



Mobilisation de l'expertise pour évaluer des résultats d'optimisation par simulation de la conduite de l'irrigation du maïs en volume limité à l'aide de MO_USTICS

Bernard Lacroix

ARVALIS – Institut du végétal

UMT-Eau

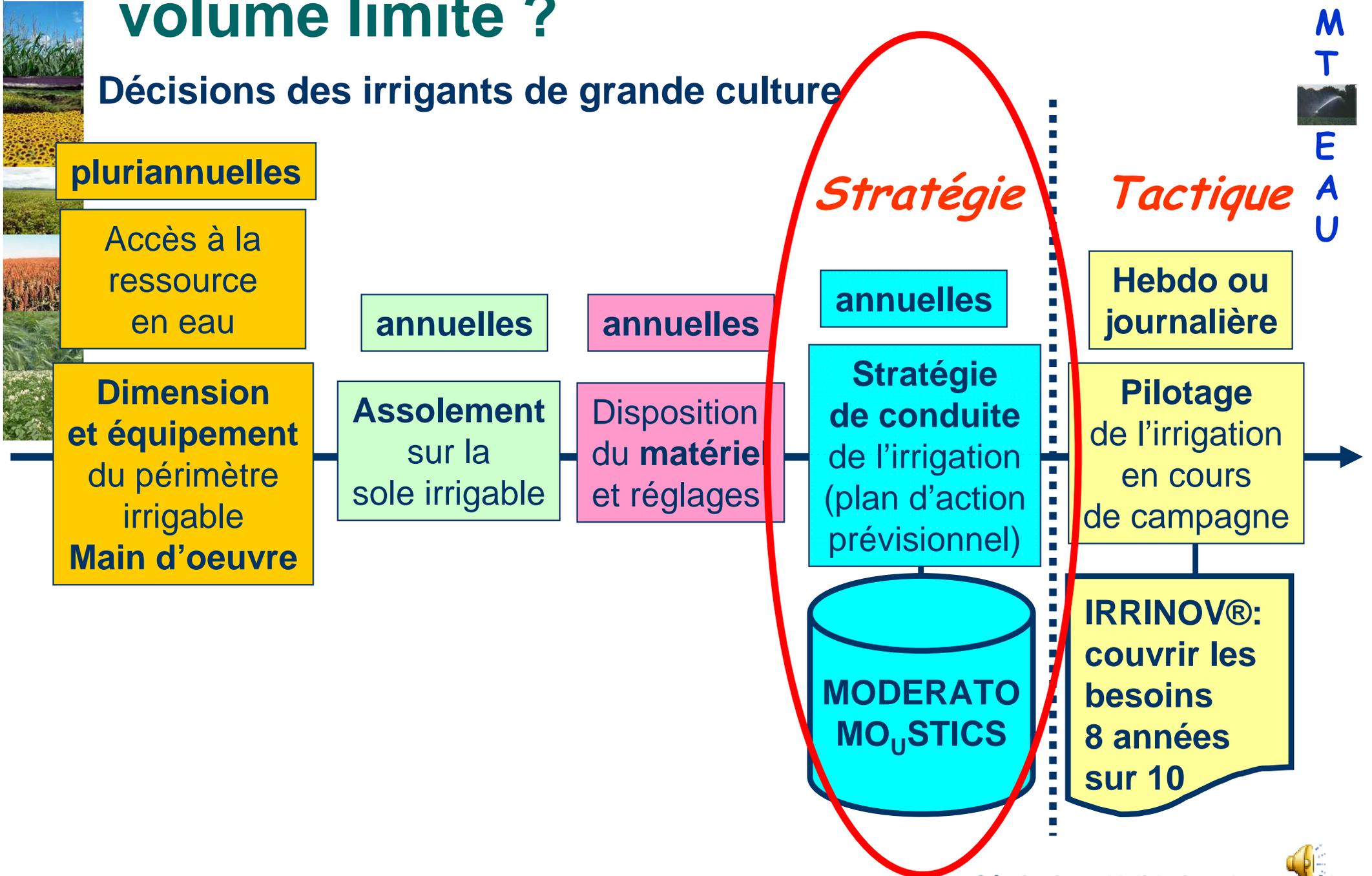
Travaux du stage de Claire VINGUT
Encadré par B. Lacroix (ARVALIS)
et JE. Bergez (INRA UMR AGIR)



Comment irriguer avec un volume limité ?



Décisions des irrigants de grande culture





**Simuler
l'enchaînement des
décisions de conduite
de l'irrigation
du maïs**



Modèle décisionnel

Une condition temporelle

- Une condition d'état du système vis-à-vis de l'eau
- Un corps de 5 règles 



Outil de simulation: MO_USTICS

Les règles de décisions

- Le corps des règles :
 - Règle d'irrigation pour la période semis-levée
 - Règle de déclenchement de la première d'irrigation
 - Règle pour la reprise de chaque nouveau tour d'eau
 - Règle d'attente climatique
 - Règle de décision de fin des irrigations (Arrêt)

- De la forme :

SI **Indicateur** < > **Seuil** ALORS Action



Outil de simulation: MO_USTICS

Simuler
l'enchaînement des
décisions de conduite
de l'irrigation
du maïs

Règles de décision - Seuils des
règles – Contexte d'irrigation

Modèle décisionnel

- Une condition temporelle
- Une condition d'état du système vis-à-vis de l'eau
- Un corps de 5 règles 

Entrées

Simuler
le développement
la croissance et
le fonctionnement hydrique
de la culture

Sol – Plante – Climat
(itinéraire technique autre qu'irrigation)

indicateurs

jour

actions
(irrigations)

