



# Evaluation d'un modèle de caractérisation du vécu hydrique des cultures



Présentation orale - Stage de fin d'études

Maé GUINET



Maitre de stage : Jacques WERY

Co-encadrants : Nicolas BERTRAND et Sébastien ROUX

23 Septembre 2015



# INTRODUCTION

# Caractérisation du déficit hydrique

## ▪ Mesures de variables d'état hydrique :

- sur la plante
  - dans le sol
- Lourdes et couteuses  
→ Pas toujours régulières  
→ Absence de mémoire des mesures

## ▪ Modélisation du stress hydrique perçu par la plante :

- estimer l'écart de rendement dû au manque d'eau
- outil d'aide à la décision pour réguler le déficit hydrique
- vision critique des pratiques agricoles

dans des systèmes qui tendent à se complexifier



# Création du modèle BIS-Wat

Début en 2012

Elaboration du modèle BIS-Wat (Bispecific Intercropped System - Water stress dynamics model)

→ 4 principes

- transparent
- suffisamment générique
- relativement simple
- absence de calibration

→ Sortie : humidité volumique, indicateur de stress hydrique (FTSW)

Evaluation sur un système vigne sol nu avant le stage



# Présentation du sujet

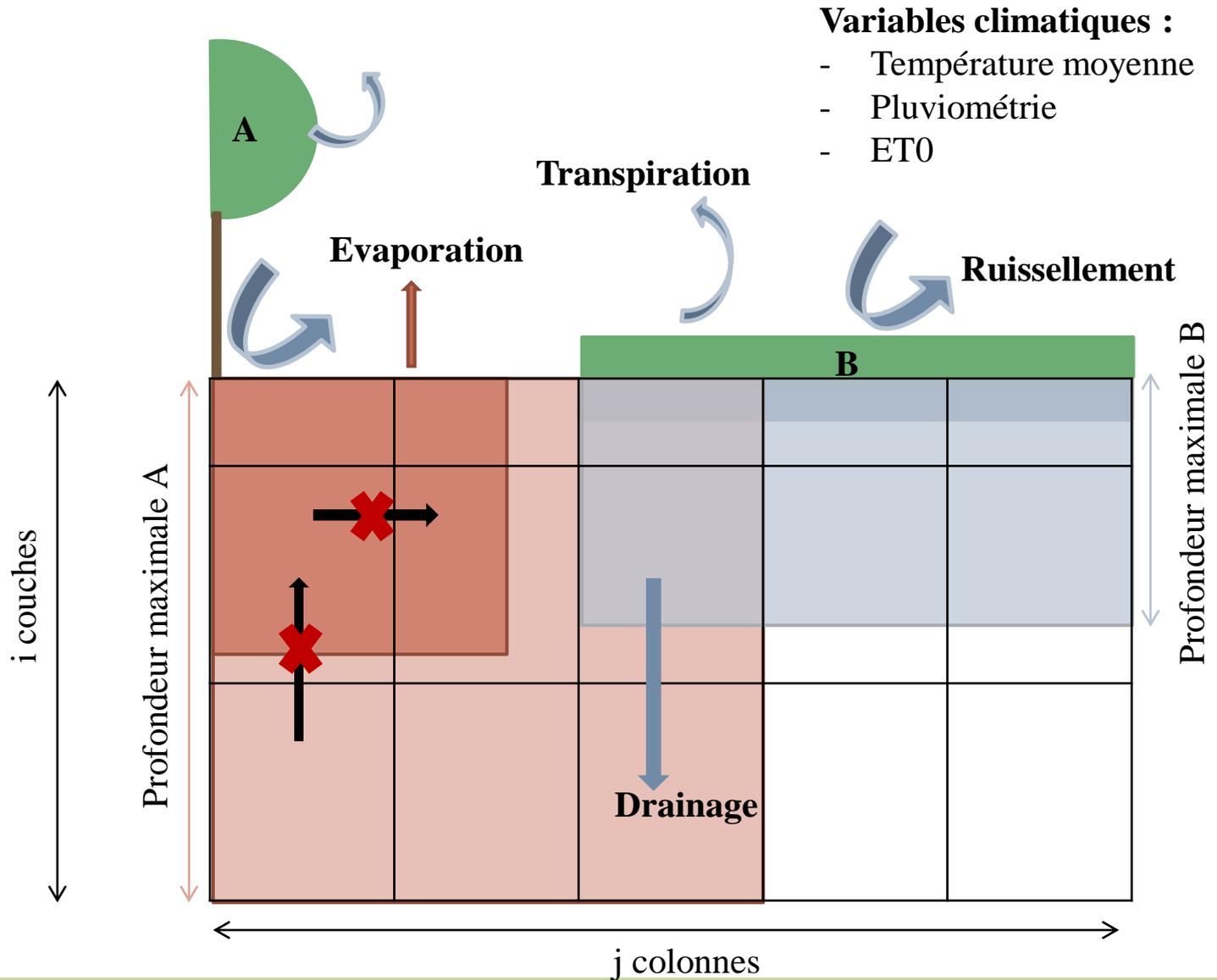
- Capacité du modèle BIS-Wat à caractériser des trajectoires hydriques
- 3 principaux objectifs :
  - Evaluation du modèle en confrontant les données d'humidité simulées avec des données mesurées au champ
  - Evaluation de l'erreur, lors du passage de la variable humidité du sol à l'indicateur du stress hydrique du sol vécu par la plante (FTSW).
  - Caractérisation de trajectoires de stress hydrique en fonction des objectifs de production et les confronter aux simulations.





## MATERIEL & METHODES

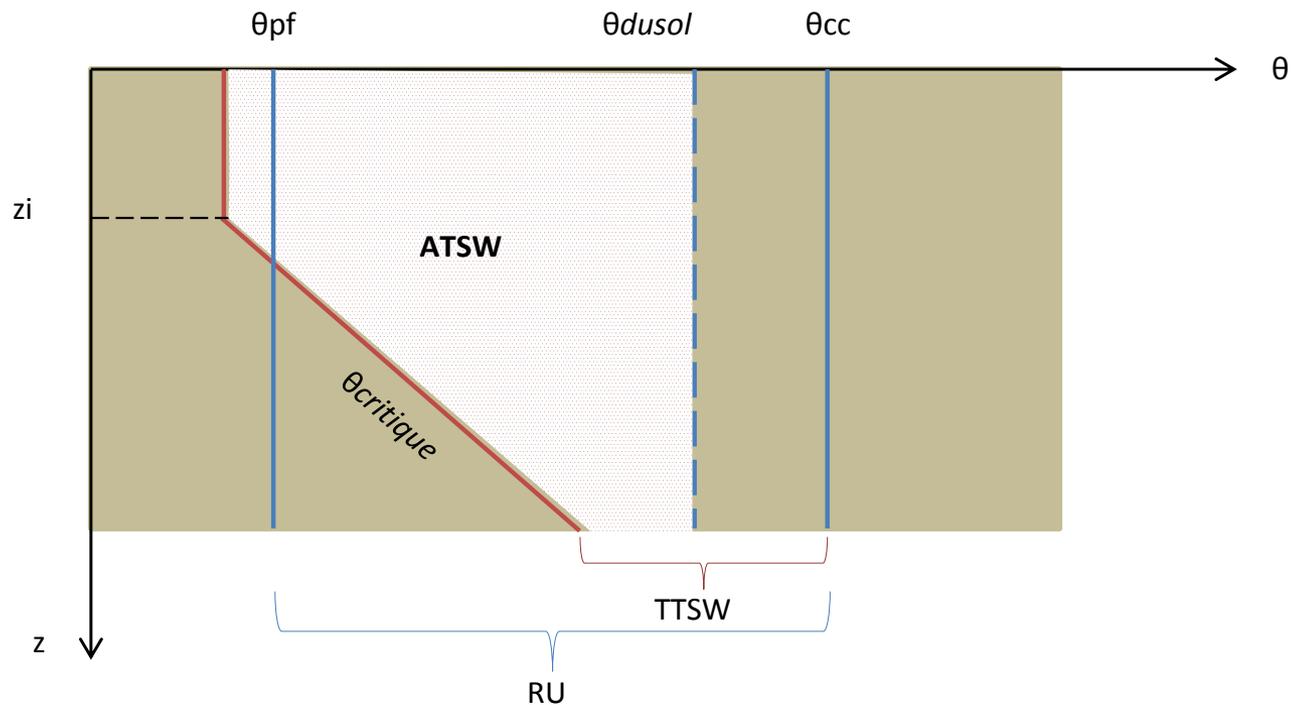
# Présentation du modèle



# Simulation d'un indicateur de stress

- Humidité → FTSW (Fraction of Transpirable Soil Water)

$$FTSW = \frac{ATSW}{TTSW} = \frac{\theta_{dusol} - \theta_{critique}}{\theta_{cc} - \theta_{critique}}$$



