



# Quelles stratégies agronomiques pour une gestion optimale de la ressource en eau du sol en système pluvial ?

Julie Constantin, Philippe Debaeke, Magali Willaume

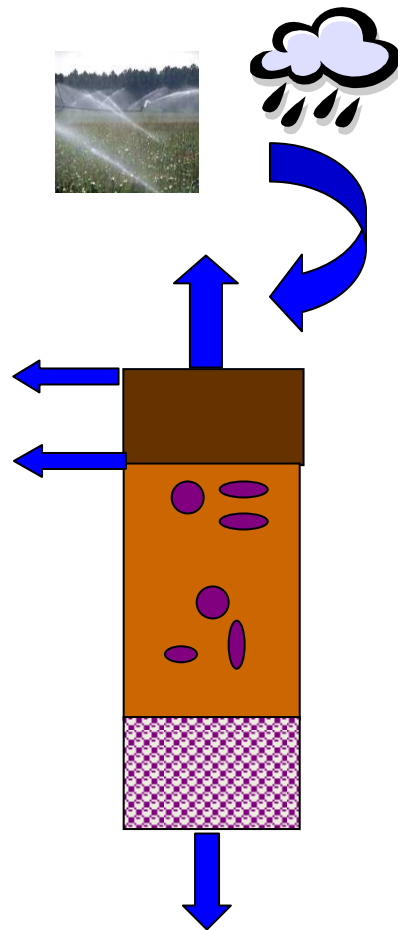
(UMR AGIR, Toulouse)



# Ressource en eau

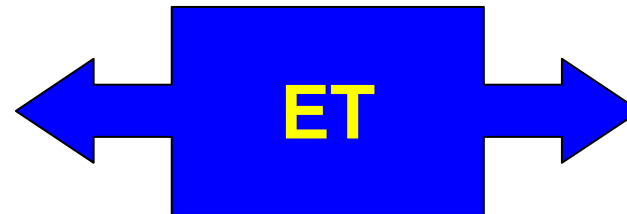
$$\Delta S = P + I - R - D - ET$$

*Comment gérer au mieux  
disponibilité en eau et  
besoins de transpiration  
pour la croissance tout au  
long du cycle cultural ?*

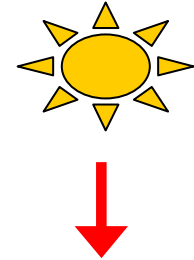


Couvert (IF)  
Cycle cultural

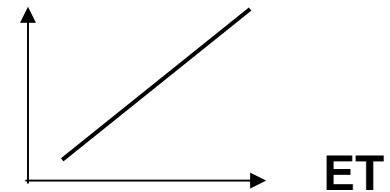
Besoins en eau



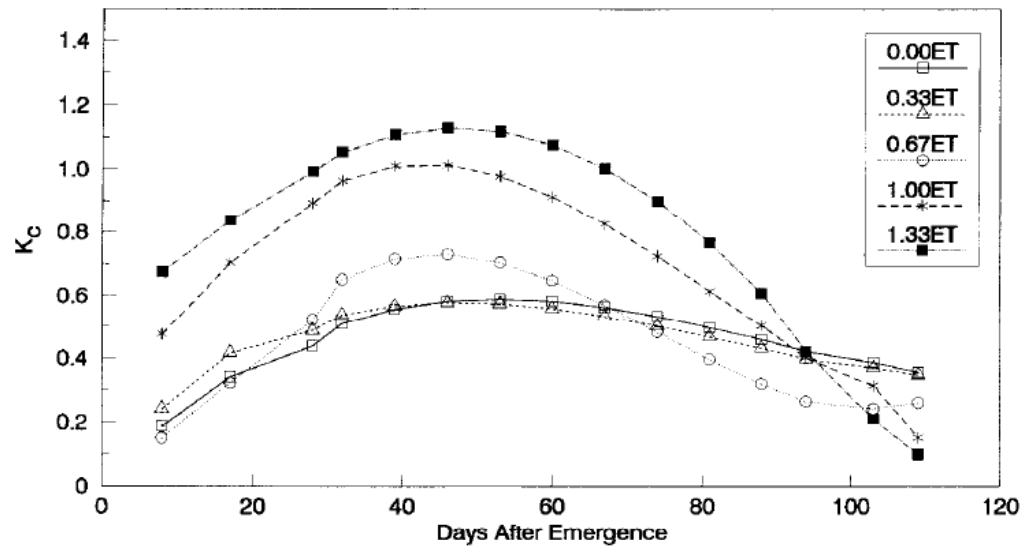
Enracinement



MS



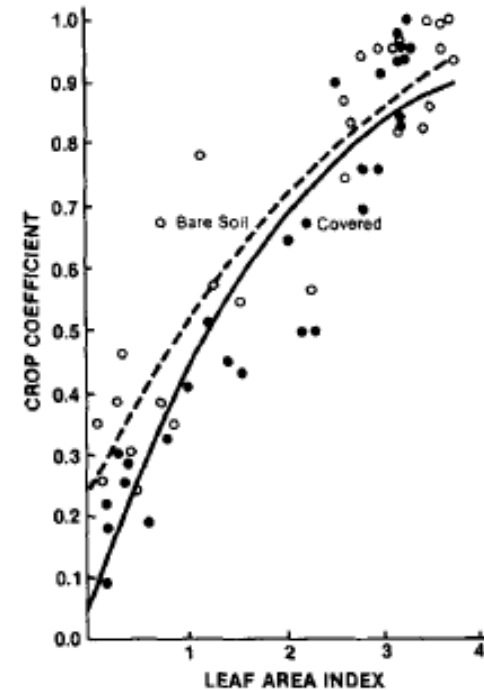
### blé de printemps (Colorado)



*Al Kaisi et al (1997)*

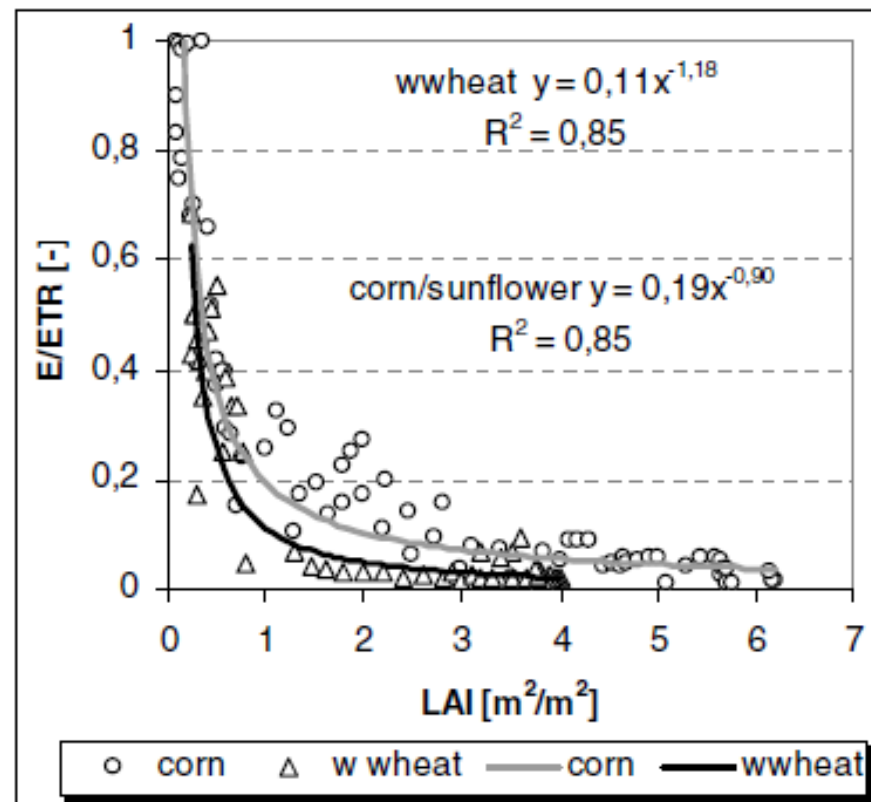
**La consommation en eau (ET)  
dépend du développement de  
la surface foliaire**