Modèle biophysique STICS

- Dynamique
(pas de temps journalier)
- Bilan de carbone et d'azote
- Bilan hydrique
- Développement culture

Sorties

- Sol (bilan hydrique..)
- Plante (biomasse, LAI, enracinement..)
- Calendrier d'irrigation
- Marge semi-directe



Modèle biophysique STICS Maïs

- Choix d'un paramétrage à partir de la « qualité prédictive » sur un petit jeu de données
 - comparaison de 2 jeux de paramètres établis pour d'autres projets : ACTA changement climatique et ADD APPEAU avec paramètres issus d'un run avec Optimistics
 - Variables d'intérêt : stades, rendement, et déficit hydrique du sol simulé comparé à tensions mesurées
 - Choix du paramétrage ACTA CC, mais avec option coefficient cultural pour le calcul des besoins en eau



Outil d'optimisation: P2β

Fonctionnement

- Rechercher le jeu de paramètres i décrivant la stratégie d'irrigation permettant de **maximiser** une fonction objectif donnée
→ Pour une série climatique donnée (années j)

Marge semi-directe:

$$J_{i,j} = P \times Y_{i,j} - (N_{i,j} \times Ct + Q_{i,j} \times Ce)$$

P : prix de vente du maïs grain

Y_{i,j} : rendement de la culture pour l'année j et la stratégie i

N_{i,j} : nombre de tours d'eau pour l'année j et la stratégie i

C_t : coût de la mise en place d'un tour d'eau

Q_{i,j} : quantité d'eau apportée pour l'année j et la stratégie i

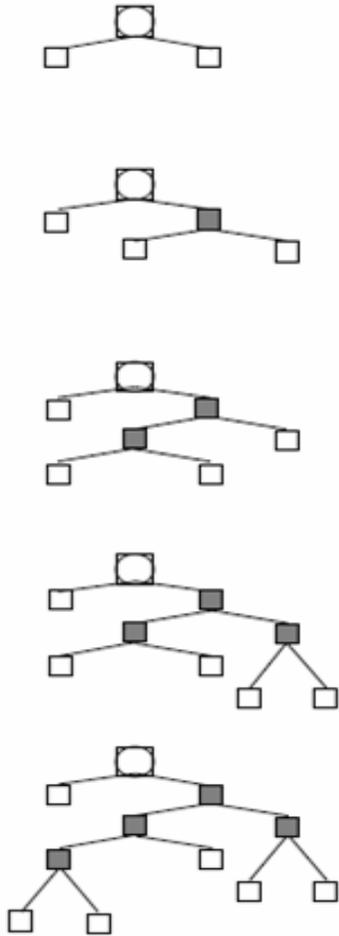
C_e : coût de l'eau d'irrigation

Outil d'optimisation: P2 β , fonctionnement

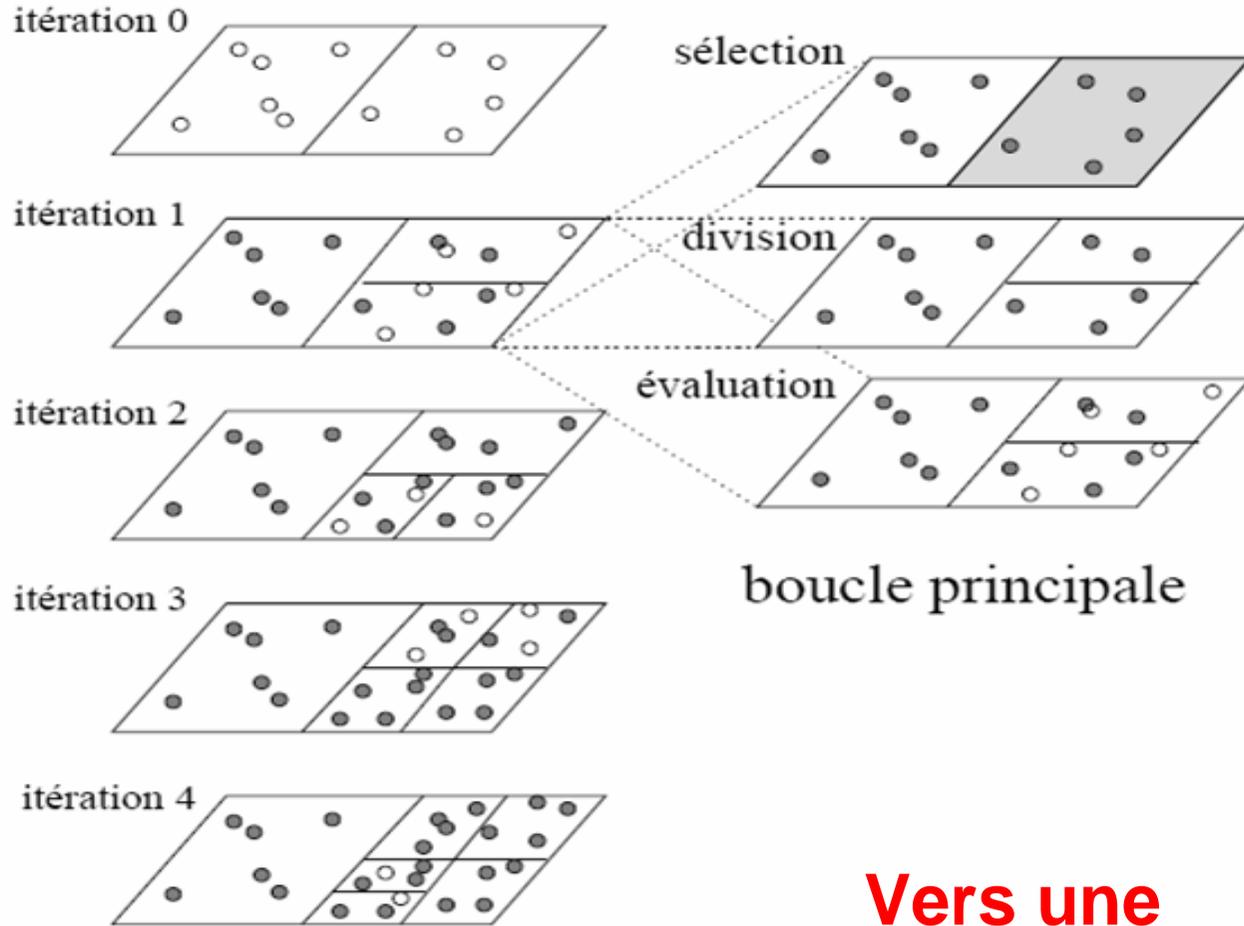
« Branchements stochastiques »



