

# Observation et modélisation du climat à l'échelle des terroirs viticoles

## *Observation and modeling of climate at fine scales in wine-producing areas*

Hervé QUÉNOL

Laboratoire LETG-Rennes-COSTEL, UMR6554 du CNRS, Université Haute Bretagne, place du recteur Henri le Moal  
35043 Rennes Cedex.

Corresp. author: Quénol, Tel: 33 2 99 14 20 90, Email : [herve.quenol@uhb.fr](mailto:herve.quenol@uhb.fr)

### ABSTRACT

Global change in climate affect regional climates and hold implications for viticulture worldwide. Despite numerous studies on the impact of projected global warming on different regions, global atmospheric models are not adapted to local scales and impacts at fine scales are still approximate. Although real progress in downscaling, using meso-scale atmospheric models taking surface characteristics into account, was realized over the past years, no operative model is in use yet to simulate climate at local scales (hundreds of meters). The TERVICLIM and TERACLIM programs aim at observing climate at local scales in different wine producing regions worldwide; simulating both climate and climate change in order to produce a fine scale assessment of the climate change impacts, thereafter simulating scenario of adaptation for viticulture, providing guidance to decision-makers in the viticultural sector.

**Keywords:** *Climate change, small scales, spatial variability, terroir.*

### 1 INTRODUCTION

Dans un contexte d'intensification des concurrences entre les différents pays producteurs (notamment avec l'avènement des nouveaux pays viticoles) et où les viticulteurs des pays traditionnels se défendent en mettant en avant le « *terroir viticole* », une estimation des conséquences du changement climatique à une échelle fine permettrait de mieux orienter les possibles conséquences économiques et sociales de changement. L'objectif étant que les professionnels viticoles puissent adapter leurs pratiques culturelles en fonction d'une nouvelle donne climatique en mettant à l'œuvre leur savoir-faire (techniques culturelles raisonnées, évolution des variétés...).

Les approches du changement climatique par les modélisateurs du climat sont aujourd'hui trop approximatives pour apporter des réponses à l'échelle d'un terroir viticole. Les résolutions spatiales des sorties de modèles sont de plusieurs kilomètres de côté alors que très souvent, des appellations viticoles concernent des secteurs de quelques kilomètres carrés. Notre démarche scientifique vise à mettre en place une méthodologie reposant sur des observations climatiques et agronomiques in situ et sur de la modélisation spatiale du climat, permettant d'évaluer la variabilité spatiale des paramètres atmosphériques à l'échelle d'un terroir (valeurs moyennes et extrêmes climatiques). Confrontée à des observations agronomiques (ex : stress hydrique, phénologie, taux de sucre, taux d'alcool, ...), l'étude météorologique permet de déterminer le climat spécifique d'un terroir. En comblant le manque de données aux échelles fines, ce travail permet d'affiner les connaissances sur les modifications climatiques qui pourront apparaître dans les terroirs viticoles et donc, d'améliorer les estimations sur les possibles impacts économiques. Cette méthodologie est développée et appliquée à plusieurs vignobles de renommée internationale, vignobles pour lesquels les caractéristiques climatiques

jouent un rôle important sur la qualité du vin et où des expérimentations scientifiques sont menées (par les partenaires de ce projet) depuis plusieurs années notamment dans le cadre des programmes ANR-TERVICLIM<sup>1</sup> et GICC-TERADCLIM<sup>2</sup>. La multiplication des sites expérimentaux (terroirs français, européens et étrangers du « nouveau monde ») permet d'étudier les potentialités agro climatiques locales des terroirs dans des conditions macro-climatiques différentes.

Ce type de démarche, sur la compréhension du fonctionnement du système climatique aux échelles fines avec la mise en place de méthodes de mesures (météorologiques et agronomiques) ou des techniques de modélisation spatiale, fait inévitablement appel au savoir-faire d'autres disciplines. Cette équipe interdisciplinaire composée de géographes, d'agronomes, de physiciens de l'atmosphère et de professionnels viticoles (ingénieurs, viticulteurs ...) a été composée de manière à mettre en relation différentes compétences nécessaires pour répondre à cette problématique.

### 2 OBSERVATIONS AGROCLIMATIQUES

L'observation du climat à l'échelle du terroir implique donc une méthode d'acquisition des données météorologiques adaptée. Les stations météorologiques automatiques des réseaux nationaux permettent d'obtenir des informations en continu et simultanément sur plusieurs points de l'espace. Cependant ces réseaux sont peu adaptés aux expérimentations climatiques aux échelles fines (1). Ainsi pour définir les spécificités

<sup>1</sup> ANR-JC07194103TERVICLIM, 2008-2012, « Observation et modélisation spatiale du climat à l'échelle des terroirs viticoles dans le contexte du changement climatique ».