- Indicateur de stress hydrique du sol subi par la plante (Sinclair et Ludlow, 1986)

# Méthode d'évaluation



## Interaction avec :

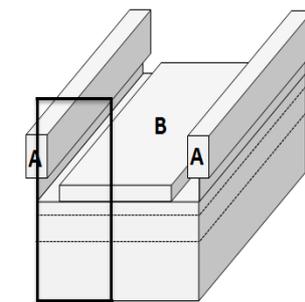
- 11 chercheurs et thésards
- 4 ingénieurs et techniciens de centres d'expérimentation

↳ Questionnaire

1

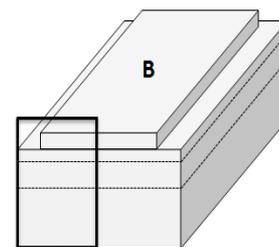
Recueil des jeux de données  
et paramétrage

Vigne avec sol nu ou enherbée



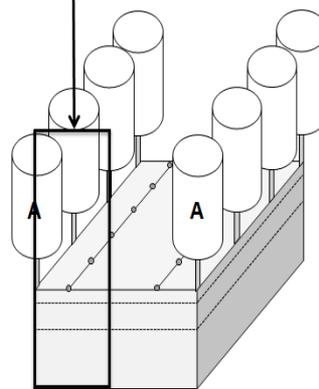
(a)

Blé / maïs / laitues sous abris

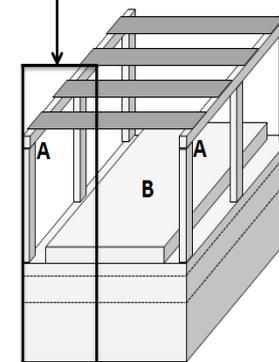


(b)

2D modeling patterns for  
contrasted scenarios



(c)



(d)

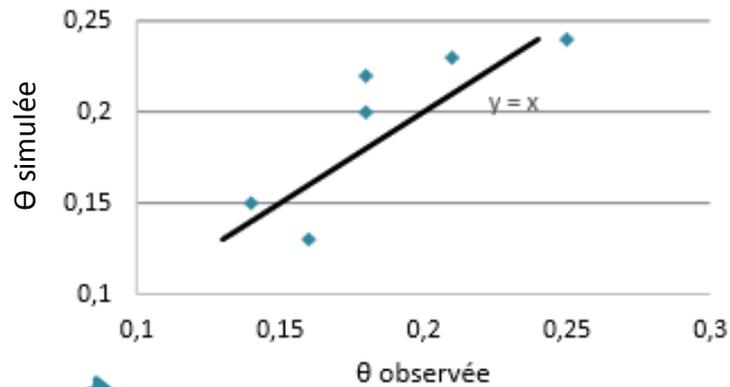
Verger enherbé ou sol nu

Laitues et concombres sous  
panneaux photovoltaïques

# Méthode d'évaluation

2

Comparaison des humidités mesurées aux humidités simulées



1

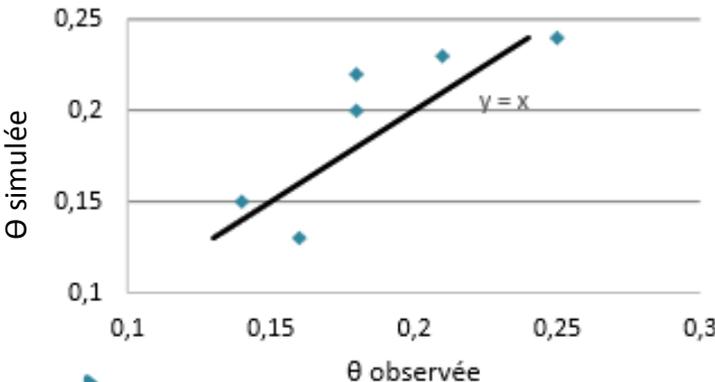
Recueil des jeux de données  
et paramétrage

# Méthode d'évaluation



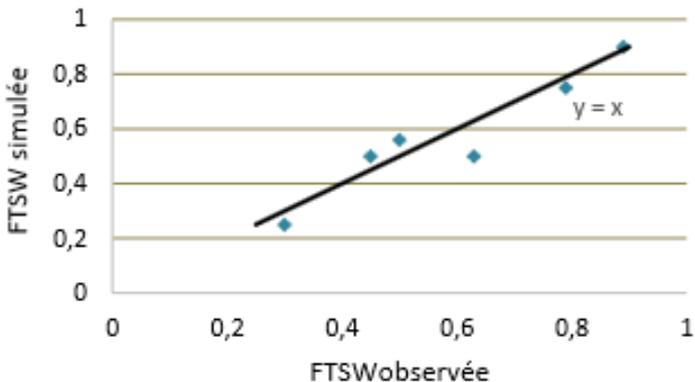
2

Comparaison des humidités mesurées aux humidités simulées



3

Comparaison des FTSW mesurées aux FTSW simulées



1

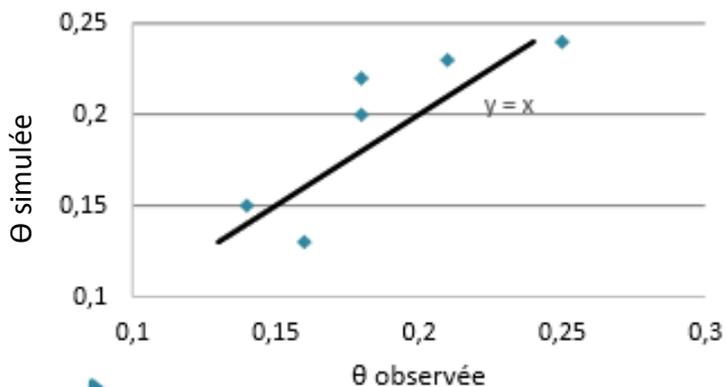
Recueil des jeux de données et paramétrage

# Méthode d'évaluation



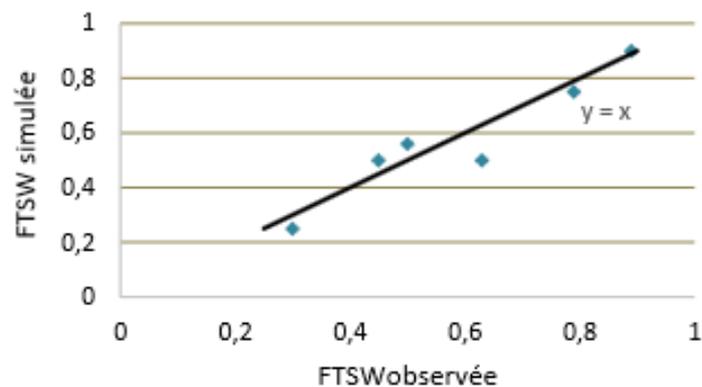
2

Comparaison des humidités mesurées aux humidités simulées



3

Comparaison des FTSW mesurées aux FTSW simulées



1

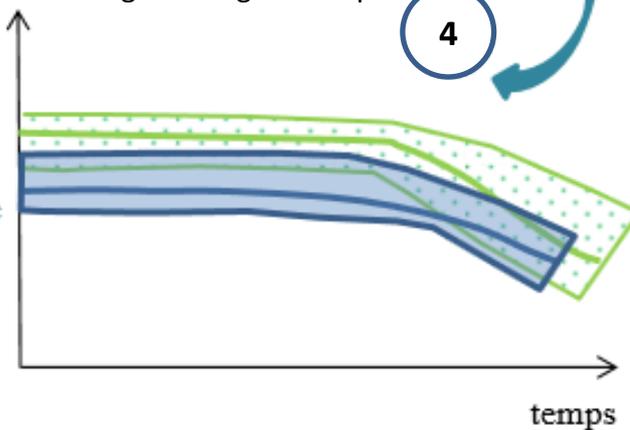
Recueil des jeux de données et paramétrage

