



HAL
open science

Explorer les effets conjoints de variables climatiques sur l'évolution de caractères agronomiques Analyse de l'accumulation des anthocyanes dans le raisin à l'aide d'une méthode de régression pénalisée

Thierry Simonneau, Girault Gnanguenon Guesse, Eric Lebon, Patrice Loisel, Bénédicte Fontez, Nadine Hilgert

► To cite this version:

Thierry Simonneau, Girault Gnanguenon Guesse, Eric Lebon, Patrice Loisel, Bénédicte Fontez, et al.. Explorer les effets conjoints de variables climatiques sur l'évolution de caractères agronomiques Analyse de l'accumulation des anthocyanes dans le raisin à l'aide d'une méthode de régression pénalisée. Journée Scientifique Vigne et Vin, Institut Agro Montpellier; INRAE; Université Montpellier, Mar 2021, Montpellier, France. hal-04223613

HAL Id: hal-04223613

<https://hal.inrae.fr/hal-04223613>

Submitted on 30 Sep 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

WEBINAIRE 11 MARS 2021
JOURNÉE SCIENTIFIQUE
VIGNE-VIN

LE NUMÉRIQUE
EN VITICULTURE ET OENOLOGIE

Explorer les effets conjoints de variables climatiques
sur l'évolution de caractères agronomiques

Analyse de l'accumulation des anthocyanes dans le raisin à l'aide d'une méthode de régression pénalisée



Intervenant : Thierry SIMONNEAU* - INRAE - UMR LEPSE
***en mémoire d'Eric LEBON**

Travail réalisé par : Girault GNANGUENON GUESSE – doctorant #DigitAg
Encadré par : Patrice LOISEL - INRAE, Bénédicte FONTEZ – Montpellier SupAgro de
l'Institut Agro, Nadine HILGERT – INRAE - UMR MISTEA

WEBINAIRE 11 MARS
JOURNÉE SCIENTIFIQUE
VIGNE - VIN 2021



Plan

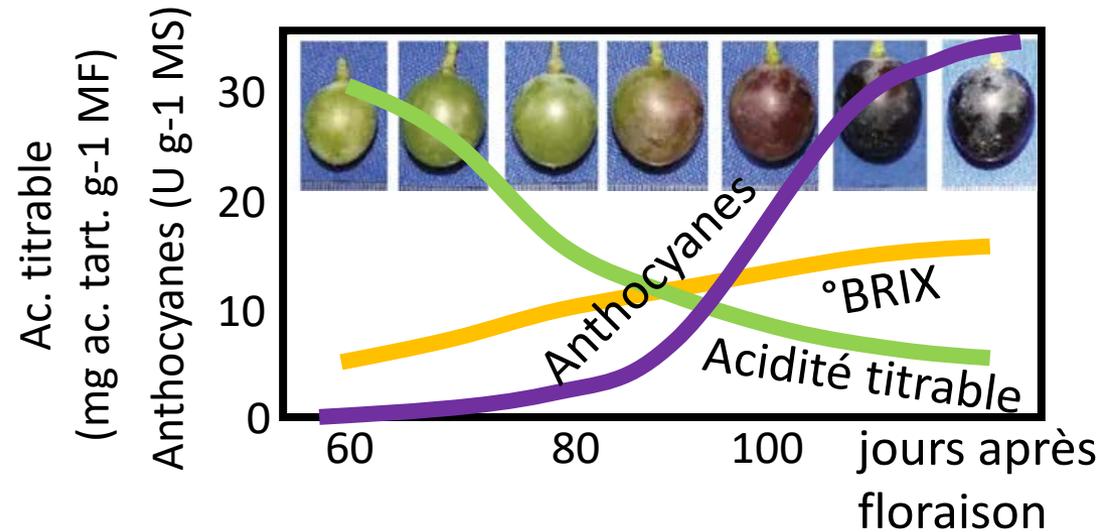
- Introduction
- Données expérimentales
- Approche d'analyse des données
- Evaluation de la méthode
- Premiers résultats
- Conclusion et perspectives



Introduction

- **Qualité de la récolte chez la vigne : un équilibre subtil**

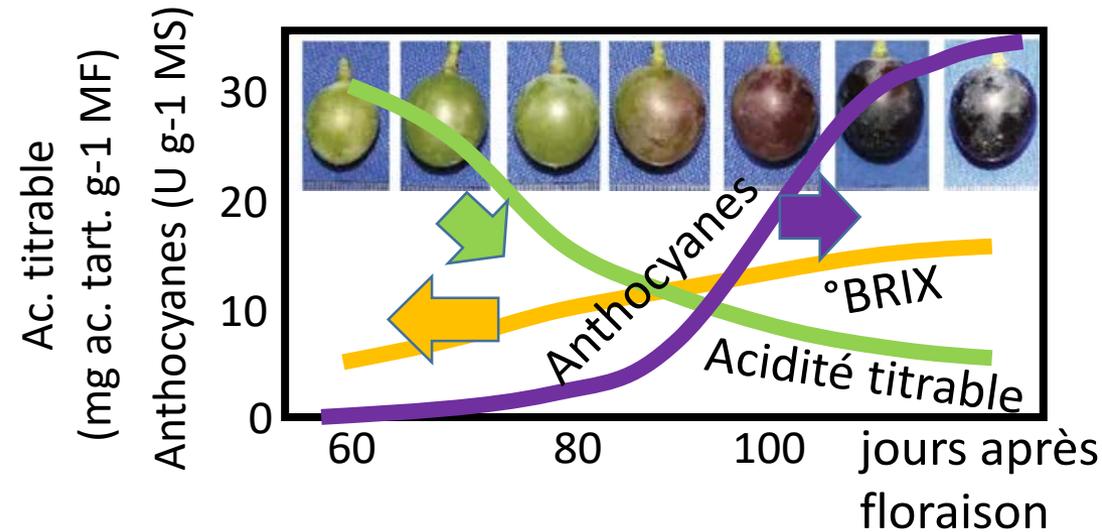
- composantes multiples,
- chacune son rythme
- et sa sensibilité propre vis-à-vis du climat, fonction du cépage



Introduction

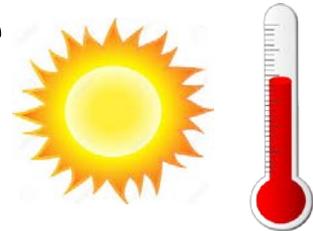
- **Qualité de la récolte chez la vigne : un équilibre subtil**

- composantes multiples,
- chacune son rythme
- et sa sensibilité propre vis-à-vis du climat, fonction du cépage



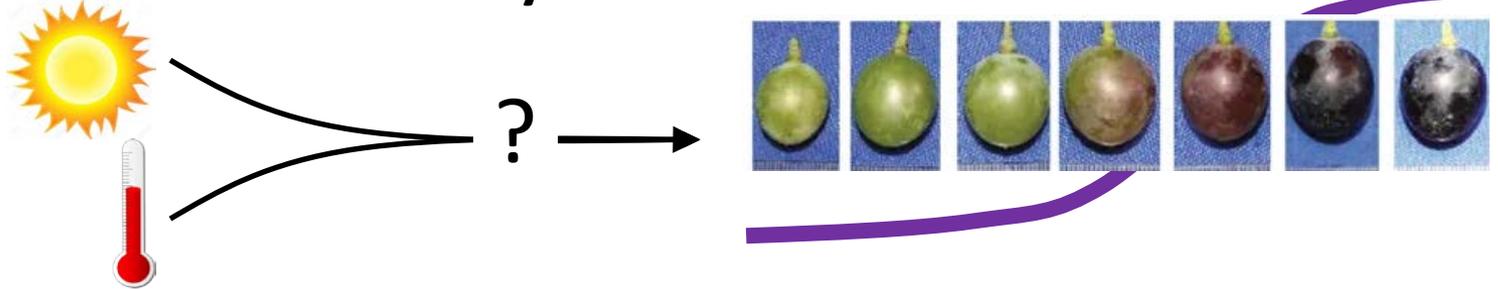
- **Changements climatiques actuels : un équilibre menacé**

- maturation du raisin déplacée au cœur de l'été
- effets du climat encore mal connus
- difficulté pour le choix d'une date de récolte



Introduction

- **Mieux comprendre l'effet du climat sur l'accumulation des anthocyanes**



Approche expérimentale :

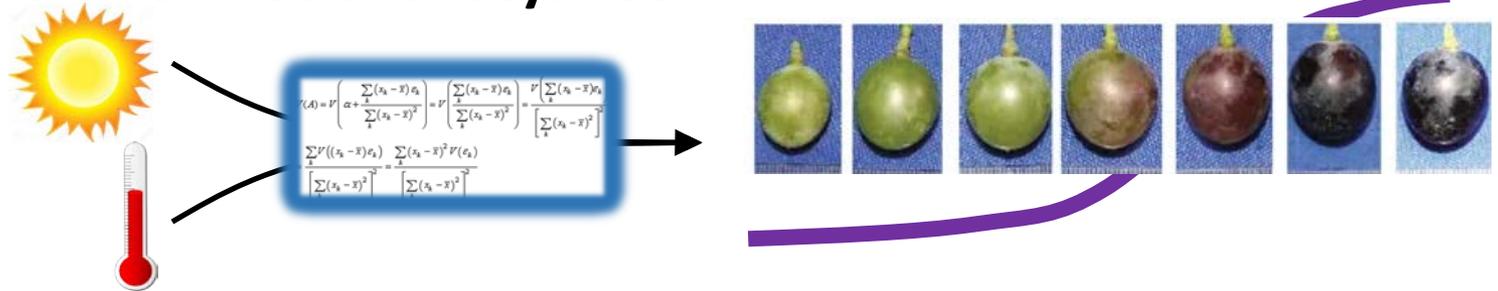
Projet INNOVINE (2012 à 2016 – UMRs LEPSE & SPO) :
Lier micro-environnement (température, irradiance, etc.) et
composition de la baie (sucre, acidité, anthocyanes)
(Éric LEBON, Nancy TERRIER, Agnès AGEORGES...)

WEBINAIRE 11 MARS
JOURNÉE SCIENTIFIQUE
VIGNE - VIN 2021



Introduction

- **Mieux comprendre l'effet du climat sur l'accumulation des anthocyanes**



Approche expérimentale :

Projet INNOVINE (2012 à 2016 – UMRs LEPSE & SPO) :

Lier micro-environnement (température, irradiancance, etc.) et composition de la baie (sucre, acidité, anthocyanes)

(Éric LEBON, Nancy TERRIER, Agnès AGEORGES...)

Approche statistique (2017 à 2020 – MISTEA) :

Développer une méthodologie pour identifier les combinaisons de facteurs climatiques et moments de la journée impactant l'accumulation des anthocyanes

Données expérimentales

Combinaison originale de **modalités microclimatiques**:



**température de l'air normale
ou élevée de quelques degrés**

- ❖ Témoin
- ❖ OpenTop

WEBINAIRE 11 MARS
JOURNÉE SCIENTIFIQUE
VIGNE - VIN 2021



Données expérimentales

Combinaison originale de **modalités microclimatiques**:

**exposition des grappes
plus ou moins forte (irradiance)**

- ❖ Est
- ❖ Ouest
- ❖ Ombre



**température de l'air normale
ou élevée de quelques degrés**

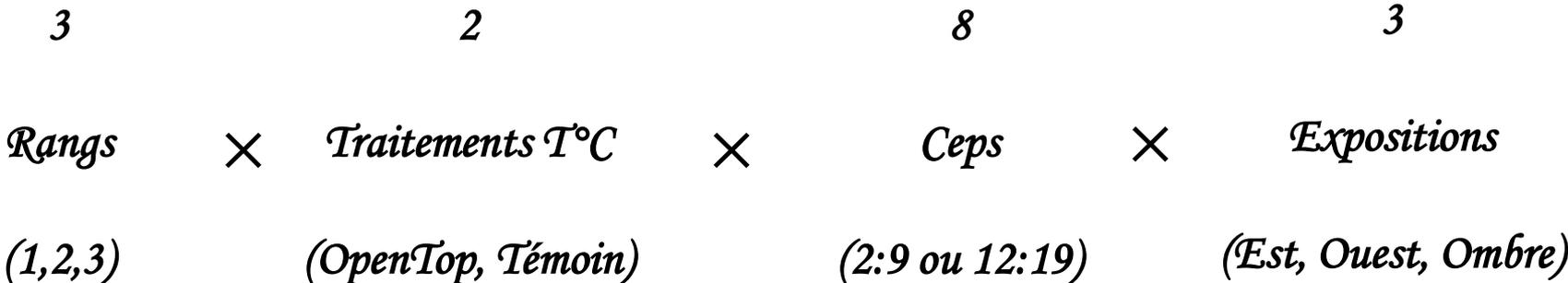
- ❖ Témoin
- ❖ OpenTop



**WEBINAIRE 11 MARS
JOURNÉE SCIENTIFIQUE
VIGNE - VIN 2021**

Données expérimentales

Plan d'expérience : 3 rangs, 20 ceps par rang, cépage Syrah

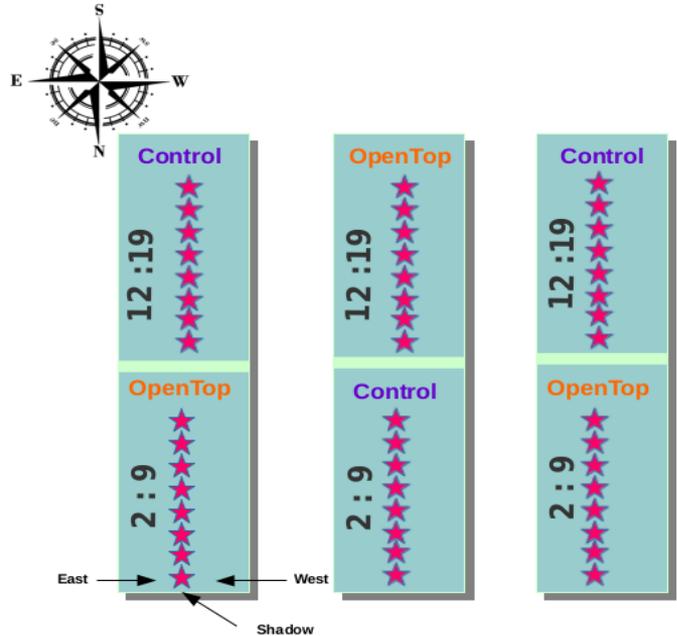


||

144

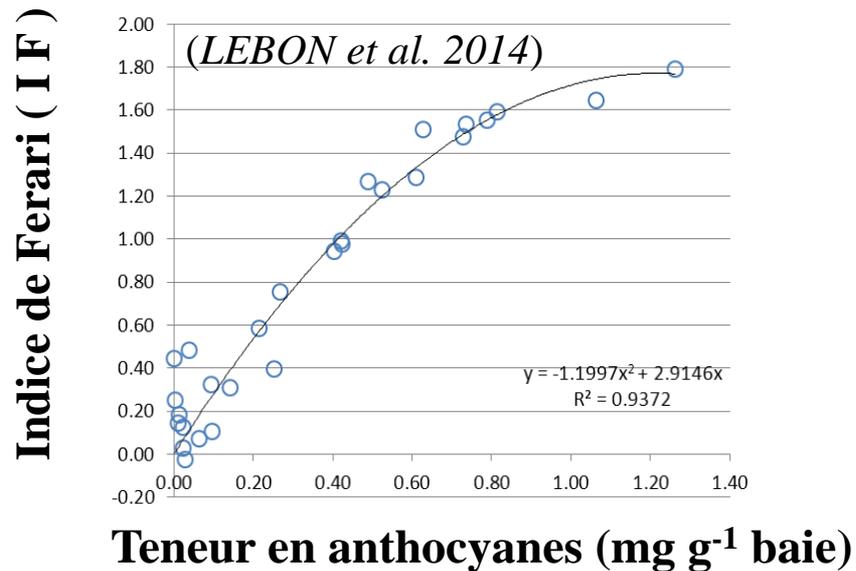
Individus statistiques

(Rang ; Cep ; Traitement-T°C ; Exposition)



Données expérimentales

L'indice de Ferari (Multiplex®) =
une mesure indirecte
de la **teneur en anthocyanes**



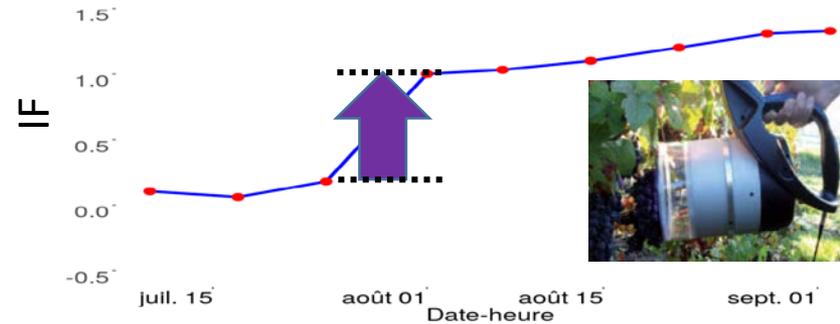
WEBINAIRE 11 MARS
JOURNEE SCIENTIFIQUE
VIGNE - VIN 2021

Données expérimentales

Analyse des accroissements hebdomadaires (8 sem.)

