



➤ Indicateurs agroclimatiques et modélisation

Iñaki Garcia de Cortazar-Atauri – US AgroClim
Philippe Vivin – UMR EGFV
Thierry Simonneau – UMR LEPSE

Contributions

M. Barbier
F. Levrault
F. Huard
S. Zito
F. Pierre-Louis
E. Duchene
C. Van Leeuwen

WP2 : Tools for adapting viticulture systems: Indicators and Models

Cadre conceptuel

- Depuis plusieurs années plusieurs études et outils ont été réalisés pour évaluer l'impact de l'environnement (dont le CLIMAT) sur la croissance et le développement de la vigne.
- Deux principaux outils:
 - Des indicateurs
 - Des modèles basés sur les processus

Objectif

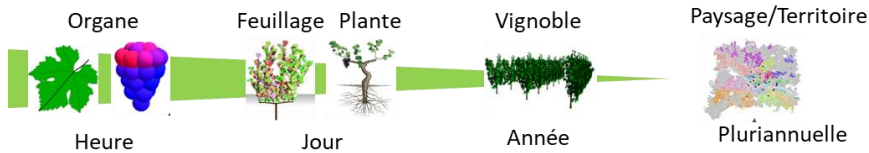
- 1.- Intégrer et structurer les connaissances déjà formalisées dans ces outils
- 2.- Evaluer les risques et opportunités climatiques potentielles pour la vigne

Indicateurs vs Modèles?





→ NON! Indicateurs ET Modèles

Deux grands approches

Utilisation de modèles
(FSPM, agro, stat...)



Utilisation d'indicateurs
(agro, eco, bioclimatiques)

Processus ecophysologiques / Management		Effet climatique sur la culture
Ecophysiologie	Croissance	Stress hydrique Excès d'eau Froid Gel Stress thermique Déficit rayonnement Conditions moyennes T 
	Qualité rendement	Stress thermique Amplitude thermique jour/nuit T nocturnes Excès d'eau Stress hydrique 
	Mortalité	Fortes pluies (verse) Vagues de chaleur Gel Sécheresse 
Nombre de jours disponibles pour semis, irrigation, etc		Excès d'eau (accès au champ) Vent forts (passage pesticides) 

Avantages

Déterministe
Robuste
Intégration de connaissances

Inconvénients

Lourd à mettre en place
Difficulté à manipuler
Trop d'interactions de facteurs

Avantages

Outils simples
Intégration de connaissances
Analyse plurifactorielle
Facile à transférer

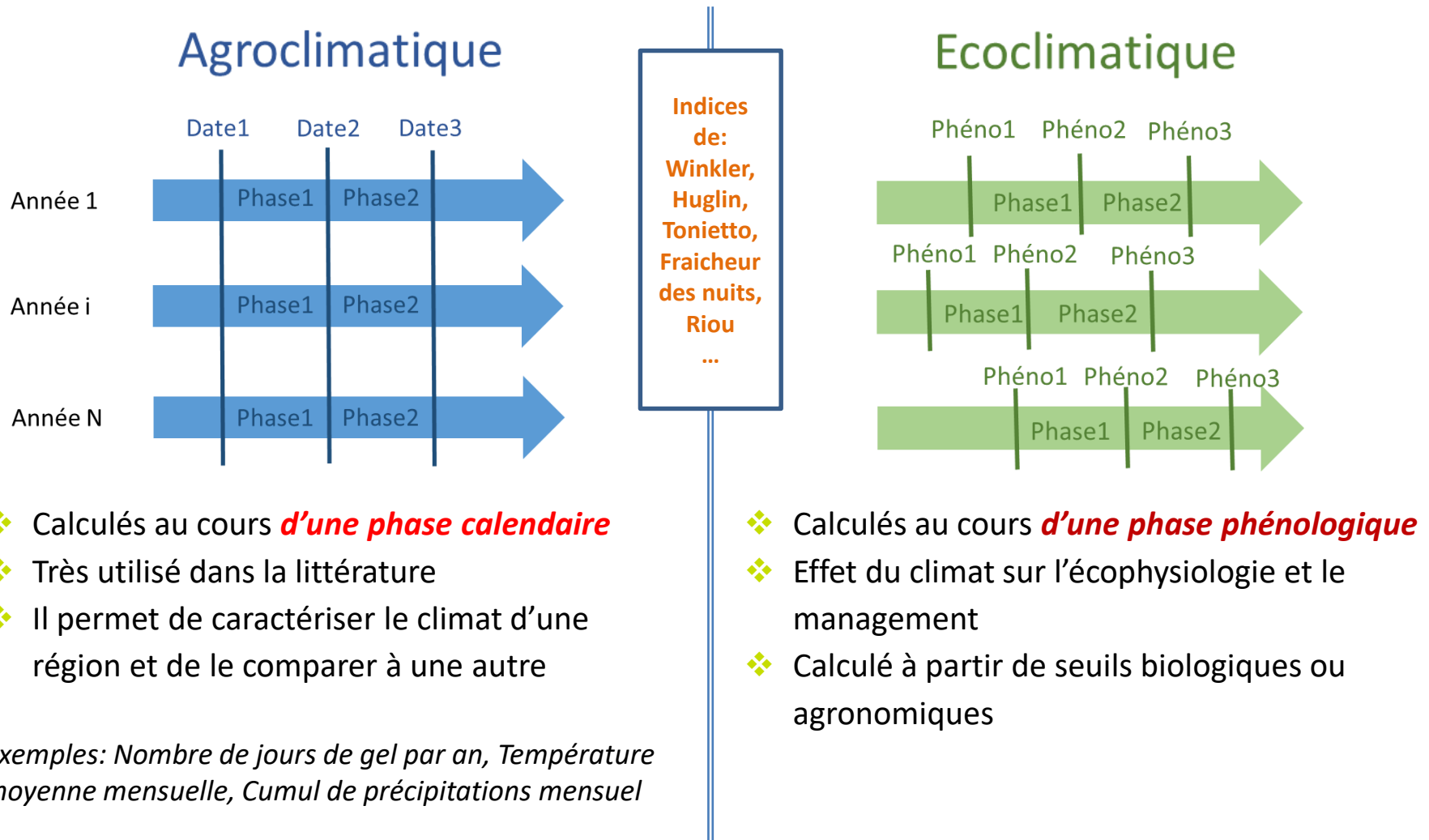
Inconvénients

Empirique
Evaluation
Validation



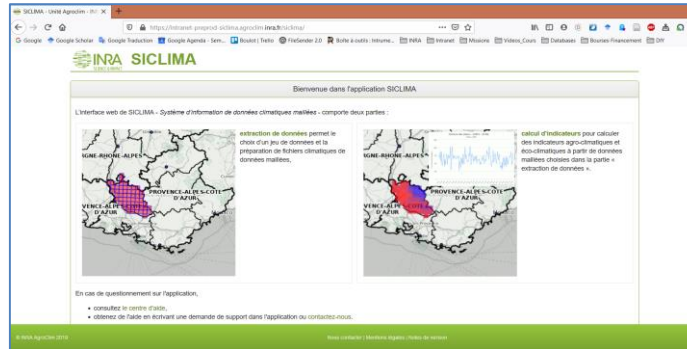
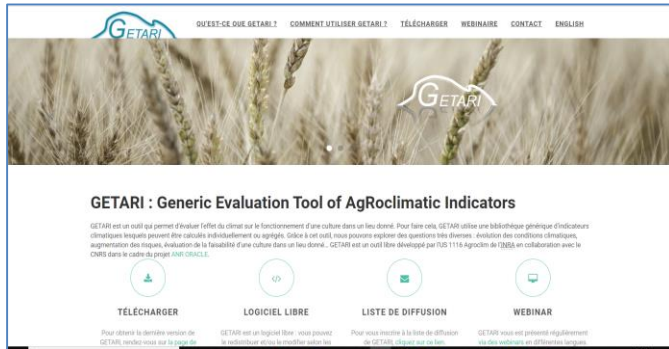
Indicateurs... en viticulture

Deux grandes familles d'indicateurs et quelques intermédiaires



Indicateurs

Outils



Méthodes pour définir les indicateurs

- Analyse bibliographique
- Enquêtes terrain
- **Journées atelier (2019)**
 - Indicateurs climatiques
 - Indicateurs agronomiques (observations et modélisation)



