



**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

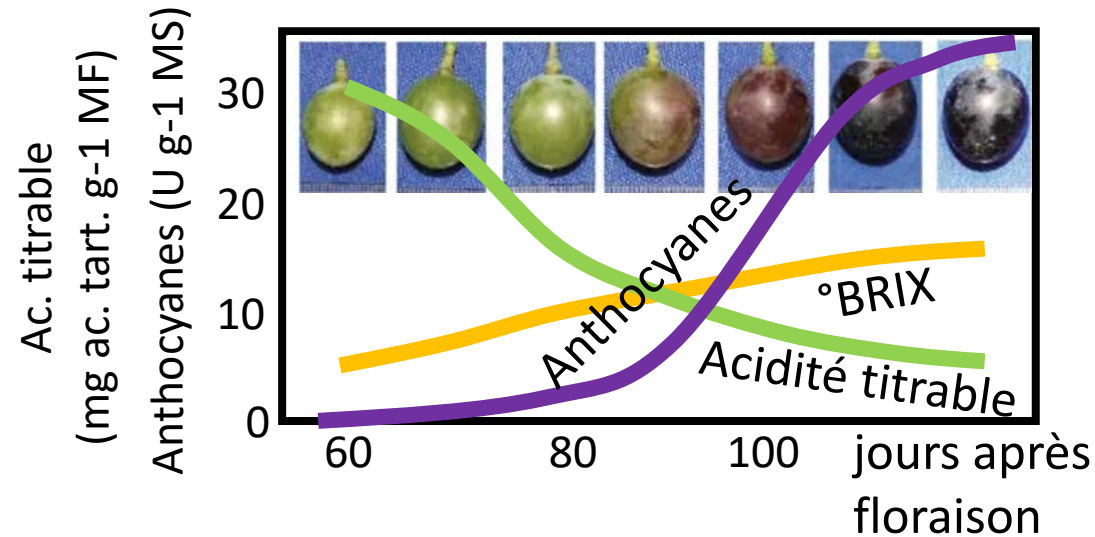
- Introduction
- Données expérimentales
- Approche d'analyse des données
- Evaluation de la méthode
- Premiers résultats
- Conclusion et perspectives



# Introduction

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

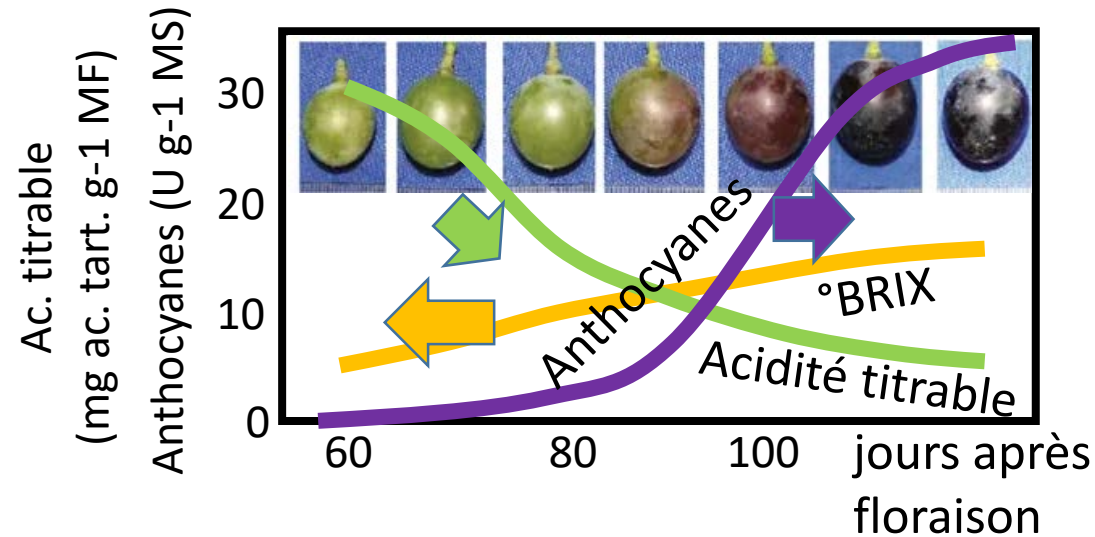
- composantes multiples,
- chacune son rythme
- et sa sensibilité propre vis-à-vis du climat, fonction du cépage



# Introduction

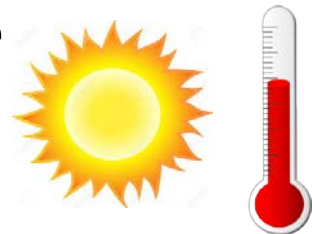
- **Qualité de la récolte chez la vigne : un équilibre subtil**

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



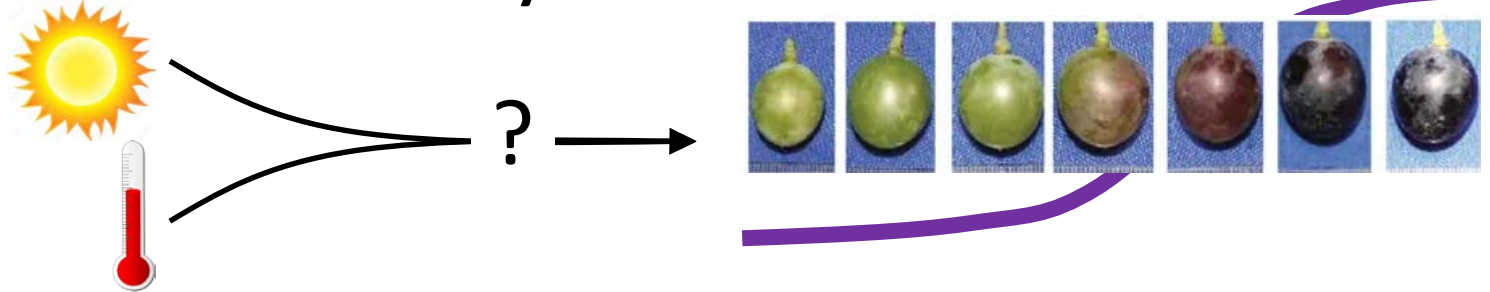
- **Changements climatiques actuels : un équilibre menacé**

- 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 :**

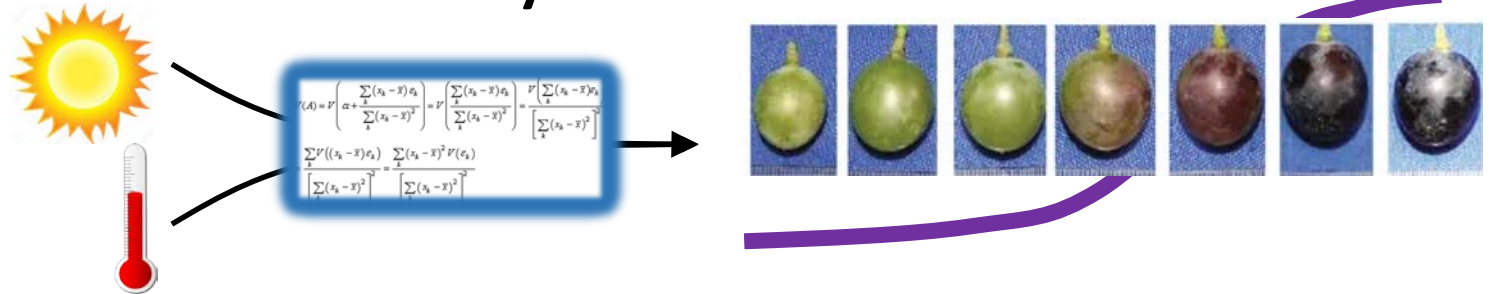
Projet INNOVINE (2012 à 2016 – UMRs LEPSE & SPO) :  
Lier micro-environnement (température, irradiance, etc.) et  
composition de la baie (sucre, acidité, anthocyanes)  
(Éric LEBON, Nancy TERRIER, Agnès AGEORGES...)

**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, irradiance, 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**