X 144 individus

Ex: Année 2014, rang 1, cep 1, témoin, Est



WEBINAIRE 11 MARS
JOURNÉE SCIENTIFIQUE
VIGNE - VIN 2021

Données expérimentales

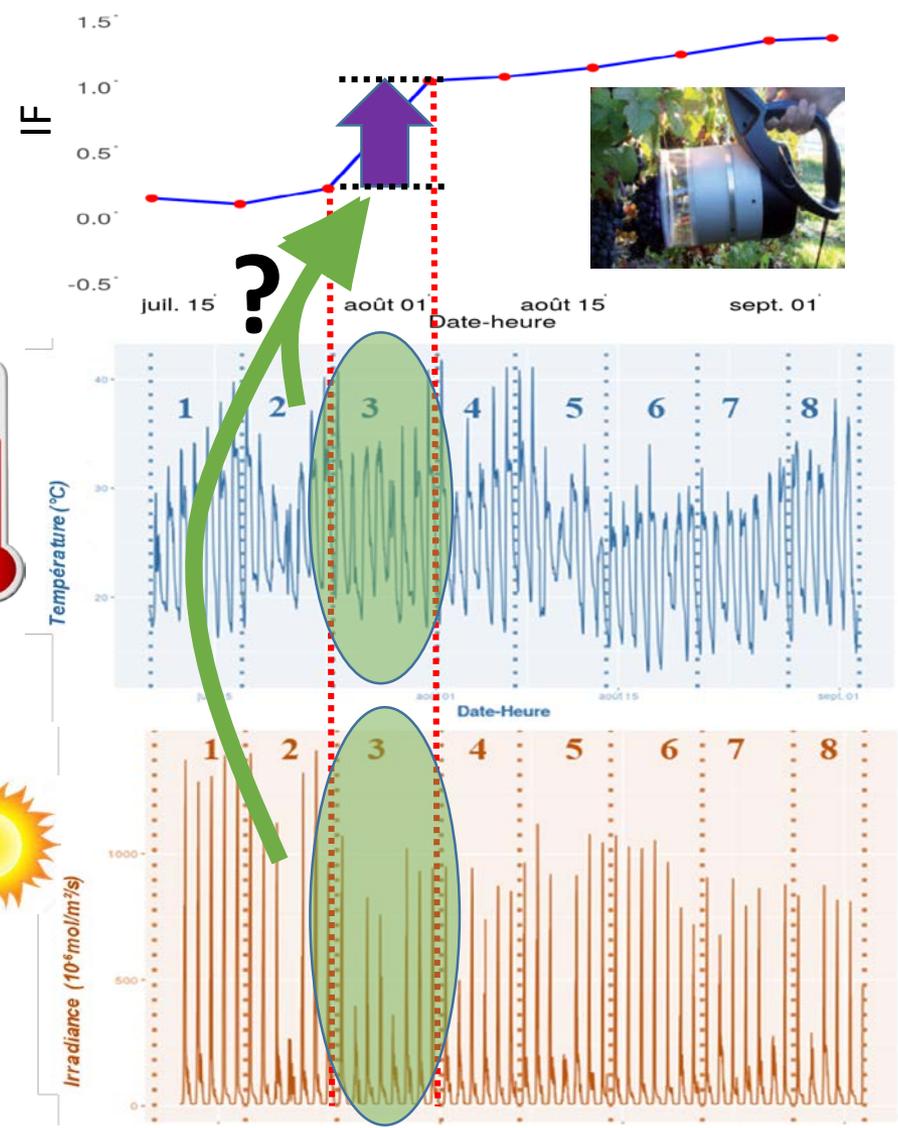
Année 2014, rang 1, cep 1, témoin, Est

Analyse des accroissements hebdomadaires (8 sem.)

X 144 individus

Données fonctionnelles (courbes)
Pas classique en statistiques

-> transformation des données

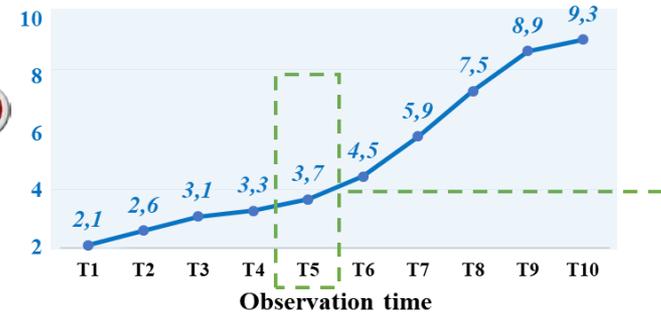


Approche d'analyse des données

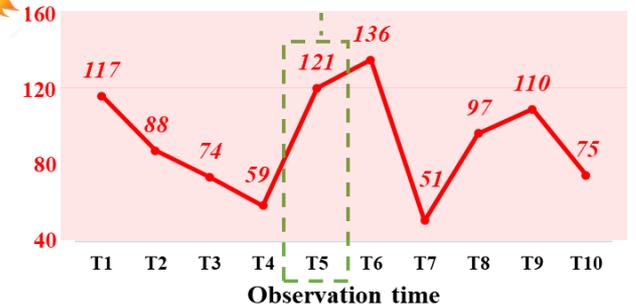
Transformation des données fonctionnelles



Prédicteur fonctionnel 1



Prédicteur fonctionnel 2



WEBINAIRE 11 MARS
JOURNEE SCIENTIFIQUE
VIGNE - VIN 2021

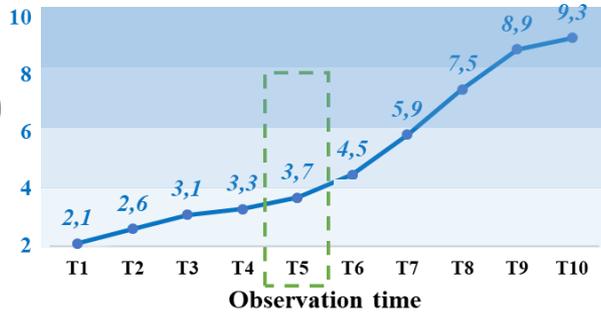


Approche d'analyse des données

Transformation des données



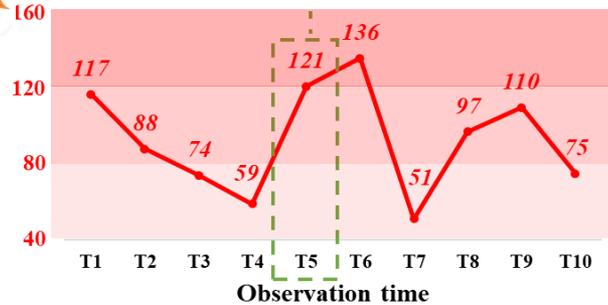
Prédicteur fonctionnel 1



Création de classes de valeurs



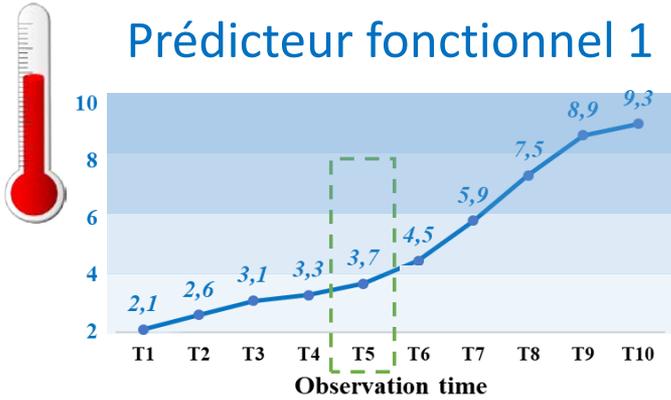
Prédicteur fonctionnel 2



Approche d'analyse des données

Transformation des données

Prédicteur fonctionnel 1

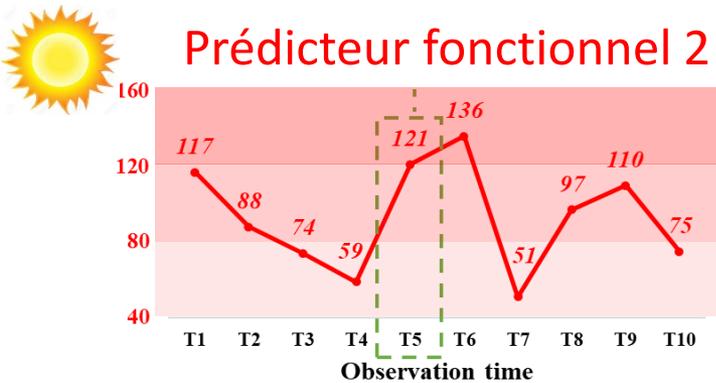


Création de classes de valeurs

-> Table de contingence

Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[40,80[
[80,120[
[120,160[			1 (T5)	

Prédicteur fonctionnel 2

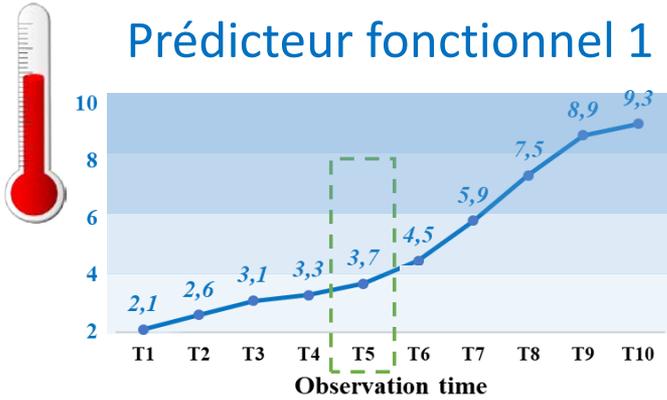


(temps passé sous chaque [ [et [ [)

Approche d'analyse des données

Transformation des données

Prédicteur fonctionnel 1

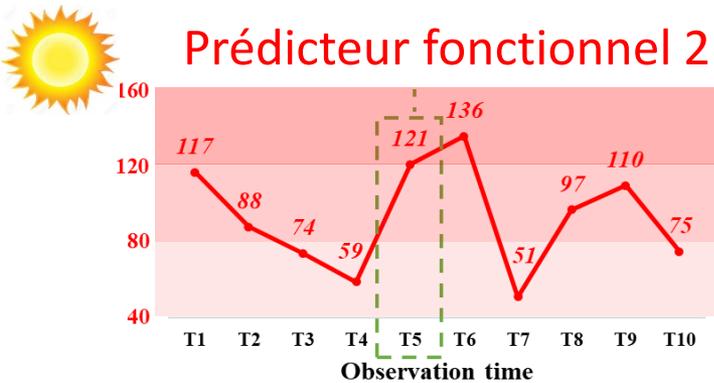


Création de classes de valeurs

-> Table de contingence

Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)
[80,120[	2 (T1 T2)	0	1 (T8)	1 (T9)
[120,160[	1 (T5)	1 (T6)	0	0

Prédicteur fonctionnel 2

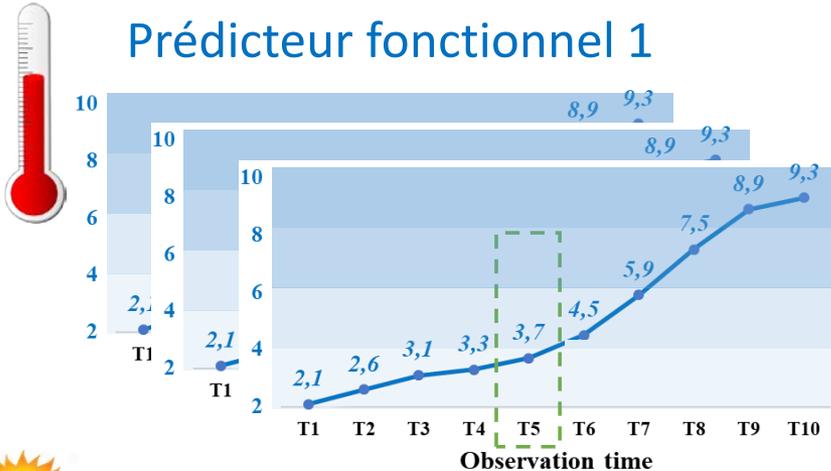


(temps passé sous chaque [ [et [ [)

Approche d'analyse des données

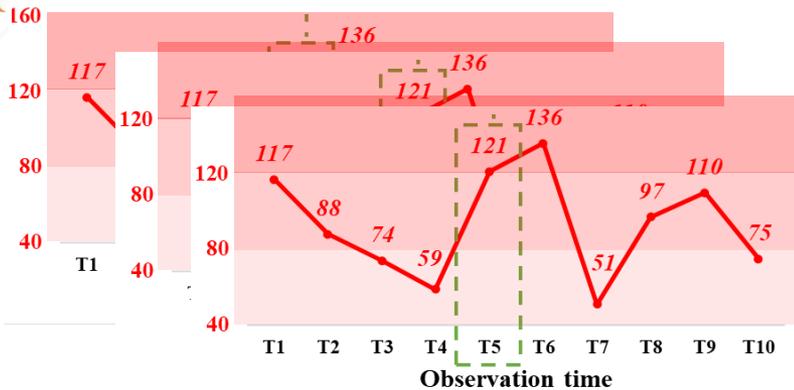
Transformation des données

Prédicteur fonctionnel 1



x n individus

Prédicteur fonctionnel 2

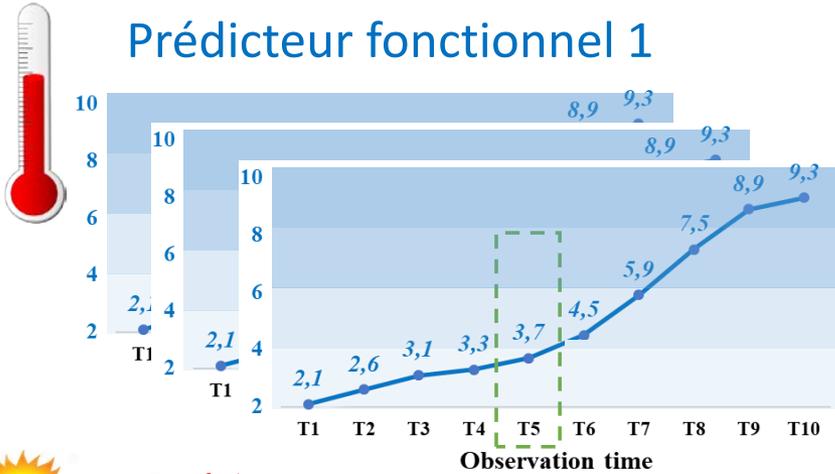


Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)
[8 Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[1 [40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)
[8 Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[1 [40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)
[80,120[	2 (T1 T2)	0	1 (T8)	1 (T9)
[120,160[	1 (T5)	1 (T6)	0	0

