Edition Mars 2022 - N°3

PEI SICTAG

SICTAG' MAG



Les mesures du printemps 2021

Analyse de l'impact du gel 2021, par drone et satellite

Adapter les pratiques culturales à l'aléa gel

Un automate communicant pour piloter les tours

Journées techniques et d'échange : le 20 juillet à Quincy et le 21 à Amboise

Partenaires

Édito

Démarré en 2020, le projet SICTAG arrive maintenant à mi-chemin de sa durée d'exécution prévue sur trois années. A cause de la Covid, les premières mesures terrain n'ont pu être réalisées qu'en décembre 2020 mais les données relatives aux gels des printemps 2020 et 2021 ont été acquises et analysées. Ce numéro et le précédent en présentent les résultats. Les mesures et tests de ce printemps ainsi que les avancées sur les 4 volets du projet feront l'objet d'une présentation lors des réunions techniques programmées les 20 et 21 juillet prochains.

Les programmes d'aide du Conseil Régional et du plan de relance ont permis, ces dernières années, d'installer de nombreuses tours anti gel en Centre-Val de Loire. On en compte plus de 350 en Cuma aujourd'hui. L'objectif du projet est d'améliorer l'efficacité des équipements en place et à venir, notamment avec le prochain programme régional 2023-2027. Cela passera aussi par un travail sur l'impact sonore et visuel des tours. Un programme de travail spécifique sur ces sujets, complémentaire à SICTAG, est en cours d'élaboration.

L'équipe projet



Suivez toute l'actualité
du projet sur : **sictag.fr**

SICTAG MAG'
SOMMAIRE













03 | **Les temps forts** du projet SICTAG en 2021
04 | **Mesures du printemps 2021**
07 | **Analyse du développement végétatif** après le gel par drone et satellite
08 | **Regard de vignerons**
09 | **Le réseau Cuma mobilisé** contre le gel
10 | **Adapter les pratiques culturales** à l'aléa gel
11 | **L'outil Weefrost**
12 | **Un automate communicant**
14 | **Analyse** et modélisation
16 | **Mesure de l'écoulement généré par une maquette** de tour antigel à l'échelle réduite

SICTAG est un projet reconnu Partenariat Européen pour l'Innovation et qui bénéficie à ce titre du soutien financier du Conseil Régional Centre-Val de Loire (20%) et du fonds européen de développement agricole pour le développement rural FEADER (80%).

Revue éditée par **FRCUMA Centre - Val de Loire** • Adresse : 1 avenue de Vendôme - 41 013 Blois Cedex • **Conception graphique & impression :** Accessprint 02 48 75 00 93 • **Crédits photos :** FRCUMA • Nombre de tirage : 2 500 ex.

Les temps fort du projet Sictag en 2021

Par Jean-François Méré

CUMA CENTRE VAL-DE-LOIRE LA PUISSANCE DU GROUPE

Malgré la pandémie, le déroulement du projet SICTAG a pu se poursuivre, après une année 2020 très perturbée, la campagne de mesures printanières ayant dû être annulée.

Deux journées techniques ont été organisées en 2021 les 10 et 11 mars. Ces journées ont pour objectif de diffuser le plus largement possible les résultats du projet et de permettre un échange direct avec les vignerons de la région. La fréquentation de ces journées fût, malgré tout, limitée par les restrictions sanitaires.



INTERVENTION DE SOA, CONCEPTEUR ET CONSTRUCTEUR DE PÂLES POUR TOURS ANTIGEL



RÉUNION DES VIGNERONS SUR LE DOMAINE DE LA BROSSE, À BRINAY. AU CENTRE : STATION EXPÉRIMENTALE CONÇUE ET UTILISÉE PAR L'INRAE



ECHANGE ENTRE CONSTRUCTEUR ET ÉQUIPE PROJET À SAINT-NICOLAS DE BOURGUEIL



FRANÇOIS JAMET PRÉSENTE SA CUMA DE LUTTE CONTRE LE GEL



RÉUNION DANS LES LOCAUX DE LA CAVE COOPÉRATIVE SNB

JOURNÉES TECHNIQUES 2022 LES 20 ET 21 JUILLET

Nous vous donnons rendez-vous

- **le 20 juillet dans le vignoble de Quincy**, domaine de la Brosse (commune de Brinay) sur le site d'expérimentation,
- **le 21 juillet sur le site du vinopôle à Amboise**

Au programme :
présentation des résultats des tests de tours et de tests de chauffage, échanges d'expériences
Inscription obligatoire avant le 30 juin
Programme détaillé et bulletin d'inscription disponibles sur le site **www.sictag.fr**

LA JOURNÉE DU 10 MARS À QUINCY

La matinée fût consacrée à un échange technique entre l'équipe projet, les vignerons et les principaux constructeurs de tours antigel : RN7, SPAG EOLE, Orchard Rite (Filextra) et SOA (pâles). Une tour mobile Tow Blow était également présente, amenée par les Ets Faupin de Sancerre.

Une présentation des travaux réalisés eut lieu l'après-midi en présence de vignerons du Cher, du Loir-et-Cher et de la Nièvre et avec la participation de Joël Crotté, conseiller régional. Les constructeurs ont également présenté les tours antigel actuellement sur le marché.

LA JOURNÉE DU 11 À SAINT-NICOLAS DE BOURGUEIL

L'idée d'organiser une rencontre en Indre-et-Loire remonte à 2020, car les vignerons de ce département n'étaient pas présents lors de la première manifestation organisée par le projet à Quincy. La matinée fût consacrée à un échange dans les vignes avec la Cuma des Tours à vent, présidée par François Jamet. Les problématiques rencontrées par les vignerons sont apparues similaires à celles identifiées sur Quincy : chauffage, pilotage des tours, …

La rencontre permit un premier échange de l'équipe avec les vignerons d'Indre-et-Loire. Plusieurs Cuma de lutte contre le gel étaient présentes.

INTERVENTION EN PAYS DE LOIRE

Le 8 novembre, Anthony Chambrin de la FRCUMA est allé porter l'expérience de la région Centre-Val de Loire en matière de lutte collective contre le gel en Loire Atlantique. ●



INTERVENTION EN PAYS DE LOIRE

Printemps 2021 : une longue période gélive marquée par des épisodes intenses



Clara Le Cap,
doctorante

Les travaux présentés dans cet article font suite aux résultats exposés dans le précédent numéro du SICTAG' Mag sur la variabilité spatiale des températures lors d'épisodes gélifs survenus au printemps 2020. En effet, tout comme l'année précédente, le printemps 2021 a également été marqué par des épisodes de gel tardifs, entraînant l'utilisation des tours antigel à Quincy.



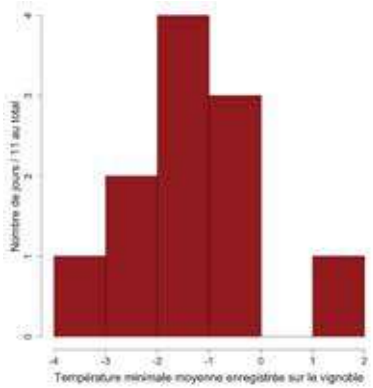
Les études statistiques mises en place l'année auparavant ont ainsi été reconduites afin de caractériser les derniers épisodes et de comparer la situation par rapport aux évènements de l'année précédente. La variabilité spatiale des températures à Quincy pour cette nouvelle saison a pu être étudiée, toujours en ayant recours à la mesure in situ et aux traitements statistiques. Ces travaux répondent aux objectifs du premier volet du projet SICTAG. Celui-ci consiste à réaliser une étude de caractérisation du risque de gel à partir d'outils de modélisation et des données météorologiques existantes. Le but recherché est de comprendre la variabilité spatiale des températures à travers le terroir et de permettre in fine un positionnement optimal des tours et autres dispositifs antigel sur un terroir non couvert.

LES CHIFFRES CLÉS DU GEL EN 2020 ET 2021

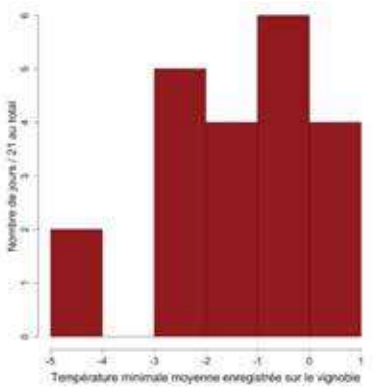
Sur la période entre le 20 mars (début du printemps) et mai 2021, 21 nuits de gel ont été recensées au total dont 13 en mars, 8 en avril et 2 en mai. Les tours antigel ont été mises en route sur les 9 dernières nuits de gel de la période. En 2020, 11 nuits de gel avaient été recensées sur le vignoble. Ces 10 jours de gel supplémentaires en 2021 en ont fait une année particulièrement dévastatrice pour les cultures.