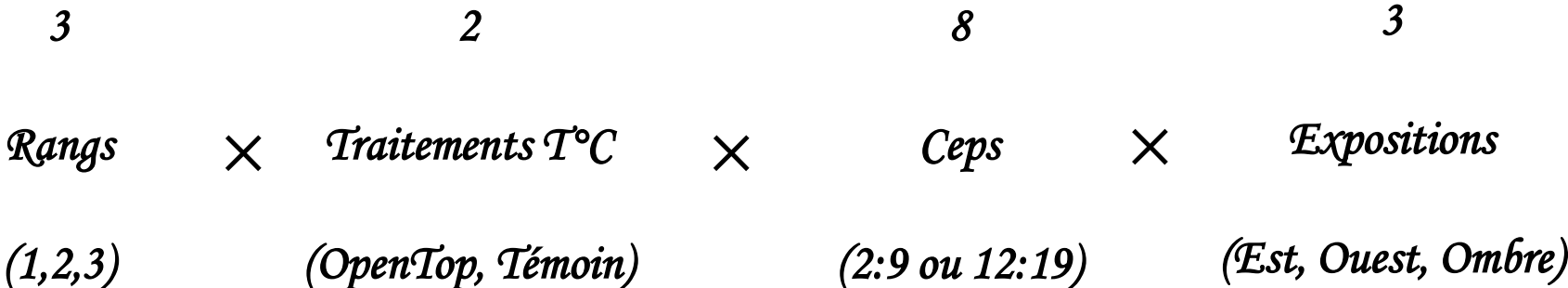
- ❖ Témoin
- ❖ OpenTop



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

# Données expérimentales

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

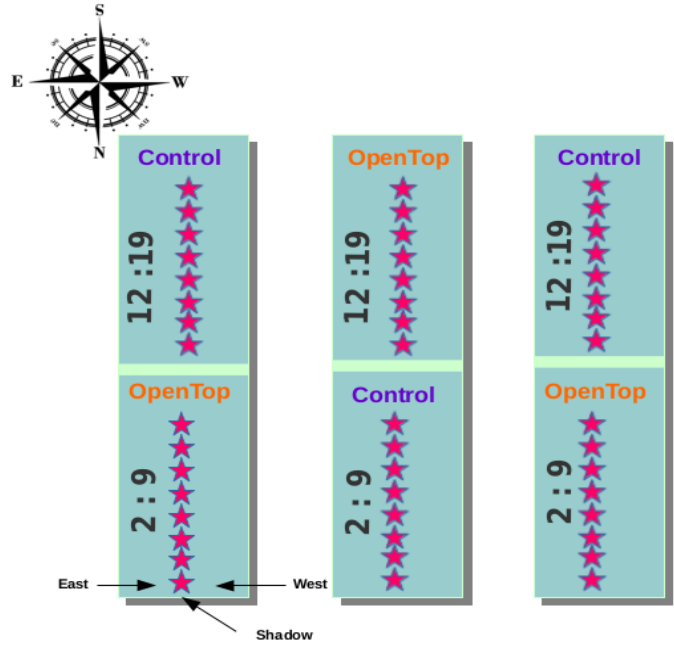


||

144

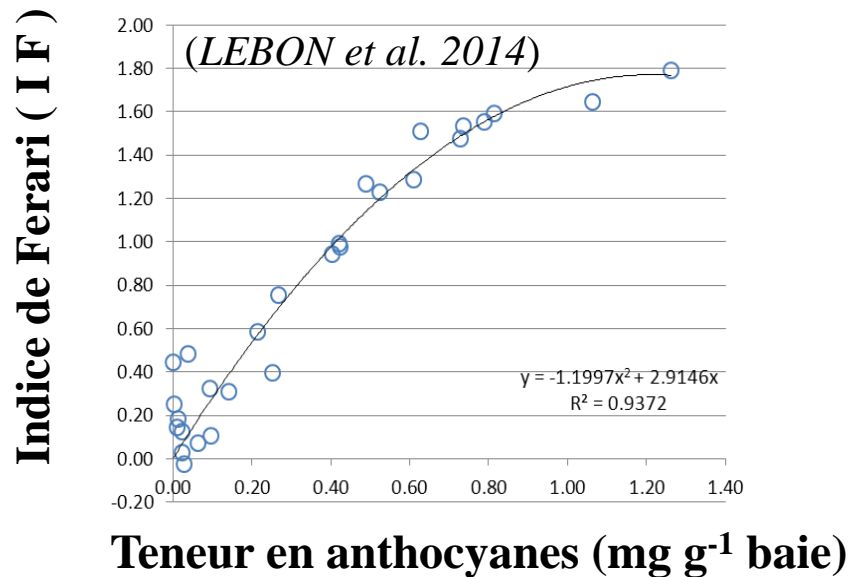
*Individus statistiques*

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



# Données expérimentales

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



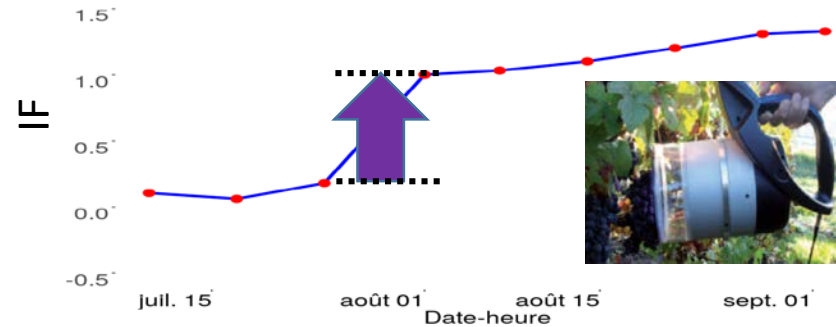
WEBINAIRE 11 MARS  
JOURNEE SCIENTIFIQUE  
VIGNE - VIN 2021

# 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

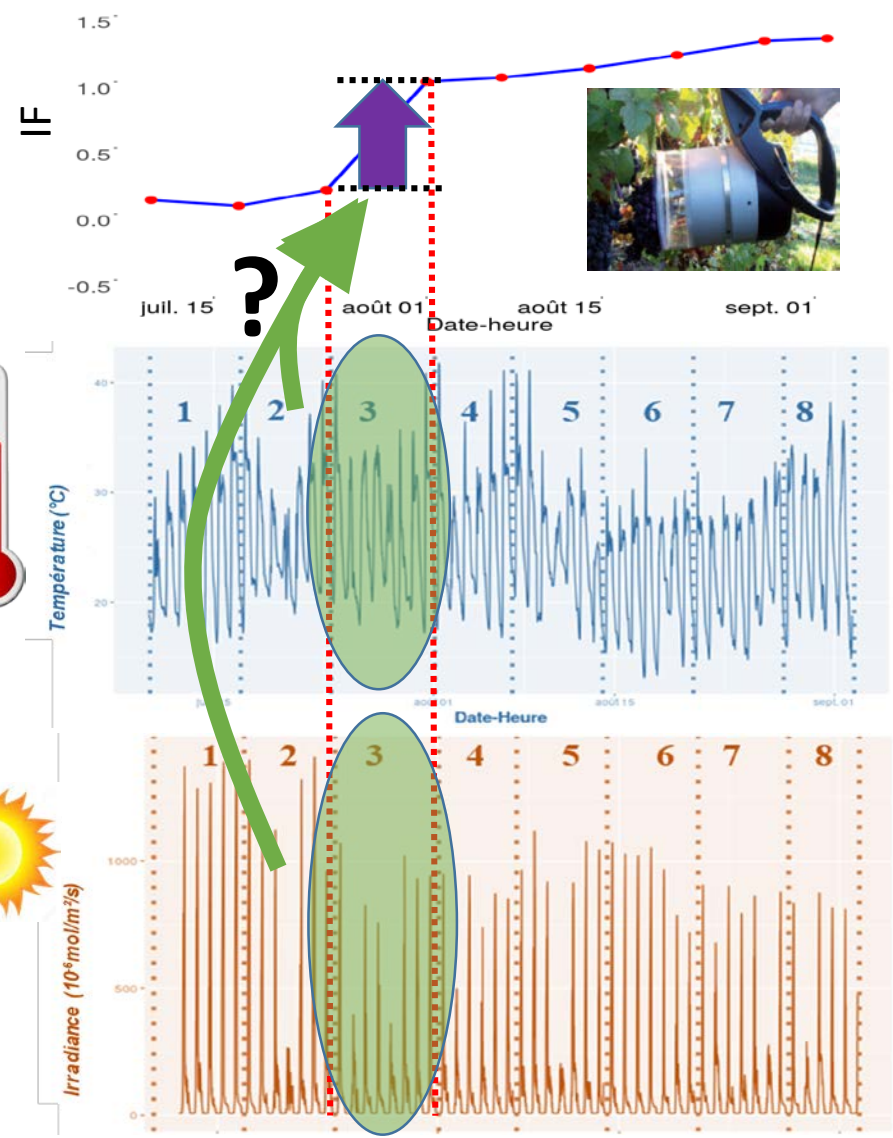
Année 2014, rang 1, cep 1, témoin, Est

## Analyse des accroissements hebdomadaires (8 sem.)

X 144 individus

Données fonctionnelles (courbes)  
Pas classique en statistiques

-> transformation des données

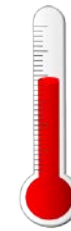


**WEBINAIRE 11 MARS**  
**JOURNEE SCIENTIFIQUE**  
**VIGNE - VIN 2021**

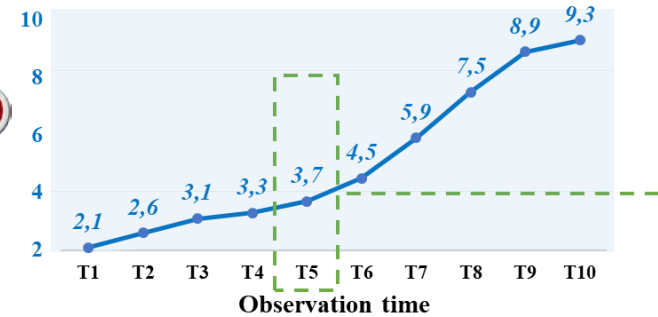


# Approche d'analyse des données

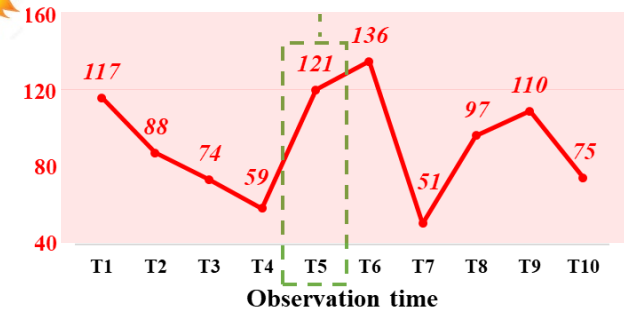
## Transformation des données fonctionnelles



### Prédicteur fonctionnel 1



### Prédicteur fonctionnel 2



WEBINAIRE 11 MARS  
JOURNEE SCIENTIFIQUE  
VIGNE - VIN 2021

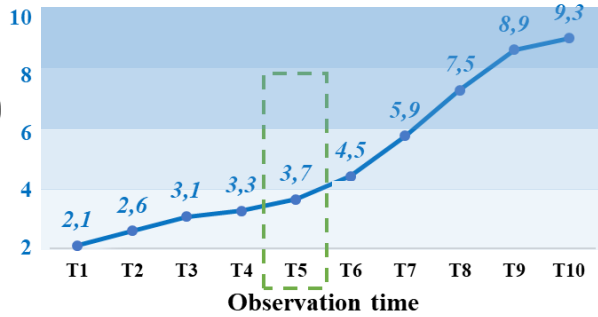


# Approche d'analyse des données

## Transformation des données



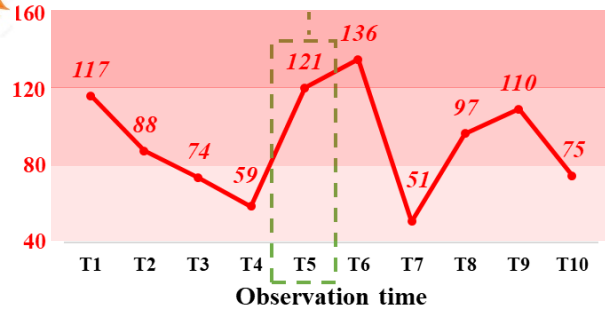
### Prédicteur fonctionnel 1



Création de classes de valeurs



### Prédicteur fonctionnel 2

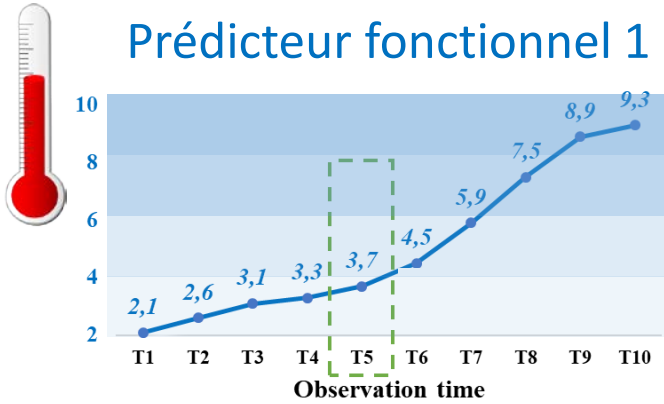




# Approche d'analyse des données

## Transformation des données

Prédicteur fonctionnel 1

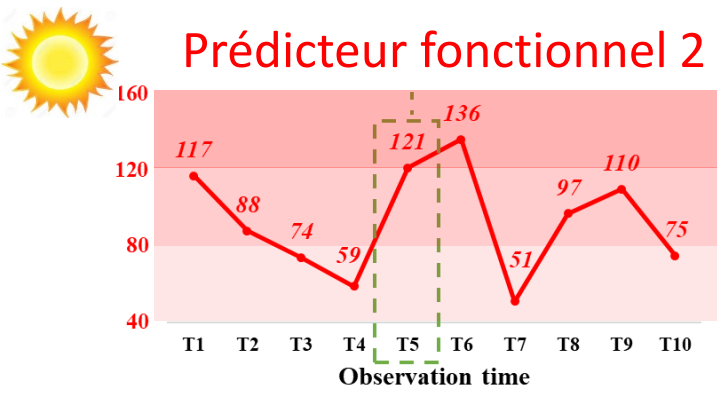




Création de classes de valeurs

-> Table de contingence

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

Prédicteur fonctionnel 2

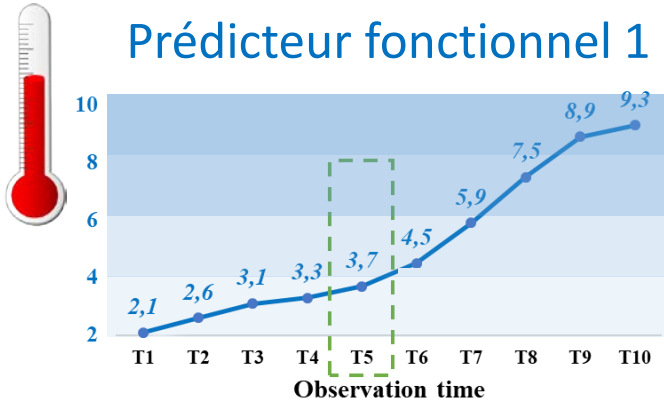


(temps passé sous chaque [  [ et [  [ )

# Approche d'analyse des données

## Transformation des données

Prédicteur fonctionnel 1

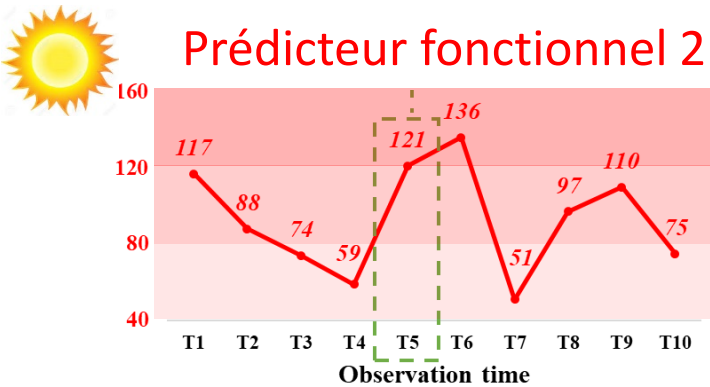



Création de classes de valeurs

-> 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

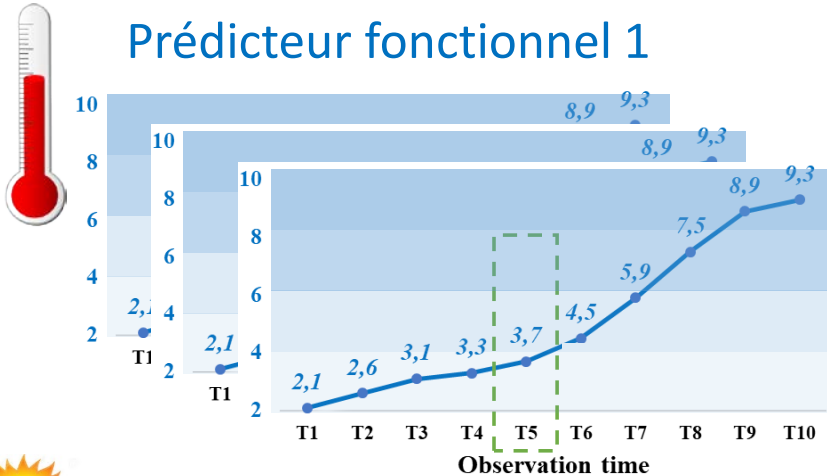


(temps passé sous chaque [  [ et [  [ )

# Approche d'analyse des données

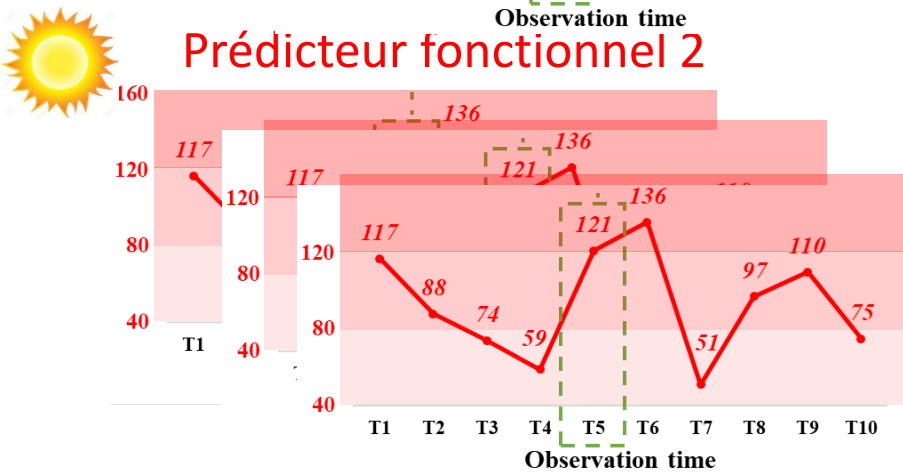
## Transformation des données

Prédicteur fonctionnel 1



x n individus

Prédicteur fonctionnel 2

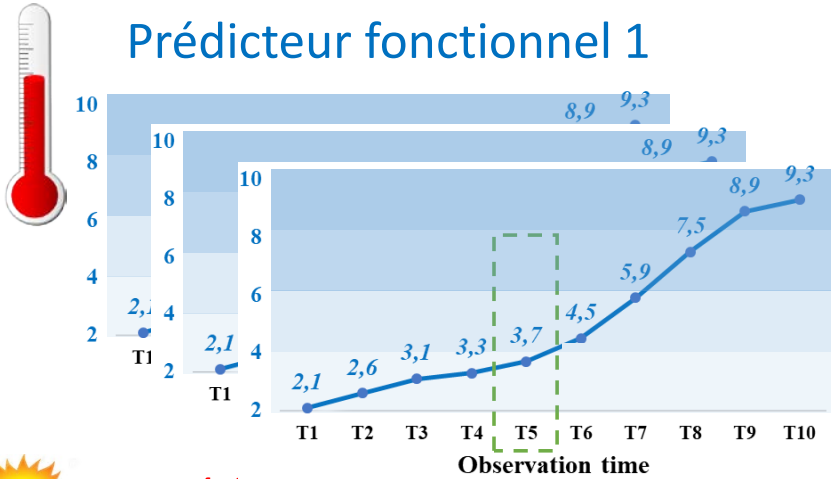


Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)
[8 Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[1 [40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)
[8 Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[1 [40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)
[80,120[	2 (T1 T2)	0	1 (T8)	1 (T9)
[120,160[	1 (T5)	1 (T6)	0	0

