Proposition de sujet de thèse à l'UMR LETG

Intitulé du projet : Modélisation du potentiel viticole pour les vignobles non-irrigués dans un contexte de changement climatique. Approches comparatives en milieux littoraux et continentaux.

Nom et prénom du directeur de thèse (HDR), porteur du projet : TISSOT Cyril (DR CNRS, HDR), UMR 6554 CNRS (site de Brest), cyril.tissot@univ-brest.fr

Co-directeur-trice de thèse et co-encadrant scientifique : QUENOL Hervé (DR CNRS, HDR), IRL CliMoA, herve.quenol@cnrs.fr

Structure d'accueil de la thèse : Ecole Doctorale des Sciences de la Mer, Université de Brest, UMR LETG (site de Brest/Plouzané).

Mots clés : changement climatique, viticulture, dry-farming, modélisation multi-agents, optimisation spatiale, adaptation, atténuation

Résumé : Face au changement climatique, la disponibilité en eau et la température sont deux facteurs clés pour l'adaptation de la vigne. Pourtant, les études viticoles privilégient souvent les indices thermiques, sous-estimant l'impact de la ressource en eau, pourtant cruciale pour la production de raisins et la qualité des vins. Ce projet de thèse propose d'intégrer ces deux facteurs pour améliorer la gestion locale des vignobles, en évitant l'irrigation et en préservant l'identité des terroirs. L'approche méthodologique combine géomatique, intelligence artificielle et modélisation multi-échelles. À micro-échelle, elle simule la croissance de la vigne sous contraintes environnementales, tandis qu'à méso-échelle, elle évalue les potentialités d'adaptation via des analogues géo-climatiques. Le modèle multi-agents **SEVE**, déjà testé dans divers vignobles, servira de base pour modéliser les stratégies d'adaptation, en intégrant les pratiques des viticulteurs et les données climatiques locales.

La thèse s'inscrira dans le projet **ANR DRYWINE** et l'**IRP AgriForAdapt**, en collaboration avec des équipes françaises et néozélandaises. Elle étudiera différents vignobles non irrigués en France (Bretagne, Aquitaine et Val de Loire) en Nouvelle-Zélande et en Afrique du Sud, pour développer des scénarios d'adaptation intégrant des pratiques innovantes permettant de mieux gérer la ressource en eau sans compromettre l'identité des vins.

Présentation du projet

Dans le contexte du changement climatique, la ressource en eau est, avec l'évolution de la température, un des principaux facteurs déclencheurs de la migration de la vigne. Or, les travaux sur les impacts du changement climatique sur la viticulture sont principalement basés sur des indices dépendant du lien entre la température et le développement de la vigne. Bien que l'application de ces indices aux échelles locales mettent en évidence le lien entre la variabilité spatiale de la température sur la phénologie de la vigne et la maturation du raisin, la disponibilité en eau est plus rarement prise en compte. Pourtant, les ressources en eau au vignoble impactent à la fois la qualité et la quantité des produits de la vigne sur des espaces restreints. La disponibilité des ressources pour la vigne résulte de l'interaction entre le climat (précipitations et demande évaporative), le sol (réserve utile, matériaux parental et état de surface) et de la topographie (pente, drainage aval). De fait, la variabilité spatiale

des sols induit sur quelques dizaines de mètres, des variations substantielles de l'état hydrique de la vigne. Tout comme la température, la forte variabilité spatiale de la réserve en eau doit être prise en compte pour l'adaptation pour la viticulture de terroir. Dans le bassin méditerranéen, la vigne est historiquement cultivée en culture sèche. Ailleurs dans le monde elle est également cultivée dans des régions sèches, où la ressource en eau est limitée. Il est donc important que les adaptations à la sécheresse évitent le recours à l'irrigation. Intégrer à la fois l'alimentation hydrique et la température dans l'élaboration d'indices bioclimatiques à échelle locale permettrait d'améliorer la gestion locale des vignobles face au changement climatique.

1 - Approche méthodologique et techniques envisagées :

Sur le plan méthodologique, la thèse mobilisera différents outils de la géomatique, des bases de données et des modèles à intelligence artificiel distribuée pour construire une approche de modélisation combinant deux niveaux d'échelle. Une approche à micro-échelle visera à simuler la croissance de la vigne sous contraintes multiples (distance à l'océan, pente, exposition, nature des sols, variabilité climatique…), à modéliser les itinéraires agronomiques associés aux cycles phénologiques et à projeter des règles d'adaptation en fonction de différents scénarios. Une approche à méso-échelle permettra d'évaluer les potentialités d'adaptation à l'échelle des vignobles. Elle s'appuiera sur une analyse des analogues géo-climatiques entre différentes régions viticoles du monde. L'objectif consistera à formuler différents cadres d'adaptation par mimétise spatio-temporel. Menée à l'échelle du vignoble cette démarche fournira un ensemble de stratégies potentiellement mobilisables à l'échelle locale.

