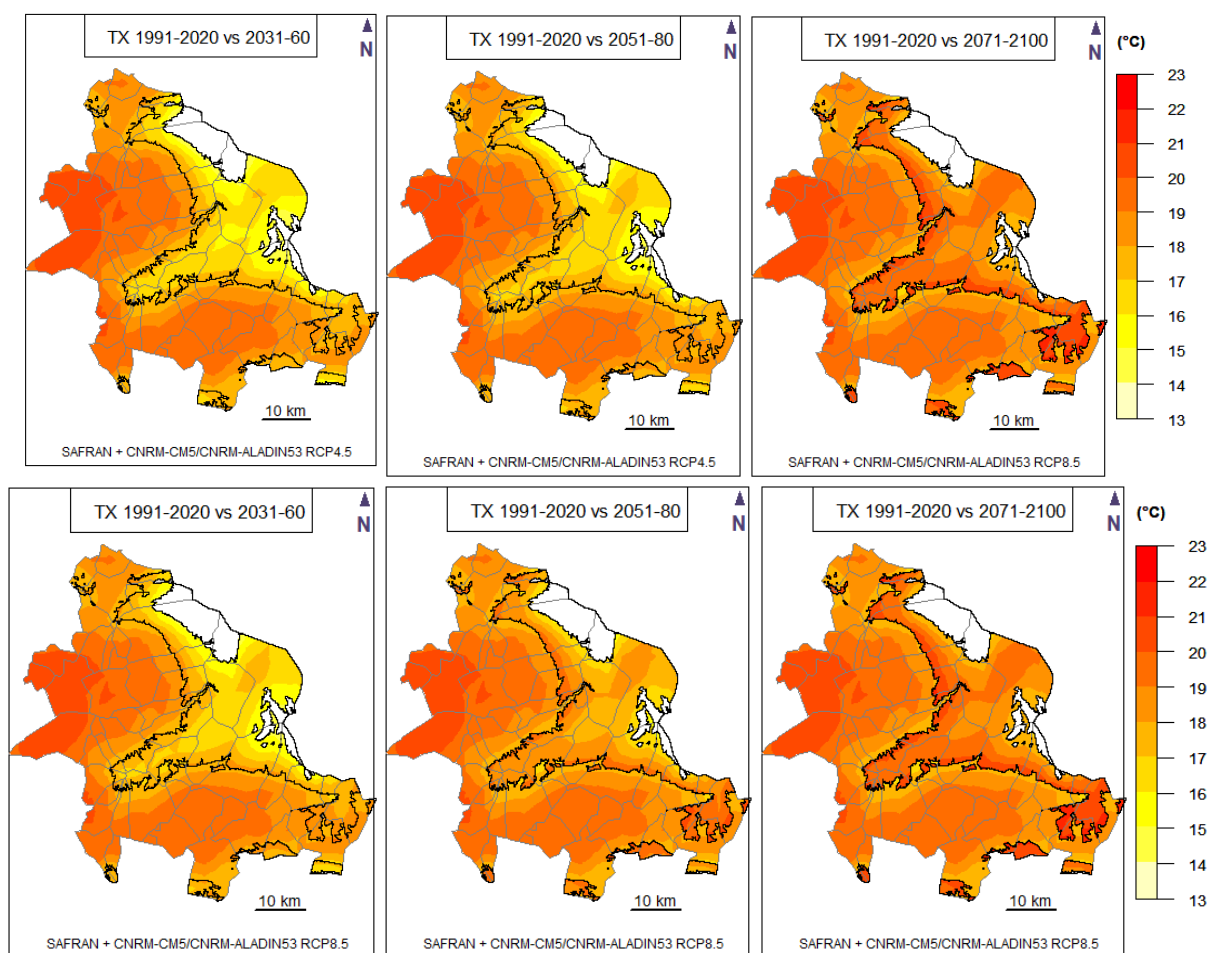


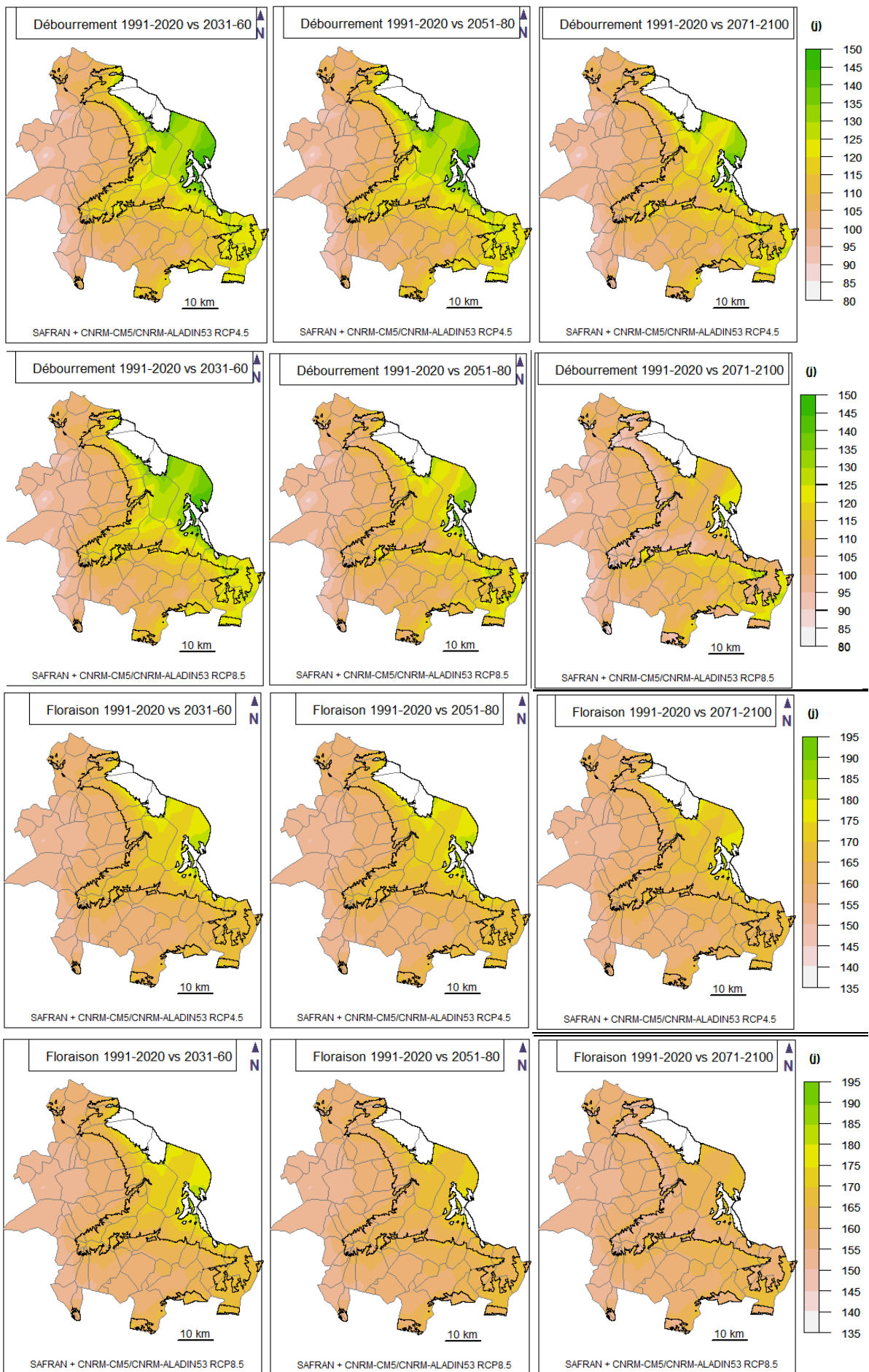
Figure 41. Comparaison des températures maximales actuelles sous 500m d'altitude et futures dans la bande 500-1000m

En terme de phénologie, les résultats, présentés uniquement à partir du modèle adapté au grenache, permettent de visualiser d'avantage les relations entre les conditions climatiques et développement de la vigne.

Il reste encore des différences pour le débourrement à échéance 2031-60 à partir de 800m pour les deux scénarios, puis encore à échéance 2051-2080 en RCP4.5 avec des stades qui ne peuvent survenir théoriquement qu'après la mi-mai (Fig. 42). Mais il est important de remarquer que les dates de débourrement estimées avec le RCP8.5 aux altitudes les plus élevées (donc vers 900-1000m) sont du même ordre que celles observées durant les dernières années dans la zone de production.

Plus significatifs, les dates de floraison en altitude (au-dessus de 700m) tendent à converger vers celles rencontrées en période actuelle sur l'ensemble du territoire, et donc en altitude, vers 2050-2060 avec le scénario RCP8.5 et une vingtaine d'années plus tard avec les RCP4.5. Il en est de même avec la véraison.

Ces résultats montrent que l'intensité du réchauffement à venir dans les prochaines années va plus ou moins (selon le scénario RCP) largement compenser, la décroissance de la température avec l'altitude et ainsi permettre de retrouver en altitude des traits phénologiques comparables à ceux rencontrés dans la zone de production ces dernières années. Cela ouvre donc de réelles perspectives en terme d'adaptation.



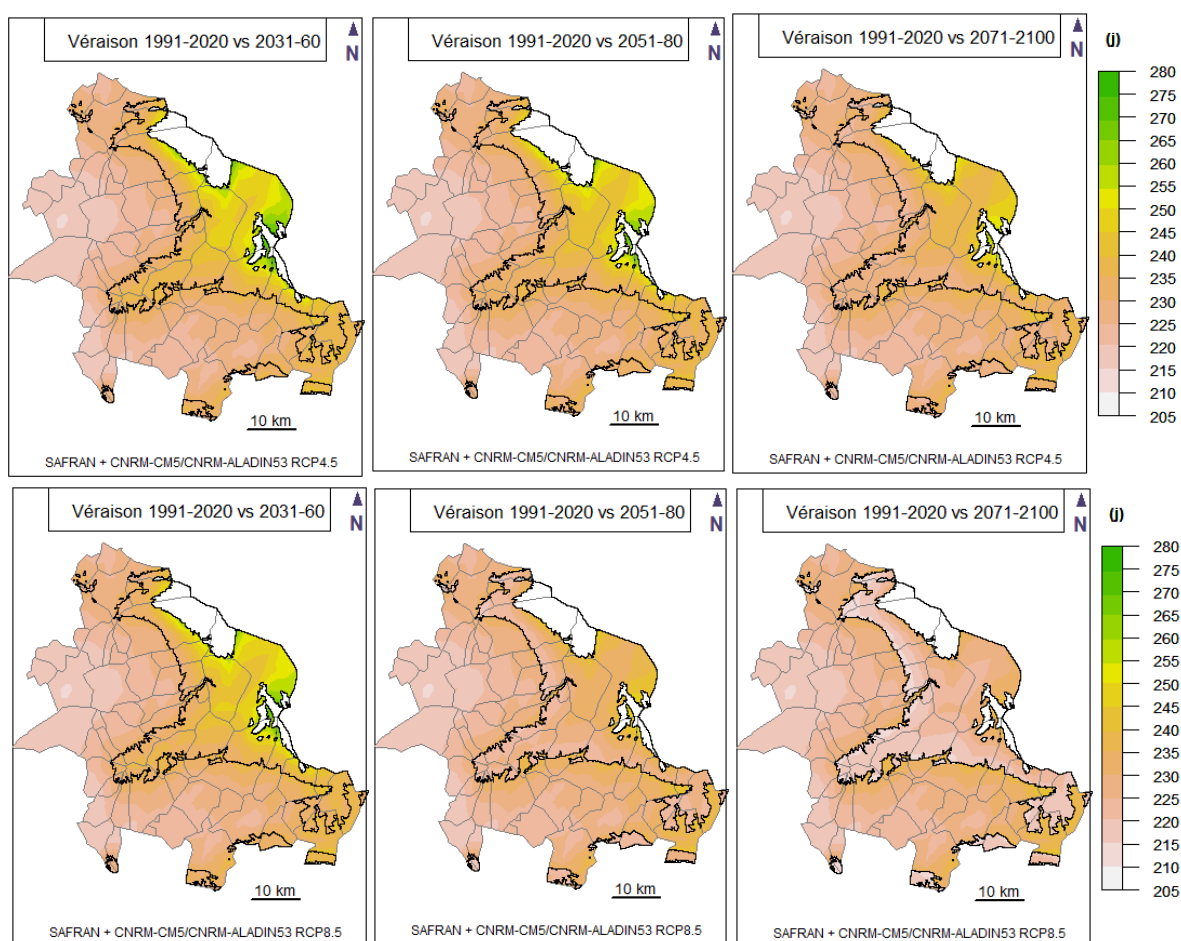


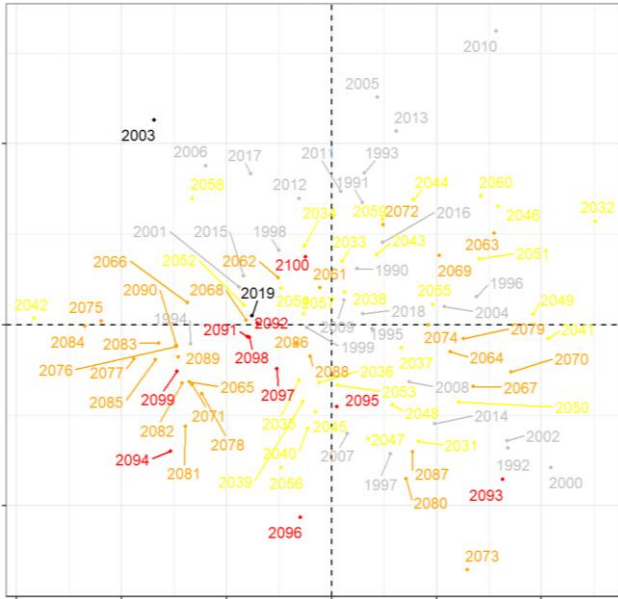
Figure 42. Comparaison des stades phénologiques du grenache, actuelles sous 500m d'altitude et futures dans la bande 500-1000m

La seconde approche consiste à réaliser de nouveau une ACP en combinant les années passées des 15 sites représentatifs de la zone de production actuelle et les années futures (à partir de 2031) pour chaque tranche d'altitude de 100m : 500-600, 600-700m, 700-800 et 800-900m d'altitude. Pour plus de simplicité, seuls les indicateurs utilisés pour caractériser la qualité ont été exploités.

