

Caractérisation et valorisation des terroirs viticoles d'une zone de l'AOP Corse (Linguizzetta – Ghisonaccia)

Application au cépage Vermentinu

Bilan 2018-2023

L'objectif de ce programme est d'améliorer les connaissances relatives aux conditions de développement du Vermentinu dans le cadre du changement climatique :

- en appréhendant le fonctionnement du terroir sur une zone de la côte orientale (influence des températures, du sol ou encore des variables topographiques : distance à la mer, altitude, pente...)
- en étudiant la réponse agronomique de la vigne
- en définissant l'expression des vins de Vermentinu issus de différents contextes agropédoclimatiques.

1. Dispositif expérimental

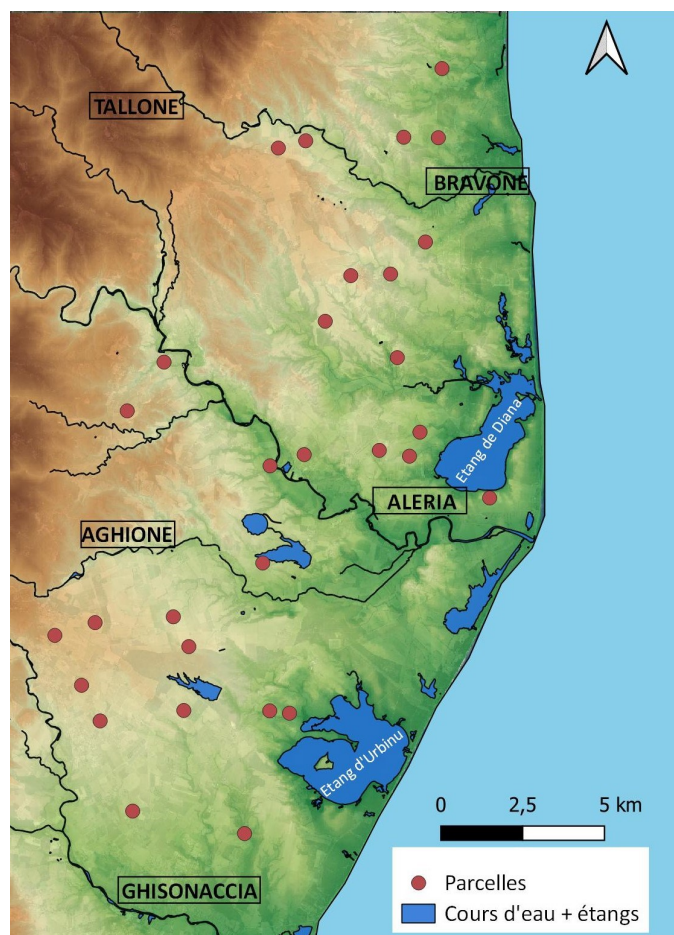
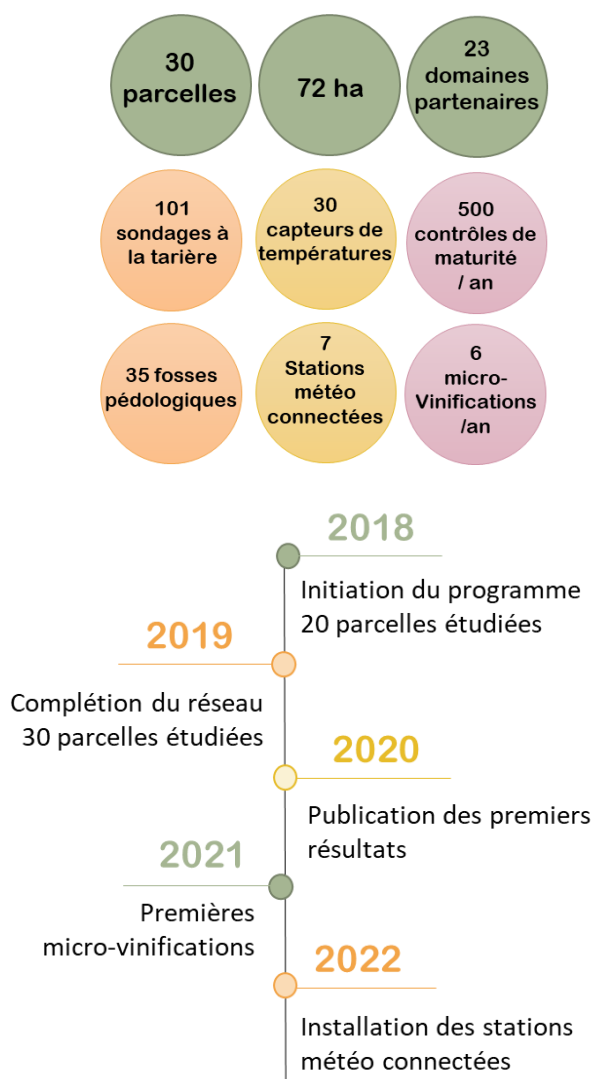
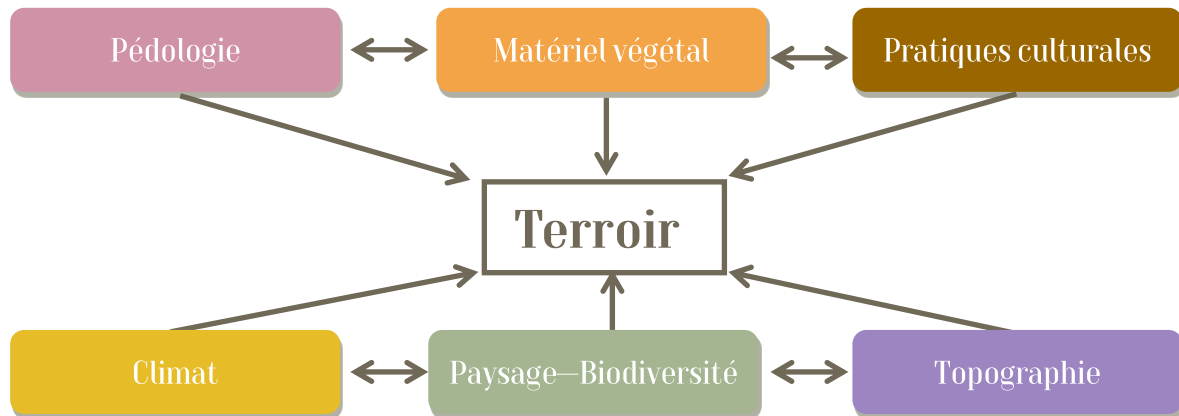


Fig 1. Localisation des parcelles sur la zone d'étude

Le terroir

Le **terroir vitivinicole** est un concept défini par l'organisation internationale de la vigne et du vin (OIV) en 2010 et qui se réfère à un espace sur lequel se développe diverses **interactions** :



2. Etude pédologique



Fig 2. Sondage à la tarière

La pédologie est la science qui étudie la formation et l'évolution des sols. Ces évolutions sont liées à **l'altération de la roche mère**, **l'incorporation de matériel organique** (végétation, faune du sol...) mais également au **transfert de matière** (érosion, lessivage, engorgement...). C'est pourquoi on peut observer **différents types de sol** entre les parcelles.

Toutefois, la nature des sols est un facteur **stable à l'échelle humaine**.

Des **sondages à la tarière** (fig. 2), des **fosses pédologiques** (fig. 3) et des **analyses de sol** ont permis de caractériser la pédologie des parcelles étudiées.



Fig 3. Fosse pédologique

Diverses classes texturales ont été référencées lors de l'étude des sols. **Le sable est la texture dominante** (fig. 4).

En condition de culture, les sols sableux sont des sols **bien aérés propices au développement racinaire et favorables au travail du sol**. Toutefois, ils ont une **faible capacité de rétention de l'eau et des éléments minéraux**. Les sols sableux sont également **plus sensibles aux phénomènes d'érosion** et présentent une température de l'horizon de surface plus élevée durant la journée. Les sols sableux **réfléchissent beaucoup plus le rayonnement solaire** que les sols argileux, engendrant un micro-climat de la vigne, et surtout des grappes, plus chaud.

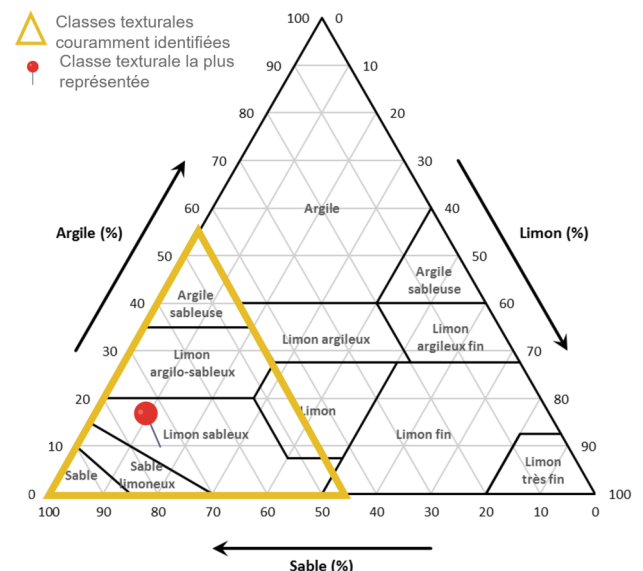


Fig 4. Triangle des textures

Il existe une **variabilité pédologique** entre les parcelles étudiées. En plaine orientale, ces différences sont généralement en lien avec **l'âge des alluvions** (dépôts sédimentaires transportés par d'anciens cours d'eau).

Ainsi, **8 grands type de sol** ont été identifiés sur le réseau (fig. 5) (d'après le Référentiel Pédologique Français - Baize et Girard, 2008).

