

UE : Modélisation des cultures

Quels gains de rendements peut-on espérer avec des variétés moins sensibles au déficit hydrique ?

2022-2023

Sciences et Technologie de l'Agriculture, l'Alimentation et de
l'Environnement

Parcours : **PVD- AgroDesign**



Etudiant

Joël Kodzo DROPENOU

Enseignante

Helène MARROU

TABLE DES MATIÈRES

Partie I- Présentation du problème abordé.....	- 1 -
a- Explication du problème de production à résoudre	- 1 -
b- Nature de la solution proposée	- 1 -
c- Justifions que l'impact de cette solution peut être tester avec le modèle.....	- 1 -
Partie II- Plan d'expérimentation virtuelle.....	- 1 -
a- Description de la situation de référence.....	- 1 -
b- Autres modalités de l'expérience en terme agronomique et numérique	- 2 -
c- Autres aspects du plan d'expérience (Nombre d'années de simulation, Variables de sorties étudiées	- 3 -
PARTIE III - Présentation des résultats	- 3 -
a- Effet moyen de la solution proposée sur la performance finale de la culture.	- 3 -
b- Présentation de la variabilité interannuelle sur la performance finale de la culture.	- 4 -
c- Commentaire détaillé de la simulation de l'année 1979.....	- 4 -
PARTIE IV- Discussion des résultats.....	- 5 -
a- Pouvait -on s'attendre à cela ?.....	- 5 -
b- Limite dans l'usage de ce modèle.....	- 5 -
c- Simulation ou modification pour aller plus loin	- 5 -
CONCLUSION.....	- 5 -

Liste des Figures

Figure 1 : Réponse de la transpiration au stress hydrique	- 3 -
Figure 2 : Rendement moyen pour chaque modalité des coefficients.....	- 3 -
Figure 3 : Variabilité interannuelle sur la performance finale de la culture	- 4 -

Liste des Tableaux

Tableau 1 : effet de la solution proposé sur le rendement.	- 4 -
Tableau 2 : évaluation des sorties du modèle pour toutes les modalités	- 5 -

Partie I- Présentation du problème abordé

a- Explication du problème de production à résoudre

La sécheresse est un déficit anormal, sur une période prolongée, d'une (au moins) des composantes du cycle hydrologique terrestre. C'est l'un des facteurs abiotiques les plus préjudiciables à travers le monde. Elle peut gravement entraver la productivité des cultures agricoles.

Même dans les zones, où les pluies fournissent une moyenne de pluie importante annuellement, la réserve en eau du sol peut diminuer fortement durant la saison sèche et limiter la croissance de la végétation.

Le blé est parmi les cultures céréalières de premier plan dans le monde, mais il est sensible à la sécheresse. Il est affecté par cette dernière à différents stades de croissance dans différentes régions du globe.

Dans un contexte de changement climatique, l'augmentation des températures est prédite dans plusieurs régions du monde. D'après les simulations de la FAO, les augmentations de température sont prévisibles dans la région méditerranéenne. Par conséquent il serait souhaitable de réduire ou de limiter les pertes de rendements des cultures comme le blé lié au stress hydrique.

b- Nature de la solution proposée

Pour pallier et venir à bout de ce problème qui mine l'agriculture, une solution possible est la création des variétés plus moins sensible au déficit hydrique, c'est-à-dire faire recours à l'amélioration variétale. La solution proposée est donc génétique.

En effet, le stress hydrique affecte le développement et la croissance de la fraction de couvert, réduit l'activité photosynthétique des plantes, conditionne son développement, affecte l'expansion de la zone racinaire, la fermeture des stomates et la réduction de taux de transpiration, et par conséquence la réduction de l'indice de récolte. Si le stress hydrique est sévère, il peut entraîner peut déclencher une sénescence précoce de la culture.

Le modèle que nous allons tester permettra dans la mesure du possible à choisir un idéotype adapté aux conditions abiotiques, c'est-à-dire l'intérêt d'une variété moins sensible au stress hydrique. Pour se faire, nous allons nous baser sur des variables qui sont : l'efficacité biologique, la transpiration et la surface foliaire.

c- Justifions que l'impact de cette solution peut être testé avec le modèle.

L'impact de cette solution sur le rendement pourrait être testé par la modification de la tolérance de Eb, de la surface foliaire et de la transpiration.