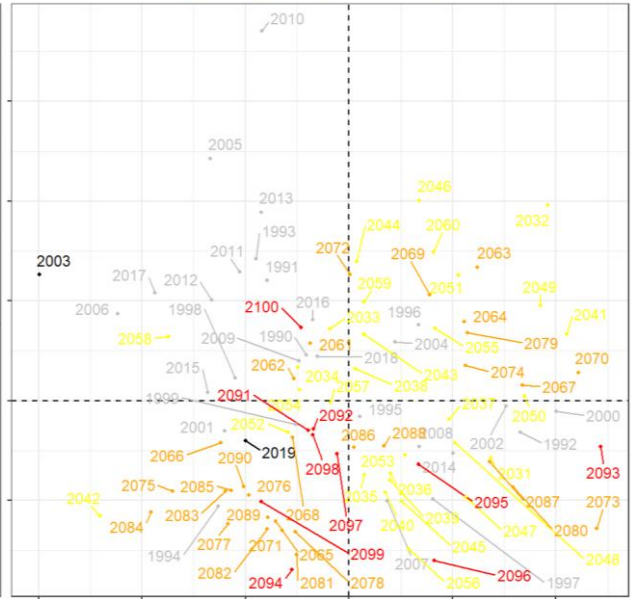
En RCP4.5, les résultats montrent bien que les bandes 500-600, 600-700 et 700-800m (dans une moindre mesure) sont caractérisés par un climat assez semblable au climat récent des 15 points de la zone de production actuelle jusqu'en 2060 environ, puis les années suivantes (fin de siècle) semblent se détacher (Fig.43). Cette évolution est plus tardive à partir de 800m d'altitude (vers 2080 environ). A partir de 900m, on voit de nouveau que les conditions actuelles de basse altitude sont plus difficiles à rencontrer, même en fin de siècle. L'année 2003 se distingue toujours, pas uniquement pour son niveau de canicule (d'autres années vont connaître des températures estivales plus importantes), mais plutôt en raison de la combinaison des variables climatiques (peu de pluie pendant la période considérée, une date de véraison assez précoce mais aussi la présence d'un nombre important de gelées).

Sous scénario RCP8.5, la situation est évidemment différente avec un paysage climatique rapidement modifié dans les deux premières tranches d'altitude. Entre 700 et 900m, les années futures convergent assez rapidement également vers le climat actuel de la zone de production.

500-600m - SAFRAN + RCP4.5



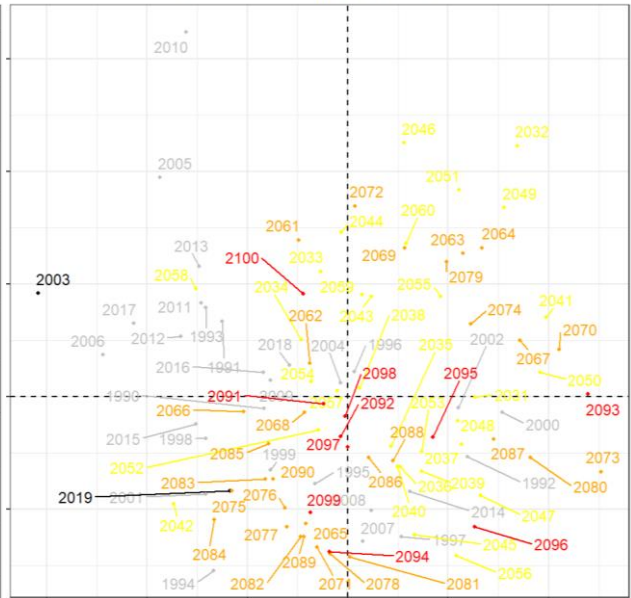
600-700m - SAFRAN + RCP4.5



700-800m - SAFRAN + RCP4.5



800-900m - SAFRAN + RCP4.5



900-1000m - SAFRAN + RCP4.5



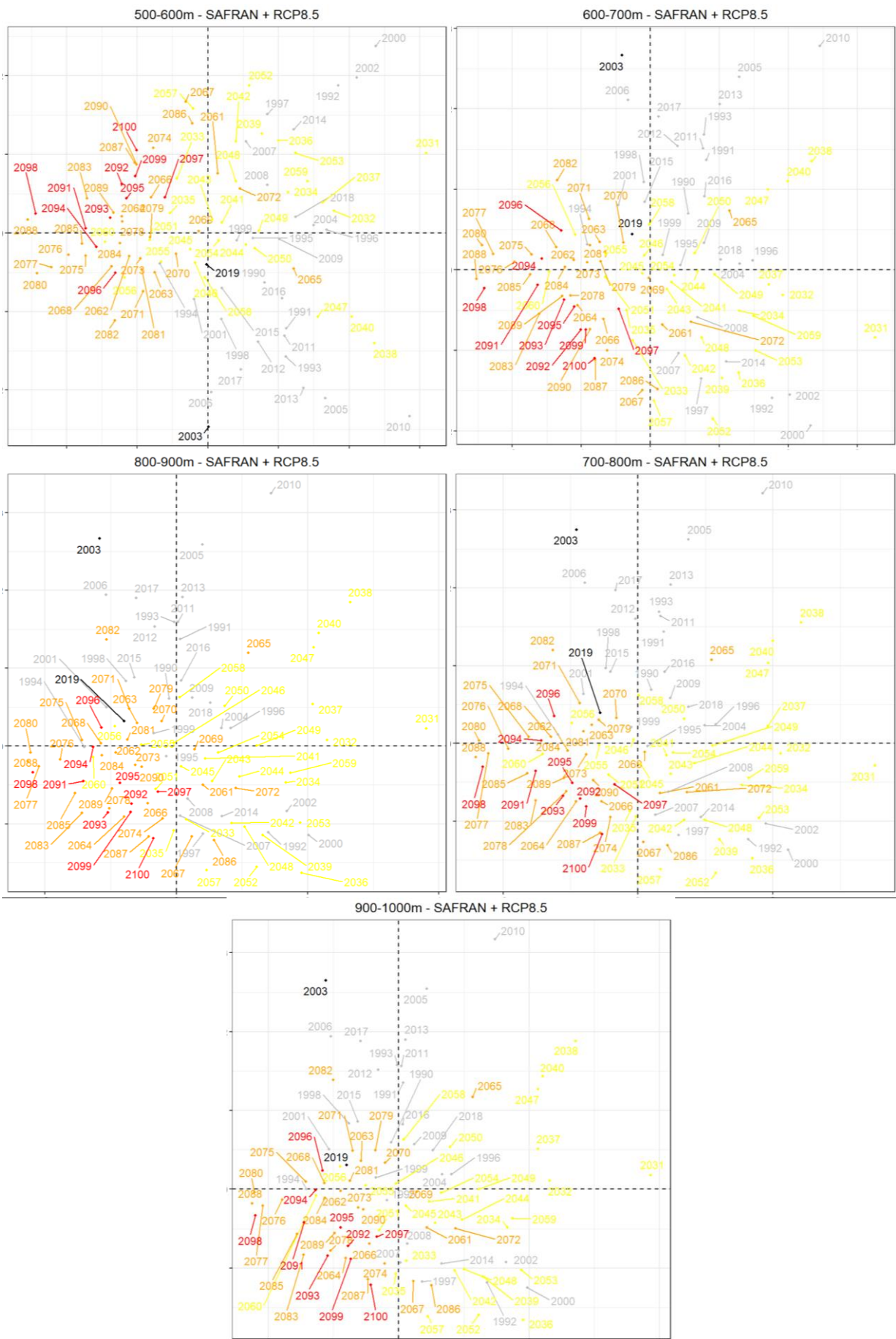
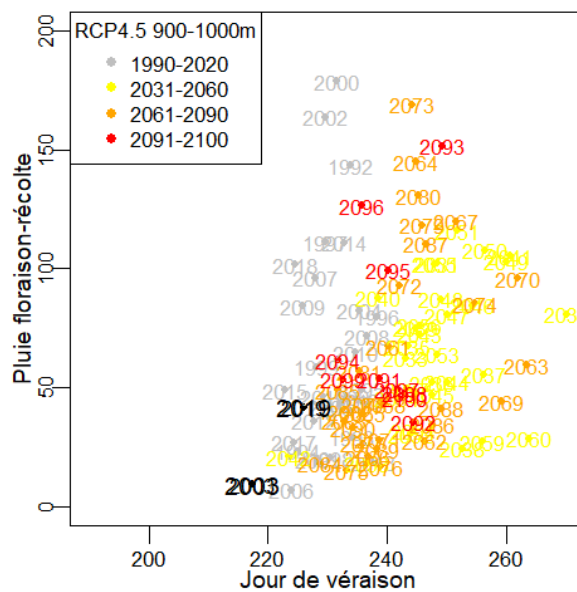
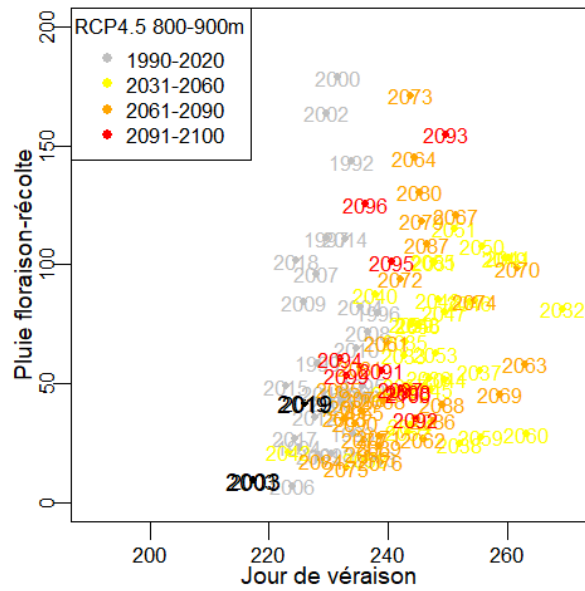
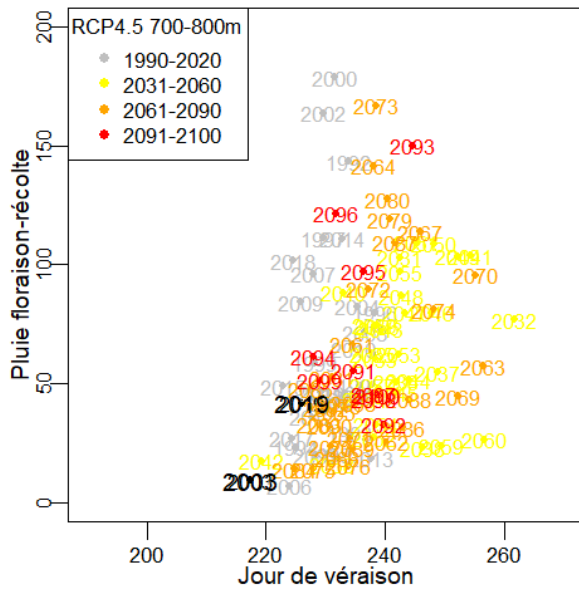
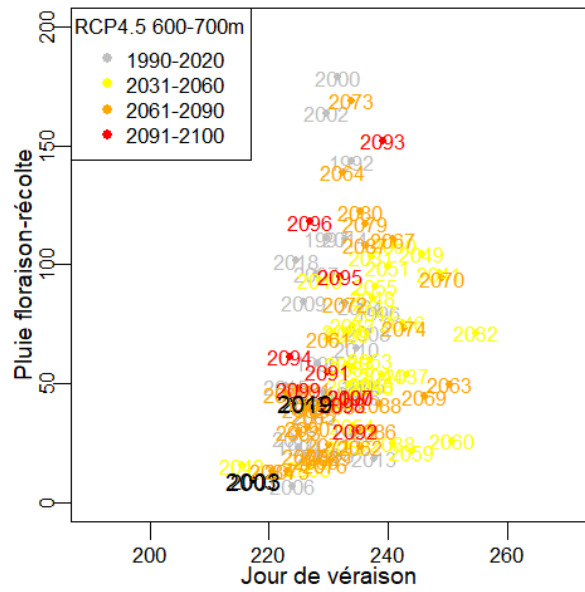
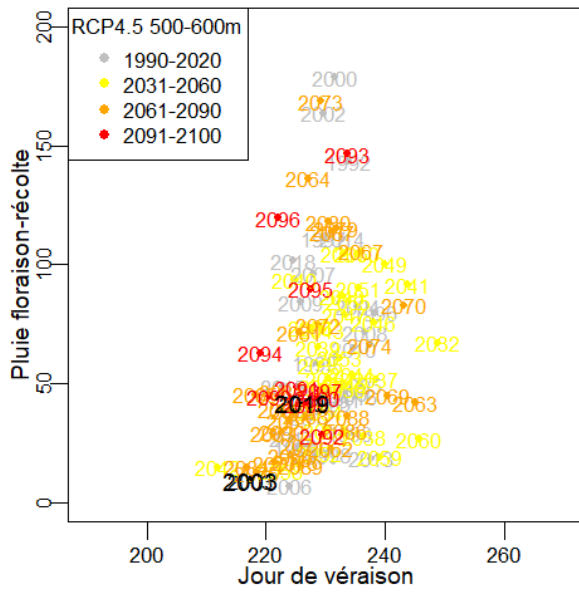


Figure 43. ACP du climat des années passées de la zone de production (gris) et futures (jaune : 2031-60, orange : 2061-90, rouge : 2091-2100) sous différents scénarios et tranches d'altitude

L'interprétation reste toutefois délicate mais la position des années entre-elles permet de confirmer les conclusions des cartes et la possibilité de retrouver des conditions climatiques semblables à celle de la zone de production actuelle à partir de 700m dans un avenir assez proche. Pour compléter et mieux visualiser les évolutions du climat sur chaque tranche d'altitude en comparaison avec le climat présent de la zone de production actuelle, des graphes à deux dimensions représentant les années climatiques par leur date de véraison et la pluie totale entre la floraison et la véraison (Fig.44) ainsi qu'entre le nombre de jours de gel au cours du premier semestre et la température maximale cumulée entre la véraison et la récolte ont été réalisés (Fig. 45). Les résultats sont également présentés sous forme de tableaux de données en annexe.