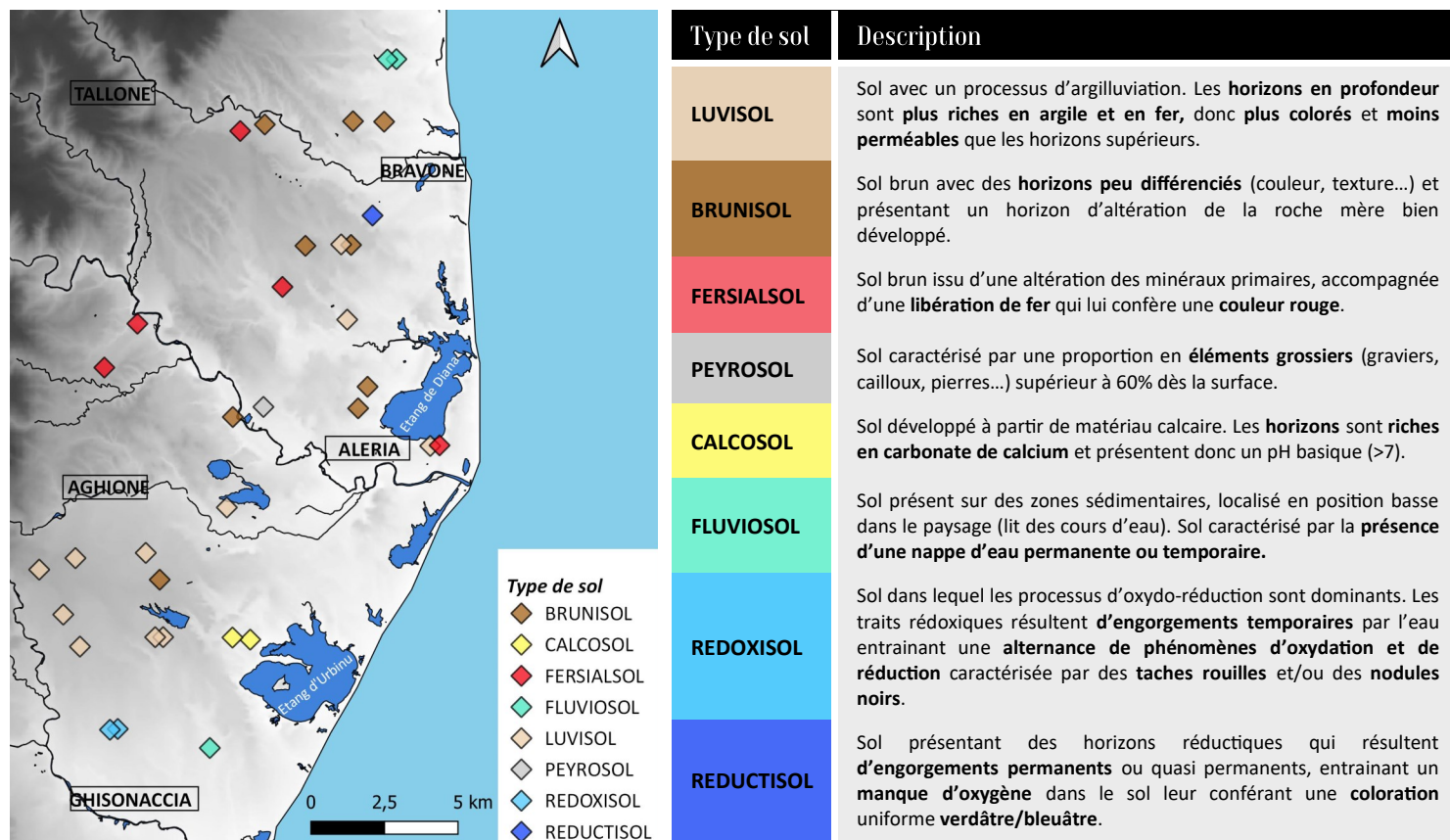


Fig 5. Carte des différents type de sols des parcelles étudiées et tableau explicatif des caractéristiques générales associées à ces types de sol

De manière générale, les sols étudiés présentent les caractéristiques physico-chimiques suivantes :

MO < 2%

La teneur en matière organique d'un sol à destination de la culture de la vigne doit avoisiner 2% afin de fournir la vigne en éléments nutritifs et apporter l'énergie nécessaire aux micro-organismes du sol. Un amendement organique doit être réalisé si le taux est en deçà de cette valeur.

Bonne activité biologique

Le rapport de la teneur en carbone total sur la teneur en azote total du sol (C/N) traduit sa capacité à décomposer la matière organique. Une valeur comprise entre 10 et 12 est recherchée pour une activité biologique ni trop lente ni trop rapide.

pH neutre

Un pH équilibré (≈ 7) est favorable à la croissance racinaire et à la vie microbienne du sol et donc à la décomposition de la matière organique.

CEC < 10 (meq/100g)

Les sols sableux ont des faibles Capacité d'Echange Cationique (CEC) par nature. La quantité de cation (éléments chargés positivement) que le sol peut fixer est donc limitée. Les apports de fertilisation doivent être fractionnés pour garantir une bonne rétention de l'amendement.

Mg > K

Les sols sont plus riches en magnésium qu'en potassium. Ces deux macro-éléments, indispensables au développement de la vigne, sont antagonistes. Lorsque l'un est en excès, l'absorption de l'autre se retrouve freinée. Le ratio doit donc être corrigé.

CE QU'IL FAUT RETENIR - Pédologie

- Les sols de la zone d'étude sont **majoritairement sableux**.
- On distingue **8 grands types de sol**. De manière générale leurs **caractéristiques sont favorables à la culture de la vigne**, même si pour certaines parcelles des apports d'éléments minéraux pourraient être réalisés afin d'améliorer leur potentialité agronomique. Par ailleurs, certains sols présentent des **spécificités** qui peuvent être un frein au développement racinaire, comme :
 - la présence d'un **important taux d'éléments grossiers** (cailloux, pierres, blocs) pour les PEYROSOLS
 - la présence d'**hydromorphie** retrouvée dans les REDOXISOL et REDUCTISOL
- L'adéquation sol/porte-greffe ainsi que les relations entre le sol et la physiologie de la vigne sont en cours d'étude.

3. Etude climatique



Il est entendu que la Corse évolue dans son ensemble dans un **climat méditerranéen**, toutefois, à une échelle plus restreinte, celle de la microrégion, le mésoclimat présente des spécificités annuelles et spatiales.

La caractérisation climatique s'appuie sur les données issues des **capteurs de températures** et des **stations météorologiques connectées** installés sur les parcelles du réseau. Certaines données ont été extraites des stations MétéoFrance.

Un petit rappel...

Bien que la vigne soit considérée comme une **plante résistante à la sécheresse** en raison de ses besoins modestes en eau, en conditions extrêmes, certains **facteurs abiotiques** tels que le rayonnement lumineux, la chaleur et le manque d'eau sont **préjudiciables** à son développement. Selon la durée et l'intensité de ces stress, les **dommages** engendrés peuvent se présenter sous diverses formes. Il a été observé une **avancée des stades phénologiques**, de l'**échaudage** sur les baies, des **difficultés de maturation**, une **augmentation des teneurs en sucre** et une **dégradation des acides des baies**, mais également une **diminution des rendements**...



3.1. La pluviométrie

♦ À l'échelle régionale

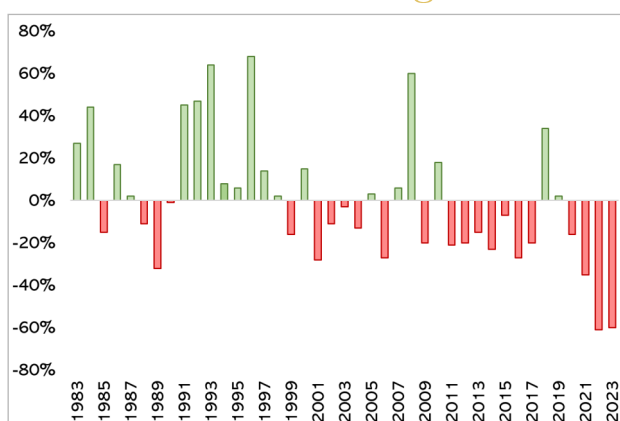


Fig 6. Ecart au cumul moyen depuis 40 ans de la pluviométrie annuelle. Source : MétéoFrance—Station Bastia Poretta

Au niveau de la zone d'étude, c'est-à-dire la côte orientale (attention toutefois, les données n'étaient disponibles que pour la station MétéoFrance - Bastia Poretta), la **moyenne annuelle du cumul de précipitations depuis 40 ans est d'environ 815 mm** (fig. 6)

Ces précipitations sont caractérisées par une importante variabilité d'une année à l'autre puisqu'en 1996 ce cumul a atteint 1370 mm tandis qu'en 2022 il était seulement de 320 mm.

Ces 10 dernières années sont marquées par un cumul annuel bien en deçà de la moyenne.

♦ À l'échelle locale

En ce qui concerne la période d'étude, de 2018 à 2023, et à une échelle plus locale (données issues de la station MétéoFrance d'Alistru), le cumul annuel varie également (fig. 7). La **répartition mensuelle** des pluies est, elle aussi, **irrégulière** et variable suivant les millésimes.

Le **millésime 2022 est l'année la plus aride jamais enregistrée depuis ces quinze dernières années**. La période sèche a duré 3 mois (de mi-mai à mi-août).

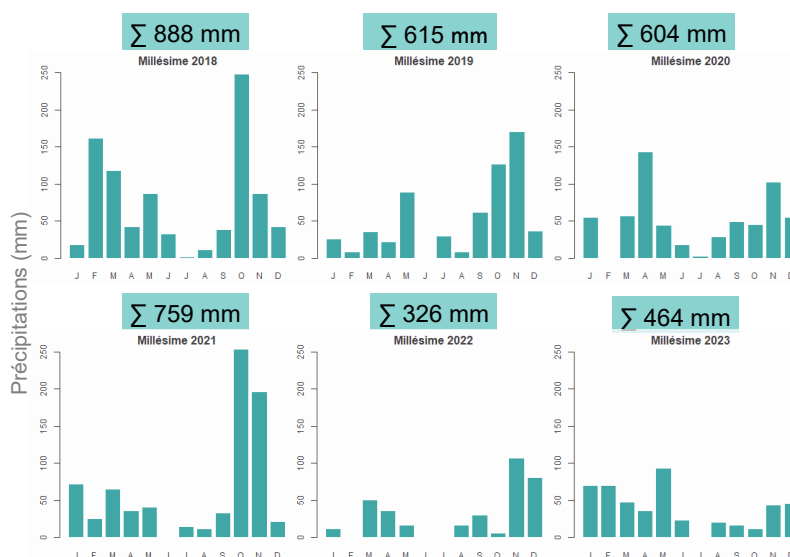


Fig 7. Cumul de pluviométrie annuel et mensuel de 2018 à 2023. Données : Station MétéoFrance d'Alistru

♦ À l'échelle de la parcelle

 **Jusqu'à 80 mm de différence.** C'est l'écart maximal de la somme de pluie reçue entre la parcelle la plus alimentée en eau et celle la moins alimentée, sur la saison de végétation - du 1^{er} avril au 30 septembre (données issues des stations météorologiques connectées installées depuis 2022 sur 7 des parcelles). En condition sèche comme en 2022, ce delta de 80 mm peut impacter fortement le fonctionnement de la vigne.