### maïs (N.Dakota)



*Al Kaisi et al (1989)*

**La contribution de l'évaporation du sol (E) à la consommation d'eau totale (ET) diminue avec la couverture du sol**



*Merta et al. (2006)*

## Pour une espèce donnée, le développement de la surface foliaire dépend de la variété et de la conduite

	Evitement (rationnement)		Esquive
	Vitesse de fermeture	Maintien de la surface verte	Position du cycle cultural
Variété	+	+	++
Date de semis	+	+	++
Densité de peuplement	++	+	
Inter-rang	++		
Fertilisation N	+	++	
Irrigation	+	++	

# Elaboration du rendement lorsque l'eau est le principal facteur limitant (Passioura, 1977)

Rdt = Biomasse aérienne (BA) x Indice de Récolte (IR)

BA = Transpiration (T) x

Efficiencce de Transpiration (TE)

$$T = (E + T)/(1 + E/T)$$

E = Evaporation (sol)

(1)

(2)

(3)

(4)

$$\text{Rdt} = [(E + T)/(1 + E/T)] \times TE \times IR$$

## Pour augmenter le rendement des cultures en conditions séchantes, il faut :

- ❑ **augmenter l'eau consommée (E+T):** *stockage de l'eau, irrigation, fertilisation N*
- ❑ **diminuer la part d'eau évaporée directement (E/T):** *agriculture de conservation (mulching, non-labour...), fermeture rapide du couvert (densité +, interrangs -, fertilisation N +, variétés précoces...)*
- ❑ **maximiser l'efficacité de transpiration (TE):** *éviter les périodes à fort VPD (date de semis, variété), éviter les carences (fertilisation N+)*
- ❑ **optimiser le % eau consommée avant et après floraison (IR):** *rationnement végétatif (densité -, fertilisation N -...)*

## Intérêt des modèles de culture pour évaluer les stratégies agronomiques

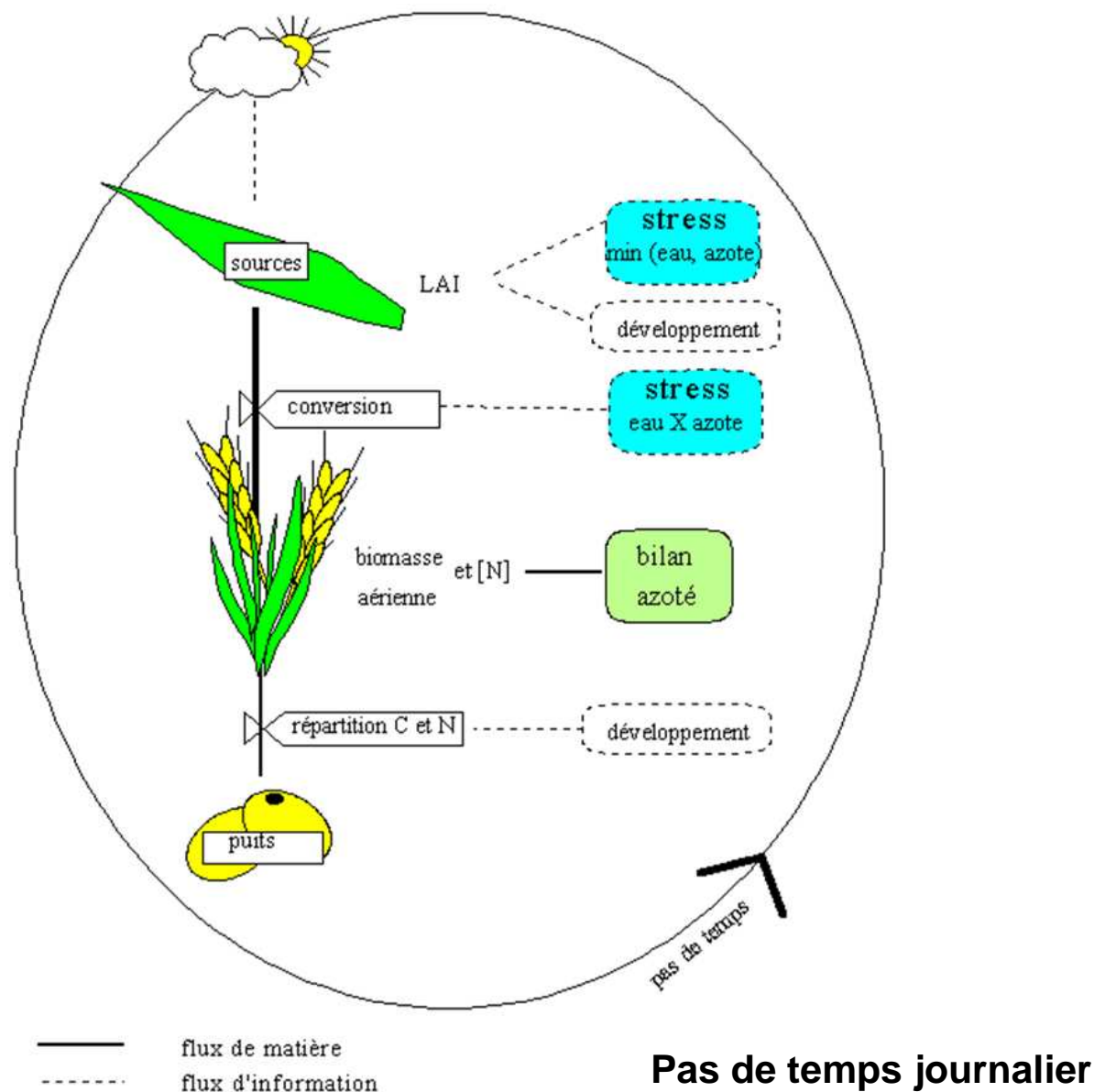
- ❑ simulation dynamique des processus dont bilan d'eau et d'azote
- ❑ analyse d'interactions (complexes)
- ❑ exploration de situations non expérimentées
- ❑ comparaison de scénarios : changement de pratiques, variabilité climatique, évolutions à long terme