FTSW

Diagnostic agronomique

4

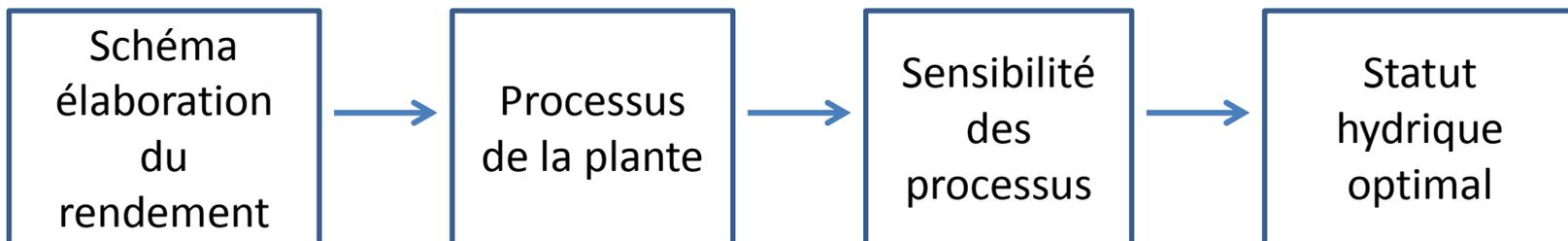
État hydrique optimal  
FTSW simulée



# Méthode d'évaluation

## ■ Caractérisation de trajectoires hydriques optimales

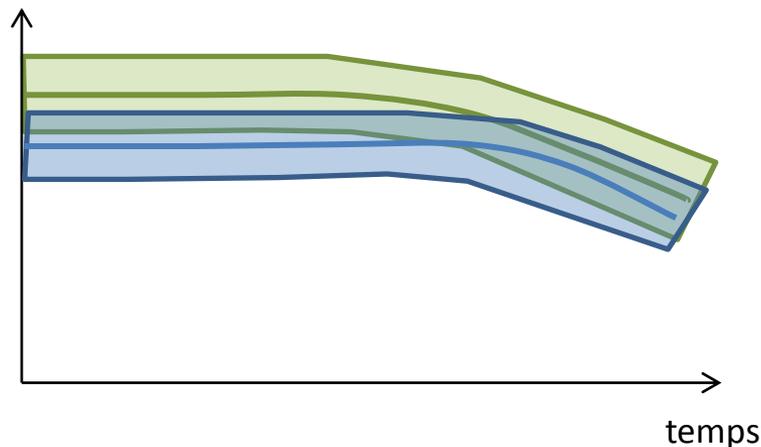
- A partir de travaux existants (Pellegrino, 2004)
- Elaboration d'une méthode de construction de statut hydrique optimal



Questionnaire

→ Intervalle de tolérance

FTSW



## ■ Confrontation aux simulations

- Modèle d'erreur ( étape 3)

→ Intervalle d'erreur

# Analyse des données

- RRMSE – Relative Root Mean Square Error

$$\frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}}{\bar{y}}$$

- Biais  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)$

> 0 : sous-estimation par le modèle

< 0 : surestimation par le modèle

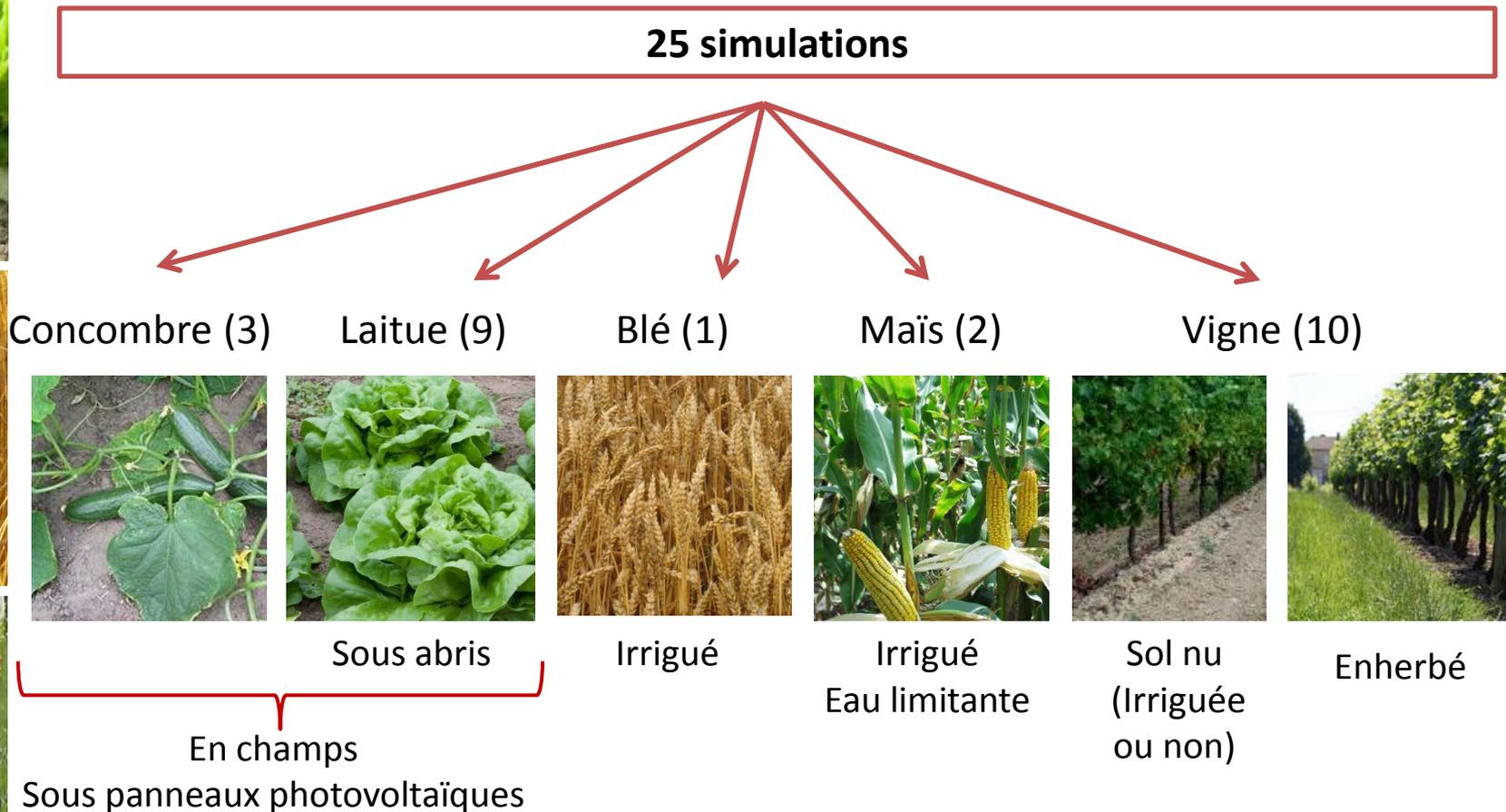
- Maximum et minimum des écarts relatifs entre observations et simulations



## RESULTATS

# Jeux de données analysés

- 18 jeux de données listés
- 10 approfondis
- 7 utilisés pour des simulations



# 3 groupes de simulations

## ▪ 1<sup>er</sup> groupe (maïs)

- Mesures continues avec des sondes capacitives
- Evaluation du modèle sur la dynamique de l'humidité et de la FTSW