	Épisodes gélifs 2020	Épisodes gélifs 2021
Période	4/03 - 05/04	20/03 - 03/05
Nombre de jours de gel	11	21
Moyenne des températures minimales journalières enregistrée	-1,5°C	-1,3°C
Moyenne des plus faibles températures minimales journalières enregistrées	-3.7°C	-3.2°C
Plus faible température minimale enregistrée sur la période	5.3°C	-6.8°C
Moyenne des plus fortes températures minimales journalières enregistrées	0.5°C	0.5°C
Plus forte température minimale enregistrée sur la période	3.9°C	3,3°C
Amplitude des températures minimales enregistrées à travers le vignoble	4.2°C	3.7°C

Répartition des températures minimales moyennes sur le vignoble pendant le gel printanier 2020



Répartition des températures minimales moyennes sur le vignoble pendant le gel printanier 2021

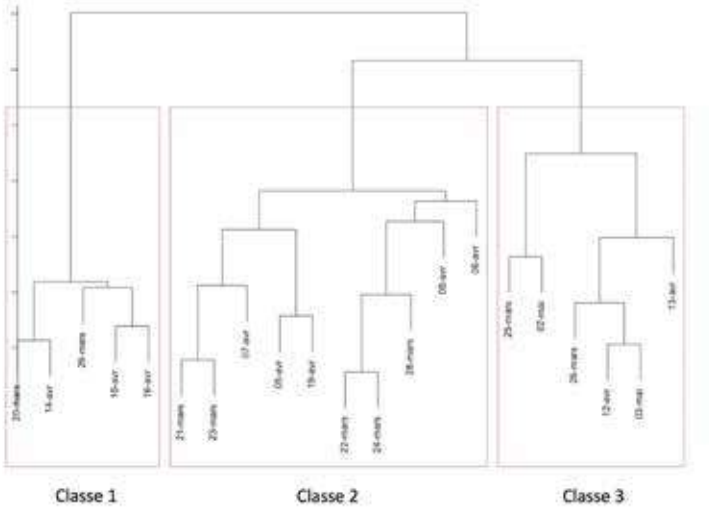


Le tableau ci-dessus compare les périodes gélives de 2020 et 2021 et témoigne de leur sévérité. Ainsi, si la moyenne des températures minimales relevées pendant les périodes gélives de 2020 et 2021 sont proches, il s'avère que certaines gelées de 2021 ont été particulièrement virulentes, avec des températures frôlant les -7° C. On dénombre ainsi sur les histogrammes présentés, 7 nuits en 2021 où la température minimale moyenne du vignoble a dépassé les -2°C contre seulement 3 en 2020. Enfin, bien que 2021 ait compté 10 jours de gelées supplémentaires par rapport au printemps 2020, nombre d'entre eux ont en réalité été assez modérés avec 4 jours où la température minimale moyenne du vignoble était supérieure à 0° C contre un seul en 2020.

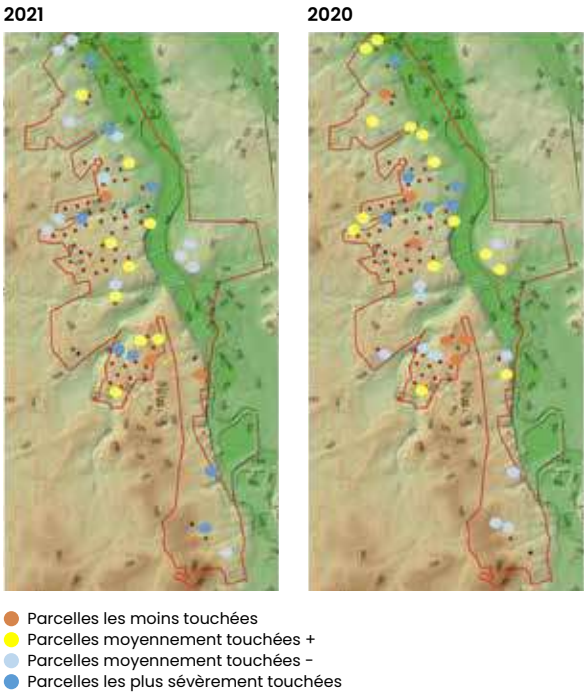


Les différentes nuits de gel en 2021

L'outil statistique de classification permet de regrouper des individus semblables suivant un certain nombre de variables d'intérêt déterminées par l'utilisateur. Ici, on cherche à regrouper les nuits de gel similaires suivant les conditions météorologiques. En résultat, on obtient un arbre de classification illustrant les différents groupes de nuits de gel aux conditions météorologiques similaires. Il apparaît que la classe 1 se caractérise par un ciel clair favorisé par une situation anticyclonique dans la majorité des jours, une humidité relative inférieure à 70% exceptée le 29 mars et un vent compris entre 25 et 40km/h. Les températures minimales restent comprises entre 0 et -1 ° C, excepté le 20 mars et le 15 avril. Le 20 mars, un vent particulièrement fort venu du nord est a pu favoriser l'installation du froid tandis que le 15 avril, c'est le couplage d'un vent modéré avec un air assez sec qui a fait chuter les températures. Les jours de la classe 2 sont marqués par des températures minimales très basses, dépassant parfois -4°C en moyenne sur le territoire. Avec une humidité supérieure à 70% et un vent parfois important, un mélange de gel radiatif et advectif a pu sévir sur le territoire. Les jours de la classe 3 sont quant à eux caractérisés par une humidité élevée, une couverture nuageuse qui a pu limiter la perte radiative et un vent assez faible. Il en résulte des températures minimales moyennes sur le vignoble comprises entre -0.3° C et 0.9°C avec tout de même des parcelles dont la température a chuté jusqu'à -1.5° C. Contrairement à 2020 où les nuits ont été facilement classifiables en situation radiative ou advective, l'année 2021 a été une année particulièrement délicate à caractériser faisant apparaître des évènements mêlant les deux situations.



La répartition de la température sur le vignoble de Quincy en 2020 et 2021



Ainsi, la situation a été très différente entre le printemps 2020 et celui de 2021. Chaque parcelle étant dotée d'un capteur de température Weenat, il est possible de recenser les températures minimales survenues chaque nuit pour chaque parcelle. On va dès lors pouvoir classer ces parcelles selon la sévérité des températures enregistrées et les reporter sur une carte pour identifier les zones durement touchées ou celles qui, au contraire, ont été plutôt épargnées par la chute des températures.

En pratiquant cet exercice sur 2020 et 2021, il en ressort que d'une année sur l'autre, malgré la disparité évoquée tantôt entre les deux années, les catégories de seuil et de plafond de températures enregistrées regroupent globalement les mêmes parcelles.

Toutefois, cette disparité est bien représentée dans les catégories intermédiaires. En effet, par comparaison, on identifie aisément que les parcelles classées en 2020 comme étant assez sensibles à la chute de température (en bleu clair sur la carte), font partie des parcelles qui ont assez bien résisté en 2021 (en jaune sur la carte) et inversement.

Si on synthétise ces deux cartes en se focalisant sur les parcelles très sensibles et très peu sensibles au froid, il apparaît que les zones les plus gélives se regroupent au nord du vignoble et à proximité du Cher. Une zone située dans la moitié sud du vignoble se révèle très hétérogène car elle concentre à la fois des parcelles très sensibles et peu sensibles au gel par rapport aux observations faites sur l'ensemble du vignoble.





La protection des tours antigel

Au printemps dernier, les tours antigel ont été sollicitées durant 9 nuits : tout d'abord du 6 au 8 avril. Puis du 14 au 16 avril, le 19 avril ainsi que les 2 et 3 mai.
Si les tours antigel couvrent la majorité du vignoble, il reste quelques parcelles qui n'en sont aujourd'hui pas équipées. Il est intéressant de comparer la température minimale moyenne des parcelles équipées de tours antigel et celles qui ne le sont pas pour les nuits où les tours ont été sollicitées et celles où les tours sont restées éteintes.
Il apparaît alors que pendant les nuits de gel du début du printemps, juste avant le débourrement des bourgeons (et par extension de l'allumage des tours antigel), la température minimale moyenne mesurée est similaire sur les parcelles équipées de tours antigel et celles qui n'en possèdent pas.
Toutefois, les nuits où les tours ont été mises en route, la température minimale des parcelles non protégées est inférieure de 0.6°C par rapport à celles qui ont reçu la protection des tours.

	Température minimale moyenne mesurée les nuits où les **TAG n'ont pas été allumées**	Température minimale moyenne mesurée les nuits où les **TAG ont été allumées**
Parcelles protégées par TAG	-1,4°C	-1,4°C
Parcelles non protégées par TAG	-1,3°C	-2°C



Conclusion

Ainsi, l'année a été marquée par une période particulièrement longue d'épisodes gélifs printaniers survenant de fin mars à début mai. Il a été montré que malgré une moyenne similaire des températures minimales sur le vignoble entre 2020 et 2021, certaines nuits de gel de 2021 ont été plus très virulentes en chute de températures et ont pu occasionner à elles seules d'importants dégâts.

Si les événements gélifs de 2021 ont été très différents de ceux rencontrés en 2020, il s'avère que néanmoins les parcelles les plus sensibles ou, au contraire, les moins soumises à la chute des températures sont les mêmes que celles identifiées l'an passé.

Grâce aux parcelles non équipées de tours antigel, il a pu être montré que les éoliennes ont fourni une protection non négligeable aux parcelles qui en étaient dotées. Le printemps nouveau permettra par le biais du réseau de sondes Weenat, mais aussi de mesures de terrain, d'apporter de nouvelles données aux outils statistiques et de renforcer une nouvelle fois les observations faites sur la variabilité spatiale de la température et la couverture des tours antigel sur le vignoble. ●

PEI SICTAG

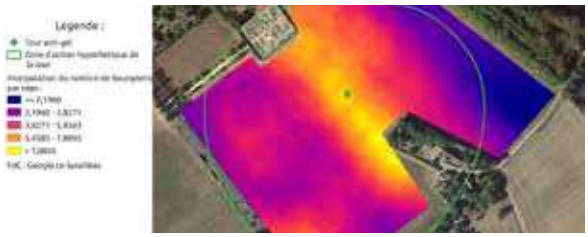
Analyse du développement végétatif après le gel, par drone et satellite

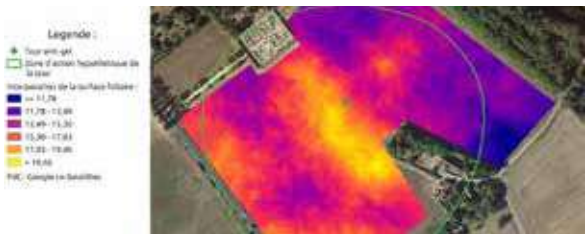
par Pierre-Christophe Mesnil de Scanopy

23 nuits de gel recensées entre mars et début mai 2021. Le débourrement des vignes avait eu lieu à Quincy autour du 8 avril. La vigne a donc été soumise à des épisodes gélifs entraînant des dommages.

Dans le cadre du projet SICTAG, l'équipe Scanopy a essayé d'évaluer sa capacité à estimer les dégâts du gel, par télédétection, par drone et satellite, et de comparer les résultats à la méthode traditionnelle de comptage de bourgeons.