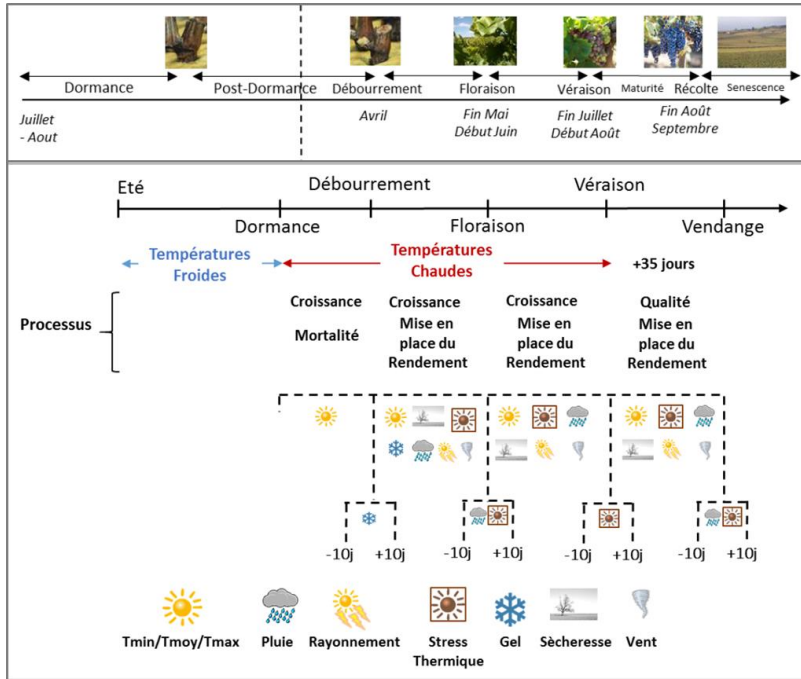
INRAE

Séminaire final LACCAVE
25 et 26 Novembre 2021 – Montpellier

Indicateurs

Exemples: Avant 2018

Développement de la méthodologie



Languedoc



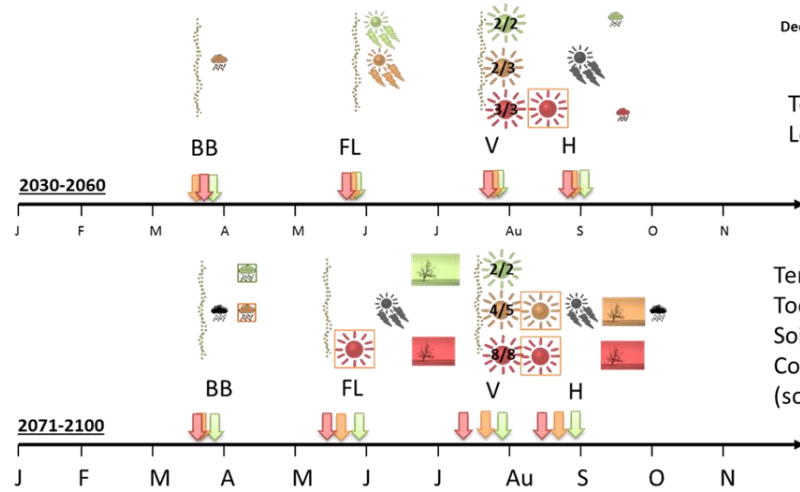
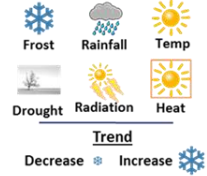
Phenology



Methodology

Medium Variety: Syrah
GCM: CNRM x 26p

Scenarios 2.6 4.5 8.5 All



Application à tous les vignobles de France (présentation ClimWine 2015)



INRAE

Séminaire final LACCAVE
25 et 26 Novembre 2021 – Montpellier

Garcia de Cortazar-Atauri et al., 2015

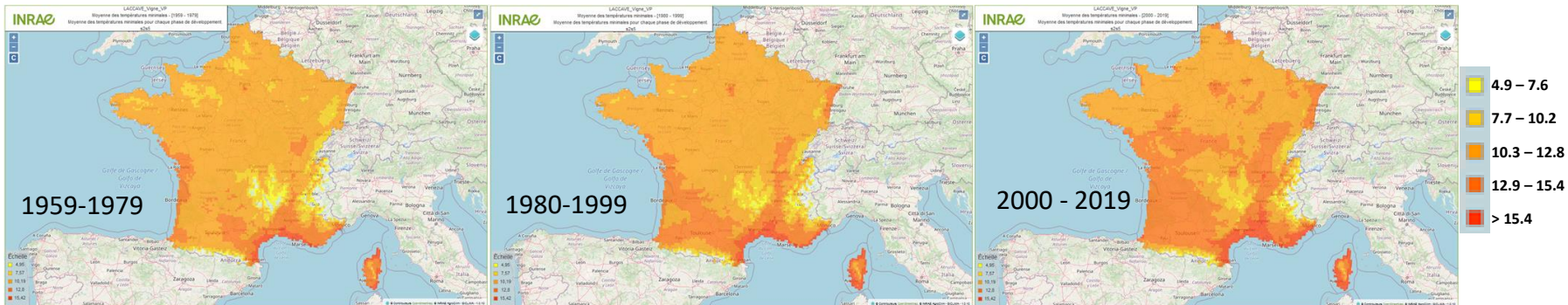
Indicateurs

Exemples: Analyse via SICLIMA – Passé et futur

Evolution de la date de débourrement

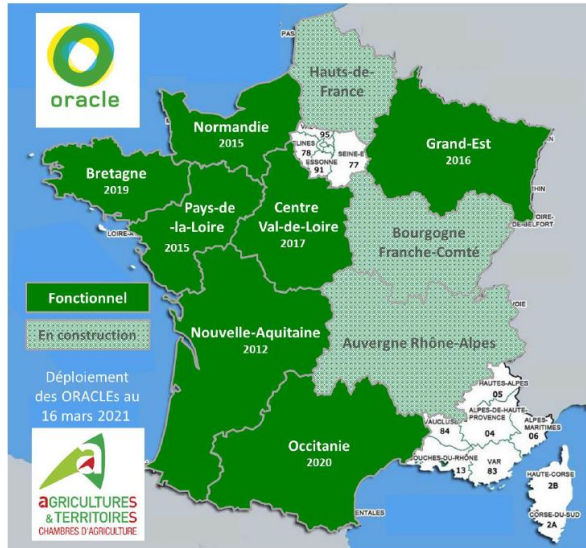


Evolution des températures minimales du cycle



Indicateurs

Exemples: les réseaux d'observatoires des Chambres d'Agriculture



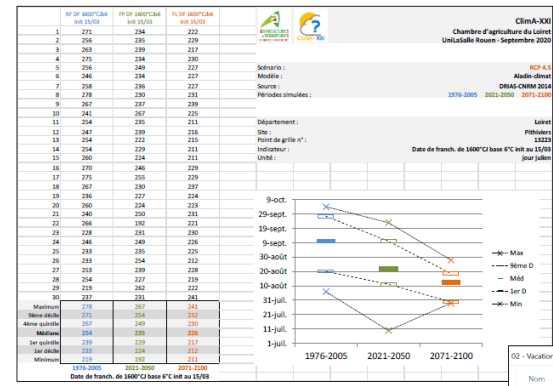
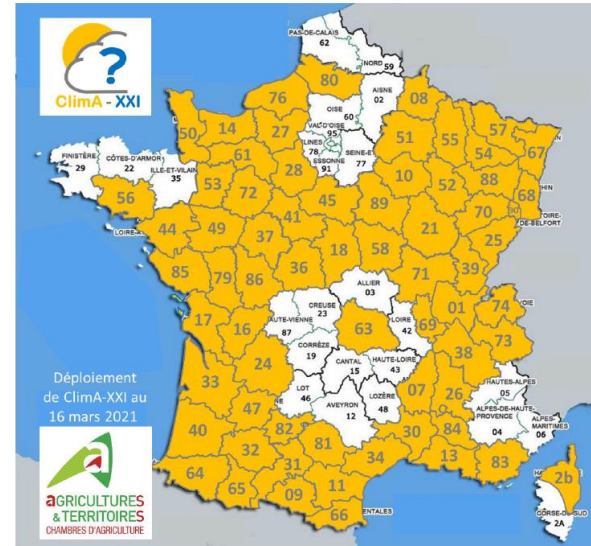
Observations du changement climatique