<sup>2</sup> GICC-TERADCLIM, 2011-2013. « Adaptation des terroirs viticoles au changement climatique ».

climatiques d'un vignoble, les stations météorologiques du réseau national sont souvent trop espacées (à part quelques exceptions comme le réseau de la Champagne viticole ou dans les vignobles de Stellenbosch en Afrique du Sud) et les données issues de celles-ci ne permettent pas de mettre en évidence les variations climatiques spatiales à l'échelle locale. Face à l'insuffisance du réseau classique, la mise en place d'un dispositif de mesures météorologiques adapté aux échelles fines est nécessaire pour déterminer et comprendre la forte variabilité spatiale des éléments du climat surtout lorsque le terrain est accidenté. La variabilité spatiale des paramètres atmosphériques à l'échelle d'un terroir est validée par l'intermédiaire des données de réponse viticoles et/ou oenologiques afin d'évaluer l'hétérogénéité de la qualité du raisin et du vin influencée par les facteurs locaux. La caractérisation de la réponse vitivinicole porte sur la croissance de la plante en fonction de la période de son cycle végétatif (par l'intermédiaire du suivi des stades phénologiques et de la date de récolte) et sur la qualité du raisin en analysant les teneurs en sucres et acides organiques, l'acidité totale, ainsi que la teneur en anthocyanes pour les raisins rouges. Le comportement de la vigne et les analyses sur les raisins prend en compte les pratiques mises en oeuvre par les viticulteurs, lesquelles, dans la majeure partie des cas ont pour objet de contrebalancer les variations climatiques saisonnières.

Au total, 24 vignobles (dont 19 ont été équipés dans le cadre de l'ANR-TERVICLIM) répartis dans 13 pays sont étudiés. Ces vignobles, même situés dans un même domaine climatique, ont leur spécificité (ex : type de cépage, mode de culture, ...) qui détermine l'identité des terroirs. Nous avons délibérément choisi des vignobles situés dans des zones macro-climatiques différentes afin d'appréhender les variations climatiques à des échelles différentes (macro-, méso-) et de tester plusieurs modèles du GIEC.

### 3 MODÉLISATION SPATIALE ET DE SIMULATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les méthodes de modélisation spatiale doivent suivre la même démarche que pour les analyses des données météorologiques, c'est-à-dire, prendre en compte l'influence des paramètres locaux en sachant qu'ils agissent sur les variables météorologiques à différentes échelles spatiales imbriquées. La modélisation numérique à méso-échelles par l'intermédiaire des modèles régionaux RAMS (Regional Atmospheric Modelling System) et WRF (Weather Research and Forecasting) et la modélisation géostatistique multicritères ont été appliquées aux vignobles expérimentaux.

Les méthodes statistiques constituent des outils essentiels pour résumer un grand nombre de données à traiter, pour identifier d'éventuelles structures ou récurrences dans le temps et dans l'espace, en somme pour dégager l'information contenue dans les bases de données. Ces méthodes d'interpolation multicritère s'appuient sur l'hypothèse que plusieurs facteurs locaux de natures diverse (altitude, occupation du sol...) sont susceptibles d'interférer dans la variabilité

spatiale que connaît la variable climatique étudiée entre les points de mesures. L'explication apportée par le modèle de « régressions multiples », centré sur les facteurs géographiques et environnementaux reste partielle. D'autres facteurs tels que la circulation atmosphérique ne peuvent être qu'appréhendés par l'utilisation du modèle physique à méso-échelle. Les modèles dits physiques permettent d'appréhender la complexité du réel, difficilement prise en compte par le modèle précédent.

Les premiers résultats de la modélisation numérique méso-échelle et géostatistique à l'échelle des terroirs viticoles ont été satisfaisants. Les deux méthodes ont été testées dans les vignobles d'Afrique du Sud (résolution de 200 m pour la modélisation physique et résolution de 50 m dans une grille plus petite pour la modélisation statistique) et les validations par l'intermédiaire des réseaux de stations météorologiques (15 stations météorologiques type Campbell et 40 capteurs de températures) ont été significatives (2). Ces résultats appuient la démarche scientifique quant à une nécessaire combinaison des deux méthodes de modélisation spatiale. La modélisation méso-échelles permet de prendre en compte les conditions atmosphériques d'échelle synoptique ainsi que l'imbrication des échelles alors que la modélisation statistique est plus adaptée aux échelles fines. Les simulations du changement climatique en fonction des différents scénarios du GIEC est réalisée avec le forçage du modèle numérique méso-échelle avec les sorties des modèles globaux. Les résultats obtenus sont ensuite spatialisés avec les méthodes multicritères.

### 4 SIMULATION DE L'ADAPTATION DES VINS DE TERROIR AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Après la simulation du changement climatique à l'échelle des terroirs, la phase suivante consiste à proposer des scénarios régionalisés/localisés d'adaptation pour la profession viticole. L'objectif est donc de parvenir à spécifier un environnement de modélisation systémique et intégré capable de simuler la croissance de la vigne sous contraintes multiples (pente, exposition, nature des sols, variabilité climatique...) et d'intégrer des stratégies de production et des règles d'adaptation de ces stratégies en fonction de l'évolution de ces contraintes.