Dans cet objectif, nous avons déployé 3 modes d'évaluation.





LE COMPTAGE DE BOURGEONS AU SOL

Un comptage de bourgeons primaires a été réalisé tous les 7 ceps et toutes les 5 rangées, représentant 1081 points de mesures sur les 6 ha cartographiés. Les points ont été positionnés à l'aide d'un GPS centimétrique et une distinction a été faite entre le nombre de bourgeons primaires et secondaires. Les relevés ont été effectués du 20 au 28 mai 2021 sur la parcelle dite du pressoir, à Brinay.

LE DRONE SCANOPY

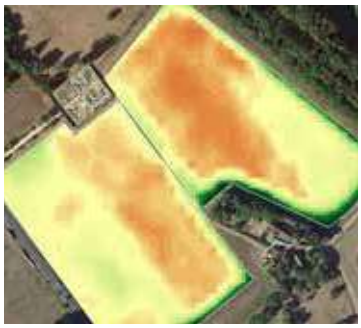
Nous avons utilisé le drone Scanopy, Daisy, muni d'une caméra et d'un GPS centimétrique. Les vols réalisés nous permettent de reconstituer les parcelles en 3D et ainsi de mesurer le volume de feuilles. C'est cet indice que nous avons concentré notre étude. La résolution au sol est un pixel par cm. Cette résolution ne permet pas le comptage de bourgeons mais permet une mesure précise du volume total de chaque cep. Dans le cadre du projet, nous avons réalisé des cartographies sur la période du 20 mai au 9 juillet sur 40 ha de vigne (dont les 6 ha ayant fait l'objet de comptage de bourgeons au sol).

LES IMAGES SATELLITE

Le satellite Sentine! 2 nous permet de récupérer une image de la France tous les 5 jours avec une résolution au sol de 10 m par pixel. Cette résolution ne permet pas l'étude des ceps individuellement, mais l'étude d'indice de végétation qui donne une vision globale de l'état végétatif des parcelles. Nous avons monitoré 60 ha du vignoble, incluant les 40 ha cartographiés par drone.

L'EFFET VISIBLE DE LA TOURS ANTIGEL

L'analyse du comptage de bourgeons montre l'effet de la tour antigel (point vert au centre de la parcelle). On peut constater une efficacité de forme allongée, et cela correspond au chemin de la parcelle. L'efficacité semble moindre dans le sens perpendiculaire au rang.
La cartographie de surface foliaire effectuée le 28 mai en drone montre une distribution spatiale similaire. Les différences entre les deux cartographies peuvent être expliquées d'une part par le débourrement des bourgeons secondaires qui ne sont pas pris en compte par les mesures terrain, et d'autre part, par des biais de vigueurs qui impactent la vigne à la date de passage la plus appropriée et exploitable du satellite le 25 mai 2021. A cette date, le développement de la vigne était encore très faible, ainsi l'indice de végétation est principalement impacté par la présence de l'enherbement. Nous pouvons constater une similarité dans les motifs présents, mais de façon inversée, ce qui pose la question sur le lien potentiel entre présence d'enherbement et risque de gel.



UNE ANALYSE CONCLUANTE, MAIS ATTENTION À L'INTERPRÉTATION ...

L'étude permet de valider l'estimation de l'effet du gel, ainsi que des zones d'effet de protection, par comptage de bourgeons ou par analyse du développement foliaire par drone. Il est néanmoins important de noter que l'étude du développement foliaire est liée à de nombreux autres paramètres : mode de culture, âge et cépage des plans, fertilité du sol, etc ... Dans le cas d'une étude par drone à plus grande envergure, une correction de ces différents facteurs est à réaliser pour mettre en évidence uniquement le phénomène de gel. ●



Retour d'expérience de Maroussia, exploitante de la parcelle du pressoir

Encore une gelée noire venue du Nord Est ! Moins 5°, moins 6° !

Comme en 2016 notre tour antigel n'a réussi qu'à protéger la moitié de la parcelle du pressoir.

Le fonds situé vers le Nord et l'Est, sur une lisière de calcaires lacustres enherbée, n'a pas tenu. Les bourgeons ont grillé !

Le gradient de protection décroissant quand on s'éloigne de la tour s'est vérifié partout.

Les images de Scanopy sont très parlantes. Elles nous permettent d'intégrer nos observations dans un plan cohérent avec elles.

Cela nous fait reposer la question de la pertinence du chauffage au pied de la tour, avec l'installation d'une chaudière. La tour Orchard Rite, en est dépourvue…

Cela nous fait aussi reposer la question de points de chauffage sur toute la lisière Est, avec chaufferettes ou frost guard…

Voilà une tour isolée. Comme l'hirondelle, elle ne fait pas toujours le printemps !

Maroussia Tatin
Domaine des Ballandors
Cuma des Vignobles

Gel de printemps l'impact vu par les vignerons

L'épisode de gel du printemps 2021 a lourdement affecté les espérances de récolte. L'impact est cependant très contrasté d'un vignoble à l'autre, d'une parcelle à l'autre. Il varie effectivement selon l'exposition et les moyens de lutte mis en œuvre.

Propos recueillis par Anthony Chambrin

Selon les professionnels, l'estimation de baisse de récolte, encore provisoire fin 2021, était de -80% sur Touraine, de -50% sur Vouvray et de -20% sur Chinon et St Nicolas de Bourgueil. Sur ces deux derniers vignobles, la bonne couverture en tours anti-gel et aspersion ont nettement permis de limiter les dégâts. Dans le vignoble de Quincy, quasi totalement couvert en tours anti-gel, les pertes furent très limitées.

LES RESPONSABLES DE CUMA TÉMOIGNENT SUR CET ÉPISODE.



Olivier Bellanger,
président de la Cuma Protecgel (41)

" La Cuma est équipée de tours Orchard Rite qui doivent protéger 5 Ha. Cette année, sous les tours, 75% de la récolte a été sauvée. Dans les zones non protégées, les pertes montent à 75%. Dès que la température descend à -2° sous la tour, on allume les bougies. Nous disposons 6 bougies à 30 m en étoile autour de la tour."



Vincent Peltier,
président de la Cuma de la Chancéenne (37)

"Les parcelles ont été protégées à 70 % sous les tours. La récolte des parcelles non protégées a subi une perte de 80% environ. Avec un vent Nord-Est, la protection s'est déplacée au Sud-Ouest. Cela a créé une zone de protection en forme de poire et non en forme ovale."



Cyril Boisard,
Cuma des tours à vent (37)

"A St Nicolas de Bourgueil, la protection sous les tours a été de 100 %, soit une surface de 6 Ha, voire plus pour les parcelles au centre du maillage. Sans les tours, les dégâts ont été de 20 % sur St Nicolas et de 80 % sur certains secteurs de Brain sur Allonne ou Bourgueil".



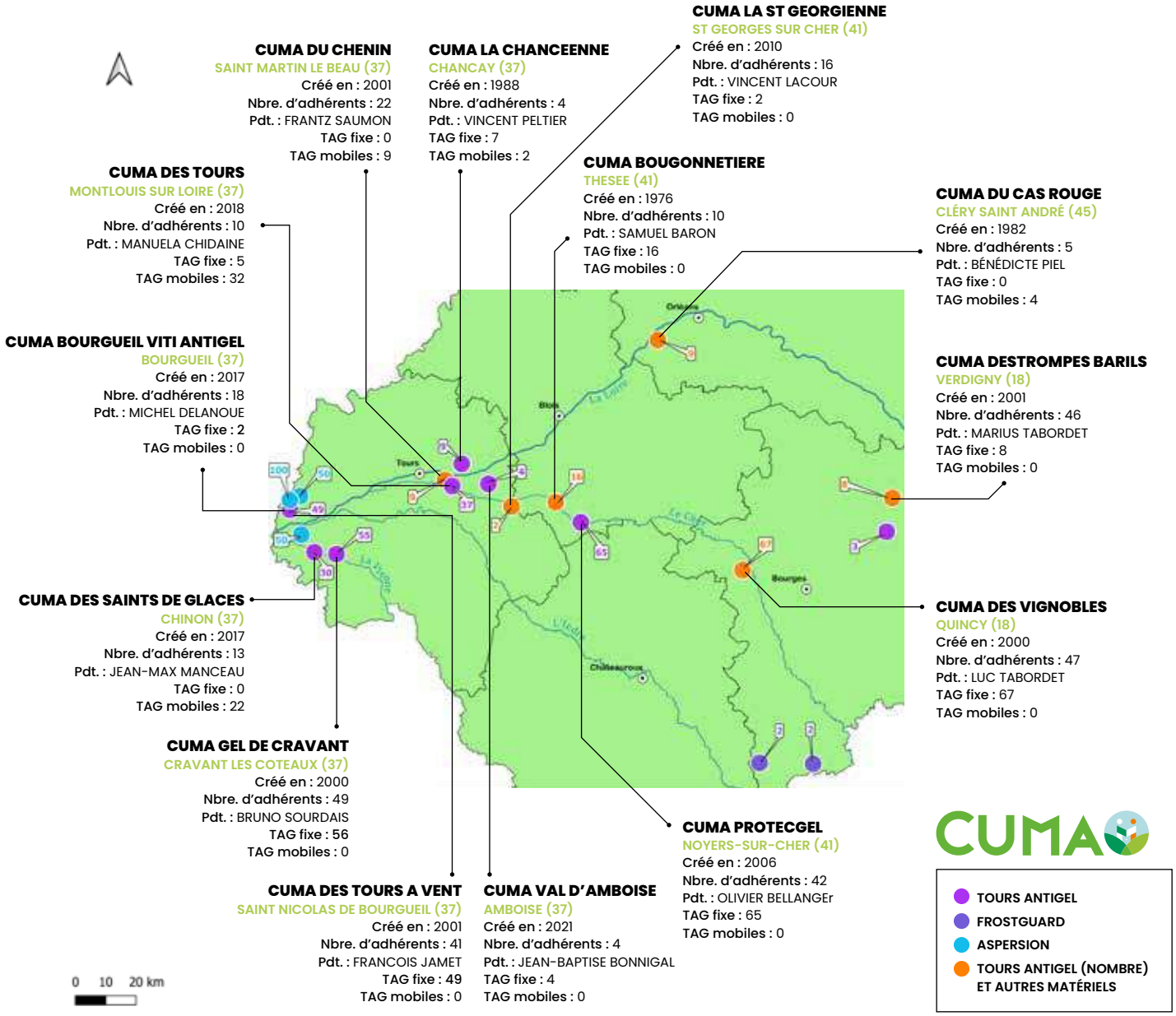
Yves Lestourgie,
président du syndicat viticole de Quincy (18)

"La récolte à Quincy est quasi normale. La protection contre le gel a été efficace. Les quelques secteurs non protégés ont été fortement impactés. Les pertes de récolte de l'année sont essentiellement dues aux fortes attaques de mildiou qui ont succédé aux pluies survenues après l'épisode de gel."

