Edition février 2021 - N°2

PEI SICTAG

SICTAG' MAG



Les temps forts du projet SICTAG en 2020

Mesures du printemps 2020, une analyse des données riche d'enseignements

Modéliser les risques pour concevoir un système d'aide à la décision

Les 10 à Quincy et 11 mars 2021 à Saint-Nicolas de Bourgueil : deux journées techniques sur la lutte contre le gel

Partenaires

Édito

Jean tatin
Luc Tabordet

Sauver la magie de l'inflorescence !

Dès que nos vignes débourrent, elles forment leurs inflorescences en même temps que leurs premières feuilles. Ces promesses de fruit sont d'une fragilité absolue …dès que le mercure chute… Premières angoisses lors du démarrage de la vigne !

Pour passer cette étape avec sérénité, les vignerons multiplient les moyens de lutte !

A Quincy ce sont les tours anti-gel qui se sont imposées depuis une vingtaine d'année.

Sur ce plateau de graves incliné à l'est, les gelées blanches se mêlent aux gelées noires et nos tours brasseuses d'air ont fait preuve de leur efficacité pratique, mais les vignerons restent d'éternels apprentis, curieux et insatisfaits ! Et les questions ne manquaient pas :

- Gel des fonds, gel des plateaux ?
- à quelle température démarrer ?
- comment suivre le gradient thermique, cette différence de température entre l'air à 10m et l'air froid du sol ?
- les brûleurs au pied des tours sont-ils efficaces ? la colonne de chaleur produite est-elle utilisée dans les flux d'air renvoyés sur les vignes ou non ?
- comment bloquer les entrées d'air froid ? bougies, bottes de paille, canon à air chaud ?
- les consignes des constructeurs sont-elles fondées, ou ne relèvent elles que d'arguments commerciaux ?
- les pales des hélices des différentes marques se valent elles ?
- comment mailler le terrain ? une tour seule sur cinq ha suffit-elle par rapport à un réseau de tours synergiques sur un plus grand territoire ? Faut-il les resserrer ? et sur les coteaux ?

Face à ce flux de questions, il nous faut trouver des réponses communes, pour gérer ensemble un parc commun protégeant les vignes d'une cinquantaine de vignerons.

C'est là qu'est intervenue la FRCUMA à la suite d'un audit de notre Cuma, en synthétisant notre questionnement à travers ce projet de PEI-SICTAG. La magie de l'ingénierie de projets, de la synthèse, a permis de mettre en réseau vignerons, animateurs de Cuma, responsables régionaux, scientifiques et chercheurs !

Une problématique de recherche développement inédite en viticulture s'est mise en route.

Et la capacité commune à formaliser les problèmes, à traiter les données est en train de produire ses premiers fruits ! Il est clair que la cuvée SICTAG fera date !

SICTAG MAG' SOMMAIRE













03 | Des **aides publiques** pour les tours antigel

04 | **Les temps forts** du projet SICTAG en 2020

05 | **Gelées du printemps 2020 à Quincy :** une analyse des données riche d'enseignements

09 | **Premiers résultats** de la campagne de mesures terrain de décembre 2020

12 | **L'expérience de la gelée printanière** de septembre 2020 en Nouvelle Zélande

14 | **Modéliser les risques** pour concevoir un système d'aide à la décision

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 édité 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.

Des **aides publiques** pour les tours antigel



Le Conseil Régional a massivement soutenu l'implantation de tours antigel dans les vignobles du Centre-Val de Loire.

Ainsi, au cours du programme de développement rural 2015-2020, le Conseil Régional et les fonds Européens (FEADER) ont cofinancé 368 tours antigel, dont 173 en CUMA.

Par Jean-François Méré

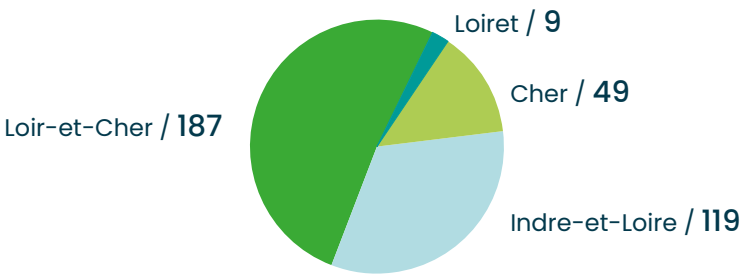
CUMA CENTRE VAL-DE-LOIRE LA PUISSANCE DU GROUPE

LES CHIFFRES CLÉS DU BILAN 2015-2020 DE LA MESURE « ANTICIPATION DES RISQUES »

Nombre de dossiers retenus	75
Montant d'aide publique octroyé	3,64 millions d'euros
Dont montant FEADER	***1,68 millions d'euros***
Dont montant Conseil Régional	***1,9 millions d'euros***
Nombre de tours antigel aidées	368
Dont tours en CUMA	173

Répartition des 368 tours financées

mesure TO 5.1 «anticipation des risques « 2015-2020



LES AIDES DU PLAN DE RELANCE

Depuis début 2021, des aides aux « agroéquipements nécessaires à l'adaptation au changement climatique » sont disponibles dans le cadre du plan de relance. Elles concernent une multitude d'équipements pour les aléas gel, grêle et sécheresse et sont cofinancées par l'État et les fonds européens.

Les demandes sont accessibles directement en ligne sur le site de FranceAgriMer.

En CUMA, l'aide est de 40% d'un plafond de dépenses de 300 000 €HT. En individuel, l'aide est de 30% d'un montant plafonné à 40 000 €HT. ●

Journées techniques **10 & 11 mars**

Les 10 à Quincy et 11 mars 2021 à Saint Nicolas de Bourgueil : deux journées techniques sur la lutte contre le gel

Vous aurez la possibilité d'échanger, dans le strict respect des conditions sanitaires en vigueur avec :

- Les constructeurs et représentants de tours anti-gel : **RN 7, RIVIERE, SPAG-EOLE** et FILEXTRA (à Quincy uniquement) et du constructeur de pâles **SOA**.
- Ainsi qu'avec l'équipe scientifique et les vignerons impliqués dans le projet
- A Quincy (18) le 10 mars à partir de 14H, sur le site d'expérimentation au domaine de La Brosse (commune de Brinay)
- A Saint-Nicolas de Bourgueil (37) le 11 mars à partir de 14H sur le site de la coopérative SNB, 10 Rue DU VIEUX CHENE 37140 SAINT NICOLAS DE BOURGUEIL

Inscription obligatoire avant le 4 mars.
Programme et bulletin d'inscription disponibles sur le site **www.sictag.fr**

Les temps forts du projet SICTAG en 2020

Le projet SICTAG a évidemment été impacté par la pandémie Covid-19. La campagne de mesures, programmée au printemps, a ainsi dû être annulée à cause du confinement. Les réunions du groupe opérationnel ont également dû être organisées en visioconférence, ce qui limite l'interactivité dans les échanges.

Par Jean-François Méré



Réunion de lancement à Brinay



Echange entre Pierre-Marie Lagogué, président de la coopérative La Martinoise, et Emmanuel Buisson, de Weather Measures

LANCEMENT OFFICIEL DU PROJET EN JANVIER

Le 9 janvier le projet européen « SICTAG» démarrait officiellement. Une cinquantaine de vignerons du Cher et du Loir-et-Cher ainsi que quelques arboriculteurs ont ainsi participé à la réunion de lancement à Brinay (18). La société Clavaud (Haute-Vienne) constructeur local de tours antigel assistait également à cette présentation. Les sept partenaires du projet ont présenté les travaux envisagés et échangé avec les participants.

GEL DE PRINTEMPS

Le malheur des producteurs a fait le bonheur du projet Sictag. L'épisode de gel du 24 mars au 5 avril a permis de collecter une masse de données très intéressantes grâce au réseau de capteurs mis en place. Le traitement des données a été réalisé par Clara Le Cap, doctorante sur le projet.