## ▪ 2<sup>ème</sup> groupe (laitue et concombre en champ et sous PP, blé)

- Evaluation sur les valeurs d'humidités
- Manque de spatialisation des mesures

## ▪ 3<sup>ème</sup> groupe (vigne, laitue sous abri)

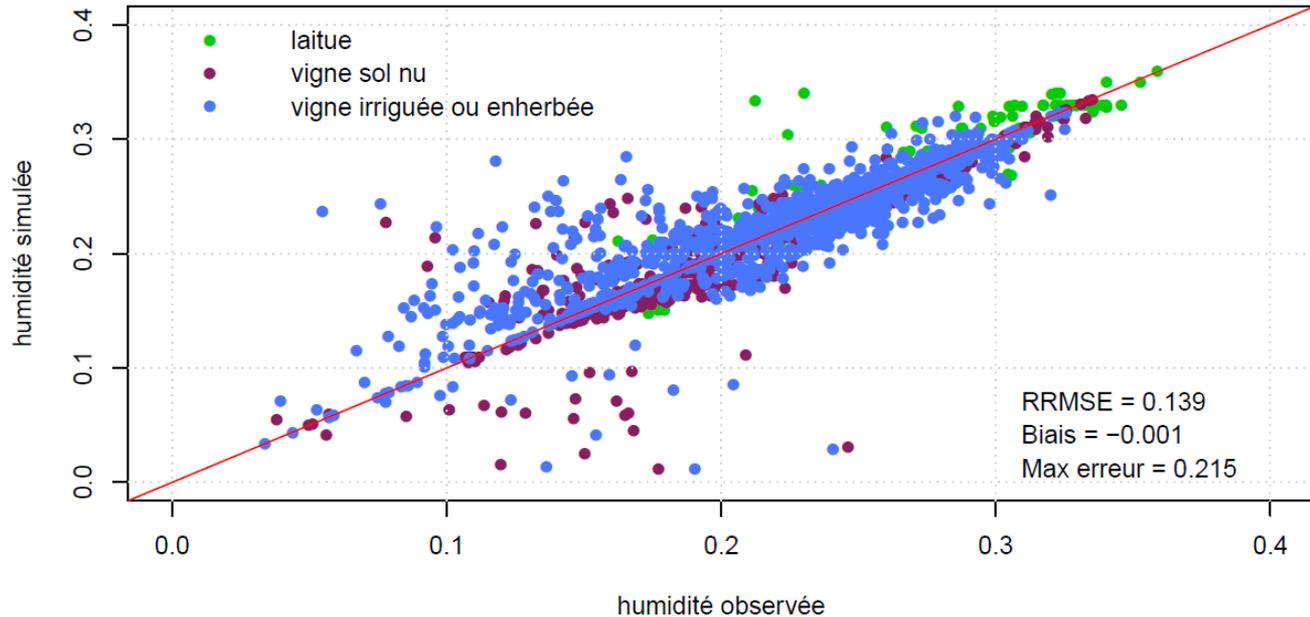
- Evaluation jusqu'à la FTSW
- Construction des trajectoires hydriques optimales
- Diagnostic agronomique post-culture



# Evaluation sur les valeurs d'humidité – 3<sup>ème</sup> groupe

1569 points de comparaison :

Comparaison de l'humidité simulée versus sur l'ensemble des systèmes

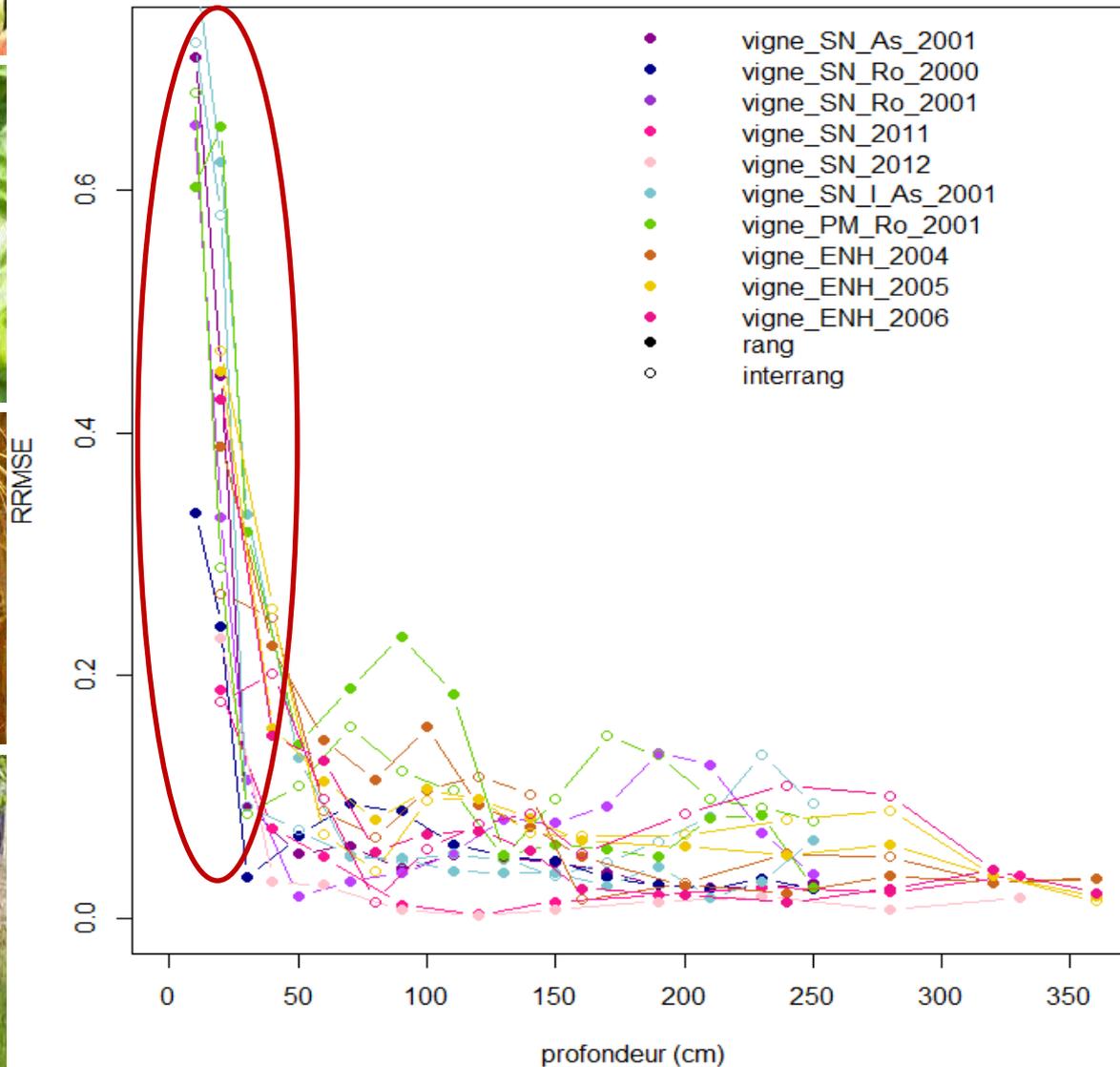


## Principaux résultats :

- Large gamme d'humidité évaluée
- moins bonne simulation sur les plus faibles humidités
- RRMSE laitue (0.085) < RRMSE vigne sol nu (0.133) < RRMSE vigne irriguée ou enherbée
  - vigne irriguée ou enherbée : - distinction entre rang et inter-rang
    - RRMSE inter-rang ( 0.134) < RRMSE rang (0.161)

# Spatialisation de l'erreur – 3<sup>ème</sup> groupe vigne

RRMSE selon la profondeur sur les systèmes vigne

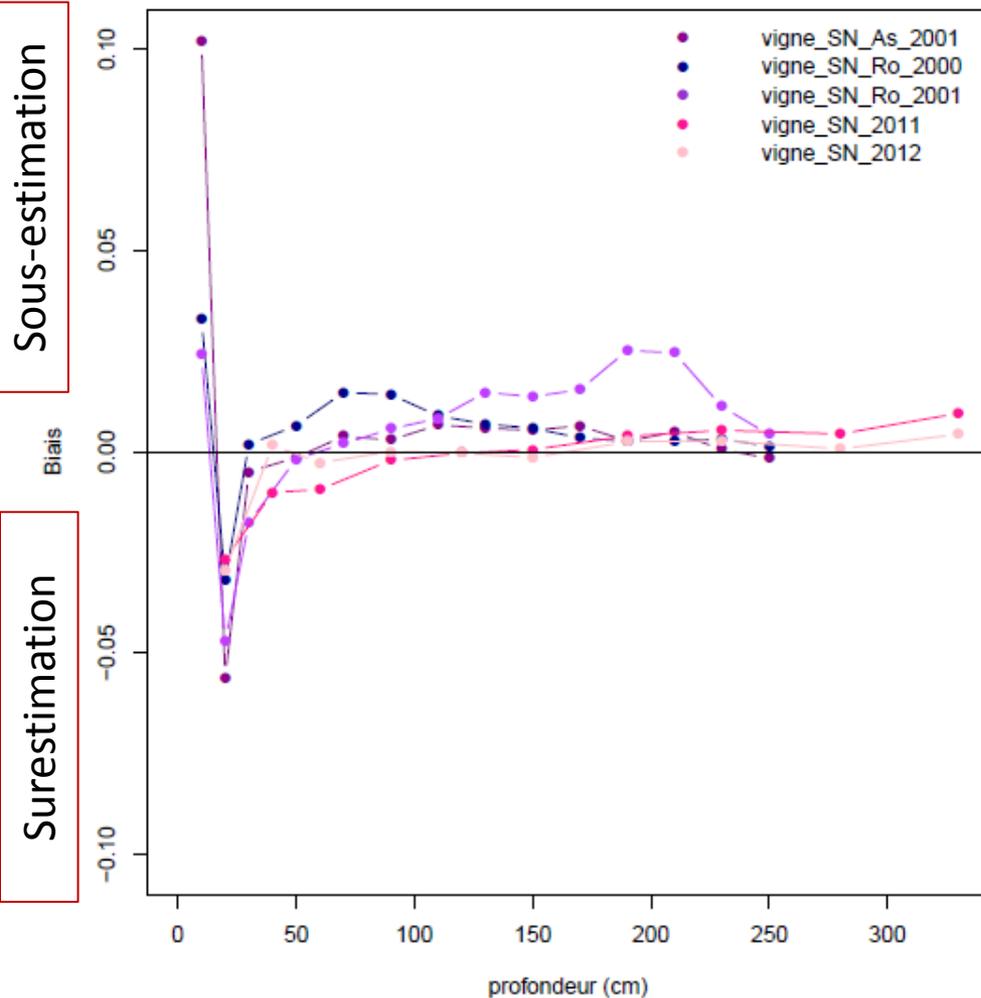


- 10 simulations vigne
- RRMSE  $\searrow$  entre 10 et 50cm
- RRMSE  $\approx$  constant aux plus grandes profondeurs