- Indicateurs climatiques
- Indicateurs agro-climatiques

Observations des incidences agricoles

- Impacts agricoles
- Adaptations agricoles

Mesurer



Indicateurs

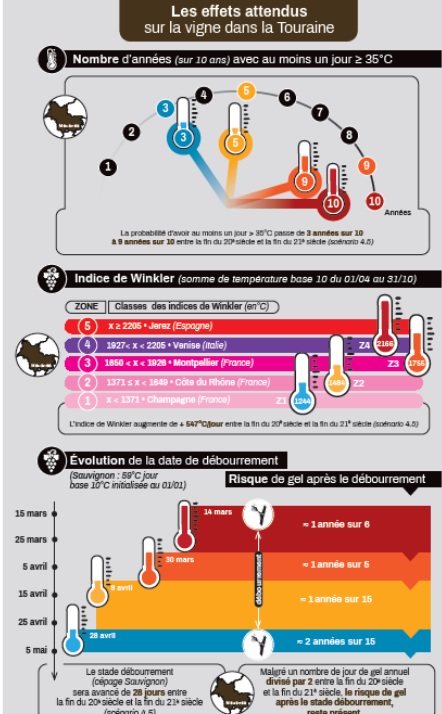
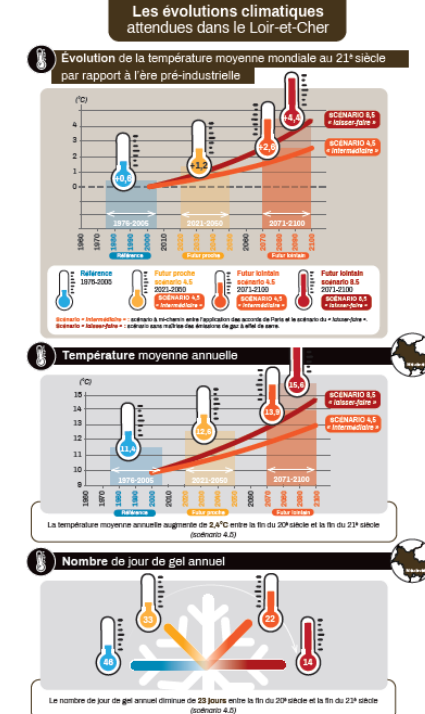
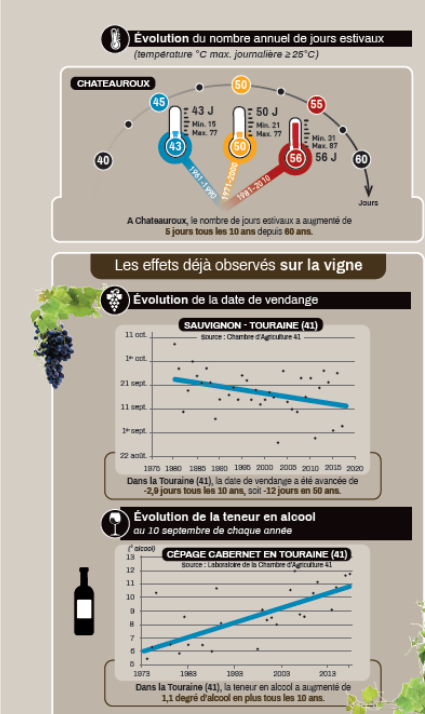
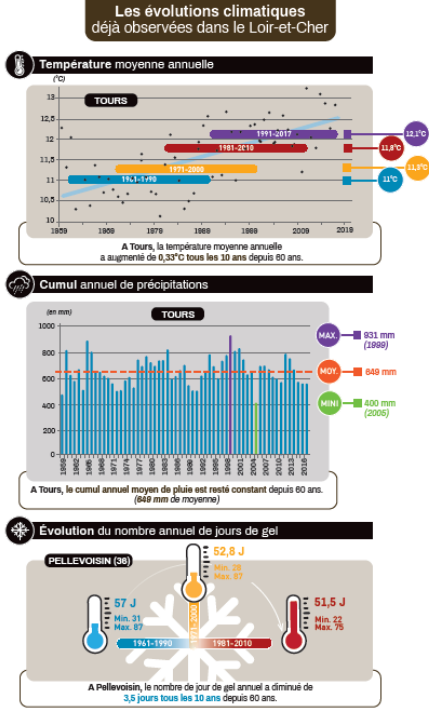
Exemples: Projet Climenvi -> L'évolution du climat dans le Loir-et-Cher



Passé

Futur

Le climat du 20^{ème} siècle dans le Loir-et-Cher



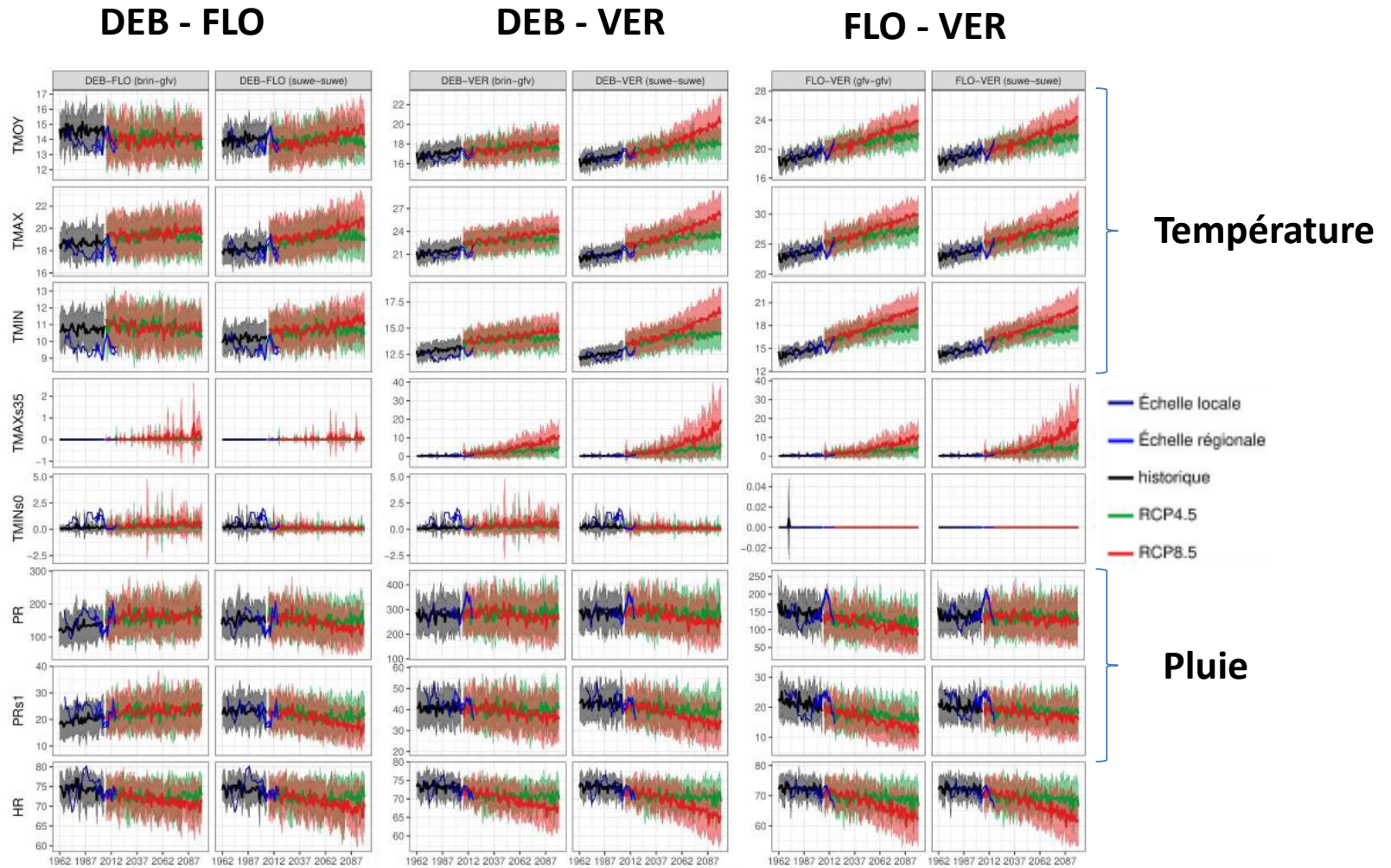
Le climat du 21^{ème} siècle dans le Loir-et-Cher

Des informations à l'échelle du territoire pour alerter de l'évolution des conditions climatiques



Indicateurs

Exemples: Evolution des conditions climatiques Bourgogne



Tmax > 35

Gel

HR

Température

Pluie

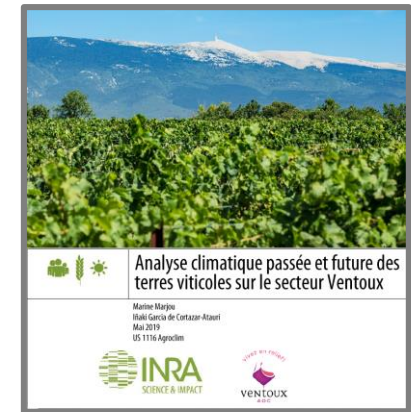
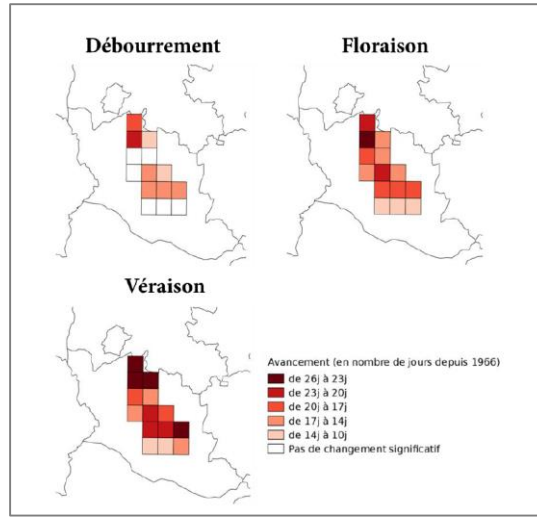
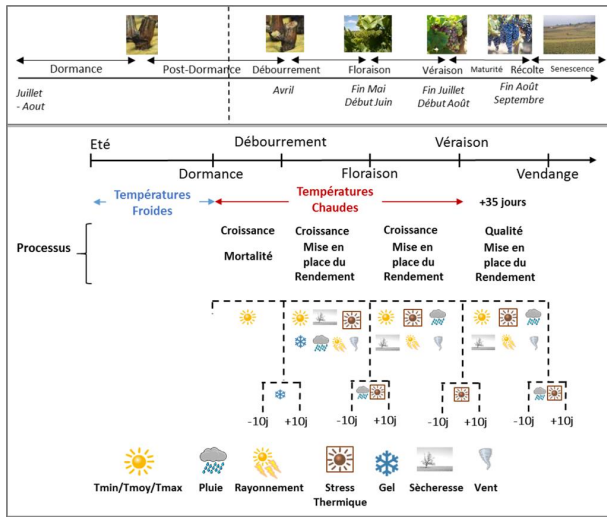