ECHANGES AVEC LA FILIÈRE ARBORICULTURE

En septembre, Emmanuel Buisson (Weather Measures) et Jean-François Méré (FRCUMA) se sont rendus dans le verger de Saint-Martin d'Auxigny (18) à l'invitation de Pierre-Marie Lagogué, président de la coopérative fruitière de La Martinoise. La coopérative engage la mise en œuvre d'un projet de 30 tours anti-gel sur 4 à 5 ans pour couvrir ainsi 150 des 350 ha exploités par une quinzaine de producteurs. La CUMA des Trois Communes porte le projet d'investissement et une première tranche de 6 tours pourrait être opérationnelle dès le printemps 2021. L'objectif de la rencontre était de voir comment, à partir des résultats du premier volet de SICTAG, réaliser une étude préalable à l'installation des tours afin d'en déterminer l'emplacement optimal. Une dizaine de stations météo Consag capitalisent des données forts utiles depuis plusieurs années.

Le verger présente des particularités intéressantes pour la modélisation, en comparaison avec le site expérimental de Quincy : un relief plus marqué, un parcellaire plus morcelé et la présence de lisères forestières.
Voilà une première valorisation des travaux du projet Sictag possible en réponse aux attentes des producteurs. Dossier à suivre.

UNE CAMPAGNE AUTOMNALE DE MESURES TERRAIN

En décembre, la première campagne de mesures terrain a pu être conduite. Les équipes INRAE et de Weather Measures (Johan Carlier, Philippe Georgeault, Clara Le Cap et Emmanuel Buisson) sont venues 3 jours à Brinay réaliser une série de tests, avec l'aide de la Cuma des Vignobles, évidemment. Les détails des objectifs et des premiers enseignements de cette campagne de mesures sont développés dans l'article pages 9 à 11. ●

SUIVEZ L'ACTUALITÉ DU PROJET SICTAG SUR SON SITE INTERNET : WWW.SICTAG.FR

Vous aurez ainsi accès, en temps réel :
- aux actualités du projet
- aux rapports, publications réalisées dans le cadre de ce projet
- aux informations relatives à la lutte contre le gel en viticulture

Gelées du printemps 2020 à Quincy : une analyse des données riche d'enseignements !

Dans ce contexte, une première étude statistique a été menée, visant à expliquer, grâce à la mesure in situ et aux traitements géostatistiques, la variabilité spatiale des températures à Quincy. Cette étude a permis notamment de mettre en évidence des « poches » d'air chaud et d'air froid à travers le vignoble suivant la topographie et la météo enregistrée.

Les travaux présentés dans cet article 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.

Par Clara Le Cap, Johan Carlier, Philippe Georgeault, Emmanuel Buisson, Dominique Heitz et Hervé Quénol

LA PÉRIODE DE GEL PRINTANIER DE 2020

La période retenue correspond à la dernière vague de gel printanière survenue à Quincy, c'est à dire du 24/03 au 05/04, soit 13 jours. Cette plage journalière peut se décomposer en 3 périodes comme illustré sur le schéma ci-dessous :





3 périodes aux caractéristiques bien particulières

UNE ÉTUDE CONDUITE À TROIS ÉCHELLES DIFFÉRENTES

L'étude, menée en parallèle sur 3 échelles différentes, cherche à établir des relations entre ces différentes dimensions.

Tout d'abord ont été analysées les données météorologiques à grande échelle, appelées **données synoptiques**. Les cartes isobariques présentent les variations de pression à travers un continent et notamment les formations et déplacements d'anticyclones (haute pression) et de dépressions (basse pression). Le déplacement de ces immenses masses d'air froid et chaud influence significativement les variables météorologiques régionales telles que la force et la direction du vent, la température et l'humidité ainsi que la nébulosité.

Ensuite, les **données topographiques**, qui regroupent les données qui traitent de la géographie. L'IGN (Institut national de l'information géographique et forestière) permet d'avoir accès, pour toute zone en France, au Modèle Numérique de Terrain (MNT) qui modélise la topographie d'une zone terrestre et dont on peut extraire l'altitude, la pente ou encore l'exposition du terrain considéré.

Enfin, les **données à micro-échelle** représentent les variables d'intérêt que l'on cherche à expliquer à l'échelle de Quincy. Il s'agit ici de la température et de ses dérivés. Effectivement, Quincy est pourvu de sondes de températures réparties à travers son territoire qui permettent de relever les températures horaires chaque jour. A partir de ces données est notamment extraite la température minimale journalière, définit comme étant la valeur minimale relevée entre 18h la veille et 18h le jour même. •••



Gelées blanches et gelées noires : les mécanismes en jeu

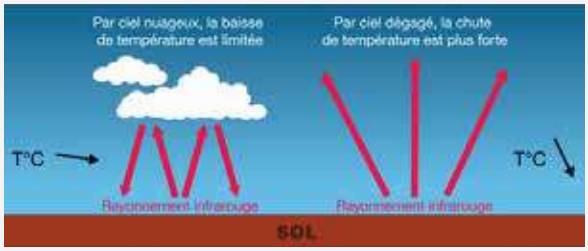


Figure 1 • Schéma de l'installation d'une inversion thermique.
Source : Météo France

Les **gelées blanches** sont appelées ainsi en référence à la fine pellicule blanche qui se dépose sur la surface.
Appelée aussi gelée radiative, c'est un phénomène nocturne qui apparaît sous des conditions atmosphériques calmes (vents nuls à faibles et ciel dégagé). Durant la journée, le soleil émet des radiations vers le sol qui les absorbes et emmagasine alors de la chaleur. La nuit, le sol se refroidit en restituant la chaleur de la journée par réémission du rayonnement solaire.

Si le ciel est clair, rien ne retient le rayonnement du sol, celui-ci est alors dispersé dans les plus hautes couches de l'atmosphère et réchauffe l'air en altitude : une inversion thermique peut alors se former. Au contraire, si le ciel est nuageux une partie des rayonnements est renvoyé vers le sol et limite l'effet de l'inversion thermique.



Figure 2 • Schéma de l'écoulement de vent catabatique.
Source : Météo France

L'air chaud étant plus léger que l'air froid, quand l'air se réchauffe, il va monter dans les altitudes. Au contraire, l'air froid à proximité du sol va avoir tendance à s'écouler par gravité suivant les lignes de pente.
Lorsqu'il est ralenti ou bloqué par des obstacles (ex : haie d'arbres, …) ou dans des secteurs à topographie plane ou encaissée, l'air se refroidit encore plus car il n'est plus en mouvement. Ces vents locaux guidés par le relief sont appelés **vent catabatique.** Ainsi, les parcelles aux faibles altitudes, ou dont la topographie forme un creux sont très sensibles aux gelées radiatives.



La **gelée advective** est un phénomène se présentant aussi bien de jour que de nuit. Elle correspond à une masse importante d'air froid (T<0°C) transportée par des vents modérés à forts.
C'est un évènement qui sévit plus particulièrement sur les plateaux situés aux hautes altitudes et il n'existe à ce jour aucun moyen de lutte efficace pour le contrer.

La gelée advective prend aussi le nom de gelée noire dû à l'endommagement de la plante qui la subit, causant un noircissement intérieur de celle-ci et par le fait qu'il n'y a pas de dépôt de givre à la surface. ●



Des situations météorologiques observées très différentes

Dans un premier temps, l'étude vise à mettre en relation la position des anticyclones et dépressions et la météorologie régionale observée.
On peut ainsi mettre en évidence des groupes de situations différentes qui permettent d'expliquer en partie l'observation d'une situation gélive ou non.