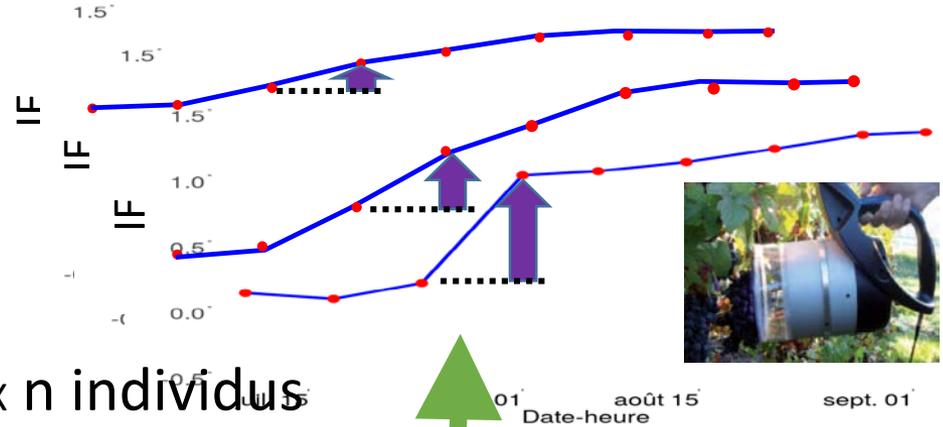
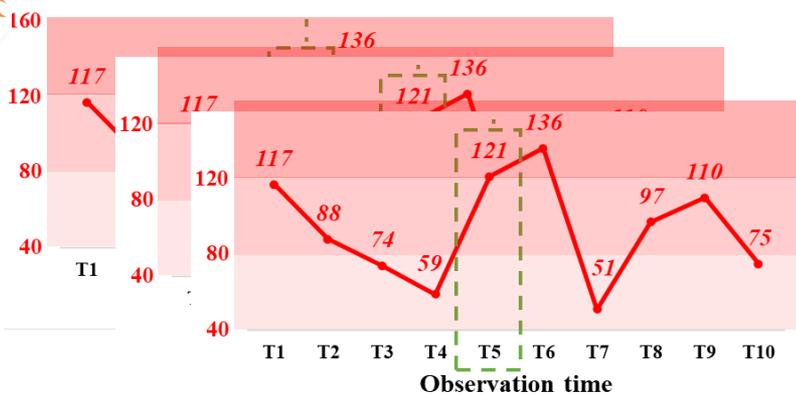
Approche d'analyse des données

Transformation des données

Prédicteur fonctionnel 1



Prédicteur fonctionnel 2



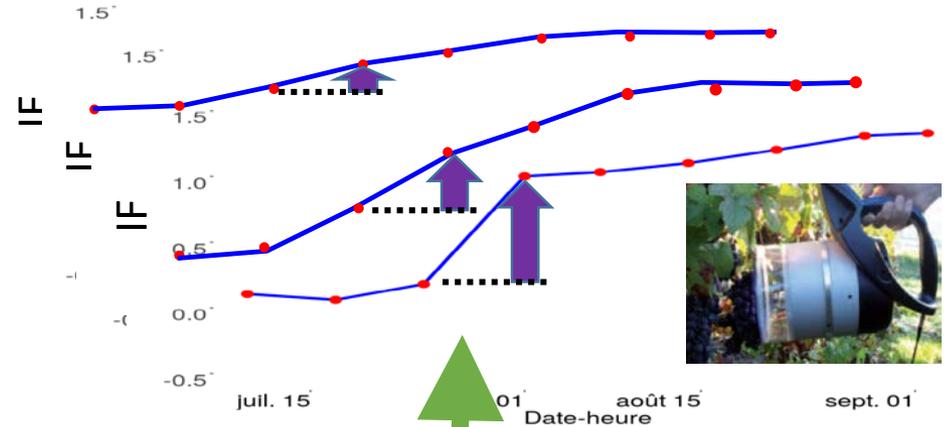
Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)
[80,120[	2 (T1 T2)	0	1 (T8)	1 (T9)
[120,160[	1 (T5)	1 (T6)	0	0

-> nouveaux prédicteurs

Approche d'analyse des données

Transformation des données

Régression



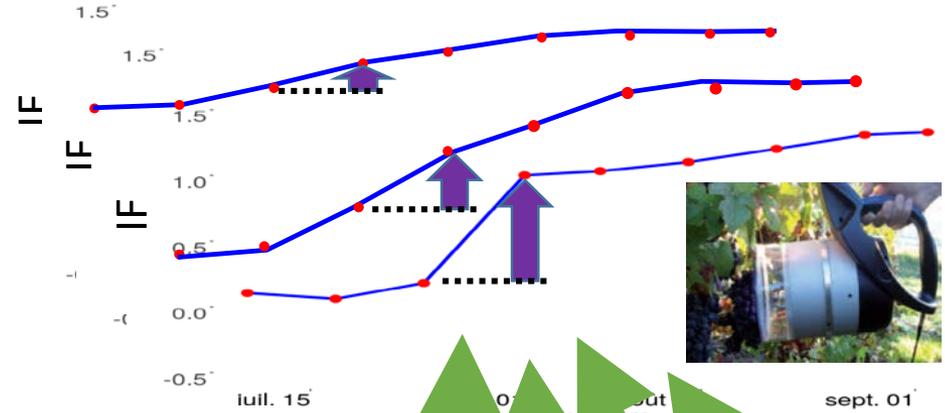
Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)
[8 Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[1 [40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)
[8 Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[1 [40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)
[80,120[	2 (T1 T2)	0	1 (T8)	1 (T9)
[120,160[	1 (T5)	1 (T6)	0	0

-> nouveaux prédicteurs

Approche d'analyse des données

Transformation des données

Régression



		[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
Classes	[40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)	
[8 Classes	[40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)	
[1	[40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)	
[8 Classes	[2,4[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)	
[1	[40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)	
[80,120[		2 (T1 T2)	0	1 (T8)	1 (T9)	
[120,160[		1 (T5)	1 (T6)	0	0	

-> nouveaux prédicteurs
très (trop) nombreux

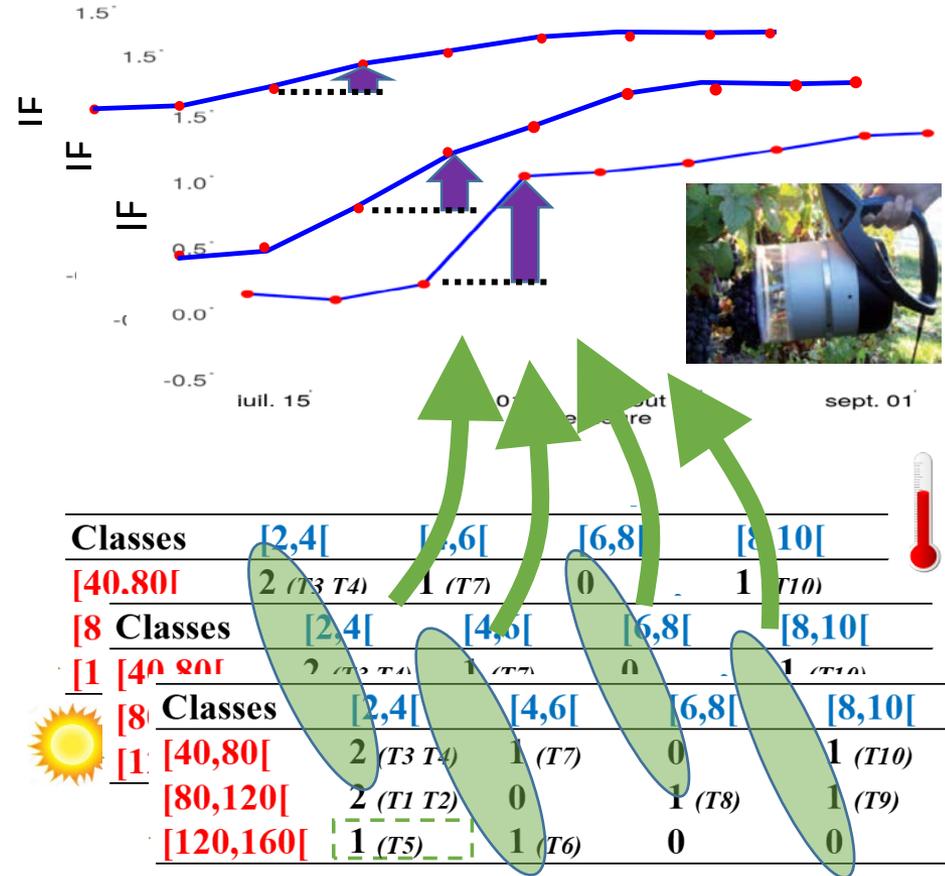
Approche d'analyse des données

Transformation des données

Régression



Sparse Fused Lasso
(parcimonie sur nb de prédicteurs)



-> nouveaux prédicteurs
très (trop) nombreux

Approche d'analyse des données

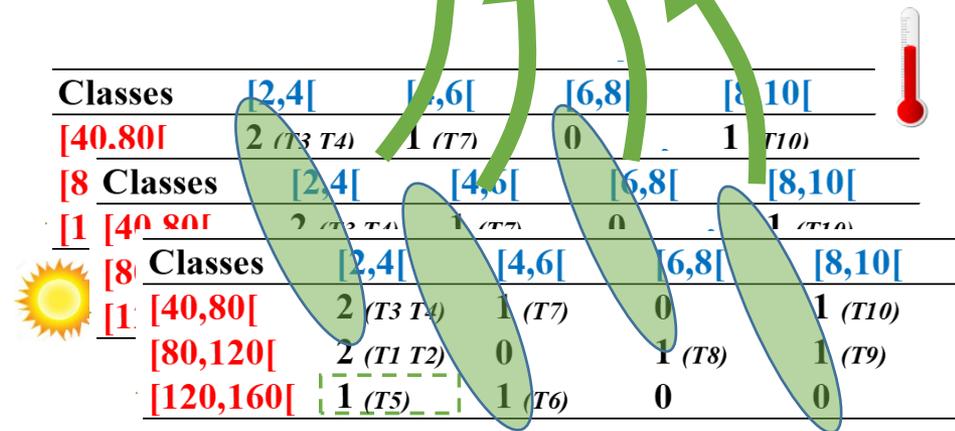
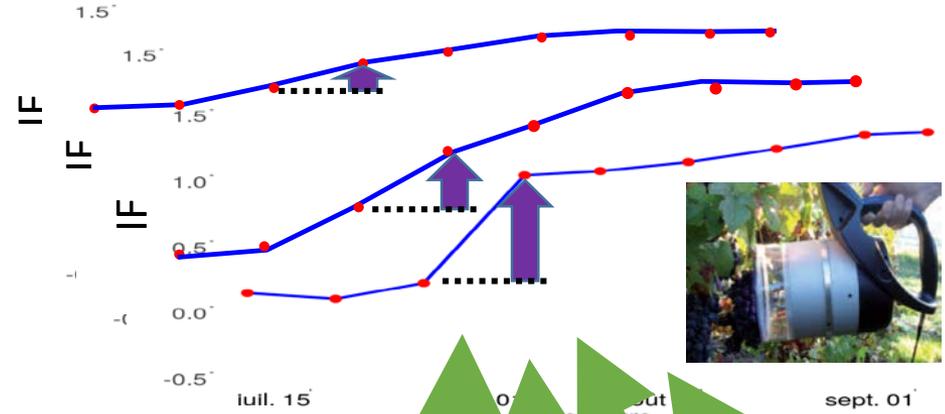
Transformation des données

Régression



Sparse Fused Lasso
(parcimonie sur nb de prédicteurs)

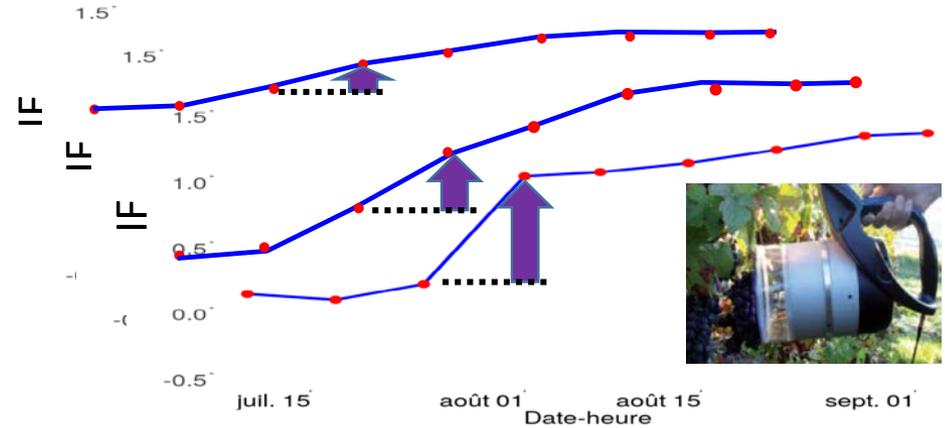
Optimisation du
découpage en classes



Choix du meilleur modèle : AIC

-> nouveaux prédicteurs
très (trop) nombreux

Approche d'analyse des données



Représentation des résultats

Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)

[8 Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[1 [40,80[	2	1	0	1

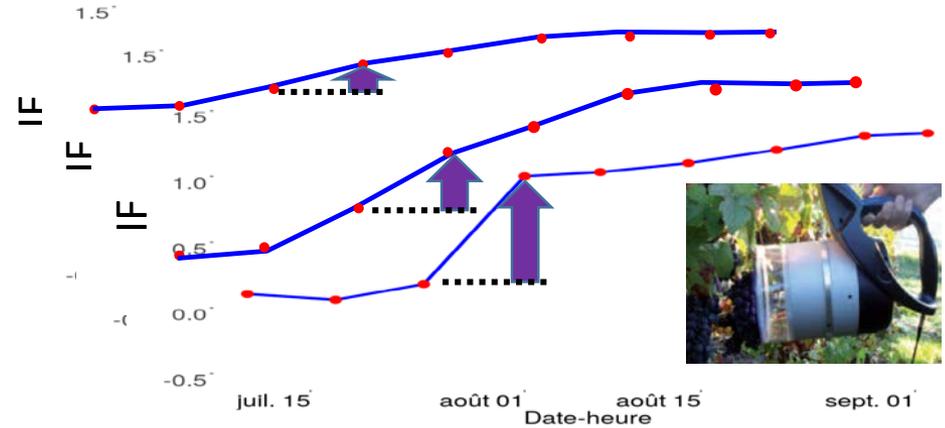


Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)
[80,120[	2 (T1 T2)	0	1 (T8)	1 (T9)
[120,160[	1 (T5)	1 (T6)	0	0