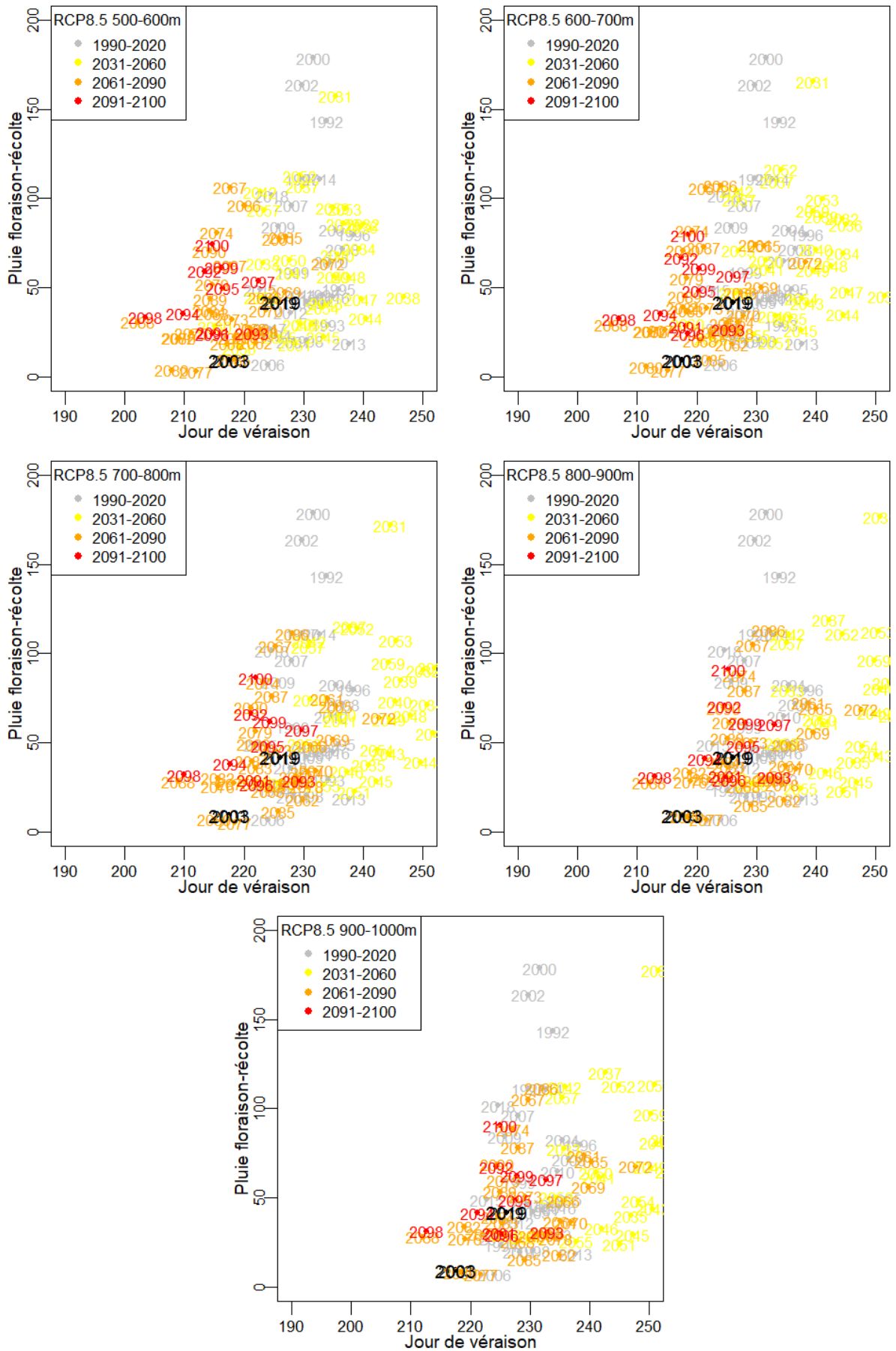
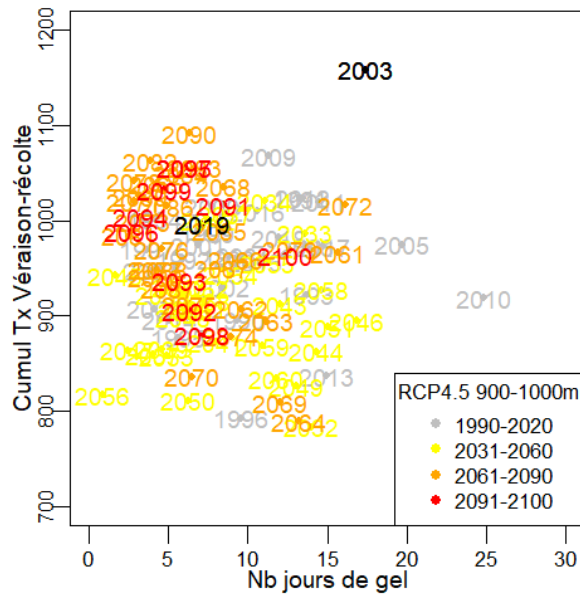
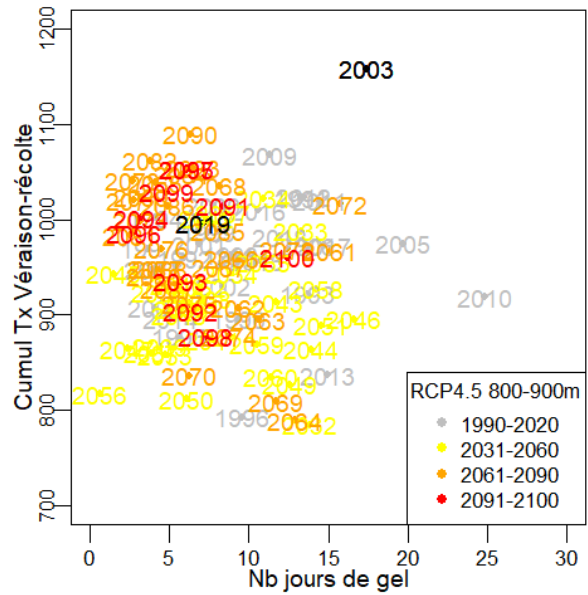
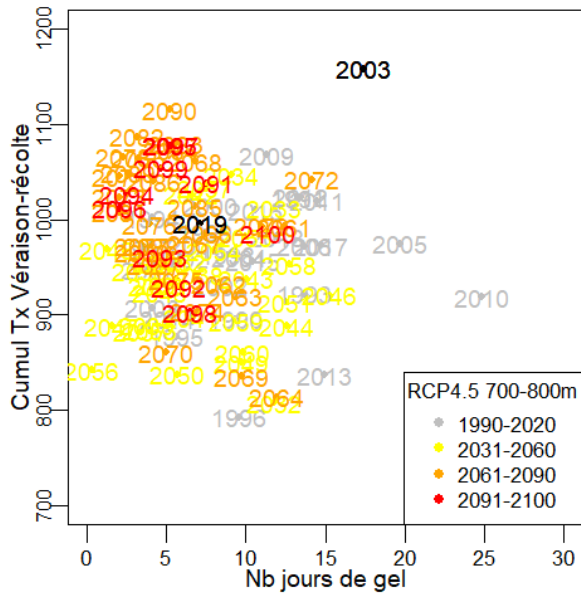
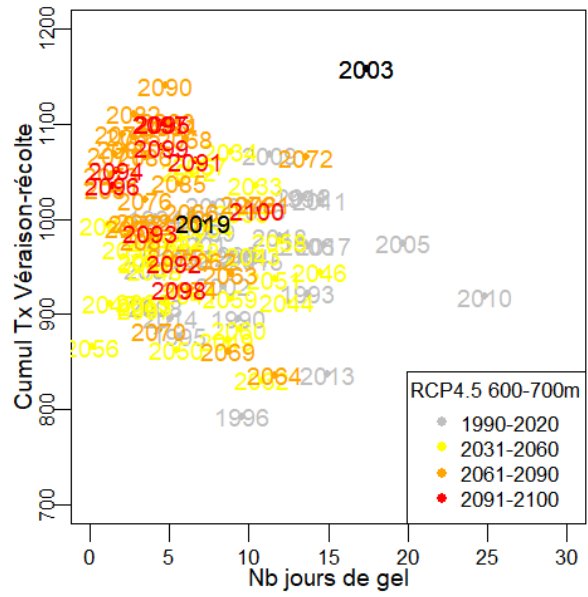
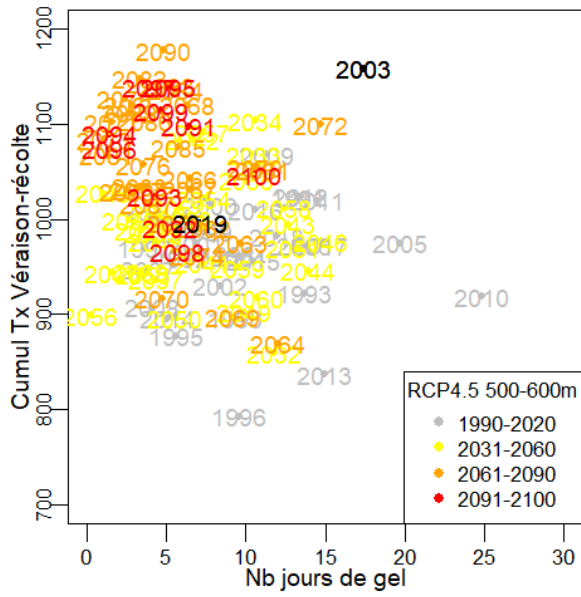


Figure 44. . Comparaison de la date de véraison et la pluie floraison-récolte des années passées de la zone de production (gris) et futures (jaune :2031-60, orange : 2061-90, rouge : 2091-2100) sous différents scénarios et tranches d'altitude