	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4
Jours concernés	24/03 • 25/03 • 01/04 • 02/04 • 05/04	26/03 • 31/03	29/03 • 30/03	27/03 • 28/03 • 03/04 • 04/04
Situation Cyclonique	Anticyclone en Europe de l'Est	Dépression à proximité de la France	Dépression en Europe de l'Est Anticyclone au large de l'Irlande	Dépression en Europe de l'Est
Caractéristiques enregistrées	Ciel clair Vent moyen Pression moyenne Humidité moyenne	Ciel couvert Vent moyen fort Pression moyenne basse Humidité basse	Ciel couvert Vent faible Pression basse Humidité élevée	Ciel couvert Vent fort Pression forte Humidité élevée
Explication du gel	Gelée blanche : le ciel clair a favorisé l'installation d'une inversion thermique malgré la présence de vent	Gelée noire : situation dépressionnaire avec apport de masse d'air froid sec (vent moyen fort + humidité basse)	Le vent faible et l'humidité élevée ont favorisé la perte de chaleur par radiation malgré la protection nuageuse	Pas de gel car protection par barrière nuageuse et brassage d'air humide
Température minimale moyenne relevée sur le territoire	-1,9°C	-1,6°C	-0,9°C	3,4°C

Ainsi, une dépression en Europe de l'Est ou à proximité de la France apporte une couverture nuageuse non négligeable ainsi que du vent et de l'humidité protégeant le vignoble (groupe 4). Au contraire, un anticyclone à cet endroit favorise l'installation de ciel clair avec un moindre vent favorisant l'introduction d'une inversion thermique et donc par suite de gelées blanches détériorant les vignes (groupe 1).

La situation synoptique a une influence directe sur les variables régionales et leur action combinée a un impact important sur l'intensité du refroidissement à Quincy. •••

Une thèse de doctorat pour optimiser les parcs de tours antigel



Clara Le Cap, doctorante

Clara Le Cap présente dans ces articles les travaux réalisés dans le cadre de sa thèse intitulée « Simulations numériques et mesures de terrain d'évènements gélifs dans un territoire viticole équipé de tours antigel : Application au vignoble de Quincy » se déroulant de Mai 2020 à Mai 2023. Cette thèse vise

- à caractériser et modéliser le fonctionnement d'un parc de tours antigels en s'appuyant sur des mesures de terrain,
- à cartographier et modéliser la variabilité spatiale du risque gélif, à la micro-échelle de la parcelle ou du vignoble, en s'appuyant sur des données topographiques précises, des données synoptiques à grandes échelles, des réseaux de capteurs connectés éparses et des simulations d'écoulements météorologiques à cette micro-échelle.

L'objectif est d'apporter les éléments nécessaires à l'optimisation des parcs de tours antigels, que ce soit au niveau de la sectorisation du risque gélif pour l'implantation des tours, de la prévision du risque gélif pour le déclenchement des moyens de lutte, et de l'optimisation du fonctionnement du parc.
Le sujet est encadré à la fois par la société **Weather Measures** et le **CNRS** pour la partie prévision du risque gélif et études géostatistiques et par **INRAE** pour la partie caractérisation aéraulique des tours antigel.

L'effet majeur de la topographie

Il existe une forte corrélation entre la topographie du vignoble et la répartition des températures notamment en fonction de l'altitude. En effet, pour des situations de gelées blanches, il a été observé que les altitudes basses sont les plus durement touchées par les températures négatives.

Au contraire en situation de gelée noire, le vent froid et sec affecte les altitudes les plus importantes. Ainsi, l'étude permet de constater que les parcelles les plus au Nord qui sont également les parcelles aux altitudes les plus basses ont été plus durement touchées la nuit du 25/03/2020, qui était une nuit typique de gelée blanche (Groupe 1).

A contrario, les parcelles au sud du vignoble et aux altitudes élevées ont été fortement impactées la nuit du 26/03/2020, nuit de gelée noire avec un vent très froid et sec. (Groupe 2). Ces résultats sont en accord avec la définition physique des cas de gelées blanches et de gelées noires.

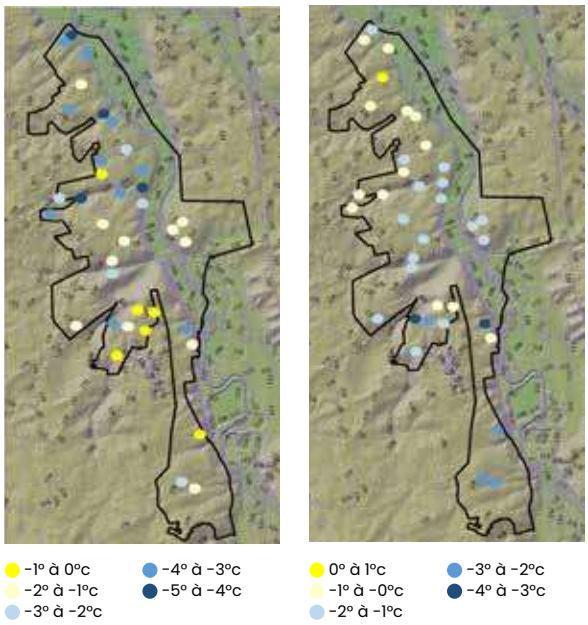


Figure 3
Cartographie de la variabilité spatiale des températures minimales pour les nuits du 25/04/2020 à gauche et du 26/04/2020 à droite. Chaque rond de couleur représente la température minimale journalière relevée par les sondes réparties sur le domaine.
Le terroir de Quincy est délimité par la bordure noire.

Des parcelles beaucoup plus sensibles

Cette étude a permis de définir les secteurs les plus sensibles aux situations gélives printanières suivant le type de situation atmosphérique. La variabilité spatiale du risque gélif printanier varie suivant le type de gel. Certaines parcelles sont plus exposées aux gelées radiatives alors que d'autres sont plus sensibles aux situations advectives. Au moment du débourrement, période où la vigne est très sensible aux basses températures, les gelées les plus dommageables, sont souvent une combinaison entre les deux types de refroidissement. Après une période de refroidissement advectif caractérisée par une masse d'air froid sur l'ensemble du territoire, le vent faiblit et le ciel s'éclaircit en début de nuit, laissant la place à un refroidissement radiatif. L'air ambiant étant préalablement relativement froid, le refroidissement nocturne radiatif peut générer une forte baisse de température et d'importantes gelées dans les vignobles. C'est généralement la combinaison des deux types de refroidissement qui engendre les gelées les plus intenses. De plus, la situation synoptique et la topographie influent sur la manière dont l'air circule à travers le vignoble (blocage ou au contraire accélération de l'air suivant la topographie et l'orientation et intensité des vents). Protéger la totalité du vignoble se révèlent ainsi être une affaire d'adaptation, de compromis et de flexibilité afin de trouver des solutions efficaces contre les gelées pour toute configuration topographique et toute situation climatique. Les tours antigel sont une solution de taille face au gelées blanches et leur implantation doit être réfléchie avec soin pour maximiser leur couverture sur le territoire.



MODÉLISER LES FLUX

Ainsi, les outils statistiques utilisés ici ne permettent pas d'expliquer de manière précise la variabilité spatiale des températures.
En perspective, il est nécessaire de modéliser la circulation de l'air pour avoir une compréhension fine du comportement du domaine.
De plus, cette modélisation des flux sera un atout indéniable pour estimer plus tard l'efficacité des tours antigels et même au-delà, pour mener des études sur leurs positions optimales à travers le terroir pour une protection assurée. ●

Premiers résultats de la campagne de mesures terrain de décembre 2020



L'équipe ACTA de l'unité de recherche OPAALE d'INRAE s'est rendue dans le vignoble du Quincy et a pu mener deux jours complets d'expérimentation pour l'étude des écoulements des flux d'air sur une parcelle de vigne équipée de deux tours anti-gels. Des rafales de vent atteignant jusqu'à 33km/h et pendant une durée de 16 secondes ont pu être mesurées au niveau de la vigne, à une quarantaine de mètres de la tour.