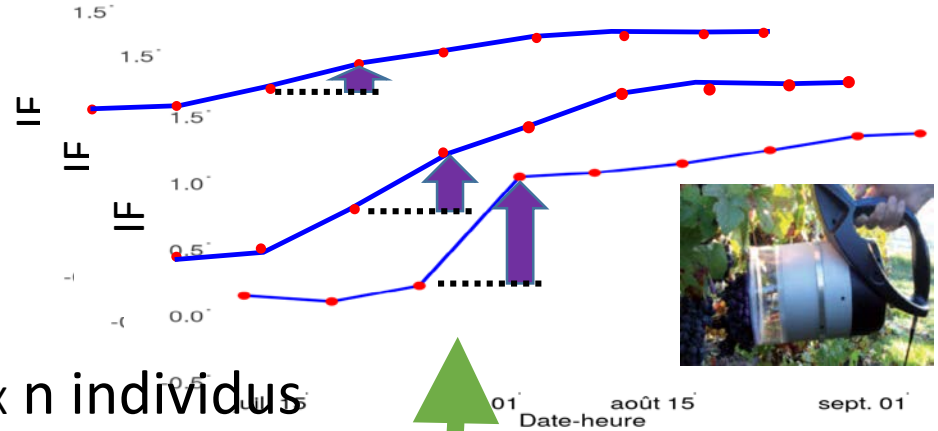
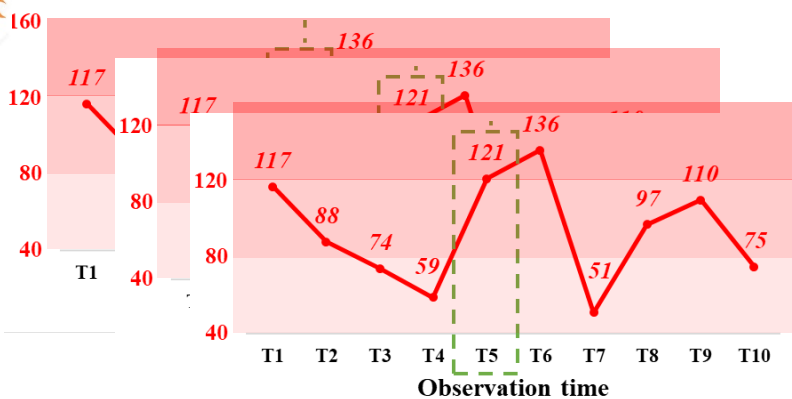
# Approche d'analyse des données

## Transformation des données

Prédicteur fonctionnel 1



Prédicteur fonctionnel 2



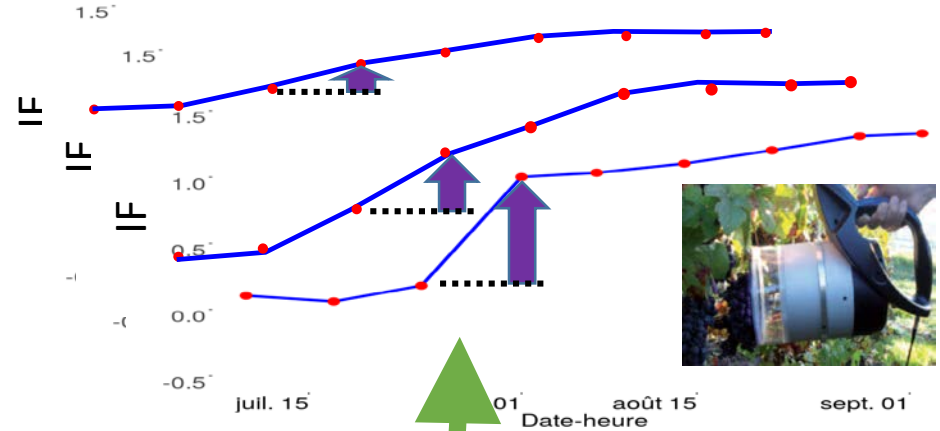
Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)
[80,120[	2 (T1 T2)	0	1 (T8)	1 (T9)
[120,160[	1 (T5)	1 (T6)	0	0

-> nouveaux prédicteurs

# Approche d'analyse des données

## Transformation des données

## Régression



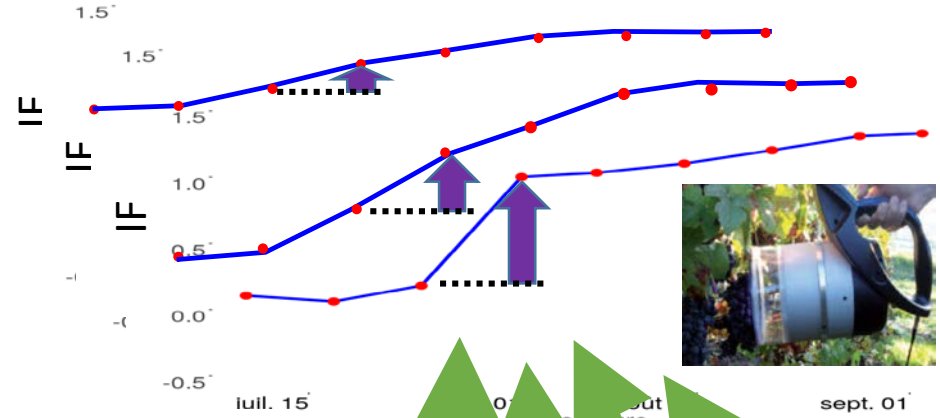
Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)
[8 Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[1 [40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)
[8 Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[1 [40,80[	2 (T3 T4)	1 (T7)	0	1 (T10)
[80,120[	2 (T1 T2)	0	1 (T8)	1 (T9)
[120,160[	1 (T5)	1 (T6)	0	0

-> nouveaux prédicteurs

# Approche d'analyse des données

## Transformation des données

## Régression



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

-> nouveaux prédicteurs  
très (trop) nombreux

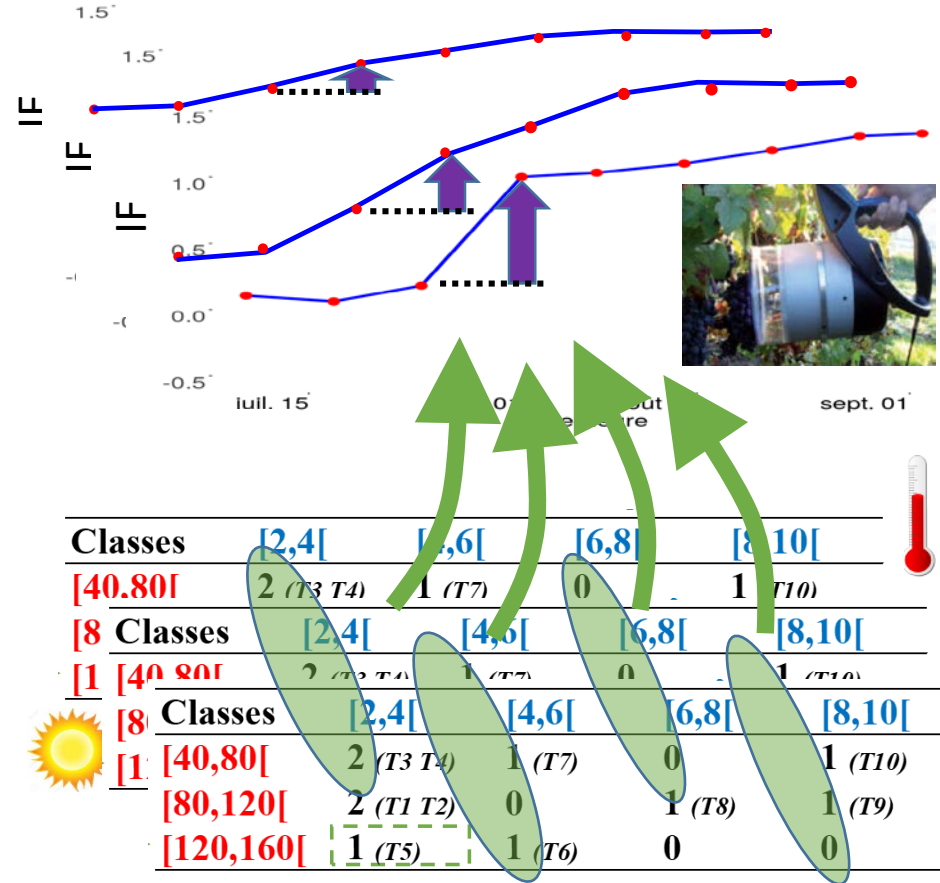
# Approche d'analyse des données

## 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

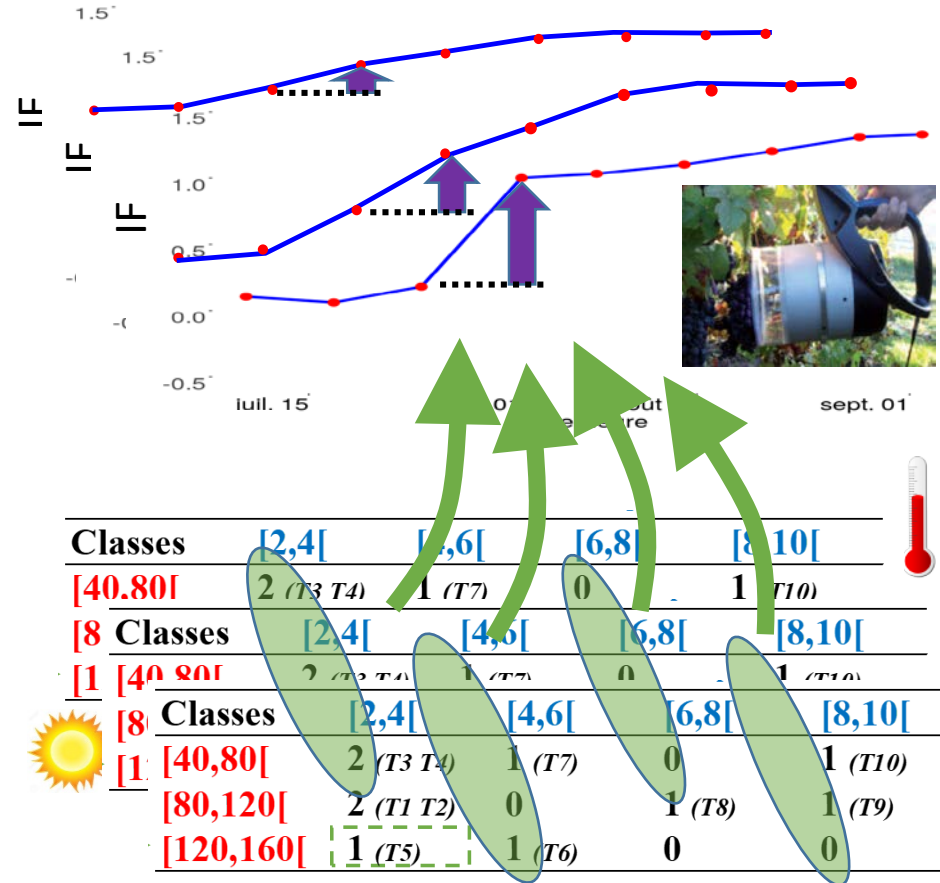
Régression



Sparse Fused Lasso  
(parcimonie sur nb de prédicteurs)

Optimisation du  
découpage en classes

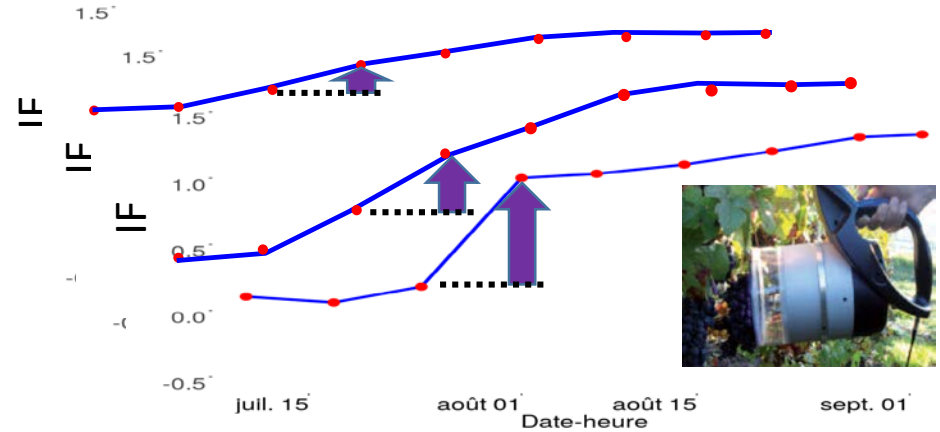
Choix du meilleur modèle : AIC



-> nouveaux prédicteurs  
très (trop) nombreux



# Approche d'analyse des données

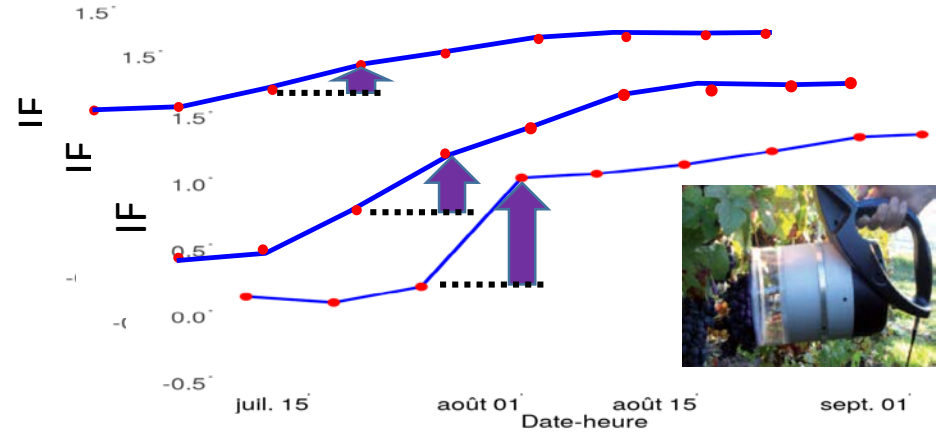


## Représentation des résultats

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
[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