Effet positif théorique de la pluie 	Effet négatif théorique de la pluie 
Certaines périodes pluvieuses vont être favorables à la recharge des sols en eau tandis que d'autres vont être bénéfiques au rendement (Bonada et al, 2020). Par ailleurs, on considère qu'une quantité de pluie inférieure à 10 mm sur une période de 2 jours consécutifs n'a pas d'impact sur les réserves en eau du sol. A l'inverse, au-delà de 50 mm en 24 heures, les quantités excédentaires de pluies ruissellent et ne pénètrent pas dans le sol.	Associée à des températures froides et à un temps couvert, la pluie durant la période de floraison de la vigne peut entraîner de la coulure. La pluie joue également un rôle prépondérant dans le développement des maladies fongiques. Une forte pluviométrie après la véraison des baies peut entraîner une maturation compliquée.

Les besoins en eau de la vigne sont variables suivant les saisons et les périodes pluvieuses n'auront pas le même impact sur le végétal. Dans les conditions de cette étude menée sur le Vermentinu en côte orientale, il existe une **forte corrélation entre la quantité de pluie tombée durant les mois de mars à juin et la quantité d'azote assimilable (et d'azote ammoniacal) dans les baies à maturité**. Cette relation a déjà été démontrée dans d'autres études (fig. 8).

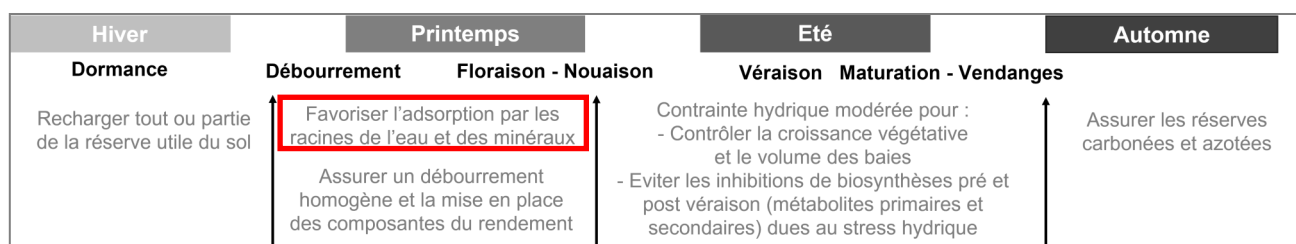


Fig 8. Les besoins de la vigne en eau. Source : Deloire A. et Pellegrino A. 2021

Bien qu'intuitive, la relation entre la pluviométrie et la contrainte hydrique ressentie durant la maturation par la vigne n'est pas aussi simple à établir. La suite de ce document permettra d'identifier d'autres causes de stress hydrique.

Le lien entre les profils aromatiques des vins blancs et le statut hydrique de la vigne demande à être encore approfondi (les études étant plus fouillées et plus nombreuses sur les cépages noirs).

La synthèse du sixième rapport d'évaluation du **Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC)** a été publiée en mars 2023. Ce dernier **atteste d'une augmentation des risques de précipitations extrêmes** en plus d'une fréquence plus élevée des vagues de chaleur.

La Corse, et notamment la côte orientale, a déjà été touchée par des épisodes de type Cévenol, comme le 4 octobre 2021 où sont tombés 174 mm de pluie en moins de 24h (données station MétéoFrance Alistru). Au-delà des risques importants de crues, ces **pluies diluviennes entraînent une considérable érosion des sols** (décapage de la couche supérieure des sols). Une **couverture végétale** des sols viticoles (enherbement spontané ou couverts végétaux semés) **est encouragée** car elle améliore la structure des sols et minimise le risque d'érosion.

CE QU'IL FAUT RETENIR - Pluviométrie

- Les précipitations varient d'une année à l'autre, mais on constate que les **quantités de pluie diminuent** sur la façade Est de la Corse depuis plusieurs années.
- Les quantités de pluie reçues par parcelle varient selon sa localisation et selon la période de l'année.
- Les données de cette étude mettent en évidence qu'une **faible pluviométrie entre mars et juin** impacte négativement les **teneurs en azote assimilable** des moûts, une **complémentation** devient alors indispensable pour éviter les **problèmes de fermentescibilité** des moûts.
- Les différents **scénarios de l'évolution du climat** prévoient une **augmentation d'événements pluvieux extrêmes**, les pratiques d'entretien des sols doivent donc être adaptées (couverture végétale).

3.2. Les températures

♦ À l'échelle de la côte orientale

L'augmentation de la température à la surface du globe a connu un rythme variable mais elle est particulièrement marquée depuis les années 1980. A l'échelle de la France continentale, la tendance observée est de +0.3 °C par décennie. L'année 2022 est l'année la plus chaude jamais enregistrée sur la période 1900 - 2022.

Ce constat se vérifie sur l'île avec une élévation des températures moyennes annuelles. Sur la période 2002-2023, l'augmentation de la température moyenne est de +0.9°C par décennie (fig. 9). Depuis 2014, la température moyenne annuelle enregistrée par la station MétéoFrance d'Alistru est supérieure à 17.5°C.

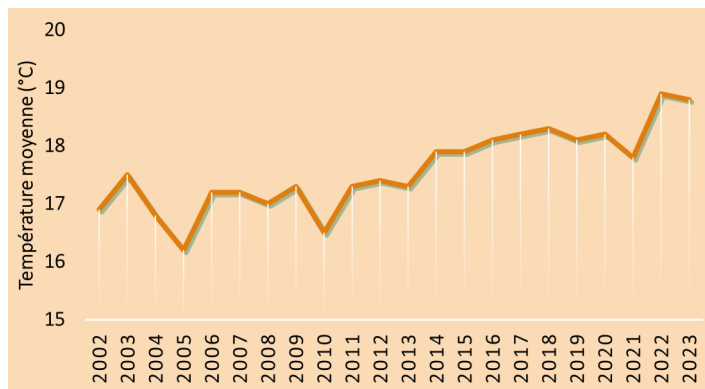


Fig 9. Températures moyennes annuelles de 2002 à 2023
Source : Station MétéoFrance Alistru

Le millésime 2023 est également une année chaude puisqu'il enregistre des records de températures maximales (Tmax) pour les mois de juillet, août, octobre et novembre.



Tmax 2023
Record (depuis 2000)

Données MétéoFrance,
Station Alistru

Juillet

37.3 °C

Août

37.4 °C

Octobre

31.3 °C

Novembre

27.5 °C

♦ À l'échelle de la zone étudiée

A l'échelle parcellaire, au-delà de la température moyenne, 2 autres catégories de températures sont distinguées, la température minimale (nocturne) et la température maximale (diurne) car elles ne suivent pas la même cinétique inter et intra annuelle.



Tmin

Température la plus basse
enregistrée la nuit
(souvent juste avant la levée du jour)



Tmax

Température la plus haute
enregistrée la journée
(environ 1h après le midi solaire)

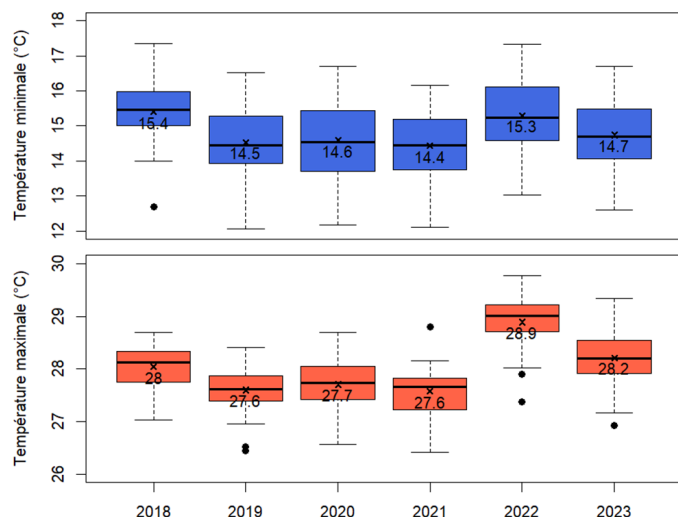


Fig 10. Valeurs minimales, maximales, médiane et quartiles (boxplot) des températures minimales et maximales moyennées du 01/04 au 30/09 sur le réseau de 30 capteurs

Ces températures ont été moyennées sur l'ensemble des 30 capteurs (parcelles) et sur la saison de végétation, qui s'étend du 1er avril au 30 septembre.

Les Tmin oscillent autour de 15°C tandis que les Tmax moyennes sont proches de 28°C. Certaines parcelles présentent des températures plus fraîches que ces moyennes et d'autres beaucoup plus élevées (fig. 10).

Chaque millésime présente des variations de ces tendances. Les Tmin ont été particulièrement élevées en 2018 et encore plus en 2022. Les Tmax ont, quant à elles, été supérieures en 2022 et 2023.

♦ À l'échelle de la parcelle

Il existe des **variations importantes** entre les parcelles (fig. 11). Elles peuvent varier d'une année à l'autre, mais des tendances sont observées.