Partie II- Plan d'expérimentation virtuelle

a- Description de la situation de référence

Variables et Paramètres d'entrées

- Itinéraire technique

La culture de blé dur en zone méditerranéenne en Occitanie en France, plus précisément à Montpellier dans la périphérie sud du pays sud.

La mise en place de cette culture (semis du blé dur) est effectuée le 1er novembre de chaque année sur la profondeur maximale exploitable est de 1 mètre, avec une densité de semis à raison de 250 plantes par m².

- Plante

La température de base optimale nécessaire pour le développement de la culture implique dans notre étude de cas, le blé dur est de 0°C et la durée du cycle du blé dur après la levée est 2500°Cj.

La levée quant à elle, intervient 150°Cj après les semis avec une profondeur racinaire du blé dur à la levée de 0.2 mètre dur à la levée.

A température optimale, l'efficacité biologique qui est la capacité de la culture à transformer l'énergie solaire disponible en biomasse, est égale à l'efficacité biologique potentielle avec une valeur de 1,2 g MS / MJ PARa. Le HI équivaut à 0.6 S.U.

La croissance des racines du blé est soumise à une certaine vitesse de croissance (Vrac). Sa valeur est de 0.0007 mètre par °Cj. Cette croissance peut atteindre une limite maximale (Prof_Rac_max = 1.1 au-delà de laquelle elles ne sont plus susceptibles de croître. A la levée, les racines du blé dur atteignent donc une profondeur de 0.2 mètre. La durée du cycle du blé dur après la levée est 2500°Cj. Quant à l'interception du rayonnement solaire, l'efficacité potentielle d'absorption évolue en fonction de l'indice foliaire (LAI) et du coefficient d'extinction du rayonnement noté (k). Sa valeur est de 0.94 MJ Parabs/ MJ PARi.

- Sol

Le T^{TSW} est la différence entre la teneur en eau du sol à la capacité du champ et une valeur minimale qui, selon l'espèce cultivée, est obtenue lorsque les plantes ne sont plus capables d'extraire de l'eau du sol. C'est le millimètre d'eau que peut donc fournir un mètre de sol à la capacité au champ est de 130 mm eau / m. Cette valeur varie en fonction de certains paramètres : la texture, la densité apparente du sol, le taux de cailloux dans ce sol et le géotype des plants cultivés. La fraction d'eau disponible qui est transpirable par la plante (F^{TSW}_levée) est de 1 S.U

b- Autres modalités de l'expérience en terme agronomique et numérique

- Transpiration (Trj)

En cas de déficit hydrique, le blé dur régule sa transpiration en fermant ses stomates sous l'effet d'hormones de signalisation émises lors de la perception du stress par la plante. Cela se traduit par le symptôme d'enroulement des feuilles durant les heures de la journée à forte demande d'évapotranspiration

L'écriture numérique => $Tr_j = 1.2 \times ET_0 \times \epsilon_a \times (2 / (1 + \exp(-14 \times FTSW_j))) - 1$

- Effet du déficit hydrique sur la photosynthèse et la production de biomasse

Réduction de l'eb par un déficit hydrique

L'efficacité biologique se définit comme la capacité de la culture à transformer l'énergie solaire disponible en biomasse. L'écriture numérique => $eb / eb_{pot} = (2 / (1 + \exp(-14 \times FTSW))) - 1$

- Réduction de la croissance foliaire par un déficit hydrique

Le déficit hydrique se traduit dans la plante par une augmentation du potentiel hydrique conduisant au blocage de l'étirement cellulaire ce qui a un effet sur l'allongement cellulaire qui à son tour agit sur les processus de photosynthèse, de régulation stomatique ou la transpiration. L'interruption de l'allongement cellulaire réduit ou limite la croissance foliaire. Ces mécanismes constituent un moyen efficace pour limiter les pertes en eau. L'écriture numérique => $\delta SFP / \delta SFP_{pot} = (2 / (1 + \exp(-8 \times FTSW))) - 1$

Pour tester l'efficacité d'une variété moins sensible au stress hydrique, il faut faire varier progressivement le coefficient devant FTSW à +20% au plus, sachant que les valeurs de FTSW varient tout au long du cycle de culture

sans dépasser 1. Pour se faire, nous avons considéré Coeff Trj = 14 ; Trj =14,7 ; Trj =15,4 ; Trj = 16,8 ; *eb* = 14 ; *eb* =14,7 ; *eb* =15,4 ; *eb* = 16,8 ; *dSFP*= 8 ; *dSFP*= 8,4 ; *dSFP*= 8,8 ; *dSFP*= 9,2 ; *dSFP*= 9,6.