WEBINAIRE 11 MARS
JOURNÉE SCIENTIFIQUE
VIGNE - VIN 2021

Approche d'analyse des données

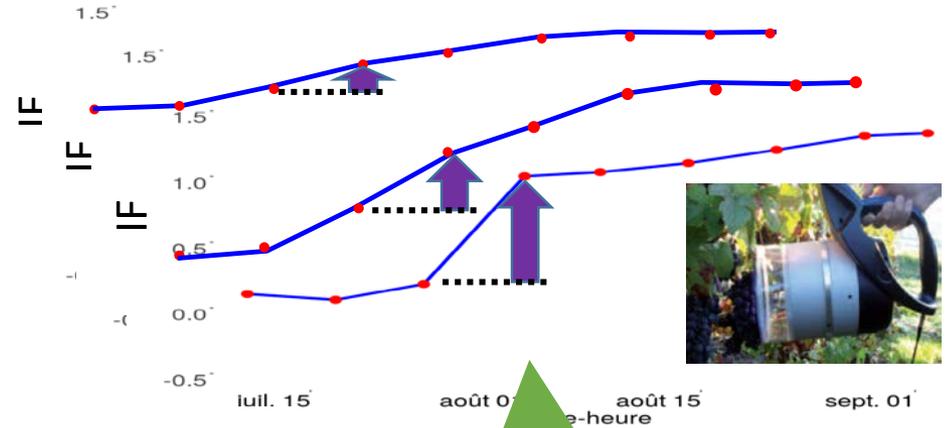


Représentation des résultats

Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)
[8 Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[1 [40,80[	2	1	0	1
Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)		1 (T10)
[80,120[	2 (T1 T2)	0	1 (T8)	1 (T9)
[120,160[	1 (T5)	1 (T6)	0	0

Pas d'observation

Approche d'analyse des données



Représentation des résultats

Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)
[8 Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[1 [40,80[	2	1	0	1

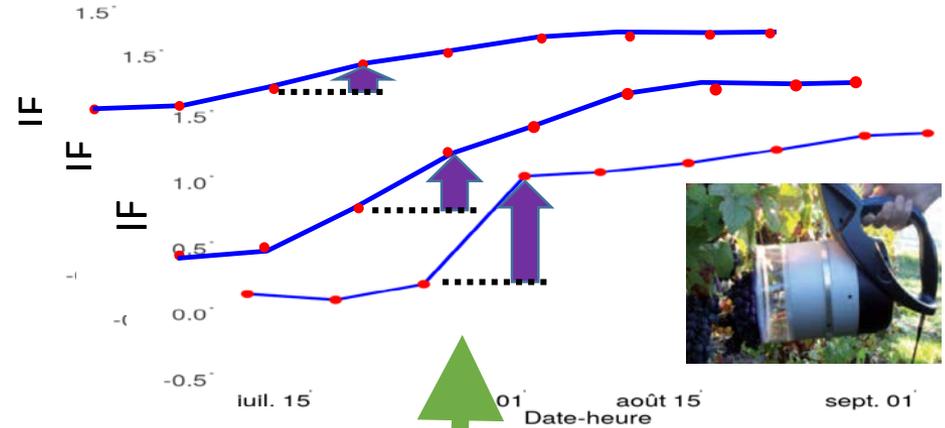


Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)		1 (T10)
[80,120[	2 (T1 T2)	0	1 (T8)	1 (T9)
[120,160[	1 (T5)		0	0



Pas de corrélation
retenue par la méthode
(parcimonie)

Approche d'analyse des données



Représentation des résultats

Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)
[8 Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[1 [40,80[	2	1	0	1

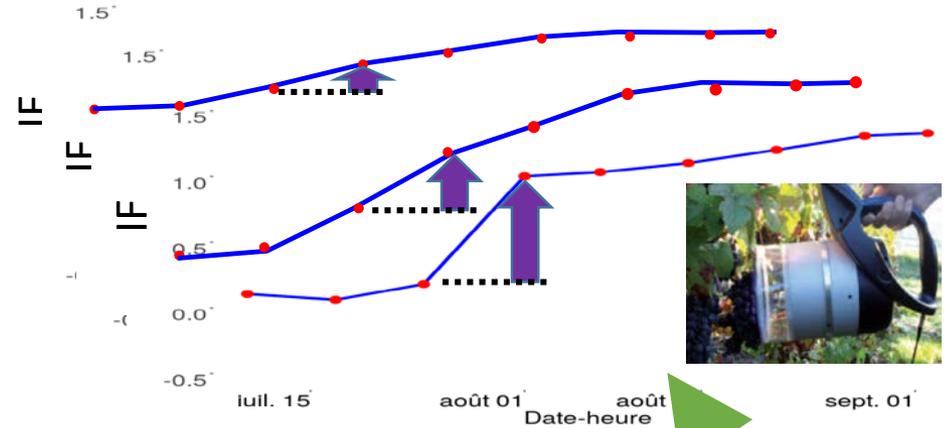


Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[40,80[		1 (T7)		1 (T10)
[80,120[	2 (T1 T2)	0	1 (T8)	1 (T9)
[120,160[	1 (T5)		0	0



Corrélation **positive**
retenue par la méthode

Approche d'analyse des données



Représentation des résultats

Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)
[8 Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[1 [40,80[	2	1	0	1

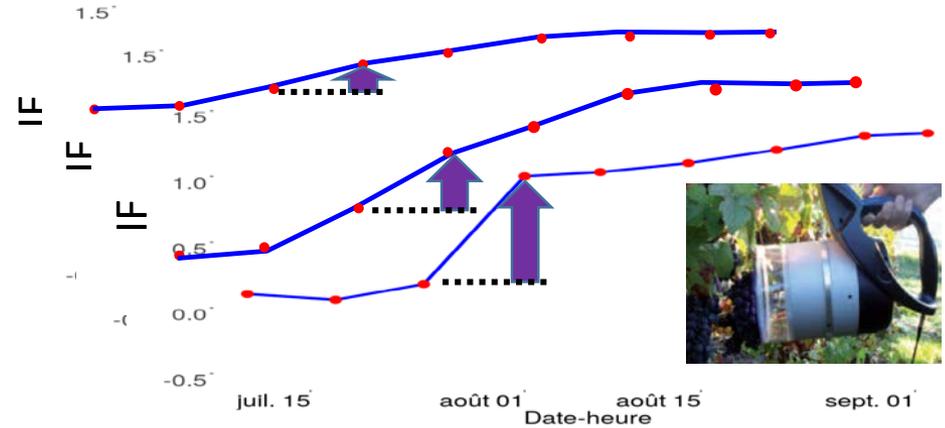


Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[40,80[		1 (T7)		1 (T10)
[80,120[	2 (T1 T2)	0	1 (T8)	1 (T9)
[120,160[	1 (T5)		0	



Corrélation **négative**
retenue par la méthode

Approche d'analyse des données

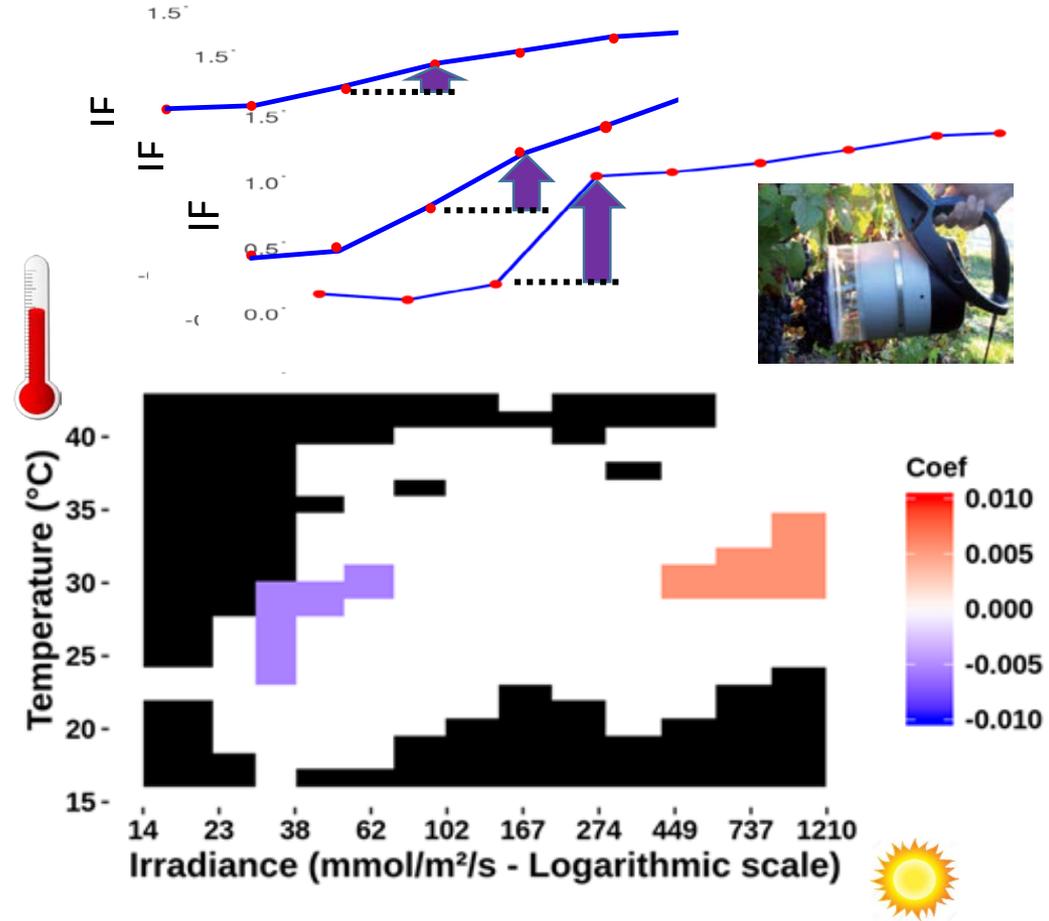


Représentation des résultats

Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)
[8 Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[1 [40,80[	2	1	0	1
[8 Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[1 [40,80[
[80,120[
[120,160[

Toutes les cases sont analysées conjointement

Approche d'analyse des données



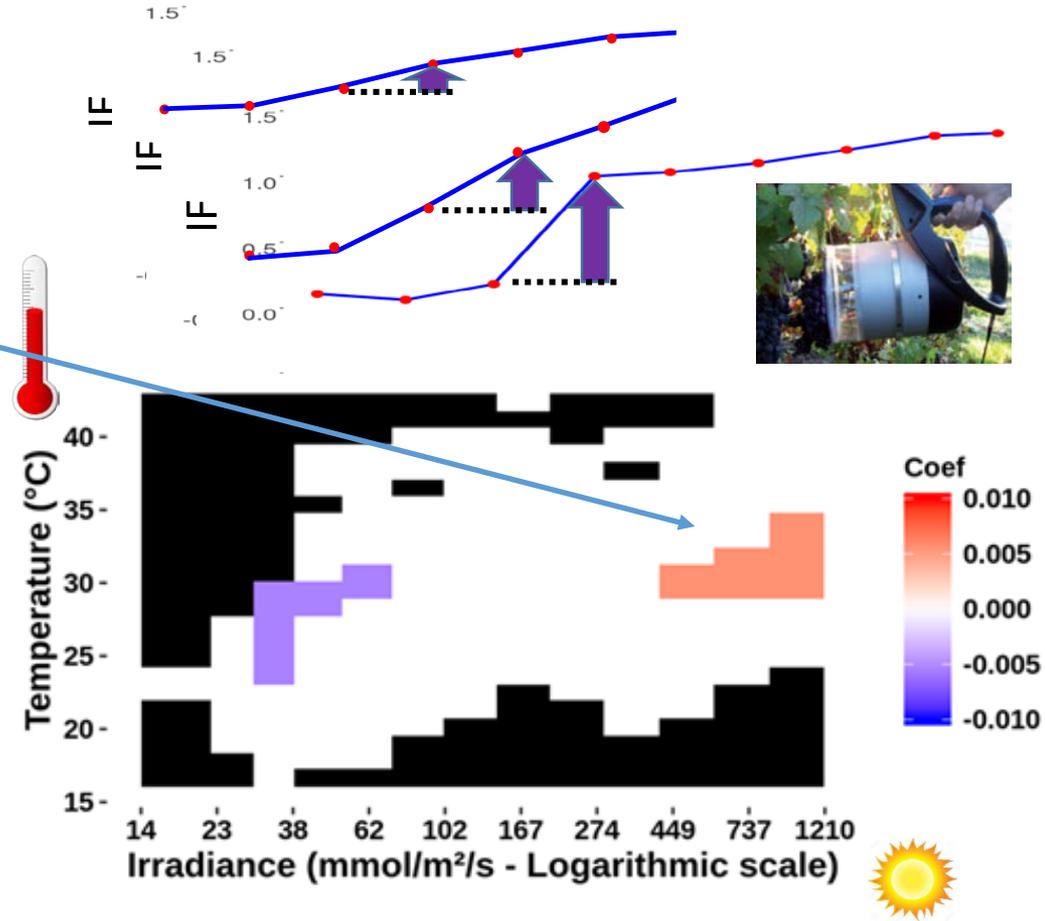
Exemple de résultat réel

WEBINAIRE 11 MARS
JOURNÉE SCIENTIFIQUE
VIGNE - VIN 2021

Approche d'analyse des données

Plus le nb d'observations dans ces plages est élevé plus l'accroissement de l'indice de Ferari est fort