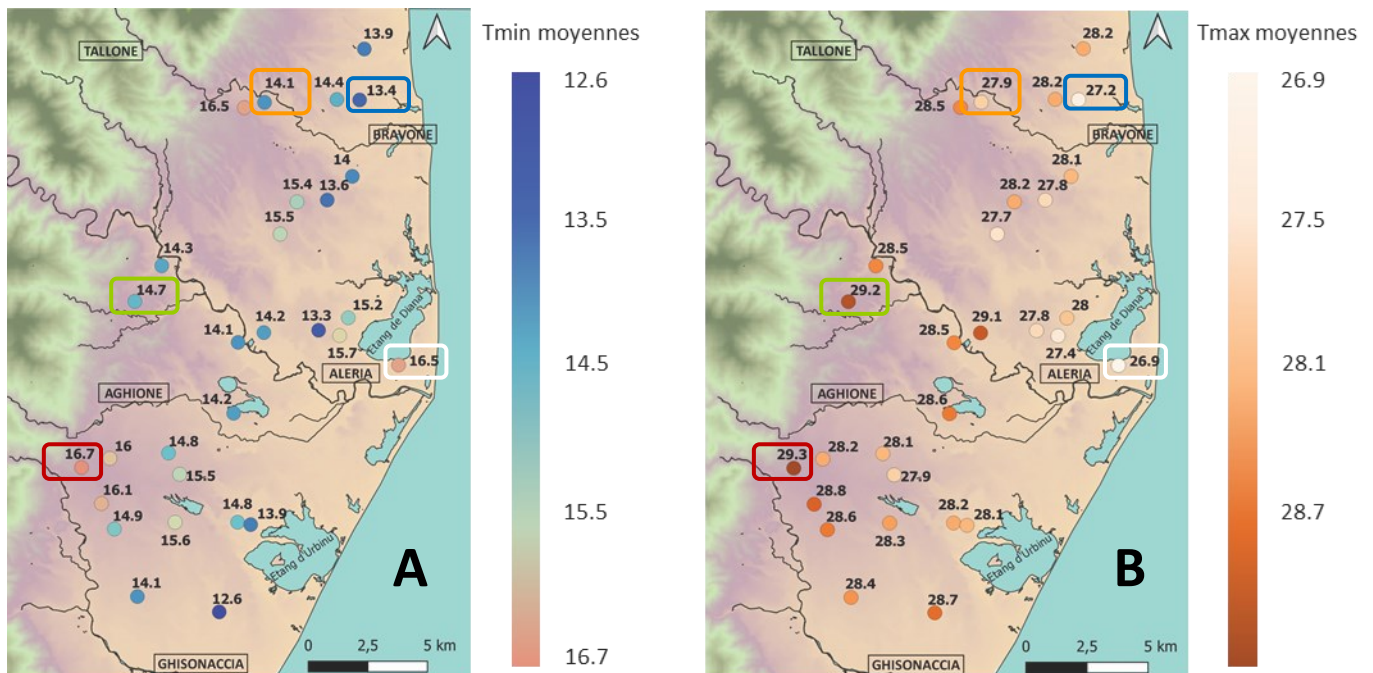


Fig 11. Températures minimales (A) et maximales (B) moyennes sur la saison de végétation du millésime 2023 (1er avril au 30 septembre) pour chaque parcelle du réseau

5 classes climatiques* ont été définies par le CRVI (fig. 12). Un exemple de parcelle de chaque classe est encadré ci-dessus.

Légende	Nombre de parcelles		
	2021	2022	2023
 Parcelles avec un climat « chaud » en globalité : températures élevées de jour comme de nuit.	11	12	8
 Parcelles avec un climat « tempéré » : températures moyennes.	9	6	9
 Parcelles présentant d'importantes amplitudes thermiques : températures fraîches durant la nuit mais élevées en journée.	1	5	2
 Parcelles présentant d'importantes amplitudes thermiques inverses à la catégorie précédente : températures fraîches en journée mais élevées la nuit.	3	1	1
 Parcelles avec un climat « frais » à « très frais » : températures basses de jour comme de nuit.	4	5	8

* ces classes climatiques ne sont vraies qu'à l'échelle du réseau de parcelles

Fig 12. Classes climatiques des parcelles étudiées

Les vignobles et le potentiel viticole des régions à l'échelle mondiale peuvent être catégorisés d'après la classification de Huglin établie en 1978. Cet indice bioclimatique est basé sur la demi-somme des températures maximales et moyennes ($> 10^{\circ}\text{C}$ - valeur définie comme le 0 végétatif de la vigne) du 1er avril au 30 septembre. Depuis 2022, **certaines parcelles du réseau d'étude, initialement classées en climat « chaud » évoluent désormais dans un climat viticole « très chaud »** soit la 6^{ème} et dernière catégorie de la classification. Il y a tout juste 20 ans, en 2004, ce climat viticole n'était identifié que pour peu de pays du monde, dont la Tunisie, le Brésil, la Californie et l'Inde.

CE QU'IL FAUT RETENIR - Températures

- L'**augmentation des températures** est incontestable à l'échelle mondiale et ce **constat se vérifie en Corse**.
- Les années **2022 et 2023** sont les **plus chaudes jamais enregistrées** sur l'île. Le climat viticole (défini par la classification de Huglin) est passé pour certaines parcelles de « chaud » à « très chaud » en 6 ans d'étude.
- Les 30 capteurs de température montrent qu'il existe **d'importantes variations de températures d'une parcelle à l'autre**, d'autant plus que les températures nocturnes et diurnes ne suivent pas la même dynamique selon la zone. Cette étude a permis au CRVI de hiérarchiser les parcelles selon **cinq classes climatiques**.

3.3. Modélisation des températures

Grâce aux données ponctuelles (valeur pour chaque parcelle étudiée), les **températures peuvent être modélisées en tout point de l'espace par une interpolation** (fig. 13).

Les différences sont plus marquées suivant les zones (vallons, vallées...) pour les **Tmin** que pour les **Tmax**.

Chaque année, les **Tmin** les plus élevées sont recensées autour des communes d'Aghione et de Maison Pieraggi.

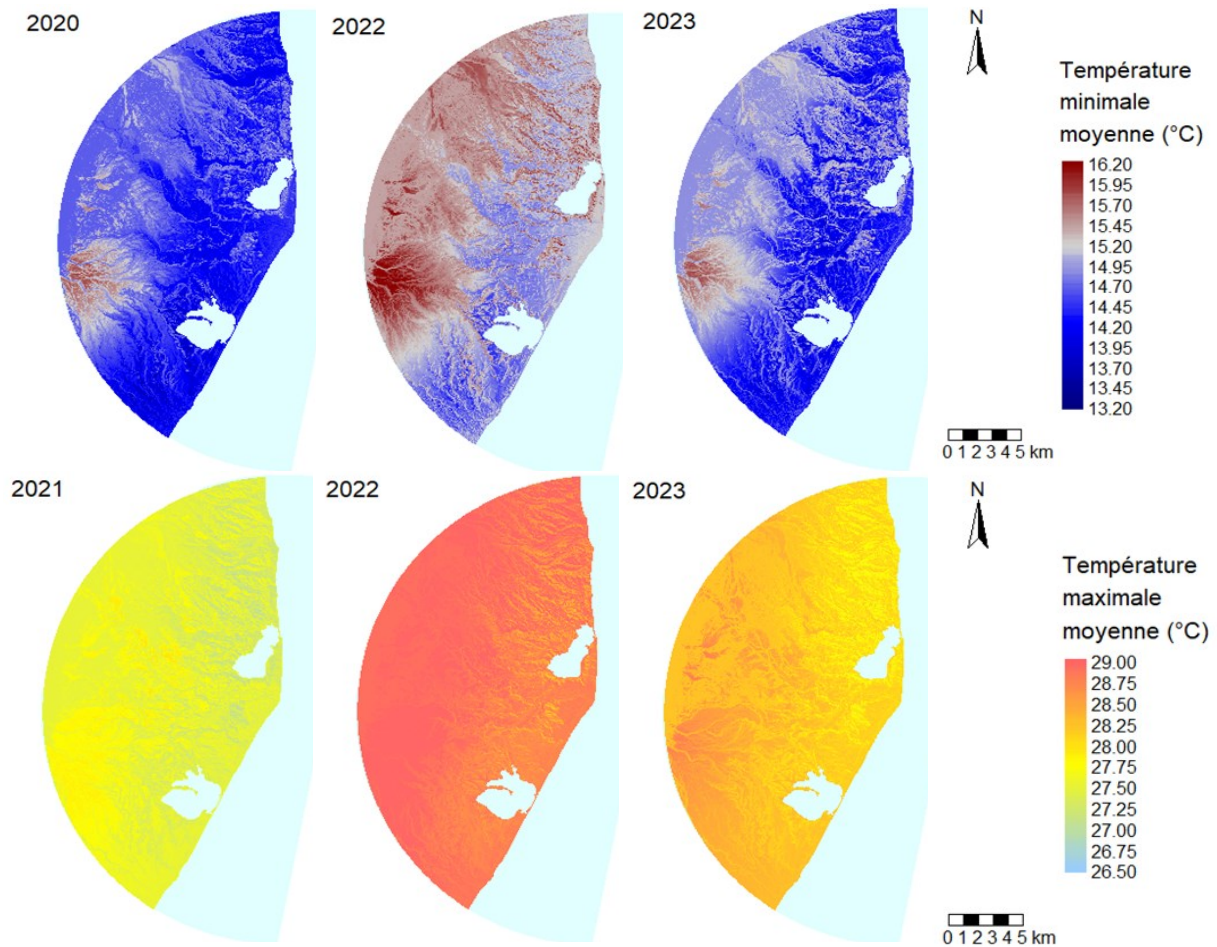


Fig 13. Modélisation des températures minimales et maximales en tout point de la zone d'étude sur la période de végétation (1er avril—30 septembre)

Cette **répartition spatiale des températures n'est pas figée dans le temps** sur l'ensemble de la saison de végétation. Par exemple, les **différences thermiques entre les parcelles** (amplitudes) sont **fortement marquées lors des nuits avec un ciel dégagé** tandis que l'amplitude est moindre lorsqu'une couverture nuageuse est présente. La présence de **vent joue également un rôle**. En effet, suivant la force et l'orientation du vent, les masses d'air vont être mélangées et les températures redistribuées. Les parcelles venteuses présentent donc de faibles amplitudes journalières.



En sols sableux, le **vent favorise l'érosion éolienne**, mais il est surtout préjudiciable car il **favorise l'évaporation de l'eau contenue dans les sols et dans les plantes**. Le vent peut donc entraîner un assèchement du feuillage et, dans les cas les plus extrêmes, un stress hydrique.

Même si le millésime 2023 présente des températures moyennes inférieures à celles du millésime 2022 l'augmentation des **Tmax** est incontestable puisque, contrairement aux années antérieures à 2022, les **Tmax** en 2023 sont supérieures à 27.7 degrés en tout point de la zone.

Ces **fortes températures aggravent la sécheresse** en augmentant l'évaporation de l'eau contenue dans les plantes et dans le sol et **peuvent également être dommageables à l'activité photosynthétique de la vigne**.



Nombre de jours > 35 °C sous abri solaire* :

- 2018 à 2021 : max 11 jours
- 2022 et 2023 : max 23 jours

Température optimale de la photosynthèse : 25 - 30 °C
(variable suivant les cépages)
T > 40 °C : fermeture des stomates, absence de photosynthèse

* à noter que la température de l'air n'est pas celle du feuillage
ni celle du raisin

3.4. Relations températures – topographie

Chaque parcelle présente ses propres **caractéristiques topographiques** (pente, distance à la mer, exposition, orientation des rangs...). Ces variations topographiques expliquent assez bien la répartition des températures sur la zone étudiée (environ 30%).