c- Autres aspects du plan d'expérience (Nombre d'années de simulation, Variables de sorties étudiées

Dans le plan d'expérience suivant mise en place, la simulation est faite sur 27 ans de 1975 à 2001 et le paramètre climat considéré est celui de Montpellier. Pour l'expérience, les dates de semis du blé dur s'effectuent en général en octobre. Pour la simulation, la date de semis est le fixé pour le 1er novembre de l'année et la récolte est faite majoritairement faite en juin. Les variables de sorties considérées dans ces expériences sont : date de levée, Rendement potentiel, rendement simulé.l'accumulation de biomasse au cours du temps, date de récolte.

PARTIE III - Présentation des résultats

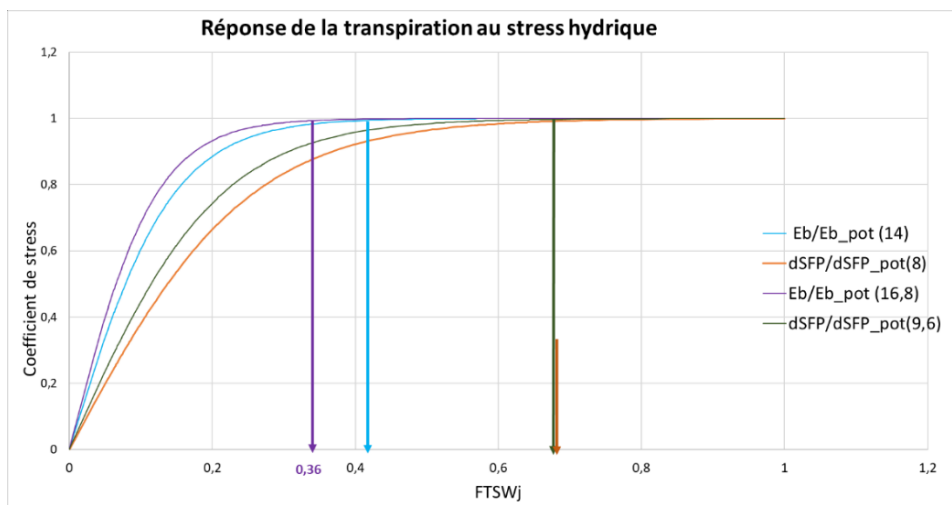


Figure 1 : Réponse de la transpiration au stress hydrique

Les coefficient (14) ; (8) ; (16,8) et (9,6) sont des paramètres qui influencent la courbure de la courbe : plus ils sont grands (ie) (16,8) et (9,6), plus la courbe change rapidement de valeur. En terme biologique la plante est beaucoup plus sensible au stress hydrique pour la croissance foliaire (affectée dès que FTSW<=0.67.). La photosynthèse n'est affectée que FTSW devient inférieure à 0.4).

a- Effet moyen de la solution proposée sur la performance finale de la culture.