arbre de recherche



espace des décisions



**Vers une
solution optimale**



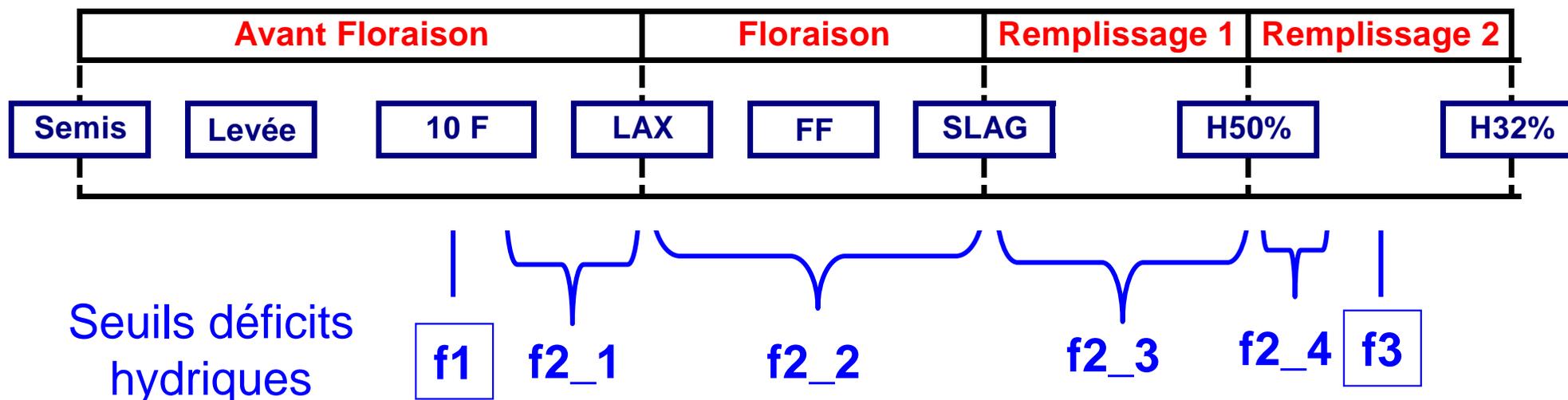
Outil d'optimisation: P2 β

Paramètres optimisés

- 16 paramètres optimisables: seuils de **déficits hydriques**, doses...

Phases décisionnelles

Stades phénologiques



- On fixe $f2_1 = f1$ et $f2_4 = f3$
- Optimisation de: **4 paramètres**
- Temps d'optimisation: **7 jours**