*Le modèle STICS 7.0 (Brisson et al., 2009) a été choisi pour évaluer les stratégies d'évitement et d'esquive offertes par la gestion du couvert en conditions hydriques plus ou moins limitantes*

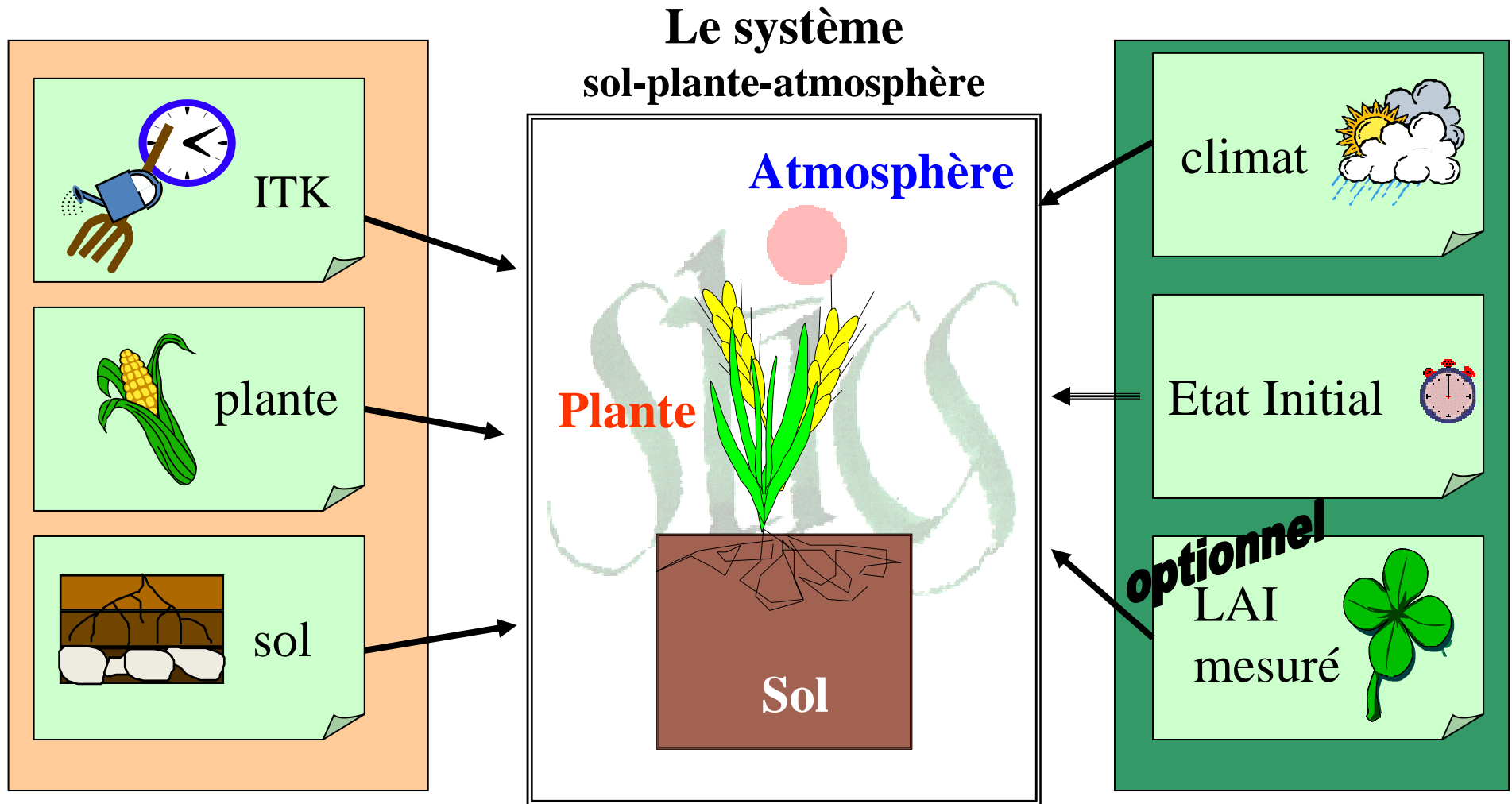




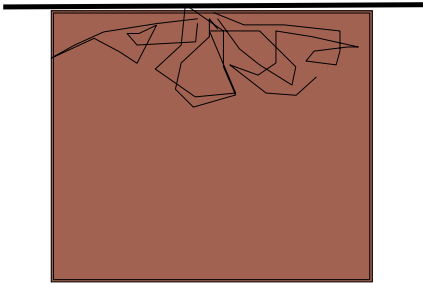
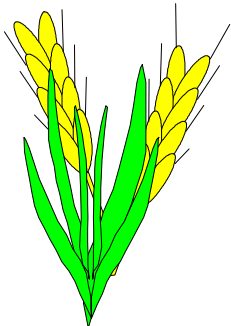
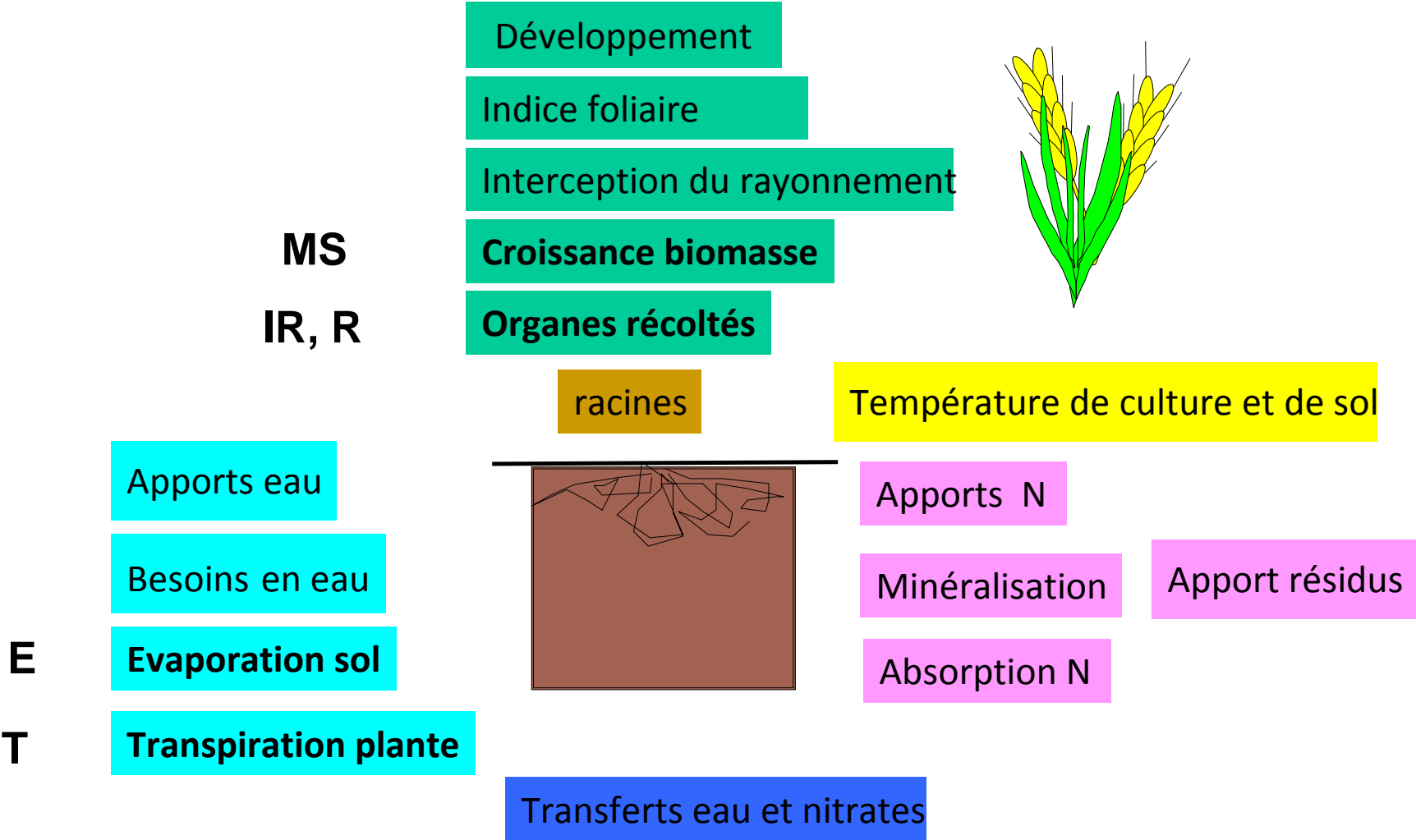
# Un modèle dynamique fonctionnel