Le réseau Cuma mobilisé contre le gel en Centre-Val de Loire

Sur les 60 Cuma viti-vinicoles que compte notre région, 20 participent à la lutte collective contre le gel. Outre le recours à l'aspersion et aux frostguards, la majorité d'entre elles sont équipées de tours anti-gel. 15 Cuma gèrent ainsi un parc de 350 tours.

Des Cuma ont ainsi été créées spécifiquement pour lutter contre le gel, les premières autour des années 2000 et plusieurs au cours des 5 dernières années. Certaines ne gèrent que cette activité, comme la Cuma Protecgel qui couvre toute le département du Loir-et-Cher. D'autres se sont diversifiées comme la Cuma des Vignobles, créée pour investir dans les premières tours anti-gel mais qui depuis s'est s'équipée de chaînes d'embouteillage, de machines à vendanger et plus récemment d'un épandeur à compost. Des Cuma viticoles déjà existantes ont également acquis des tours, comme la Cuma du Chenin à Montlouis.



Adapter les pratiques culturales à l'aléa gel.

Dans un contexte de transition écologique limitant les désherbages chimiques et mécaniques, le mois de mars est la période idéale pour maîtriser les couverts végétaux de l'inter-rang et les adventices se développant sous le cavaillon. Cependant, le travail mécanique du sol peut avoir un effet délétère sur les dégâts de gel, cette pratique libérant l'humidité du sol dans l'air et augmentant le point de congélation et ainsi la sensibilité des bourgeons.

LES TRAVAUX DE L'IFV

L'IFV s'est concentré sur l'adaptation des pratiques culturales. La concomitance récurrente d'épisodes gélifs et de stades phénologiques sensibles a des conséquences plus sensibles sur la baisse de rendements. Des parcelles de vignes représentatives du bassin ligérien ont été sélectionnées et bénéficient d'un suivi agronomique dense. L'ensemble des opérations réalisées sur les parcelles ont fait l'objet de suivis et d'essais afin d'obtenir des références solides quant à la gestion du couvert végétal et du cavaillon.
En 2021, sur les parcelles suivies, le débourrement a été observé à partir du 1er avril sur le secteur de Quincy et dans la semaine suivante sur le secteur de la Touraine. La température moyenne du 29 mars au 2 avril, supérieure à 15°C avec des pics de température maximale à 25°C le 31 mars a stimulé la pousse de la vigne, faisant atteindre des stades phénologiques sensibles dès le 1er avril dans les parcelles les plus précoces. La somme de degrés jours au 4 avril en Touraine était de 6°C.

Le premier trimestre a été marqué par un déficit hydrique généralisé à partir de mi-février avec seulement 26 mm de précipitations entre le 10 février et le 30 mars. Cette période sèche a permis aux viticulteurs de travailler leurs sols dans de bonnes conditions de sol sec et de reprise de croissance faible du couvert et des adventices.

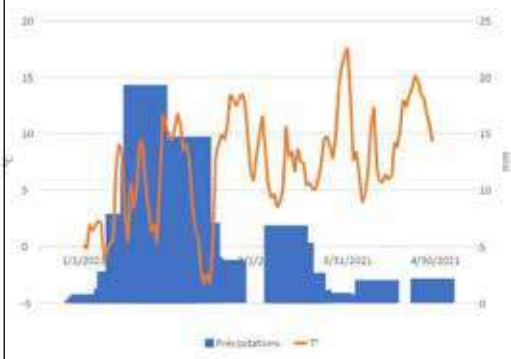


Figure 1 : Climatologie du 1er trimestre 2021



Figure 2 : Exemple de travail du cavaillon à Quincy

QUELQUES ÉLÉMENTS DE STRATÉGIE

La stratégie de gestion des couverts, et donc de travail des sols, doit également tenir compte du réchauffement des sols ainsi que de la reprise de végétation de la vigne. En effet, à partir du stade 3 à 5 feuilles, la vigne prélèvera non plus dans ses réserves, souvent mises à mal par les gels à des stades plus précoces, mais dans le sol via ses racines. Un sol sec est donc néfaste à la reprise de croissance de la vigne.
Dans les parcelles suivies en 2021, aucun dégât de gel n'a été amplifié de manière significative par une mauvaise gestion des couverts végétaux, ceci étant largement expliqué par la très faible humidité du sol. Cependant, grâce au suivi d'un réseau de plusieurs parcelles, et grâce aux échanges entre techniciens, il apparaît qu'il est prudent d'éviter de travailler les sols au moins trois jours avant les risques de gel annoncés. La stratégie observée ayant le plus limité la libération d'humidité est un travail du cavaillon en mars puis une tonte rase de l'inter-rang 5 jours avant les risques de gel.

Ces suivis seront renouvelés en 2022

Va-t-il geler demain **?**

par Emmanuel Buisson

En 2021, le gel de printemps a détruit des centaines d'hectares de cultures. Pour aider les agriculteurs à faire face, Weenat et Weather Measures ont lancé WeeFrost, le premier outil d'aide à la décision capable de prédire le risque de gel avec précision.



La France a la chance d'être l'un des rares pays à avoir développé ses propres modèles météo. Baptisés AROME et ARPEGE, ces algorithmes génèrent des prévisions adaptées aux spécificités du climat français. Mais malgré leur qualité, les modèles météo classiques parviennent rarement à prédire le risque de gel avec précision.

Pour mieux comprendre ce phénomène, Emmanuel Buisson, directeur Recherche & Innovation chez Weather Measures et Weenat, a comparé les prévisions de Météo France à J+2 et les données observées sur le terrain. Les résultats de l'étude sont alarmants : les prévisions se trompent en moyenne de 2 °C. Pire, dans un quart des cas, l'erreur de prévision dépasse 3 °C.

«Pour une zone donnée, on constate en moyenne que 40% des situations de gel ne sont pas prévues par les modèles météo classiques», explique Emmanuel Buisson. Une gageure pour l'agriculteur, qui compte sur ces prévisions pour organiser sa lutte contre le gel.

PRÉDIRE LE RISQUE DE GEL

Face à ce constat, Weather Measures et Weenat ont créé WeeFrost, le premier outil d'aide à la décision (OAD) pour prédire le risque de gel.
Pour cela, Emmanuel Buisson et ses équipes ont analysé **2 ans d'historique d'observations terrain et de prévisions sur 600 stations météo en France.** A partir de ces données, ils ont développé WeeFrost, un puissant algorithme évolutif.
Concrètement, WeeFrost récupère les prévisions météo des modèles AROME et ARPEGE de Météo France. Puis il les calibre avec les observations terrain des stations météo proches des parcelles de l'agriculteur.

L'agriculteur accède alors à **une prévision à J+4 de la température minimale sur chaque parcelle.** L'outil calcule également la probabilité que les températures chutent sous 0° C, -1° C et -3° C.

Ainsi, l'agriculteur sait à l'avance quelles sont les zones les plus à risque. Il peut alors optimiser le déploiement de ses moyens de lutte et organiser le travail de ses salariés pour lutter contre le gel.

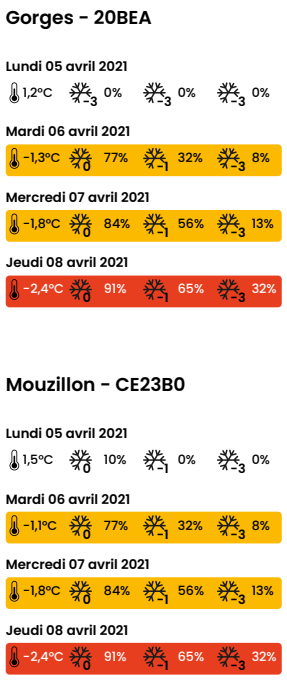
DUO DE CHOC

Grands Chais de France et Hennessy ont testé ce nouvel OAD sur le terrain. Les gains obtenus sont significatifs : WeeFrost a prédit plus de 71 % des épisodes de gel 48h à l'avance, contre seulement 50% avec les prévisions météo classiques. **Mieux : l'outil a permis de diviser par deux le nombre d'erreurs supérieures à 3°C.**

Combinée au capteur gel Weenat, qui mesure en temps réel les températures sèche et humide, la solution offre à l'agriculteur une vision à 360° sur le risque gel. *«En connectant nos capteurs à des modèles prédictifs, l'agriculteur obtient un levier inédit pour améliorer la résilience de son exploitation face au gel»*, indique Jérôme Le Roy, fondateur de Weenat.

LE SAVIEZ-VOUS ?