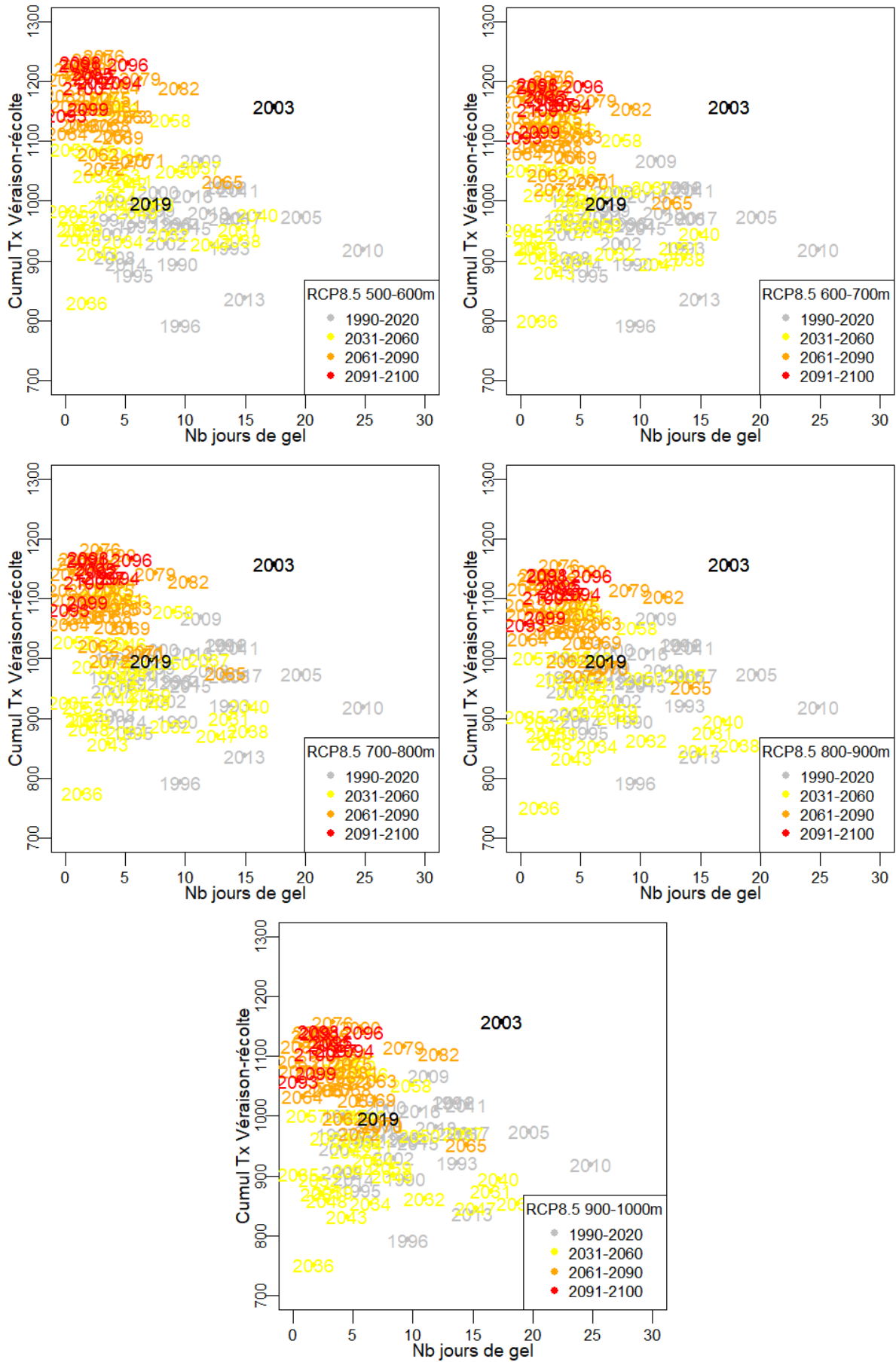


Figure 45. Comparaison du nb de jours de gel et la Tx cumulée floraison-récolte des années passées de la zone de production (gris) et futures (jaune :2031-60, orange : 2061-90, rouge : 2091-2100) sous différents scénarios et tranches d'altitude

Sous scénario RCP4.5, le premier résultat concerne les précipitations qui restent dans la gamme observée sous les 500m. Des situations exceptionnellement sèches passées (tout au moins dans la période floraison-véraison), comme 2003 ou 2006, le resteront à l'avenir, ce qui signifie que ce paramètre ne deviendra pas limitant. La date de véraison en climat futur est, en zone 500-600m, très proche de ce que l'on a pu observer plus bas ces dernières années. Les décalages temporels deviennent réellement significatifs au-delà de 800m où l'on peut avoir une quinzaine de jours de retard un peu avant 2050, et à moins une dizaine en moyenne dans la seconde moitié du siècle.

En terme de risques de gel, on note d'une part qu'il diminue rapidement dans le futur, même simplement entre 500 et 600m d'altitude qu'il faille remonter au-delà de 900m pour qu'il soit au niveau du risque présent dans la zone de production classique, et encore, uniquement dans la première fenêtre temporelle 2031-2060. Il ne s'accroît pas avec l'altitude de façon significative. En fin de siècle, le risque est très faible, de l'ordre de 7 jours et moins. Concernant les températures maximales cumulées entre la véraison et la récolte, on s'aperçoit qu'il faille être au-delà de 600m dans la première période future, puis au-delà des 900m dans la seconde et troisième pour retrouver les niveaux du climat présent. Ainsi, sous ce scénario, le climat de la zone d'altitude inférieure à 500m semble se retrouver quasiment dès la deuxième moitié du siècle à partir de 800m.

Sous scénario RCP8.5, la situation est différente sauf pour les précipitations, ce qui n'est pas surprenant compte tenu de tous les résultats précédents. Les écarts sont réellement importants sur la date de véraison. Ainsi dans la seconde moitié du siècle, les dates seraient, toutes choses égales par ailleurs, encore plus précoces qu'actuellement (environ 10 jours) jusqu'à 700m d'altitude. A partir de 800m, les dates actuelles et futures sont du même ordre en fin de siècle, mais seraient plus tardives d'environ 10 maximum jusqu'en 2050.

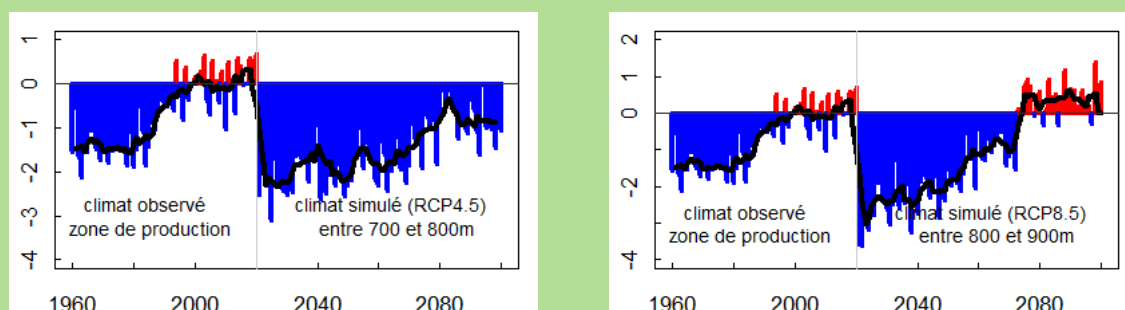
En fin de siècle, pour toutes les altitudes, les épisodes de gel (hiver et printemps) restent très limités et en deçà de ce que l'on a pu observer ces dernières années dans la zone de production, et concernent en moyenne moins de 5 jours par année. Les températures maximales cumulées entre la véraison et la récolte jusqu'à 2050 sont en moyenne légèrement supérieures à la période actuelle jusqu'à 900m. Elles restent équivalentes au-delà même si en fin de siècle, on distingue nettement l'effet d'altitude, avec des cumuls plus importants qu'actuellement dans les zones les plus hautes, mais de façon toutefois moins prononcée que sur les 2 premières tranches.

Ces différents traitements et représentations ont mis en évidence des similitudes entre le climat passé de la zone de production de l'AOC et le climat futur en altitude à différentes échéances et selon le scénario RCP utilisé. Il semble ainsi possible, d'un point de vue uniquement climatique, que les zones d'altitude de l'AOC comprises entre 600 et 1000m (et bien exposées) connaîtront à court (pour les altitudes les plus basses) et moyen terme (pour les plus hautes altitudes) des conditions favorables à la viticulture, sans risque majeur de gel, de températures maximales trop élevées d'épisodes de sécheresse.



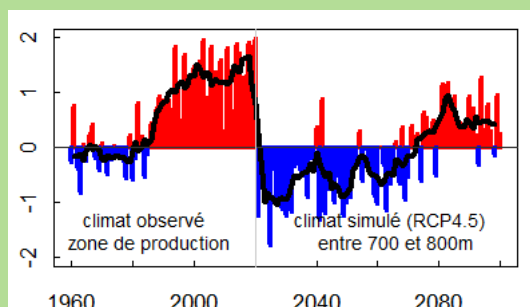
A retenir des potentialités climatiques futures en altitude

L'AOC présente la particularité unique de se développer sur un gradient altitudinal de plus de 1600m grâce au Mont Ventoux. En s'élevant sur ses pentes exposées au Sud, on peut limiter voire annuler l'effet du réchauffement climatique sans perdre de ressource hydrique. Les analyses réalisées au cours de cette étude ont ainsi montré que l'on pouvait retrouver avec le scénario RCP 8.5 aux altitudes supérieures à 700m vers 2050 environ les conditions climatiques de la zone de production actuelle. C'est plus difficile avec le scénario RCP4.5



Anomalie (écart à la moyenne 1991-2020 observée dans la zone de production, en °C) annuelle de la température moyenne (les 60 premières années correspondent à la zone de production et les suivantes à des tranches d'altitudes supérieures). A gauche : zone 700-800 sous RCP4.5, et à droite zone 800-900m sous RCP8.5

Toutefois en RCP45, on retrouve un climat analogue à la période 1961-90 en altitude peu après la seconde moitié du XXIème siècle, ce qui permet d'y retrouver un potentiel bioclimatique adapté à la viticulture.



Même figure que celle en haut à gauche, mais l'anomalie est calculée par rapport à la période 1961-1990 (contre 1991-2020)

Chapitre 6. CONCLUSION

Ce tour d'horizon des conditions climatiques passées, actuelles et futures probables sur le territoire de l'AOC Ventoux a permis de dégager des grands traits, des spécificités mais également des pistes d'adaptation au changement climatique.

La modification du climat lors des dernières décennies a de nouveau été mise en évidence, marquée par un réchauffement de l'ordre de 1°C sur la zone de production. Elle s'est traduite par une avancée significative des dates de développement de la vigne, de l'ordre de 7 à 14 jours pour le débourrement, environ 12 pour la floraison et jusqu'à 20 jours pour la phase de véraison (résultats issus du modèle phénologique utilisé). La méthodologie développée montre la variabilité spatiale du climat et ses conséquences sur la viticulture au sein même de l'appellation. En effet, de par sa localisation géographique et topographique, avec un gradient altitudinal de quasiment 1700m, des pentes exposées majoritairement au Sud, de situations de fonds de vallées... le territoire présente un certain nombre de « méso » climats ». Il est ainsi délicat de résumer le climat de l'AOC Ventoux en quelques traits communs tant les conditions climatiques peuvent varier aussi bien d'un point de vue de la pluie que des températures. Certes, sur la zone de production actuelle, le climat est plus homogène mais il a été possible de discerner des « sous-zones » grâce à un zonage agroclimatique, même si l'altitude pilote toujours cette variabilité.

Le réchauffement récent, les événements climatiques extrêmes vécus ces dernières années (sécheresses, canicules...) semblent préfigurer le climat à venir. L'analyse spatiale fine des projections climatiques au cours du siècle au travers d'un seul modèle et des deux scénarios de concentration de gaz à effet de serre (RCP 4.5 et RCP 8.5) a fourni des éléments de réponses prospectives. Si les précipitations ne devraient pas évoluer significativement au niveau annuel jusqu'au milieu du siècle selon les deux scénarios, grâce à de bons cumuls en hiver et au printemps, il n'en reste pas moins que la situation estivale deviendra rapidement préoccupante dans la zone viticole actuelle, dès les années 2050 pour le scénario RCP8.5, et une à deux décennies plus tard avec le RCP4.5. La hausse des températures va poursuivre, avec un rythme et une intensité qui dépendent du scénario RCP, et pourra atteindre entre 3 et 4°C sur l'année pour les températures moyennes.

La tendance est encore plus forte avec les températures maximales, avec un réchauffement estival possible dans la pire des situations de plus de 4°C dès le milieu de siècle et de 6°C à l'horizon 2100. On pourrait rencontrer, sur la zone de production actuelle, plus de 50 jours supplémentaires avec une température quotidienne maximale supérieure à 35°C ! Avec ce réchauffement, qui affectera également les températures minimales, le risque de gel va avoir tendance à disparaître, tout au moins aux alentours du milieu de siècle en dessous de 500m.

En terme de conséquence sur le développement de la vigne, les résultats de l'étude confirment les tendances entrevues dans le rapport de Marjou et Garcia de Cortazar-Atauri (2019), avec des dates de plus en plus précoces : une quinzaine de jour pour la floraison en deçà de 500m d'altitude d'ici une trentaine d'année et jusqu'à plus de 20 jours encore en fin de siècle. Même constat pour la véraison mais avec des écarts encore plus importants par rapport à la période actuelle et des différences spatiales très nettes entre les altitudes les plus faibles et les plus élevées (où les avancées de stades sont les plus importantes).

Face à ce constat global, Marjou et Garcia de Cortazar-Atauri (2019) avaient conclu leur étude en posant des questions liées à l'adaptation de la viticulture dans l'AOC Ventoux face au changement climatique, d'une part d'un point de vue agronomique et technique (possibilité d'évaluer la résistance aux conditions de sécheresse et de fortes températures des cépages, viabilité des systèmes de cultures actuels, efficacité de l'eau) mais également climatique (quelles sont les zones non exploitées actuellement et potentiellement adaptées à l'évolution du climat ?). En effet, l'AOC Ventoux se développant sur un fort gradient d'altitude et n'étant actuellement exploitée qu'en dessous de 500m, ces territoires plus en altitude peuvent devenir adaptés à la viticulture. Nous avons développé plusieurs approches permettant de répondre à cette question, et plus précisément de localiser les zones potentiellement adaptées ainsi que les horizons temporels associés.

Les résultats montrent qu'avant la fin de siècle avec le scénario RCP8.5, si le climat actuel de la zone de production posera problème, il pourra par contre être adapté dans une bande d'altitude pouvant aller jusqu'à 1000m. En effet, l'élévation de l'altitude pourra contenir le réchauffement. Des échéances plus proches sont possibles aux altitudes moins élevées. Elles sont par contre plus lointaines avec le scénario RCP4.5. Même le risque gel pourra être acceptable aux altitudes les plus élevées avec le scénario RCP8.5.