Pour modéliser ces stratégies d'adaptation, la thèse s'appuiera sur l'expérience acquise par l'UMR LETG dans différents programmes de recherche (GICC TERADCLIM, LIFE ADVICLIM, IRP VINADAPT, IRP AgriforAdapt) à travers le développement du modèle SEVE (Simulating Environmental impacts on Viticultural Ecosystems). Testé dans différents vignobles en France (Tissot et al., 2017) et à l'étranger (Tissot et al., 2014, Tissot et al., 2020), ce modèle a montré sa capacité à restituer des itinéraires agronomiques en fonction des conditions d'environnement des sites de production. Le choix de privilégier une approche multi-agents répond au besoin de considérer une multitude de facteurs intervenant dans la variabilité du cycle de croissance de la vigne et dans les choix de conduites agronomiques effectués par les viticulteurs. Les interactions entre les composantes anthropiques (stratégies de production, contraintes socio-économiques) et environnementale (conditions biophysiques, variabilités climatiques) seront au cœur de l'approche développée dans la thèse dans la perspective de modéliser l'évolution des systèmes de production dans des contextes prospectifs. Il s'agira notamment de développer des fonctions de mimétise spatial pour les agents afin de transférer des stratégies d'adaptation entre différents sites présentant des analogies géo-climatiques (agronomiques, biophysiques, socio-économiques et climatiques).

La prise en compte de la variabilité spatiale du climat dans les scénarios du changement climatique reposera sur une approche multiscalaire (de l'échelle régionale à l'échelle locale). A méso-échelle, les sorties des modèles régionalisés et corrigées des biais seront utilisées pour calculer des patterns géoclimatiques homogènes pour différentes projections associées aux scénarios du GIEC. A micro-échelle des méthodes statistiques, basées sur des algorithmes d'apprentissage de type SVR (Support Vector Regression) ou autre, seront mobilisées (Le Roux et al., 2017). Elles permettront de produire, à partir d'une série de données historiques d'apprentissage des cartes de températures à haute résolution pour répercuter la variabilité future à l'échelle des parcelles pour différents scénarios du changement climatique. Ces données seront enrichies d'informations relatives l'état hydrique des vignes et des sols acquises par survol drone et mesures in situ.

L'analyse et la modélisation agro-climatique à fine échelle, combinée aux stratégies de production des viticulteurs viseront à développer des scénarios d'adaptation pour différents scénarios du changement climatique, basés sur la variabilité spatiale du climat à l'échelle du vignoble. En se focalisant sur la

gestion et la préservation de la ressource en eau, trois objectifs sont spécifiquement ciblés pour maintenir l'identité des vins de terroirs : (1) Préserver l'origine de localisation ; (2) promouvoir une viticulture non irriguée ; (3) Préserver les cépages emblématiques. Les protocoles expérimentaux (acquisition de données et modélisations) seront développés dans plusieurs exploitations viticoles selon une approche comparative au niveau géo-climatique c'est-à-dire, en termes climatique, de formation géologique, de cépages et de pratiques agroclimatiques. L'objectif étant d'avoir pour un cépage identique, un site caractérisé par un climat chaud et l'autre par un climat plus frais. Cette approche de type analogue « géo-climatique » permettra de se baser sur l'expérience en termes agro-climatique et de pratiques viticoles d'un site pilote dont le climat actuel correspondra au climat futur d'un des autres sites.

Les vignobles étudiés seront tous « non irriguées » afin d'étudier spécifiquement les pratiques culturales employées pour maîtriser et gérer l'alimentation hydrique. A l'heure actuelle, 10 vignobles et 5 cépages (Sauvignon blanc, Syrah, Chenin, Cabernet franc et Pinot noir) répartis dans des régions viticoles en France, en Nouvelle Zélande et en Afrique du Sud sont identifiés. Ce panel de sites pilotes vise à favoriser une approche comparative des conditions d'adaptation de vignobles aux caractéristiques agroclimatiques diversifiées.

2 - Positionnement et environnement scientifique dans le contexte régional, national et international :

Cette thèse sera réalisée dans le cadre de l'ANR DRYWINE. Elle sera également adossée à l'IRP AgriForAdapt (High resolution scenarios of adaptation strategies to climate change of agroecosystems, 2024-2028). Cette configuration permettra de bénéficier de l'expérience d'équipes de recherches françaises et néozélandaises impliquées dans ces projets. En Bretagne la complémentarité des équipes de l'UMR LETG (modélisation multi-agents, survol drone et traitement de données spatio-temporelles) et de l'IRL CliMoA (Climat, Modélisation, Agroécologie) sera mobilisée pour offrir un panel de compétences, méthodes et d'outils couvrant l'ensemble de la problématique abordée.

3 - Contexte scientifique et partenarial : éléments généraux

La thèse sera encadrée par les entités brestoises et rennaises de l'UMR LETG et par des chercheurs de l'IRL CliMoA. Elle bénéficiera dans ce contexte des équipements et des compétences de ces trois pôles. Sur Brest un environnement de simulation multi-agents sera mise à disposition du (de la) doctorant.e. Sur Rennes le (la) doctorant.e aura accès aux outils de traitement des données acquises par drones via la plateforme D2T (https://letg.cnrs.fr/accompagnement/plateforme-d2t-drone-terrain-teledetection/) et à la chaine de downscalling climatique mise en œuvre sur différents terrains nationaux et internationaux (dont la Nouvelle-Zélande). Dans le cadre de l'IRL CliMoA, le.la doctorant.e bénéficiera de l'expertise de climatologues et de modélisateurs.

Le – la candidat.e

Profil souhaité du candidat (compétences scientifiques et techniques requises) :

- Géographe avec de bonnes compétences en géomatique et en agronomie
- Géomaticien.ne avec une expérience en agronomie (connaissance du milieu viticole souhaitée)
- Agronome avec de fortes compétences en géomatique (traitement de l'information géographique numérique, base de données spatio-temporelles, programmation, modélisation)