WEBINAIRE 11 MARS  
JOURNÉE SCIENTIFIQUE  
VIGNE - VIN 2021

# Approche d'analyse des données

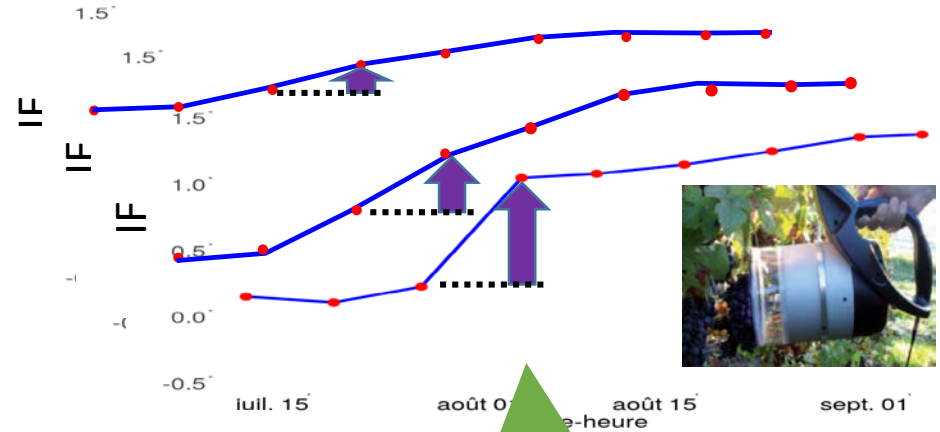


## Représentation des résultats

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



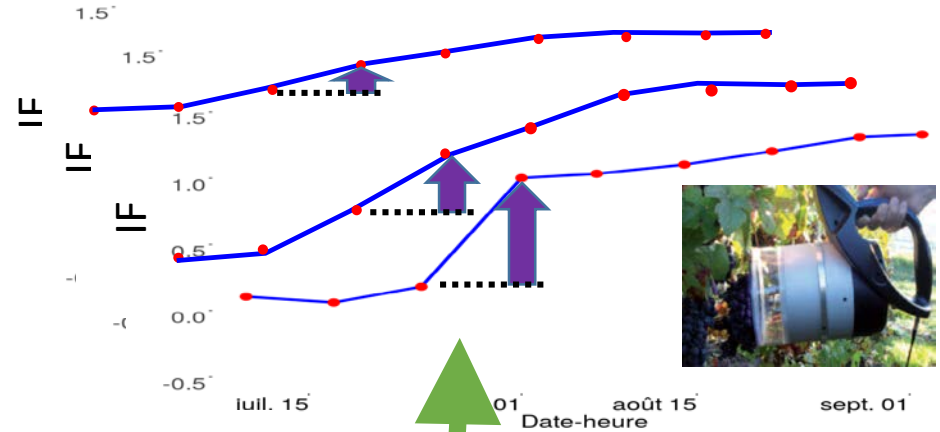
## Représentation des résultats

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

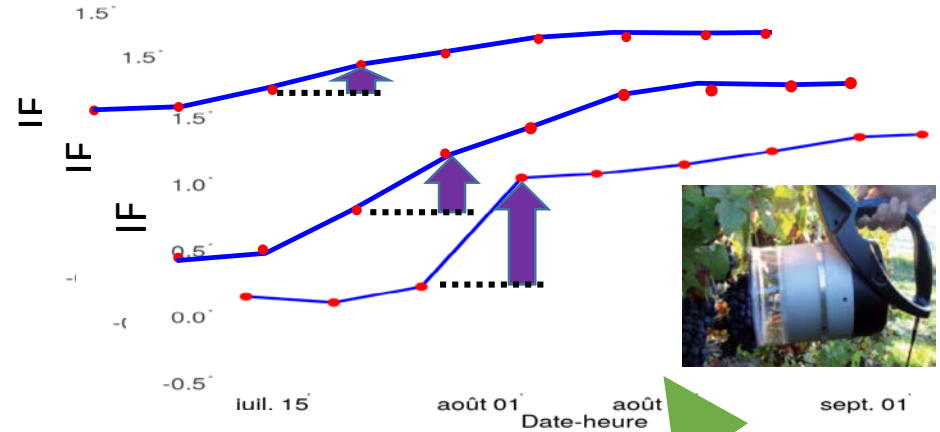


Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[40,80[		1 (T7)		1 (T10)
[80,120[	2 (T1 T2)	0	1 (T8)	1 (T9)
[120,160[	1 (T5)		0	0




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[

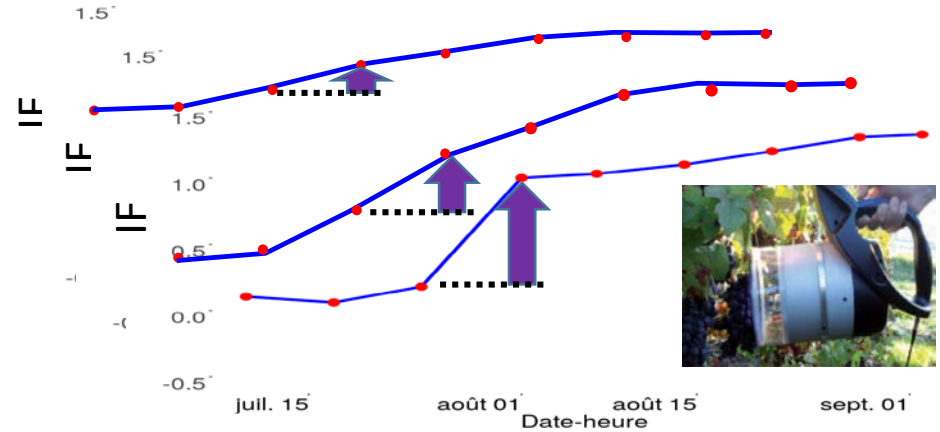


Classes	[2,4[	[4,6[	[6,8[	[8,10[
[40,80[	[REDACTED]	1 (T7)	[REDACTED]	1 (T10)
[80,120[	2 (T1 T2)	0	1 (T8)	1 (T9)
[120,160[	1 (T5)	[REDACTED]	0	[REDACTED]