Depuis mai 2021, Weenat et Weather Measures ne font plus qu'un. Le nouvel ensemble intègre toute la chaîne de valeur de la donnée agro-météo.
Un levier fort pour améliorer vos performances agronomiques. ●

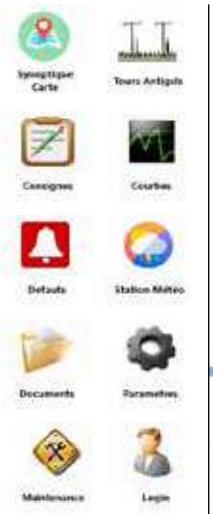


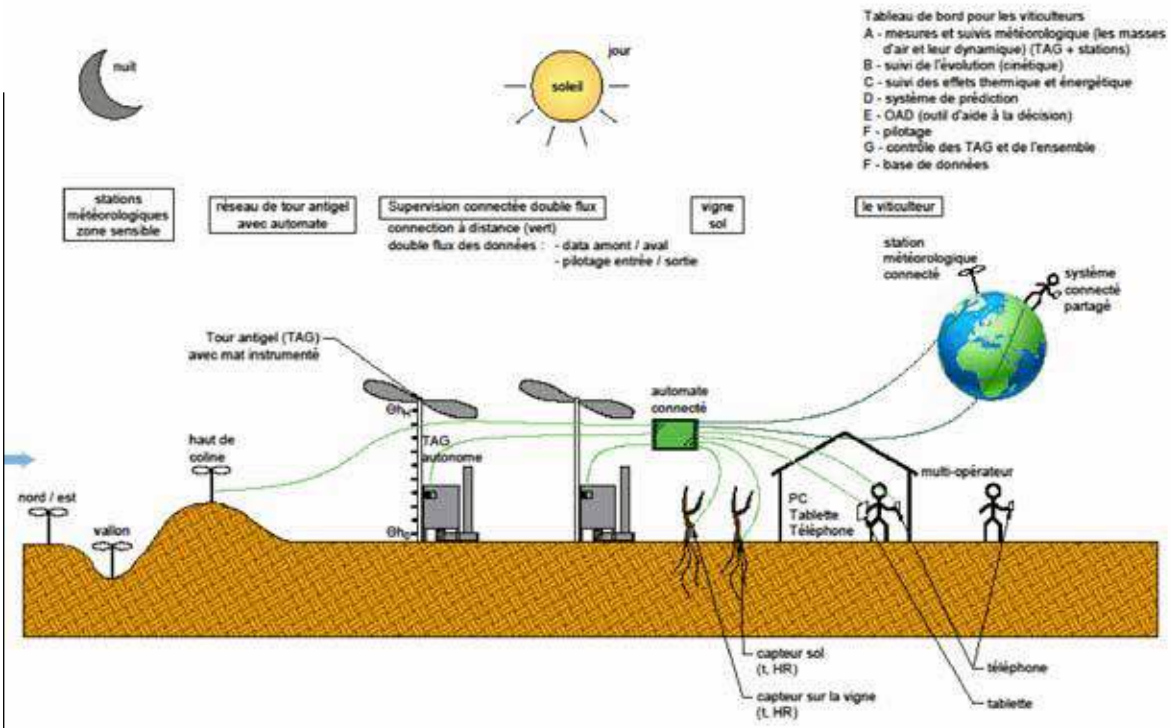
Le concept et la conception d'une supervision équipée d'un automate communicant

connectée en amont et en aval pour suivre la météorologie et piloter un ensemble de Tour antigel (TAG)

Cette supervision, permet au viticulteur d'accéder a de l'information en temps réel et suffisamment tôt pour anticiper et gérer des décisions ; entre autres le pilotage d'un ensemble de TAG en fonction des variations climatiques. Le pilote est didactique, la gestion du menu se fait par icones. Ce travail s'inscrit dans le volet 4 du projet

Par Christian Rabin







SUPERVISION

La supervision communique avec les TAG équipées de sondes de température de l'air en hauteur et de 2 stations météorologiques situées en point haut et bas de la TAG.
Il y a aussi des stations météorologiques complémentaires qui contrôlent le climat (températures, hygrométrie, vitesse du vent, la direction du vent, le rayonnement du soleil complété pour le contrôle de la vigne et du sol, de la température et de l'humidité).
La supervision est équipée d'algorithmes, les équations de l'air humide entre autres.

PEI SICTAG

dalkia froid solutions
GROUPE EDF

Un outil avec plusieurs fonctions

1 L'ANTICIPATION

La visualisation des données climatiques, de l'évolution des masses d'air : l'outil permet de suivre l'inversion climatique dûe au réchauffement de l'air, la stratification des températures (la montée de l'air chaud), les phénomènes climatiques et thermiques, leur évolution, et leur vitesse, le temps restant avant d'arriver aux températures critiques de gel choisies par le viticulteur.
Toutes ces informations vont permettre au viticulteur, sur l'ensemble des TAG, de faire l'analyse avant d'enclencher les Tours antigel, entre autres, dans les zones sensibles du gel.

2 LE PILOTAGE

Le viticulteur va pouvoir dcibler les TAG qu'il faut déclencher par rapport aux zones sensibles. Le réchauffement des zones, le comptage de l'énergie disponible sur l'air chaud va lui permettre de savoir combien de temps il peut tenir, le relevé en temps réel des conditions climatiques sur l'air, la vigne et le sol lui permetant de valider l'action ou non des Tours.
Le système permet de retarder l'utilisation du chauffage qui ne se déclenche par la suite que s'il n'y a pas de réserve d'air chaud. Il évite de projeter de l'air froid sur les vignes, ce qui aurait des conséquences plus dramatiques.

3 LE SUIVI DE L'EFFICIENCE DU CHAUFFAGE ET DE LA DYNAMIQUE DES ZONES D'AIR CHAUFFÉ

Le système permet d'observer les zones qu'il faut chauffer. Par exemple, si on a des vents de Nord Est, on va privilégier les Tours situées au Nord Est et on va compléter d'une barrière de « chaufferettes ».
La visualisation de tout l'ensemble du vignoble permet de visualiser les zones froides et chaudes et leurs déplacements.

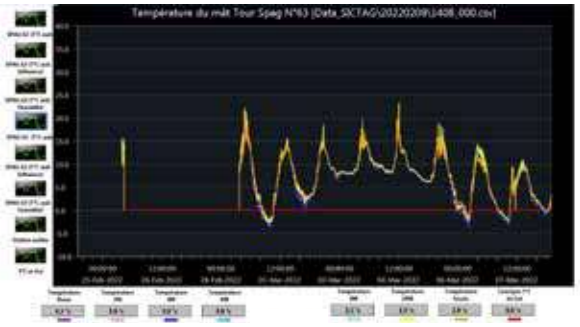
4 UNE BIBLIOTHÈQUE DE DONNÉES (LE GEL, LES CLIMATS, LES TRANSFERTS DE FLUX D'AIR)

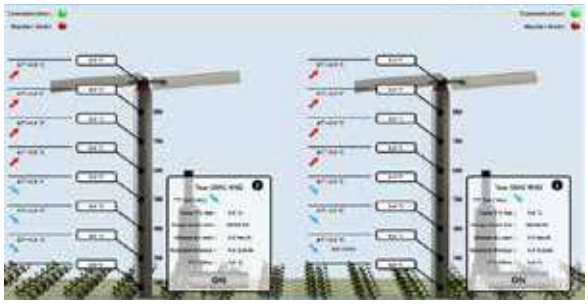
L'ensemble des données climatiques, (évolutions des masses d'air, la température et l'humidité sous le sol et la vigne) est stocké, ce qui permet au viticulteur, dans les années à venir, de choisir les solutions adaptées en se référant à ce qui s'est passé les années précédentes (type de gel radiatif, convectif etc…)
On peut compléter par l'ajout de capteurs supplémentaires, de stations météorologiques pour les zones plus sensibles ou de stations généralistes communicantes.

DE NOMBREUX AVANTAGES

La supervision permet de :

- Connecter tout type de TAG et de compléter par des stations météorologiques dans les zones sensibles (vallon, colline, etc….)
- Informer en continu sur la météorologie, au-dessus et près des vignes et de voir l'impact sur les conditions climatiques sur le sol, et sur la vigne.
- Connaître les effets climatiques en temps réel, le réchauffement ou le refroidissement de l'air dans les zones de vignobles protégées.
- Valider les transferts de flux d'air froid et chaud et la vitesse des phénomènes.
- Détecter les zones sensibles (risque de gel) en temps réel sur le vignoble.
- Voir si les conditions de l'air sur la hauteur du vignoble sont favorables pour réchauffer le vignoble
- Contrôler l'efficience des tours antigel et du chauffage en temps réel et l'évolution de leur action sur les flux d'air thermiques.
- Rendre le viticulteur Expert.





Elle l'aide à apprendre la météorologie, l'évolution climatique sur son vignoble, de faire la corrélation plus précise par rapport à la météorologie plus généraliste.

- Eviter au viticulteur d'agir au dernier moment et lui permettre d'anticiper.

UNE BIBLIOTHÈQUE EN ARCHIVE ET EN TEMPS RÉEL

La supervision permet au viticulteur de comparer et d'agir. Elle donne pour chaque zone l'évolution du rayonnement du soleil et son action sur le réchauffement de l'air, de la vigne et du sol.

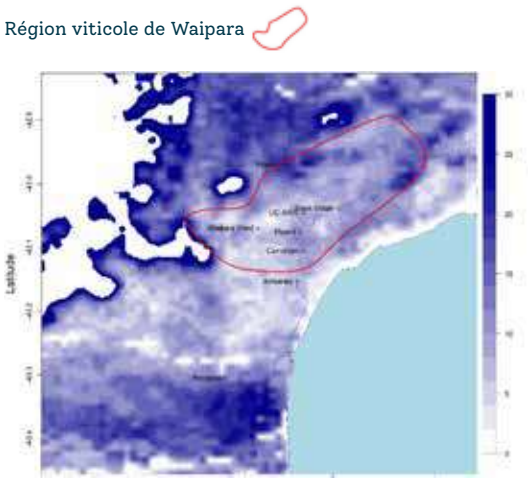
Aujourd'hui, aucun système d'aide à la décision de ce type n'existe pour les viticulteurs, basé sur l'ensemble des paramétres.
L'autre avantage : le système communique en aval. Il permet de partager les données avec tous les viticulteurs en temps réel. Ils ont accès à toutes les vues et les données. Ils peuvent prendre les décisions en commun quand les TAG sont sur un vignoble partagé, ce qui est le cas en Cuma. ●



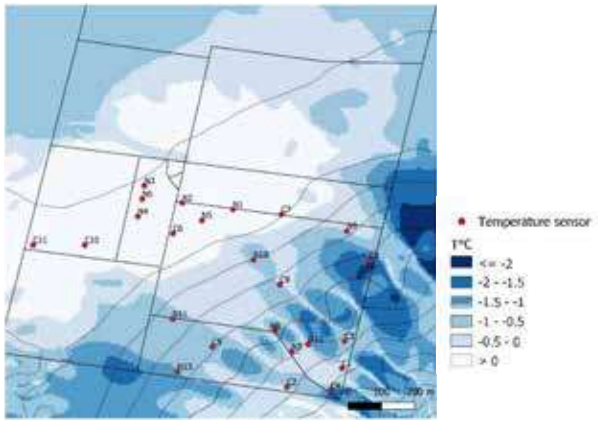
Analyse et modélisation du gel printanier à échelle fine dans la région viticole de Waipara, Canterbury, Nouvelle-Zélande

Lors de la deuxième quinzaine de septembre 2020 (début du printemps), la Nouvelle Zélande (principalement l'ile du sud) a été touchée par une importante vague de froid austral.