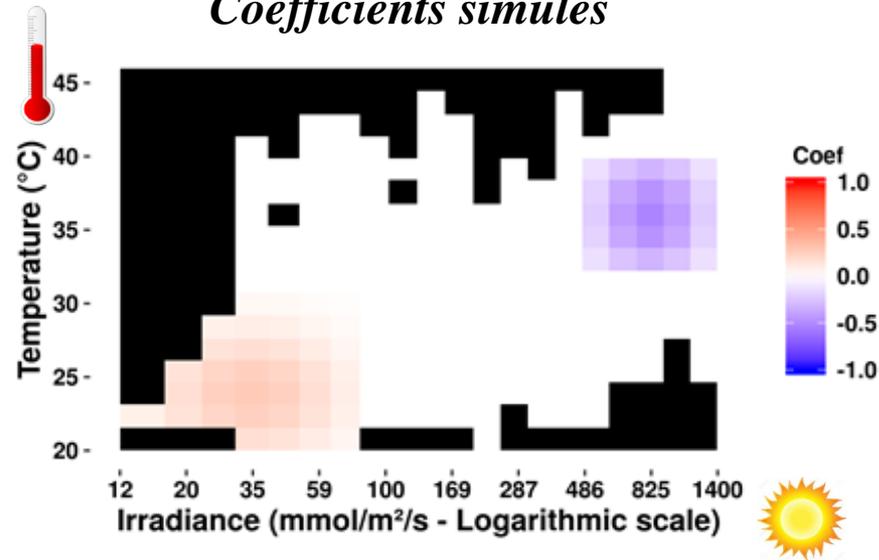
Exemple de résultat réel



WEBINAIRE 11 MARS
JOURNEE SCIENTIFIQUE
VIGNE - VIN 2021

Evaluation de la méthode

Coefficients simulés

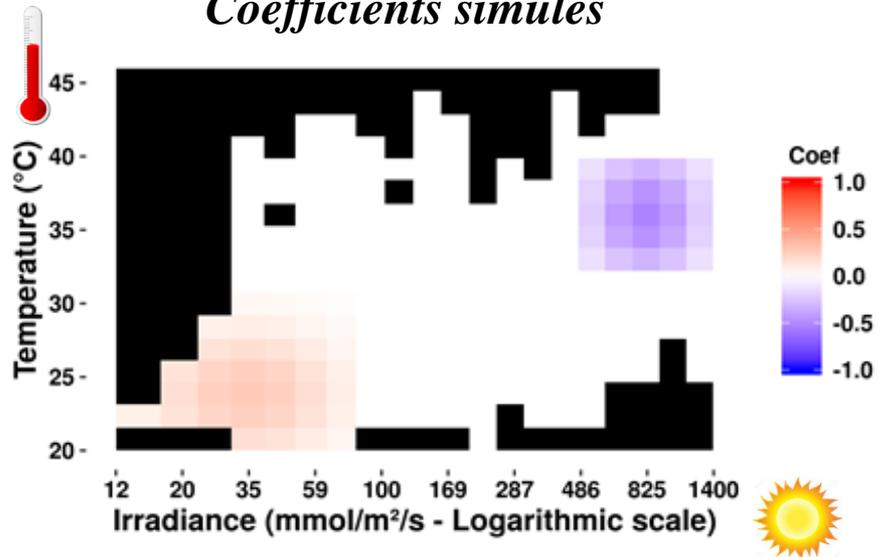


WEBINAIRE 11 MARS
JOURNÉE SCIENTIFIQUE
VIGNE - VIN 2021

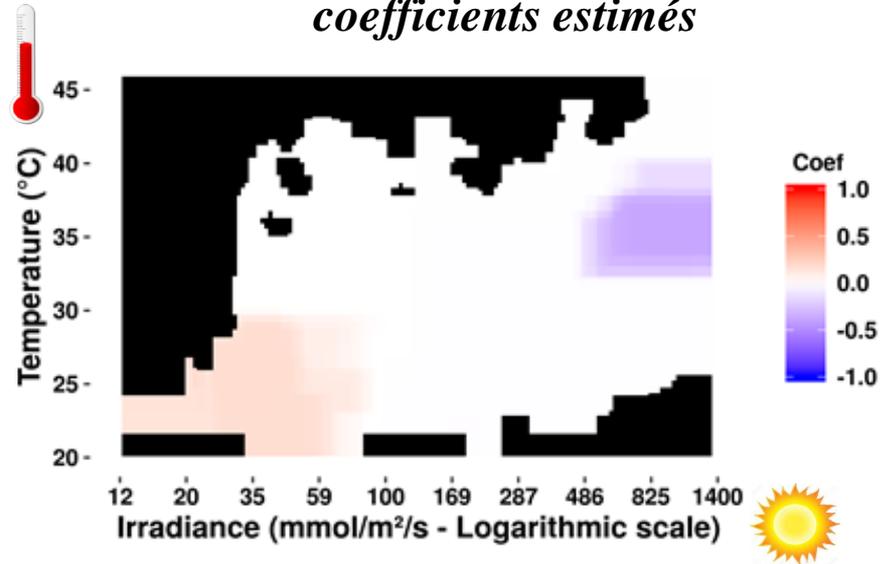


Evaluation de la méthode

Coefficients simulés



coefficients estimés

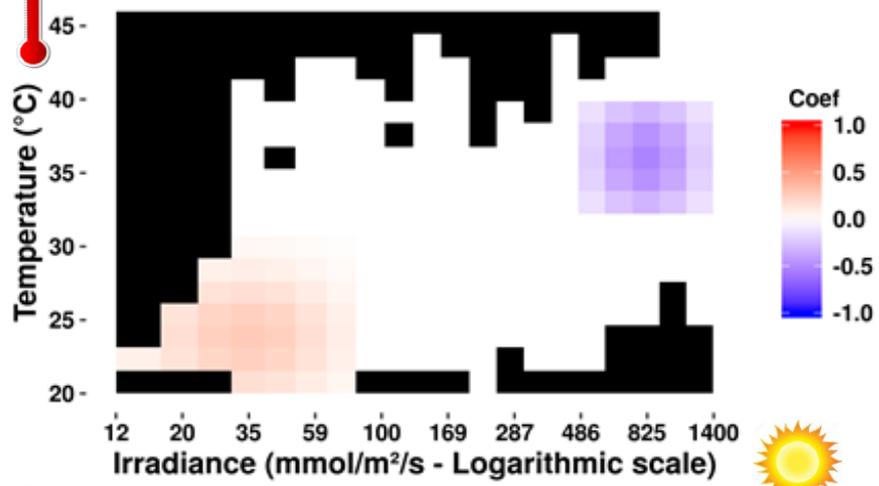


WEBINAIRE 11 MARS
JOURNEE SCIENTIFIQUE
VIGNE - VIN 2021

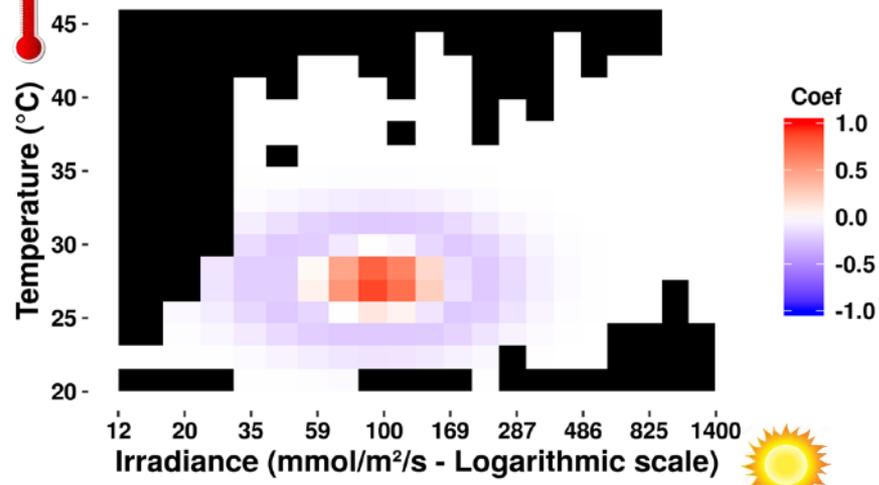
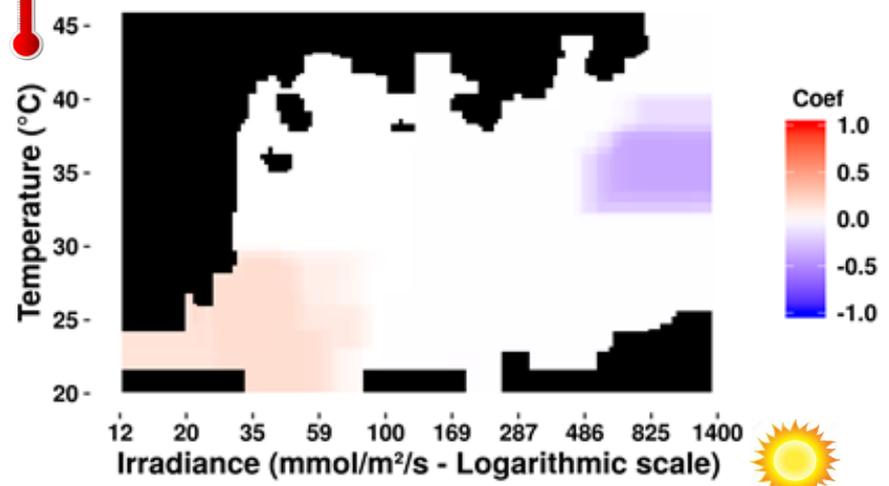


Evaluation de la méthode

Coefficients simulés



coefficients estimés

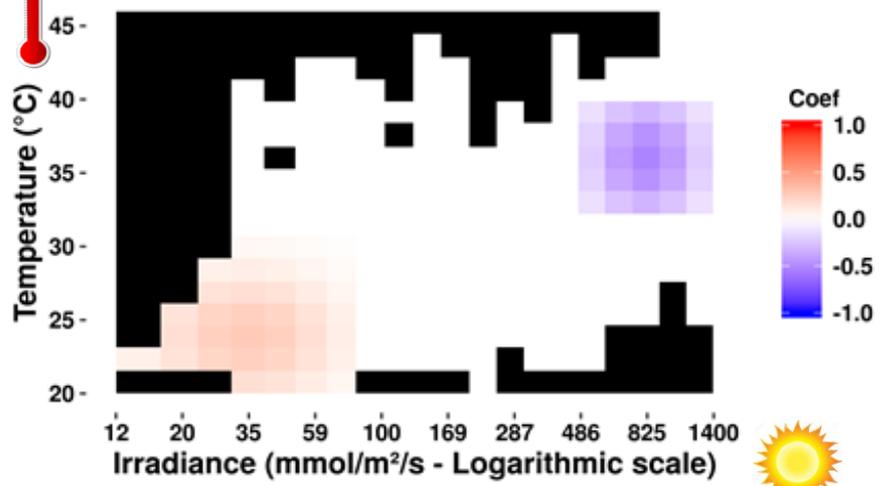


WEBINAIRE 11 MARS
JOURNEE SCIENTIFIQUE
VIGNE - VIN 2021

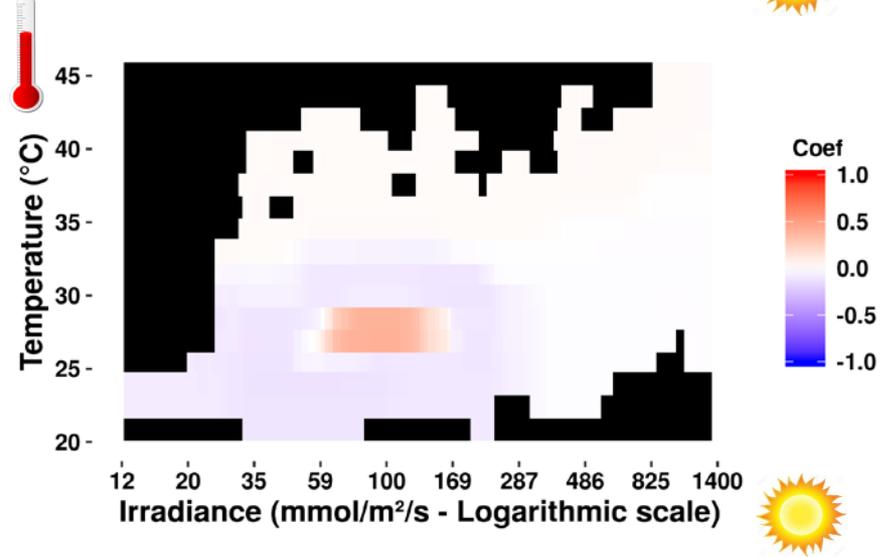
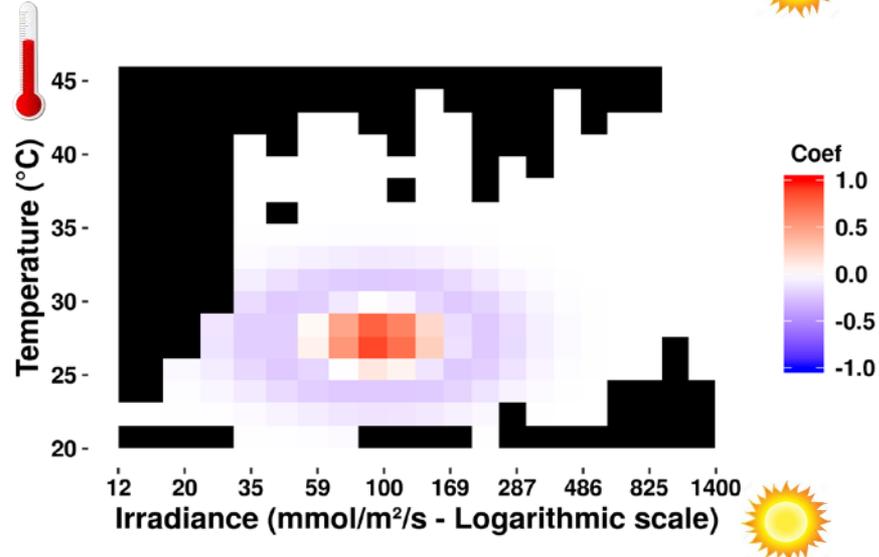
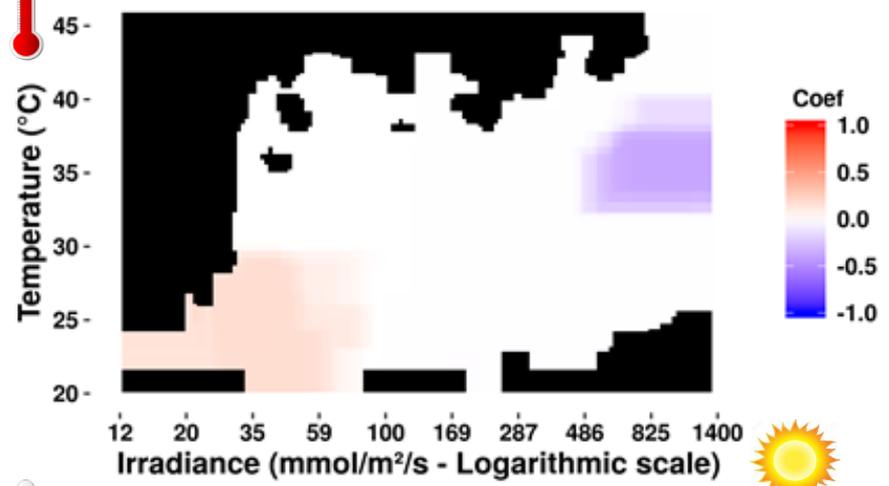