INRAE

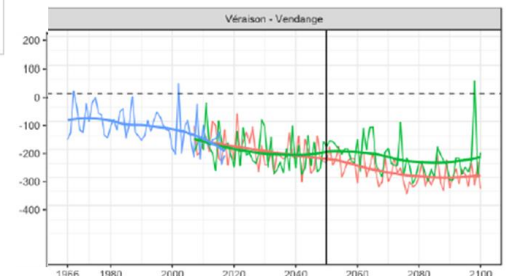
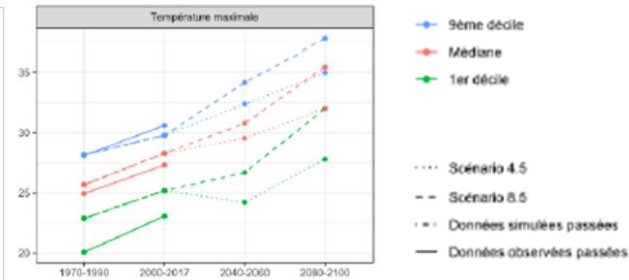
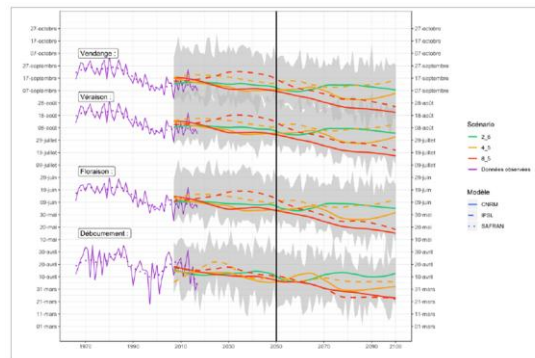
Séminaire final LACCAVE
25 et 26 Novembre 2021 – Montpellier

Thèse S. Zito, 2021

Exemple: Evolution climatique de la région du Ventoux



- Importante évolution de la phénologie
- Déjà +3 à 6°C pendant la maturité
- Homogénéisation du territoire
- Rapprochement des vignobles autour
- Future augmentation des températures
- Potentiel augmentation du déficit hydrique



Première analyse des conditions globales d'un territoire

Exemple: Evolution climatique de la région du Ventoux à haute résolution

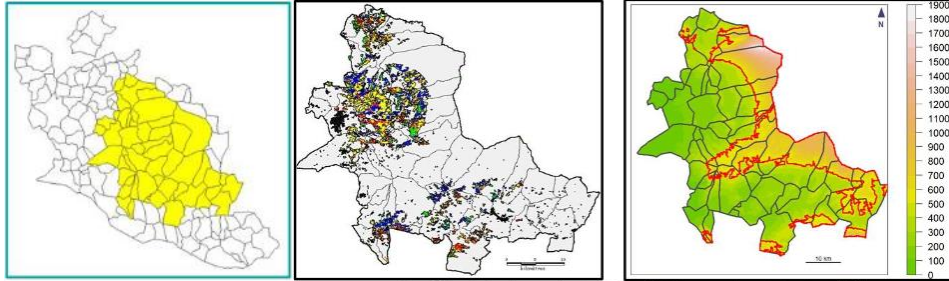


Figure 2. Localisation des parcelles et relief dans l'AOC (en rouge : la courbe de niveau 500m)

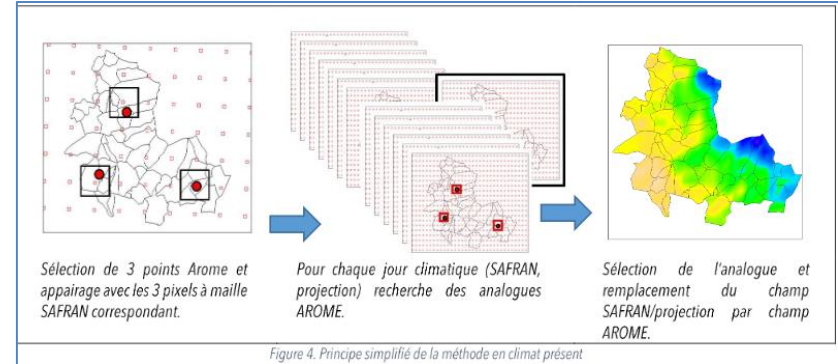
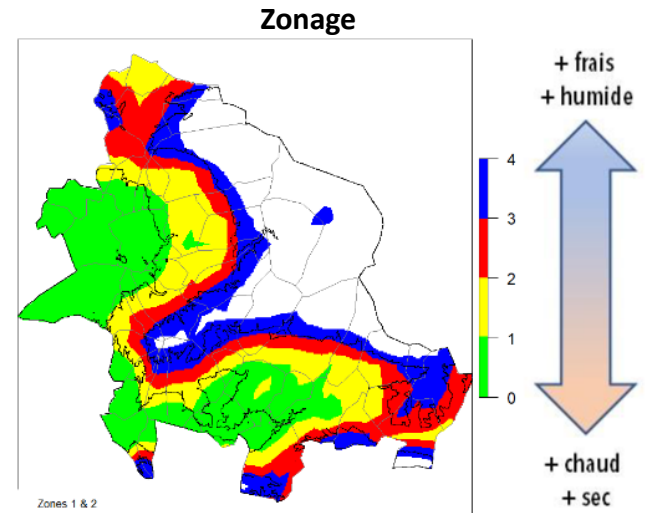
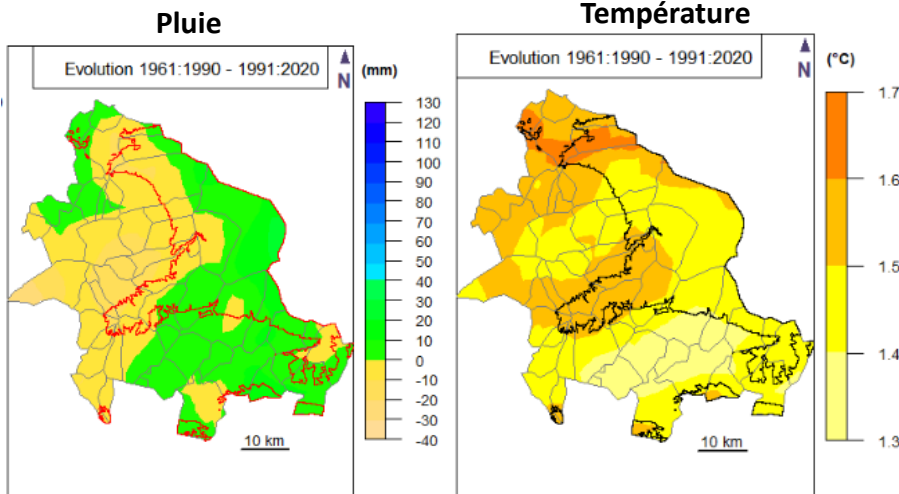


Figure 4. Principe simplifié de la méthode en climat présent

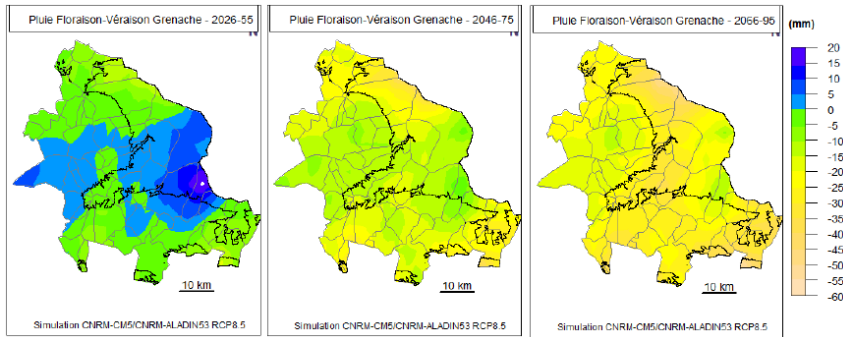


Exemple: Evolution climatique de la région du Ventoux à haute resolution

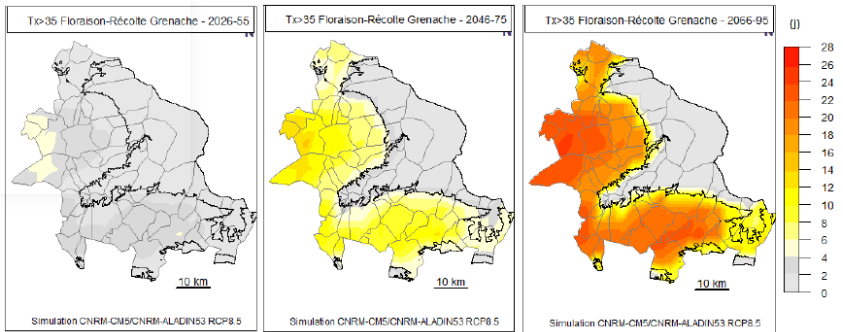
- Explorer les conditions futures
- Explorer les conditions dans des nouvelles zones de production (après 500 m)