Corrélation **négative**  
retenue par la méthode

# Approche d'analyse des données

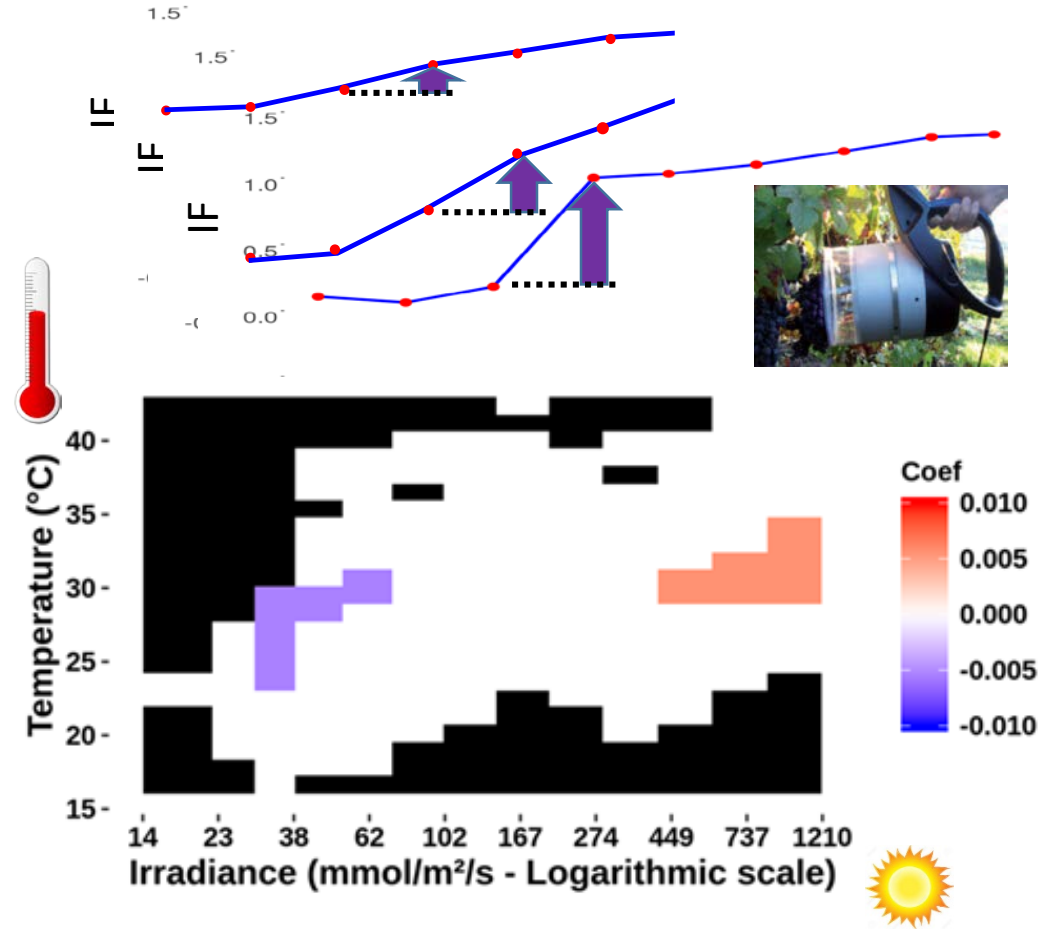


## Représentation des résultats

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



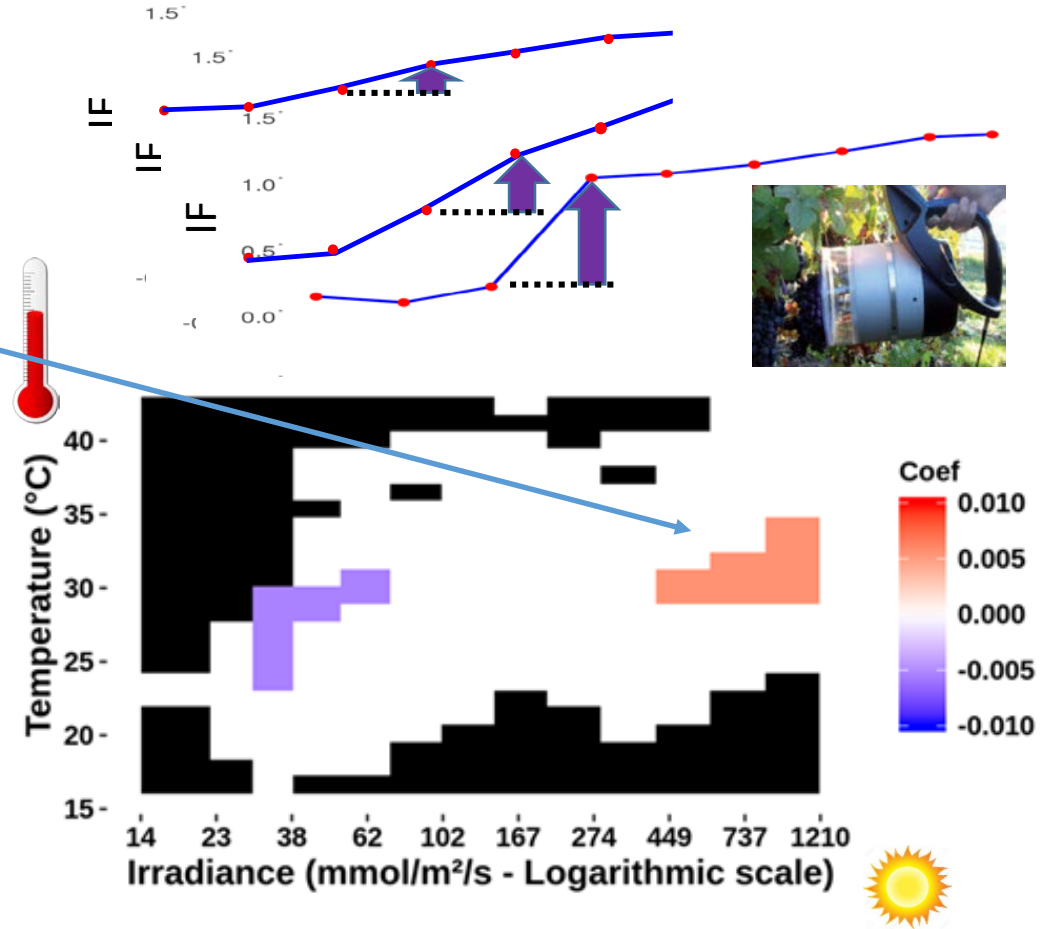
Exemple de résultat réel

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

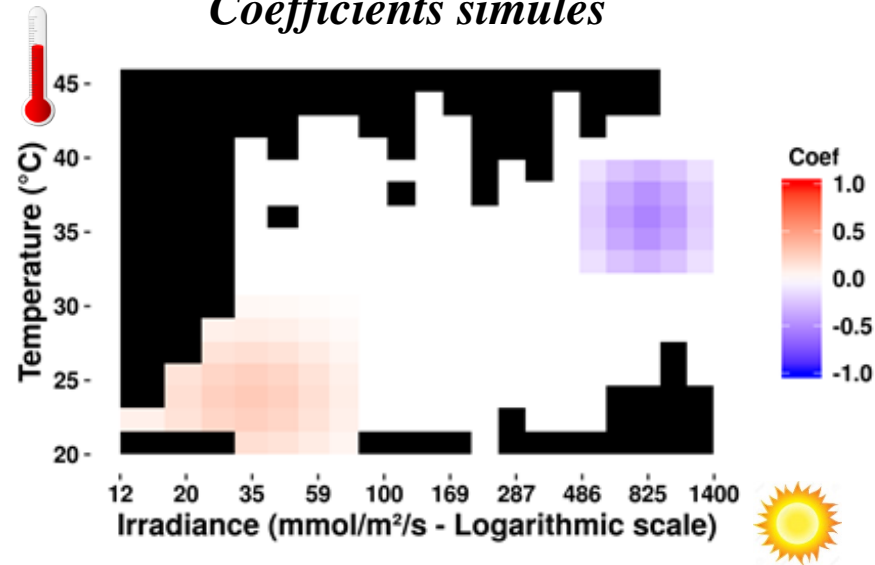
Exemple de résultat réel





# Evaluation de la méthode

## *Coefficients simulés*

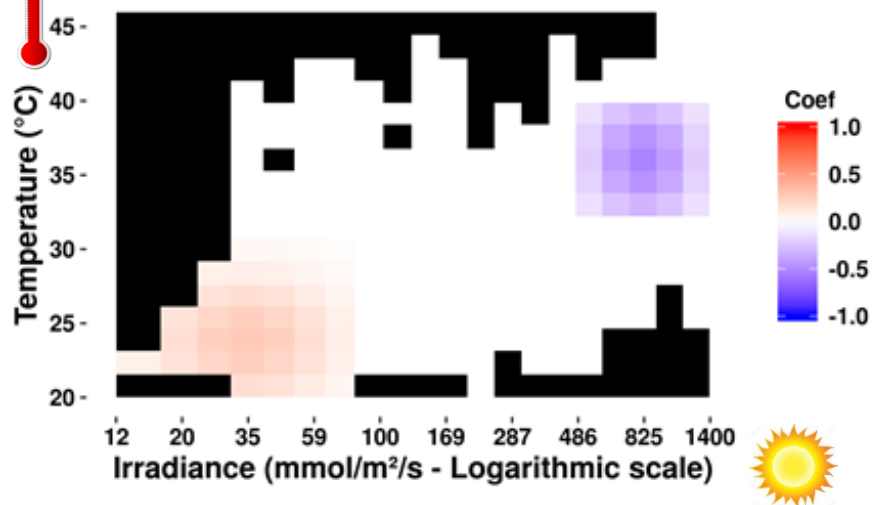


**WEBINAIRE 11 MARS**  
**JOURNEE SCIENTIFIQUE**  
**VIGNE - VIN 2021**

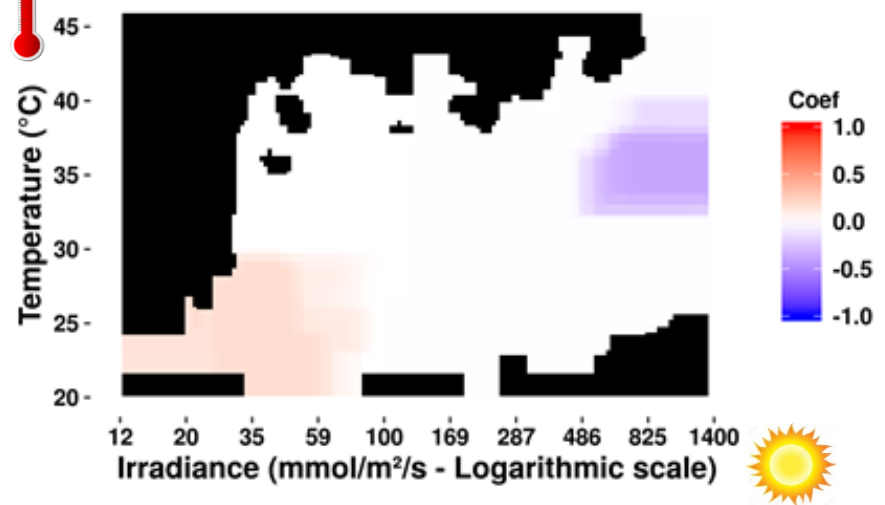


# Evaluation de la méthode

*Coefficients simulés*

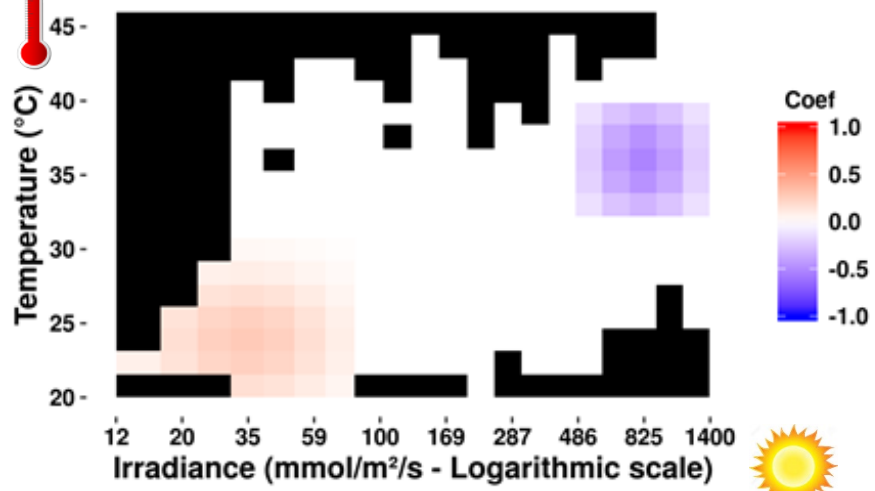


*coefficients estimés*

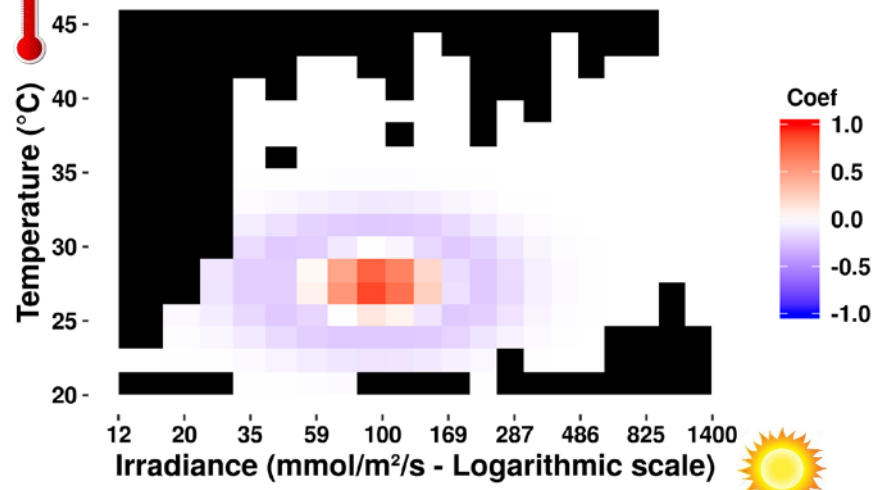
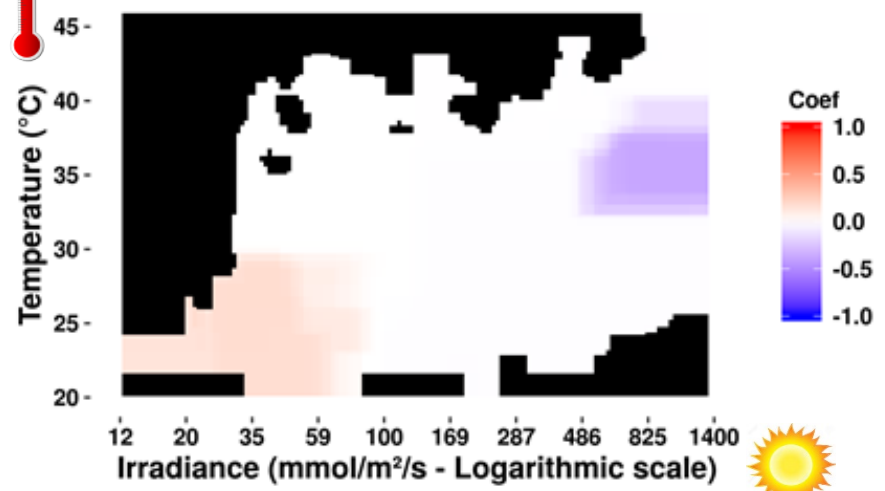


# Evaluation de la méthode

*Coefficients simulés*



*coefficients estimés*

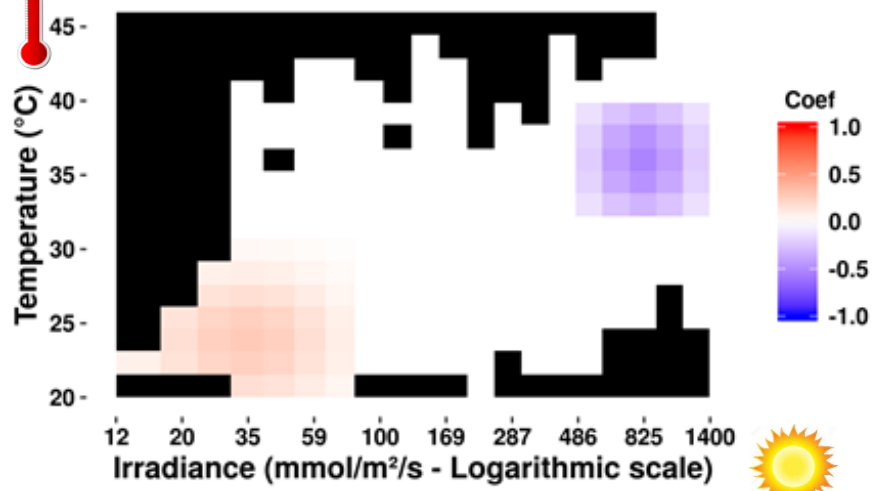


**WEBINAIRE 11 MARS**  
**JOURNEE SCIENTIFIQUE**  
**VIGNE - VIN 2021**

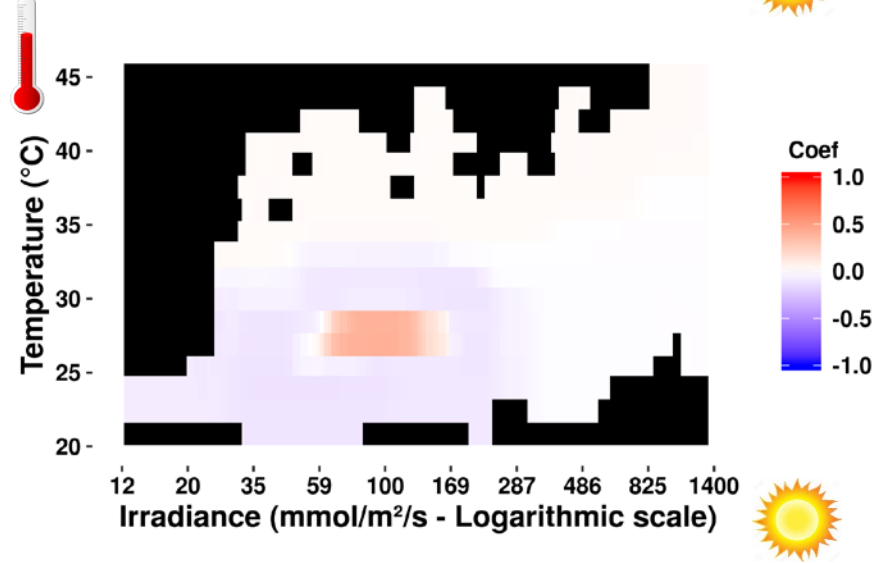
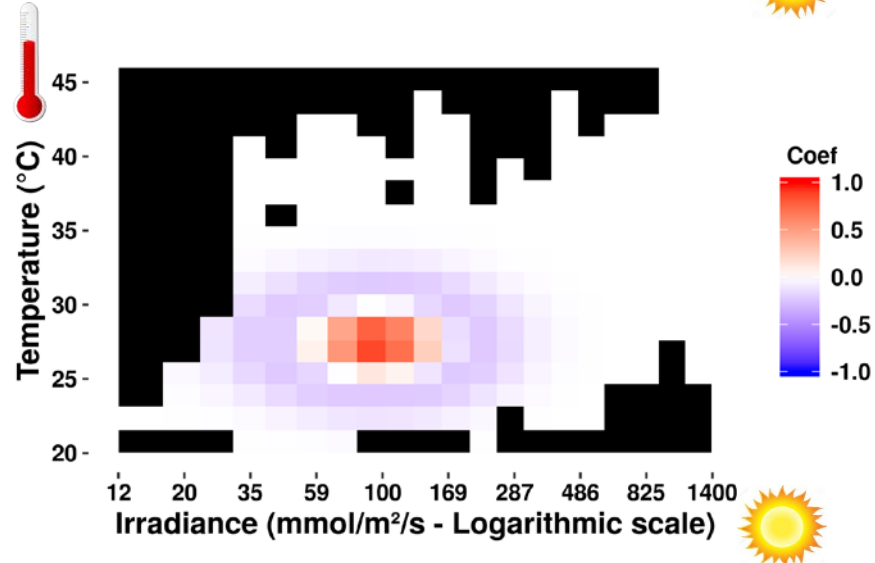
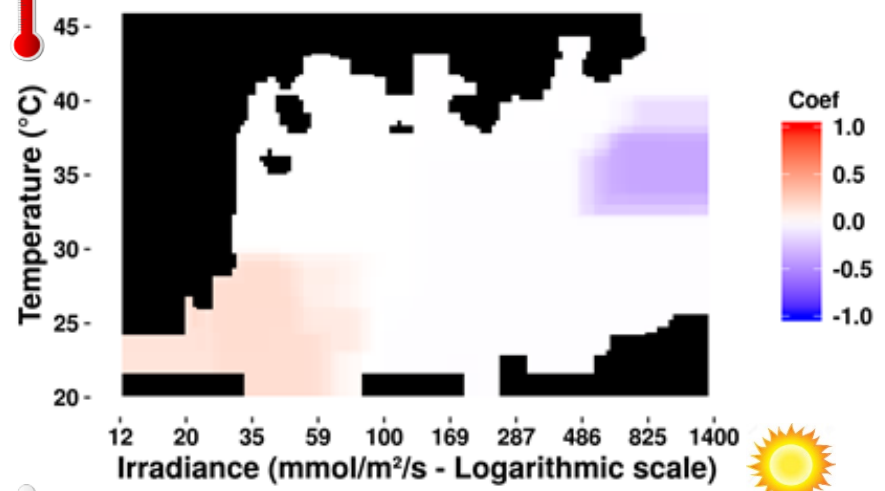