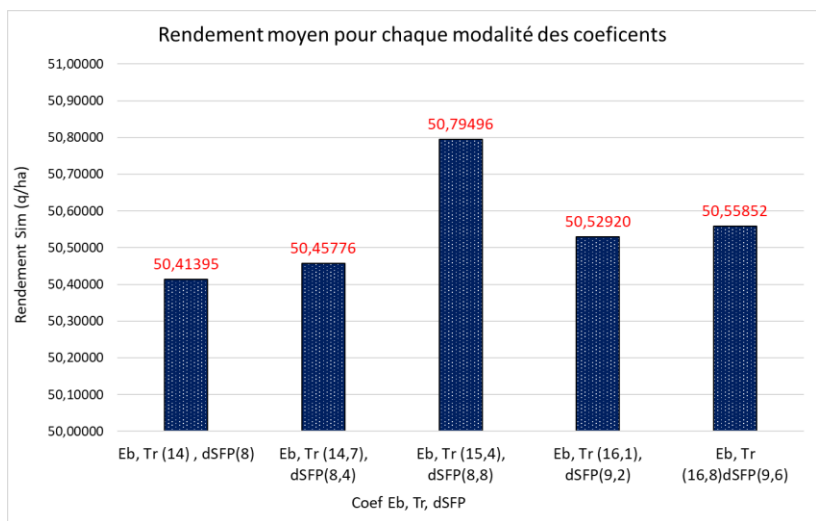


Figure 2 : Rendement moyen pour chaque modalité des coefficients

La figure 2 ci-dessus illustre les résultats de simulation vis-à-vis de la variation des coefficients devant FTSW dans les équations d'efficacité biologique, transpiration et la surface foliaire. On remarque un rendement moyen réel maximale pour la situation de référence Coeff Eb= 14, Coeff Tr =14 et Coeff dSFP = 8) qui est égale à 50,41 qt/ha. Dans le but de tester la performance d'une variété moins sensible au déficit hydrique nous avons appliqué des coefficients devant FTSW à raison de 14 jusqu'à +20% Nonobstant, on observe de léger gain progressif du rendement à chaque augmentation du Coeff devant FTSW dans les équations. A Coeff Eb= 16,8 Coeff Tr =16,8 et Coeff dSFP = 9,6) qui correspond à +20% des coeff de référence, on a un rendement moyen réel maximale qui est égale à 50,56 qt/ha.

b- Présentation de la variabilité interannuelle sur la performance finale de la culture.