Attention : la variable « altitude » est à relativiser puisque sur le réseau, la parcelle la plus haute est située à 120 mètres au-dessus du niveau de la mer. Il n'est pas question de « terroir d'altitude » dans cette étude.

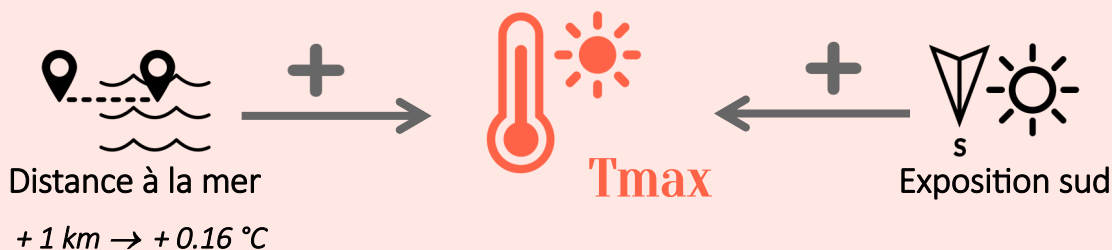
Tout au long de la saison de végétation (01/04 au 30/09), les **Tmin** sont principalement impactées par 2 facteurs :



Le gain d'altitude entraînant une augmentation des Tmin est contradictoire avec d'autres études. Le caractère insulaire de la zone étudiée est certainement la raison de ces résultats.

Les parcelles pentues présentent des Tmin plus élevées. Plusieurs études ont démontré que l'air froid s'écoule le long des pentes, limitant le refroidissement nocturne pour les parcelles pentues.

En ce qui concerne les **Tmax**, les relations décrites ci-dessous sont vraies pour la période post-véraison (15/07 au 30/09) :



La mer semble jouer un rôle de régulateur thermique durant la période estivale, limitant les températures élevées en journée.

Une exposition sud de la parcelle augmente les Tmax. En effet, le bilan radiatif est plus important pour les parcelles exposées au sud.

Il reste une **part importante de variabilité des températures non expliquée à ce jour**, environ 50% des conditions thermiques sont liées à d'autres caractéristiques de la parcelle. Ce sont des facteurs qui ne sont, pour l'heure, pas quantifiés mais qui joueraient à l'échelle locale sur les températures (effet du paysage : haies, cours d'eau...)

Ces premières conclusions sont un début de piste de réflexion quant aux choix des lieux de plantation en situation de dérèglement climatique, et donc dans le cas de la recherche de parcelles « fraîches » dont les températures basses retardent la maturité et favorisent la synthèse des précurseurs aromatiques et des polyphénols (Peyrot des Gachons et al., 2005).

CE QU'IL FAUT RETENIR - Modélisation et influence des températures

- Les températures (diurnes et nocturnes) présentent des variations annuelles et spatiales. Elles varient suivant le millésime, les conditions climatiques (couverture nuageuse, vent...) mais également suivant les caractéristiques topographiques de chaque parcelle :
 - Les parcelles les plus en altitude (jusqu'à 120 m) et les plus pentues sont les plus chaudes la nuit.
 - Les parcelles les plus éloignées de la mer et orientées Sud sont les plus chaudes la journée.
- Les modélisations permettent d'identifier la distribution des zones froides et des zones chaudes.
- Les fortes températures enregistrées depuis 2022 peuvent être un frein à l'activité photosynthétique de la vigne, et donc impacter négativement l'avancée de la maturité et le rendement.
- Les données collectées pourront à terme permettre d'établir différents modèles de prévision des conditions climatiques des années à venir.

4. Etude phénologique



Des relevés hebdomadaires sur chacune des parcelles permettent de caractériser les **3 principaux stades phénologiques** (débourement, floraison, véraison).

Les ceps étudiés sont taillés par l'équipe de CRVI depuis 2021 durant le mois de janvier.

♦ À l'échelle globale du réseau

	2018*	2019	2020	2021	2022	2023
Débourement	-	-	-	8 avril	17 avril	7 avril
Floraison	27 mai	10 juin	28 mai	2 juin	29 mai	29 mai
Véraison	23 juillet	2 août	31 juillet	30 juillet	24 juillet	1 août

* réseau de parcelles incomplet

Fig 14. Date moyenne d'atteinte des stades phénologiques : débourement, floraison et véraison pour les 6 millésimes d'étude

Bien que chaque stade phénologique ait lieu à une période similaire chaque année, c'est-à-dire entre fin mars et mi-avril pour le débourement, fin mai pour la floraison et entre fin juillet et début août pour la véraison, des **écarts de précocité d'une quinzaine de jours sont observables entre les millésimes** (fig. 14).

Ces variations de phénologie inter-millésimes peuvent être directement **mises en relation avec les températures**. On observe que le printemps plus chaud (que la moyenne) du **millésime 2018** a induit une floraison précoce et, à l'inverse, les basses températures enregistrées durant les mois d'avril et de mai **2019** ont entraîné une floraison tardive (fig. 15).

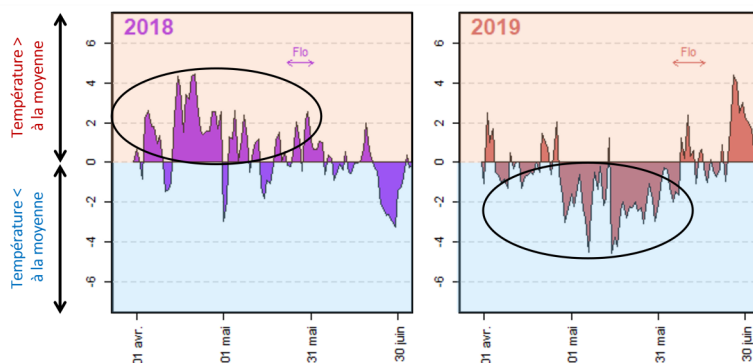


Fig 15. Ecart à la température moyenne de la période 2018-2023 pour les millésimes 2018 et 2019

Au cours d'un même millésime, aucune corrélation n'est établie entre les différents stades phénologiques. En effet, dans les conditions de cette étude, il n'existe pas de lien entre un débourement précoce et une maturité précoce. Le **millésime 2022** en est un bon exemple puisque le débourement a été tardif tandis que la véraison est intervenue très tôt, entraînant une maturation précoce.

♦ Différences intra-parcellaires

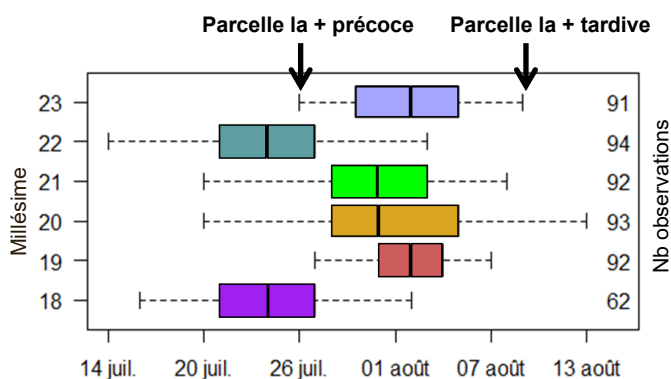


Fig 16. Périodes de véraison des 5 années d'étude (Boxplot)

Les **écarts de précocité** ne sont pas seulement observables à l'échelle annuelle mais également à l'échelle du **réseau de parcelles** (fig. 16).

Certaines années, la véraison (tout comme d'autres stades) se déroule sur un laps de temps plus restreint comme en 2019. Le millésime 2020 se démarque, lui, par l'étalement de la véraison, qui a commencé le 19 juillet pour la parcelle la plus précoce et s'est poursuivie jusqu'au 12 août pour la parcelle la plus tardive. Cette dynamique de véraison a été à l'image de la cinétique de maturation des baies (cf. Partie 5).

Pour la véraison, la zone la plus précoce semble être localisée entre Ghisonaccia et Aghione tandis que la zone la plus tardive semble se trouver autour de l'étang d'Urbino. Cette répartition sera expliquée dans la partie suivante.

Il existe également des **différences de phénologie au sein même des parcelles**. Ces différences sont variables **suivant la superficie et les caractéristiques topographiques** des parcelles (pente, butte...).

Les **disparités observées au cours de la véraison sont également visibles durant la maturation**, c'est pourquoi il est recommandé de prélever des raisins à divers endroits de la parcelle lors des contrôles de maturité. Ainsi, les résultats des prélèvements seront plus en accord avec la récolte.

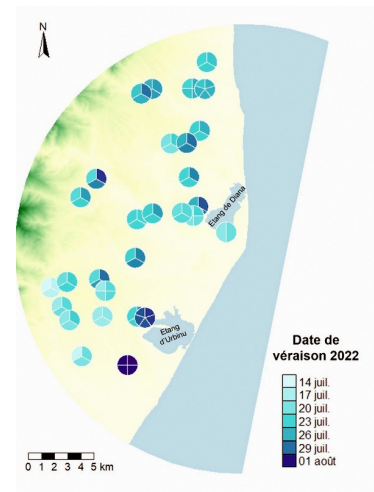


Fig 17. Date de véraison pour chacune des parcelles

♦ Variables explicatives de la phénologie

L'étude terroir a mis en évidence que la **date de débourrement est fortement dépendante de la température de l'air et notamment de la température minimale durant la période hivernale** du 1^{er} janvier au 31 mars (cette relation a été démontrée pour les données du millésime 2022). D'autres études mettent également en avant l'impact de la température et l'humidité du sol sur la date de débourrement (Van Leeuwen et al., 2009).

Pour ce qu'il en est des stades floraison et véraison, il a été montré que même si **d'autres paramètres pouvaient ponctuellement influencer la phénologie** (rapport publié en 2020), tous les travaux de recherche sont unanimes et seules les températures sont les paramètres prépondérants impactant significativement ces stades phénologiques.