# Evaluation de la méthode

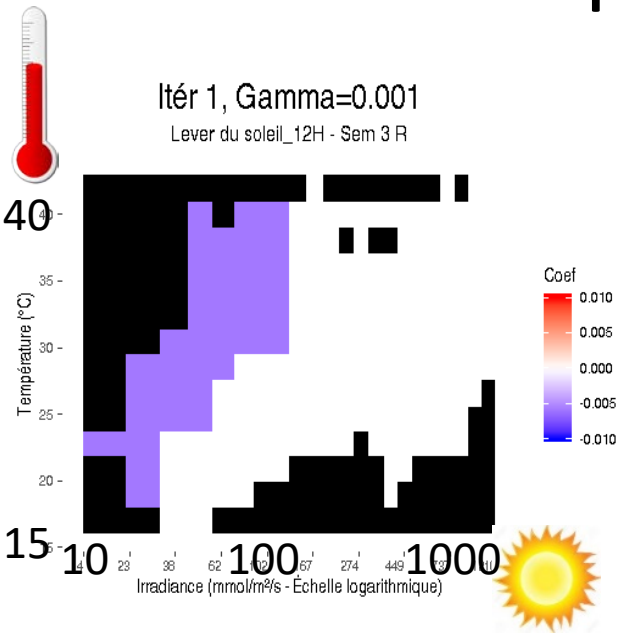
*Coefficients simulés*



*coefficients estimés*



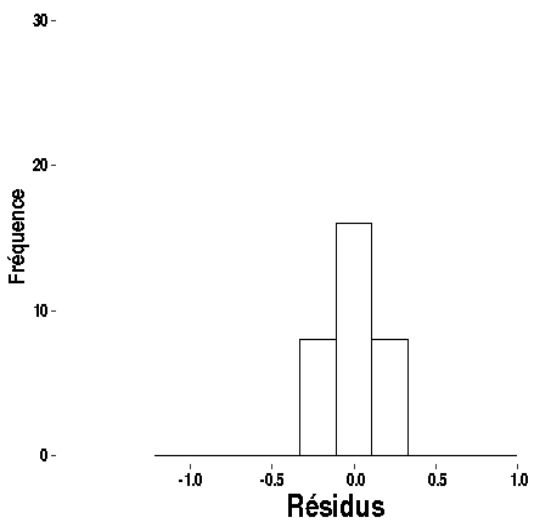
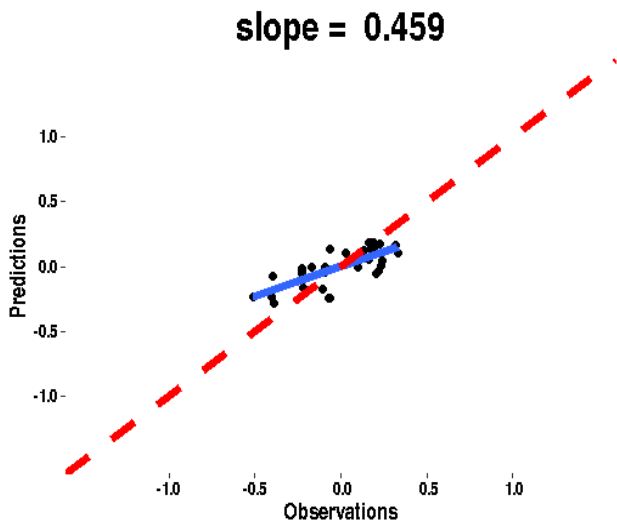
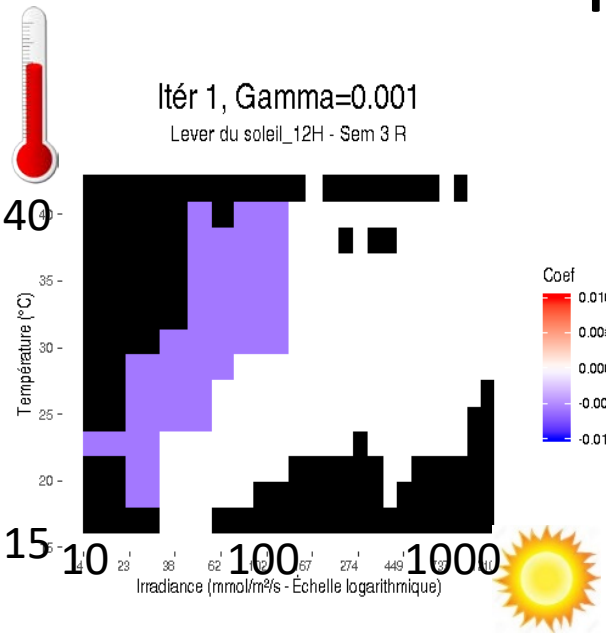
# Résultats de l'approche sur données réelles



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



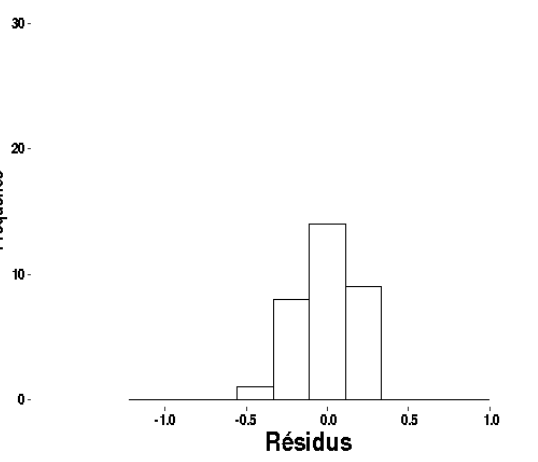
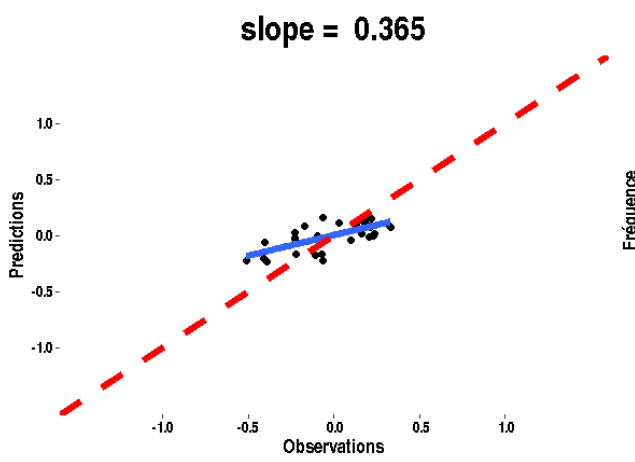
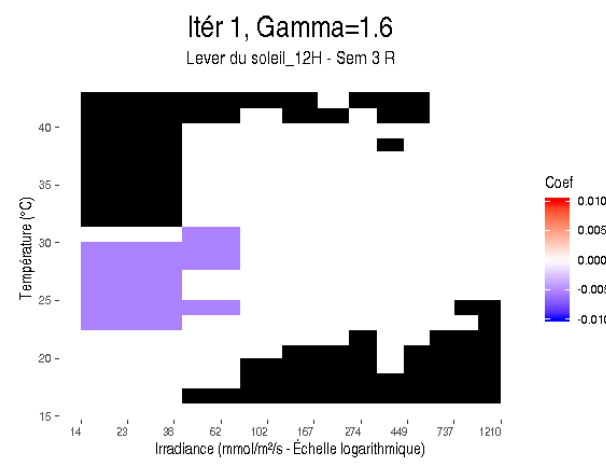
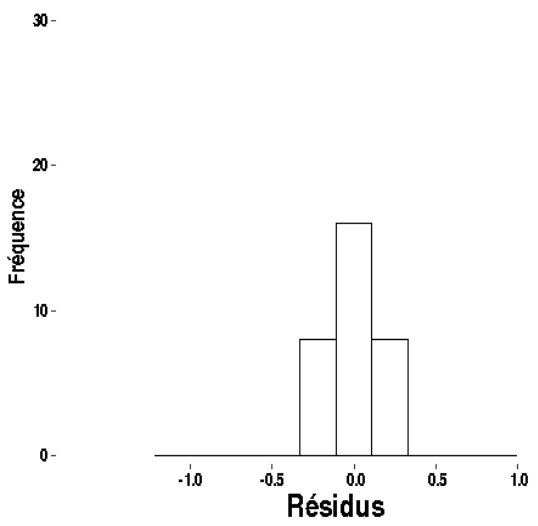
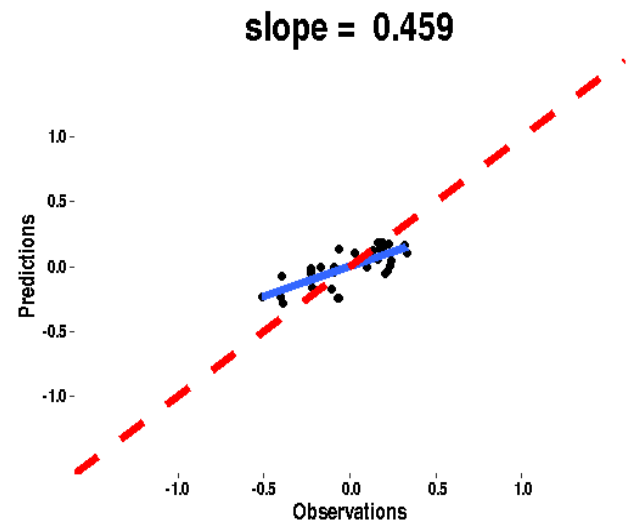
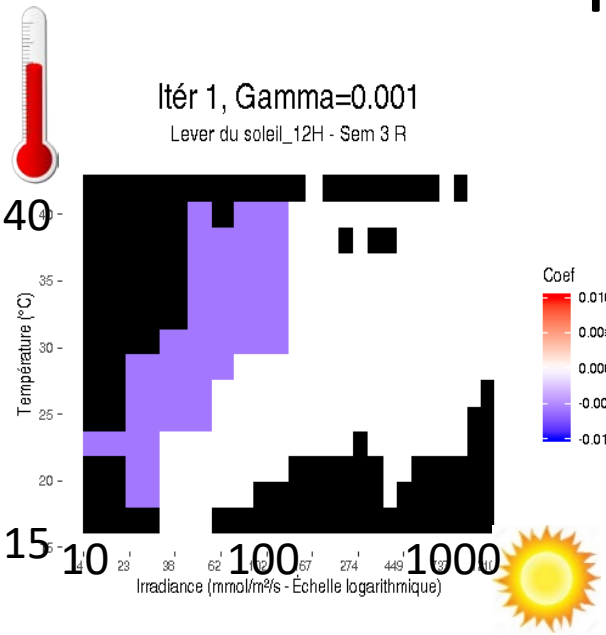
# Résultats de l'approche sur données réelles



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



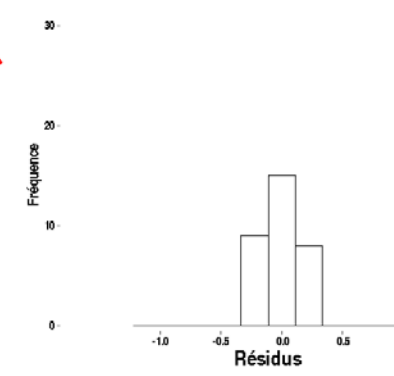
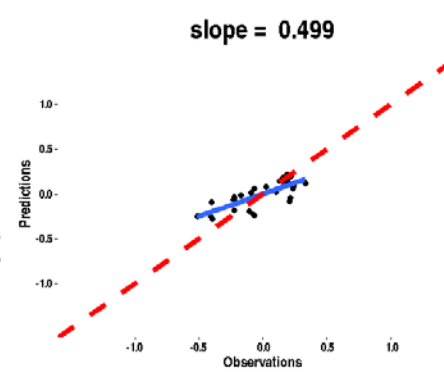
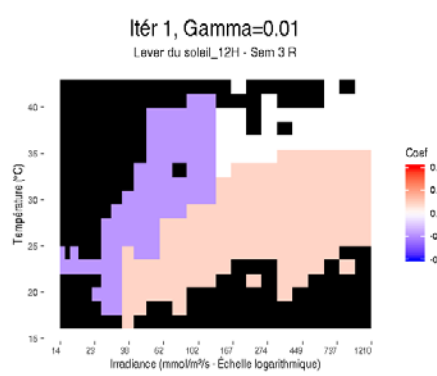
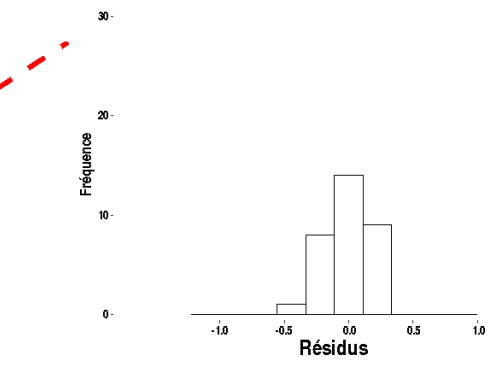
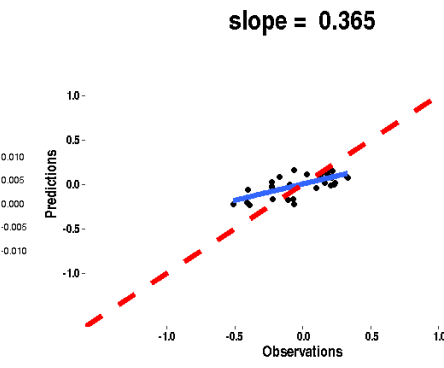
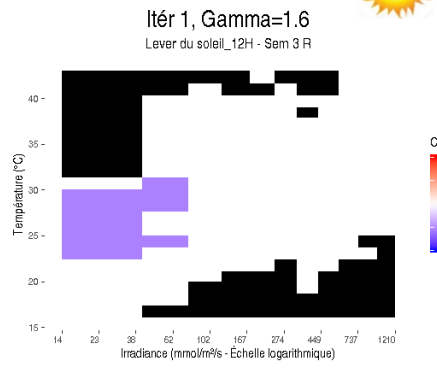
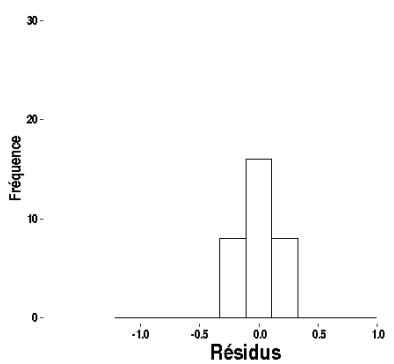
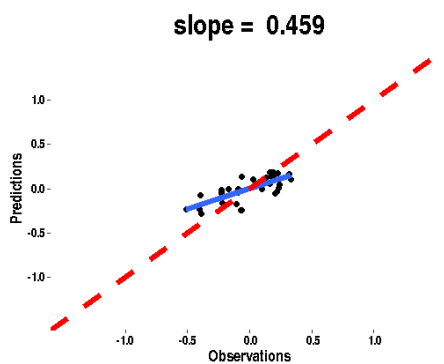
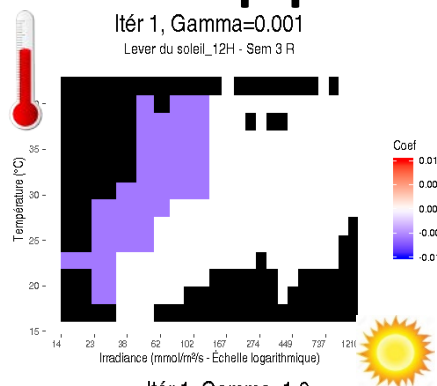
# Résultats de l'approche sur données réelles