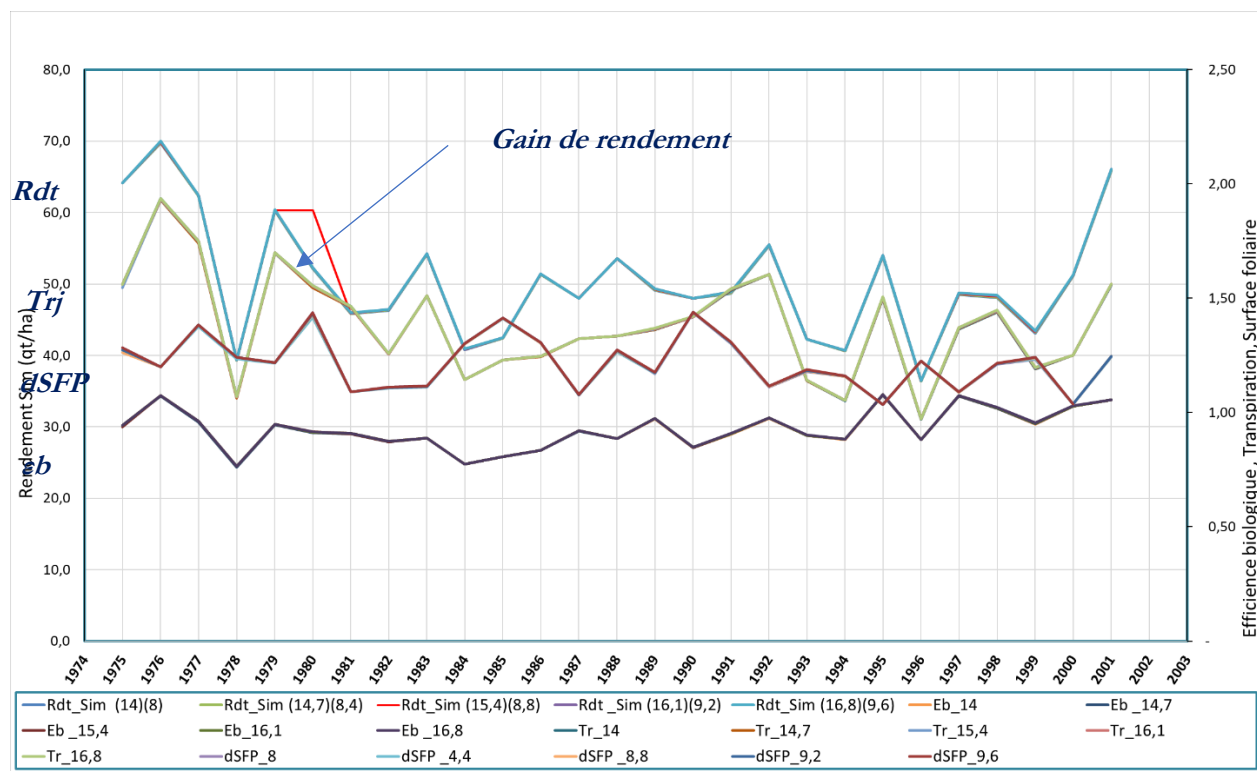


Figure 3 : Variabilité interannuelle sur la performance finale de la culture

La figure 3 ci-dessus (courbes) représentent la variabilité interannuelle du rendement vis-à-vis des modalités. Nous notons que cette variabilité est fonction des modalités. On observe de léger gain de rendement pas vraiment vis-à-vis des modalités lorsque les coefficient $Eb = 15,4$; $Tr = 15,4$ et $dSFP = 8,8$ ont été appliqués. Pas de différence significative entre les courbes d'une même modalité et le sens de variation est identique pour les courbes de transpiration et l'efficacité biologique.

c- Commentaire détaillé de la simulation de l'année 1979.

Tableau 1 : effet de la solution proposé sur le rendement.

Modalité	Eb	Tr	dSFP	Rendement(qt/ha)
Eb14, Tr 14 dSFP 8	0,95	1,70	1,22	60,3
Eb14,7 Tr 14,7 dSFP 8,4	0,947300081	1,698406682	1,216221328	60,3
Eb15,4, Tr 15,4 dSFP 8,8	0,947762508	1,69863356	1,217529676	60,3
Eb16,1, Tr 16,1 dSFP 9,2	0,94818047	1,698814763	1,218544128	60,4
Eb1,8, Tr 16,8 dSFP 9,6	0,948560282	1,698959683	1,219332597	60,4

La solution proposée étant génétique (utilisation d'une variété moins sensible) synonyme de réduction de la transpiration, de la surface foliaire, et de l'efficacité biologique. Un léger gain de rendement observé est acquis lorsqu'on utilise une variété moins sensible au déficit hydrique.

-Evaluation du modèle

Tableau 2 : évaluation des sorties du modèle pour toutes les modalités

	RMSE	Biais	Efficienne
Simulation 1 (14_8)	4,47	-2,280619522	-2,77
Simulation 2 (14,7_8,4	4,494606072	-2,324431572	-2,80890942
Simulation 3 (15,4_8,8	5,057862208	-2,661622717	-3,823378727
Simulation 4(16,1_9,2)	4,531322426	-2,395867766	-2,871393418
Simulation 5 (16,8_9,6)	4,546700541	-2,425184921	-2,897714986

PARTIE IV- Discussion des résultats

a- Pouvait-on s'attendre à cela ?

On devrait s'attendre aux résultats obtenus car une augmentation du Coeff E_b , dSF_p et T_{rj} affecte positivement mais légèrement le rendement. le résultat obtenu étaient prévisibles car il existe une efficience biologique, transpiration et surface foliaire seuille en deçà de laquelle le rendement diminue. Limite dans l'usage de ce modèle.

Faisant référence à la première simulation (simulation 1) on observe que le RMSE relative vaut 4,47. Le modèle commet une erreur de prédiction. Il y a un biais important de -2,28 qui montre une surévaluation du modèle. En plus l'efficience est négative (-2,27) ce qui montre que le modèle n'est pas performant.

En suite pour les quatre autres simulations, on a des valeurs des RMSE respectives de 4,4 ; 5,05 ; 4,53 ; 4,54 avec des biais respectifs de -2,32 ; -2,66 ; -2,39 ; - 2,42 confirmant l'erreur de prédiction du modèle et une surévaluation du modèle par rapport à la réalité. De plus la négativité des efficaciences très loin de 1 montre que le modèle n'est pas performant.

c- Simulation ou modification pour aller plus loin

Pour aller plus loin, on peut simuler l'évolution de l'efficience biologique, de la transpiration et de la surface foliaire en fonction de la somme de degrés jour, suivre l'évolution de ces variables jusqu'au remplissage des grains.