# Les données d'entrée de



# Les modules de *stis*

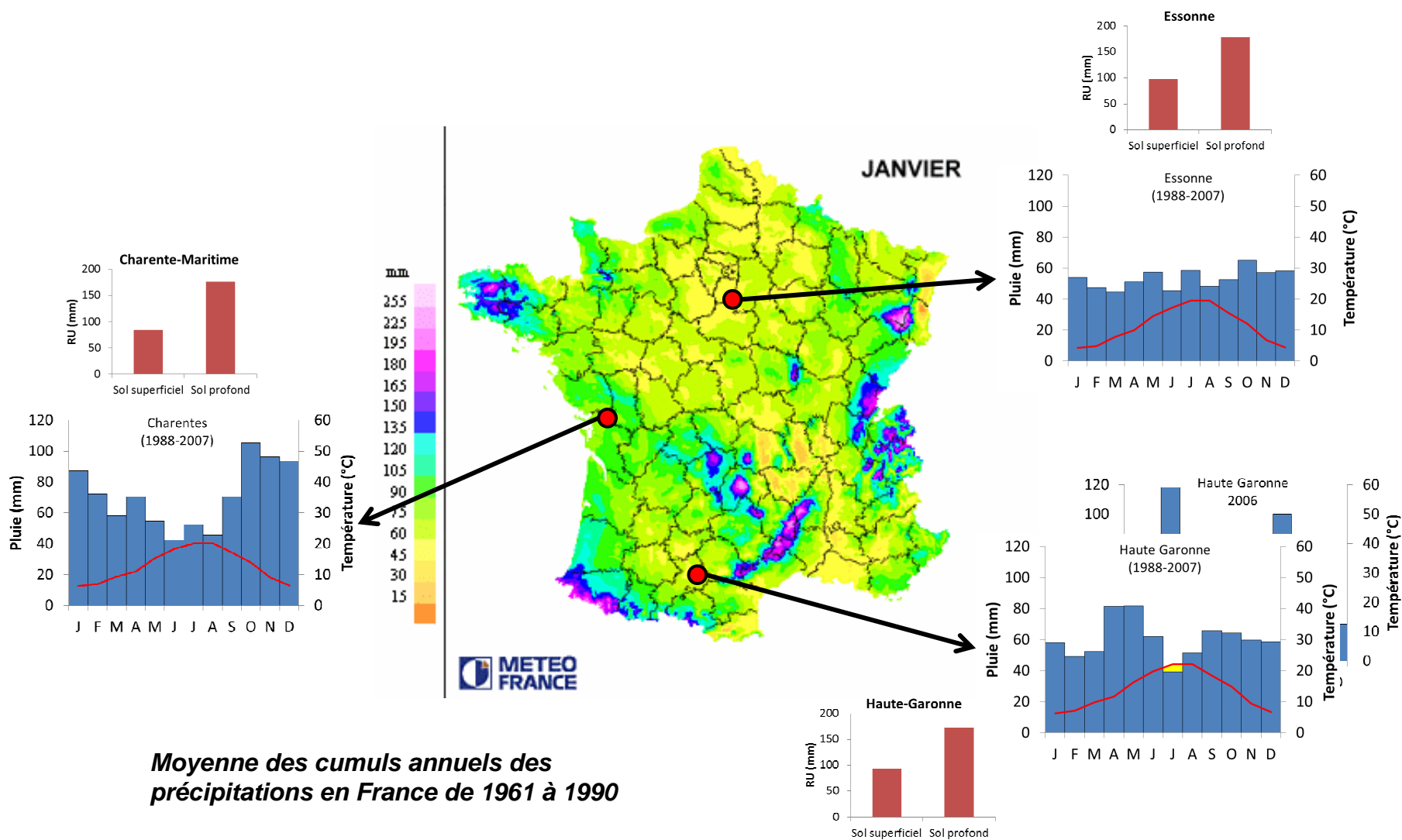


## Mise en place d'une expérimentation numérique pour évaluer les stratégies de gestion du couvert

- ❑ Modèle de culture : STICS 7
- ❑ Données climatiques journalières (20 ans)
- ❑ 3 sites (Haute Garonne, Charente-Maritime, Essonne) x 2 types de sol (superficiel :  $RU \approx 90\text{mm}$ , profond :  $RU \approx 180\text{ mm}$ ) = 6 environnements contrastés
- ❑ 2 cultures : blé tendre & tournesol
- ❑ 24 scénarios techniques combinant 3 dates de semis, 2 densités de peuplement, 2 niveaux de fertilisation N, 2 précocités variétales

Soit 57 600 simulations !