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



# Résultats de l'approche sur données réelles



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



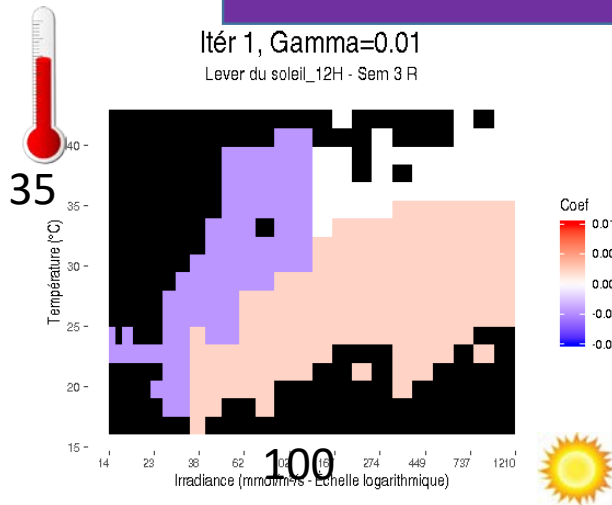


# Résultats de l'approche sur données réelles

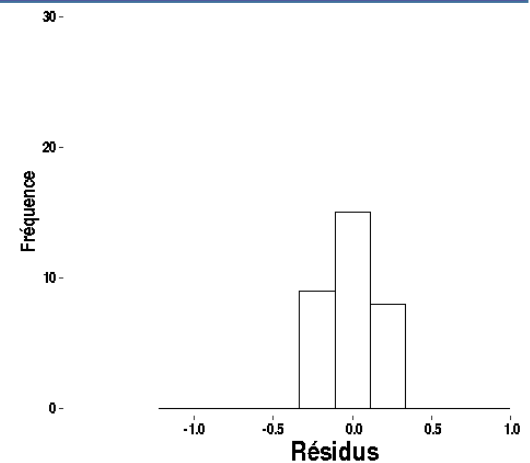
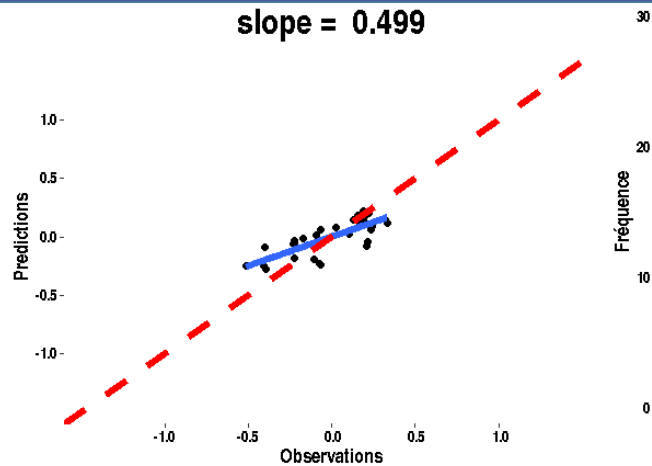
À ce stade de l'analyse (matinée, semaine 3, attardés)

- ❑ 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  
JOURNÉE SCIENTIFIQUE  
VIGNE - VIN 2021

# Conclusions

$$\hat{\alpha} = \hat{\nu} \left( \frac{\sum (x_i - \bar{x}) a_i}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \right) = \hat{\nu} \left( \frac{\sum (x_i - \bar{x}) a_i}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \right) = \frac{\hat{\nu} \left[ \frac{\sum (x_i - \bar{x}) a_i}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \right]}{\left[ \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \right]}$$
$$\frac{\sum \hat{\nu} ((x_i - \bar{x}) a_i)}{\left[ \sum (x_i - \bar{x})^2 \right]} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 \hat{\nu} (a_i)}{\left[ \sum (x_i - \bar{x})^2 \right]}$$

## ➤ 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*

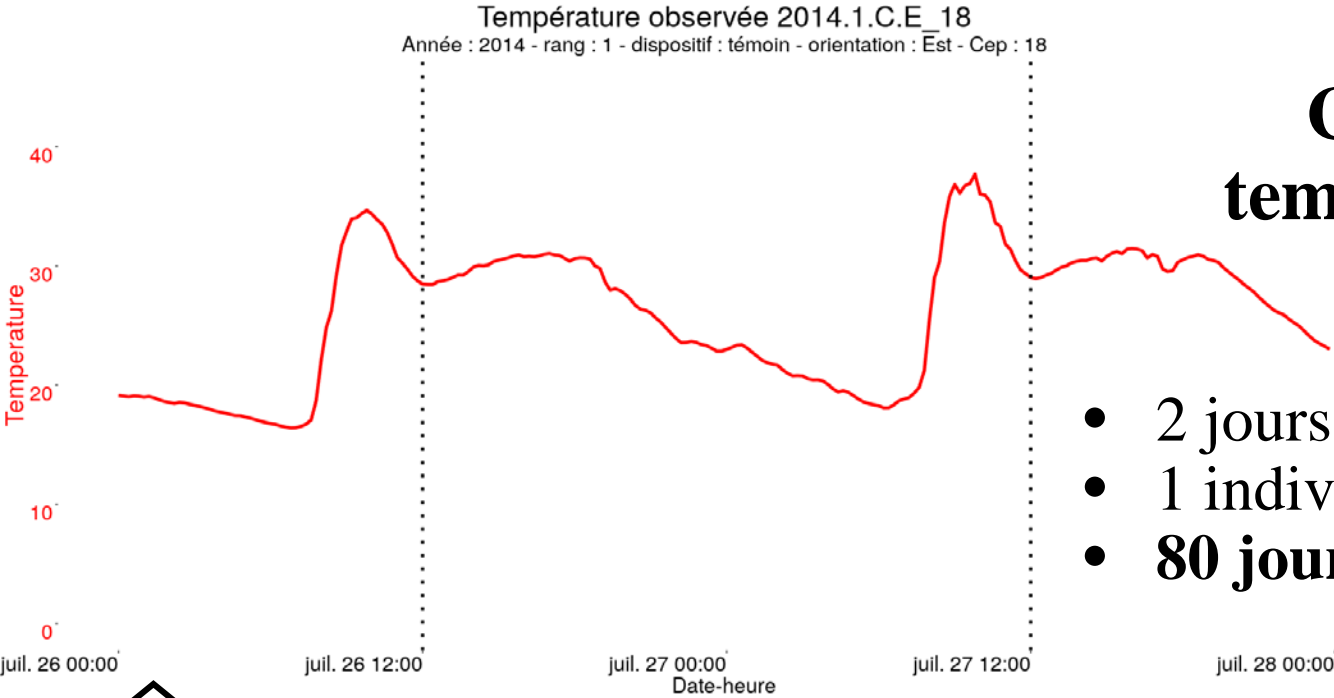


**WEBINAIRE 11 MARS**  
**JOURNEE SCIENTIFIQUE**  
**VIGNE - VIN 2021**

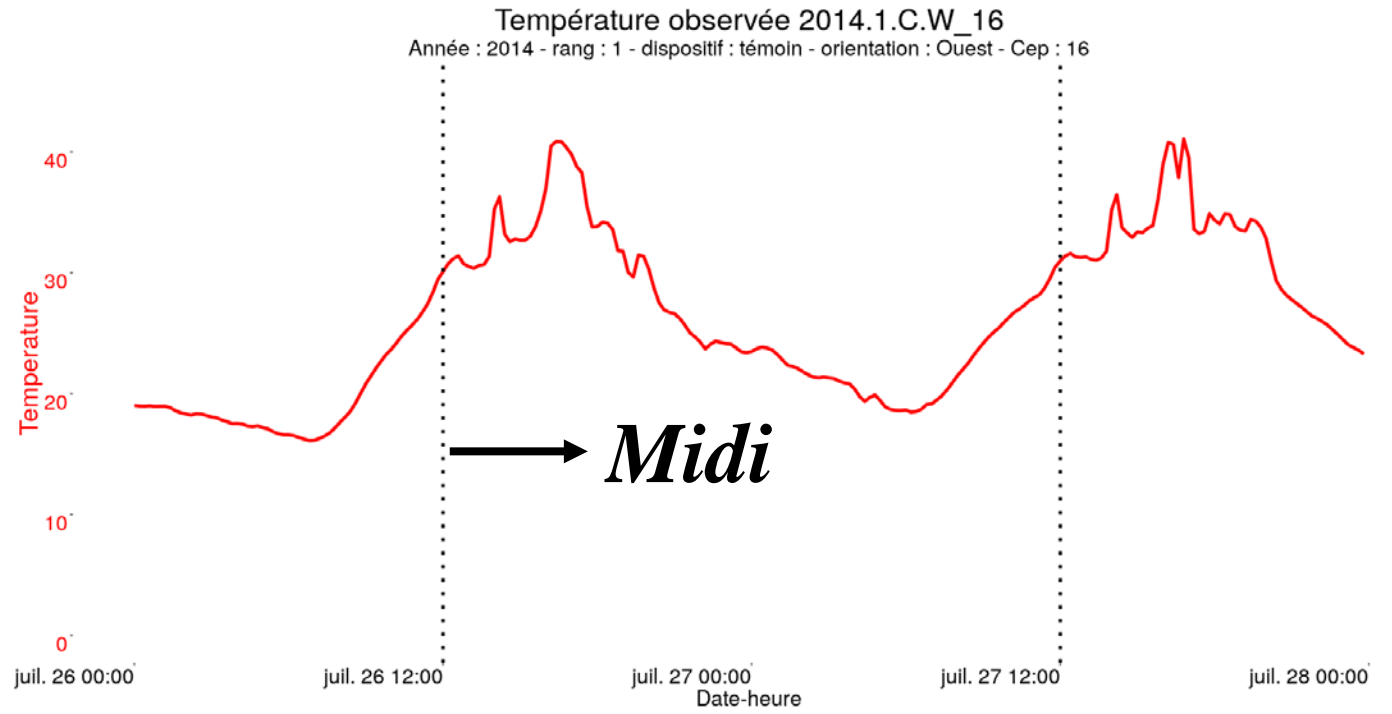
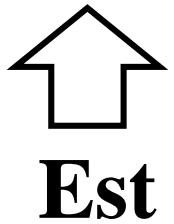




# Courbes de température $\tau(t)$



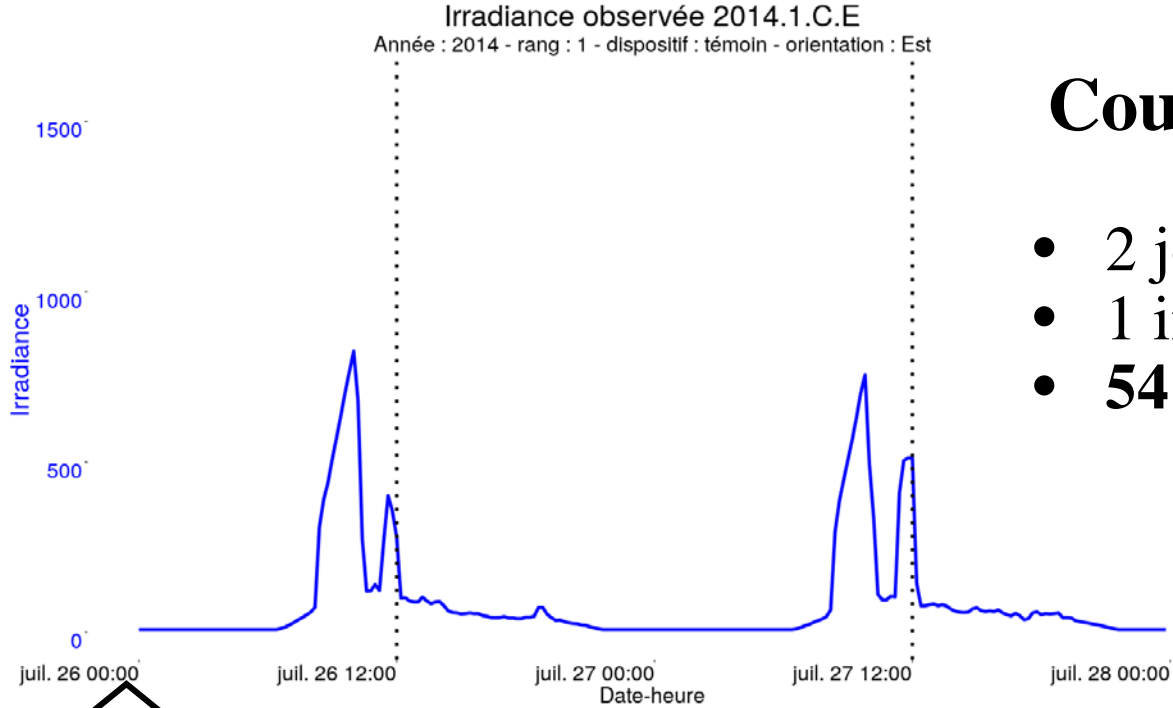
- 2 jours d'observations (fig)
- 1 individu statistique
- **80 jours au total / ind**