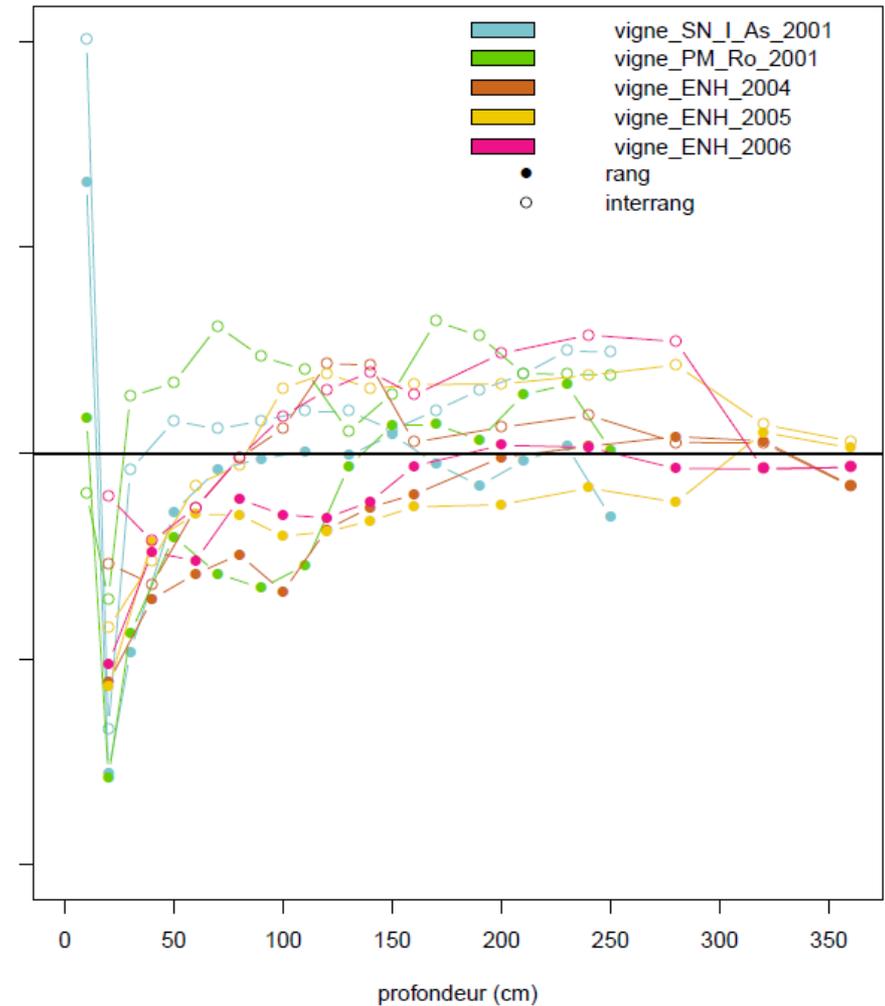


# Spatialisation de l'erreur - 3<sup>ème</sup> groupe

## Vigne sol nu



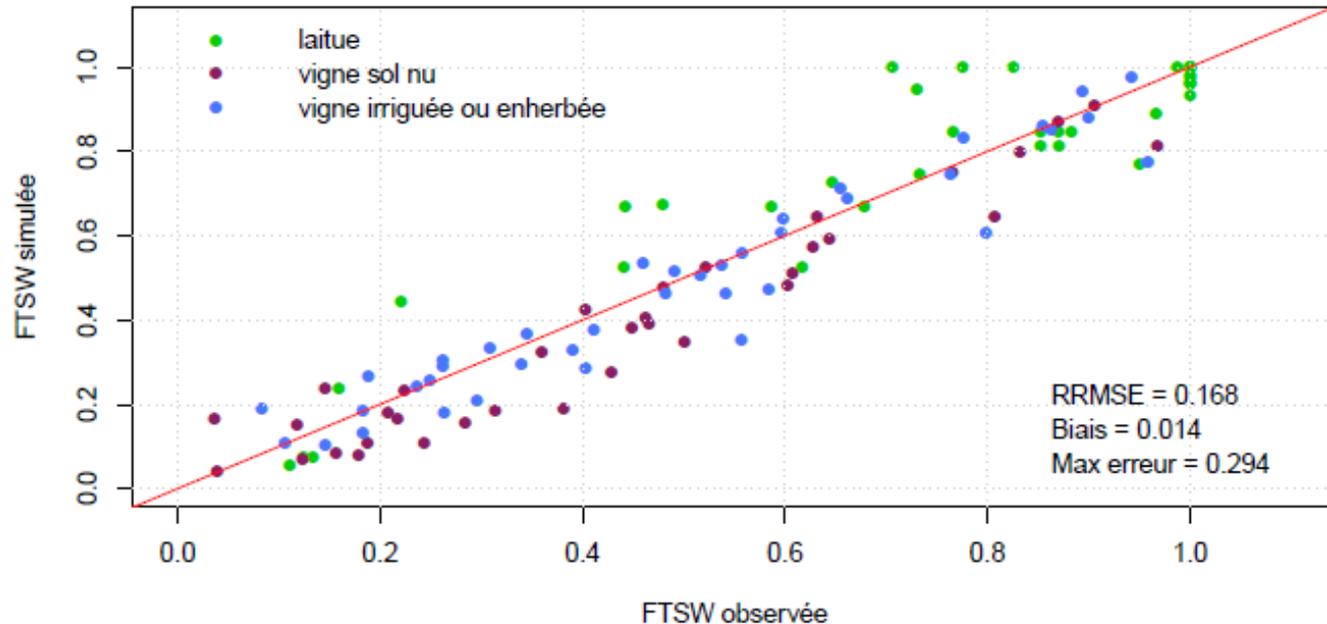
## Vigne irriguée ou enherbée



# Evaluation de la FTSW – 3<sup>ème</sup> groupe

109 points de comparaison

Comparaison des FTSW simulées versus observées sur l'ensemble des systèmes



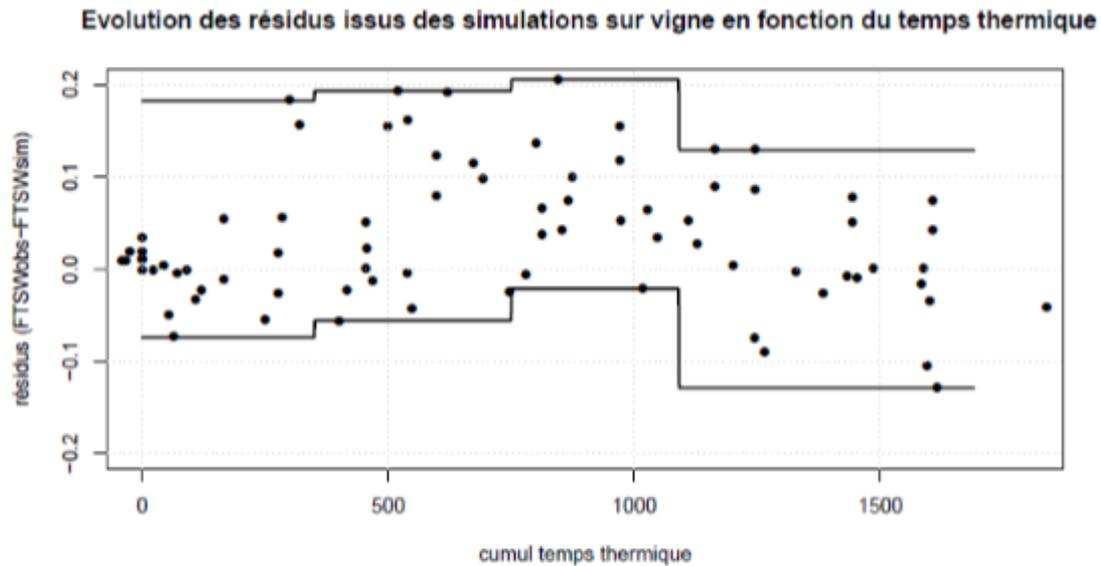
## Principaux résultats :