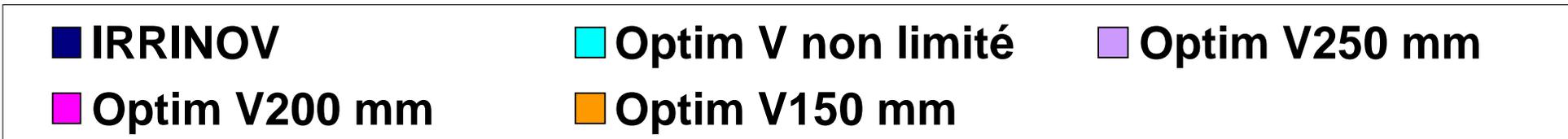
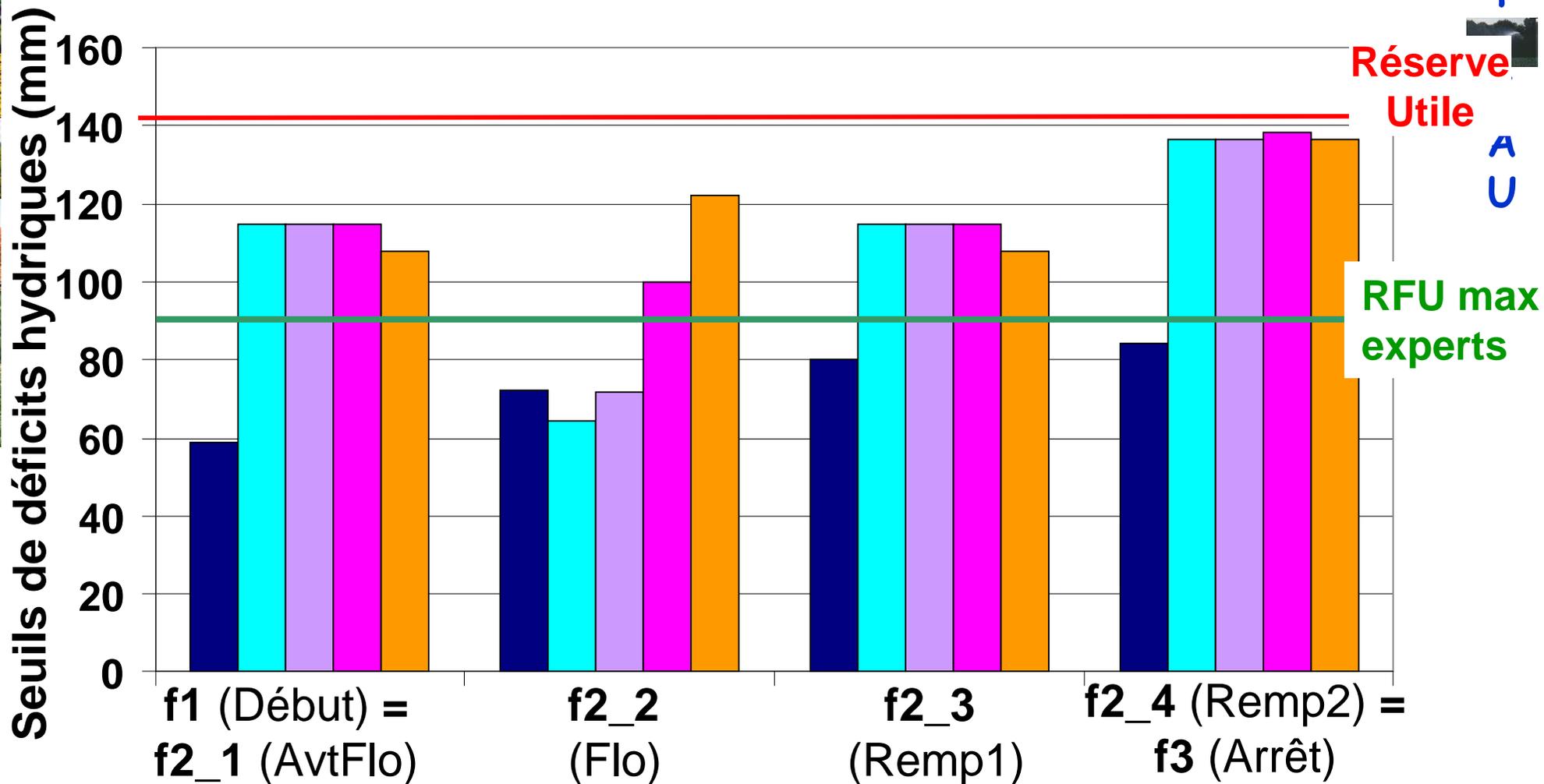


Un contexte d'application choisi

- Série climatique de Blagnac (31): **1949-2008**
- Sol de boulbène moyenne: **RU = 140 mm**
- Variété tardive
- Contexte hydraulique
 - **4 volumes** disponibles: 150, 200, 250 mm, non limité
 - Capacité d'irrigation: 4,3 mm/jour
 - Dose: 25 mm (Tour d'eau de 6 jours)
- Contexte économique
 - Prix de vente du maïs grain: 120 €/T (à 15% d'humidité)
 - Coût de l'eau: 0,045 €/m³ (0,45 €/mm)
 - Coût de mise en place d'un tour d'eau: 7€/ha