Par Clara Le Cap, Johan Carlier, Philippe Georgeault, Emmanuel Buisson, Dominique Heitz et Hervé Quénol

UN PROTOCOLE ET DES ÉQUIPEMENTS DE MESURES VALIDÉS

Cette première campagne de mesures s'est déroulée du 7 au 11 décembre 2020. Elle visait à confirmer les matériels et les protocoles pour la caractérisation aéraulique des écoulements sur le terrain (Tour anti-gel et météo) en les éprouvant dans des conditions d'utilisation réelles. Ce premier retour d'expérience permet d'identifier des points d'amélioration pour les futures campagnes (en termes de logistique/manutention, méthodes et outils) qui auront lieu au printemps et à l'automne 2021 et 2022. Une première analyse des résultats apporte déjà des informations inédites sur l'écoulement généré par les tours anti-gel.

UN ÉQUIPEMENT SPÉCIFIQUE CONÇU PAR INRAE

Pour mener à bien cette campagne, l'équipe ACTA s'est dotée de systèmes d'acquisition de données Campbell Scientific. Ces centrales, connectées aux appareils de mesures, permettent d'enregistrer et de visualiser les mesures en temps réel. Des anémomètres ultrason LCJ et des thermocouples ont ainsi permis de mesurer à 4Hz et pendant plusieurs heures la température et la vitesse du vent générés par la tour et l'environnement. Deux mâts de 10m et 20m ont également été utilisés pour réaliser des mesures en altitude. La Figure 1 montre le mât de 10m sur son rover spécialement conçu pour le déplacer dans la vigne.

Trois expérimentations ont été menées dans deux parcelles différentes, équipées l'une d'une tour Mecagri fonctionnant au fioul et l'autre d'une tour Orchard Rite fonctionnant au gaz.

LA MESURE DE LA STRATIFICATION THERMIQUE LA NUIT DU 8 AU 9 DÉCEMBRE

Des conditions météorologiques particulièrement favorables ont permis de mesurer une inversion thermique (Figure 2), ce phénomène générant des gelées blanches printanières contre lequel lutte la tour antigel. Pour ce faire, une corde de thermocouples répartis sur la longueur a été suspendue en haut du mat de 10m (Figure 1). Les mesures de températures à différentes altitudes ont ainsi pu être enregistrées en continu toute la nuit. •••

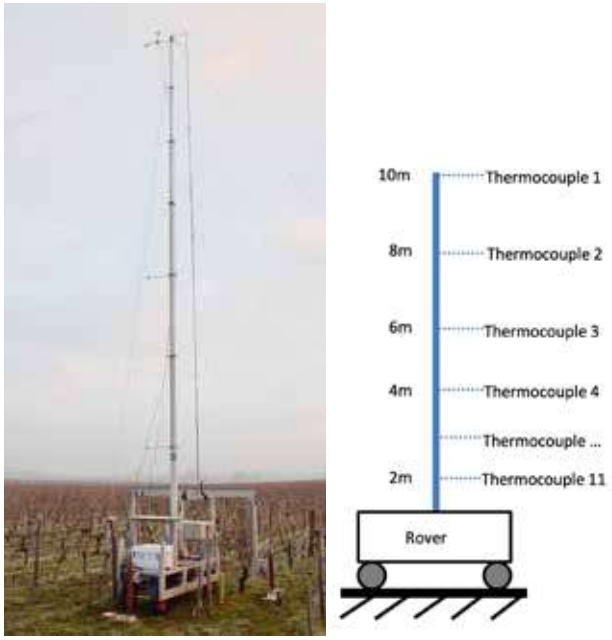


Figure 1
Prise de vue du mat de 10m déployé et représentation schématique de la répartition des capteurs.

Evolution de la température en fonction de l'altitude

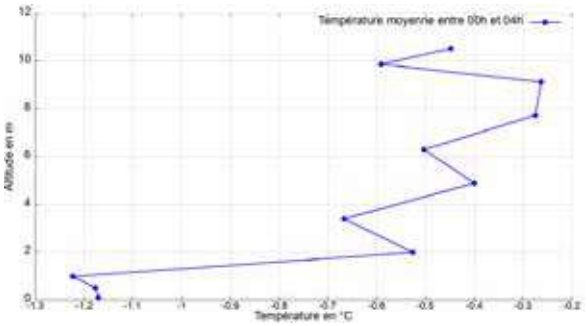


Figure 2
Évolution de la température moyenne (°C) en fonction de l'altitude la nuit du 8 au 9 décembre (moyenne entre 00h et 05h).

Evolution de la température à différentes altitudes de 1,98 m à 10,05 m

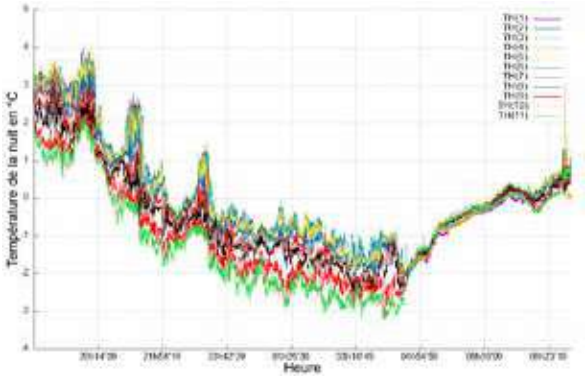


Figure 3
Évolution de la température la nuit du 8 au 9 décembre 2020 (°C).
TH1 correspond au thermocouple le plus élevé en altitude.
TH11 correspond au thermocouple le plus proche du sol.

On peut voir sur la Figure 3 que la température a chuté jusque -2,5°C pour les thermocouples les plus proches du sol et aux alentours de -1°C pour les thermocouples les plus en altitude. Jusque 4h du matin, la différence de température entre le haut et le pied du mat était positive avant de s'annuler vers 5h du matin.

Cette différence de température conditionne l'efficacité de la tour. En effet, pour une efficience optimale, la littérature préconise une différence de température comprise entre 1,5°C et 2°C entre 15m et 1,5m d'altitude. En période printanière, ces conditions météorologiques relevées auraient entraînées la mise en route des tours.

La mesure de l'action de la tour dans l'environnement de la vigne



Figure 5
Une station est composée d'un pied comportant le système d'acquisition de donnée et d'un panneau solaire assurant son alimentation électrique (à droite), et d'un deuxième pied comportant l'anémomètre ultrason et 3 thermocouples (au milieu).

Cette mesure doit permettre de caractériser l'impact de la tour sur son environnement, c'est-à-dire évaluer à proximité de la végétation la surface qu'elle couvre et avec quelle intensité en termes de vitesse de vent et d'élévation de température.
Deux stations d'environ 1,5m de haut composée chacune d'un anémomètre ultrason et de 3 thermocouples placés respectivement à 10cm du sol, au milieu de la vigne et à la canopée ont été utilisées pour cette expérience. Une station a été positionnée de manière fixe à 40m de la tour. La deuxième station a été placée dans une rangée de vigne en face de la tour. A chaque rotation complète de la tour sur elle-même, la station était déplacée de 4m couvrant des distances par rapport à la tour allant de 12m jusqu'à 96m au dernier point de mesure.
Chaque passage de la tour a entrainé l'enregistrement d'un pic en vitesse et en température sur chaque station.
Les figures 6 et 7 montrent l'évolution en moyenne de la vitesse et de la température mesurée à 40m de la tour, pendant une période de rotation de la tour. Le pic correspondant au passage de la rafale de vent généré par la tour.