Dans les deux scénarios, la pluie ne devient pas limitante ; même si elle a tendance à diminuer, ses cumuls étant beaucoup plus importants actuellement, elle restera toutefois dans la gamme actuelle de la « plaine ».

La frange 500-600m voire 600-700 pourra par contre être trop « chaude » en fin de siècle avec le scénario RCP8.5. Ce n'est pas le cas avec le scénario RCP4.5, pour lequel par exemple les températures estivales maximales cumulées atteindront au mieux celles observées en 2003 sur la zone de production actuelle (mais ne seront pas exceptionnelles car pouvant se rencontrer à plusieurs reprises).

Les résultats ne concernent que l'adaptation climatique (sans intervention sur les techniques culturales ou les cépages), mais ont néanmoins permis de dégager des territoires climatiquement adaptés aux modifications futures du climat. Il s'agit là d'un levier important qui caractérise la situation quelque peu unique de l'AOC Ventoux.

Enfin, la recherche d'un lien direct entre des indicateurs climatiques et les données de qualité et de rendement n'a pas abouti à des résultats probants, d'autres paramètres intervenant dans le processus n'ayant pas été pris en compte (comme le sol et les pratiques par exemple).

Bibliographie

Chardon J. 2014 - Intérêt de la méthode des analogues pour la génération de scénarios de précipitations à l'échelle de la France métropolitaine. Cohérence spatiale et adaptabilité du lien d'échelle. Univ. Grenoble, 278p.

GREC-PACA. 2016 - Climat et changement climatique en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, Les cahiers du GREC-PACA édités par l'Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR), mai 2016, 44 pages. ISBN : 9782956006015

Guilpart N., Metay A., Gary C. 2014 – Grapevine bud fertility and number of berries per bunch are determined by water and nitrogen stress around flowering in the previous year. *European Journal of Agronomy*, Vol54, March 2014, pp9-20. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.11.002>

Li A. 2017 - Mieux contrôler les fluctuations de rendement grâce à une meilleure compréhension des mécanismes d'Initiation et de différenciation des primordia inflorescentiels du bourgeon Latent de vigne. *Sciences agricoles*. Université de Bordeaux, 2017. NNT : 2017BORD0890. 303p.

Marjou M., Garcia de Cortazar Atauri I. 2019 - Analyse climatique passée et future des terres viticoles sur le secteur Ventoux. Rapport INRA, 94p, DOI : 10.15454/1.5586048305359907E12

Parker A.K, Garcia de Cortazar Atauri I., Van Leeuwen C., Chuine I. 2011 – A general phenological model to characterise the timing of flowering and veraison of *Vitis vinifera* L. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. Planton et al. 2015

Annexes 1

Liste des indicateurs

Nom	Signification	Unité
DEBOURREMENT_MOURVEDRE	Date débourrement Mourvèdre	Jour depuis le 01/1
DEBOURREMENT_SYRAH	Date débourrement Syrah	Jour depuis le 01/1
DEBOURREMENT_GRENACHE	Date débourrement Grenache	Jour depuis le 01/1
FLORAISON_GRENACHE	Date floraison Mourvèdre	Jour depuis le 01/1
FLORAISON_MOURVEDRE	Date floraison Syrah	Jour depuis le 01/1
FLORAISON_SYRAH	Date floraison Grenache	Jour depuis le 01/1
VERAISON_GRENACHE	Date véraison Mourvèdre	Jour depuis le 01/1
VERAISON_MOURVEDRE	Date véraison Syrah	Jour depuis le 01/1
VERAISON_SYRAH	Date véraison Grenache	Jour depuis le 01/1
GRENACHE_AMPLITUDE_TNTX_FLORAISONVERAISON	Cumul amplitude thermique entre floraison et véraison du Grenache	°C
GRENACHE_AMPLITUDE_TNTX_VERAISONRECOLTE	Cumul amplitude thermique entre véraison et récolte du Grenache	°C
GRENACHE_NBJPLUIE_FLORAISONVERAISON	Nb de jours de pluie entre floraison et véraison du Grenache	jours
GRENACHE_NBJPLUIE_VERAISONRECOLTE	Nb de jours de pluie entre véraison et récolte du Grenache	Jours
GRENACHE_NBTX30_VERAISONRECOLTE	Nb de jours avec TX>30°C entre véraison et récolte du Grenache	Jours
GRENACHE_PLUIE_AUTOURRECOLTE	Cumul de pluie 10 jours avant et après la récolte du Grenache	mm
GRENACHE_PLUIE_FLORAISONVERAISON	Cumul de pluie entre floraison et véraison du Grenache	mm
GRENACHE_PLUIE_VERAISONRECOLTE	Cumul de pluie entre véraison et récolte du Grenache	mm
GRENACHE_TXCUMULEE_VERAISONRECOLTE	Cumul des TX entre véraison et récolte du Grenache	°C
MOURVEDRE_AMPLITUDE_TNTX_FLORAISONVERAISON	Cumul amplitude thermique entre floraison et véraison du Mourvèdre	°C
MOURVEDRE_AMPLITUDE_TNTX_VERAISONRECOLTE	Cumul amplitude thermique entre véraison et récolte du Mourvèdre	°C
MOURVEDRE_NBJPLUIE_FLORAISONVERAISON	Nb de jours de pluie entre floraison et véraison du Mourvèdre	Jours
MOURVEDRE_NBJPLUIE_VERAISONRECOLTE	Nb de jours de pluie entre véraison et récolte du Mourvèdre	Jours
MOURVEDRE_NBTX30_VERAISONRECOLTE	Nb de jours avec TX>30°C entre véraison et récolte du Mourvèdre	Jours
MOURVEDRE_PLUIE_AUTOURRECOLTE	Cumul de pluie 10 jours avant et après la récolte du Mourvèdre	mm
MOURVEDRE_PLUIE_FLORAISONVERAISON	Cumul de pluie entre floraison et véraison du Mourvèdre	mm
MOURVEDRE_PLUIE_VERAISONRECOLTE	Cumul de pluie entre véraison et récolte du Mourvèdre	mm
MOURVEDRE_TXCUMULEE_VERAISONRECOLTE	Cumul des TX entre véraison et récolte du Mourvèdre	mm
SYRAH_AMPLITUDE_TNTX_FLORAISONVERAISON	Cumul amplitude thermique entre floraison et véraison du Syrah	°C
SYRAH_AMPLITUDE_TNTX_VERAISONRECOLTE	Cumul amplitude thermique entre véraison et récolte du Syrah	°C

SYRAH_NBJPLUIE_FLORAISONVERAISON	Nb de jours de pluie entre floraison et véraison du Syrah	Jours
SYRAH_NBJPLUIE_VERAISONRECOLTE	Nb de jours de pluie entre véraison et récolte du Syrah	Jours
SYRAH_NBTX30_VERAISONRECOLTE	Nb de jours avec TX>30°C entre véraison et récolte du Syrah	Jours
SYRAH_PLUIE_AUTOURRECOLTE	Cumul de pluie 10 jours avant et après la récolte du Syrah	mm
SYRAH_PLUIE_FLORAISONVERAISON	Cumul de pluie entre floraison et véraison du Syrah	mm
SYRAH_PLUIE_VERAISONRECOLTE	Cumul de pluie entre véraison et récolte du Syrah	mm
SYRAH_TXCUMULEE_VERAISONRECOLTE	Cumul des TX entre véraison et récolte du Syrah	mm
NBH_GEL2_DEBOURREMENT_GRENACHE	Nb d'heures avec T<-2°C autour du débourrement du Grenache	Jours
NBJ_GEL2_DEBOURREMENT_GRENACHE	Nb de jours avec T<-2°C pendant au moins 3 heures autour du débourrement du Grenache	Jours
PLUIEMOY_PAR_EVT_JUILLETAOUT	Pluie moyenne par épisode de juillet à août	
AMPLITUDE_TNTX_ETE	Cumul amplitude thermique durant l'été	
AMPLITUDE_TNTX_PRINTEMPS	Cumul amplitude thermique durant le printemps	
NBHGEL2_HIVERPRINTemps	Nb d'heures avec T<-2°C de janvier à mai	
NBJGEL2_HIVERPRINTemps	Nb de jours avec T<-2°C pendant au moins 3 heures de janvier à mai	Jours
NB_PLUIESUP1_ETE	Nb de jours de pluie (>1mm) durant l'été	Jours
NB_PLUIESUP1_PRINTemps	Nb de jours de pluie (>1mm) durant le printemps	Jours
NB_TX30	Nb de jours avec TX>30°C	Jours
NB_TX33	Nb de jours avec TX>33°C	Jours
NB_TX35	Nb de jours avec TX>35°C	Jours
PLUIE	Pluie annuelle	mm
PLUIE_ETE	Pluie de juin à août	mm
PLUIE_HIVER	Pluie de novembre à janvier	mm
PLUIE_PRINTemps	Pluie de février à mai	mm
SEQMAX_PLUIE10	Durée maxi durant laquelle il a plu moins de 10mm	Jours
SEQMAX_TX35	Séquence maxi de jours consécutifs avec TX>35°C	Jours
TM	Température moyenne annuelle	°C
TM_ETE	Température moyenne de juin à août	°C
TM_HIVER	Température moyenne de novembre à janvier	°C
TM_PRINTemps	Température moyenne de février à mai	°C
TN	Température minimale moyenne annuelle	°C
TN_ETE	Température minimale moyenne de juin à août	°C
TN_HIVER	Température minimale moyenne de novembre à janvier	°C
TN_PRINTemps	Température minimale moyenne de février à mai	°C
TX	Température maximale moyenne annuelle	°C
TX_ETE	Température maximale moyenne de juin à août	°C
TX_HIVER	Température maximale moyenne de novembre à janvier	°C

TX_PRINTEMPS	Température maximale moyenne de février à mai	°C
TXCUMULEE_JUILLETAOUT	TX cumulée de juillet à août	°C

Annexes 2.1

Cartes indicateurs en climat présent fournis au format TIF

EVOLUTION_GRENACHE_AMPLITUDE_TNTX_FLORAISONVERAISON_196190_199120.tif
EVOLUTION_GRENACHE_AMPLITUDE_TNTX_VERAISONRECOLTE_196190_199120.tif
EVOLUTION_GRENACHE_NBJPLUIE_FLORAISONVERAISON_196190_199120.tif
EVOLUTION_GRENACHE_NBJPLUIE_VERAISONRECOLTE_196190_199120.tif
EVOLUTION_GRENACHE_NBTX30_VERAISONRECOLTE_196190_199120.tif
EVOLUTION_GRENACHE_PLUIE_AUTOURRECOLTE_196190_199120.tif
EVOLUTION_GRENACHE_PLUIE_FLORAISONVERAISON_196190_199120.tif
EVOLUTION_GRENACHE_PLUIE_VERAISONRECOLTE_196190_199120.tif
EVOLUTION_GRENACHE_TXCUMULEE_VERAISONRECOLTE_196190_199120.tif
EVOLUTION_MOURVEDRE_AMPLITUDE_TNTX_FLORAISONVERAISON_196190_199120.tif
EVOLUTION_MOURVEDRE_AMPLITUDE_TNTX_VERAISONRECOLTE_196190_199120.tif
EVOLUTION_MOURVEDRE_NBJPLUIE_FLORAISONVERAISON_196190_199120.tif
EVOLUTION_MOURVEDRE_NBJPLUIE_VERAISONRECOLTE_196190_199120.tif
EVOLUTION_MOURVEDRE_NBTX30_VERAISONRECOLTE_196190_199120.tif
EVOLUTION_MOURVEDRE_PLUIE_AUTOURRECOLTE_196190_199120.tif
EVOLUTION_MOURVEDRE_PLUIE_FLORAISONVERAISON_196190_199120.tif
EVOLUTION_MOURVEDRE_PLUIE_VERAISONRECOLTE_196190_199120.tif
EVOLUTION_MOURVEDRE_TXCUMULEE_VERAISONRECOLTE_196190_199120.tif
EVOLUTION_NBH_GEL2_DEBOURREMENT_GRENACHE_196190_199120.tif
EVOLUTION_NBJ_GEL2_DEBOURREMENT_GRENACHE_196190_199120.tif
EVOLUTION_PLUIEMOY_PAR_EVT_JUILLETAOUT_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_AMPLITUDE_TNTX_ETE_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_AMPLITUDE_TNTX_PRINTEMPS_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_DEBOURREMENT_GRENACHE_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_DEBOURREMENT_MOURVEDRE_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_DEBOURREMENT_SYRAH_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_FLORAISON_GRENACHE_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_FLORAISON_MOURVEDRE_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_FLORAISON_SYRAH_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_NBHGEL2_HIVERPRINTEMPS_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_NBJGEL2_HIVERPRINTEMPS_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_NB_PLUIESUP1_ETE_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_NB_PLUIESUP1_PRINTEMPS_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_NB_TX30_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_NB_TX33_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_NB_TX35_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_PLUIE_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_PLUIE_ETE_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_PLUIE_HIVER_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_PLUIE_PRINTEMPS_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_SEQMAX_PLUIE10_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_SEQMAX_TX35_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_TM_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_TM_ETE_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_TM_HIVER_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_TM_PRINTEMPS_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_TN_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_TN_ETE_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_TN_HIVER_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_TN_PRINTEMPS_196190_199120.tif