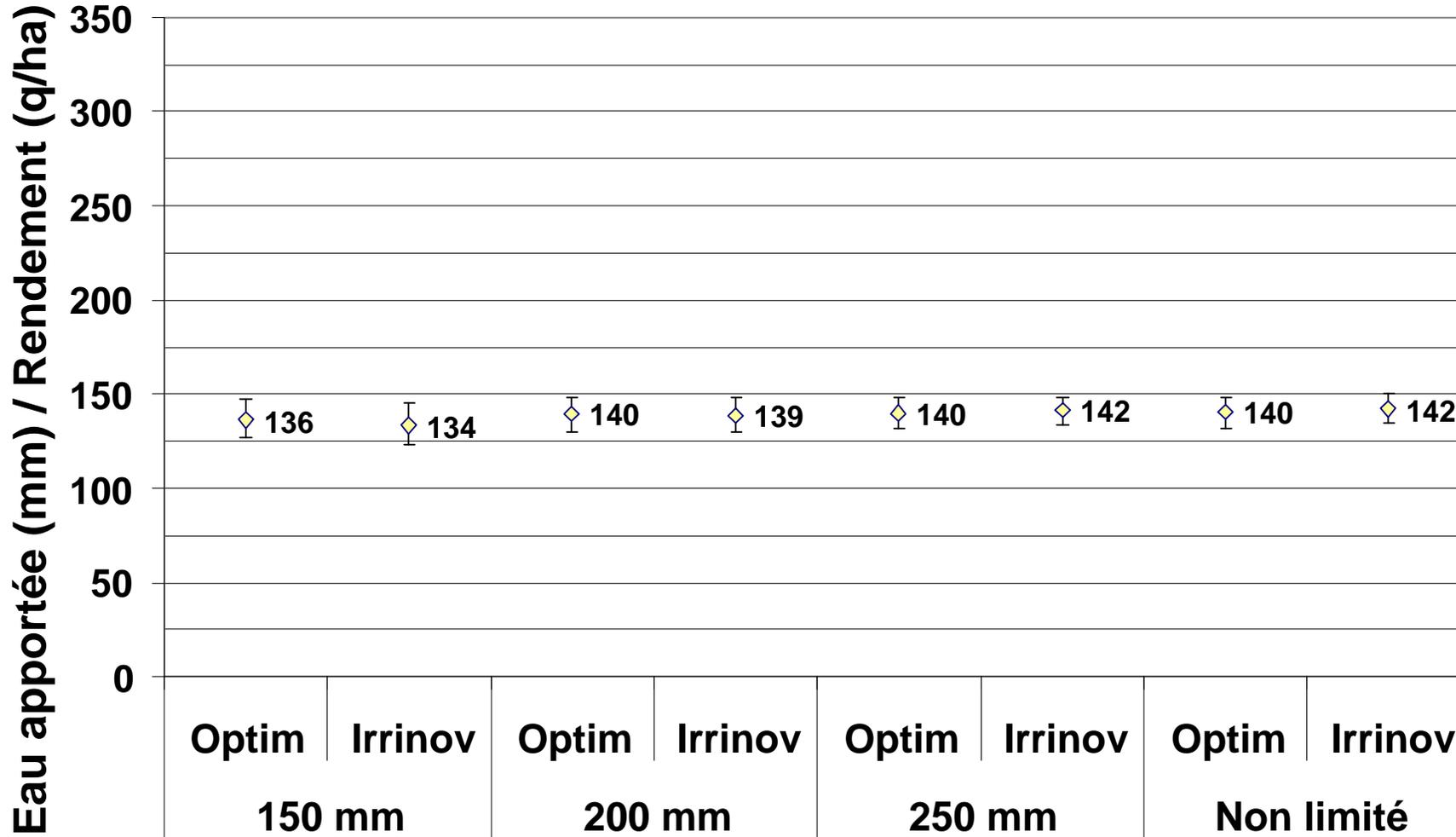


Optimisation: Seuils de déficits hydriques





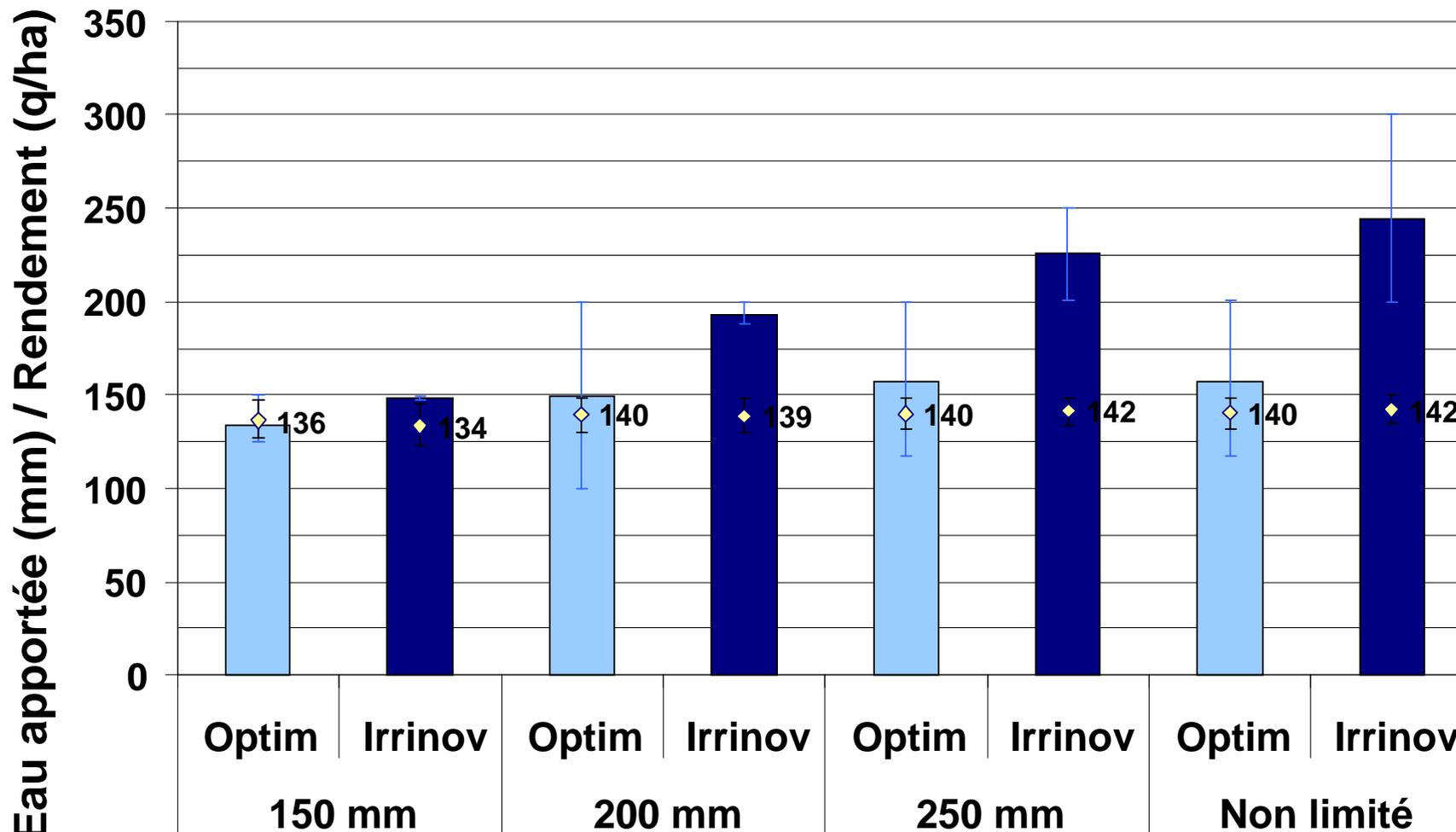
Optimisation: résultats des simulations (moyennes sur la série climatique 1949-2008)