- Large gamme de FTSW évaluée (0 – 1)
- RRMSE :  
enherbement (0.13) < laitue (0.15) < vigne irriguée ou enherbée (0.15) < vigne sol nu (0.20)  
→ Wallis : vigne = 0.13 - 0.24, enherbement = 0.27 – 0.33 (Célette, 2010)

# Diagnostic agronomique sur vigne – modèle d'erreur

Vigne :

Modèle d'erreur à partir des 10 simulations → maximum et minimum d'erreur selon les stades phénologiques

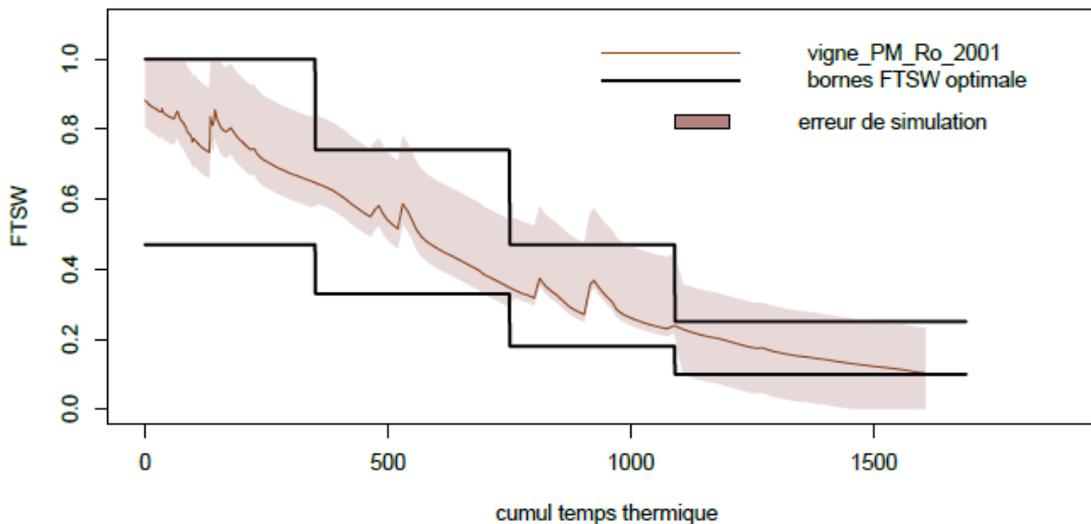


↑ Débourrement    ↑ Floraison    ↑ Fin de phase I    ↑ Véraison    ↑ Vendange

# Diagnostic agronomique sur vigne – post-culture



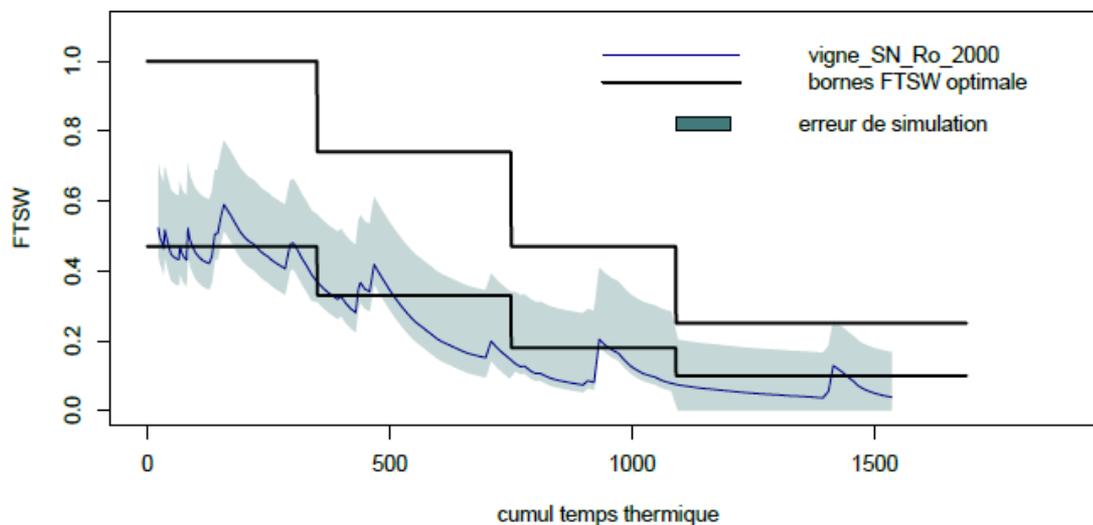
Comparaison de la FTSW simulées sur vigne\_PM\_Ro\_2001 aux classes de FTSW optimales:



## Vigne 1:

- courbe dans la plage optimale 100% du temps
- probabilité : 75 % d'être entre les deux bornes

Comparaison de la FTSW simulées sur vigne\_SN\_Ro\_2000 aux classes de FTSW optimales



## Vigne 2:

- courbe sous la plage optimale 74% du temps
- probabilité : 42 % d'être entre les deux bornes



## DISCUSSION ET CONCLUSION

# Principales conclusions

- Classement des simulations en 3 groupes selon leur pertinence pour évaluer le modèle

- **Premier groupe** : meilleure simulation sur

- les horizons en surface → mauvaise estimation de la croissance racinaire, de la taille des réservoirs ?
- sur la modalité « eau limitante » → moins de variations d'humidité

- **Deuxième groupe** :

Evaluation seulement sur les valeurs d'humidité

Résultats avec de faibles RRMSE sur laitue et blé

Résultats moins satisfaisants sur concombre → estimation de la capacité au champ ?

- **Troisième groupe** :

Méthode d'évaluation éprouvée jusqu'au bout

- Evaluation sur les valeurs d'humidité : erreur plus grande en surface sur vigne avec une sous-estimation à 0-10 cm un surestimation entre 10 et 50 cm
- Evaluation sur les valeurs de FTSW
- Modèle d'erreur
- Construction de statut hydrique optimale

} Diagnostic post-culture

# Discussion et perspectives

## ■ Plusieurs sources d'incertitude sur le paramétrage :

- capacité au champ  $\neq$  capacité de rétention
- humidité critique  $\rightarrow$  impossible d'éprouver le protocole de paramétrage
- profondeur d'enracinement maximale (exemple laitue)

## ■ Manque ou erreur de mesures :

- groupe 1 : sonde capacitive  $\rightarrow$  pas toujours fiable en terme de valeur relative
- groupe 2 : manque de spatialisation des mesures horizontalement et verticalement
- groupe 3 : seule 1 simulation avec un système avec 2 espèces d'intérêt



# Discussion et perspectives

## ▪ Erreur de répartition d'eau :

- plus grandes erreurs de simulation en surface
- sous-estimation du modèle sur les 10 premiers cm
- surestimation du modèle entre 10 et 50 cm
- évaporation seulement sur l'horizon 0-10 cm

→ Mauvaise estimation de l'évaporation du sol ?

Sur vigne enherbée:

- surestimation de l'humidité dans le rang
- sous-estimation dans l'inter-rang

→ Travail exploratoire des paramètres



# Discussion et perspectives

## ▪ Diagnostic agronomique :

Elaboration d'une méthode

Modèle capable de simuler un indicateur de stress hydrique sur un nombre de situations restreins

→ Diagnostic agronomique avec fiabilité de celui-ci

A terme :

- Faire ce travail sur un grand nombre de simulations
  - Agroforesterie
  - Verger

• Modèle d'erreur

- Construire des statuts hydriques optimum pour une plus large gamme de cultures
  - Enquête auprès d'experts





Merci de votre attention !