EVOLUTION_SAFRAN_TX_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_TX_ETE_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_TX_HIVER_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_TX_PRINTEMPS_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_VERAISON_GRENACHE_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_VERAISON_MOURVEDRE_196190_199120.tif
EVOLUTION_SAFRAN_VERAISON_SYRAH_196190_199120.tif
EVOLUTION_SYRAH_AMPLITUDE_TNTX_FLORAISONVERAISON_196190_199120.tif
EVOLUTION_SYRAH_AMPLITUDE_TNTX_VERAISONRECOLTE_196190_199120.tif
EVOLUTION_SYRAH_NBJPLUIE_FLORAISONVERAISON_196190_199120.tif
EVOLUTION_SYRAH_NBJPLUIE_VERAISONRECOLTE_196190_199120.tif
EVOLUTION_SYRAH_NBTX30_VERAISONRECOLTE_196190_199120.tif
EVOLUTION_SYRAH_PLUIE_AUTOURRECOLTE_196190_199120.tif
EVOLUTION_SYRAH_PLUIE_FLORAISONVERAISON_196190_199120.tif
EVOLUTION_SYRAH_PLUIE_VERAISONRECOLTE_196190_199120.tif
EVOLUTION_SYRAH_TXCUMULEE_VERAISONRECOLTE_196190_199120.tif
EVOLUTION_TXCUMULEE_JUILLETAOUT_196190_199120.tif
SAFRAN_AMPLITUDE_TNTX_ETE_1991_2020.tif
SAFRAN_AMPLITUDE_TNTX_PRINTEMPS_1991_2020.tif
SAFRAN_DEBOURREMENT_GRENACHE_1991_2020.tif
SAFRAN_DEBOURREMENT_MOURVEDRE_1991_2020.tif
SAFRAN_DEBOURREMENT_SYRAH_1991_2020.tif
SAFRAN_FLORAISON_GRENACHE_1991_2020.tif
SAFRAN_FLORAISON_MOURVEDRE_1991_2020.tif
SAFRAN_FLORAISON_SYRAH_1991_2020.tif
SAFRAN_GRENACHE_AMPLITUDE_TNTX_FLORAISONVERAISON_1991_2020.tif
SAFRAN_GRENACHE_AMPLITUDE_TNTX_VERAISONRECOLTE_1991_2020.tif
SAFRAN_GRENACHE_NBJPLUIE_FLORAISONVERAISON_1991_2020.tif
SAFRAN_GRENACHE_NBJPLUIE_VERAISONRECOLTE_1991_2020.tif
SAFRAN_GRENACHE_NBTX30_VERAISONRECOLTE_1991_2020.tif
SAFRAN_GRENACHE_PLUIE_AUTOURRECOLTE_1991_2020.tif
SAFRAN_GRENACHE_PLUIE_FLORAISONVERAISON_1991_2020.tif
SAFRAN_GRENACHE_PLUIE_VERAISONRECOLTE_1991_2020.tif
SAFRAN_GRENACHE_TXCUMULEE_VERAISONRECOLTE_1991_2020.tif
SAFRAN_MOURVEDRE_AMPLITUDE_TNTX_FLORAISONVERAISON_1991_2020.tif
SAFRAN_MOURVEDRE_AMPLITUDE_TNTX_VERAISONRECOLTE_1991_2020.tif
SAFRAN_MOURVEDRE_NBJPLUIE_FLORAISONVERAISON_1991_2020.tif
SAFRAN_MOURVEDRE_NBJPLUIE_VERAISONRECOLTE_1991_2020.tif
SAFRAN_MOURVEDRE_NBTX30_VERAISONRECOLTE_1991_2020.tif
SAFRAN_MOURVEDRE_PLUIE_AUTOURRECOLTE_1991_2020.tif
SAFRAN_MOURVEDRE_PLUIE_FLORAISONVERAISON_1991_2020.tif
SAFRAN_MOURVEDRE_PLUIE_VERAISONRECOLTE_1991_2020.tif
SAFRAN_MOURVEDRE_TXCUMULEE_VERAISONRECOLTE_1991_2020.tif
SAFRAN_NBH_GEL2_HIVERPRINTemps_1991_2020.tif
SAFRAN_NBH_GEL2_DEBOURREMENT_GRENACHE_1991_2020.tif
SAFRAN_NBJ_GEL2_DEBOURREMENT_GRENACHE_1991_2020.tif
SAFRAN_NB_PLUIESUP1_ETE_1991_2020.tif
SAFRAN_NB_PLUIESUP1_PRINTEMPS_1991_2020.tif
SAFRAN_NB_TX30_1991_2020.tif
SAFRAN_NB_TX33_1991_2020.tif
SAFRAN_NB_TX35_1991_2020.tif
SAFRAN_PLUIEMOY_PAR_EVT_JUILLETAOUT_1991_2020.tif
SAFRAN_PLUIE_1991_2020.tif
SAFRAN_PLUIE_ETE_1991_2020.tif

SAFRAN_PLUIE_HIVER_1991_2020.tif
SAFRAN_PLUIE_PRINTEMPS_1991_2020.tif
SAFRAN_SEQMAX_PLUIE10_1991_2020.tif
SAFRAN_SEQMAX_TX35_1991_2020.tif
SAFRAN_SYRAH_AMPLITUDE_TNTX_FLORAISONVERAISON_1991_2020.tif
SAFRAN_SYRAH_AMPLITUDE_TNTX_VERAISONRECOLTE_1991_2020.tif
SAFRAN_SYRAH_NBJPLUIE_FLORAISONVERAISON_1991_2020.tif
SAFRAN_SYRAH_NBJPLUIE_VERAISONRECOLTE_1991_2020.tif
SAFRAN_SYRAH_NBTX30_VERAISONRECOLTE_1991_2020.tif
SAFRAN_SYRAH_PLUIE_AUTOURRECOLTE_1991_2020.tif
SAFRAN_SYRAH_PLUIE_FLORAISONVERAISON_1991_2020.tif
SAFRAN_SYRAH_PLUIE_VERAISONRECOLTE_1991_2020.tif
SAFRAN_SYRAH_TXCUMULEE_VERAISONRECOLTE_1991_2020.tif
SAFRAN_TM_1991_2020.tif
SAFRAN_TM_ETE_1991_2020.tif
SAFRAN_TM_HIVER_1991_2020.tif
SAFRAN_TM_PRINTEMPS_1991_2020.tif
SAFRAN_TN_1991_2020.tif
SAFRAN_TN_ETE_1991_2020.tif
SAFRAN_TN_HIVER_1991_2020.tif
SAFRAN_TN_PRINTEMPS_1991_2020.tif
SAFRAN_TXCUMULEE_JUILLETAOUT_1991_2020.tif
SAFRAN_TX_1991_2020.tif
SAFRAN_TX_ETE_1991_2020.tif
SAFRAN_TX_HIVER_1991_2020.tif
SAFRAN_TX_PRINTEMPS_1991_2020.tif
SAFRAN_VERAISON_GRENACHE_1991_2020.tif
SAFRAN_VERAISON_MOURVEDRE_1991_2020.tif
VERAISON_SYRAH_1991_2020.tif

+ toutes ces cartes par année

Annexes 2.2

Cartes indicateurs en climat futur RCP8.5 fournis au format TIF

EVOLUTION_RCP85_AMPLITUDE_TNTX_ETE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_AMPLITUDE_TNTX_ETE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_AMPLITUDE_TNTX_ETE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_AMPLITUDE_TNTX_PRINTEMPS_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_AMPLITUDE_TNTX_PRINTEMPS_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_AMPLITUDE_TNTX_PRINTEMPS_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_AMPLITUDE_TNTX_VERAISONRECOLTE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_AMPLITUDE_TNTX_VERAISONRECOLTE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_AMPLITUDE_TNTX_VERAISONRECOLTE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_DEBOURREMENT_GRENACHE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_DEBOURREMENT_GRENACHE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_DEBOURREMENT_GRENACHE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_DEBOURREMENT_MOURVEDRE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_DEBOURREMENT_MOURVEDRE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_DEBOURREMENT_MOURVEDRE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_DEBOURREMENT_SYRAH_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_DEBOURREMENT_SYRAH_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_DEBOURREMENT_SYRAH_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_FLORAISON_GRENACHE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_FLORAISON_GRENACHE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_FLORAISON_GRENACHE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_FLORAISON_MOURVEDRE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_FLORAISON_MOURVEDRE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_FLORAISON_MOURVEDRE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_FLORAISON_SYRAH_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_floraison_SYRAH_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_FLORAISON_SYRAH_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_NBHGEL2_DEBOURREMENT_GRENACHE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_NBHGEL2_DEBOURREMENT_GRENACHE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_NBHGEL2_DEBOURREMENT_GRENACHE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_NBHGEL2_HIVERPRINTemps_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_NBHGEL2_HIVERPRINTemps_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_NBHGEL2_HIVERPRINTemps_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_NBJGEL2_HIVERPRINTemps_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_NBJGEL2_HIVERPRINTemps_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_NBJGEL2_HIVERPRINTemps_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_NBJ_PLUIE_FLORAISONVERAISON_GRENACHE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_NBJ_PLUIE_FLORAISONVERAISON_GRENACHE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_NBJ_PLUIE_FLORAISONVERAISON_GRENACHE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_NBJ_PLUIE_FLORAISONVERAISON_MOURVEDRE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_NBJ_PLUIE_FLORAISONVERAISON_MOURVEDRE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_NBJ_PLUIE_FLORAISONVERAISON_MOURVEDRE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_NBJ_PLUIE_FLORAISONVERAISON_SYRAH_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_NBJ_PLUIE_FLORAISONVERAISON_SYRAH_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_NBJ_PLUIE_FLORAISONVERAISON_SYRAH_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_NBJ_PLUIE_VERAISONRECOLTE_GRENACHE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_NBJ_PLUIE_VERAISONRECOLTE_GRENACHE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_NBJ_PLUIE_VERAISONRECOLTE_GRENACHE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_NBJ_PLUIE_VERAISONRECOLTE_MOURVEDRE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_NBJ_PLUIE_VERAISONRECOLTE_MOURVEDRE_197605_204675.tif

EVOLUTION_RCP85_NBJ_PLUIE_VERAISONRECOLTE_MOURVEDRE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_NBJ_PLUIE_VERAISONRECOLTE_SYRAH_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_NBJ_PLUIE_VERAISONRECOLTE_SYRAH_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_NBJ_PLUIE_VERAISONRECOLTE_SYRAH_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_NBTX30_FLORAISONRECOLTE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_NBTX30_FLORAISONRECOLTE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_NBTX30_FLORAISONRECOLTE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_NB_PLUIESUP1_ETE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_NB_PLUIESUP1_ETE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_NB_PLUIESUP1_ETE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_NB_PLUIESUP1_PRINTEMPS_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_NB_PLUIESUP1_PRINTEMPS_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_NB_PLUIESUP1_PRINTEMPS_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_NB_TX30_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_NB_TX30_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_NB_TX30_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_NB_TX33_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_NB_TX33_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_NB_TX33_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_NB_TX35_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_NB_TX35_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_NB_TX35_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIEMOY_PAR_EVT_JUILLETAOUT_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIEMOY_PAR_EVT_JUILLETAOUT_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIEMOY_PAR_EVT_JUILLETAOUT_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_ETE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_ETE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_ETE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_FLORAISONVERAISON_GRENACHE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_FLORAISONVERAISON_GRENACHE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_FLORAISONVERAISON_GRENACHE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_FLORAISONVERAISON_MOURVEDRE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_FLORAISONVERAISON_MOURVEDRE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_FLORAISONVERAISON_MOURVEDRE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_FLORAISONVERAISON_SYRAH_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_FLORAISONVERAISON_SYRAH_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_FLORAISONVERAISON_SYRAH_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_HIVER_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_HIVER_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_HIVER_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_PRINTEMPS_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_PRINTEMPS_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_PRINTEMPS_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_VERAISONRECOLTE_GRENACHE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_VERAISONRECOLTE_GRENACHE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_VERAISONRECOLTE_GRENACHE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_VERAISONRECOLTE_MOURVEDRE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_VERAISONRECOLTE_MOURVEDRE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_VERAISONRECOLTE_MOURVEDRE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_VERAISONRECOLTE_SYRAH_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_PLUIE_VERAISONRECOLTE_SYRAH_197605_204675.tif

EVOLUTION_RCP85_PLUIE_VERAISONRECOLTE_SYRAH_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_SEQMAX_PLUIE10_ETE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_SEQMAX_PLUIE10_ETE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_SEQMAX_PLUIE10_ETE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_SEQMAX_TX35_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_SEQMAX_TX35_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_SEQMAX_TX35_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_TM_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_TM_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_TM_ETE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_TM_ETE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_TM_ETE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_TM_HIVER_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_TM_HIVER_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_TM_HIVER_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_TM_PRINTEMPS_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_TM_PRINTEMPS_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_TM_PRINTEMPS_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_TN_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_TN_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_TN_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_TN_ETE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_TN_ETE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_TN_ETE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_TN_HIVER_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_TN_HIVER_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_TN_HIVER_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_TN_PRINTEMPS_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_TN_PRINTEMPS_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_TN_PRINTEMPS_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_TXCUMULEE_JUILLETAOUT_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_TXCUMULEE_JUILLETAOUT_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_TXCUMULEE_JUILLETAOUT_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_TXCUMULEE_JUILLETAOUT_GRENACHE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_TXCUMULEE_JUILLETAOUT_GRENACHE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_TXCUMULEE_JUILLETAOUT_GRENACHE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_TXCUMULEE_VERAISONRECOLTE_GRENACHE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_TXCUMULEE_VERAISONRECOLTE_GRENACHE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_TXCUMULEE_VERAISONRECOLTE_GRENACHE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_TX_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_TX_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_TX_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_TX_ETE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_TX_ETE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_TX_ETE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_TX_HIVER_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_TX_HIVER_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_TX_HIVER_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_TX_PRINTEMPS_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_TX_PRINTEMPS_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_TX_PRINTEMPS_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_VERAISON_GRENACHE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_VERAISON_GRENACHE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_VERAISON_GRENACHE_197605_206695.tif