Evolution future

Pluie FLO-VER Grenache

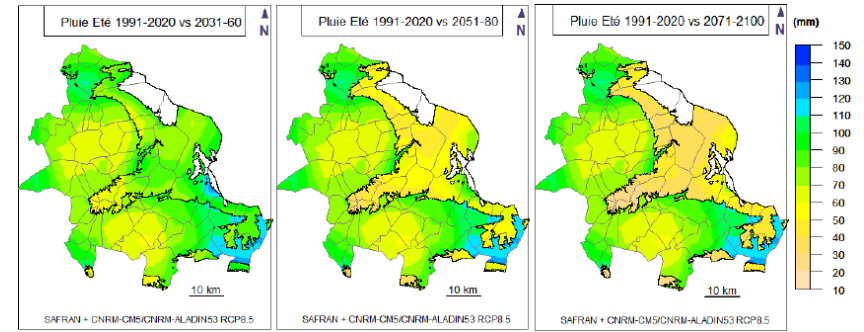


TX>35 FLO-VER Grenache

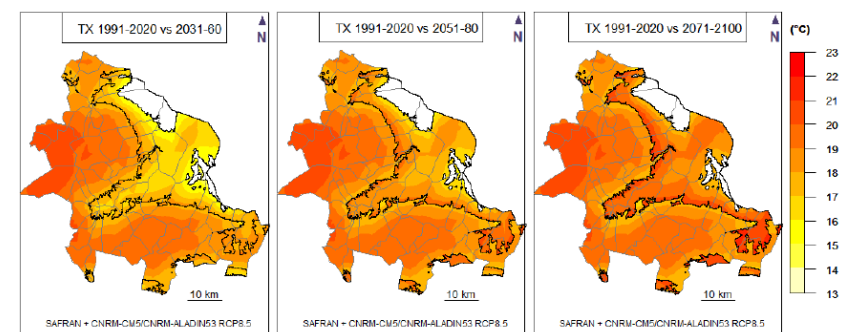


Nouvelles Zones Futures

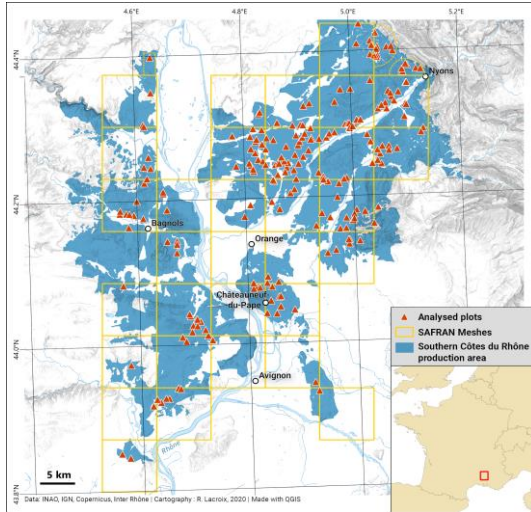
Pluie été



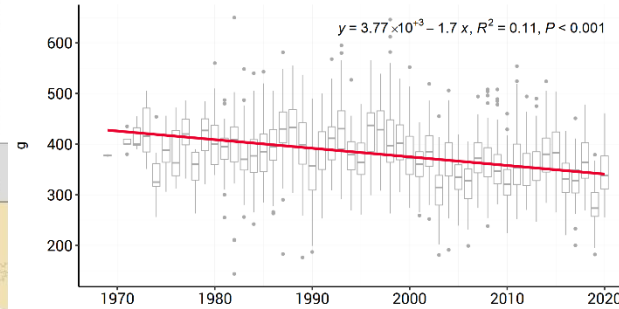
Tmax



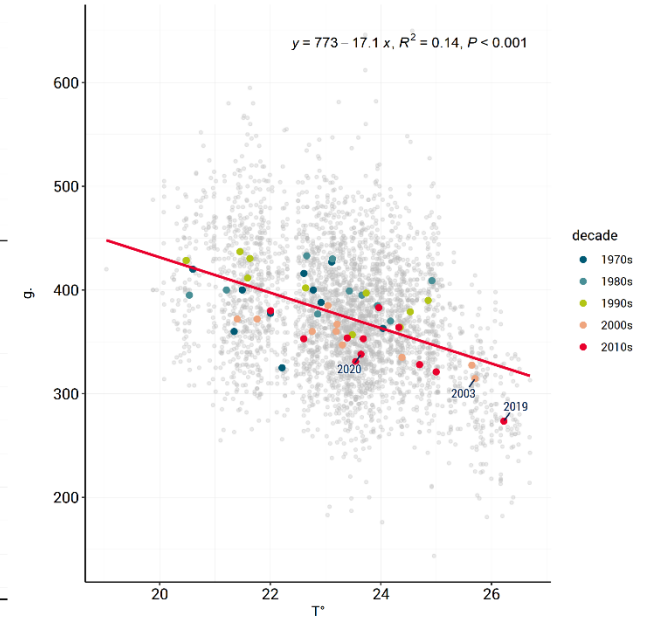
Exemples: Evolution climatique des conditions de production passés en lien avec le CC



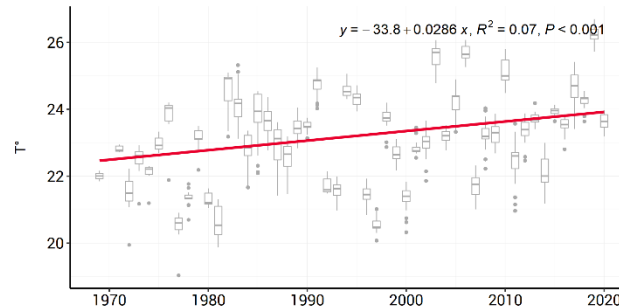
A. 200-berry weight



C. 200-berry weight and mean temperature between fruit set and lag-phase end



B. Mean temperature [Fruit set - Lag-phase end]



Indicator	Variable	Description	Phenological phases													
			Bud-Flow	Flow-Set	Set-Lag	Lag-Ver	Ver-Harv	Harv-Ver	Ver-Harv	Harv-Ver	Ver-Harv	Harv-Ver				
mint	Tmin	Average Tmin for each period	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
maxt	Tmax	Average Tmax for each period	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
meant	Tmean	Average Tmean for each period	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ranget	Tmin, Tmax	Average Thermal amplitude for each period	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
sumsoard	Radiation	Cumulated daily radiation	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
sumwd	ETP, Rainfall	Sum of water deficit (ETP - Rainfall)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
rainsum	Rainfall	Rain cumulation	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
rainfreq	Rainfall	Frequency (%) of rainy days (Daily Rainfall > 0.0mm)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
phalen	Dates	Phase length (number of days)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
cdaystmin	Tmin	Number of cold days (tmin < 0.0°C)	X	X												
vcdystmin	Tmin	Number of very cold days (tmin < -4.0°C)	X	X												
cfreqtmin	Tmin	Number of cold days (tmin < 0.0°C)	X	X												
hwindfreq	Wind	Frequency (%) of days with high wind (wind speed > 5.28 m/s)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
wetfreq	RH	Wet days frequency (RH > 60%)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
hdays	Tmax	Number of heat stress days (tmax > 35°C)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
hdays	Tmax	Number of heat stress days (tmax > 40°C)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
hsifreq	Tmax	Number of heat stress days (tmax > 35°C)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X



Commentaires

- Une grande diversité de situations étudiées
- Des échelles très diverses
- Des questions très diverses
- Des messages très divers
- Méthodes assez mûres
- Des liens entre le climat et des variables physiques (des modèles?)

Des choses à faire

- Mieux prendre en compte
 - les incertitudes
 - Les situations extrêmes
 - La vulnérabilité
 - Les fréquences interannuelles
- Explorer des échelles plus fines
- Décrire les potentialités des territoires

Modélisation

OBJECTIF :

Développer une boîte à outils de modélisation pour les partenaires LACCAVE

-> explorer les conséquences des choix génétiques (G) et/ou de pratiques culturales (M) sur les performances des systèmes viticoles dans les climats futurs

« analyses de sensibilité » : identification des processus les + critiques

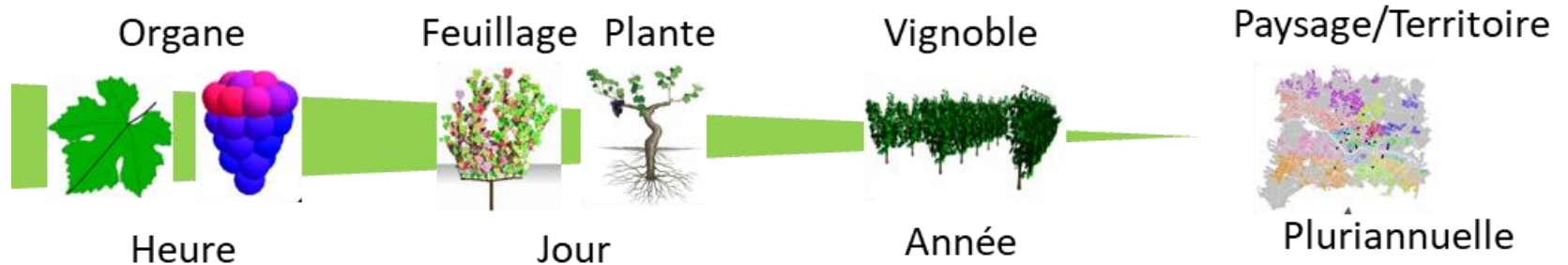
-> faire émerger de nouvelles solutions pour G ou M

comparaisons d'a priori (plus simple mais hasardeux)

ou optimisation (plus systématique mais modèles complexes
difficiles à inverser)