◆ Rendement

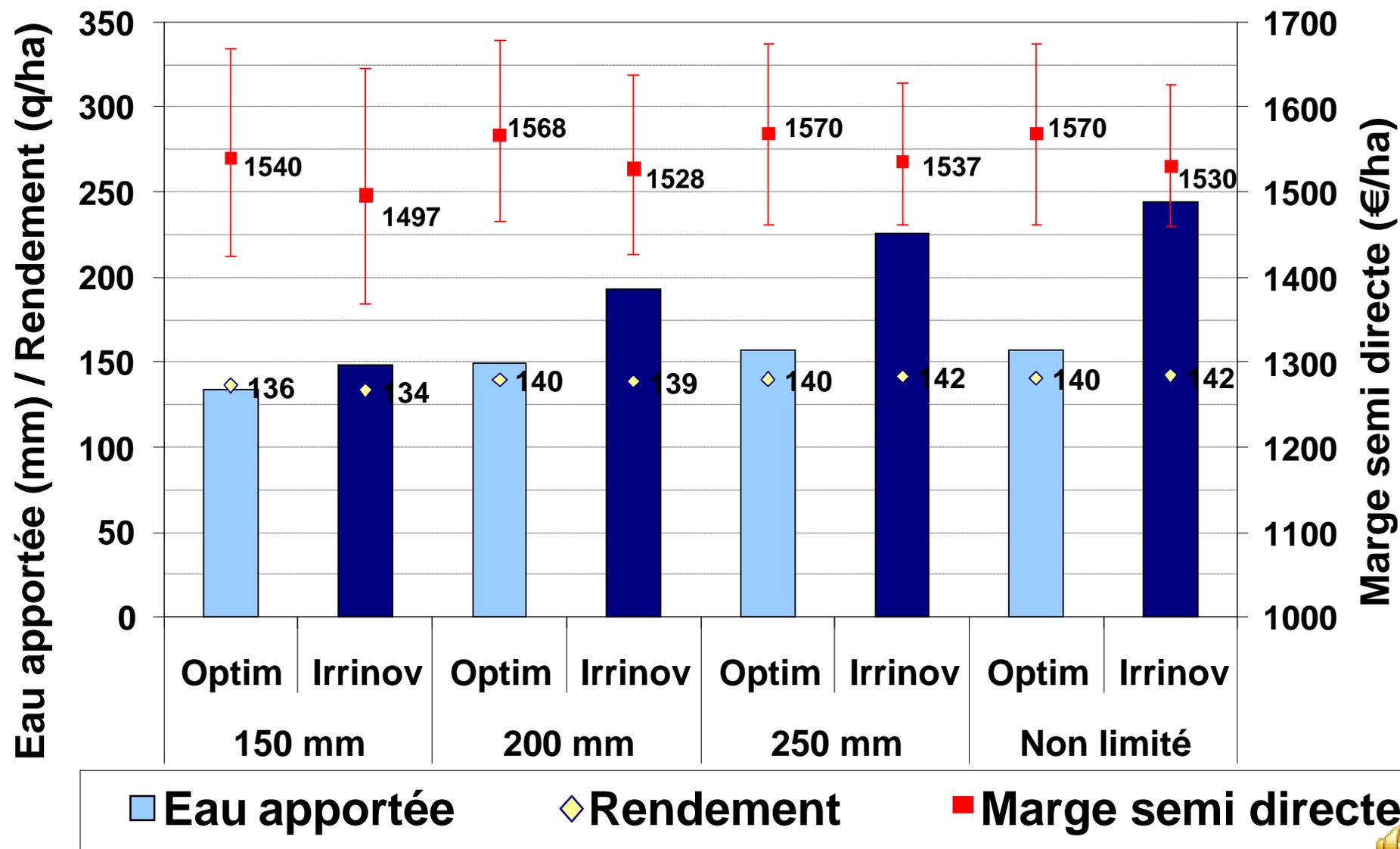


Optimisation: résultats des simulations (moyennes sur la série climatique 1949-2008)





Optimisation: résultats des simulations (moyennes sur la série climatique 1949-2008)