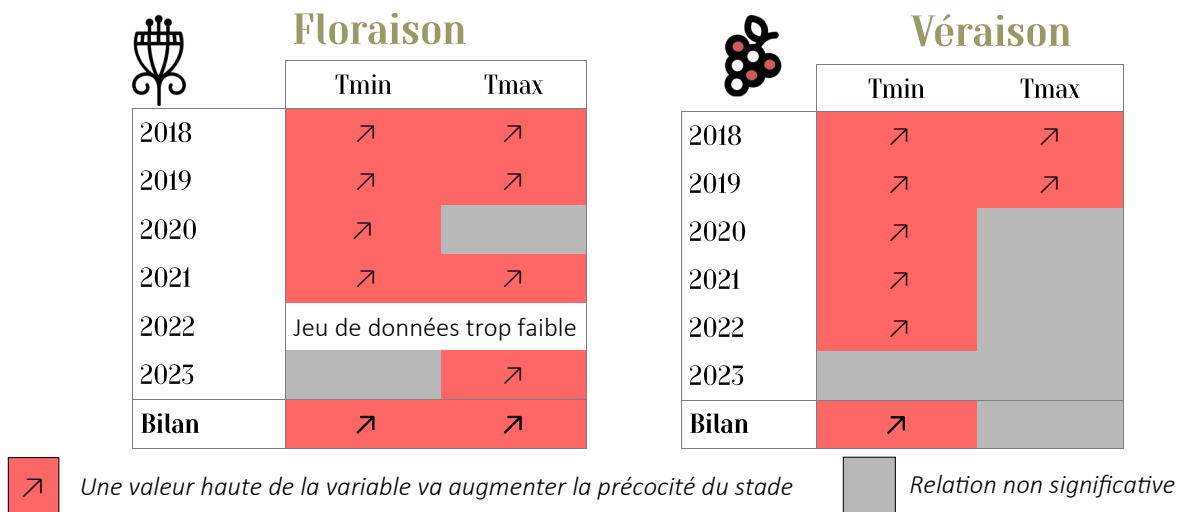


Fig 18. Relations entre les facteurs environnements et agronomiques et les stades floraison et véraison

Dans les conditions expérimentales de l'étude, la **date de floraison est impactée par les températures minimales et maximales** eu égard au millésime (fig. 18). En ce qui concerne la **date de véraison**, ce sont les **températures nocturnes** qui ont un **effet supérieur** : plus les températures sont élevées durant la nuit, plus la véraison sera précoce.

CE QU'IL FAUT RETENIR - Phénologie

- La **phénologie** de la vigne (débourrement, floraison et véraison) varie **selon** :
 - Le **millésime**, jusqu'à 15 jours suivant les températures annuelles
 - La **zone de la plaine**, jusqu'à 20 jours suivant la classe climatique des parcelles
- Ces variations entraînent des **écarts de date de maturité**.
- On constate que la précocité d'un stade n'entraîne pas forcément la précocité du stade suivant (comme en 2022).
- Les **températures élevées** sont responsables d'une **apparition précoce de l'ensemble des stades végétatifs**.
- Dans le cadre du dérèglement climatique où la maturité est atteinte de plus en plus tôt en saison, le choix d'une **parcelle avec des températures nocturnes basses** permettra de **retarder le début du cycle de maturation** (véraison).

5. Etude de la maturité



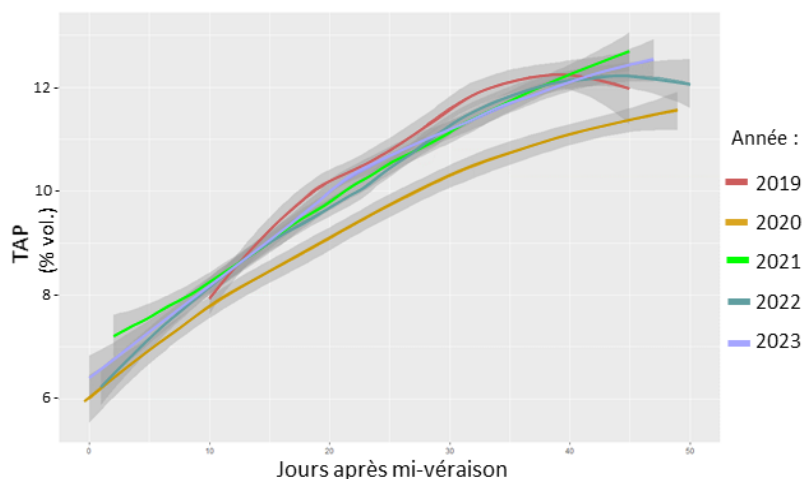
La dynamique de maturation est décrite grâce à la réalisation de **plusieurs contrôles de maturité** sur chacune des parcelles, et ce, **toutes les semaines** du stade véraison jusqu'à la récolte.

♦ À l'échelle du réseau en globalité

Données d'acidité plus basses
pour ce millésime plus chaud

	2019	2020	2021	2022	2023
Date du contrôle	26-27 août	31 août - 1 ^{er} sept	30-31 août	22-23 août	28-29 août
TAP	10.8	10.2	11.2	11.2	10.7
Acidité Totale	4.52	4.16	4.15	3.69	4.08
pH	3.34	3.34	3.36	3.54	3.48
Poids des baies	2.62	3.09	2.93	2.99	3.06
Azote assimilable	150	182	160	160	173

Fig 19. Données moyennes de l'ensemble des contrôles de maturité lors du dernier prélèvement commun à toutes les parcelles

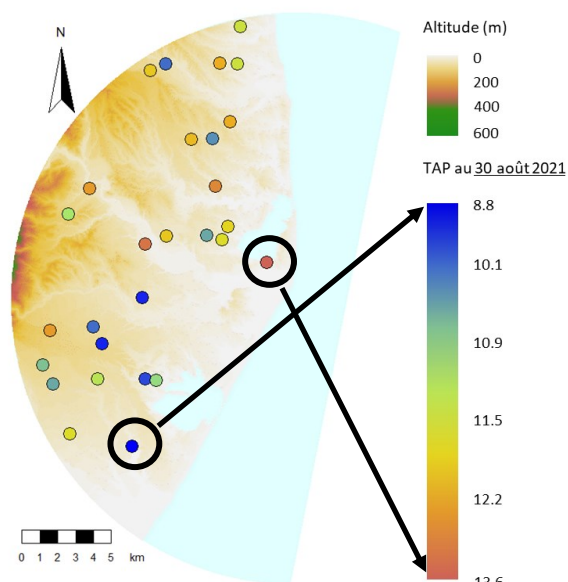


Globalement, la cinétique de chargement en sucres à partir de la véraison, est la même quel que soit le millésime (fig. 20).

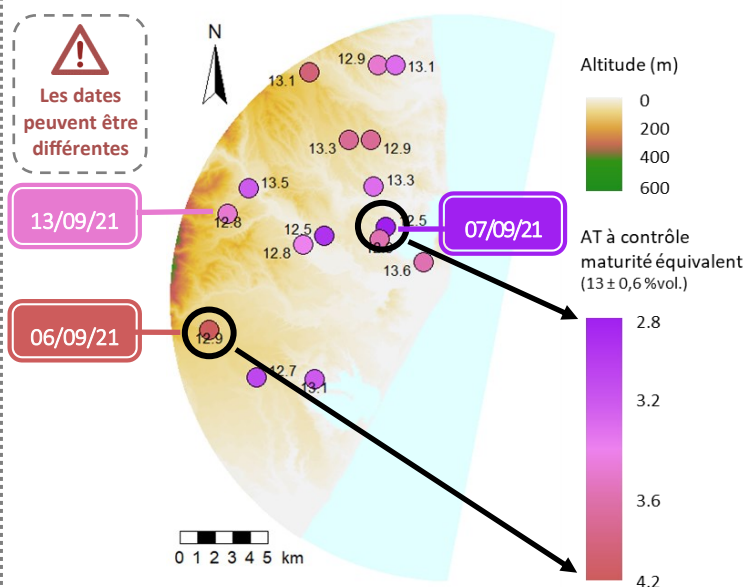
Seul le millésime 2020 présente un chargement plus lent. Il est, pour l'heure, difficile de donner une explication à ce chargement moins rapide en 2020 même si le millésime a été marqué par une pression cicadelle verte importante.

Fig 20. Dynamique de chargement en sucre des baies à partir de la mi-véraison pour les millésimes 2019 à 2023

A date équivalente, (30/08/21) les **TAP** peuvent présenter **plusieurs points d'écart selon la zone** de la plaine (4.8 %vol. en 2021)



A TAP équivalent, (12.5 - 13.6 % vol.) les **AT** présentent des **différences selon la zone** de la plaine (1.4 g/L H₂SO₄ en 2021)



Les caractéristiques physiques et chimiques des baies peuvent être mises en lien avec diverses conditions de culture, un bilan des 5 années d'expérimentation a été établi (fig. 20).

Variables expliquées	Variables explicatives				
	 Tmin Post véraison	 Tmax Post véraison	 Déficit hydrique tardif	 Statut azoté de la vigne	 Rapport feuilles/fruits
Sucres			+	-	+
Acidité Totale	+	-	-	+	
Acide Malique		-	-	+	
pH	+	+	+	+	+
Poids des baies	(Tmin saison) +	(Tmax saison) -	-	+	
Azote assimilable				+	

-

 Une valeur haute de la variable explicative aura un impact négatif sur la variable expliquée

+

 Une valeur haute de la variable explicative aura un impact positif sur la variable expliquée
 Relation non significative

Fig 21. Relations entre les facteurs environnementaux et agronomiques et la composition des baies

L'alimentation azotée de la vigne est le paramètre qui impacte le plus la composition des baies. Plus cette nutrition azotée sera importante, plus les baies seront acides et grosses et moins elles seront sucrées.

Comme démontré lors d'autres études, nos recherches ont confirmé qu'une nutrition azotée suffisante sera gage d'une bonne concentration en azote assimilable des raisins, indispensable à la fermentation alcoolique.

Une **contrainte hydrique tardive** (après la véraison) est favorable à l'accumulation des sucres mais défavorable au maintien des caractéristiques acides des baies ainsi qu'au poids des baies.

Les **températures nocturnes** et **diurnes** n'impactent pas de la même manière les composants des baies. Les températures journalières élevées entraîneront une diminution des paramètres d'acidité (acidité totale et acide malique).

Le **rapport feuilles/fruits** représente, par cep, la **densité de feuillage par rapport à la quantité de raisin** (m^2/kg), il évalue la notion d'équilibre physiologique duquel découle le **potentiel de maturation** et donc la **qualité des raisins**. Dans d'autres régions viticoles du sud de la France, il a été établi que le ratio doit avoisiner $1 m^2/kg$ pour les cépages blancs. Pour les parcelles suivies dans le cadre de cette étude, suivant les années, ce ratio varie de 0.2 à $2 m^2/kg$. On observe ici que le rapport feuilles/fruits impacte l'accumulation des sucres ainsi que les valeurs de pH dans les baies.

D'autres facteurs, encore inexplorés à ce jour, peuvent affecter la composition des baies.