Par Hervé Quénol et Andrew Sturman (Université de Canterbury, Nouvelle-Zélande)



Modélisation numérique WRF à 1km de résolution du nombre d'épisodes gélifs sur la période 2016-2020 dans la région de Waipara.



Spatialisation par méthode géostatistique à 10m de résolution de la température minimale au cours de la nuit du 16 octobre 2020 sur un coteau viticole de la région de Waipara.

L'hiver particulièrement doux ayant entrainé un débourrement précoce, les dommages sur la vigne et autres arbres fruitiers ont été très importants notamment après l'épisode gélif du 30 septembre 2020 où les températures minimales ont pu atteindre -5°C (voir p12-13, SICTAG Mag' 2021). Les gelées du printemps 2020 ont conduit à un rendement nettement inférieur à la moyenne pour l'ensemble des régions viticoles (ex: Marlborough, Waipara, Central Otago).

Caractérisé par un «climat frais», la viticulture de l'île du sud est régulièrement confrontée au risque gélif printanier. La plupart des vignobles sont équipés de systèmes de lutte contre le gel tels que l'aspersion, les tours à vent (fixes et mobiles), lutte par hélicoptères ou le chauffage. Or, suite aux épisodes de 2020, plusieurs interrogations se sont posées. Des vignobles, généralement bien protégés, ont subi d'importants dommages du fait de l'intensité et la durée du gel (jusqu'à 8 heures avec une température négative) mais aussi de la forte variabilité spatiale des températures, liée aux conditions atmosphériques locales. La principale question posée par la profession viticole et qui a fait l'objet de plusieurs workshops[1] organisés par l'institut de recherche Bragato[2] a été : comment améliorer les simulations et les prévisions au niveau temporel et spatial des secteurs les plus gélifs afin d'optimiser l'efficacité des systèmes de lutte contre le gel ? Par exemple, l'efficacité des tours antigel avait été réduite lors de l'évènement du 30 septembre 2020 car la limite d'inversion de température était trop haute en altitude. Les vignobles les mieux protégés ont été ceux où le brassage de l'air par tour antigel a été combiné avec du chauffage. Une meilleure connaissance de la répartition horizontale et verticale des masses d'air à une échelle fine est donc nécessaire.

Pour tenter de répondre à ces objectifs, une approche basée sur la mesure et la modélisation climatique à échelle fine a été mise en place dans la région viticole de Waipara. Le terrain complexe de la région entraîne des modèles complexes de variabilité climatique, qui peuvent créer une disparité spatiale importante des champs de température pendant les événements de gel printanier. Outre l'application de modèles météorologiques/climatiques à échelle locale, un réseau de stations météorologiques, d'enregistreurs de température et de caméras

thermiques a été utilisé pour étudier les effets du terrain complexe sur les régimes de gel dans la région.

Deux approches de modélisation climatique ont été suivies afin de cartographier le risque de gel à haute résolution spatiale en fonction des conditions météorologiques synoptiques et de leur interaction avec le terrain : (1) la modélisation numérique avec le modèle *Weather Research* and Forescasting (WRF) avec une résolution temporelle horaire et spatiale de 1km et (2) la modélisation géostatistique avec une résolution spatiale de 80m et 10m.

(1) WRF est un modèle climatique régional basé sur les équations physiques de l'atmosphère ce qui permet de retranscrire la dynamique du climat en fonction des conditions de surface (ex : topographie, ...). La modélisation horaire des différents paramètres météorologiques tels que la température, la pression atmosphérique, la vitesse et la direction du vent et l'humidité relative permet d'étudier l'influence des conditions atmosphériques locales sur le comportement des masses d'air lors des épisodes gélifs. La résolution horaire des simulations apporte une information sur la variabilité spatiale et temporelle des températures durant les nuits de gel comme par exemple, l'évolution de l'inversion thermique sur différents points de l'espace d'étude.

(2) La modélisation géostatistique est ici basée sur la relation statistique entre les températures (enregistrées par les capteurs) et les facteurs locaux (ex: altitude, pente, exposition, etc ...). Cette approche nécessite l'utilisation d'un réseau de mesures pour construire le modèle, mais aussi pour le valider.

La résolution spatiale est dépendante du maillage du réseau de mesure. Dans la région de Waipara, un premier réseau de stations météorologiques et de capteurs de température est présent sur l'ensemble du territoire et permet de spatialiser les températures minimales lors d'épisodes gélifs avec une résolution de 80m (voir figure p13, SICTAG Mag' 2021). Un second réseau de 25 capteurs a été installé selon des facteurs micro-topographiques (ex : haut de coteau, couloir d'écoulement d'air, ...) avec l'objectif d'obtenir une résolution de 10m.



Ces deux approches complémentaires d'analyse climatique et de modélisation à échelle fine permettent de cartographier les vignobles les plus sensibles au gel printanier en fonction des conditions synoptiques et des caractéristiques locales du site d'étude. La modélisation WRF met en évidence différents « schémas » de variabilité spatiale du risque de gel en fonction des conditions atmosphériques spécifiques à chaque événement gélif. La figure 1 montre un bilan de la variabilité spatiale du nombre d'évènements gélifs sur la période 2016-2020. Le plus grand nombre d'événements (10-12 épisodes avec température inférieure à 0°C) est modélisé dans les parties basses de la vallée alors que les secteurs plus en pente ou fortement exposés aux vents nocturnes locaux ont moins de 5 nuits gélives. A une échelle plus fine, la spatialisation par méthode géostatistique des températures minimales lors de la nuit du 16 octobre 2020 a permis d'estimer l'influence de la micro-topographie sur la répartition spatiale des températures. La figure 2 montre que les secteurs en replat ont enregistré des températures minimales jusqu'à 2°C plus basses que dans les secteurs en pente pourtant espacés de quelques dizaines de mètres. Il est à préciser que les températures les plus élevées (environ 0°C) correspondent aux « parties basses » du vignoble et logiquement les plus gélives. Les causes sont liées à l'utilisation de la protection contre le gel par aspersion d'eau, dans cette partie du vignoble.

Au final, les approches intégrées d'analyse et de modélisations climatiques à échelles régionales et locales ont montré des résultats intéressants pour l'identification de la variabilité spatiale et temporelle du risque de gel dans différentes conditions synoptiques. Une meilleure connaissance de la complexité du climat local est essentielle pour mieux prévoir les risques de gel et de prendre des décisions concernant les opérations de lutte contre le gel. ●

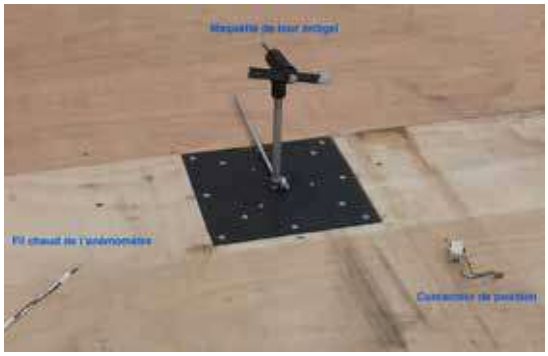
[1] « Frost education workshop in New Zealand »

[2] L'institut de recherche « Bragato » est financé par l'organisation nationale « New Zealand Winegrowers » regroupant l'ensemble des viticulteurs néozélandais. Cet institut a pour objectif de faire le lien entre la recherche et la profession viticole.

Mesure de l'écoulement généré par une maquette de tour antigel à échelle réduite

Une Tour AntiGel (TAG) est un mât équipé en son sommet d'un ventilateur en rotation, balayant tangentiellement la parcelle environnante d'un jet turbulent rond. Le principe de fonctionnement de la tour est présenté comme mélangeant de l'air froid près du sol avec de l'air plus chaud provenant des parties supérieures de la couche d'inversion thermique nocturne, de façon à augmenter globalement la température de l'air au niveau de la vigne.

Par Johan Carlier, Pierre Regnaud, Philippe Georgeault, Clara Le Cap, Dominique Heitz



Le souffle direct et de courte durée du jet chaud sur le bourgeon à chaque rotation de la tour antigel est également susceptible de participer à son réchauffement.
Dans cet article, nous nous proposons d'aborder l'étude d'un jet rond en rotation au-dessus d'une paroi en réalisant des mesures de laboratoire sur une maquette de tour antigel à l'échelle 1/50. Il s'agit de mesures de vitesse par anémométrie à fil chaud et de visualisation de l'écoulement par caméra rapide. L'objectif ici est de mettre en évidence l'évolution des caractéristiques cinématiques du jet le long de son axe, et la forme spirale de cet axe.