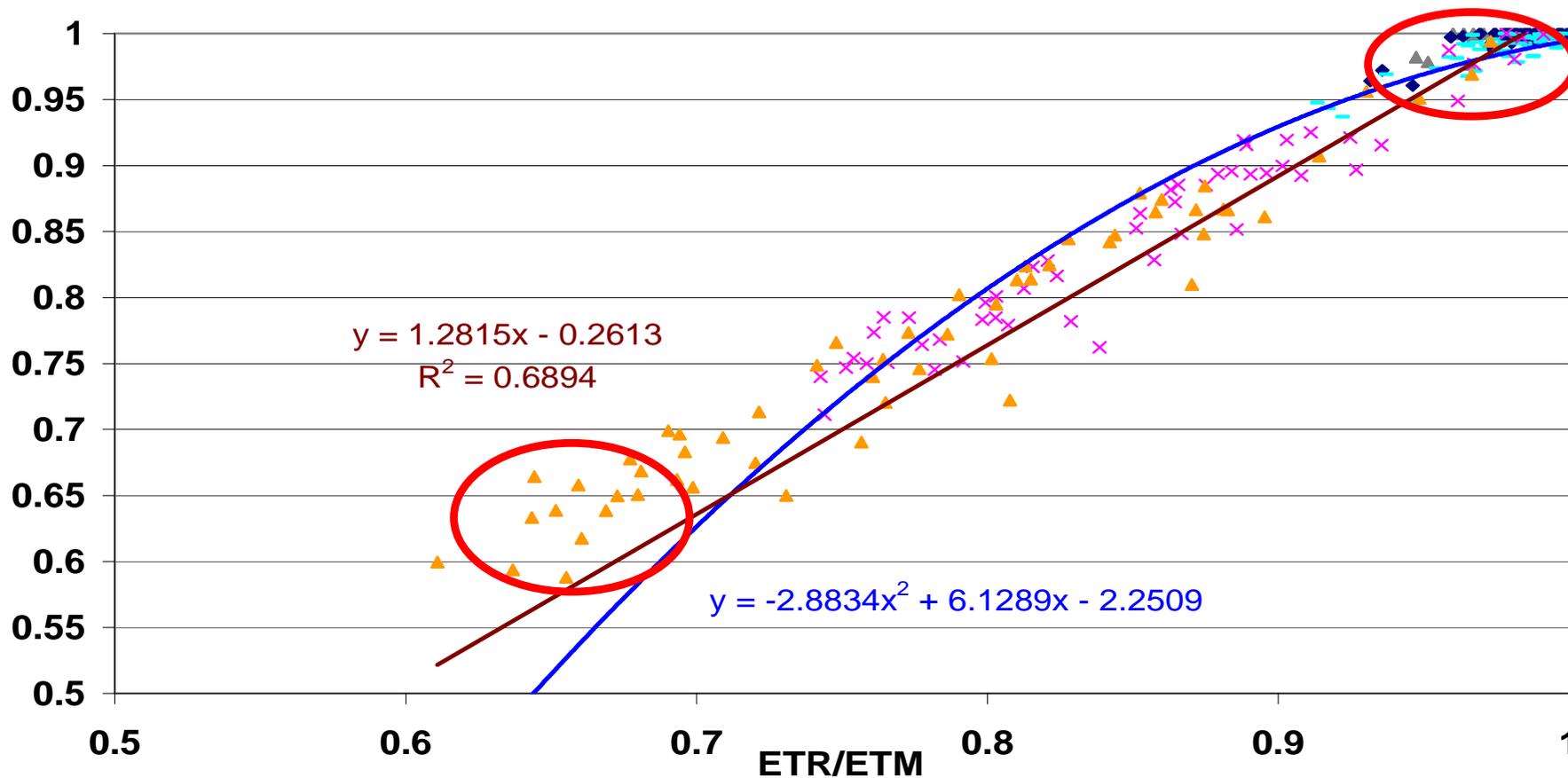
Questions

- Réponse du rendement à l'eau disponible
- Sensibilité des résultats aux stratégies d'irrigation?