Evaluation de la méthode

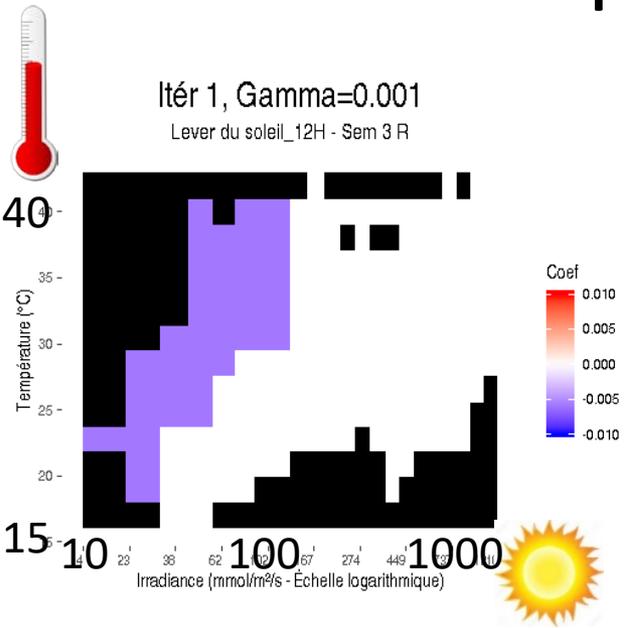
Coefficients simulés



coefficients estimés



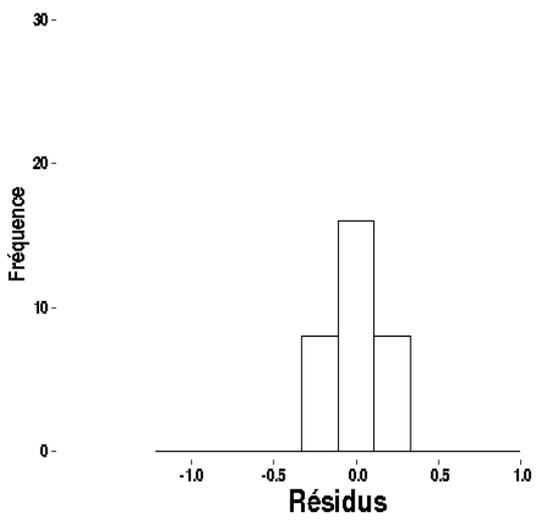
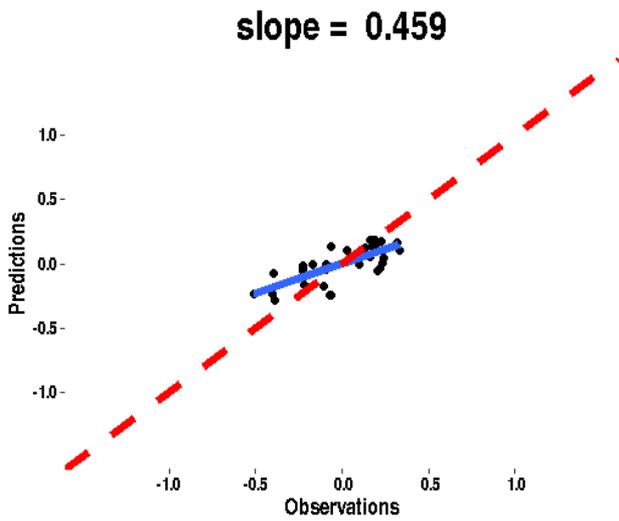
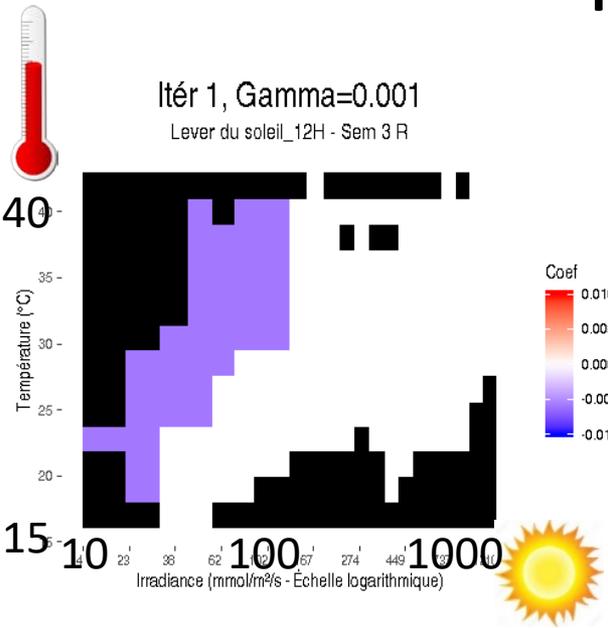
Résultats de l'approche sur données réelles



WEBINAIRE 11 MARS
JOURNÉE SCIENTIFIQUE
VIGNE - VIN 2021



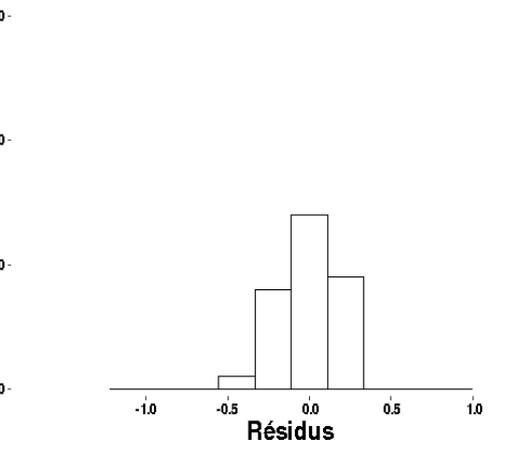
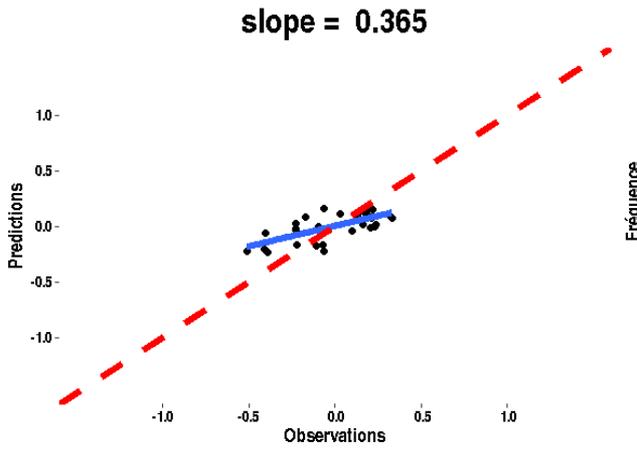
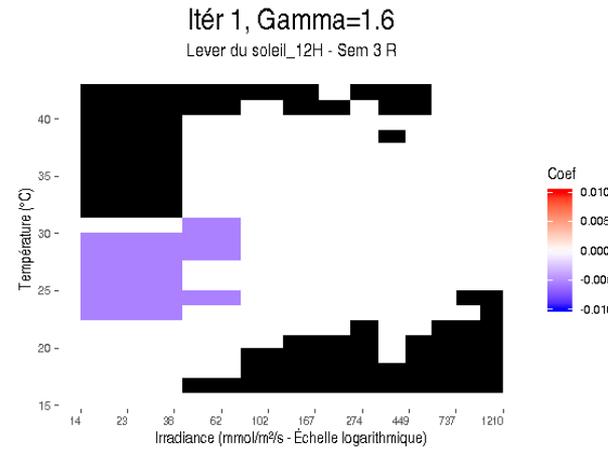
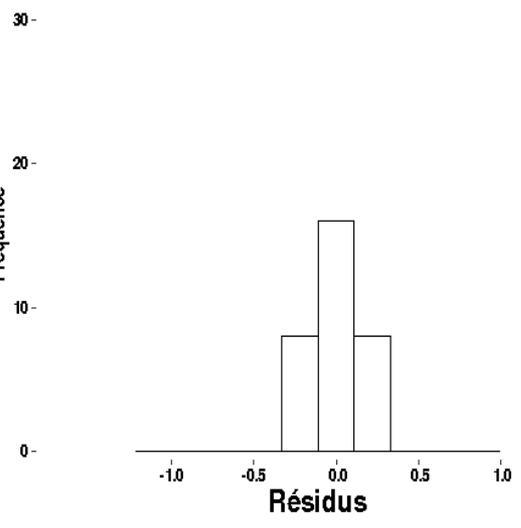
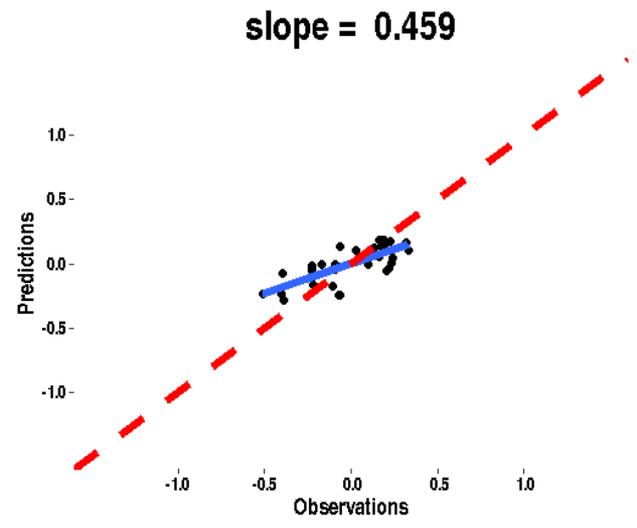
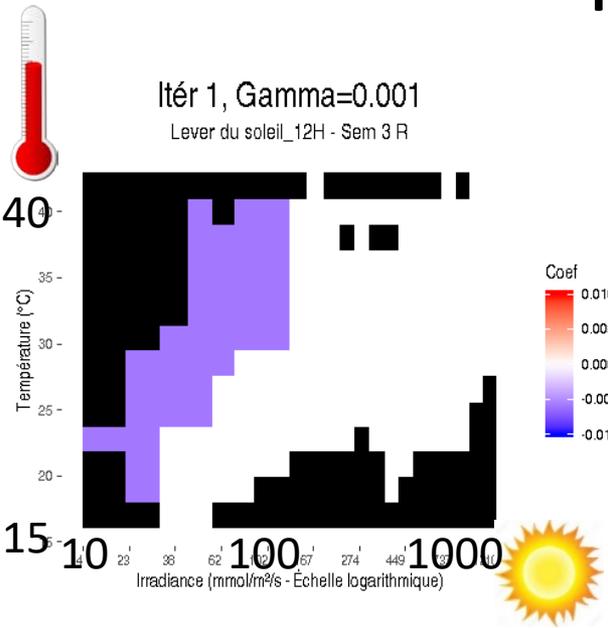
Résultats de l'approche sur données réelles



WEBINAIRE 11 MARS
JOURNÉE SCIENTIFIQUE
VIGNE - VIN 2021



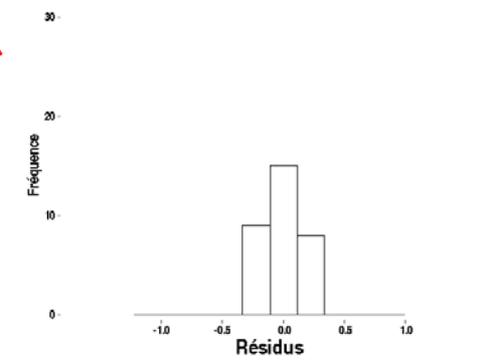
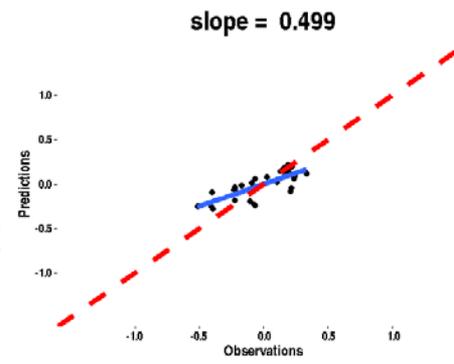
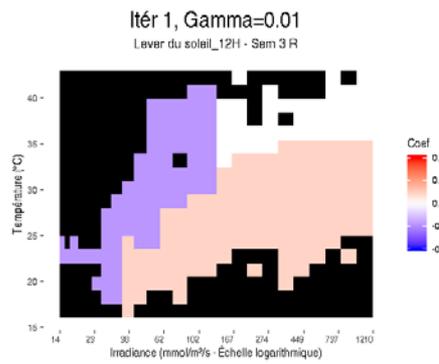
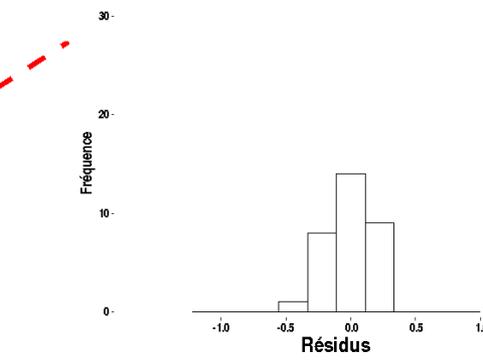
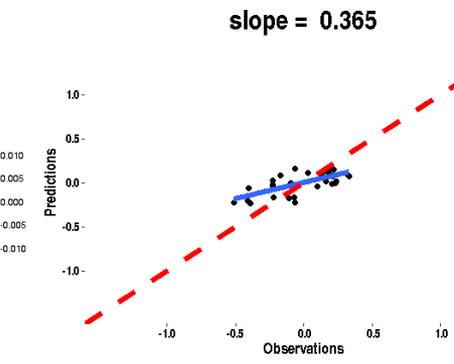
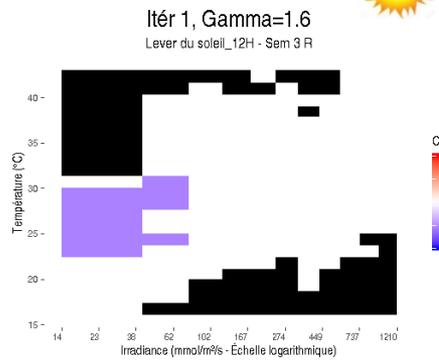
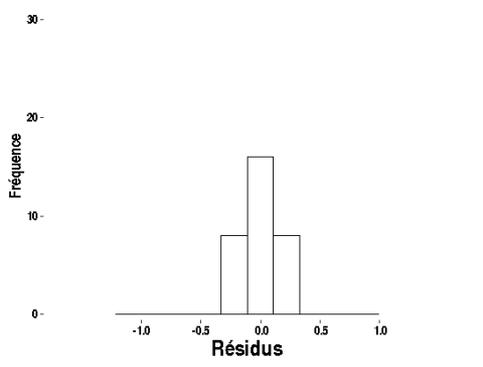
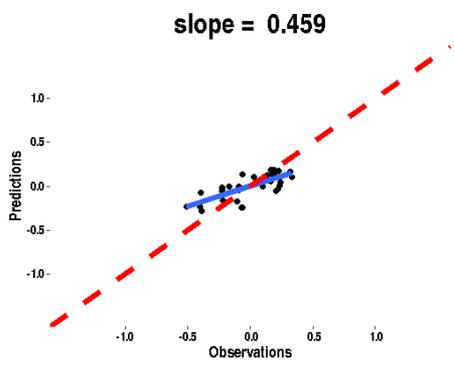
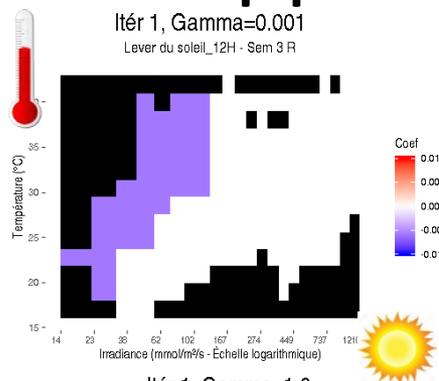
Résultats de l'approche sur données réelles