# Localisation des 3 sites étudiés

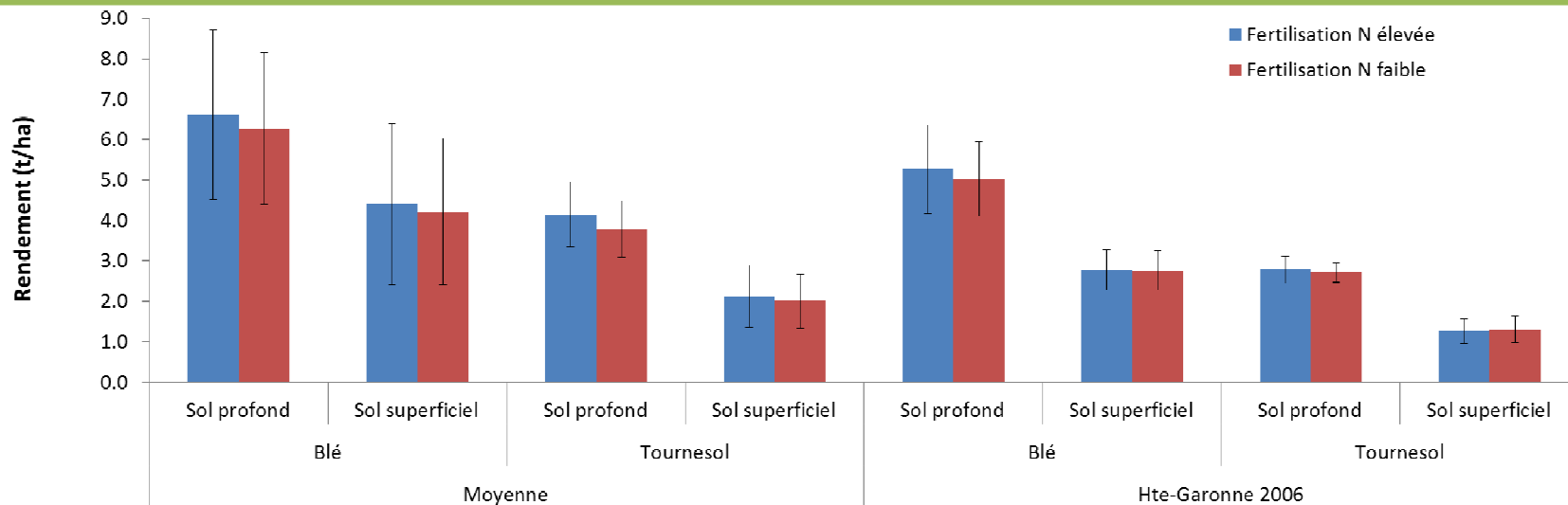
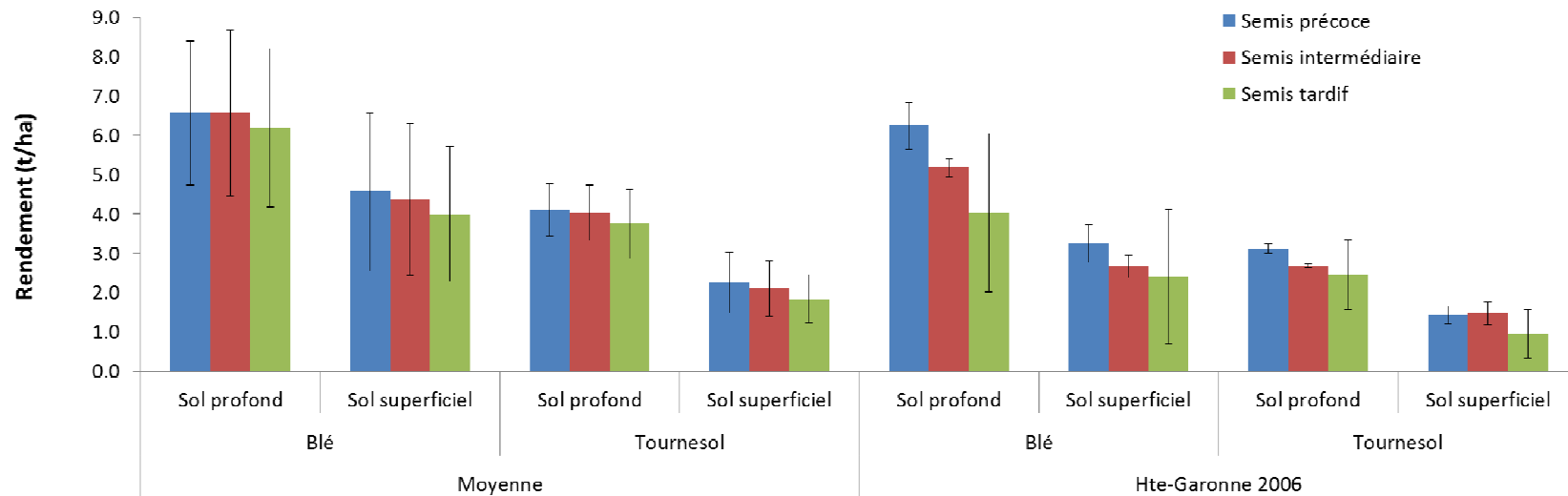