Concepts, échelles et outils



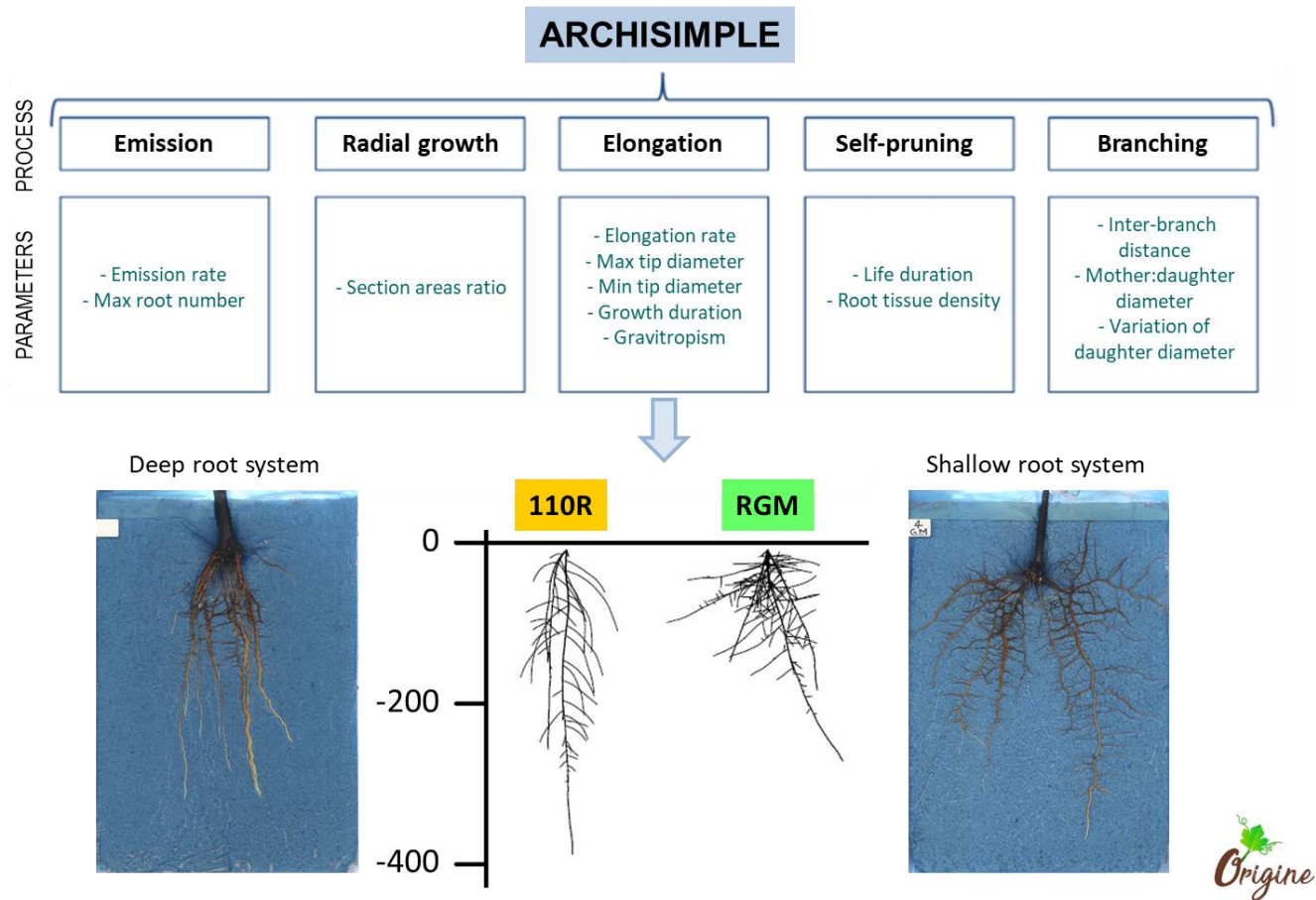
- Modèles statistiques
- Modèles basés dans les processus
- Modèles FSPM
- Modèles de culture
- Modèles multi-agent

Des approches robustes qui restent à combiner

Modélisation

Modélisation des organes: Les racines

Les modèles structure-fonction 3D sont des outils prometteurs pour analyser la diversité et la plasticité de l'architecture racinaire des porte-greffes de la vigne

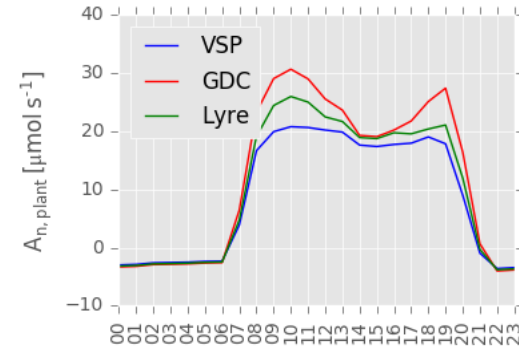
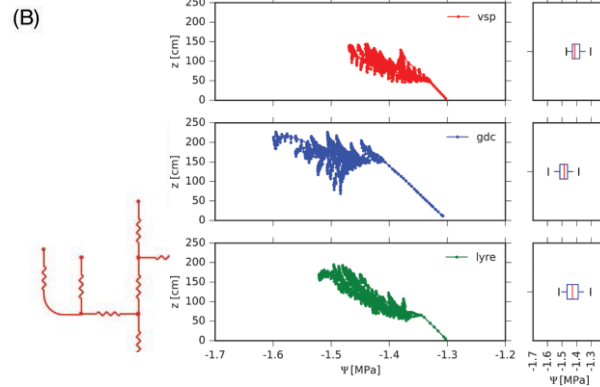
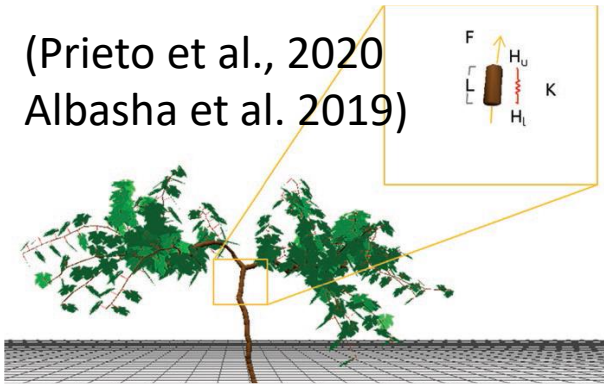


Modélisation

Modélisation écophysiole: la gestion hydrique à l'échelle de la plante

Hydroshoot : introduction de l'architecture hydraulique de la plante pour analyser et prédire la distribution spatiale des échanges gazeux

(Prieto et al., 2020
Albasha et al. 2019)

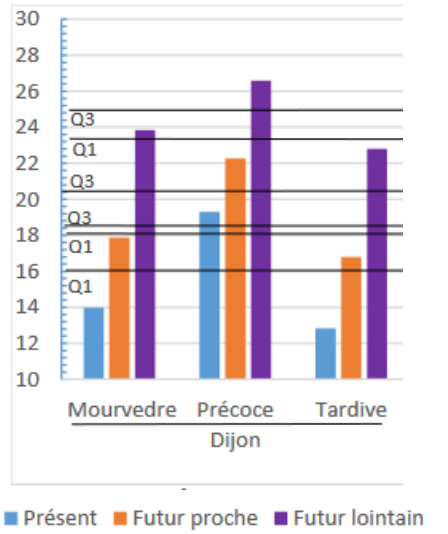
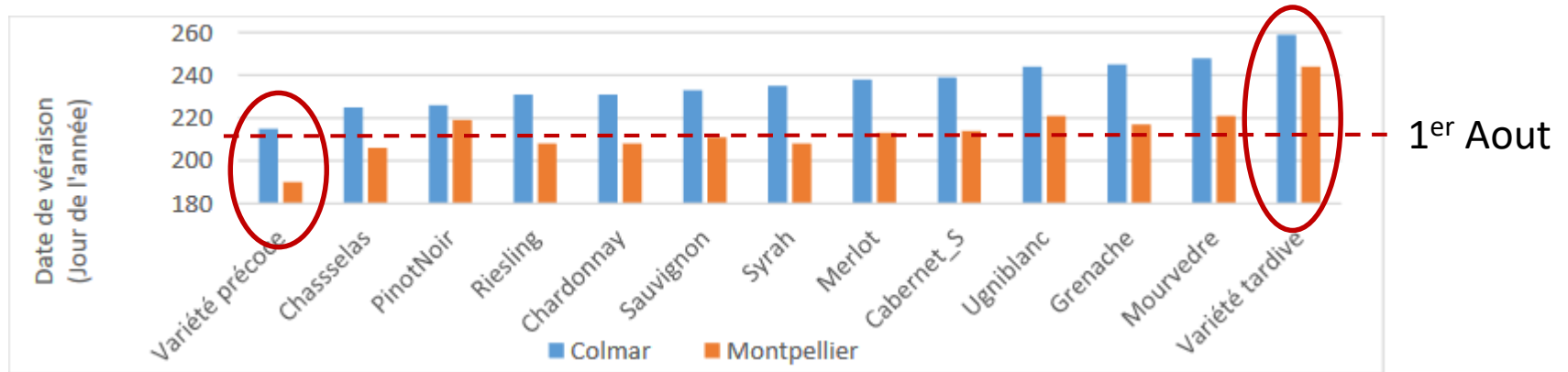