CE QU'IL FAUT RETENIR - Maturité

- Les vitesses d'accumulation des sucres et de dégradation des acides dans les baies varient selon les millésimes. Certaines conditions climatiques peuvent entraîner des déséquilibres, c'est le cas de 2022 (millésime très chaud et sec) qui présentait des caractéristiques acides particulièrement basses.
- La maturité diffère selon les parcelles :
 - Pour une même date, certaines parcelles sont plus chargées en sucre que d'autres.
 - Pour un même TAP, les acidités totales sont différentes d'une parcelle à l'autre.
- Ces différences sont en partie expliquées par les facteurs climatiques et agronomiques :
 - Une **forte alimentation azotée** freinerait l'avancée de la maturité mais favoriserait une taille des baies importante et une bonne fermentescibilité des moûts
 - Des **températures journalières élevées** favoriseraient la dégradation de l'acidité.
 - Une **contrainte hydrique tardive** serait défavorable au maintien de l'acidité des raisins.

6. Vinifications



Afin de définir l'expression aromatique des vins de Vermentinu issus de divers contextes de terroir, 6 parcelles ont été sélectionnées depuis 2021 pour la réalisation de vinifications en conditions expérimentales.

Les raisins suivent un itinéraire de vinification en blanc « classique ».

6.1. Caractéristiques des parcelles vinifiées

Les parcelles ont été choisies en fonction de leur **conditions climatiques** et de la **présence éventuelle d'un déficit hydrique**. Cependant, il est important de noter que les **itinéraires de culture de chacune des parcelles sont différents** (fig. 22). Certaines de ces caractéristiques sont légèrement variables suivant les millésimes.

Parcelle	Classe climatique	Alimentation hydrique	Contrainte hydrique	Année de plantation	Densité de plantation	Type de taille	Rendement
AGH09	Très chaud	Pluviométrie	Faible à modérée	2002	4000 pieds/ha	Cordon	3.10 kg/cep
AGH22		Pluviométrie	Absence	1990	3600 pieds/ha	Cordon	2.40 kg/cep
ANTI02	Grande amplitude : frais la nuit, chaud la journée	Pluviométrie + irrigation	Absence	2010	4000 pieds/ha	Guyot double	3.90 kg/cep
ANTI04		Pluviométrie	Faible	2012	5600 pieds/ha	Cordon	1.67 kg/cep
TAL01		Pluviométrie	Faible à modérée	2005	3330 pieds/ha	Cordon	1.60 kg/cep
AGH17	Frais	Pluviométrie	Absence	2010	3330 pieds/ha	Guyot double	6.80 kg/cep

caractéristiques pour l'année 2022

Fig 22. Caractéristiques climatiques, hydriques et physiologiques des parcelles vinifiées

6.2. Tendances des millésimes



2021

Le printemps gélif suivi d'un été sec et d'attaques de la pyrale des agrumes ont eu un effet négatif sur la quantité de récolte. Néanmoins la qualité de récolte était au rendez-vous avec une belle finesse des arômes et un équilibre acidité/alcool harmonieux.



2022

Le millésime a été marqué par une sécheresse dès le printemps et des pluies intenses au moment de la récolte. Les Vermentinu présentaient des taux d'acidité bas, en particulier pour l'acide malique, et de faibles teneurs en azote assimilable entraînant parfois des fermentations languissantes.

Les parcelles sont récoltées à **maturité équivalente**, à l'exception de la dernière parcelle qui a dû être récoltée précocement en raison de la dégradation rapide de l'état sanitaire des raisins.

Il peut y avoir près d'un mois d'écart entre la première et la dernière parcelle récoltées.

Les teneurs en azote assimilable différant selon les moûts, une **complémentation** avec de l'azote organique est appliquée afin de les ramener à des valeurs équivalentes.

Caractéristiques moyennes des moûts		
	2021	2022
TAP (% vol.)	12.7 (±0.9)	12.4 (±0.5)
AT (g/l H ₂ SO ₄)	3.72 (±0.65)	3.40 (±0.40)
pH	3.42 (±0.1)	3.46 (±0.13)
Date de récolte	Du 26/08 au 21/09	Du 24/08 au 16/09

Afin de caractériser l'altération biologique des baies des parcelles vinifiées, l'acide D-gluconique (AG) a été mesuré sur moût.

En 2022, 3 parcelles dépassent la valeur seuil d'AG (fig. 23).

Il a été mis en évidence qu'une **alimentation azotée trop importante** (mesurée par l'appareil Ntester) conduit à une **dégradation de la qualité de la récolte**, même s'il est admis qu'une bonne alimentation azotée de la vigne est gage d'une meilleure alimentation hydrique et d'une bonne fermentescibilité.

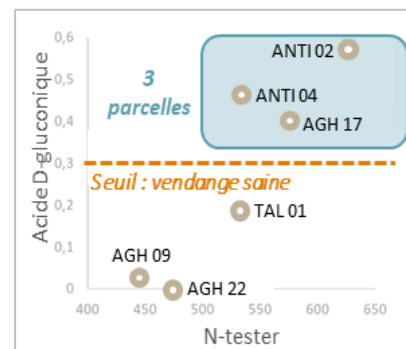


Fig 23. Relation acide D-gluconique et alimentation azotée en 2022

6.3. L'analyse sensorielle

Pour chaque millésime vinifié, les 6 vins sont dégustés en comparaison par un jury composé de sujets experts, 5 mois après leur mise en bouteille. Cette dégustation permet de qualifier le profil sensoriel de chaque vin, via la notation de 24 descripteurs adaptés à la dégustation de vins blancs secs.

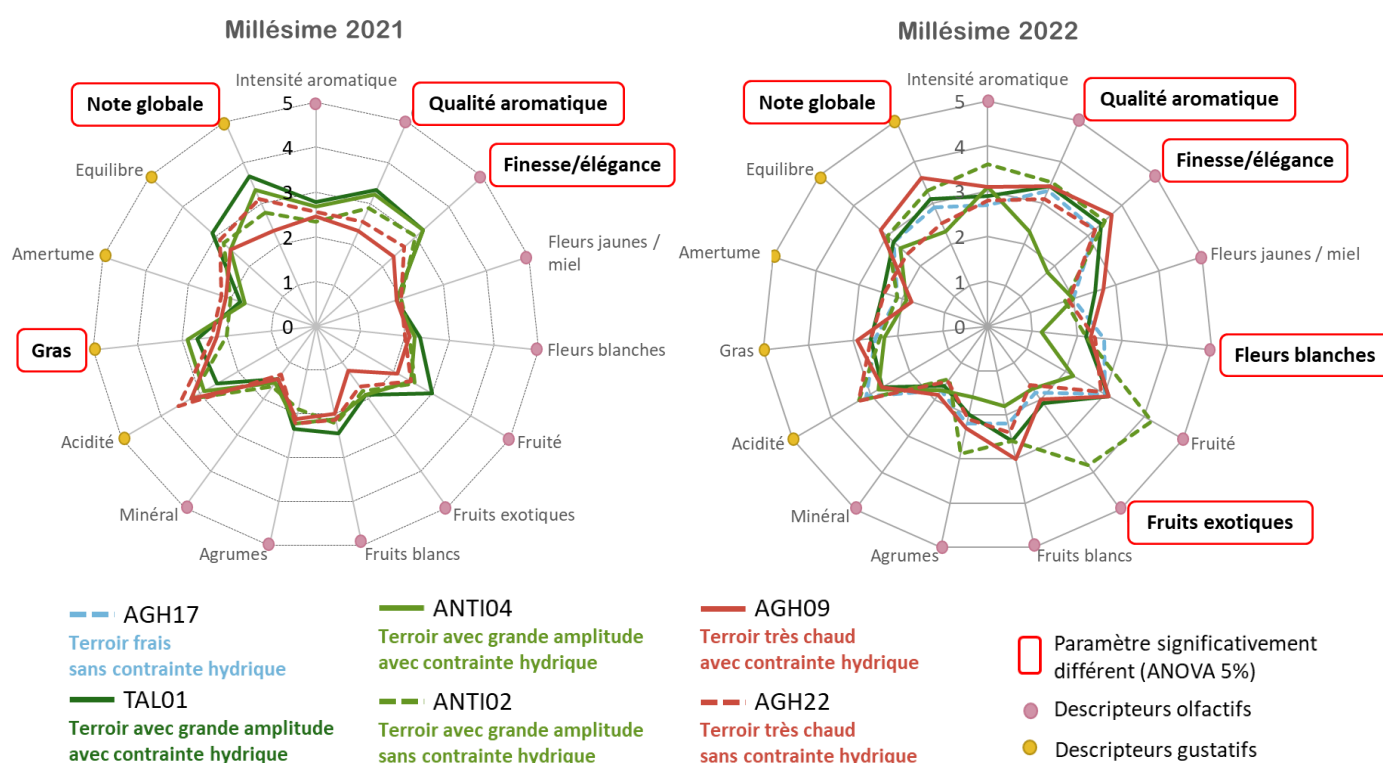


Fig 24. Graphiques radars de la moyenne des notes de chaque vin pour chaque descripteur

- 15 descripteurs sont représentés sur les graphiques radars ci-contre (fig. 24). Les paramètres significativement différents entre les vins (encadrés en rouge) sont relatifs aux caractéristiques générales des vins.
- 3 paramètres significativement différents sont communs aux deux millésimes.
- Il est actuellement difficile d'établir des tendances générales entre ces deux millésimes. Certains vins ont été plus appréciés que d'autres.
- Les relations potentielles entre ces descripteurs et les paramètres agronomiques et climatiques (teneur en azote, rapport feuilles/fruits, température...) seront explorées prochainement, trois millésimes *a minima* sont nécessaires.

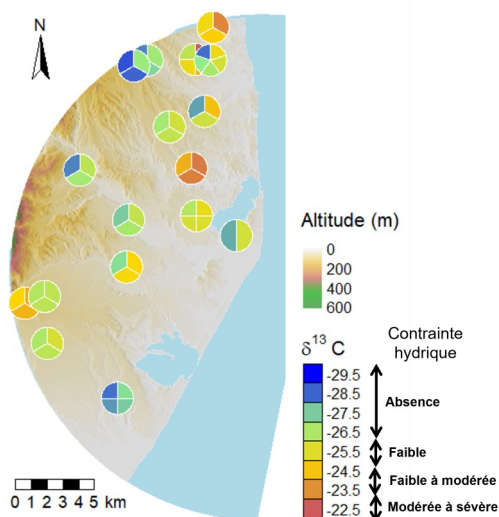
CE QU'IL FAUT RETENIR - Vinifications

- Les critères de discrimination retenus pour le choix des parcelles vinifiées depuis 2021 sont la classe climatique et la présence ou non d'une contrainte hydrique. Les parcelles sont récoltées à une maturité équivalente.
- Nos mesures ont démontré qu'une **fertilisation azotée excessive peut être préjudiciable à la qualité sanitaire de la récolte**.
- Pour le moment il n'y a **pas de profil organoleptique établi pour chaque classe de parcelles**.
- Trois millésimes sont nécessaires pour relier les dégustations aux paramètres climatiques et agronomiques.