## Valeurs retenues pour la simulation des scénarios techniques

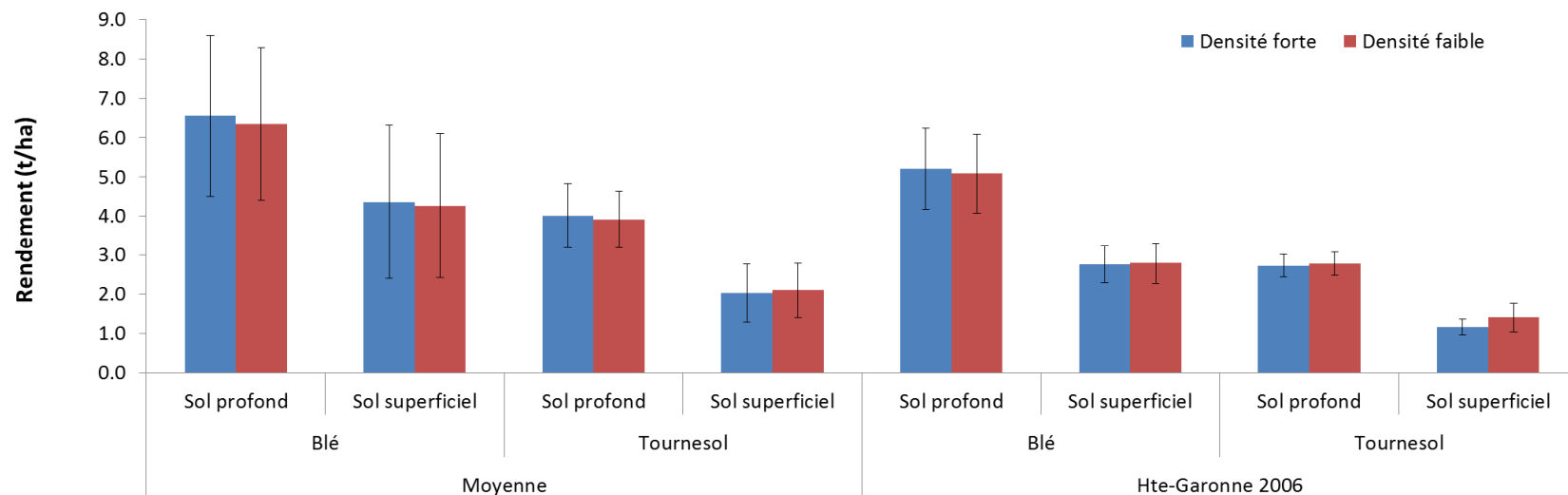
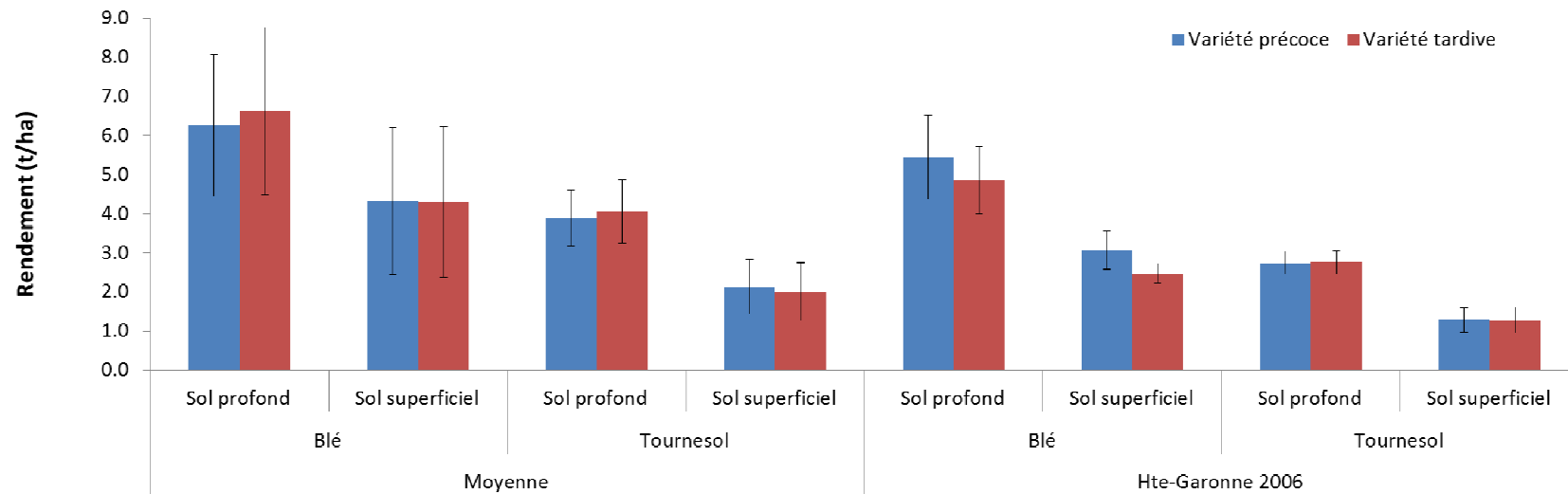
	Blé	Tournesol
Semis précoce	1/10	15/3
Semis intermédiaire	<u>20/10</u>	<u>15/4</u>
Semis tardif	15/11	15/5
Variété précoce (°jour)	1470 b0	1550 b6
Variété tardive (°jour)	<u>1620 b0</u>	<u>1720 b6</u>
Fertilisation N élevée (kg.ha <sup>-1</sup> )	<u>220</u>	<u>80</u>
Fertilisation N faible (kg.ha <sup>-1</sup> )	120	0
Densité forte (pl.m <sup>-2</sup> )	<u>300</u>	<u>8</u>
Densité faible (pl.m <sup>-2</sup> )	150	4