Comportement de MO_USTICS: réponse du rendement à l'eau disponible

Rendement à l'ETR/Rendement à l'ETM

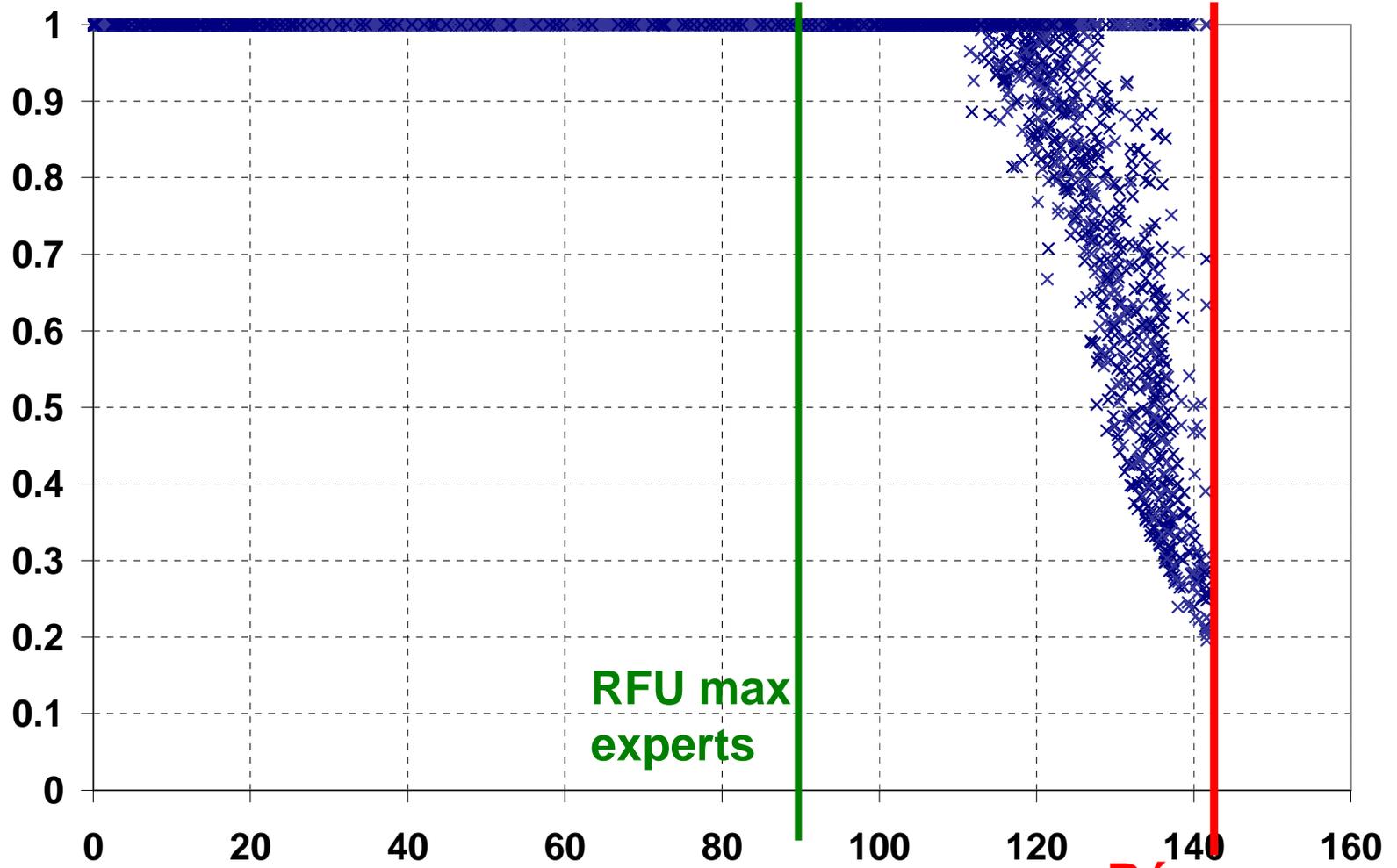


- ▲ Seuils Irrinov
- Seuils Irrinov + 20 mm
- Seuils Irrinov + 40 mm
- Seuils Irrinov + 60 mm
- ▲ Sans irrigation
- Polynôme (Fonction LORA)
- Linéaire (MO_USTICS)

Comportement de MO_USTICS: Sensibilité au stress hydrique



Transpiration réelle/Transpiration
potentielle

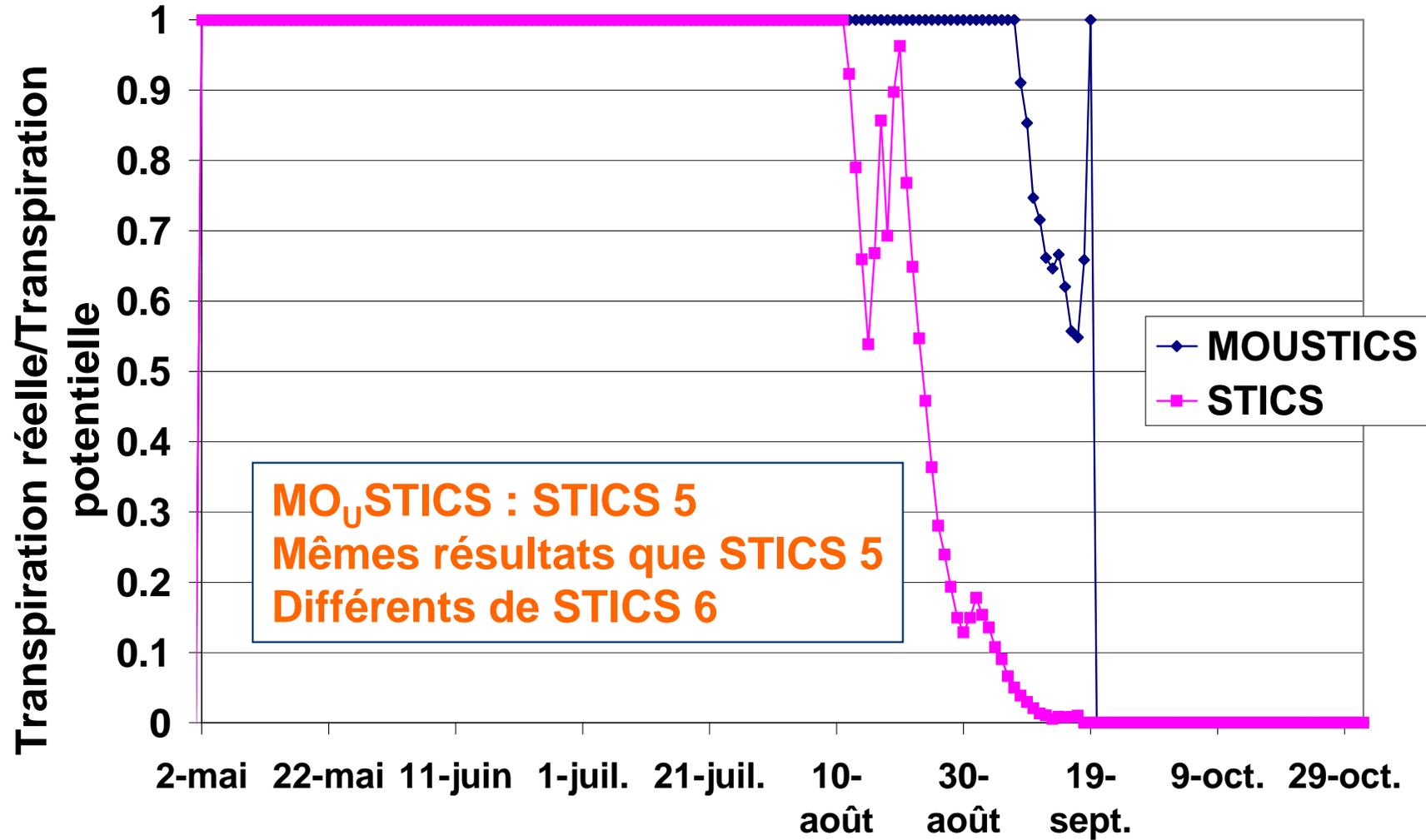


Simulation 1949-2008

Paris ACTA 16/11/2009



Comportement de MO_USTICS: Sensibilité au stress hydrique



Simulation 2001, $V = 150 \text{ mm}$





Conclusion et perspectives

- Résultats contradictoires avec l'expertise
- Perspectives
 - Modèle biophysique
 - Fonctionnement hydrique à revoir avec nouvelle version de STICS
 - Valider le modèle biophysique sur la réponse à l'eau avec un jeu de données significatif
 - Modèle décisionnel
 - Seuil de déclenchement à revoir
 - Méthodologie d'optimisation
 - Avec MOuSTICS, temps d'optimisation très long
 - Comment intégrer le changement climatique ?