WEBINAIRE 11 MARS
JOURNEE SCIENTIFIQUE
VIGNE - VIN 2021



Résultats de l'approche sur données réelles



WEBINAIRE 11 MARS
JOURNEE SCIENTIFIQUE
VIGNE - VIN 2021



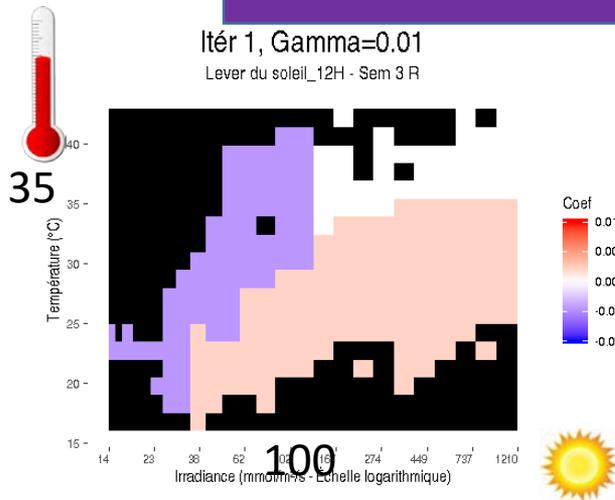
#DigitAg

Résultats de l'approche sur données réelles

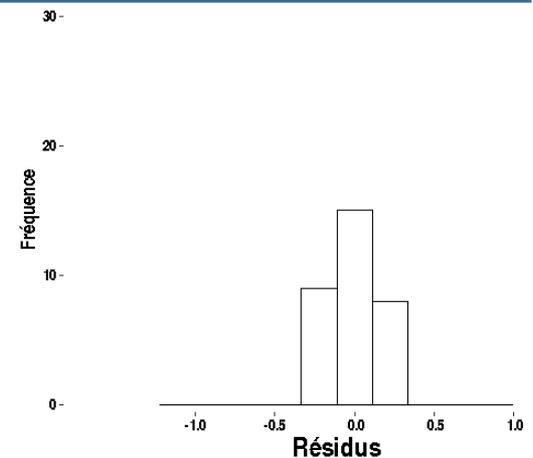
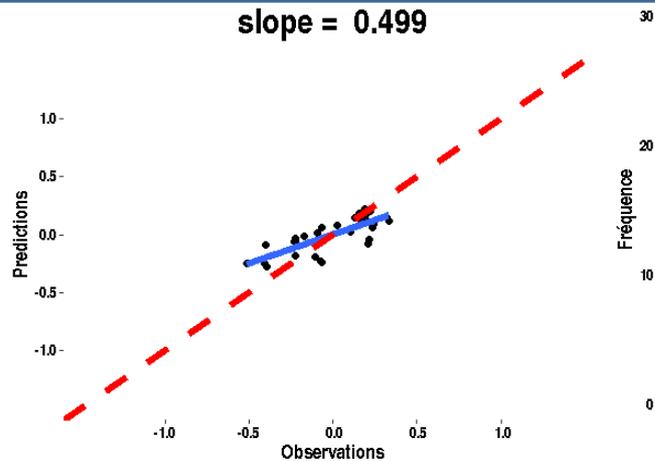
À ce stade de l'analyse (matinée, semaine 3, attardés)

- ❑ L'important : avoir des températures « équilibrées » (pas trop fortes) avec l'irradiance;
- ❑ Les $T^{\circ}\text{C} > 35^{\circ}\text{C}$ ont un effet négatif si l'irradiance est faible ($< 100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

Itér 1, Gamma=0.01
Lever du soleil_12H - Sem 3 R



slope = 0.499



WEBINAIRE 11 MARS
JOURNEE SCIENTIFIQUE
VIGNE - VIN 2021

Conclusions

$$\hat{\alpha} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) y_i}{\sum (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) y_i}{\sum (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) y_i}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$$
$$\frac{\sum y_i (x_i - \bar{x})}{\sum (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 y_i}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$$

➤ Statistiques

- Un nouvel outil statistique pour les données fonctionnelles résolvant les problèmes de type scalar-on-functions (Y variable univariée et X variables longitudinales)
Sparse and Structured Procedure to Identify Combined Effects of Functional Predictors
- Une approche statistique adaptée à la complexité des données INNOVINE prête à l'emploi pour les données de phénotypage similaires de plus en plus nombreuses

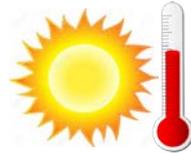
Conclusions

➤ Statistiques

- Un nouvel outil statistique pour les données fonctionnelles résolvant les problèmes de type scalar-on-functions (Y variable univariée et X variables longitudinales)

Sparse and Structured Procedure to Identify Combined Effects of Functional Predictors

- Une approche statistique adaptée à la complexité des données INNOVINE prête à l'emploi pour les données de phénotypage similaires de plus en plus nombreuses



➤ Agro-physiologique

- Des classes de valeurs microclimatiques d'influence déjà identifiées, et des informations sur les conditions qui permettent de les observer (valeur initiale en début de période...)

Perspectives

$$\hat{\mu} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) \alpha_i}{\sum (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) \alpha_i}{\sum (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) \alpha_i}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$$
$$\frac{\sum (x_i - \bar{x}) \alpha_i}{\sum (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 \nu(\alpha_i)}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$$

➤ Statistiques

- Création d'un package R
- Extension de la méthode à d'autres données fonctionnelles
- Travaux théoriques autour de la méthode (fréquentielle et bayésienne) et construction de tests

WEBINAIRE 11 MARS
JOURNÉE SCIENTIFIQUE
VIGNE - VIN 2021



#DigitAg

INRAE



Perspectives

➤ Statistiques

- Création d'un package R
- Extension de la méthode à d'autres données fonctionnelles
- Travaux théoriques autour de la méthode (fréquentielle et bayésienne) et construction de tests

➤ Agro-physiologique



- Nouvelles expériences pour tester le modèle
- Nouveaux questionnements sur les déterminismes physiologiques liés à l'influence du climat aux niveaux et périodes identifiés
- explorer d'autres hypothèses

sur d'autres combinaisons de conditions microclimatiques
sur d'autres conditions pour l'analyse

Merci pour votre attention



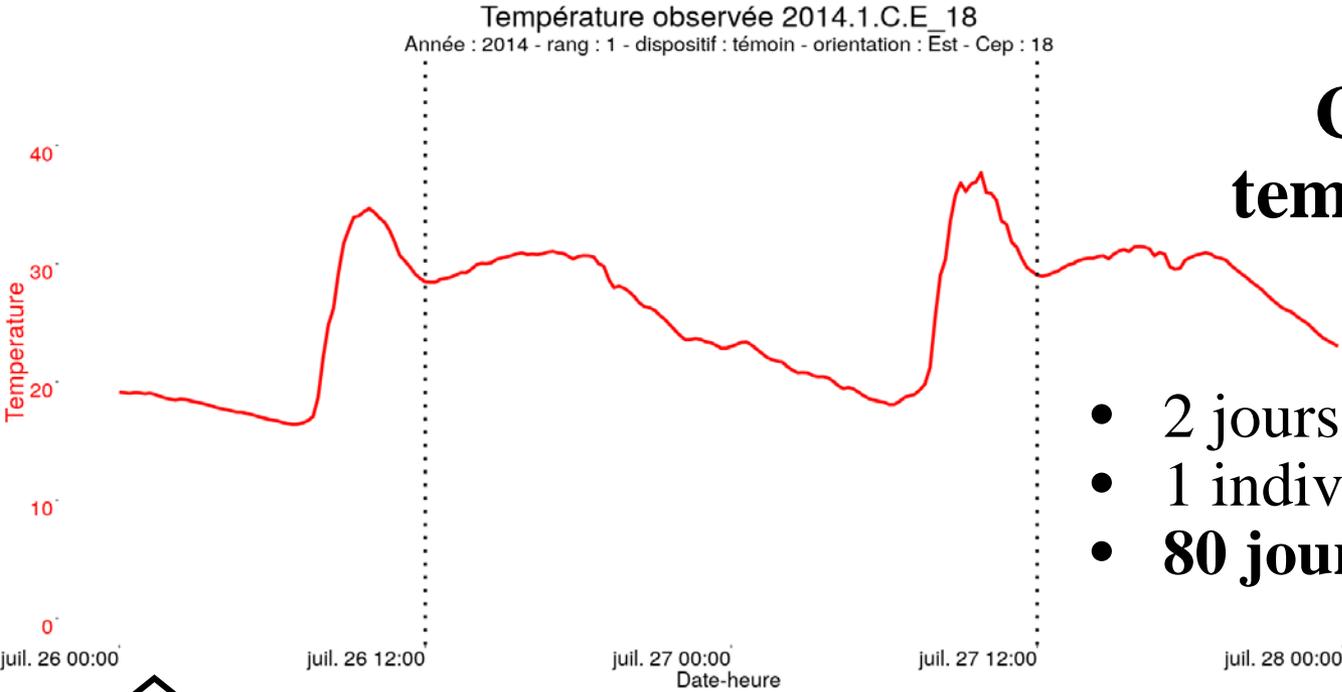
WEBINAIRE 11 MARS
JOURNEE SCIENTIFIQUE
VIGNE - VIN 2021



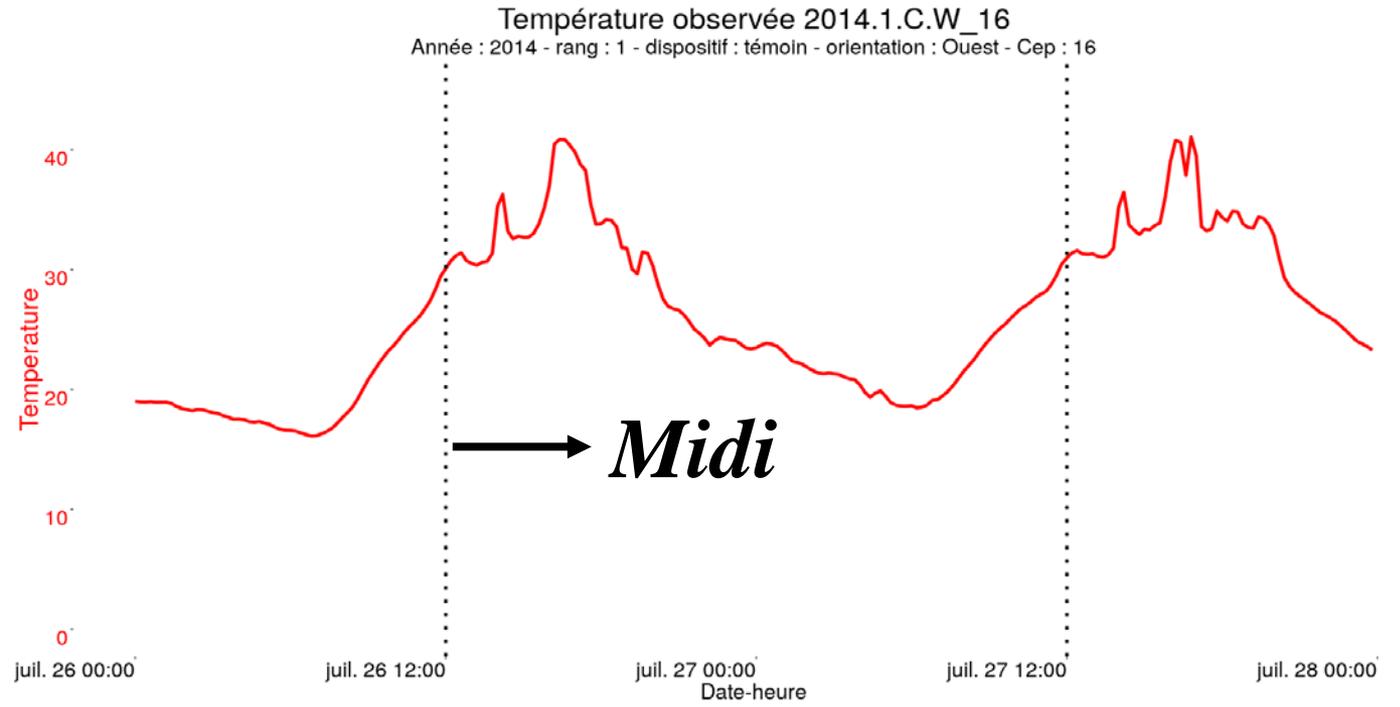
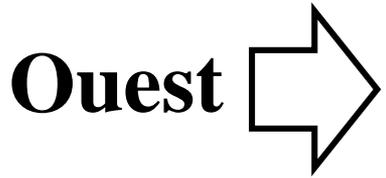
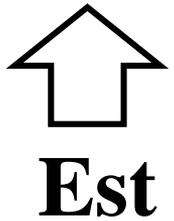
INRAE



Courbes de température $\tau(t)$

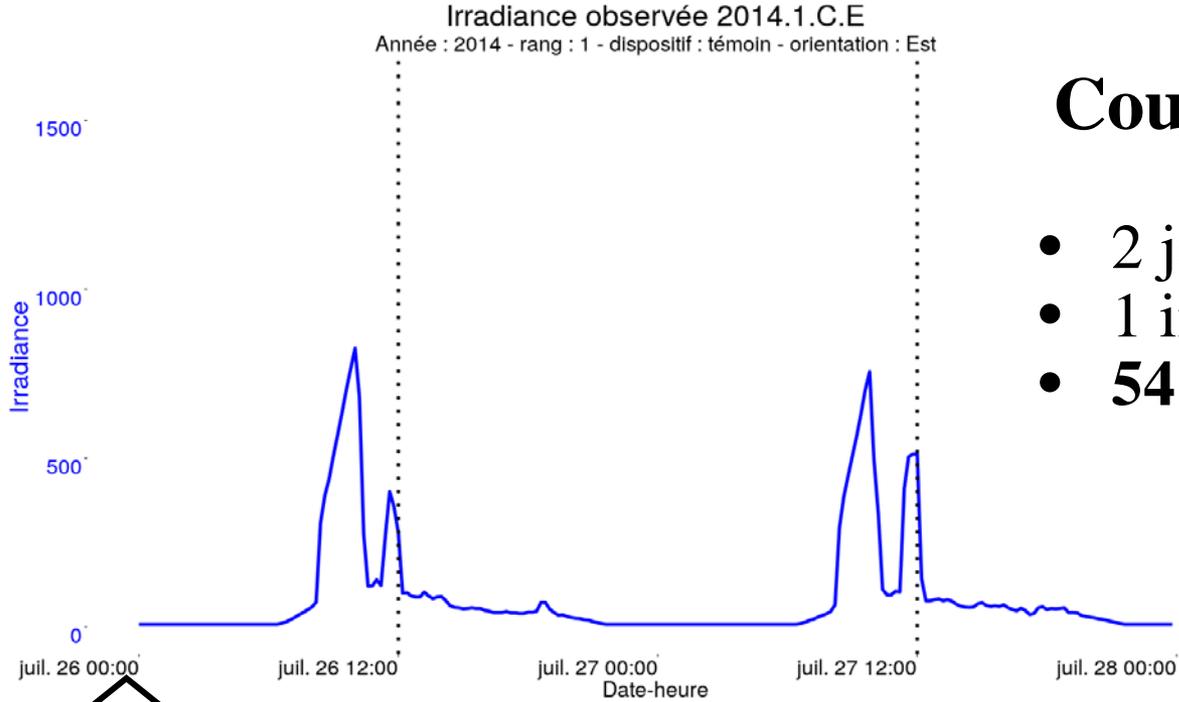


- 2 jours d'observations (fig)
- 1 individu statistique
- **80 jours au total / ind**