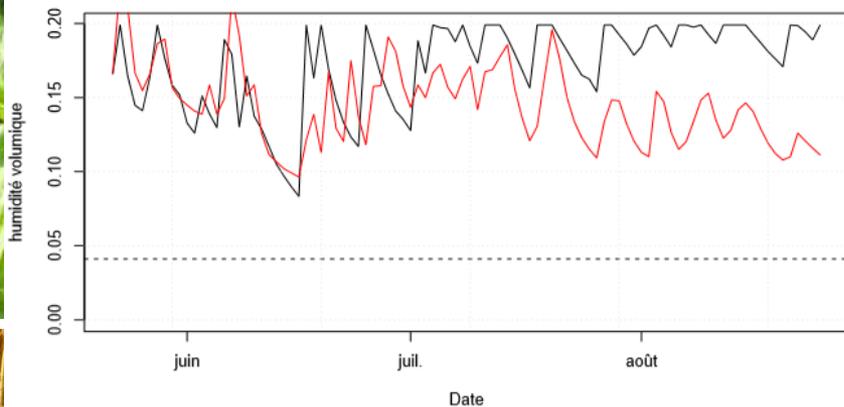
Des questions?



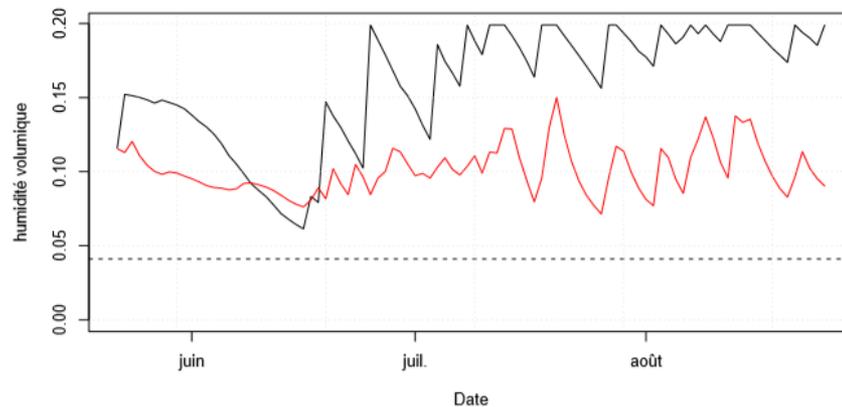
# Suivi de la dynamique de l'humidité et de la FTSW

Evolution des humidités observées et simulées à 4 profondeurs sur la modalité irriguée

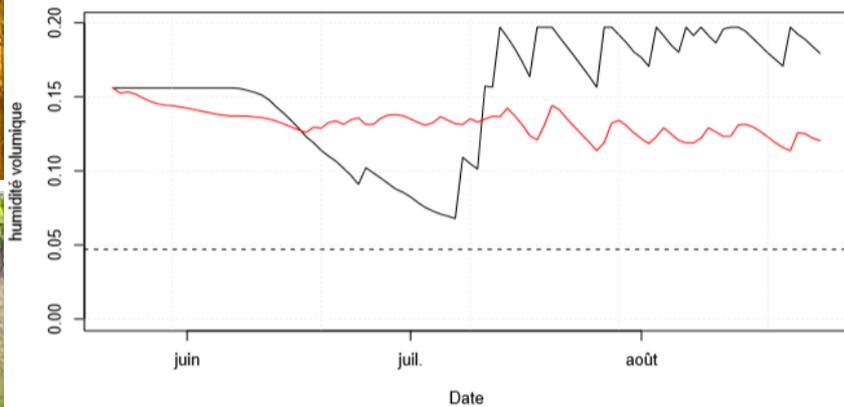
Horizon 0-10 cm



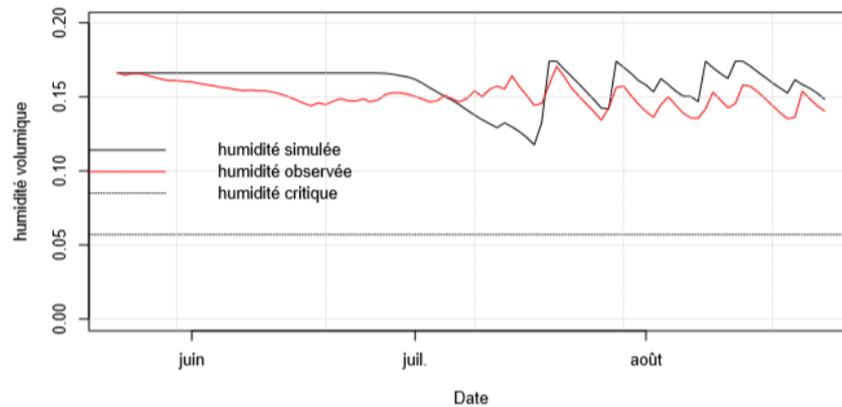
Horizon 10-25 cm



Horizon 25-50 cm



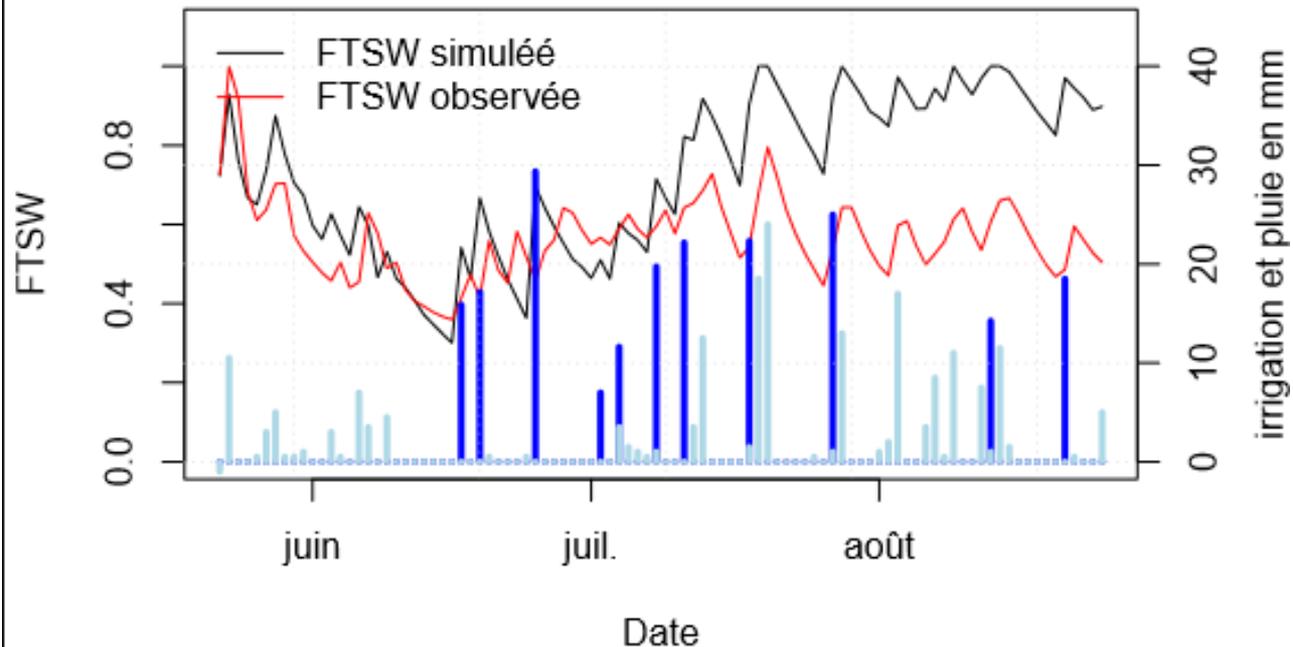
Horizon 50-75 cm



# Suivi de la dynamique de l'humidité et de la FTSW



Evolution de FTSW simulée



*Nombre de jours avec le même signe de dérivée entre les deux courbes*  
*Nombre de jours de simulation*