Une partie des différences entre systèmes non prédites sans hydroshoot



Modélisation

Modélisation de la phénologie: recherche d'idéotypes



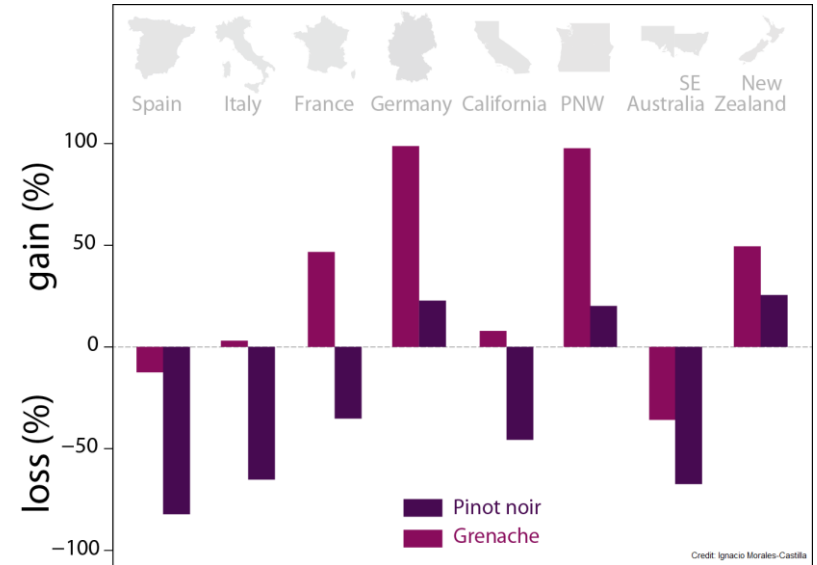
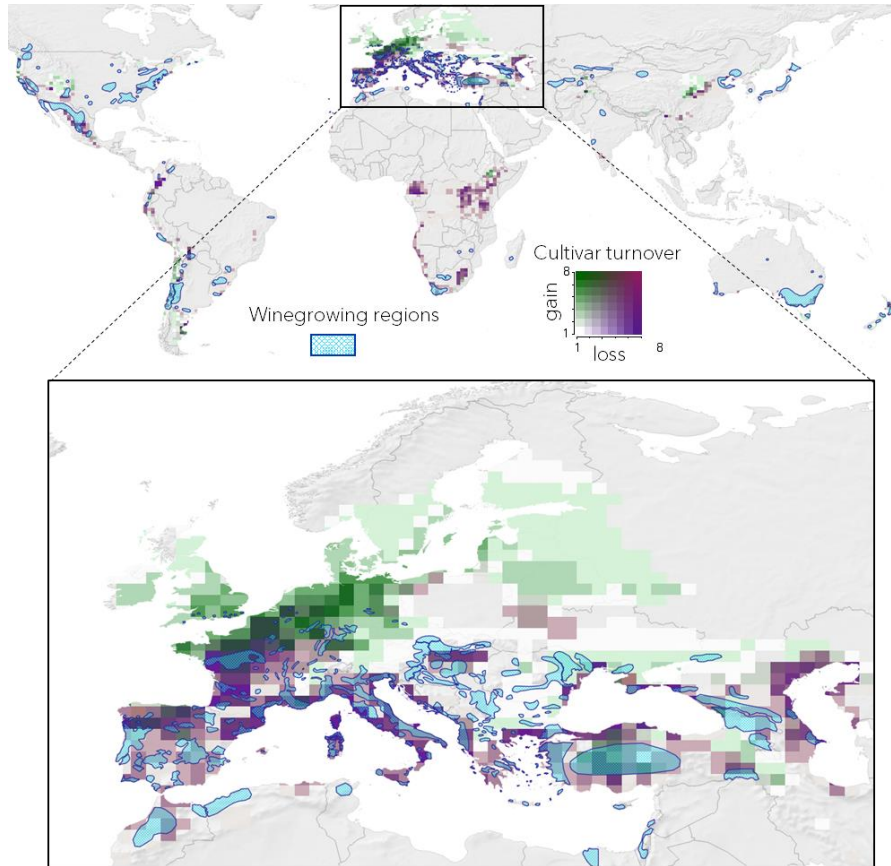
- On peut créer de variétés virtuelles (précoces ou tardives)
- Évaluer leur comportement dans les conditions futures (ici la phénologie)
- Evaluer les risques associés

Exemple: variétés **précoces** à **Dijon** beaucoup plus exposés aux fortes températures à maturité que les tardives



Modélisation

Modélisation de la phénologie: stratégie d'adaptation



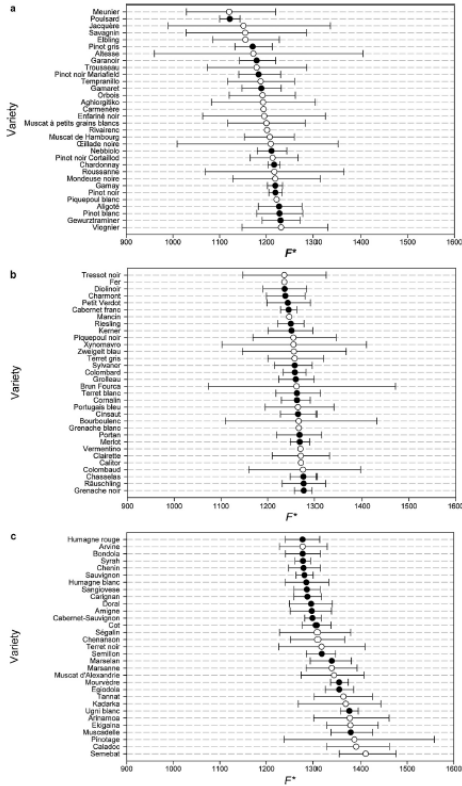
On teste plusieurs variétés (niveau de précocité très contrastés) pour évaluer la capacité d'adaptation d'un territoire



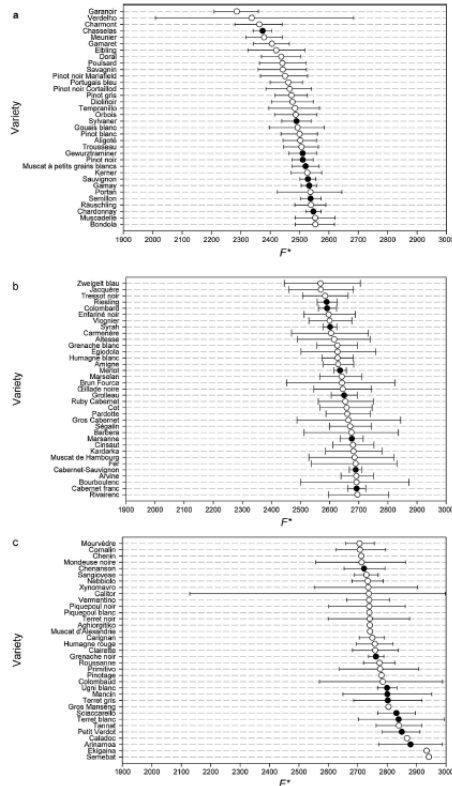
Modélisation

Modélisation de la phénologie: Outil pour caractériser la précocité et comparer les cépages.