7. Pour aller plus loin

7.2. Contrainte hydrique ressentie par le Vermentinu

Afin de **caractériser la contrainte hydrique** subie par la vigne durant la maturation, des **analyses de Delta 13C** ($\delta^{13}\text{C}$) sont réalisées sur les sucres du moût. La **discrimination isotopique du carbone** (^{12}C et ^{13}C) permet d'identifier s'il y a eu une **fermeture des stomates des feuilles de la vigne** (afin de réduire l'évaporation de l'eau) et renseigne donc sur l'éventuel stress ressenti par cette dernière sur la période de maturation. **Plus la valeur de $\delta^{13}\text{C}$ est négative, plus le déficit hydrique est faible**. Cette contrainte hydrique n'est pas toujours homogène sur l'ensemble de la parcelle (fig. 25).



Seules les parcelles non irriguées, au nombre de 17, sont traitées dans ce paragraphe. Malgré des millésimes qui se suivent mais qui ne se ressemblent pas d'un point de vue climatique (température et pluviométrie), la contrainte hydrique estimée pour chacune des parcelles semble très peu varier d'une année sur l'autre.

Lors du millésime 2022, très chaud et sec, 6 parcelles n'ont pas subi de stress hydrique. Les 11 autres parcelles présentaient une contrainte hydrique modérée et localisée à certaines zones (classe : *faible* - 6 parcelles, *faible à modérée* - 4 parcelles, *modérée à sévère* - 1 parcelle).

La forte proportion de parcelles ne présentant pas ou très peu de déficit hydrique, laisse développer l'hypothèse qu'il existe une **bonne adéquation et adaptation du cépage Vermentinu avec les différents terroirs en côte orientale**.

Fig 25. Valeur de $\delta^{13}\text{C}$ pour chaque zone étudiée des parcelles - 23 août 2022

7.1. Vermentinu et adaptation climatique

Afin d'identifier **quel cépage serait le plus adapté dans le cadre du changement climatique**, des chercheurs (Parker et al. 2013) ont mis en place un modèle permettant de comparer l'atteinte des stades phénologiques (floraison et véraison) pour divers cépages en se basant sur la somme des températures à partir du 60^{ème} jour de l'année.

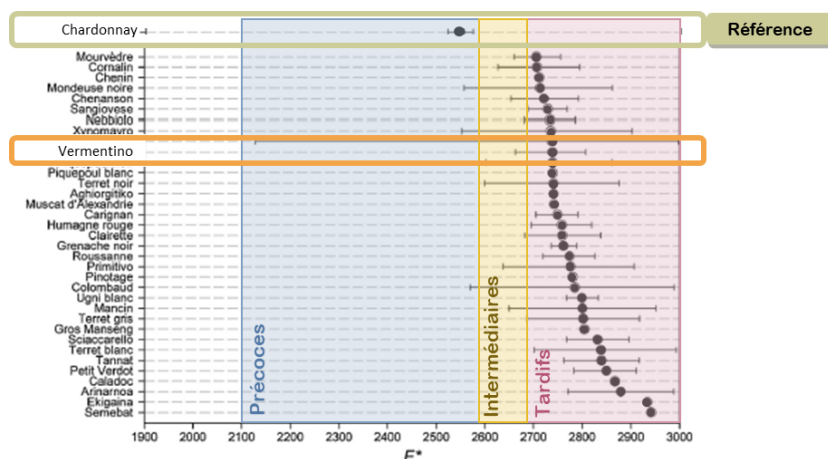


Fig 26. Valeur F^* (Σ de température) nécessaire pour atteindre le stade véraison pour les cépages tardifs.

Source : Parker et al. 2013 - adapté par le CRVI

Le **Vermentinu fait partie des cépages tardifs** (fig. 26), qui nécessitent une importante somme de températures pour atteindre le stade véraison. Sur les 104 cépages étudiés (blancs et noirs), 79 cépages sont plus précoces à la véraison que le Vermentinu. La somme de températures nécessaire à la véraison définie lors de cette étude a été confirmée avec les données du programme Terroir.

Le **Vermentinu est donc l'un des cépages les plus adaptés aux conditions climatiques méditerranéennes**, où la somme des températures est importante. Attention, certains cépages originaires d'autres pays méditerranéens (Grèce, Espagne...) n'ont pas été recensés lors de cette étude. Le **caractère tardif ne peut pas être résumé qu'à la quantité de chaleur nécessaire à l'atteinte de la véraison**, en effet ce potentiel de tardivité peut être impacté par d'autres paramètres tel que la contrainte hydrique.

8. Conclusion

Le contexte

L'augmentation des températures, du déficit hydrique et de la teneur en CO₂ de l'atmosphère sont les conséquences du changement climatique. Ces dérèglements entraînent de multiples modifications de la physiologie de la vigne en particulier un avancement des stades phénologiques et notamment de la maturité. La composition des baies s'en trouve altérée, les baies sont plus sucrées, moins acides et plus petites. Le potentiel aromatique est lui aussi impacté.

Certains résultats ont déjà été démontrés lors d'autres études, cependant il semblait indispensable de les confirmer dans un contexte méditerranéen et insulaire. D'autant plus qu'en conditions climatiques chaudes et pour une réserve hydrique des sols faible, l'effet du millésime sur les différentes variables est très fort.

Les résultats de l'étude menée par le CRVI

En dépit de l'étroitesse de la zone étudiée (rayon de 15 km), la plaine située en côte orientale, offre une **grande diversité de terroirs**, d'un point de vue :

- ♦ **Pédologique** : les sols des parcelles présentent des caractéristiques variables en termes de texture, structure, profondeur, alimentation en eau, pierrosité, teneur en éléments minéraux qui leur confèrent des potentialités agronomiques différentes.
- ♦ **Climatique** : la localisation des parcelles (altitude, distance à la mer) ainsi que leurs caractéristiques topographiques (pente, exposition) engendrent pour chacune d'entre elles, des conditions climatiques différentes (température, pluviométrie, vent). D'autant plus que les températures nocturnes et diurnes ne suivent pas les mêmes dynamiques.
- ♦ **Phénologique** : les températures qui règnent sur chaque parcelle impactent fortement les différents stades phénologiques et donc la précocité de la maturité et en partie la composition des baies.
- ♦ **Pratiques culturelles** : les itinéraires techniques suivis par les viticulteurs (alimentation azotée et hydrique, densité de végétation...) sont différents et entraînent également divers équilibres physiologiques de la vigne et donc de la composition des baies.

Les vins de Vermentinu qui sont issus de ces différents terroirs présentent des **caractéristiques organoleptiques multiples et singulières** même si, pour l'heure, il n'est pas envisageable d'associer des caractéristiques organoleptiques pour chaque type de terroir.

Pour finir

La culture du Vermentinu semble **adaptée aux conditions climatiques actuelles**. L'étude du comportement du cépage donne de **belles perspectives** quant au maintien de la productivité du Vermentinu en conditions insulaire.

Une étude des terroirs viticoles se conduit sur de nombreuses années afin de réaliser une caractérisation complète de la zone avec des répétitions spatiales et temporelles. Ce bilan n'est que provisoire.

♦ Poursuites de l'étude



Les multiples cartes présentées dans ce document vont être **mises en ligne** sur le site du CRVI. Ces **cartes interactives** permettront de visualiser pour chaque parcelle, située dans la zone Linguizzetta - Ghisonaccia, leurs caractéristiques pédologiques, climatiques et phénologiques.

Une seconde étape de ce projet est de déterminer les possibles **évolutions climatiques de la côte orientale pour les décennies à venir**, suivant les scénarios définis par le GIEC. Ces différentes projections permettraient de définir les **répercussions sur le développement du Vermentinu** mais également d'identifier les zones de plantation propice à la culture du Vermentinu dans ce contexte de réchauffement climatique.

Le CRVI tient à remercier les viticulteurs partenaires de ce réseau dont la collaboration permet la réalisation de cette étude.

M. André Casanova
M. Eric Ewald
M. Simon Pierre Fazi
M. Jean Baptiste Finidori
M. Laurent Gambini
M. Pierre Garcia
M. Jérôme Girard

M. Christophe Lavergne
Mme Josette Lucciardi
M. Alain Lugarini
M. Jean Mondange
M. Joseph Nicolai
M. Christian Orsucci
M. François Paoli

M. Eric Poli
M. Roger Pouyau
Mme Emilie Raffalli
M. François Ramazotti
M. Ange Marie Robinet
M. Dumè Salvadori
Mme Josée Vanucci Couloumère

Ce document a été livré en janvier 2024 par **U Centru Di Ricerca Viticula Di Corsica (CRVI)**

Directrice Générale : Nathalie USCIDDA / n.uscida@crvi-corse.fr

Directeur Pôle végétal : Gilles SALVA / g/salva@crvi-corse.fr

Présidente : Josée VANUCCI-COULOUMERE

Sont en charge du programme « Caractérisation et valorisation des terroirs viticoles d'une zone de l'AOP Corse (Linguizzetta – Ghisonaccia) – application au cépage Vermentinu » pour le CRVI de Corse :

Amélie LAMBERT, Responsable programmes viticoles

Fanny ANDRE, Ingénieure agronome et œnologue

Programme de recherche financé par **FranceAgriMer**



Ce document a été élaboré en collaboration avec la cellule de transfert **VITINNOV**. Les données collectées par le CRVI sont analysées statistiquement par la cellule VITINNOV, représentée par :

Lauren INCHBOARD, Biostatisticienne

Julia Gouot, Chargée de projet R&D

Diala YOUNES LAVENU, Directrice de la cellule



Ont participé :

Gabrielle CICCOLINI, Ingénieur en charge du matériel végétal

Caroline DE PERETTI, Responsable Qualité du Laboratoire COFRAC

Ange Pierre MICHELANGELI, Responsable des analyses du laboratoire COFRAC

Florence RAFFINI, Secrétaire - Comptable

Damien ZANARDO, Technicien viti-œno



crvi_corse



CRVI