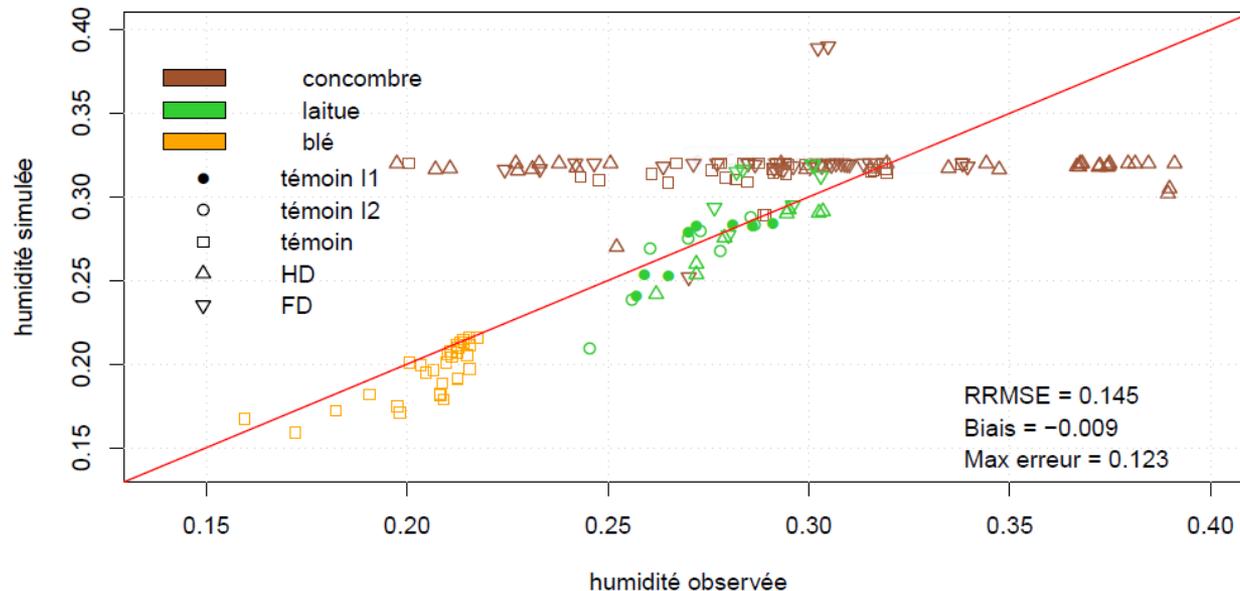
## Principaux résultats :

- Sur les deux simulations :
  - horizon 10-25 cm > horizon 0-10cm > horizon 25-50cm > horizon 50-75cm
  - Le rapport sur la FTSW est  $\approx$  au plus grand rapport obtenu sur l'humidité  
→ Plus faible poids des horizons profonds sur le calcul de la FTSW
- Meilleur rapport sur la modalité « eau limitante »  
→ Moins de variations

# Evaluation sur les valeurs d'humidité – 2<sup>ème</sup> groupe

163 points de comparaison :

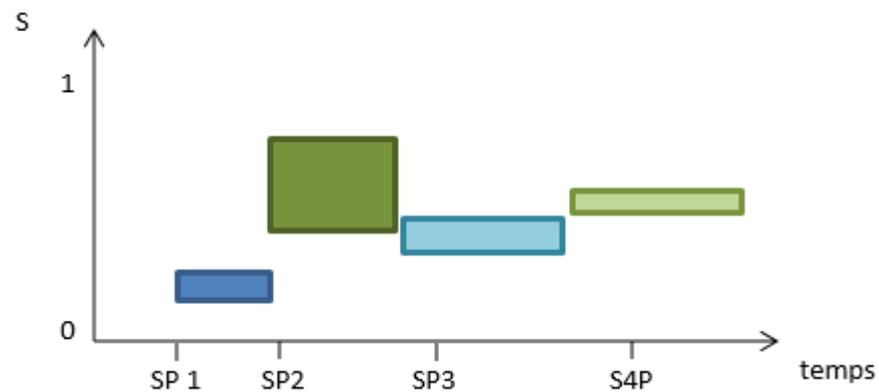
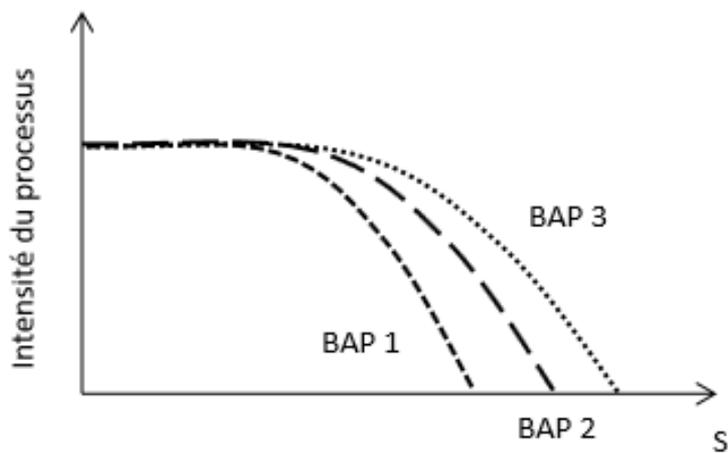
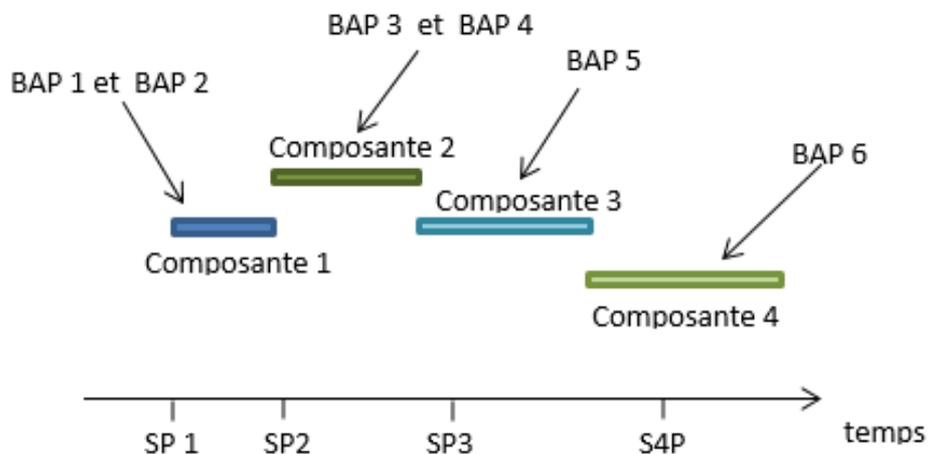
Comparaison de l'humidité simulée versus observée



## Principaux résultats :

- Large gamme d'humidité évaluée
- RRMSE laitue (0.053) < RRMSE blé (0.067) < RRMSE concombres (0.168)
  - concombres : humidité simulée constante  $\neq$  humidité observée

# Caractérisation de trajectoires optimales

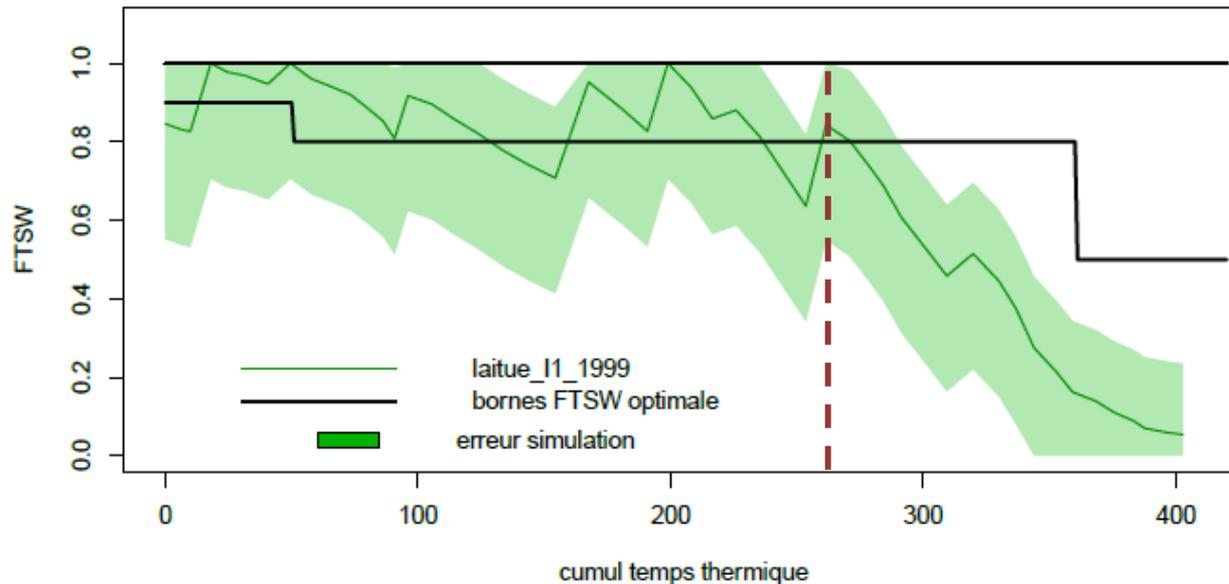


# Diagnostic agronomique sur laitue – post-culture

## Modèle d'erreur :

Pas suffisamment de points sur les différents stades phénologiques → maximum et minimum pour l'ensemble du cycle

Comparaison de la FTSW simulée sur laitue\_I1\_1999 aux classes de FTSW optimales



Avant 270 TT : - courbe dans la plage optimale 75% du temps  
- probabilité : 39 % d'être entre les deux bornes

Après 270 TT -courbe : 6 %  
- probabilité : 5 %