Evolution de la vitesse moyenne pour une période de rotation de la TAG

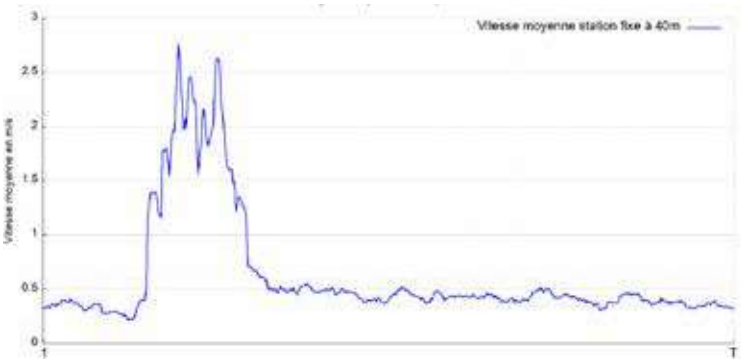


Figure 6
Evolution de la vitesse moyenne à 1,5m de hauteur pour une période de rotation de la TAG

Evolution de la température moyenne à la canopée pour une période de rotation de la TAG



Figure 7
Évolution de la température moyenne enregistrée sur une période de rotation (T) de la tour antigel pour la station positionnée à 40m de distance. Au moment où la tour est plus ou moins alignée avec le thermocouple, un pic de température est mesuré.

La mesure de l'action de la tour en altitude jusqu'à 10 m

Cette expérience, similaire à la précédente vise à caractériser l'impact de la tour mais cette fois-ci sur des altitudes beaucoup plus élevées allant de 1,5m à 10m de hauteur. Le mat de 10m permet d'embarquer 4 anémomètres ultrason ainsi que de suspendre la corde de thermocouples. Ainsi, il est possible de mesurer le profil de vitesse et de température générée par la tour suivant l'altitude.
Grâce au rover, le mât a été déplacé à une distance de 100, 80, 60, 40 puis 30m par rapport à la tour toutes les 45 minutes environ (la tour faisant un tour sur elle-même en un peu plus de 4 minutes, cela permet de mesurer plusieurs passages de la tour, augmentant la précision des mesures). L'analyse de ces mesures est actuellement en cours.

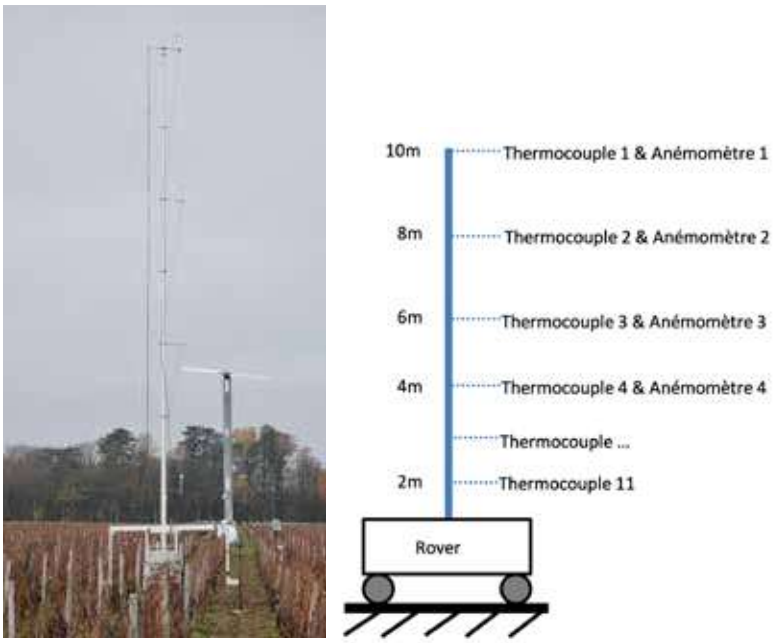


Figure 8
Prise de vue du mat de 10m déplacé pour mesurer l'action de la tour suivant l'altitude. A droite représentation schématique de la répartition des capteurs.

Une masse de données à exploiter



La campagne a été riche en enseignement tant sur le plan méthodologique que sur le plan logistique.
Il reste à présent à traiter l'ensemble des données pour en tirer des conclusions sur les expériences menées, et préparer les campagnes au printemps et automne 2021. ●

1 ACTA :
Aéraulique et Contrôle des Atmosphères Turbulentes ;

Unité OPAALE :
Optimisation des Procédés en Agriculture, Agroalimentaire et Environnement

L'expérience de la gelée printanière de septembre 2020 en Nouvelle Zélande

Par Hervé Quénol

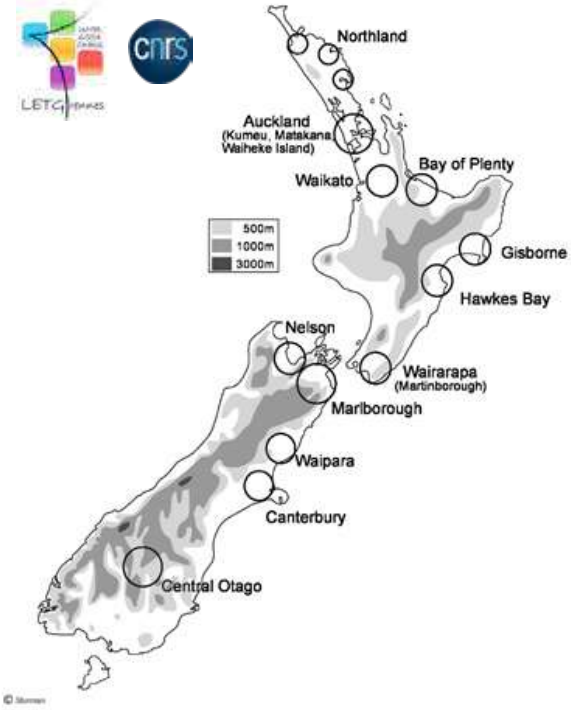


LA RÉGION VITICOLE DE WAIPARA

La vallée de Waipara est une région viticole relativement récente où les premières vignes ont été plantées au début des années 1970. Elle compte actuellement environ 1250 hectares de vignes. Située sur la côte Est de l'Ile du Sud de la Nouvelle Zélande (figure 1), la région viticole de Waipara bénéficie d'un climat unique créé par la topographie qui protège les vignobles de la fraîcheur de la brise marine qui affecte Canterbury au nord de Christchurch. Cependant, elle est toujours considérée comme un lieu au climat frais, ce qui se reflète dans les cépages prédominants qui y sont cultivés (Pinot noir, Riesling et Sauvignon blanc). Ces dernières décennies, l'augmentation de la température globale a été favorable offrant de meilleures conditions pour la maturité des raisins. Mais cela engendre aussi un impact sur la croissance de la vigne notamment un débourrement plus précoce et par conséquent une augmentation de la vulnérabilité de la plante au gel printanier.

UNE VAGUE DE FROID PRINTANIER EXCEPTIONNELLE

Lors de la deuxième quinzaine de septembre 2020, des flux australs ont généré une importante vague de froid pendant plusieurs jours. Cela s'est caractérisé par une situation atmosphérique perturbée avec un temps nuageux et venteux. La nuit du 29 au 30 septembre 2020, le ciel s'est dégagé et le vent de sud a fortement faibli engendrant ainsi une forte baisse de température et de fortes gelées printanières. La vigne, dont la reprise le débourrement était en avance d'environ deux semaines, a subi d'importants dommages (photo 1). L'intensité du refroidissement (jusque -5°C) et surtout l'épaisseur de la couche d'air froid ont fortement limité l'efficacité des systèmes de protection contre le gel notamment les tours antigel. La limite d'inversion de température étant trop en altitude, le brassage de l'air généré par les tours antigel n'a pas été optimal et n'a pas permis de réduire suffisamment la baisse de température. Les vignobles les mieux protégées ont été ceux où plusieurs systèmes de protection ont été mis en place en ciblant les secteurs d'entrée et d'accumulation d'air froid notamment en disposant des systèmes de chauffage ou avec l'intervention d'hélicoptères.