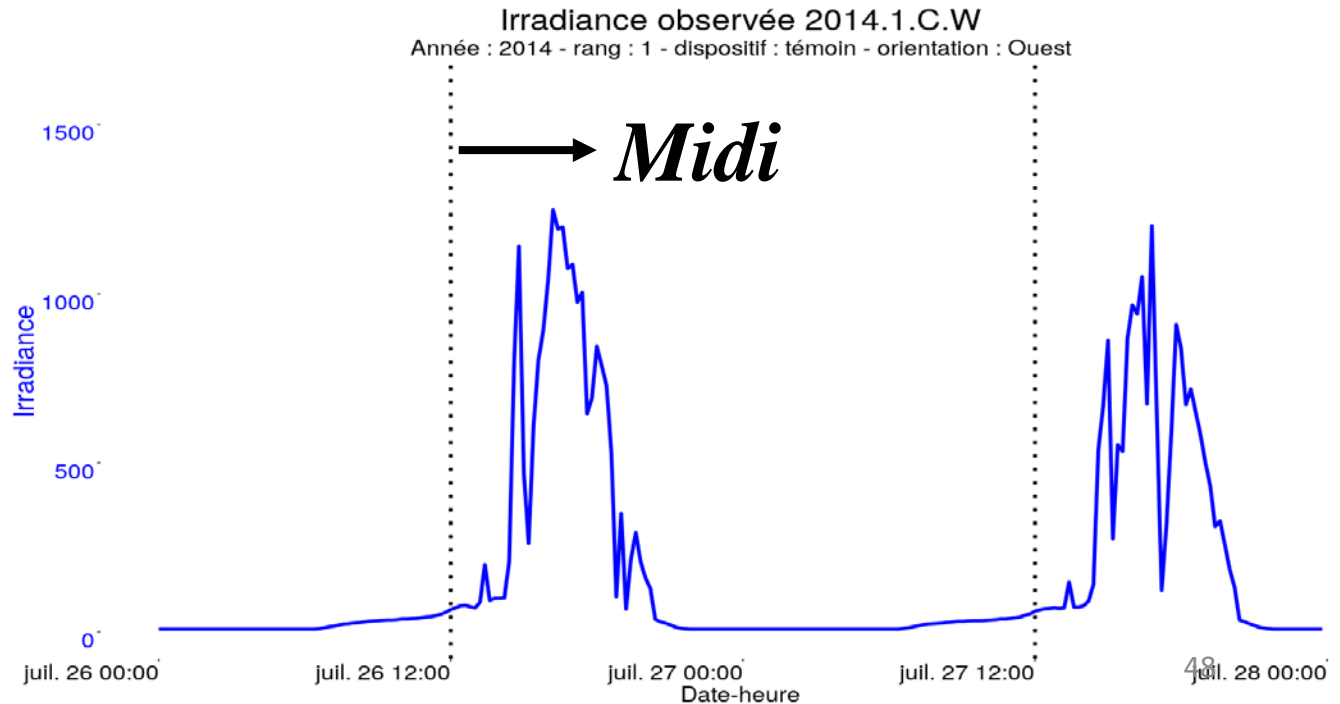
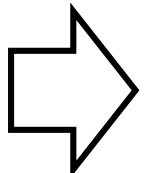
# Courbes d'irradiance $I(t)$

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



Est

Ouest



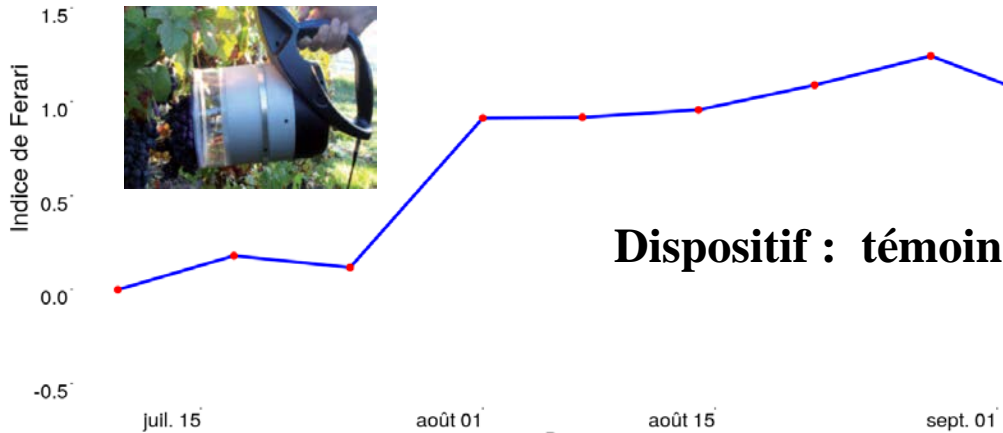
→ *Midi*

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

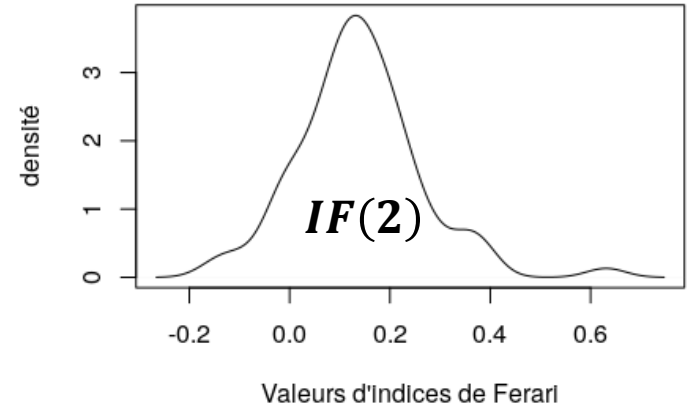
$$\Delta IF(s) = IF(d) - IF(d - 1) \quad s = 2$$

Indice de Ferrari observée 2014.1.C.E\_18  
 Année : 2014 - rang : 1 - dispositif : témoin - orientation : Est - Cep :18

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

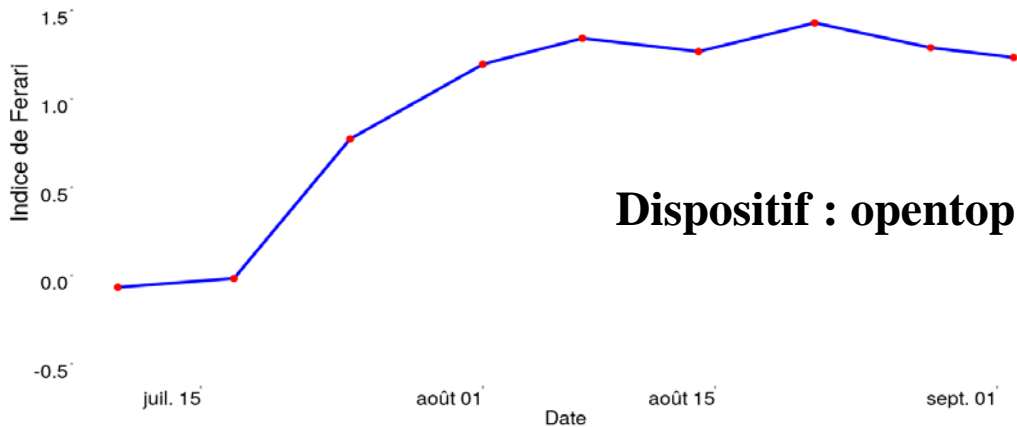


Indices de Ferrari IF2

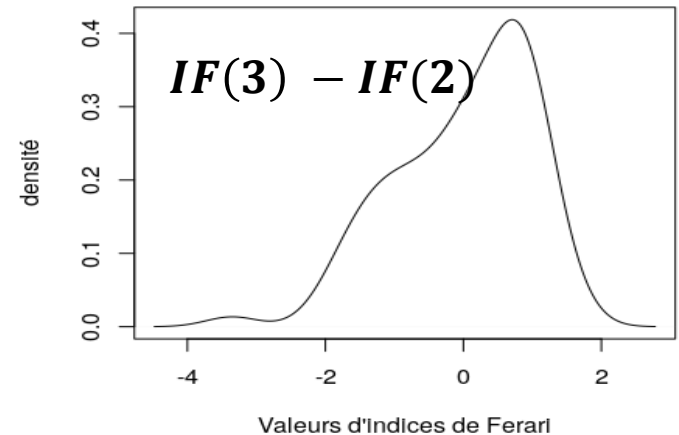


Indice de Ferrari observée 2014.1.O.T.E\_5  
 Année : 2014 - rang : 1 - dispositif : OpenTop - orientation : Est - Cep :5

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



Indices de Ferrari IF3-IF2 centrée réduite



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

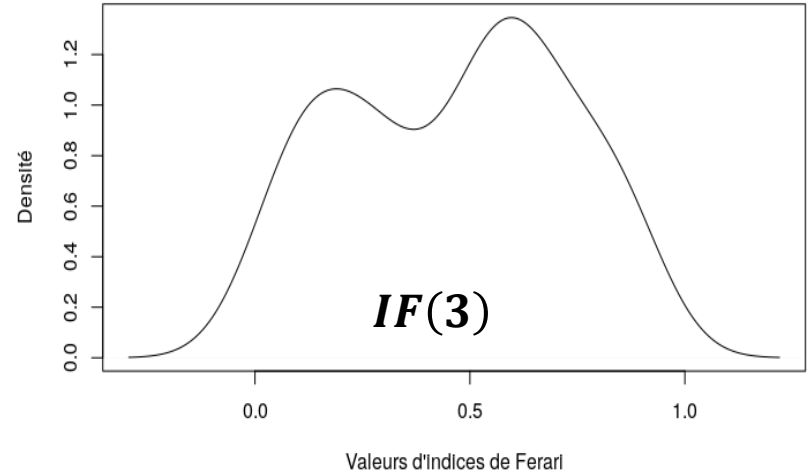
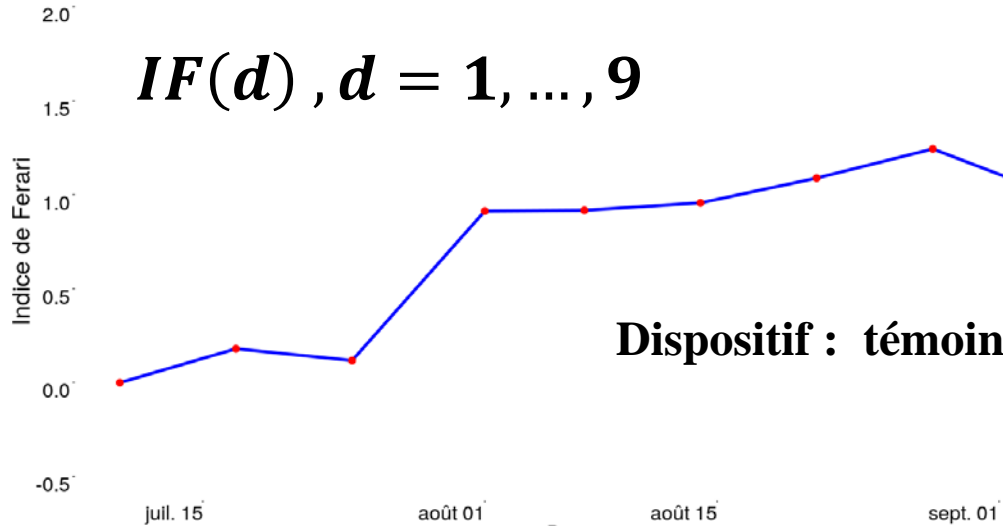
# Indice de Ferrari $IF(d) \rightarrow$ variable à expliquer :

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

Indice de Ferrari observée 2014.1.C.E\_18  
Année : 2014 - rang : 1 - dispositif : témoin - orientation : Est - Cep :18

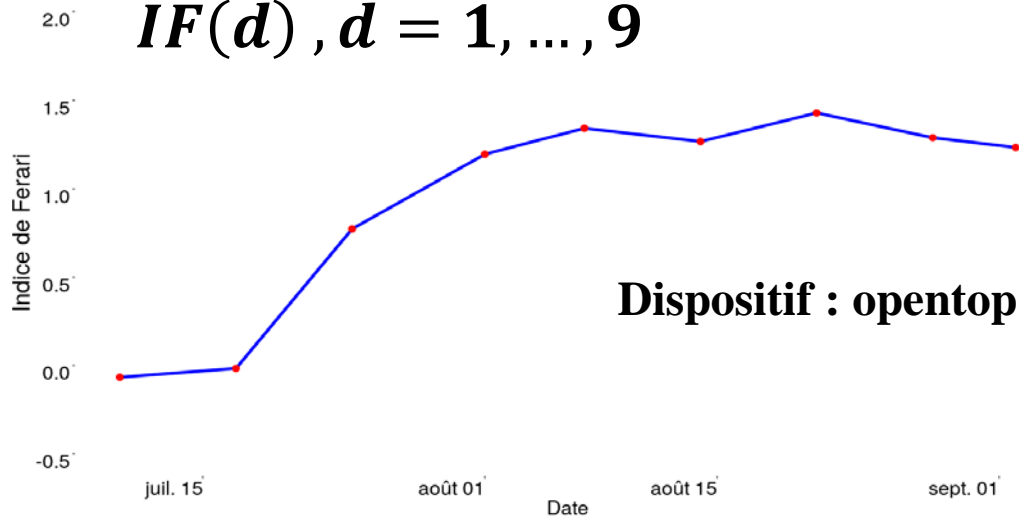
Indices de Ferrari (IF3)

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

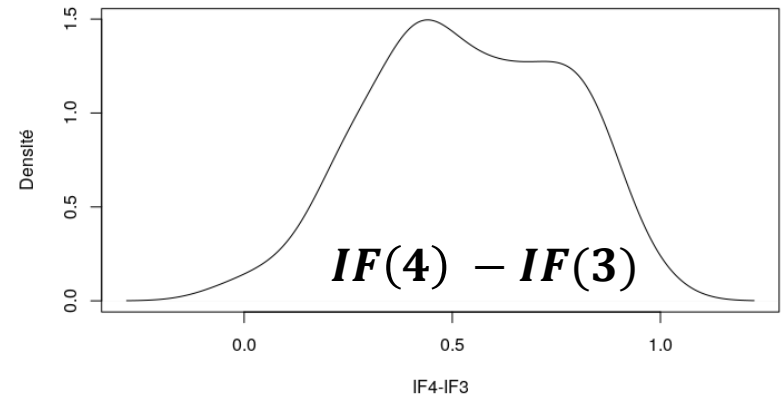


Indice de Ferrari observée 2014.1.O.T.E\_5  
Année : 2014 - rang : 1 - dispositif : OpenTop - orientation : Est - Cep :5

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



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<sub>max</sub>* : Valeur maximale d'irradiance observée
- *x<sub>j</sub>* : borne de classe