EVOLUTION_RCP85_VERAISON_MOURVEDRE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_VERAISON_MOURVEDRE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_VERAISON_MOURVEDRE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP85_VERAISON_SYRAH_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP85_VERAISON_SYRAH_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP85_VERAISON_SYRAH_197605_206695.tif

+ toutes ces cartes par année

Annexes 2.3

Cartes indicateurs en climat futur RCP4.5 fournis au format TIF

EVOLUTION_RCP45_AMPLITUDE_TNTX_ETE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_AMPLITUDE_TNTX_ETE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_AMPLITUDE_TNTX_ETE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_AMPLITUDE_TNTX_PRINTEMPS_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_AMPLITUDE_TNTX_PRINTEMPS_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_AMPLITUDE_TNTX_PRINTEMPS_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_AMPLITUDE_TNTX_VERAISONRECOLTE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_AMPLITUDE_TNTX_VERAISONRECOLTE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_AMPLITUDE_TNTX_VERAISONRECOLTE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_DEBOURREMENT_GRENACHE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_DEBOURREMENT_GRENACHE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_DEBOURREMENT_GRENACHE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_DEBOURREMENT_MOURVEDRE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_DEBOURREMENT_MOURVEDRE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_DEBOURREMENT_MOURVEDRE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_DEBOURREMENT_SYRAH_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_DEBOURREMENT_SYRAH_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_DEBOURREMENT_SYRAH_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_FLORAISON_GRENACHE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_FLORAISON_GRENACHE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_FLORAISON_GRENACHE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_FLORAISON_MOURVEDRE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_FLORAISON_MOURVEDRE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_FLORAISON_MOURVEDRE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_FLORAISON_SYRAH_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_floraison_SYRAH_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_FLORAISON_SYRAH_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_NBHGEL2_DEBOURREMENT_GRENACHE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_NBHGEL2_DEBOURREMENT_GRENACHE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_NBHGEL2_DEBOURREMENT_GRENACHE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_NBHGEL2_HIVERPRINTemps_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_NBHGEL2_HIVERPRINTemps_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_NBHGEL2_HIVERPRINTemps_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_NBJGEL2_HIVERPRINTemps_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_NBJGEL2_HIVERPRINTemps_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_NBJGEL2_HIVERPRINTemps_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_NBJ_PLUIE_FLORAISONVERAISON_GRENACHE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_NBJ_PLUIE_FLORAISONVERAISON_GRENACHE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_NBJ_PLUIE_FLORAISONVERAISON_GRENACHE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_NBJ_PLUIE_FLORAISONVERAISON_MOURVEDRE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_NBJ_PLUIE_FLORAISONVERAISON_MOURVEDRE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_NBJ_PLUIE_FLORAISONVERAISON_MOURVEDRE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_NBJ_PLUIE_FLORAISONVERAISON_SYRAH_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_NBJ_PLUIE_FLORAISONVERAISON_SYRAH_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_NBJ_PLUIE_FLORAISONVERAISON_SYRAH_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_NBJ_PLUIE_VERAISONRECOLTE_GRENACHE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_NBJ_PLUIE_VERAISONRECOLTE_GRENACHE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_NBJ_PLUIE_VERAISONRECOLTE_GRENACHE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_NBJ_PLUIE_VERAISONRECOLTE_MOURVEDRE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_NBJ_PLUIE_VERAISONRECOLTE_MOURVEDRE_197605_204675.tif

EVOLUTION_RCP45_NBJ_PLUIE_VERAISONRECOLTE_MOURVEDRE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_NBJ_PLUIE_VERAISONRECOLTE_SYRAH_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_NBJ_PLUIE_VERAISONRECOLTE_SYRAH_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_NBJ_PLUIE_VERAISONRECOLTE_SYRAH_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_NBTX30_FLORAISONRECOLTE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_NBTX30_FLORAISONRECOLTE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_NBTX30_FLORAISONRECOLTE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_NB_PLUIESUP1_ETE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_NB_PLUIESUP1_ETE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_NB_PLUIESUP1_ETE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_NB_PLUIESUP1_PRINTEMPS_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_NB_PLUIESUP1_PRINTEMPS_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_NB_PLUIESUP1_PRINTEMPS_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_NB_TX30_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_NB_TX30_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_NB_TX30_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_NB_TX33_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_NB_TX33_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_NB_TX33_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_NB_TX35_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_NB_TX35_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_NB_TX35_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIEMOY_PAR_EVT_JUILLETAOUT_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIEMOY_PAR_EVT_JUILLETAOUT_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIEMOY_PAR_EVT_JUILLETAOUT_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_ETE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_ETE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_ETE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_FLORAISONVERAISON_GRENACHE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_FLORAISONVERAISON_GRENACHE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_FLORAISONVERAISON_GRENACHE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_FLORAISONVERAISON_MOURVEDRE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_FLORAISONVERAISON_MOURVEDRE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_FLORAISONVERAISON_MOURVEDRE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_FLORAISONVERAISON_SYRAH_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_FLORAISONVERAISON_SYRAH_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_FLORAISONVERAISON_SYRAH_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_HIVER_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_HIVER_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_HIVER_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_PRINTEMPS_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_PRINTEMPS_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_PRINTEMPS_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_VERAISONRECOLTE_GRENACHE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_VERAISONRECOLTE_GRENACHE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_VERAISONRECOLTE_GRENACHE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_VERAISONRECOLTE_MOURVEDRE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_VERAISONRECOLTE_MOURVEDRE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_VERAISONRECOLTE_MOURVEDRE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_VERAISONRECOLTE_SYRAH_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_PLUIE_VERAISONRECOLTE_SYRAH_197605_204675.tif

EVOLUTION_RCP45_PLUIE_VERAISONRECOLTE_SYRAH_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_SEQMAX_PLUIE10_ETE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_SEQMAX_PLUIE10_ETE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_SEQMAX_PLUIE10_ETE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_SEQMAX_TX35_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_SEQMAX_TX35_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_SEQMAX_TX35_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_TM_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_TM_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_TM_ETE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_TM_ETE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_TM_ETE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_TM_HIVER_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_TM_HIVER_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_TM_HIVER_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_TM_PRINTEMPS_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_TM_PRINTEMPS_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_TM_PRINTEMPS_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_TN_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_TN_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_TN_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_TN_ETE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_TN_ETE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_TN_ETE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_TN_HIVER_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_TN_HIVER_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_TN_HIVER_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_TN_PRINTEMPS_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_TN_PRINTEMPS_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_TN_PRINTEMPS_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_TXCUMULEE_JUILLETAOUT_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_TXCUMULEE_JUILLETAOUT_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_TXCUMULEE_JUILLETAOUT_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_TXCUMULEE_JUILLETAOUT_GRENACHE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_TXCUMULEE_JUILLETAOUT_GRENACHE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_TXCUMULEE_JUILLETAOUT_GRENACHE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_TXCUMULEE_VERAISONRECOLTE_GRENACHE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_TXCUMULEE_VERAISONRECOLTE_GRENACHE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_TXCUMULEE_VERAISONRECOLTE_GRENACHE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_TX_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_TX_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_TX_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_TX_ETE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_TX_ETE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_TX_ETE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_TX_HIVER_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_TX_HIVER_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_TX_HIVER_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_TX_PRINTEMPS_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_TX_PRINTEMPS_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_TX_PRINTEMPS_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_VERAISON_GRENACHE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_VERAISON_GRENACHE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_VERAISON_GRENACHE_197605_206695.tif

EVOLUTION_RCP45_VERAISON_MOURVEDRE_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_VERAISON_MOURVEDRE_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_VERAISON_MOURVEDRE_197605_206695.tif
EVOLUTION_RCP45_VERAISON_SYRAH_197605_202655.tif
EVOLUTION_RCP45_VERAISON_SYRAH_197605_204675.tif
EVOLUTION_RCP45_VERAISON_SYRAH_197605_206695.tif

+ toutes ces cartes par année

Annexes 3

Tableau des données des figures 44 et 45.

Date de véraison (Grenache), Nb jour de gel à -2°C, Pluie cumulée entre véraison et récolte Tx cumulée entre véraison et récolte de 1990 à 2019 sur la zone de production actuelle : altitude < 500m (données moyennées à partir des pixels inclus dans la zone)				
AN	Ver	Gel	P V-R	Tx V-R
1990	233	9	46	895
1991	232	13	43	1023
1992	234	6	143	959
1993	234	14	29	922
1994	225	4	23	1001
1995	236	6	49	877
1996	238	10	80	793
1997	230	4	111	969
1998	231	9	20	962
1999	228	7	59	986
2000	232	8	179	1015
2001	228	7	19	974
2002	230	8	164	930
2003	218	17	9	1158
2004	235	10	82	961
2005	230	20	42	974
2006	224	14	7	972
2007	228	4	96	947
2008	237	4	72	907
2009	226	11	84	1068
2010	235	25	65	919
2011	229	14	46	1019
2012	228	13	36	2013
2013	238	15	18	837
2014	233	5	111	895
2015	223	10	49	956
2016	235	11	44	1010
2017	224	15	27	973
2018	226	12	102	982
2019	233	7	42	996

Date de véraison (Grenache – jour julien), Nb jours de gel à -2°C, Pluie cumulée entre véraison et récolte Tx cumulée entre véraison et récolte de 2031 à 2100 (RCP4.5) par tranche d'altitude (données moyennées à partir des pixels inclus dans les zones d'altitude)