Localisation de la région viticole de la Vallée de Waipara (Nouvelle Zélande)



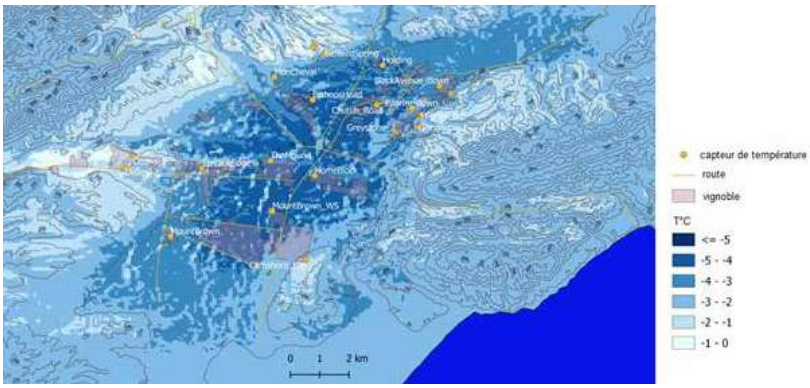
Dommages sur Pinot Noir après l'épisode gélif du 30 septembre 2020



Capteur de température installé dans le vignoble de Waipara.

DES RÉSULTATS TRÈS INSTRUCTIFS

Dans une démarche similaire au projet SICTAG, un réseau de 5 stations météorologiques et de 30 capteurs de température a été installé dans la vallée de Waipara (photo 2). L'objectif est de mesurer et de modéliser l'impact des facteurs locaux (ex : topographie, type de sol, distance à la mer, ...) sur le climat à l'échelle de la parcelle viticole.
En situation de gel printanier, une connaissance fine de la variabilité spatiale des températures permet d'estimer précisément les secteurs les plus gélifs afin d'optimiser les stratégies de lutte antigel.
Par exemple, lors de la gelée du 30 septembre 2020, les données issues de ce réseau de mesure ont été utilisées (transmission en direct) pour affiner le plan de vol des hélicoptères et permettre aux pilotes de débuter le brassage de l'air dans les secteurs les plus froids. Les températures enregistrées toutes les 15mn sur chaque point de mesure sont ensuite modélisées via des méthodes statistiques permettant de réaliser une cartographie de la variabilité locale des températures sur l'ensemble du site d'étude. La figure 2 montre la cartographie des températures minimales dans la vallée de Waipara avec une résolution de 150m. Il est intéressant de noter que ce ne sont pas forcément dans les secteurs les plus froid (fond de vallée) que les dégâts ont été les plus importants.
En effet, les vignes situées dans la vallée ont eu un débourrement plus tardif avec environ 10 jours différence par rapport aux secteurs les plus précoces.
Par conséquent, ce sont les secteurs en terrasse à mi coteau sur les collines situées à l'est du site avec une bonne exposition, qui ont subi les dommages les plus importants. ●



Modélisation spatiale des températures minimales dans la vallée de Waipara lors de la gelée printanière du 30 septembre 2020.

HERVÉ QUÉNOL EST CHERCHEUR AU CNRS

Il intervient sur le projet SICTAG en tant que référent scientifique et en assurant un retour d'expérience du projet franco-néo-zélandais IRP-VINADAPT qu'il dirige.

Ce projet de recherche international de « scénarios à haute résolution d'adaptation des agrosystèmes au changement climatique : application à la viticulture » étudie ...

Pour en savoir plus, vous consulter le site du projet :
https://cnrssingapore.cnrs.fr/project/irp-vinadapt/

Modéliser les risques pour concevoir un système d'aide à la décision

Les travaux présentés dans cet article posent les bases nécessaires à la mise en place d'un système permettant d'anticiper la mise en œuvre des stratégies de lutte contre le gel. Ils s'inscrivent dans le second volet du projet SICTAG. Ces éléments serviront ensuite à automatiser le pilotage des tours antigel tel que prévu dans le dernier volet du projet.

Par Christian Rabin





Un pilotage de la lutte contre le gel mobilise un ensemble de paramètres

La compréhension des phénomènes en jeux et leur modélisation est une étape préalable à la mise en œuvre des outils nécessaires aux vignerons.

RAPPELS SUR LES PRINCIPAUX PHÉNOMÈNES EN JEUX

Le gel, c'est la solidification de l'eau dans le cep de vigne. Il y a la formation de gros cristaux quand la vitesse de congélation est inférieure à 2,5 cm/mm, au-dessus, en vitesse rapide, Il y a la formation de petits cristaux qui ne brisent pas la cellule végétale. Il a 3 types de gels (voir encadré page ?). Le gel convectif est dû à l'arrivée de masse d'air froid en mouvement venant du nord-est de l'Europe à forte vitesse. Le gel radiatif résulte de l'accumulation de l'air froid au sol, après le coucher du soleil, la température du sol diminue. Enfin, le gel conductif opère par contact, de la neige par exemple. Pour la vigne, le stade végétatif va être très important pour les dégâts dus au gel. Le débourrement tardif va limiter les risques dans les zones gélives, à l'inverse les dégâts vont apparaitre sur les bourgeons et les rameaux.

Pour la vigne, le stade végétatif va être très important pour les dégâts dus au gel. Le débourrement tardif va limiter les risques dans les zones gélives, à l'inverse les dégâts vont apparaitre sur les bourgeons et les rameaux. La vigne est constituée de bois, d'eau et de sucre.

Plusieurs paramètres influent défavorablement :

- La faible teneur en sucre, car plus le taux de sucre sera élevé, plus son point de congélation sera bas
- La forte teneur en eau
- Les surfaces humides de la vigne, la morphologie, les diamètres faibles entre autres les jeunes vignes sont plus sensibles au gel. Plus la température du sol sera négative plus les racines risquent de geler par conduction.

Les sols gorgés d'eau, légers sont défavorables. La couleur influe pour le rayonnement de jour et de nuit ; un sol noir capte mieux la chaleur du soleil de jour.

L'air, de par ses caractéristiques (T, HR%, V), va être influent. Plus sa température sera négative, plus l'air sera sec, plus sa vitesse sera élevée et plus la vitesse du gel va être rapide. La direction du vent est également importante.



Le relief va influencer l'écoulement des brises, l'accumulation de masses d'air froides. Dans les zones gélives, l'air froid plus lourd que l'air chaud, s'accumule en partie basse souvent la nuit, le jour en général l'air se réchauffe, les masses d'air chaud vont s'accumuler en hauteur. En cas de risque de gel la tour antigel va projeter cet air chaud accumulé sur la vigne. Il faut que cette masse d'air chaud soit suffisante et à température assez élevée pour faire ce réchauffement de l'air.

Le ciel joue également un rôle. La nébulosité favorise l'absorption du rayonnement terrestre par les nuages et par la rediffusion et compense la perte de chaleur par le refroidissement radiatif. Les températures vont être plus élevées avec un ciel nuageux qu'avec un ciel clair.

LES ÉCHANGES THERMIQUES

L'échange de température entre l'air, la vigne et le sol ; du sol avec les racines peut agir de différentes manières.
La convection est due au mouvement de l'air sur la vigne, de l'air et le sol (les facteurs influents sont l'écart de températures et la vitesse d'air ainsi que la nature des constituants de la vigne).
Pour la conduction, l'échange se fait par contact. C'est le cas du sol avec les racines de la vigne, du transfert dans le cep (les facteurs sont l'écart de température entre les 2, la nature des constituants, ils sont isolants ou conducteurs de chaleur).



Exemple : le réchauffement de la vigne (Courbe de temps pour la réchauffer avec la TAG.)

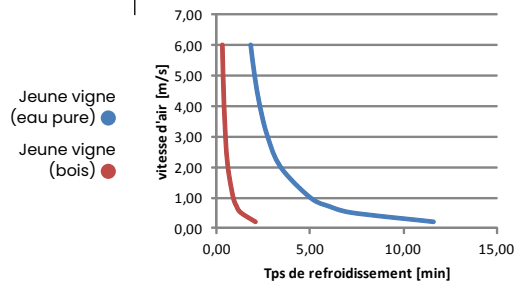
LES SCIENCES ET LES MATHÉMATIQUES POUR HIÉRARCHISER LES PHÉNOMÈNES

A ce stade on va se servir de modèles mathématiques et de sciences telles que la météorologie, la mécanique des fluides pour interpréter les prédominances des phénomènes.
En second lieu, on cherche à définir les temps de réponse pour l'anticipation. Il a été étudié expérimentalement la vitesse et le temps de refroidissement de la vigne en fonction de la température et la vitesse de l'air, de la morphologie de la vigne (jeune vigne/veille vigne), et de sa teneur en eau.
Ce dernier paramètre est important car il donne le temps que l'on a en sécurité. Cette approche va donner les temps de réponse des phénomènes (le temps avant le gel).