→ Conduite de référence en rouge dans le tableau

## Impact des pratiques en moyenne (gauche) et pour une année sèche (droite) : *date de semis et fertilisation N*

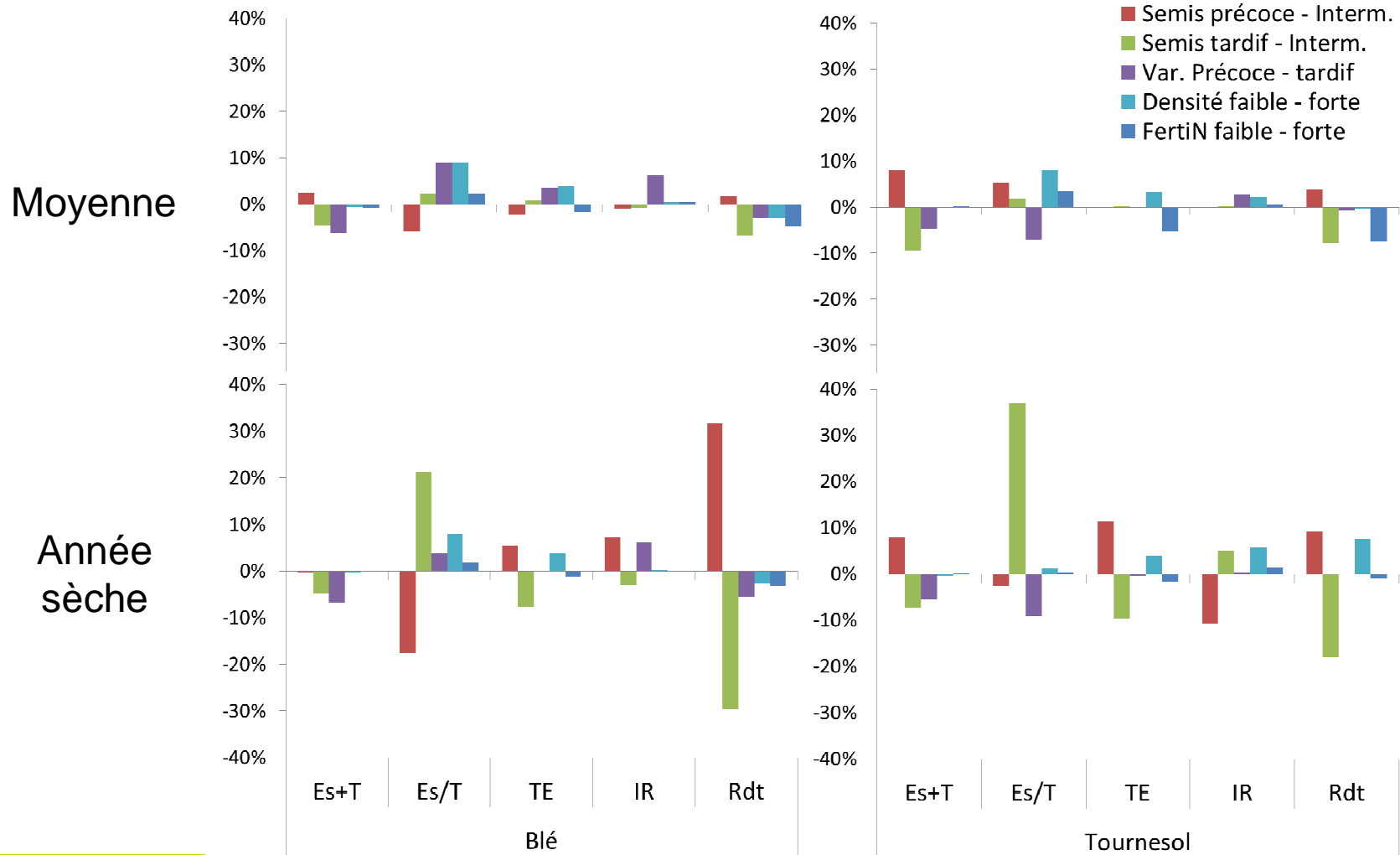


## Impact des pratiques en moyenne (gauche) et pour une année sèche (droite) : *précocité variétale, densité*

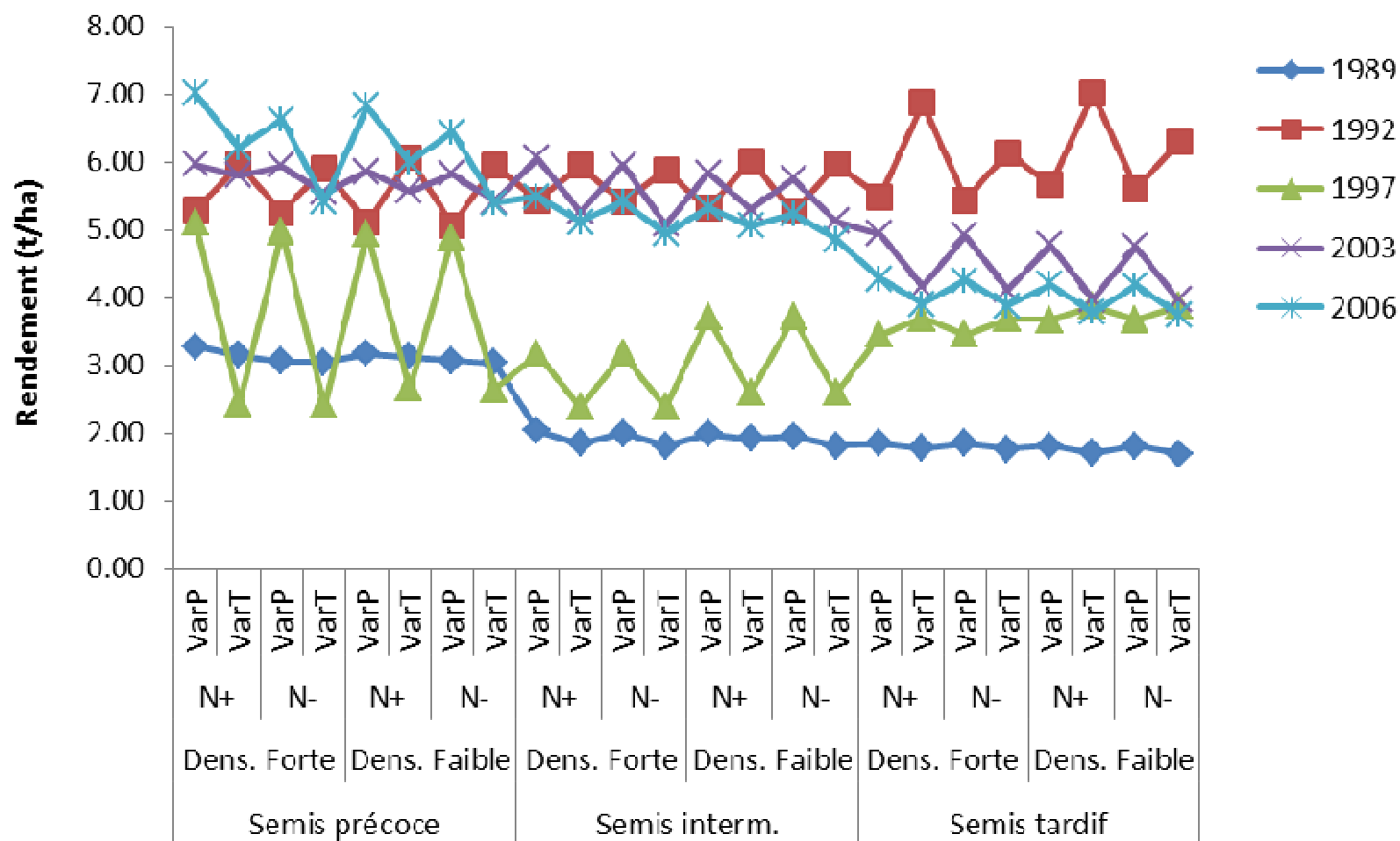




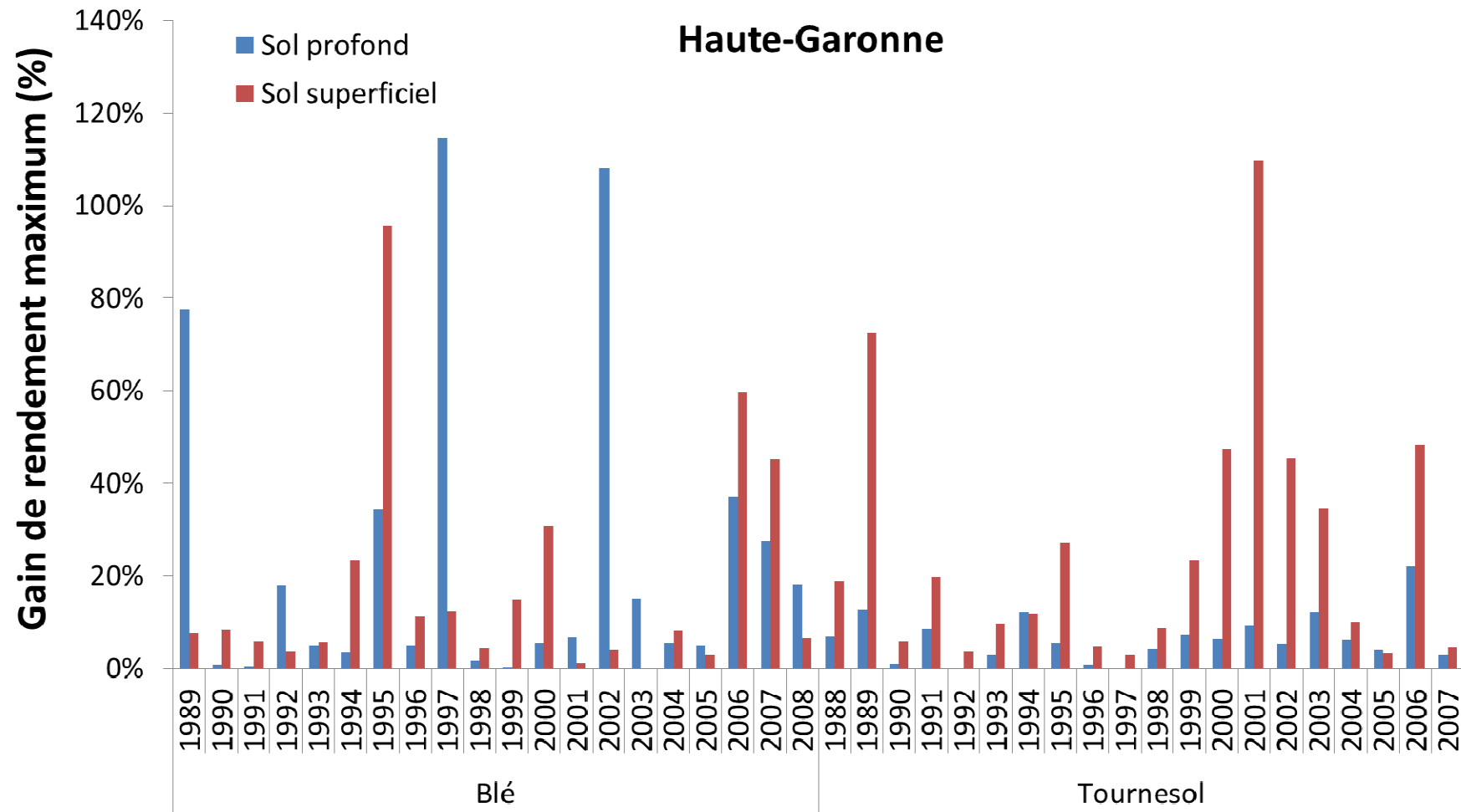
# Effets des pratiques sur les termes du rendement