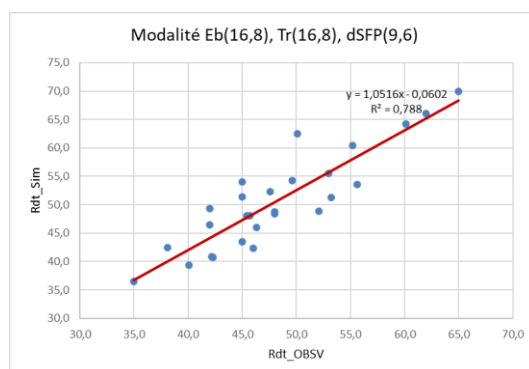
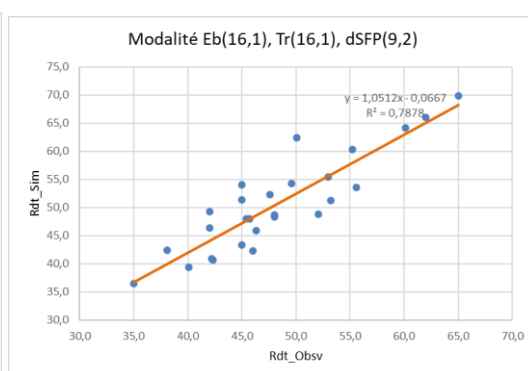
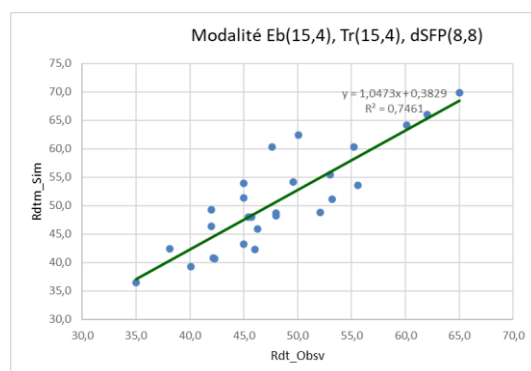
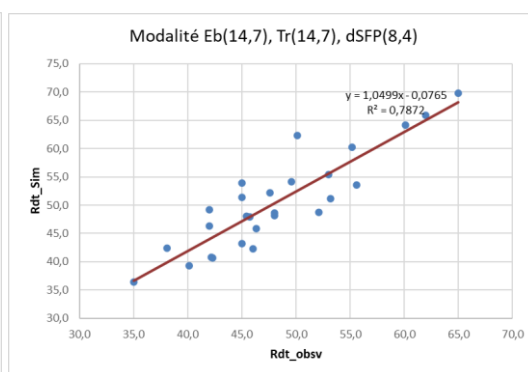
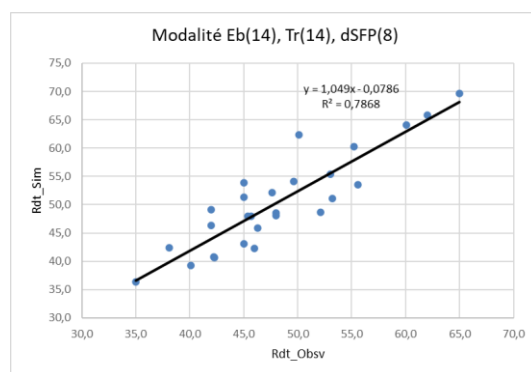
On pourra également simuler la réduction de la transpiration et l'effet du stress hydrique sur la croissance et le développement du blé dur.

CONCLUSION

Le gain de rendement et l'amélioration de la qualité du blé dur passe par la création variétale et le choix de critères fiables pour l'identification de mécanismes d'adaptation aux contraintes environnementales dont le déficit hydrique. Parmi ces critères, face aux changements climatiques, la stabilité du rendement, la tolérance aux stress abiotiques, font partis des critères les plus recherchés.

NB- Il est à noter également qu'on ne peut pas créer un idéotype avec tous les critères possibles d'où il faut sélectionner les plus importants selon le problème à résoudre.

ANNEXE



Paramétrage de la simulation			
ITK	date semis	01/11/1975	format JJ/MM/AAAA
	dens	250	plantes /m²
Plante	Tb	0	°C
	durée semis levée	150	°Cj
	Eb_max	1,2	g MS / MJ PARa
	Hl_pot	0,6	S.U
	Prof Rac_max	1,1	m
	vit_rac	0,0007	m°Cj
	Prof Rac levée	0,2	m
	durée cycle	2500	°Cj
	Ea_max	0,94	MJ Par _{abs} / MJ PARi
Sol	Prof_Sol	1	m
	TTSW_m	130	mm eau / m sol
	FTSW levée	1	S.U
Some OUTPUTS			
J_levée	319		
date levée	15/11/75		
NFF	13		
date récolte	20/6/76		
Rdt_pot			
(q/ha)	Rdt (q/ha)		
81,1	64,1		