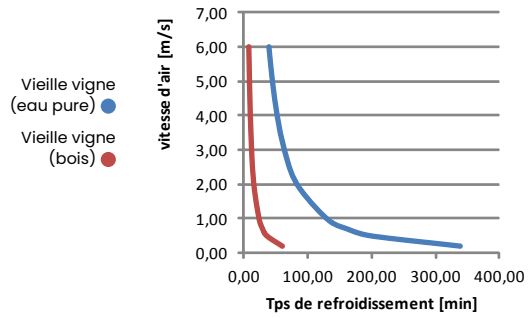
LE TEMPS DE REFROIDISSEMENT DE LA VIGNE

La puissance échangée est :
Ø c = α S ΔT, avec α le coefficient d'échange, S surface du cep, DT l'écart de température entre l'air et le cep moyen. Les courbes théoriques de temps refroidissement de la vigne vont de 5 à 0°C.
Les valeurs relevés sur le site de QUINCY vont de 10 à 70 km/h (2,77m/s à 19,44m/s) et la vitesse la plus présente est de 20 km/h (5,55m/s).
Pour les vitesses maximales à 40 m de la tour et juste au-dessus des vignes (à peu près à 1m 50 de hauteur), elles oscillent environ entre 5 et 6m/s. (5,42 en moyenne sur les max). Pour les vitesses minimales, cela oscille souvent entre 0 et 1m/s.

Temps de refroidissement en fonction de la vitesse d'air

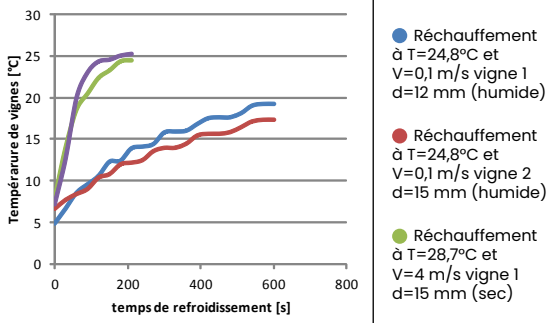


Temps de refroidissement en fonction de la vitesse d'air



DES MODÈLES À L'OAD

Réchauffement au cours du temps



Une phase expérimentale va permettre de monter 2 pilotes : l'un en laboratoire et l'autre sur le site dans les vignes.
On va déterminer ainsi la validation des modèles mathématiques, la cinétique des phénomènes et le choix des capteurs nécessaires et efficaces.
Le choix des modèles mathématiques et des capteurs utiles sur site va permettre, par leurs intégrations à l'automate, de faire une base de données envoyée au viticulteur pour qu'il anticipe à bon escient avec cet OAD (outil d'aide à la décision) intégré, et piloter les tours antigel en mode automatique.





LES PARAMÈTRES LIÉS À LA TOUR ANTIGEL

La tour antigel appelée aussi tour à vent ou éolienne est composée d'une hélice, d'un moteur et d'une transmission et, parfois, d'un chauffage thermique. Cette hélice tourne à une vitesse assez lente de l'ordre de 15tr/mn ou de 1 tour toute les 4 mn. Il existe différents types d'éoliennes : les éoliennes mono pales et les éoliennes de type ventilateur axial multi pales.
Leurs caractéristiques, étudiées dans le cadre du troisième volet du projet SICTAG, sont l'angle de la pale, la poussée, la vitesse de rotation et le débit d'air.
La différence de pression en amont et en aval de la pale (phénomène d'aspiration et de surpression), la surface couverte protégée, la forme de l'écoulement de l'air autour de la pale et de l'éolienne expliqueront leur efficacité.

OBJECTIF : OPTIMISER LE FONCTIONNEMENT DES TOURS …

Le but est de mettre en route les éoliennes le plus tard possible, là où c'est utile, de suivre leur efficacité et de déclencher, en ultime recours, le chauffage.

Le système OAD de surveillance va donner de l'information en temps réel au viticulteur sur l'évolution de la métrologie et des phénomènes susceptibles d'amener le gel.
L'étude en laboratoire et sur site va permettre de définir les caractéristiques de l'éolienne, des masses d'air déplacées, la vitesse de déplacement de l'air, la poussée sur ces masses d'air.
La seconde étude, faite sur le site des éoliennes par INRAE, à partir d'un mat équipé de sondes de température et d'anémomètres vont mesurer les vitesses d'air, et les caractéristiques des masses d'air.

En laboratoire il va être étudié sur des mini éoliennes, les modèles mathématiques qui seront rapprochés sur le modèle réel par homothétie.

L'étude sur le terrain va comporter aussi le réseau d'éoliennes en groupe, leurs influences réciproques, les unes entre elles et répondre à la question « comment les disposer et les piloter pour plus d'efficacité ? » Ou comment arrêter une masse d'air froide arrivant en latéral d'un champ d'éoliennes ?.