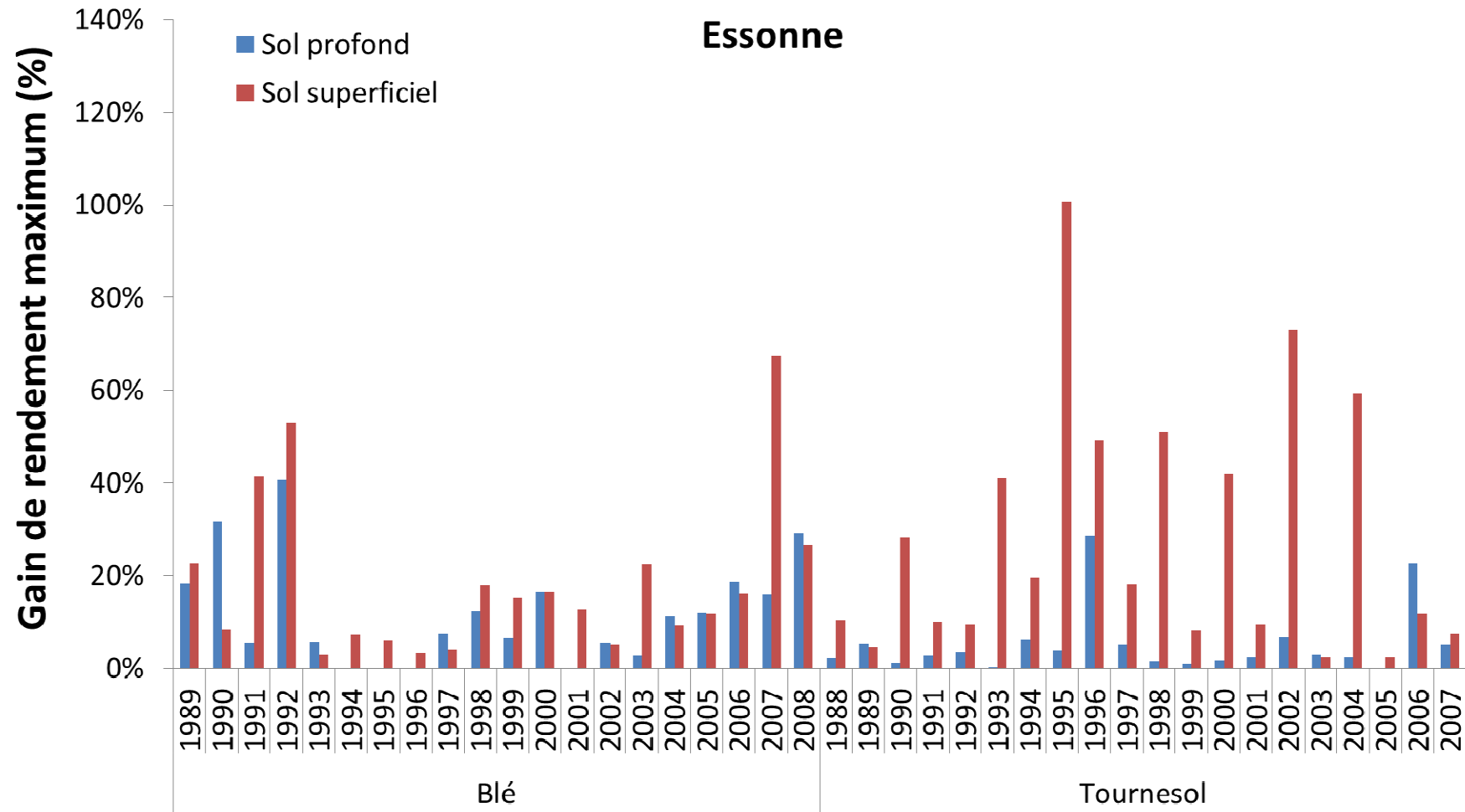
## Variabilité interannuelle de l'impact des itinéraires techniques sur blé (Haute Garonne – sol profond)



# Gain maximal (%) de rendement par rapport à la conduite de référence



# Gain maximal (%) de rendement par rapport à la conduite de référence



## Conduites les meilleures (top 3) pour le rendement en fréquence sur 20 ans

Semis	FertiN	Variété	Densité	Blé						Tournesol					
				Site04		Site07		Site19		Site04		Site07		Site19	
				Sol prof.	Sol sup.	Sol prof.	Sol sup.	Sol prof.	Sol sup.	Sol prof.	Sol sup.	Sol prof.	Sol sup.	Sol prof.	Sol sup.
Précoce	N+	T	fort	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	2
Précoce	N+	P	fort	2		3	1	1	2	3	1		1		1
Précoce	N+	T	faible		2					2		2		2	
Tardif	N+	T	fort			2									
Précoce	N+	P	faible		2				3		2		3		2
<b>Interm.</b>	<b>N+</b>	<b>T</b>	<b>fort</b>			3	3	3				2			
Tardif	N+	T	faible						3						
Interm.	N+	T	faible								2				
Interm.	N+	P	fort	3											
Tardif	N+	P	fort				3								

## Adaptations à des épisodes de sécheresse spontanément citées par les agriculteurs

- « *Modifier les cultures, faire des cultures d'hiver* »
- « *Adopter des variétés précoces* »
- « *Passer à des techniques de travail de sol simplifiées* »
- « *Diminuer la densité de semis sur tournesol, mais pas sur blé, ça pénaliserait le rendement* »

Enquêtes auprès de 21 exploitants (Hte Garonne & Gers)  
(Simphal, 2009)

# Conclusions

- ❑ Intérêt confirmé de la modélisation (STICS) pour explorer la réponse du rendement à la conduite de culture pour une gamme d'environnements hydriques
- ❑ Effets de la gestion du couvert démontrés mais de faible ampleur (pour une réelle substitution à l'irrigation)
- ❑ Limites de l'exercice : contraintes biotiques non prises en compte, évaluation économique...
- ❑ En conditions semi-arides, des systèmes plus innovants sont proposés : ex. « skip-row » de maïs ou sorgho avec culture intercalaire de légumineuse (Mesfin et al., 2014)

# Merci de votre attention



**Sorgho (Nebraska, USA)**