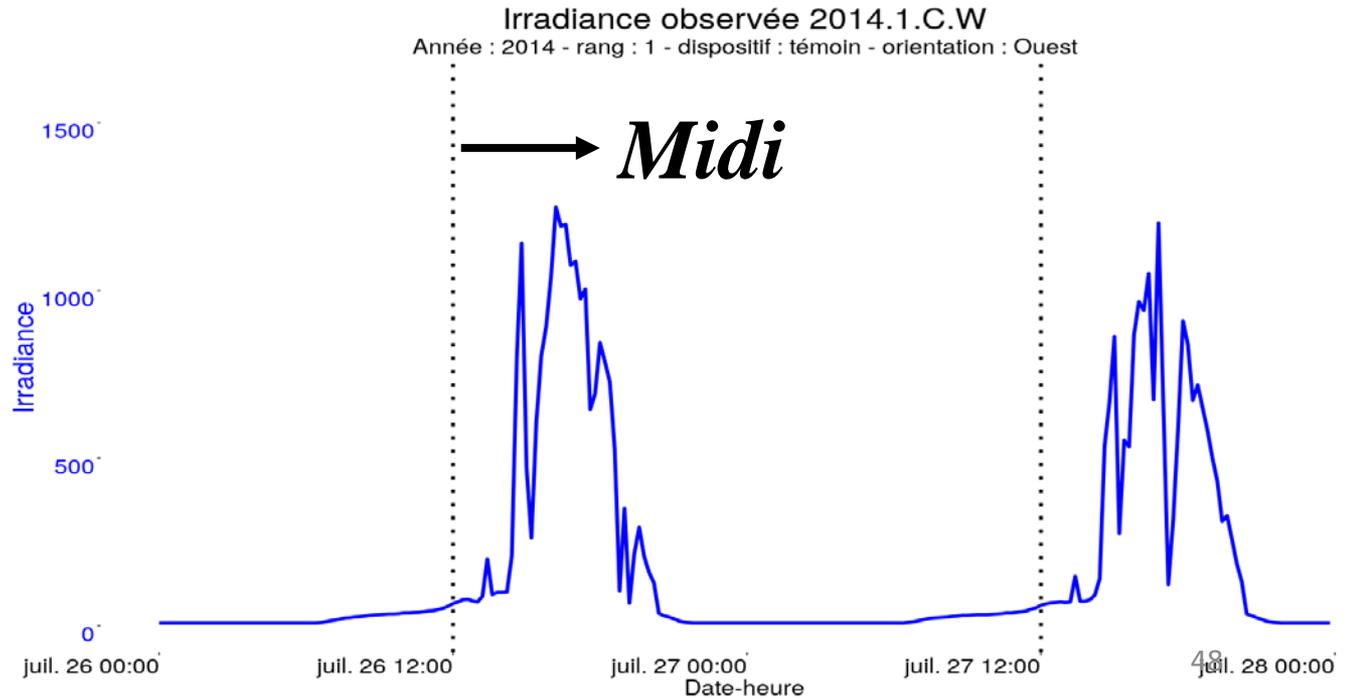
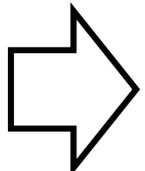
Courbes d'irradiance $I(t)$

- 2 jours d'observations (fig)
- 1 individu statistique
- **54 jours au total / ind**



Est

Ouest

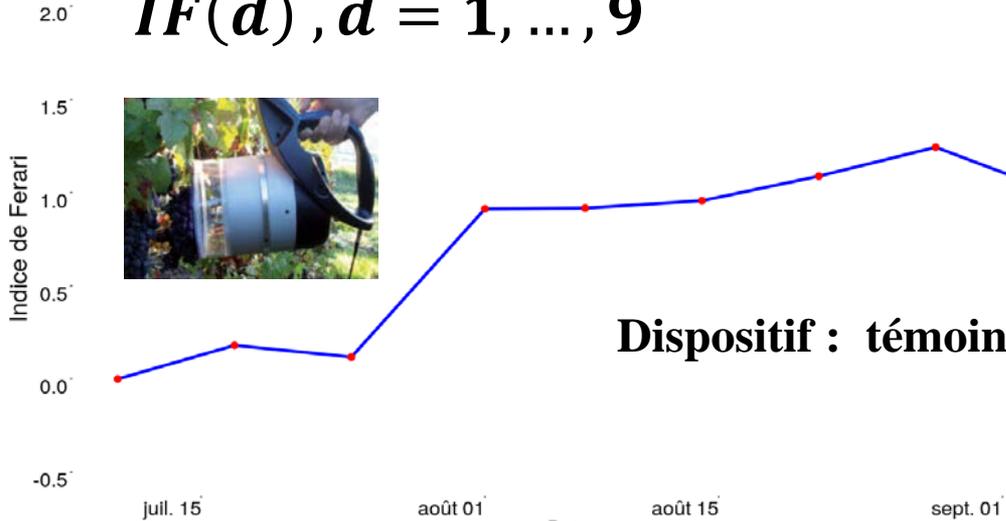


Indice de Ferrari $IF(d) \rightarrow$ variable à expliquer :

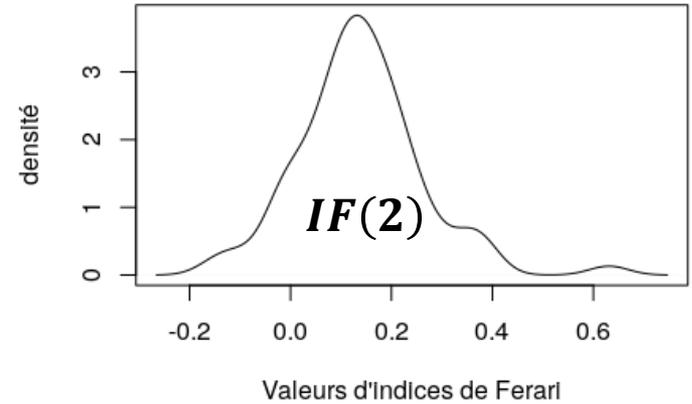
$$\Delta IF(s) = IF(d) - IF(d - 1) \quad s = 2$$

Indice de Ferrari observée 2014.1.C.E_18
 Année : 2014 - rang : 1 - dispositif : témoin - orientation : Est - Cep :18

$IF(d), d = 1, \dots, 9$

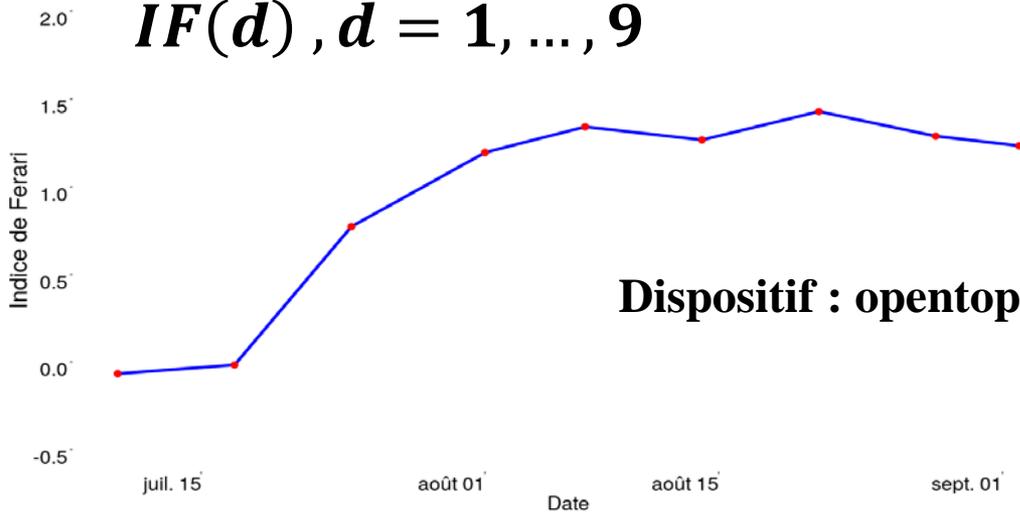


Indices de Ferrari IF2

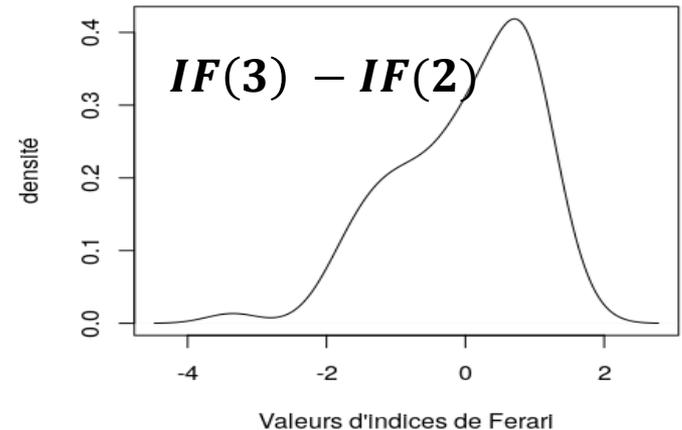


Indice de Ferrari observée 2014.1.O.T.E_5
 Année : 2014 - rang : 1 - dispositif : OpenTop - orientation : Est - Cep :5

$IF(d), d = 1, \dots, 9$



Indices de Ferrari IF3-IF2 centrée réduite



$y : \{IF(3) - IF(2)\}$

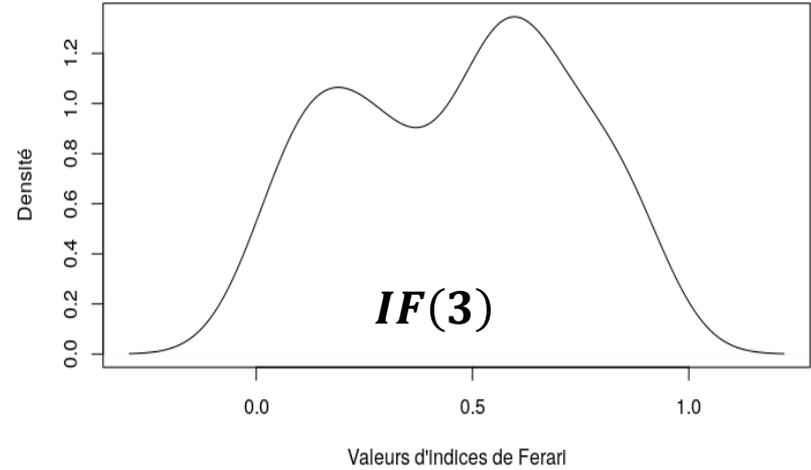
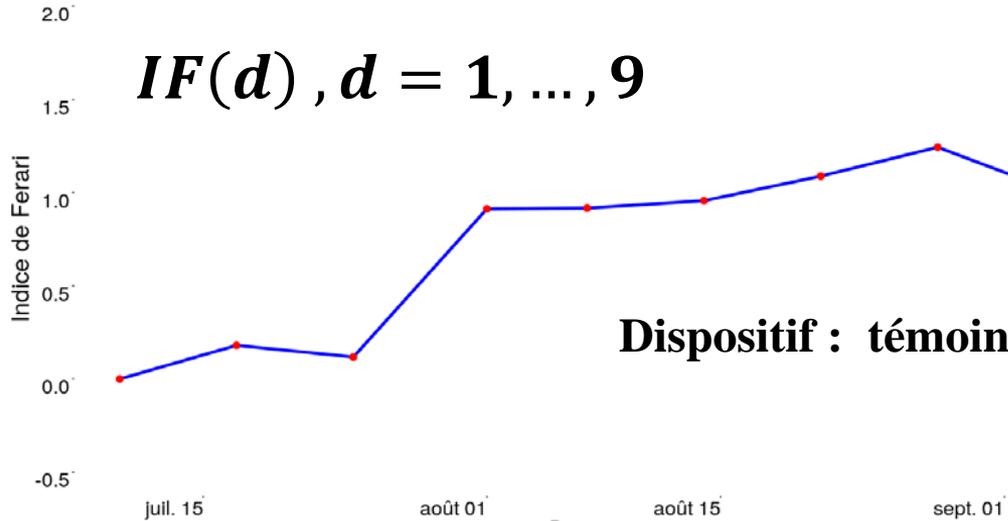
Indice de Ferrari $IF(d) \rightarrow$ variable à expliquer :

$$\Delta IF(s) = IF(d) - IF(d - 1) \quad s = 3$$

Indice de Ferrari observée 2014.1.C.E_18
Année : 2014 - rang : 1 - dispositif : témoin - orientation : Est - Cep :18

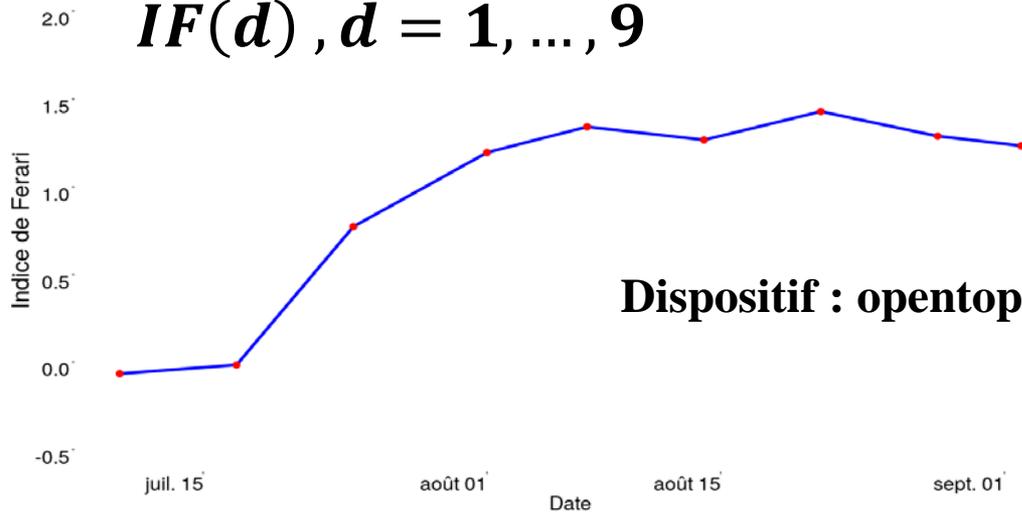
Indices de Ferrari (IF3)

$IF(d), d = 1, \dots, 9$

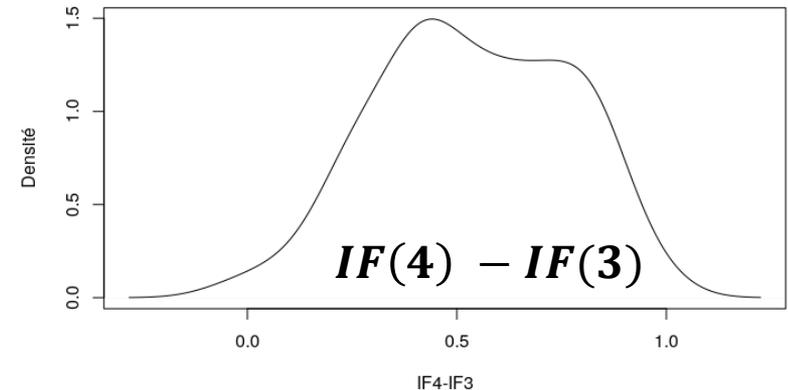


Indice de Ferrari observée 2014.1.O.T.E_5
Année : 2014 - rang : 1 - dispositif : OpenTop - orientation : Est - Cep :5

$IF(d), d = 1, \dots, 9$



Différence d'Indices de Ferrari (IF4-IF3) centrée réduite



$$y : \{(IF(4) - IF(3)) | IF(3)\}$$

Questions de recherche

➤ D'un point de vue général :

Agro : *Comment extraire de la connaissance (à partir des données) pour expliquer l'influence du climat sur l'élaboration d'une composante de qualité de la baie ?*

Stat : Identifier une fonction f telle que

$$\begin{aligned}\Delta IF(\mathbf{s}) &= IF(\mathbf{d}) - IF(\mathbf{d} - \mathbf{1}) \\ &= f(\tau(.), I(.), IF(\mathbf{d} - \mathbf{1}), \mathbf{s})\end{aligned}$$

➤ D'un point de vue spécifique :

Quelles conditions de température et d'irradiance permettent de discriminer l'accumulation des anthocyanes au sein des baies de raisin ? (valeurs, dynamique)

❖ *Lors de la saison ?*

❖ *Lors de la journée ?*

Classes pour la variable Irradiance

L'irradiance a beaucoup plus d'influence quand elle varie de 10 à 20 que quand elle varie de 100 à 120

→ Echelle logarithmique

$$\frac{\log(1+\alpha x_j)}{\log(1+\alpha x_{max})} = \frac{j}{n_I+1}$$

- *j* : indice ou rang d'une borne de classe d'irradiance
- *x_{max}* : Valeur maximale d'irradiance observée
- *x_j* : borne de classe