1 – Modèle d'évolution simplifié d'un jet rond dans un repère tournant

L'écoulement issu d'un ventilateur est un jet rond turbulent. Les jets sont très largement documentés [1], pour une large gamme de nombre de Reynolds, et avec la prise en compte de nombreux phénomènes physiques, telles que la flottabilité et la compressibilité. Toutefois, il est surprenant que peu d'études existent sur l'écoulement d'un jet rond en rotation dans un plan [2] et qu'aucune, à notre connaissance, ne considère cet écoulement se développant à proximité d'une paroi. Un jet se caractérise par sa quantité de mouvement initiale M_0, et son débit initial Q_0, complétées éventuellement de sa flottabilité initiale F_0. Lorsqu'il se développe dans un environnement au repos de même densité, le jet conserve le long de son axe x sa quantité de mouvement $M(x) = M_0$ et voit son débit $Q(x)$ augmenter par entrainement de son environnement.

Pour un jet rond, Lee et chu [1] donnent : $\{Q = \pi U_c b^2 \; M_o = \frac{\pi}{2} U_c^2 b^2$

avec : $U_c(x) = 7 M_o^{1/2} x^{-1}$, la vitesse maximale du jet sur son axe;

$b(x) = 0.114x$, le diamètre du jet.

Ainsi, un jet rond a une vitesse maximale sur son axe U_0 qui décroit inversement avec la distance x à l'origine du jet et un rayon b qui augmente linéairement avec cette distance. Si ce comportement est inéluctable au-delà d'une région d'établissement ou de transition d'une longueur de quelques diamètres du jet, l'étendue de cette région et la vitesse d'entrainement de l'environnement ne sont pas universelles. Par exemple, le coefficient d'expansion du jet (0.114 ici) peut dépendre des conditions génératrices du jet (buse, ventilateur, etc).

En considérant un jet rond se développant dans un repère tournant à la vitesse w, on peut déduire un modèle simple de la forme spirale du jet par effet de rotation.
Soit *U(r)*, la vitesse d'un tronçon du jet d'épaisseur petit, à la distance de l'origine du jet. La position *r* de ce tronçon transporté à la vitesse *U(r)* est donnée dans un repère tournant à la vitesse ω par :

$$r(t) = \int_0^t U(r)dt \quad \text{avec } t, \text{ le temps.}$$

La vitesse du tronçon *U(r)* peut être approchée par la vitesse maximale du jet U_c sur son axe et on obtient ainsi :

$$\begin{cases} \frac{U(r)}{U_o} = 1 \; si \; \frac{r}{R_o} \leq a \\ \frac{U(r)}{U_o} = a\left(\frac{r}{R_o}\right)^{-1} \; si \; \frac{r}{R_o} > a \end{cases}$$

avec :

- $U_o = \frac{1}{2}\frac{M_o}{Q_o}$, une échelle de vitesse caractéristique du jet;
- $R_o = \sqrt{2}\frac{Q_o}{M_o^{1/2}}$, une échelle de longueur caractéristique du jet;
- *a*, un coefficient traduisant l'étendue de la région d'établissement (*a* = 7 ici).

En pratique, ces échelles sont proches de la vitesse débitante du ventilateur U_q et de l'envergure des pales L_p.
En intégrant *U(r)*, on obtient l'équation de la courbure du jet (ou encore la trajectoire d'un tronçon du jet) dans un repère fixe sous l'effet de la rotation :

$$\{x(t) = r(t)\cos cos\,(2\pi\omega t) \quad y(t) = r(t)\sin sin\,(2\pi\omega t)$$

avec :

$$\begin{cases} \frac{r(t)}{R_o} = t \; si \; t \leq a \\ \frac{r(t)}{R_o} = \sqrt{a\omega(2t - a\omega)} \; si \; t > a \end{cases}$$

La Figure 1 ci-dessous illustre à gauche la courbure du jet pour

$$a = 7 \text{ et } \omega = 2\pi\frac{Fr_{TAG}\,Lp}{Uq}$$

en utilisant des valeurs typiques relevées sur les TAG, soit;

- $Fr_{TAG} = 1/470$ Hz, la fréquence de rotation de la tour;
- $L_p = 2.5\ m$, la longueur des pales;
- $U_q = 15\ m/s$, la vitesse débitante du ventilateur.

Cette figure montre que la courbure du jet est relativement faible en raison de la lente rotation de la TAG par rapport à la vitesse importante du jet. Ce constat plaide en faveur d'une faible influence de la rotation sur la portée du jet. Ce point particulier fera l'objet ultérieurement d'une étude spécifique.
La Figure 1 présente également à droite la décroissance de la vitesse du jet le long de son axe, en représentation adimensionnée. La portée réelle du jet, que l'on peut définir comme la distance à laquelle le jet atteint une vitesse seuil, dépend ainsi des échelles U_0 et R_0, lesquelles dérivent directement de la quantité de mouvement initiale et du débit initial M_0 et Q_0 caractérisant les performances du ventilateur.

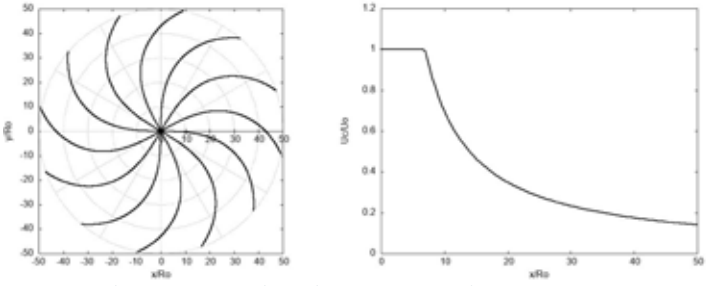


Figure 1 : Modèle adimensionné de l'évolution du jet : à gauche, courbure du jet, et à droite, décroissance de la vitesse sur l'axe du jet pour a = 7 et $\omega = \frac{1}{1000}$

2 – Expérimentation sur **maquette** en laboratoire

Une maquette de TAG à l'échelle 1/50 a été fabriquée par impression 3D dans notre atelier et installée dans notre laboratoire sur un plateau horizontal de 9 m^2. Le mât mesure 200 *mm* de hauteur. Les 2 pâles ont un profil NACA 6409 avec une corde de 10 *mm* et une longueur de 50 *mm*, soit une envergure totale de 100 *mm*. Deux moteurs électriques 24 V, situés sous le plateau assurent la rotation des pales et du mât et sont commandés indépendamment l'un de l'autre. Un contacteur au pied de la TAG bascule à chaque tour effectué et permet d'en déduire l'orientation instantanée de la TAG et donc du soufflage. Deux types d'expériences ont été réalisés. Le premier est une visualisation de l'écoulement par caméra. Le second est la mesure de la vitesse de l'écoulement par anémométrie à fil chaud.

2.1 VISUALISATION DE L'ÉCOULEMENT

Un générateur de fumée ensemence l'air avec des particules au-dessus de la maquette. Ces particules sont entraînées à l'aspiration du ventilateur et se concentrent dans le jet. Une rampe de LED éclaire ces particules dans une nappe de lumière rasant le plateau et rend ainsi visible la structure du jet en rotation. Une caméra rapide située à la verticale de la maquette filme la scène. La Figure 2 juxtapose deux photographies : la maquette et l'écoulement généré par celle-ci. Les grandeurs (i.e. la taille du champ de vision) sont adimensionnées par la longueur de la pale. Sur cet instantané, les flèches rouges et bleues indiquent respectivement la direction de soufflage du ventilateur et le sens de rotation de la maquette.

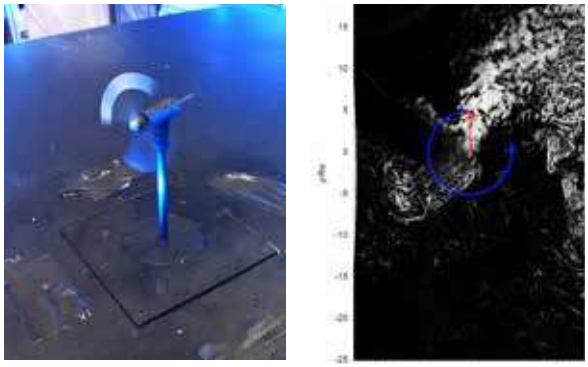


Figure 2 Photographie de la maquette de TAG et visualisation en vue de dessus de l'écoulement généré. La flèche rouge indique la direction du jet à l'instant de la photographie, la flèche bleue indique le sens de rotation de la TAG.

On peut observer l'épanouissement du jet et la forme spirale de son axe, conformément à la modélisation présentée dans la section précédente. Toutefois, le film de l'écoulement (non joint) montre un retour lent de la fumée d'ensemencement vers la maquette, après le passage du jet. Ce retour limite la portée du jet et circonscrit l'apport d'air par la TAG à son environnement. Cette force de rappel peut résulter d'une dépression localisée au niveau de la TAG due à l'air entrainée par le jet et l'aspiration amont du ventilateur.

2.2 MESURE DE LA VITESSE DE L'ÉCOULEMENT

Des mesures de vitesse de l'écoulement ont été réalisées par anémométrie à fil chaud, à différentes positions du capteur et différentes vitesses de rotation d'hélice et de la maquette.
Elles sont divisées en deux séries de mesures :

- **1ére série de mesures :** Pour 1 vitesse de rotation d'hélice (4000 *tr*) et 1 vitesse de rotation de la maquette (O. 5 *tr/min*), la grille de mesure était constituée de 5 distances r à la TAG (200, 400, 600, 800 et 1000 *cm*) et 9 altitudes z (50, 70, 90, 110, 130, 150, 170, 190 et 210 *mm*), soit 45 positions de mesures;
- **2nd série de mesure :** Pour 3 vitesses de rotation d'hélice (1500, 2750 et 4000 *tr/min*) et 3 vitesses de rotation de la maquette 5, 1 et 1. 5 *tr/min*), les mesures ont été réalisées à 5 distances r de la tour (200, 400, 600, 800 et 1000 *cm*) et, pour chaque distance, à l'altitude où la vitesse est maximale.

Pour chaque point de mesure, la fréquence d'acquisition était de 300 Hz et le temps d'acquisition était de 8 mn (correspondant à plusieurs tours de maquette). Ces mesures ont été utilisées pour calculer la vitesse moyenne de l'écoulement en chaque point de mesure, en conditionnant cette moyenne à l'orientation de la maquette déduit du contacteur.