An	500-600m				600-700m				700-800m				800-900m				900-1000m			
	Ver	Gel	P V-R	Tx V-R	Ver	Gel	P V-R	Tx V-R	Ver	Gel	P V-R	Tx V-R	Ver	Gel	P V-R	Tx V-R	Ver	Gel	P V-R	Tx V-R
2031	233	3	105	988	237	3	103	956	242	5	103	932	248	7	101	909	248	7	102	907
2032	249	12	67	859	255	11	71	831	262	12	77	808	269	14	81	785	270	14	81	783
2033	231	11	52	1068	234	10	57	1035	238	12	61	1011	243	13	62	988	243	14	62	987
2034	229	11	38	1103	233	9	43	1071	237	9	44	1047	241	11	46	1022	242	11	46	1020
2035	229	4	58	986	233	4	58	954	238	4	62	930	243	6	68	907	244	6	67	905
2036	233	3	48	999	237	2	49	969	242	3	51	946	247	4	52	924	248	5	52	923
2037	239	4	52	936	243	3	53	905	249	3	55	882	255	4	55	860	256	4	56	859
2038	239	6	28	1000	241	6	25	967	246	7	23	942	252	7	25	917	253	7	24	916
2039	229	3	65	945	233	3	71	913	238	4	74	889	244	4	75	866	245	5	75	865
2040	225	5	94	1007	229	4	93	977	233	5	88	954	238	5	87	931	239	6	88	930
2041	244	7	92	954	249	6	96	921	254	6	104	897	260	8	103	873	261	8	105	872
2042	212	7	15	1083	215	6	16	1051	219	7	17	1026	223	7	21	1001	224	8	21	1000
2043	230	13	73	994	234	10	74	962	239	10	73	937	245	12	75	913	246	12	72	912
2044	235	14	54	945	239	12	54	913	244	13	51	888	250	14	52	864	250	14	52	862
2045	233	1	50	1027	237	1	50	994	242	1	46	969	247	2	48	943	248	2	47	942
2046	238	15	76	976	243	14	75	944	248	15	80	920	254	17	84	896	254	17	85	895
2047	233	2	79	944	238	1	80	911	243	2	80	888	250	2	80	864	250	2	81	863
2048	234	4	87	977	237	4	86	946	243	5	87	923	248	6	85	899	249	6	87	899
2049	240	10	100	902	246	9	104	872	252	10	103	850	260	13	103	827	260	13	103	826
2050	235	6	105	896	241	5	108	862	248	6	109	837	256	6	108	812	256	6	108	811
2051	235	13	90	970	240	12	99	937	245	12	109	913	251	15	115	886	252	15	116	888
2052	229	6	21	1012	233	5	24	979	238	6	27	955	243	7	29	929	244	7	30	929
2053	232	4	61	942	234	3	60	908	242	4	62	883	248	5	63	858	248	5	64	858
2054	230	7	30	1021	238	7	32	990	239	8	33	968	244	9	32	943	244	9	32	943
2055	234	10	85	1041	237	10	91	1007	242	10	97	982	248	11	101	956	248	11	102	955
2056	228	0	73	899	234	0	72	866	239	0	74	842	245	1	75	817	246	1	76	817
2057	229	7	49	1091	234	7	49	1057	238	7	49	1032	243	8	49	1007	244	9	50	1007
2058	222	12	14	1011	227	12	14	977	231	13	16	953	236	14	18	927	237	15	18	927
2059	239	9	19	949	244	9	21	917	250	9	24	894	256	11	28	869	256	11	27	868
2060	246	11	27	917	250	9	26	884	257	10	26	860	263	11	29	834	264	12	28	834
2061	226	11	72	1051	230	11	69	1016	235	12	67	992	240	15	67	966	240	16	67	966
2062	231	7	23	991	235	8	24	957	240	8	25	933	246	9	27	907	246	10	27	907
2063	245	10	42	975	250	9	50	942	256	9	57	919	263	11	59	894	264	11	59	894
2064	227	12	136	869	232	12	139	836	238	12	142	814	244	13	145	789	245	13	145	789
2065	224	3	35	1120	228	3	37	1087	231	3	38	1065	236	4	38	1039	236	4	39	1039
2066	224	6	20	1042	228	6	17	1009	232	7	19	985	237	9	21	959	237	9	21	959
2067	236	6	106	1032	241	6	110	998	246	7	114	974	251	8	121	949	252	8	120	950
2068	227	6	37	1120	231	6	41	1085	235	7	42	1061	239	8	43	1035	239	8	43	1035
2069	240	9	45	897	246	9	45	861	252	10	45	836	259	12	45	809	259	12	44	809
2070	243	5	83	916	249	4	94	883	255	5	96	861	262	6	99	836	262	6	96	836
2071	226	2	24	1102	230	2	24	1068	234	2	27	1045	239	3	28	1020	239	3	28	1020
2072	229	15	75	1099	233	14	84	1065	237	14	90	1042	242	16	94	1016	242	16	93	1016
2073	229	1	169	1083	234	1	169	1047	239	2	167	1014	244	3	171	998	244	3	169	999
2074	237	7	66	962	243	6	73	927	248	7	81	904	255	9	85	878	255	9	85	878
2075	218	6	12	996	223	5	13	960	228	6	14	937	233	6	14	912	233	6	15	912
2076	225	4	17	1057	229	3	16	1020	234	4	15	995	239	4	17	969	239	5	17	970
2077	222	3	17	1031	226	3	20	995	231	3	23	973	236	4	26	948	236	4	26	949
2078	225	2	39	1126	228	2	41	1089	232	2	41	1066	236	3	44	1041	236	3	43	1041
2079	232	11	115	1054	236	10	117	1016	241	11	119	993	246	12	118	969	246	13	118	969
2080	231	3	118	1029	235	3	122	991	240	3	128	966	245	4	130	940	245	4	131	941
2081	223	1	47	1067	227	1	48	1031	231	2	53	1008	235	3	57	983	235	3	57	984
2082	223	3	39	1148	226	3	39	1111	230	3	40	1087	234	4	40	1062	234	4	40	1062
2083	221	5	29	1140	225	5	30	1103	229	6	33	1080	233	7	36	1054	233	7	36	1055
2084	217	6	15	1136	221	5	13	1098	225	5	14	1073	229	6	18	1047	229	6	18	1048
2085	218	6	46	1076	223	6	46	1038	228	7	48	1014	232	8	48	988	232	8	49	990
2086	233	4	30	1103	238	4	30	1068	243	4	31	1040	248	5	34	1014	248	5	34	1015
2087	231	4	114	1016	236	4	108	978	242	4	109	953	247	5	109	928	247	5	110	929
2088	234	3	36	1033	239	3	41	997	244	4	43	973	249	4	41	948	249	4	41	949
2089	226	3	15	1112	230	2	19	1074	234	3	23	1049	238	3	23	1023	238	3	24	1025
2090	223	5	29	1177	227	5	31	1140	231	5	32	1115	234	6	33	1090	234	6	33	1091
2091	225	6	48	1097	230	7	55	1061	235	8	56	1038	239	8	55	1014	238	8	54	1016
2092	229	5	28	991	235	5	30	953	240	6	33	929	245	6	35	904	245	6	35	905
2093	234	4	147	1023	239	4	152	986	245	5	150	961	250	6	155	935	249	6	151	937
2094	219	1	63	1090	224	2	61	1051	228	3	61	1027	232	3	60	1002	231	3	61	1004
2095	227	5	90	1139	232	5	95	1101	236	5	97	1078	241	6	101	1053	240	6	99	1056
2096	222	1	120	1074	227	1	118	1035	232	2	121	1011	236	3	125	986	236	3	126	989
2097	229	4	47	1138	233	4	45	1101	238	5	45	1078	242	6	48	1052	242	6	49	1055
2098	227	6	41	965	232	6	41	927	238	6	44	903	243	7	47	877	243	7	47	880
2099	221	5	45	1114	225	5	48	1076	229	5	51	1054	234	5	53	1029	233	4	53	1032
2100	229	10	44	1047	234	11	44	1009	239	11	45	986	243	12	45	960	243	12	46	963

Date de véraison (Grenache – jour julien), Nb jours de gel à -2°C, Pluie cumulée entre véraison et récolte Tx cumulée entre véraison et récolte de 2031 à 2100 (RCP8.5) par tranche d'altitude (données moyennées à partir des pixels inclus dans les zones d'altitude)

An	500-600m				600-700m				700-800m				800-900m				900-1000m			
	Ver	Gel	P V-R	Tx V-R	Ver	Gel	P V-R	Tx V-R	Ver	Gel	P V-R	Tx V-R	Ver	Gel	P V-R	Tx V-R	Ver	Gel	P V-R	Tx V-R
2031	235	14	157	952	239	13	166	923	245	14	172	899	251	16	177	876	252	17	177	874
2032	240	9	85	945	245	8	89	913	250	9	91	888	256	11	94	863	257	11	93	862
2033	223	2	63	1042	227	2	71	1011	231	2	74	988	235	3	79	965	236	3	77	963
2034	239	5	72	933	245	4	69	902	251	5	71	878	257	6	73	855	258	6	73	853
2035	231	0	30	984	236	0	33	951	241	0	38	927	246	0	39	904	247	0	40	902
2036	240	2	84	830	245	1	85	799	252	1	92	775	260	2	96	752	261	0	98	750
2037	230	11	107	1057	234	11	110	2013	238	12	115	998	242	14	119	972	243	14	120	971
2038	247	15	45	935	252	14	45	903	257	15	49	879	264	18	56	855	264	19	56	854
2039	237	1	86	953	241	1	90	922	246	2	85	898	252	3	84	874	253	2	82	874
2040	236	16	69	977	240	15	71	945	245	15	73	920	251	17	80	896	251	17	81	895
2041	228	6	58	1035	232	6	61	1002	236	6	62	978	241	6	61	954	242	7	61	953
2042	223	5	104	1029	227	5	104	995	231	4	107	968	235	5	111	943	236	5	112	942
2043	234	3	41	912	239	3	41	882	244	4	44	857	250	4	43	833	251	4	44	832
2044	241	4	33	992	245	4	35	959	250	4	39	934	256	5	44	910	256	5	45	909
2045	233	3	22	1084	237	2	26	1051	242	3	29	1027	247	4	28	1003	247	5	29	1002
2046	229	5	29	1081	233	5	34	1049	237	5	34	1026	242	6	34	1001	242	6	33	1000
2047	240	12	44	928	245	12	48	896	252	13	55	871	258	15	57	847	259	15	58	846
2048	238	1	56	936	243	2	62	906	248	2	65	883	254	3	65	859	254	3	65	858
2049	235	6	56	983	240	6	60	950	245	7	63	926	250	8	66	901	250	8	67	900
2050	228	9	66	1050	232	8	65	1017	236	9	65	993	241	10	63	968	241	11	64	968
2051	229	1	18	953	233	1	19	921	239	2	23	896	245	2	23	871	245	2	24	871
2052	229	1	113	974	234	1	116	942	239	1	114	919	244	2	111	894	245	2	113	894
2053	237	5	94	1044	241	5	100	1011	246	5	107	988	251	6	112	963	251	6	113	962
2054	233	4	39	1008	238	4	44	976	242	5	46	953	248	6	48	928	248	7	48	928
2055	226	4	22	1173	230	3	24	1140	233	4	26	1118	237	4	24	1092	238	5	25	1092
2056	219	4	16	1153	222	5	21	1120	226	5	27	1097	229	6	27	1071	230	6	28	1071
2057	223	0	94	1087	227	0	99	1052	231	0	104	2018	235	1	106	1001	235	1	106	1001
2058	223	9	44	1136	227	8	47	1102	230	9	49	2078	234	10	50	1053	235	10	50	1052
2059	235	7	95	995	240	7	93	962	244	7	95	939	250	8	96	915	250	8	97	915
2060	215	3	28	1159	218	3	30	1126	222	3	29	1103	226	4	30	1078	225	4	29	1077
2061	226	4	77	1111	230	4	74	1076	234	4	75	1053	239	5	72	2017	239	5	74	1027
2062	222	3	19	1078	226	2	18	1044	230	3	18	1021	235	4	18	996	235	4	18	996
2063	221	6	27	1142	225	5	30	1109	229	6	31	1086	233	7	31	1060	233	7	30	1060
2064	223	0	26	1114	227	0	31	1080	231	0	33	1058	235	1	37	1033	235	0	37	1032
2065	227	13	78	1032	231	13	73	998	235	13	70	976	240	14	69	952	240	14	70	952
2066	224	1	44	1128	227	1	47	1093	231	1	48	1070	235	2	49	1044	236	2	48	1044
2067	218	2	106	1126	222	2	106	1093	225	2	104	1070	229	3	105	1045	230	3	105	1045
2068	217	4	18	1127	221	3	20	1093	224	4	23	1071	228	5	26	1046	228	5	25	1047
2069	227	5	48	1108	231	5	50	1074	235	5	52	1052	240	7	56	1028	240	7	56	1028
2070	224	5	37	1066	228	6	34	1031	232	6	34	1008	237	7	35	984	237	7	36	984
2071	218	7	22	1070	222	6	25	1036	226	7	26	1013	231	7	28	988	231	8	29	988
2072	234	3	64	1056	238	3	64	1020	243	4	64	997	248	5	68	971	248	5	68	972
2073	218	5	32	1142	222	4	39	1107	225	4	46	1083	229	5	51	1057	229	5	51	1057
2074	215	2	81	1172	219	2	82	1138	223	3	84	1116	227	3	88	1091	227	3	88	1091
2075	211	4	24	1175	215	3	26	1140	218	4	27	1115	222	5	29	1088	222	5	30	1089
2076	209	3	22	1244	212	3	25	1209	216	3	26	1183	219	3	28	1157	219	3	27	1157
2077	212	1	3	1228	215	1	3	1193	218	1	5	1168	222	2	7	1141	222	2	7	1141
2078	223	0	25	1160	227	0	24	1124	230	0	25	1100	234	1	27	1075	234	1	27	1075
2079	215	6	52	1205	218	6	55	1169	222	8	56	1143	225	9	61	1116	226	9	60	1116
2080	208	2	4	1155	212	2	5	1120	215	2	7	1096	218	2	8	1071	218	3	8	1072
2081	221	5	23	1159	225	4	26	1123	229	5	28	1099	232	5	29	1074	232	5	29	1074
2082	209	9	22	1191	212	9	25	1156	216	10	30	1130	219	12	33	1104	219	12	34	1105
2083	215	0	36	1178	218	0	37	1141	222	0	36	1156	225	0	36	1090	225	0	36	1091
2084	214	1	37	1192	218	4	39	1155	221	4	40	1130	225	4	39	1104	225	5	39	1105
2085	218	0	10	1204	222	0	10	1168	226	0	11	1143	229	1	15	1117	229	1	15	1117
2086	220	2	96	1155	224	2	107	1116	228	3	111	1091	232	3	113	1066	232	4	112	1067
2087	118	1	62	1222	221	1	73	1185	225	1	76	1160	228	1	79	1135	228	5	78	1135
2088	202	1	31	1216	206	2	29	1180	209	2	28	1153	212	3	28	1127	212	3	28	1127
2089	214	3	44	1222	218	2	45	1186	222	3	49	1160	225	3	52	1134	225	3	53	1135
2090	214	2	71	1237	218	3	71	1201	221	4	70	1174	224	6	69	1147	224	6	69	1148
2091	215	1	25	1227	218	1	28	1191	222	2	29	1165	225	2	31	1139	225	2	30	1139
2092	213	2	59	1207	217	2	67	1172	221	3	66	1146	225	3	71	1119	224	3	67	1120
2093	221	0	24	1144	225	0	26	1107	229	0	28	1082	233	0	31	1057	233	0	31	1059
2094	210	5	35	1199	214	4	35	1162	218	5	38	1136	221	5	41	1109	221	5	41	1111
2095	216	2	50	1214	220	2	48	1175	224	2	48	1150	228	3	48	1123	228	3	49	1125
2096	215	5	24	1230	218	5	24	1194	222	6	26	1167	225	6	29	1139	225	6	29	1140
2097	222	3	54	1199	226	3	56	1162	230	3	57	1137	233	4	60	1109	233	4	60	1111
2098	203	1	33	1233	207	1	33	1196	210	2	32	1169	213	2	31	1141	213	2	31	1142
2099	216	2	62	1156	220	2	61	1118	224	2	62	1095	228	2	61	1070	228	2	62	1073
2100	215	1	74	1190	219	1	79	1154	222	2	86	1129	225	2	91	1102	225	2	91	1105