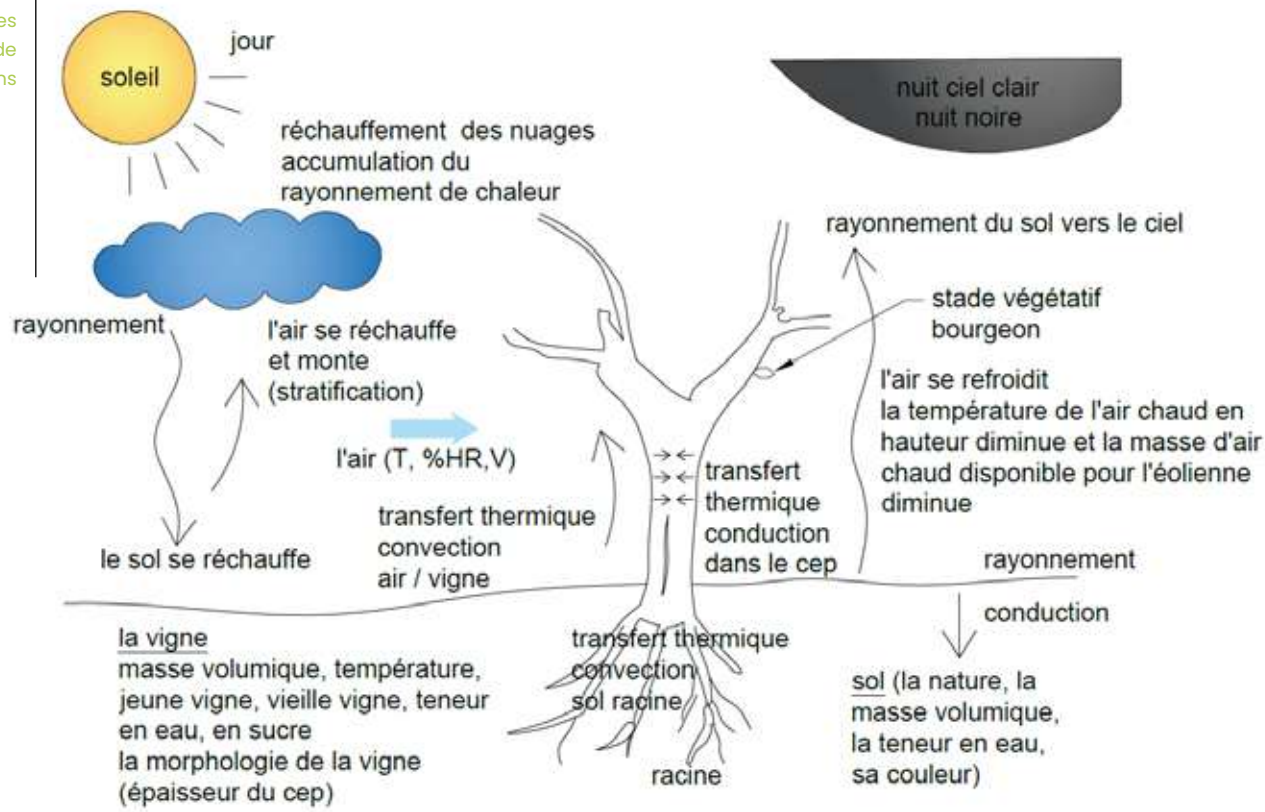
... pour être efficace en temps réel

Par suite on va instrumenter une éolienne seule et en second temps un ensemble d'éoliennes (pour voir la synergie des éoliennes entre elles). Les informations seront transmises à l'automate (les mesures dans la zone protégée, la température de l'air, la vitesse de l'air, en complément les paramètres d'une station météorologique locale intégrant la température, l'humidité de l'air, le rayonnement, la vitesse et la direction du vent pour suivre les phénomènes sur l'air entre autres.

Il sera vérifié la stratification de l'air chaud et les différentes températures de l'air en hauteur pour le jour et si la masse chaude accumulée est suffisante pour que l'éolienne la transfère sur la zone en risque de gel en général de nuit. Il pourrait être ajouté des capteurs de conduction et de convections thermiques sur le sol entre autres pour caractériser les puissances thermiques échangées.
Les modèles mathématiques et prédictifs développés (les équations de l'air humide) seront intégrés. Les informations des capteurs seront suivies pour vérifier que les vignes sont bien protégées du gel, et l'efficacité des éoliennes. Le système est connecté, il peut transférer des bases de données, la météorologie et l'efficience de l'éolienne ainsi que ses paramètres en action. Tout cela est nouveau.

Pour l'utilisation, on s'interdira de transférer des masses d'air trop froides et négatives en température avec l'éolienne qui accentueraient la rapidité du gel des vignes ce qui ferait l'effet inverse à celui recherché.
Et sans cet instrument, ce scénario peut se produire.

illustration des phénomènes et de leurs interractions



Schématisation générale du projet SICTAG

La station météorologique

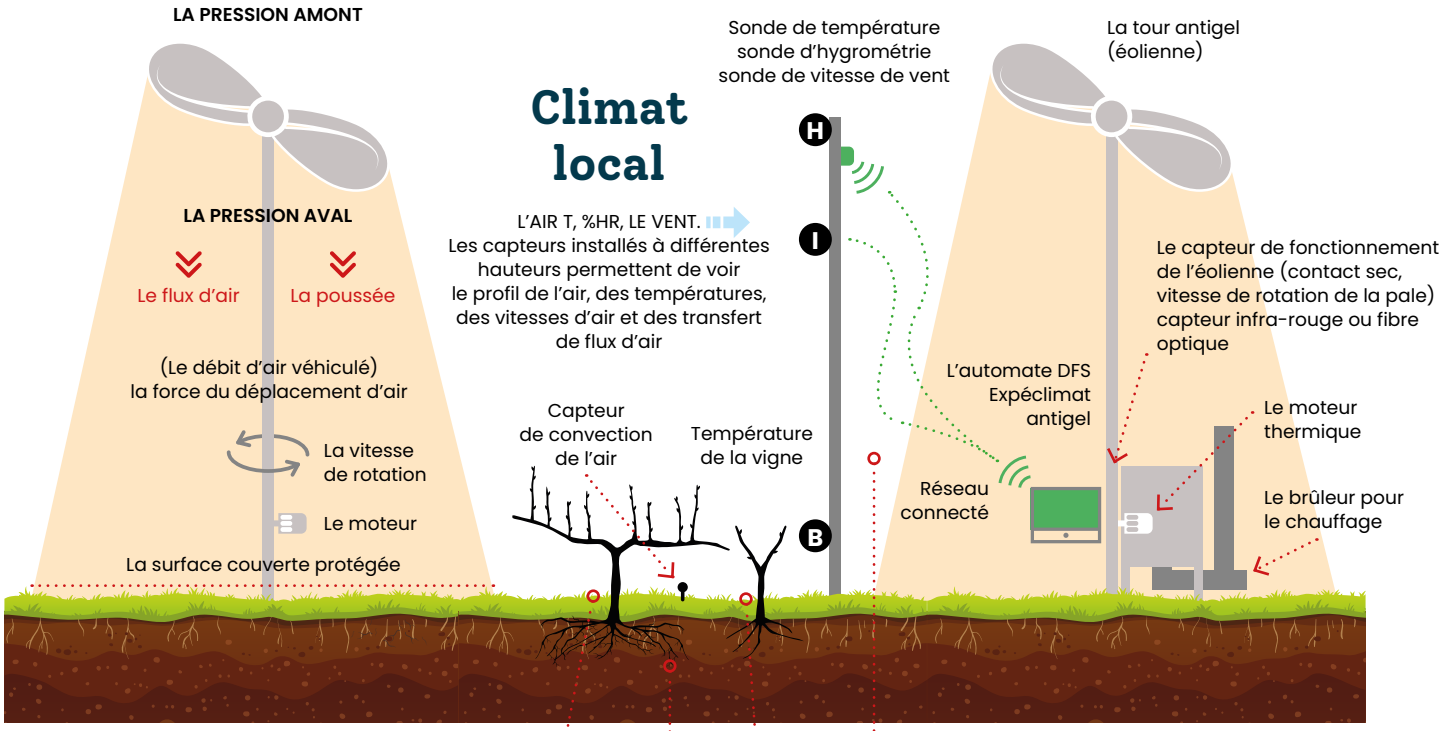
L'air (la température, l'humidité)
le vent (sa vitesse, sa direction)
le rayonnement

Tour antigel (TAG)

Elle protège la vigne
par le déplacement d'air

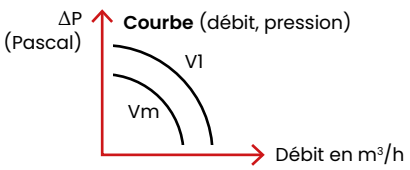
Le mat

Pour les mesures des climats
des zones protégées (déplaçable)
Les caractéristiques de l'air
et la cinématique (déplacement)



Les caractéristiques et l'éolienne en fonction de vitesses

Les paramètres à déterminer
- la différence de pression
- le débit d'air de l'éolienne
- la poussée de l'air
- la validation des courbes débit-pression de l'éolienne pur une vitesse V



La vigne

La vigne à protéger du gel

L'éolienne TAG avec le chauffage

Différentes sondes sont positionnées à différentes hauteur (température, hygrométrie, anémomètre) permettant de voir le profil du climat avec notamment les températures et les vitesses d'air pour valider les effets de stratification lors de l'action de refroidissement de l'air ou l'action de l'éolienne

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




WEATHER MEASURES

10 allée Evariste Galois
63000 Clermont-Ferrand

emmanuel.buisson@
weather-measures.com

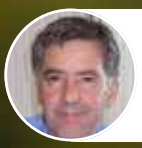
www.weather-measures.fr

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

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





VEGEPOLYS VALLEY

ANTENNE ORLÉANS
Cité de l'Agriculture
de la Région Centre
13 Avenue des Droits de l'Homme
45921 ORLÉANS

aurelien.lepennetier@vegepolys.eu

Aurélien LEPENNETIER,
chargé de mission

CNRS

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

herve.quenol@univ-rennes2.fr

Hervé QUÉNOL

VINOPOLE

509 Avenue de Chanteloup
37400 Amboise

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

Laurence GUÉRIN,
directrice

PEI SICTAG

02 48 75 00 93 Vierzon / Conception graphique
ACCESS PRINT