Dans cette perspective, nous utilisons la plateforme Multi-agents DAHU (Dynamique des Activités Humaines). Cette plateforme a pour vocation de modéliser la variabilité du déroulement d'activités anthropiques sous contraintes multiples (environnementales et socio-économiques) et d'en étudier les interactions avec l'environnement. L'architecture de DAHU apporte des avancés méthodologiques significatives dans la modélisation des interactions agents/environnement. Contrairement aux approches classiques l'espace n'est pas considéré comme un élément structurant du modèle mais comme une donnée de forçage résultant d'une combinaison de phénomènes opérant à différentes échelles spatiales et temporelles (3).

Cette originalité permet d'intégrer des processus ayant des répercussions multi-échelles et d'analyser leur

impact global sur le fonctionnement d'une activité donnée à partir de boucles de rétroactions. La réalisation de scénarios d'adaptation des pratiques viticoles au changement climatique par SMA permettra

d'apporter des « réponses » à la profession viticole sur les méthodes à employer afin de mettre en place une politique raisonnée d'adaptation au changement climatique.

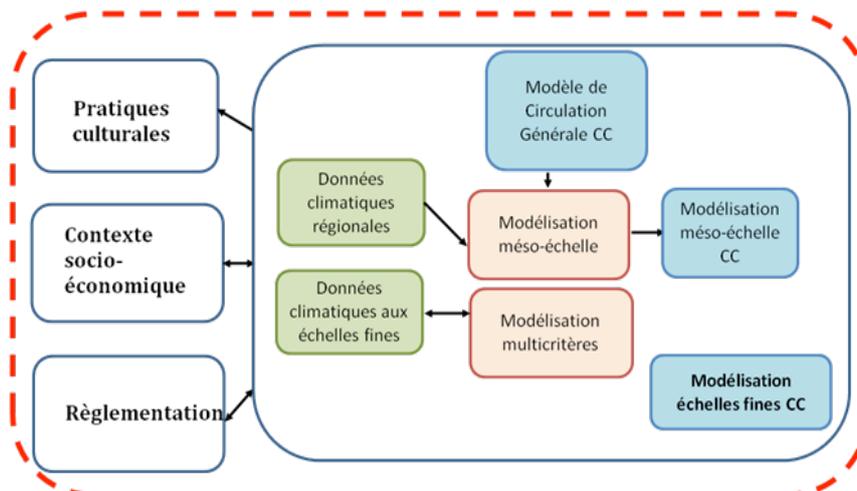


Figure 1. Structure du modèle de scénarios régionalisés/localisés d'adaptation au changement climatique.

## 5 DISCUSSION

Les différentes phases de mesures et de modélisation du climat à l'échelle des terroirs viticoles ont pour objectif de proposer des méthodes d'adaptation au changement climatique. Les grandes améliorations au niveau de la compréhension du climat global au climat régional et l'augmentation des moyens de calcul font que les biais au niveau des sorties de modèles du changement climatique diminueront. Les différentes méthodes d'analyse et de modélisation du climat développées par les différentes disciplines concernées sont indispensables même si les résultats actuels sont perfectibles. Cette approche scientifique généralisée et ce réseau de mesures disposé en fonction des caractéristiques locales sont des outils précieux pour l'observation et la validation des simulations du climat futur à l'échelle des terroirs viticoles.

## RÉFÉRENCES

1. H. QUÉNOL, 2011. *Observation et modélisation spatiale du climat aux échelles fines dans un contexte de changement climatique*. Habilitation à Diriger des Recherches à l'Université de Haute Bretagne, 2 vol., 298 p.
2. V. BONNARDOT, V. CAREY, M. MADELIN, S. CAUTENET, Z. COTZEE, H. QUÉNOL, 2012. Spatial variability of night temperatures at a fine scale over the Stellenbosch wine district, South Africa, *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 46 (1), 1-13.
3. C. TISSOT, F. CUQ, 2005. Modélisation spatio-temporelle d'activités humaines à fort impact environnemental, *Cybergéo : Revue européenne de géographie*, n°313, 20 juin 2005, 14 p.

## Climate trends and effects on grapevine in La Ribera de Duero (Spain)

### *Tendances du climat et les effets sur la vigne de La Ribera de Duero (Espagne)*

Irene ALCONADA, María Concepción RAMOS<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Environment and Soil Science, University of Lleida, Alcalde Rovira Roure 191, 25198 Lleida, Spain

\* Corresp. author: Ramos MC, Tel: 34 973702092, Fax: 34 973702613, Email : [cramos@macs.udl.es](mailto:cramos@macs.udl.es)

## ABSTRACT

Vineyards of La Ribera de Duero, extended about 115 km along the Duero river, from Quintanilla de Onésimo (Valladolid) to San Esteban de Gormaz (Soria) in Spain, has conditioned the landscape, culture and social costumes of the area. At present, like in other areas, climate change could introduce a new threat for the development of this area. An analysis of temperature and precipitation variability of the Ribera de Duero designation of origin is presented and their trends are related to some phenology parameters in order to know possible effects of climate on the vine-growing