La Figure 3 cartographie la vitesse moyenne calculée à partir de la 1ére série de mesures. A 4 longueurs de pale de la maquette, on peut observer un jet rond avec un déficit de vitesse en son milieu en raison du sillage du moyeu et d'une vitesse de soufflage plus élevée en bout de pale, soit en périphérie du soufflage. Plus loin, on retrouve une décroissance de la vitesse du jet et une expansion de sa taille, avec toutefois un aplatissement dû à la contrainte du sol (l'écoulement n'est pas libre).

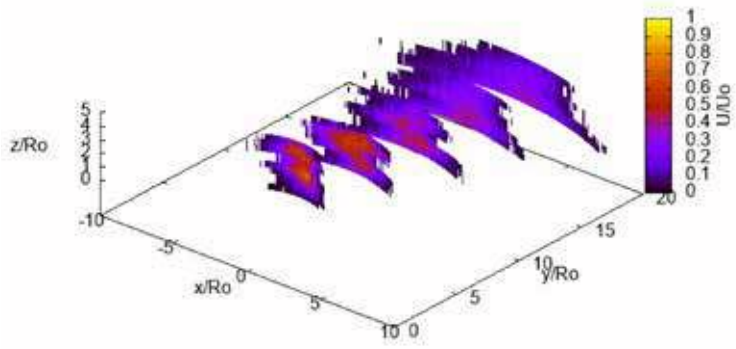


Figure 3 : Cartographie de la vitesse moyenne de l'écoulement.

La Figure 4 a été obtenue à partir de la 2nde série de mesures. Elle montre l'évolution de la vitesse moyenne maximale de l'écoulement en fonction de l'orientation de la maquette et à différentes distances de celle-ci. A chaque position, le pic de vitesse correspond au passage de la rafale de vent généré par la maquette sur le capteur de mesure. Ce pic décroit et s'élargit avec la distance à la maquette, conformément au comportement attendu pour un jet rond. Ces pics sont déphasés par rapport à l'orientation de l'éolienne, du fait de la forme spirale du jet. Contrairement à un jet rond libre, le profil de vitesse n'est pas symétrique (quasi Gaussien), mais présente comme une « trainée » après le passage du pic due à l'interaction du jet en rotation avec le sol. Dans cette expérience, la courbure est amplifiée en utilisant une vitesse de rotation adimensionnée de ω_{maq} = 1/130, 3 fois plus rapide que celle utilisée typiquement sur le terrain (ω_{TAG} = 1/450).

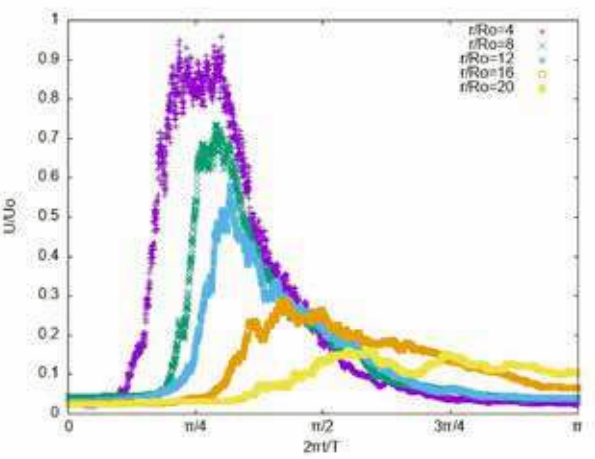


Figure 4 : Évolution de la vitesse moyenne maximale de l'écoulement en fonction de l'orientation de la maquette et à différentes distances de celle-ci



3 Conclusion

Cette maquette de TAG a permis de mettre en œuvre des moyens métrologiques précis de laboratoire sur un écoulement représentatif mais à une échelle bien plus accessible que celles rencontrées dans les parcelles de vignes. Certes, cette représentativité se limite à la cinématique de l'écoulement et ne tient pas compte à ce stade des effets de flottabilité, et au-delà d'effets liés à la météorologie par exemple.
Néanmoins, elle semble suffisante pour reproduire la forme spirale du jet et sa portée. Ce premier résultat est encourageant et nous pousse à poursuivre plus en avant cette approche complémentaire aux expérimentations de terrain pour d'une part prédire le comportement de l'écoulement généré par les différents modèles de TAG et d'autre part d'apporter les éléments nécessaires à la mise en œuvre de simulations numériques. ●

Bibliographie

[1] J. H. W. Lee et V. H. Chu, Turbulent Jets and Plumes : A Lagrangian Approach, Boston, 2003.
[2] A. Salan et R. Gebert, «Radial jet in rotating outer flow,» Applied Scientific Research, vol. 41, 1984.

Spécial CUMA

Actimat

FRAIS DE DOSSIERS[1]
OFFERTS
UN TAUX FIXE[2]
PRIVILÉGIÉ
SUR TOUS MATÉRIELS
NEUFS OU D'OCCASION

Retrouvez les infos Viticulture et actualités de la filière sur le site Agri Mutuel en flashant ce code.



Le Crédit Mutuel accompagne les CUMA dans le développement de leur activité

Dans un contexte économique où l'accroissement de la compétitivité est devenue fondamental, l'optimisation de ses investissements par une mise en commun est une solution. La CUMA offre, à ce titre, un cadre juridique intéressant pour pérenniser et optimiser le travail d'équipe. Sensible à vos besoins, le Crédit Mutuel, banque coopérative née par et pour le milieu agricole, a développé une offre pour vous accompagner dans tous vos projets.

VOUS ACCOMPAGNER DANS LA GESTION AU QUOTIDIEN

Pour simplifier et optimiser la gestion des comptes de votre CUMA, optez pour l'Eurocompte Agri, un contrat unique comprenant l'ensemble des services nécessaires :

- compte courant avec chéquier et relevé de compte mensuel,
- frais de gestion forfaitisés,
- accès banque à distance et assurance des moyens de paiement,
- abonnement à la revue AgriMutuel ou VitiMutuel,
- réduction sur de nombreux services complémentaires.

VOUS AIDER AU FINANCEMENT DU MATÉRIEL

Avec le Crédit Mutuel financez[2] votre matériel agricole directement chez votre concessionnaire et bénéficiez de conditions négociées avec de nombreux constructeurs.

Recommandez le Crédit Mutuel auprès des adhérents de votre CUMA[3]

Faites bénéficier un adhérent de votre CUMA des nos offres spécifiques et notre accompagnement au quotidien.

Crédit Mutuel

(1) Actimat est une offre de financement de Crédit Mutuel Bail pour votre matériel agricole ou viticole, proposée directement par votre concessionnaire habituel. Sous réserve d'acceptation de votre dossier, dans la limite de 60 € de frais de dossier valable sur le premier financement. (2) Sous réserve d'acceptation du prêt par votre caisse de Crédit Mutuel. (3) Offres soumises à conditions réservées aux adhérents de CUMA pour toute première entrée en relation d'un nouveau client Crédit Mutuel dans les caisses de Crédit Mutuel participant à l'opération.





CUMA DES VIGNOBLES

Bureau du syndicat viticole
18120 Quincy

Luc TABORDET,
Président

Jean TATIN,
Secrétaire

Vincent NIVET,
Trésorier




FRCUMA

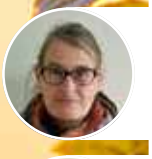
1 avenue de Vendôme
41013 Blois Cedex

frcuma.cvl@Cuma.fr
www.centre-valdeloire.Cuma.fr

Jean-François MÉRÉ,
Directeur

Anthony CHAMBRIN,
Chargé de développement des Cuma viticoles




INRAE

17 avenue de Cucillé
CS 64427, 35044 Rennes Cedex

johan.carlier@irstea.fr
www.irstea.fr

Dominique HEITZ,
Responsable équipe ACTA

Johan CARLIER,
Ingénieur de Recherche

Philippe GEORGEAULT,
Ingénieur d'Etude

Laurence WALLIAN,
Ingénieur d'Etude

Christophe COLLEWET,
Ingénieur d'Etude




WEATHER MEASURES

10 allée Evariste Galois
63000 Clermont-Ferrand

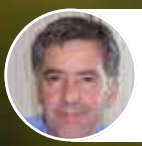
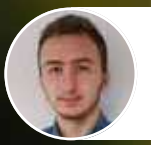
emmanuel.buisson@weather-measures.com
www.weather-measures.fr

Emmanuel BUISSON,
Président

Clara LE CAP,
Doctorante

PEI SICTAG

Ensemble pour innover !

DALKIA FROID SOLUTIONS

rue Fabien Cesbron
CS 10017 - Saint-Sylvain d'Anjou
49484 VERRIÈRES-EN-ANJOU

christian.rabin@dalkiafroidsolutions.com
www.dalkiafroidsolutions.com

Christian RABIN,
Directeur Applications Spéciales

Florent GRENAPIN,
Automaticien




SCANOPY

3 place de la Mairie
18120 QUINCY

contact@scanopy.fr
www.scanopy.fr

François GALLET, Président

Pierre-Christophe MESNIL,
Directeur technique



IFV

L'espiguette 30240
Le Grau du Roi

Guillaume.DELANOUE@vignevin.com
www.vignevin.com

Guillaume DELANOUE,
Ingénieur viticulture



VEGEPOLYS VALLEY

AGENCE CLERMONT-FERRAND
Biopôle Clermont Limagne
5 rue Emile Duclaux
63360 SAINT BEAUZIRE

aurelien.lepennetier@vegepolys.eu

Aurélien LEPENNETIER,
Responsable Agence
Centre-Val de Loire
Auvergne-Rhône-Alpes



CNRS

Laboratoire UMR 6554 LEGT
Unviversité Rennes 2
Place Henri le Moal
35043 Rennes

herve.quenol@univ-rennes2.fr

Hervé QUÉNOL,
Directeur de recherche



VINOPOLE

509 Avenue de Chanteloup
37400 Amboise

laurence.guerin@vignevin.com
vinopole-cvdl.com

Melissa MERDY,
directrice

02 48 75 00 93 Vierzon / Conception graphique
ACCESS PRINT

PEI SICTAG