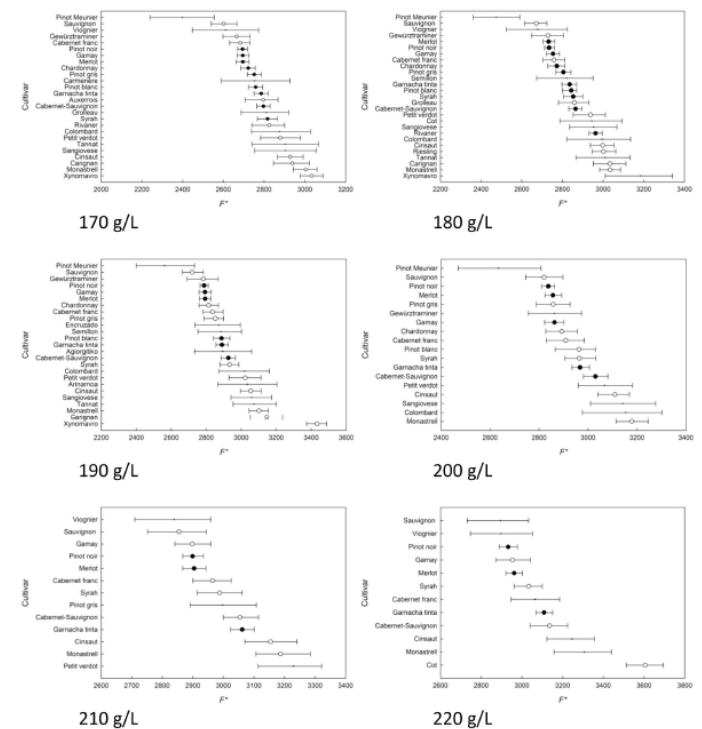
Les modèles GFV et GRS Floraison



Véraison



Maturité



Parker et al., 2011, 2013, 2020

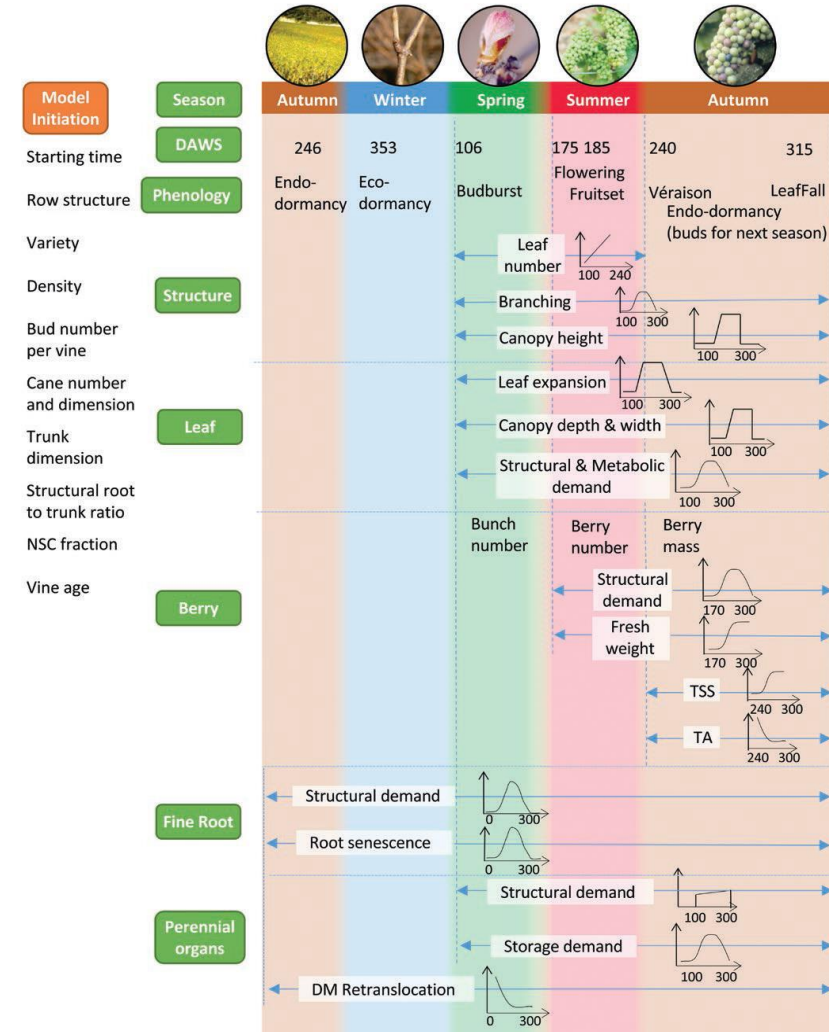


Modélisation

Modélisation agronomique

Une diversification des modèles de culture « vigne » (classés par maîtrise LACCAVE décroissante)

- STICS « the most functionalities among all the listed models » (Valdes-Gomez *et al.* 2009; Fraga *et al.* 2016)
 - WALIS (Celette *et al.* 2010)
 - VineLogic (Godwin *et al.* 2002)
 - VIMO (Wermelinger *et al.* 1991, Bindi *et al.* 1997)
 - NVINE (Nendel and Kersebaum 2004)
 - SWAP (Ben-Asher *et al.* 2006)
 - Vitisim (Lakso *et al.* 2008)
 - Cropsyst (Stockle *et al.* 2003), Gutierrez *et al.* (1985), Williamset *et al.* (1985)
 - APSIM (zhu *et al.*, 2021)
- Etc...

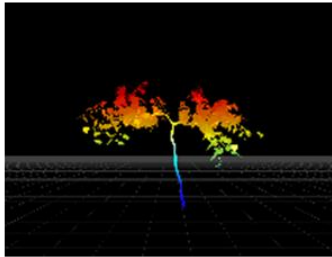


Modélisation

Un besoin d'interfaçage entre modules et modèle de culture

Engagement tardif d'un projet Plant2Pro :

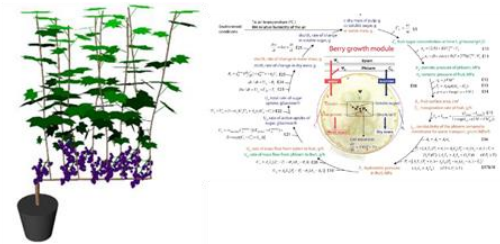
A Fonctionnement



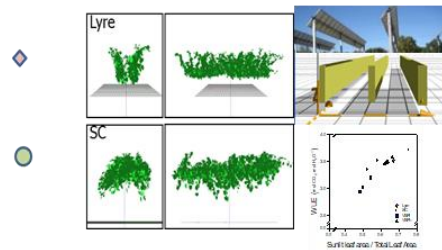
B Dynamiques épidémiques



C Croissance et développement

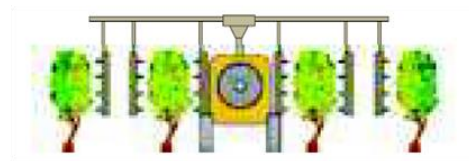


D



Evaluation phenotypique in silico

E



Conception de pratiques innovantes

F



Identification des bases génétiques des réponses

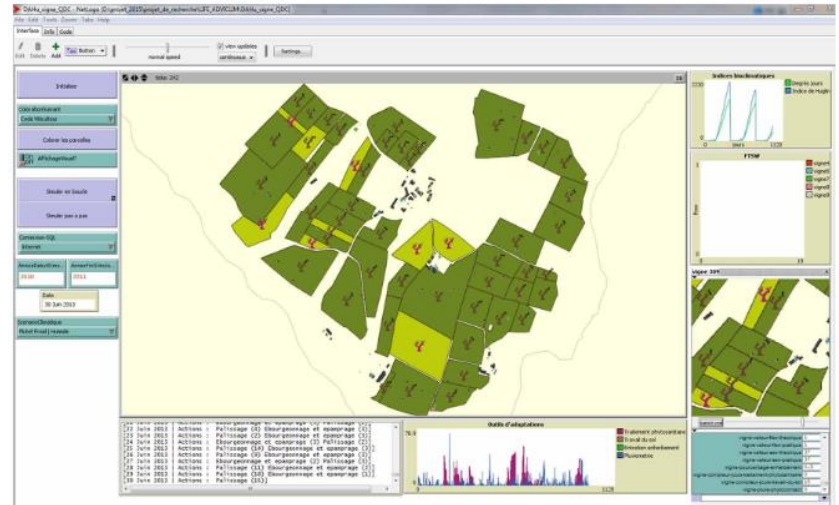
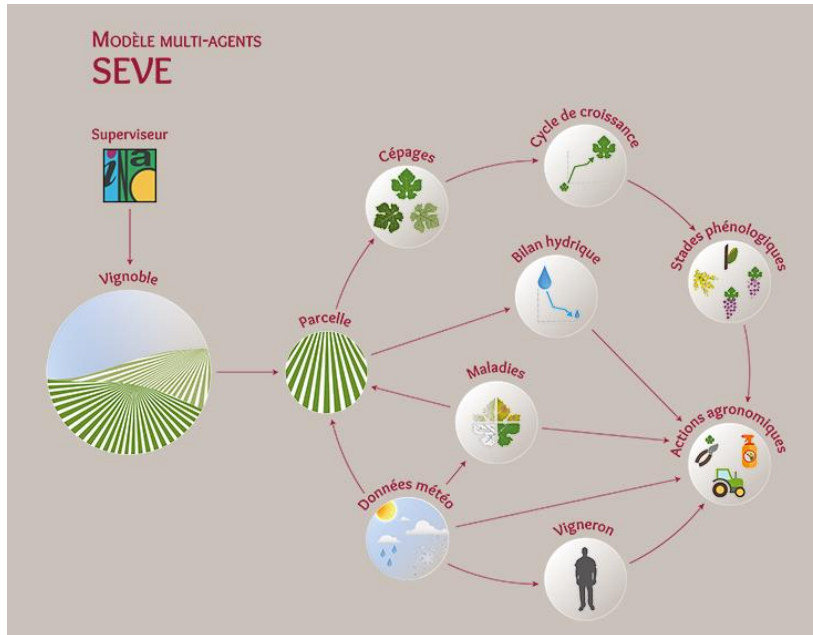


Modélisation

Modélisation Multi-agent / Participatifs



Possibilité d'analyser les stratégies d'adaptation à d'autres échelles en intégrant des modèles biophysiques et décisionnels.



INRAE

Séminaire final LACCAVE
25 et 26 Novembre 2021 – Montpellier

Projet Adviclim
Thèse E. Neethling

Commentaires

- Une grande diversité de modèles
- Des échelles très diverses
- Des questions très diverses
- Difficultés pour échanger et partager les expertises
- Pas de temps pour les développements long

Des choses à faire

- Combiner les différents modèles -> difficulté à le faire facilement
- Des outils pour l'adaptation et aussi l'atténuation (bilan de C et N)
- Important de maintenir cette communauté, la structurer et l'ouvrir à d'autres communautés de modélisation (séminaire FSPM)

Merci de votre attention



I. Garcia de Cortazar-Atauri



INRAE

Séminaire final LACCAVE
25 et 26 Novembre 2021 – Montpellier